

## BİR TEKSTİL İŞLETMESİNDE ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRME UYGULAMASI

Şebnem DEMİRKOL AKYOL<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü  
ORCID No: <http://orcid.org/0000-0001-6106-388X>

Anahtar Kelimeler	Öz
Ergonomi Risk değerlendirme Çalışma duruşu	<p>İş ortamının ergonomik açıdan yetersiz olmasının sonucu olarak, çalışanların kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına yakalanma olasılığı artmaktadır. Kas iskelet sistemi rahatsızlıkları meslek hastalıklarının önemli bir bölümünü oluşturur. Kas iskelet sistemi rahatsızlıkları bir defa ortaya çıktıktan sonra tedavisi oldukça zaman alıcı ve masraflıdır; ayrıca çalışanın devamsızlığına yol açar. Dolayısıyla, işletmelerin insan kaynağını verimli bir şekilde kullanarak üretkenliğini arttırması için çalışma ortamındaki ergonomik risk seviyesini belirli bir kabul edilebilir seviyenin altında tutması gerekir. Bu kabul edilebilir risk seviyesini belirlemek amacıyla bilimsel yazında çeşitli ergonomik risk değerlendirme teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler temelde analizcinin, iş sırasında operatörün vücut uzuvlarının duruş pozisyonlarını incelemesine ve bir sınıflandırma ile değerlendirmesine dayanır. Bu çalışmada, bir tekstil işletmesindeki ergonomik risk faktörlerini belirlemek amacıyla REBA, NIOSH ve OCRA teknikleri kullanılmıştır. Bu üç farklı risk değerlendirme tekniğinin kullanılmasının sebebi, her bir tekniğin analiz ettiği vücut bölümlerinin farklı olmasıdır. Böylelikle, çalışanın ergonomik zorlanma seviyesi bütüncül olarak belirlenebilir. Yapılan çalışma sonucunda, çalışanın ergonomik olarak uygun olmayan koşullarda çalıştığı tespit edilmiştir. İleride çalışanda ortaya çıkabilecek kas iskelet sistemi rahatsızlıkları ve buna bağlı olarak işletmede yaşanabilecek iş gücü ve verimlilik kayıplarının önüne geçebilmek için çalışma ortamında acilen düzenlemeler yapılması gerekliliği açıklanmış ve birtakım çözüm önerileri sunulmuştur.</p>

## ERGONOMIC RISK ASSESSMENT IMPLEMENTATION IN A TEXTILE COMPANY

Keywords	Abstract
Ergonomics Risk assessment Working posture	<p>As a result of the ergonomic inadequacy of the working environment, the probability of employees getting musculoskeletal diseases increases. Musculoskeletal diseases constitute an important part of occupational diseases. Once musculoskeletal diseases occur, their treatment is time-consuming and costly; also leads to operator absenteeism. Therefore, businesses should keep the ergonomic risk level in the working environment below a certain acceptable level in order to increase productivity by using human resources efficiently. Various ergonomic risk assessment techniques are used in the literature to determine this acceptable risk level. These techniques are basically based on the analyst examining the posture positions of the body parts of the operator during the job and evaluating it with a classification. In this study, REBA, NIOSH and OCRA techniques are used in order to determine ergonomic risk factors in a textile company. The reason for using these three different risk assessment techniques is that the body parts analyzed by each technique are different. Thus, the ergonomic strain level of the employee can be determined holistically. As a result of the study, it is determined that the employee is working under unfavorable ergonomic conditions. In order to prevent future musculoskeletal diseases in employees, as well as labor and productivity losses in the firm, the importance of making immediate arrangements in the working environment has been explained, and some solution recommendations have been offered.</p>

Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 12.03.2022	Submission Date : 12.03.2022
Kabul Tarihi : 19.07.2022	Accepted Date : 19.07.2022

\* Sorumlu yazar e-posta: sebnem.demirkol@deu.edu.tr

## 1. Giriş

İmalat sanayiinde ergonomik analizler, son dönemde hem akademik camiada hem de pratikteki uygulamalarda önemli gelişmeler kaydetmiştir. Özellikle son on yılda bu alanda yapılan çalışmalarda önemli bir artış gözlenmiştir. Ergonomik açıdan yeterli bir çalışma ortamı, Türkiye gibi emek yoğun üretimin ağırlıkta olduğu ülkelerde daha da önem kazanmaktadır. Ülkemizde tekstil sektörü üretimin önemli bir kısmını oluşturmakta ve bu sektörde işlerin büyük çoğunluğu işçiler tarafından manuel olarak gerçekleştirilmektedir. Bir işçi, belirli sayıdaki işleri tüm vardiya boyunca tekrar tekrar yapmak durumundadır. İşlerin tekrarlı olarak defalarca gerçekleştirilmesine bağlı olarak, işçi üzerindeki ergonomik zorlanma artar ve uzun dönemde kas iskelet sistemi rahatsızlıkları (KİSR) ortaya çıkabilir. Dünya Sağlık Örgütü'ne (DSÖ) göre KİSR tüm meslek hastalıklarının yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır. Ayrıca, DSÖ tarafından KİSR salgın hastalık kategorisinde kabul edilmektedir. Bunun nedeni, bir işçinin bir KİSR'e yakalanmasından sonra, herhangi bir aksiyon alınmaması durumunda, o işe atanan yeni işçinin de ilerleyen zamanda aynı KİSR'e yakalanacak olmasıdır (World Health Organization, 1986).

Ülkemizde tekstil sektöründe çalışan işçilerin sıklıkla yakındıkları meslek hastalıklarına şu şekilde örnekler verilebilir: karpal tünel sendromu, tetik parmak rahatsızlığı, tendinit, kayakçı başparmağı, boyun düzleşmesi, boyun fitiği, bel ağrıları, bel fitiği. Burada bahsi geçen KİSR bir kez ortaya çıktıktan sonra, tedavisi hem zaman almakta hem de yüksek masraflara yol açmaktadır. Ayrıca işçilerin fiziksel rahatsızlıkları sebebiyle, işgücünde kayıplar ortaya çıkmakta ve hatta ilerleyen rahatsızlıklar işe devamsızlığa ve tazminat ödemelerine varan boyutlara ulaşabilmektedir. Tüm bu olumsuzluklar işletmeye üretkenlikte ve verimlilikte düşüş olarak yansımaktadır. Ergonomi bilimi sayesinde bu durumu önlemek mümkündür. Çalışma ortamının ergonomik koşulları için bir kritik seviye belirlemek ve işçinin zorlanma seviyesinin bu kritik sınırın üzerine çıkmasına izin vermemek akılcı bir çözüm yaklaşımıdır. İlgili yazında bu amaçla geliştirilmiş olan çeşitli ergonomik risk değerlendirme (ERD) teknikleri mevcuttur.

Bu çalışmada amaç, tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir imalat firmasında çalışan işçilerin ergonomik zorlanmalarını ERD tekniklerini kullanarak ölçmek ve kabul edilebilir sınır değeri aşan durumlar için çeşitli çözüm önerileri sunmaktır. Bilimsel yazın taraması bölümünde de bahsedileceği üzere, ERD teknikleri farklı vücut uzuvlarının ergonomik zorlanma seviyelerini inceler. İlgili yazında yapılan çalışmalar genellikle, bir işçinin çalışma ortamı için en uygun olan tek bir risk

değerlendirme tekniği ile analiz edilmesinden ibarettir. Ancak, kapsamlı bir ergonomik analiz için farklı tekniklerin kombinasyonunu kullanmak daha akılcı bir yaklaşım olacaktır. İşte bu çalışmada, bir tekstil imalathanesindeki ergonomik risk faktörlerinin analizini yapmak amacıyla REBA (*Rapid Entire Body Assessment*, Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi), NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*, Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü) kaldırma denklemi ve OCRA (*Occupational Repetitive Action*, Mesleki Tekrarlamalı Hareketler) indisi teknikleri uygulanmıştır. Bu tekniklerin seçilmelerinin sebebi, her bir tekniğin farklı vücut uzuvlarının analizi için geliştirilmiş olmasıdır. Bu sayede, işçinin farklı vücut bölgelerindeki zorlanmalar dikkate alınmıştır. Bu çalışmanın mevcut bilimsel yazına en önemli katkısı budur.

Çalışmanın geri kalanı aşağıdaki gibi düzenlenmiştir. İkinci bölümde bilimsel yazın taraması sunulmuştur. Üçüncü bölümde ele alınan problem tanıtılmış ve çözüm yaklaşımları açıklanmıştır. Dördüncü bölümde elde edilen sonuçlara yer verilmiştir. Son olarak beşinci bölümde ise sonuçlar tartışılarak yorumlanmıştır ve gelecekte yapılması planlanan çalışmalar belirtilmiştir.

## 2. Bilimsel Yazın Taraması

Moreau'nun (2003) ergonomi ile verimlilik arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışması, bu alandaki ilk çarpıcı yayınlardandır. Yazar bu çalışmada, bir montaj hattında ergonomik iyileştirmelerde bulunarak hattın çevrim süresini yaklaşık %30 düşürdüğünü iddia etmiştir. Çalışma duruşunun ergonomik zorlanmaya etkisini ortaya koyan öncü çalışmalardan biri Vieira ve Kumar'a (2004) aittir. Araştırmacılar, ofis çalışanı, depo personeli, maden işçisi, inşaat işçisi, iş makinesi şoförü gibi farklı meslekleri icra eden kişilerin çalışma duruşlarını analiz etmiştir. Battini vd. (2007) yaptıkları çalışmada, bir gerçek hayat problemini ele almış ve önerdikleri ergonomik montaj hattı konfigürasyonu ile üretkenliği yaklaşık %15 artırdıklarını belirtmişlerdir. Otto ve Scholl (2011) montaj hattı dengeleme problemine, istasyonlar arasındaki ergonomik zorlanmaların düzgün dağıtılması kısıtını eklemiştir. Bahsi geçen vaka analizi çalışmasında, araştırmacılar problemlerin %50'sinde ek istasyon açmaya gerek kalmaksızın, istasyonlardaki ergonomik risk seviyelerini kabul edilebilir sınırın altına indirmişlerdir. Baykasoğlu ve Demirkol Akyol (2014) montaj hatlarında OCRA indisinin kullanımını Türkçe yazına kazandıran çalışmalarında çevrim süresini artırmadan, istasyonların ergonomik risk seviyelerini düşürmeyi başarmıştır. Roman-Liu (2014) ilgili yazında sıklıkla kullanılan altı farklı ERD tekniğini incelemiş ve bu

tekniklerin uygulanmasındaki ortak noktaları ve farklılıkları ortaya koymuştur. Yazar, özellikle veri toplanması aşamasında standardizasyonun önemini vurgulamıştır. Battini vd. (2015) ergonomik montaj hattı dengelemek amacıyla işçilerin enerji harcamalarını göz önünde bulundurmışlardır ve önerdikleri yöntemi örnek bir vaka üzerinde test etmişlerdir. Otto ve Battaia (2017) iş rotasyonunun, montaj hattında çalışan işçilerin ergonomik zorlanmaları üzerindeki etkisini inceleyen bir derleme çalışması yapmıştır. Erginel vd. (2018) geliştirdikleri bulanık REBA yöntemiyle bir mobilya fabrikasında çalışanların çalışma duruşlarını analiz etmiştir. İkinci ve Can (2018) meyve suyu üretimi yapan bir işletme REBA yöntemini kullanarak çalışma duruşlarını analiz etmiş ve ergonomik risk düzeylerini belirledikleri kriterler doğrultusunda sıralamıştır. Akyol ve Baykasoğlu (2019) montaj hattı ve iş atama probleminde ergonomik risk değerlendirme kısıtlarını ilave ederek, çözüm yöntemi olarak sundukları yenilikçi sezgisel yaklaşımla başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Sökmen ve Yılmaz (2019) iş zorlanma indisini kullanarak işçilerin üst ekstremitelerde zorlanmalarını araştırmış ve işçilerin zorlanma derecelerinin sınır değerinin üstünde olduğunu belirtmiştir. Akalp vd. (2021) tarım işçilerinin zeytin hasadı esnasında çalışma duruşlarını REBA yöntemi ile analiz etmiş ve riskli işler için çözüm önerileri sunmuştur. Engür (2021) ormancılık sektöründe yüksekte iş yapmak durumunda olan işçilerin çalışma duruşları için güvenli iş ortamının sağlanması yönünde bir çalışma yapmıştır. Yazar, yaptığı çalışmanın sonucunda günlük çalışma veriminin %20 arttığını belirtmiştir. Beliveau vd. (2022) web tabanlı bir anket çalışması yaparak KİSR risk değerlendirme araçları hakkında Kanada'daki paydaşların farkındalık seviyesini ortaya koyan bir çalışma sunmuşlardır. 791 katılımcıyla yapılan bu anket çalışması sonucunda, Kanada'da risk değerlendirme araçları kullanıcıların büyük çoğunluğunun (%86,4) sertifikalı iş güvenliği uzmanı oldukları ve bu araçların %45'inden fazlasının okullarda öğretilmiş olduğu ortaya konmuştur. Zhao vd. (2022) yüksek ve alçak raflardan oluşan bir depoda manuel malzeme aktarma operasyonlarını ele almışlardır. Bahsi geçen vakada depo çalışanlarına Cornell KİSR Anketi uygulanmış ve çalışanların büyük çoğunluğunda ciddi sırt ağrıların görüldüğü belirtilmiştir. Daha sonra REBA tekniği uygulanarak çalışma ortamın yüksek riskli olduğu ifade edilmiştir.

Özellikle işlerin manuel olarak yapıldığı çalışma ortamlarında işçilerin zorlanma seviyesini kabul edilebilir bir sınırın altında tutmak, hem işçi sağlığı için hem de işletme verimliliği için oldukça önemlidir. Yukarıda bahsi geçen çalışmalardan da görüleceği üzere, ergonomik faktörlerin etkisinin son derece önemli olmasına karşın, ilgili yazında bu alanda oldukça sınırlı sayıda çalışma mevcuttur.

Ayrıca mevcut yazında, farklı vücut uzuvlarını analiz eden çeşitli ERD teknikleri aynı işçi üzerinde uygulanmamıştır. Tek bir teknik ile analiz yapılması durumunda, yalnızca ilgili tekniğin kapsamında olan uzuvlar analiz edilebilir. Oysa ki, bel, boyun, el, bilek, bacak gibi farklı ekstremiteleri analiz etmek, işçinin zorlanmasını bir bütün olarak ele alabilmek açısından son derece önemlidir. Bu çalışma ile yazındaki bu boşluğun doldurulması hedeflenmiştir. Bir tekstil imalathanesinde yapılan işler REBA, NIOSH ve OCRA yöntemleri ile analiz edilmiş ve bu sayede bütünsel bir yorum yapılabilmektedir.

### 3. Yöntem

Bu çalışmada İzmir ilinde ikamet eden bir tekstil işletmesinin imalathanesine çalışan tekstil işçileri incelenmiştir. Ele alınan imalathanede işler, işçiler tarafından manuel olarak yapılmaktadır. Şekil 1'de bir tekstil işçisinin tezgâh önünde çalışma duruşu yer almaktadır.



Şekil 1. Çalışanın Çalışma Duruşu

İmalathanede malzeme taşıma işçiler tarafından manuel olarak yapılmaktadır. Şekil 2'de işçinin rulo kumaşı taşıması, Şekil 3'te ise taşıdığı yükü hedefe bırakması gösterilmiştir.



Şekil 2. Çalışanın Yükü Taşıması



Şekil 3. Çalışanın Yükü Hedefe Bırakması

Yukarıda şekillerle daha iyi ifade edilmeye çalışılan üretim ortamının ergonomik analizi REBA, NIOSH ve OCRA teknikleri kullanılarak yapılmıştır.

### 3.1. REBA

Türkçe yazına Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi olarak geçen REBA tekniği ilk olarak Hignett ve McAtamney (2000) tarafından literatüre kazandırılmıştır. REBA tekniğinde tüm vücudun çalışma duruşu analiz edilir. İşin yapılma anında bilek, alt kol, üst kol, bacak, boyun ve gövdede meydana gelen fleksiyon ve ekstansiyon duruşları ve bu esnada işçinin maruz kaldığı yükün ağırlığına bağlı olarak 1-15 arasında bir skor elde edilir. Toplam REBA skorunun yorumlanması şu şekilde yapılmaktadır:

- Skor 0-1 arasında ise, ergonomik riskler ihmal edilebilir düzeydedir; değişiklik yapılmasına ihtiyaç yoktur.
- Skor 2-3 arasında ise, ergonomik anlamda düşük risk seviyesindedir; değişiklik yapılabilir ancak zorunlu değildir.
- Skor 4-7 arasında ise, ergonomik anlamda orta risk seviyesindedir; detaylı incelemeler yapılarak ileride değişikliğe gidilmelidir.
- Skor 8-10 arasında ise, ergonomik anlamda yüksek risk seviyesindedir; kısa vadede değişikliğe gidilmelidir.
- Skor 10'dan büyükse, ergonomik anlamda çok yüksek risk seviyesindedir; acilen değişikliğe gidilmelidir.

30 yaşında bir tekstil işçisinin rulo kumaşı tezgâhtan alarak taşınması ve hedefe bırakması işi REBA tekniği ile şu şekilde analiz edilmiştir.

REBA A skorunu elde etmek için gerekli olan gövde, boyun ve bacak skorları Tablo 1'de verilmiştir. Çalışan incelendiğinde gövde duruşunda 20°'den fazla fleksiyon (2 puan) olduğu görülmüştür. Ayrıca, gövde dönme ve eğilmeye maruz kaldığı için 2 puan daha eklenerek gövde skoru 4 olarak bulunmuştur. Çalışanın boyun duruşunda 20°'den fazla fleksiyon olması sebebiyle boyun skoru 2'dir. Yükü bırakma esnasında ağırlığın tek bacağına binmesinden dolayı skor 2'dir, buna ek olarak dizde 30°-60° arası bükülme olmasından dolayı 1 puan eklenerek bacak skoru olarak 3 elde edilir. Bu değerler Tablo 2'de okunduğunda Grup A skoru olarak 7 elde edilir. Tablo 3'te kaldırılan yüke göre skor değişim değerleri bulunmaktadır. Çalışanın taşıdığı rulo kumaş 19 kg olduğu için, skora 2 puan daha eklenir ve A skoru 9 olarak bulunur.

**Tablo 1. Grup A Bileşenleri** (Hignett ve McAtamney, 2000)

Vücut Bölümü	Çalışma Duruşu	Skor	Skor Değişimi
Gövde	Dik	1	
	0° - 20° Fleksiyon 0° - 20° Ekstansiyon	2	Yana dönme, esneme veya eğilme varsa skora +1 ekle
	20° - 60° Fleksiyon > 20° Ekstansiyon	3	
	> 60° Fleksiyon	4	
Boyun	0° - 20° Fleksiyon	1	Yana dönme veya esneme varsa skora +1 ekle
	> 20° Fleksiyon veya Ekstansiyon	2	
Bacaklar	İki bacak birlikte kullanılarak yürüme, oturma veya taşıma	1	Dizde 30°-60° arası fleksiyon varsa +1 ekle
	Ağırlığın yalnızca tek bacak üzerinde olması	2	Dizde oturma hariç >60° fleksiyon varsa +2 ekle

**Tablo 2. Grup A Tablosu** (Hignett ve McAtamney, 2000)

	Bacak Skoru	Boyun Skoru											
		1				2				3			
Gövde Skoru	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

**Tablo 3. Yük / Kuvvet Skoru Tablosu** (Hignett ve McAtamney, 2000)

Yük /Kuvvet	Skor
< 5 kg	0
5 - 10 kg	1
> 10 kg	2
Ani veya hızlı kuvvet artışı	+1 ekle

B skorunu elde etmek için gerekli üst kol, alt kol ve bilek duruşlarına ilişkin değerler Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4. Grup B Bileşenleri** (Hignett ve McAtamney, 2000)

Vücut Bölümü	Çalışma Duruşu	Skor	Skor Değişimi
Üst Kol	0° - 20° Fleksiyon 0° - 20° Ekstansiyon	1	Kolda dönme veya dışarı uzanma varsa +1 ekle.
	20° - 45° Fleksiyon > 20° Ekstansiyon	2	Omuz yükselmişse +1 ekle.
	45° - 90° Fleksiyon	3	Kol yer çekiminden faydalaniyor veya destekleniyorsa -1 çıkar.
	> 90° Fleksiyon	4	
Alt Kol	60° - 100° Fleksiyon	1	Yana dönme veya esneme varsa skora +1 ekle
	< 60° Fleksiyon veya > 100° Fleksiyon veya Ekstansiyon	2	
Bilek	0° - 15° Fleksiyon veya Ekstansiyon	1	Bileklerde yana esneme veya dönme varsa +1 ekle
	> 15° Fleksiyon veya Ekstansiyon	2	

Çalışanın üst kol duruşu 20° - 45° arasında olduğu (2 puan) gözlemlenmiştir; kolda ekstra dönme durumu yoktur. Çalışanın alt kol duruşu 60° - 100° arasındadır (1 puan). Çalışanın bilek duruşu 0° - 15° arasındadır (1 puan) ve yana dönme hareketi yaptığı için 1 puan daha eklenerek 2 puan olur. Bu değerler Tablo 5'ten 2 puan olarak okunur. Daha sonra bu değere Tablo 6'da verilen yükün kavrama duruşuna ilişkin skoru eklenir. Çalışanın kavrama zorluğu orta seviye olarak gözlenmiştir ve Tablo 5' ten bulunan puana 1 puan daha eklenerek; B skoru 3 olarak bulunur.

**Tablo 5. Grup B Tablosu** (Hignett ve McAtamney, 2000)

	Bilek	Alt Kol					
		1			2		
		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

**Tablo 6. Yük / Kavrama Skoru Tablosu** (Hignett ve McAtamney, 2000)

Açıklama	Derece	Skor
Elle iyi kavrama ve orta şiddete güçlü kavrama	İyi	0
İdeal olmayan kabul edilebilir elle kavrama; kavrama başka bir vücut bölümü için uygun	Orta	1
El tutuşu mümkün olmasına rağmen kabul edilemez	Kötü	2
El tutuşu uygunsuz veya güvensiz; kavrama kolu yok; kavrama başka bir vücut bölümü için uygun değil	Kabul Edilemez	3

Çalışanın C skoru değeri Tablo 7'den 9 olarak okunur. Çalışanın maruz kaldığı ekstra bir hareket olmadığı için REBA hareket puanı eklemeye gerek kalmaz ve sonuç olarak REBA skor değeri 9 olarak elde edilir. Bu değer ergonomik olarak yüksek riski işaret eder. Çalışma ortamında mümkün olduğunca hızla yeni düzenlemeler yapılarak çalışanın zorlanma seviyesi düşürülmelidir.

**Tablo 7. C Skoru Tablosu** (Hignett ve McAtamney, 2000)

	A Skoru	B Skoru											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	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	12	12

### 3.2. NIOSH

NIOSH kaldırma denklemi Waters vd. (1994) tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Bu yöntemde önerilen ağırlık limiti (ÖAL) belirlenir ve çalışanın bu sınır değeri geçmesinin ergonomik anlamda riskli olduğu, orta vadede KİSR'na yol açabileceği belirtilir. NIOSH denklemi ile elde edilen sınır değeri kadınların %75'i, erkeklerin %99'u zorlanmadan

kaldırabilir (Waters vd., 1994). ÖAL şu şekilde hesaplanır:

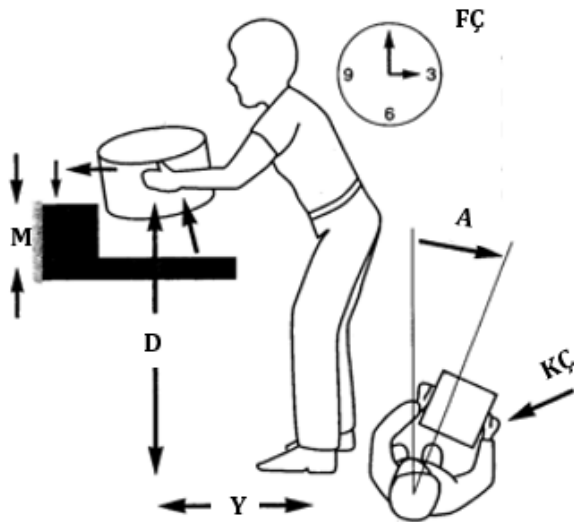
$$\text{ÖAL} = \text{YS} \times \text{YÇ} \times \text{DÇ} \times \text{MÇ} \times \text{AÇ} \times \text{FÇ} \times \text{KÇ} \quad (1)$$

ÖAL değeri yedi farklı bileşenin çarpımından oluşur, bunlar: yük sabiti (YS), yatay çarpan (YÇ), dikey çarpan (DÇ), mesafe çarpanı (MÇ), asimetri çarpanı (AÇ), frekans çarpanı (FÇ) ve kavrama çarpanıdır (KÇ). İlk terim olan YS, adından da anlaşılacağı üzere sabit bir sayıdır ve maksimum omurga bası yükünün 6,76 kg/kN çarpılması ile ifade edilir. Yaşa ve cinsiyete göre, bir kişinin sakatlanmaksızın kaldırabileceği maksimum omurga bası yükü Tablo 8'de verilmiştir. Ergonomik analiz yapılan çalışan 30 yaşında olduğu için yük sabiti,  $\text{YS}=6,76 \times 5 = 33,8 \text{kg}$  şeklinde hesaplanır.

**Tablo 8. Bası Yükü** (Niebel ve Freivalds, 2003)

Yaş	Kadın (kN)	Erkek (kN)
20	4,4	6,0
30	3,8	5,0
40	3,2	4,0
50	2,6	3,0
60 ve üzeri	2,0	2,0

ÖAL hesaplamasında kullanılan diğer altı terim ise [0-1] aralığında sayılardır. Bu değerlerin 1'e yaklaşması uygun duruş pozisyonuna yakın çalışıldığı; 0'a yaklaşması ise uygun olmayan ergonomik koşullarda çalışıldığı anlamını taşır. Bu çarpanlar Şekil 4'te görsel olarak ifade edilmiştir. Şekil 4'te Y olarak ifade edilen yatay mesafe, vücudun simetri merkezi ile taşınan yükün orta noktası arasındaki uzaklıktır ve Tablo 9'daki gibi YÇ değeri hesabında kullanılır. Çalışan işi yaparken incelendiğinde yatay mesafenin 34 cm olduğu ölçülmüştür; dolayısıyla  $\text{YÇ} = 25 / 34 = 0,735'$ dir.



**Şekil 4. Çalışanın Yükü Hedefe Bırakması** (Niebel ve Freivalds, 2003)

**Tablo 9. Yatay Çarpan Değeri** (Niebel ve Freivalds, 2003)

Yatay Mesafe (cm)	Yatay Çarpan Değeri
$Y < 25$	1
$25 \leq Y \leq 63$	$25 / Y$
$Y > 63$	0

Dikey mesafe, Şekil 4'te D olarak gösterilmiştir ve yükün kavrandığı noktadan yere kadar olan mesafedir. DÇ Tablo 10'da verildiği gibi hesaplanır. Çalışanın duruşu incelendiğinde dikey mesafe 110 cm olarak ölçülmüştür; dolayısıyla  $\text{DÇ} = 0,895'$ dir.

**Tablo 10. Dikey Çarpan Değeri** (Niebel ve Freivalds, 2003)

Dikey Mesafe (cm)	Dikey Çarpan Değeri
$D < 175$	$1 - (0,003 \times  D-75 )$
$D \geq 175$	0

Yükün taşındığı mesafe Şekil 4'te M ile belirtilmiştir ve yükü kaldırmanın başladığı ve bittiği noktalar arasındaki yükseklik farkıdır. MÇ değeri Tablo 11 yardımıyla hesaplanır. İncelenen örnekte, çalışanın yükü düşeyde 40 cm hareket ettirdiği gözlenmiştir; dolayısıyla  $\text{MÇ} = 0,9325'$ dir.

**Tablo 11. Mesafe Çarpanı Değeri** (Niebel ve Freivalds, 2003)

Mesafe (cm)	Mesafe Çarpanı Değeri
$M < 25$	1
$25 \leq M \leq 175$	$0,82 + (4,5 / M)$
$M > 175$	0

Asimetri açısı Şekil 4'te A ile ifade edilmiştir ve vücudun orijinal ekseninden kaç derece döndüğünü ifade eder. İlgili çarpan olan AÇ Tablo 12 kullanılarak elde edilir. Gözlemler sonucunda çalışanın rulo kumaşı taşıırken vücudunun 120°'lik açıyla döndüğü anlaşılmıştır;  $\text{AÇ} = 0,616'$ dir.

**Tablo 12. Asimetri Çarpanı Değeri** (Niebel ve Freivalds, 2003)

Asimetri Açısı	Asimetri Çarpanı Değeri
$A < 135^\circ$	$1 - (0,0032 \times A)$
$A \geq 135^\circ$	0

Frekans değeri ise Şekil 4'te FÇ ile ifade edilmiştir; bir dakikada kaç sefer kaldırma yapıldığını belirtir. FÇ değeri taşıma süresinin uzunluğuna, yükün kaldırılma noktasının yerden yüksekliğine ve dakikadaki tekrar sayısına bağlıdır. Tablo 13'te FÇ ile ilgili değerler verilmiştir. Tablo 13'ün ilk sütunu

çalışanın bir dakikada yaptığı kaldırma hareketi sayısını ifade etmektedir. Diğer sütunlar ise, çalışanın 8 saatlik bir vardiya boyunca kaç saat süreyle kaldırma hareketi yaptığını belirtmektedir. İncelenen vakada çalışan taşıma işini dakikada bir kez yapmaktadır ve bu işi vardiya boyunca toplam 50 dakika kadar yapmaktadır. Buna göre, FÇ değeri Tablo 13'ten 0,94 olarak okunur.

**Tablo 13. Frekans Çarpanı Değeri (Niebel ve Freivalds, 2003)**

Dakikada Kaldırma Sayısı	Çalışma Süresi					
	1 saatten az		1 ila 2 saat arası		2 ila 8 saat arası	
	D < 75	D ≥ 75	D < 75	D ≥ 75	D < 75	D ≥ 75
< 0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13

Son olarak kavrama çarpanı Şekil 4'te KÇ olarak gösterilmiştir ve Tablo 14'te ilgili değerler yer almaktadır. Çalışanın dikey mesafesi 110 cm ve kavrama durumu yeterli olduğundan KÇ değeri 1 olur.

**Tablo 14. Kavrama Çarpanı Değeri (Niebel ve Freivalds, 2003)**

Kavrama Durumu	D < 75	D ≥ 75
İyi	1	1
Yeterli	0,95	1
Kötü	0,90	0,90

(1) numaralı denklem kullanılarak ÖAL şu şekilde hesaplanır:

$$\text{ÖAL} = 33,8 \times 0,735 \times 0,895 \times 0,933 \times 0,616 \times 0,94 \times 1$$

$$\text{ÖAL} = 12,012 \text{ kg.}$$

Bu demek oluyor ki, çalışanın herhangi bir sağlık sorunu yaşamadan kaldırabileceği yük miktarı en fazla 12,045 kg olmalıdır. Ancak, yukarıda da belirtildiği gibi, çalışanın taşıdığı gerçek yük 19 kg olarak, bu sınır değerinin oldukça üzerindedir.

NIOSH kaldırma denklemi şu şekilde hesaplanır ve ergonomik açıdan yeterli çalışma şartlarının sağlanması için bu indis değerinin 1'den küçük olması gerekir (Waters vd., 1994).

$$\text{Kaldırma İndisi} = \text{Gerçek ağırlık} / \text{ÖAL} \quad (2)$$

Bu örnek için;

$$\text{Kaldırma indisi} = 19 / 12,012 = 1,582' \text{ dir.}$$

Hesaplanan kaldırma indisi, sınır değerinden oldukça üzerindedir (Niebel ve Freivalds, 2003). Bu durum, işçinin çalışma ortamının ergonomik anlamda yetersiz olduğunu ve acil düzenlemelere gidilmesi gerektiğini göstermektedir.

### 3.3. OCRA

Türkçe yazında mesleki tekrarlamalı hareketler indisi olarak geçen OCRA tekniği ilk olarak Occhipinti (1998) tarafından kullanılmıştır. Özellikle manuel işlerin ağırlıkta olduğu ve işçinin vardiya boyunca tekrar tekrar aynı işi yaptığı durumlarda OCRA yöntemini kullanmak uygundur; çünkü bu yöntem tekrarlı işlerden kaynaklanan kümülatif etkiyi dikkate alır. OCRA tekniği ile omuz, dirsek, bilek ve el gibi üst ekstremiteler analiz edilir. OCRA indisi, teknik hareket sıklığının, önerilen sıklığa bölünmesiyle elde edilir.

$$\text{OCRA indisi} = \frac{\text{Teknik Hareket Sıklığı}}{\text{Önerilen Sıklık}} \quad (3)$$

Teknik hareket sıklığı, bir dakikada gerçekleştirilen teknik hareket sayısıdır. Teknik hareketler bir işi gerçekleştirmek için yapılan temel manuel hareketlerdir (kavrama, tutma, döndürme, itme, kesme, vb). Önerilen sıklık ise aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\text{Önerilen Sıklık} = \text{SS} \times \text{Px} \times \text{Tx} \times \text{Kx} \times \text{ERF} \times \text{DP} \times \text{TİS} \quad (4)$$

Önerilen sıklık değeri yedi farklı bileşenin çarpımından oluşur, bunlar: sabit sıklık (SS), postur (P), tekrarlılık (T), kuvvet (K), ek risk faktörleri (ERF), yetersiz dinlenme periyodu (DP) ve tekrarlı işlerin bir vardiyadaki toplam süresidir (TİS). Bu bileşenlerden yalnızca SS sabit bir değerdir ve ideal koşullarda dakikada 30 hareket olarak varsayılır (Otto ve Scholl, 2011). Geri kalan altı parametre ise [0-1] aralığında değer alır. Bu değerler 1'e yaklaştıkça uygun ergonomik koşulları ifade ederken, 0'a yaklaştıkça ergonomik anlamda kötü çalışma koşullarını işaret eder.

OCRA indisinin önemli bir özelliği, sağ ve sol vücut uzuvları için ayrı ayrı hesaplanması ve en kötü ergonomik koşulları işaret eden tarafın OCRA değeri olarak seçilmesidir. Ancak bu çalışmada yer kısıtlı olduğu için örnek olarak yalnızca sağ vücut hesaplamalarına yer verilmiştir. Analiz edilen çalışan

sağlık olması sebebiyle sağ tarafını kullanarak daha fazla teknik hareket gerçekleştirmekte, dolayısıyla da sağ tarafın OCRA indisi daha kötü ergonomik koşulları göstermektedir.

OCRA indisinin yorumlanması şu şekilde yapılmaktadır:

- İndis değeri 2,2'nin küçük olması, ergonomik olarak *yeşil bölge* olarak adlandırılır. Bu durumda, ergonomik riskler ihmal edilebilir düzeydedir; çalışma ortamında herhangi bir değişiklik yapılmasına ihtiyaç yoktur.
- İndis değerinin 2,2-3,5 aralığında olması, ergonomik olarak *sarı bölge* olarak adlandırılır. Bu durumda, düşük risk seviyesinde ergonomik risk var demektir. Ergonomist, istasyonu analiz ederek birtakım ufak değişiklikler yapılması şartıyla kabul edebilir. Bu nedenle sarı bölge, ilgili yazında *şarhlı kabul bölgesi* olarak da adlandırılmaktadır.
- İndis değerinin 3,5'tan büyük olması ise, ergonomik olarak *kırmızı bölge* olarak adlandırılır ve ergonomik anlamda çok yüksek risk seviyesini işaret eder. Bu seviyede riske sahip bir çalışma ortamı kabul edilemez ve acilen iş ve iş ortamı ile ilgili düzenlemeler yapılmalıdır.

Tekstil çalışanın ergonomik zorlanma seviyesinin, OCRA tekniği yardımıyla elde edilmesi için öncelikle teknik hareket sayısının belirlenmesi ve önerilen sıklık hesabında kullanılan parametre değerlerinin bulunması gereklidir. Çalışanın sağ vücut uzuvlarını kullanarak, uzanma, kavrama, çekme, döndürme, kaldırma, yürüme, eğilme, bırakma olmak üzere 21 adet teknik hareket gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Çevrim süresi 32 sn.dir. Bu durumda, bir dakikadaki teknik hareket sayısı, diğer bir deyişle teknik hareket sıklığı;

$(21 \times 60 \text{ sn.}) / 32 \text{ sn.} = 39,375$  olarak bulunur.

Postur, çalışanın işi yaparken gerçekleştirdiği teknik hareketler esnasındaki çalışma duruşudur. Bu duruş, ne kadar vücudun nötral pozisyonuna uygun olursa, postur çarpanı P'nin değeri 1'e o kadar yaklaşır. OCRA hesabında çalışma duruşu temelde *hafif ve ciddi duruş bozuklukları* olarak ikiye ayrılır. P değerine etki eden bir diğer faktör de çalışanın, bu çalışma duruşuna maruz kalma süresidir. Tablo 15'te ilgili P değerleri verilmiştir. Bu çalışmada, çalışanın işi yaparken el bileğinde 45°den fazla fleksiyon ve dirseğinde de 60°den fazla dönüş saptanmıştır. Bu çalışma duruşları, ciddi duruş bozuklukları kategorisine girer. Çalışanın bu işi yapma süresi ise 15 sn. olup bu süre, çevrim süresinin %46,8'ine tekabül eder. Bu durumda, P değeri Tablo 15'ten 0,7 olarak okunur.

**Tablo 15. Postur Çarpanı Değeri (Occhipinti, 1998)**

Uygun Olmayan Duruş	Çevrim Süresi Yüzdesi				
	< %25	%25 - %50	%51 - %80	> %80	
Ciddi	Dirsekten dönme ( $\geq 60^\circ$ )				
	Bilekte Fleksiyon veya Ekstansiyon ( $\geq 45^\circ$ )	1	0,7	0,6	0,5
	Elle kısıtılarak veya sapından veya avuçla tutma				
Hafif	Dirsekten dönme ( $< 60^\circ$ )				
	Bilekte yana dışa veya yana içe dönme ( $\geq 20^\circ$ )	1	1	0,7	0,5
	Elle dar cismi kuvvetli tutma ( $\leq 2\text{cm}$ )				

Tekrarlılık çarpanı T, çalışanın aynı teknik hareketleri, vardiya boyunca tekrar tekrar yapması durumunu ifade eder. OCRA tekniğinde T parametresi, *düşük tekrarlılık* ve *yüksek tekrarlılık* olmak üzere ikiye ayrılır. Bir işin düşük tekrarlılık olarak kabul edilebilmesi için şu özelliklerden birini sağlaması gerekir:

- Çevrim süresinin 15 sn.den büyük olması veya
- Aynı tip teknik hareketlerin, çevrim süresinin %50'sinden fazla tekrarlanmaması. Bunların dışındaki tüm durumlar yüksek tekrarlılık olarak kabul edilir. T değeri, düşük tekrarlılık varsa 1; yüksek tekrarlılık varsa 0,7 olarak alınmalıdır. İncelenen örnekte çevrim süresi 32 sn. olup yukarıdaki ilk şartı sağladığı için düşük tekrarlılık olduğu kabul edilir ve T değeri 1 olarak alınır.

Kuvvet çarpanı K, çalışanın teknik hareketi gerçekleştirmek için harcadığı fiziksel gücün matematiksel ifadesidir. Harcanan kuvvet miktarı arttıkça, K değeri 0'a yaklaşır. Tablo 16'da uygulanan kuvvete bağlı kuvvet çarpanı değerleri yer almaktadır. Tabloda yer almayan ara değerler için interpolasyon yapılması gerekir. Ele alınan durumda çalışanın ortalama %20'lik bir kuvvet uyguladığı analiz edilmiş ve buna bağlı kuvvet çarpanı değeri Tablo 16'dan 0,65 olarak okunmuştur.



**Tablo 16. Kuvvet Çarpanı Değeri** (Occhipinti, 1998)

Ortalama Harcanan Kuvvet (%)	5	10	20	30	40	≥50
Değer	çok çok zayıf	çok zayıf	zayıf	orta	biraz kuvvetli	kuvvetli/çok kuvvetli
Kuvvet Çarpanı	1	0,85	0,65	0,35	0,2	0,01

Ek risk faktörleri (ERF) çarpanı ise, tüm tekrarlı hareketler boyunca olmayan ancak zaman zaman ortaya çıkan risk faktörlerini ifade eder. ERF'ne örnek olarak, keskin bir obje ile çalışılması; ele alınan işin çok sıcak veya soğuk olması; çalışanın maske, eldiven, gözlük gibi koruyucu ekipman kullanmak zorunda olması; işin titreşimli araç gereç kullanımı gerektirmesi; çekiç gibi ani yüksek kuvvet uygulanması; 1-2 mm. gibi hassas toleransla cisim yerleştirilmesi verilebilir. Bu durumların ortaya çıkması kadar, bu durumlara maruz kalma süresi de ERF değerini belirlemede önem taşır. ERF'ne maruz kalma süresi, çevrim süresinin;

- %25'inden küçük ise, ERF = 1;
- %26-%50'si arasında ise, ERF = 0,95;
- %51-%80'i arasında ise, ERF = 0,90 ve
- %80'inden fazla ise, ERF = 0,80 olur.

Bahsi geçen çalışmada herhangi bir ERF'ne maruziyet durumu olmadığı için, ERF = 1'dir.

Dinlenme, çalışanın teknik hareketleri yaptıktan sonra, kas gruplarının dinlenmesi ve nefesinin düzene girmesi için gereken süredir. Yetersiz dinlenme periyodu (DP) ve tekrarlı işlerin bir vardiyadaki toplam süresi (TİS) çarpanları ideal çalışma şartlarında sırasıyla 0,6 ve 1 sabit değerlerini alırlar. İdeal şartlar ile ifade edilen 8 saatlik vardiyalarla çalışılan bir işletmede en az 30 dakikalık bir öğle yemeği molası ve biri öğle molasından önce, diğeri sonra olmak üzere en az iki adet 10 dakikalık çay / kahve molası olmasıdır (Occhipinti, 1998).

Parametrelerin belirlenmesinden sonra önerilen sıklık değeri denklem (4) kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Önerilen Sıklık} = 30 \times 0,7 \times 1 \times 0,65 \times 1 \times 0,6 \times 1 = 8,19$$

Son olarak, (3) numaralı denklem ile OCRA indis değeri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\text{OCRA indisi} = \frac{39,375}{8,19} = 4,808$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen OCRA indis değeri, kabul edilebilir sınır olan 3,5 değerini aştığı için, çalışanın ergonomik zorlanma seviyesinin kırmızı bölgede olduğu, aşırı zorlanmaya maruz kaldığı ve

çalışma koşullarının acilen düzeltilmesi gerektiği söylenebilir.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında, tekstil sektöründe manuel işler yapan bir çalışanın ergonomik risk faktörleri REBA, NIOSH ve OCRA yöntemleri kullanılarak ölçülmüştür. Bu üç farklı ERD tekniğinin seçilmesinin sebebi, çalışanın tüm vücut bölümlerine ait ergonomik zorlanmaların tespit edilmek istenmesidir. Uygulanılan risk değerlendirme teknikleri ve bu tekniklerin analiz ettiği vücut bölümleri Tablo 17'de verilmiştir. Buna göre, REBA tekniği boyun, kol, el bileği, gövde ve bacakların ergonomik risk seviyelerini incelerken, OCRA tekniği omuz, kol, dirsek, el bileği ve eli analiz eder. Buradan, bazı vücut parçalarının iki farklı teknikle birden analiz edildiği görülmektedir. Hal bu ki, iki tekniğin hitap ettiği çalışma duruşları farklıdır. Örneğin, REBA yönteminde kol, üst kol ve alt kol olmak üzere ayrı ayrı analiz edildikten sonra skor değeri atanır. OCRA yönteminde ise, üst ekstremiteler çok daha detaylı analiz edilir. Dirsek, bilek, el ve hatta el parmaklarının dahi çalışma duruşları incelenir. Ayrıca gövde ve bacakları hesaba katan tek yöntem REBA'dır. Bunlara ek olarak, ele alınan örnekte çalışan, 19 kg gibi ağır bir yük taşımaktadır. Bu tarz taşımalarındaki risk faktörlerini belirlemede en etkin yöntemlerden biri NIOSH kaldırma denklemini kullanmaktadır. Ağırlık ile ilgili bir sınır değer hesaplayarak, belde oluşan risk faktörlerini işaret eden tek yöntem NIOSH'tur.

Tablo 18'de ise, uygulanan ERD tekniklerine ait skorlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Tablo 17. ERD Tekniklerinin Analiz Ettiği Vücut Bölümleri**

ERD Tekniği	REBA	NIOSH	OCRA
<b>Vücut Bölümü</b>			
<b>Omuz</b>			√
<b>Boyun</b>	√		
<b>Kol</b>	√		√
<b>Dirsek</b>			√
<b>El Bileği</b>	√		√
<b>El</b>			√
<b>Gövde</b>	√		
<b>Bel</b>		√	
<b>Bacak</b>	√		

**Tablo 18. ERD Teknikleri Skor Karşılaştırma**

ERD Tekniği	Skor	Risk Seviyesi
REBA	9	Yüksek
NIOSH	1,577	Yüksek
OCRA	4,808	Yüksek

REBA tekniği kullanılarak elde edilen skor 9'dur. Yukarıda da bahsedildiği üzere, eğer REBA skoru 8-10 arasında ise, çalışma ortamında yüksek ergonomik risk vardır ve kısa vadede düzenlemeler yapılmalıdır. NIOSH kaldırma indisinin değeri 1,577 olarak bulunmuştur. Ergonomik risk faktörlerinin ortaya çıkmaması için bu değer 1'in altında olması önerilmektedir. Bu durumda, indisin sınır değerinde olması yüksek ergonomik risk anlamını taşır ve acilen değişiklik yapılması gerektiğini belirtir. Son olarak, OCRA indisinin değeri 4,808 olarak hesaplanmıştır. OCRA indisinin 3,5'un üzerinde olduğu durumlar kırmızı bölge olarak nitelendirilir. Dolayısıyla, çalışanın mevcut koşullarda çalışmaya devam etmesine izin verilmemeli, acilen aksiyon alınmalıdır. Aksi takdirde, çalışanda KİSR ortaya çıkması kaçınılmazdır.

Yapılan bu çalışmada uygulanan üç farklı ERD tekniği de birbiriyle paralel sonuçlar vermiştir. Literatürde farklı ERD tekniklerinin kıyaslandığı, farklı sektörlerde uygulaması yapılmış olan kısıtlı sayıda çalışma mevcuttur. Jones ve Kumar (2007) beş farklı ERD tekniğini, bir kereste fabrikasında kereste doldurma operatörü üzerinde uygulamışlardır. Çalışma sonucunda, Amerikan Devlet Endüstriyel Sağlıkçuları Konferansı Eşik Sınır Değeri tekniği operasyonun kabul edilebilir risk seviyesinde olduğu sonucuna varırken, diğer teknikler işlemleri riskli bulmuş; hatta OCRA ve zorlanma endeksi teknikleri ise yüksek risk hesaplamışlardır. Yazarlar bu sonucun OCRA ve zorlanma endeksi tekniklerinin, çalışma duruşu ve sıklık hususlarında daha hassas olmalarından kaynaklandığını savunmuştur. Yaylı ve Çalışkan (2019) orman fidanlığı işçilerinin çalışma duruşlarına yönelik üç farklı ERD yöntemini karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda, incelenen çalışma duruşlarının %4,6'sı Owako Çalışma Postürü Analiz Sistemi'ne (OWAS) göre; %8'i REBA tekniğine göre ve %20'si de Hızlı Üst Vücut Değerlendirmesi (RULA) yöntemine göre riskli bulunmuştur. Choi vd. (2020) geliştirdikleri Tarımsal Üst Ekstremité Değerlendirmesi (AULA) tekniğini RULA, REBA ve OWAS ile kıyaslamışlardır. 136 çiftlik operasyonunu inceleyerek risk değerlendirmesi yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, AULA tekniği tüm işlerin %48,6'sını riskli bulurken; RULA, REBA ve OWAS yöntemleri sırasıyla, %33,3, %30,1 ve %34,4'ünü riskli bulmuşlardır. Görüldüğü üzere, farklı ERD tekniklerini kıyaslayan bu çalışmaların bazılarında farklı teknikler benzer sonuçlar verirken, bazı

çalışmalarda ise farklı ERD tekniklerinin sonuçları birbirleriyle uyumsuz çıkmıştır.

## 5. Tartışma

Ülkemizde tekstil sektörünün imalatta önemli bir payı vardır. Tekstil sektöründe faaliyet gösteren işletmelerde genellikle üretim işçileri tarafından manuel olarak gerçekleştirilmektedir. Özellikle, manuel işlerin tekrarlı olarak yapıldığı çalışma ortamlarında ergonomik risk faktörleri ortaya çıkmaktadır. İş ortamındaki ergonomik riskleri saptamak, meslek hastalıkları ve meslek hastalıklarına bağlı devamsızlıklar, işgücü kayıpları, üretkenlik kayıpları gibi oluşabilecek olumsuzlukların önüne geçmenin ilk adımınıdır.

Çalışanın ergonomik zorlanmasını bütüncül olarak kavrayabilmek için, tüm vücut bölgelerinin analizini kapsayacak şekilde REBA, NIOSH ve OCRA risk değerlendirme teknikleri uygulanmıştır. Her üç teknik de çalışanın ergonomik zorlanmasının, kabul edilebilir seviyenin üzerinde olduğunu göstermiştir. Bu durum işletme yönetimi ile paylaşılmıştır. Yönetim ile birlikte yapılan toplantılar sonucunda şu aksiyonların alınması uygun görülmüştür:

- Çalışanın 19 kg ağırlığındaki rulo kumaş ile kaldırma, taşıma vb. işleri yapmasının önüne geçmek amacıyla, rulo kumaşı keserek daha küçük, hafif parçalar haline getirmek.
- Şekil 2'de gösterildiği üzere, çalışanın yükü bıraktığı ve başka bir çalışanın da yükü aldığı platform oldukça alçak ve yere yakındır. Bu platformun altına ayak monte ederek, çalışanların uygun olmayan duruşlarının ve aşırı eğilmelerinin önüne geçilebilir.
- Çalışanın önünde çalıştığı tezgâhın boyu, çalışanların uzunluğuna göre ayarlanabilir hale getirilerek, çalışanların ergonomik olmayan postür ile çalışmalarını önlenir.
- Vardiya süresince çalışanlar arasında rotasyon yapılarak, bir çalışanın yüke uzun süre maruz kalmasının önüne geçilebilir. Ergonomik zorlanmalarda, risk faktörüne maruz kalma süresi ne kadar artarsa KİSR olasılığı da o derece artar.

Yukarıda sıralanan uygulaması basit adımlarla çalışma ortamını ergonomik anlamda yeterli hale getirmek mümkündür. Bu sayede, orta vadede firmanın verimliliğinin ve üretkenliğinin artırılarak rekabetçi gücünün daha da üst düzeye çıkarılması söz konusu olacaktır.

Tekstil sektöründe uygulaması yapılmış olan bu çalışma, ileride farklı sektörlerde de uygulanabilir. Ergonomik risk faktörlerinin yüksek olduğu, üretim ve hizmet alanlarında çeşitli sektörlerde çalışan kişilerin risk değerlendirmeleri analiz edilebilir. Manuel montaj hattı operatörü, mağaza satış temsilcisi, uzun yol otobüs şoförü, hemşire / hasta

bakıcı gibi örnekler üzerinde çalışmalarda bulunulabilir.

### Teşekkür

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2019.KB.FEN.035 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

### Kaynaklar

Akalp, H.G., Saklangiç, U., ve Çirakoğlu, S. (2021). Zeytin Tarımında Çalışan İşçilerin Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi İle Analizi. *Ergonomi*, 4(2), 88-96.

Battini, D., Faccio, M., Persona, A. ve Sgarbossa, F. (2007). Linking Ergonomics Evaluation and Assembly System Design Problem in a New Integrated Procedure. *In the Proceedings of the 19th International Conference on Production Research*. 29 Temmuz-2 Ağustos, Bildiriler Kitabı, Valparaiso, Şili.

Battini, D., Delorme, X., Dolgui, A. ve Persona, A. (2015). Ergonomics in assembly line balancing based on energy expenditure a multi objective model. *International Journal of Production Research*, 54(3), 824-845.

Baykasoğlu, A., Demirkol Akyol, Ş. (2014). Ergonomik Montaj Hattı Dengeleme, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(4), 785-792.

Beliveau, P.J., Johnston, H., Van Eerd, D. ve Fischer, S.L. (2022). Musculoskeletal disorder risk assessment tool use: A Canadian perspective. *Applied Ergonomics*, 102, 103740.

Choi, K.H., Kim, D.M., Cho, M.U., Park, C.W., Kim, S.Y., Kim, M.J. ve Kong, Y.K. (2020). Application of a risk assessment tool by comparison with other ergonomic risk assessment tools. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 6479.

Ekinci, E.B.M. ve Can, G.F. (2018). Algılanan iş yükü ve çalışma duruşları dikkate alınarak operatörlerin ergonomik risk düzeylerinin çok kriterli karar verme yaklaşımı ile değerlendirilmesi. *Ergonomi*, 1(2), 77-91.

Engür, M. (2021). Ormanda Yüksekte Çalışma: "Tirmanıcı/Budayıcı" Orman Çalışanlarının Güvenlik Performansının Geliştirilmesine Yönelik Önlemler. *Ergonomi*, 4(1), 22-34.

Erginel, N., Toptancı, Ş. ve Acar, I. (2018). Bulanık REBA ile Bir Mobilya İmalat Firmasında Ergonomik Risk Değerlendirmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, (ÖS: Ergonomi2017), 92 – 101, 2018.

Hignett, S. ve McAtamney, L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31, 201-205.

Jones, T. ve Kumar, S. (2007). Comparison of ergonomic risk assessments in a repetitive high-risk sawmill occupation: Saw-filer. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37(9-10), 744-753.

Moreau, M. (2003). Corporate Ergonomics Programme at Automobiles Peugeot-Sochaux. *Applied Ergonomics*, 34 (6), 29-34.

Niebel, B.W., & Freivalds, A. (2003). *Methods, standards, and work design*. McGraw-Hill, USA.

Occhipinti, E. (1998) OCRA: A Concise Index for the Assessment of Exposure to Repetitive Movements of Upper Limb. *Ergonomics*, 41 (9), 1290-1311.

Otto, A., & Scholl, A. (2011). Incorporating ergonomic risks into assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, 212, 277-286.

Otto, A. ve Battaia, A. (2017). Reducing physical ergonomic risks at assembly lines by line balancing and job rotation: A survey. *Computers & Industrial Engineering*, 111, 467-480.

Roman-Liu, D. (2014). Comparison of concepts in easy-to-use methods for MSD risk assessment. *Applied ergonomics*, 45(3), 420-427.

Sökmen, Ö.Ç., ve Yılmaz, M. (2019). İş Zorlanma İndeksi ile Ergonomik Risk Değerlendirme ve Bir Uygulama. *Ergonomi*, 2(1), 25-31.

Vieira, E.R. ve Kumar, S. (2004). Working Postures: A Literature Review, *Journal of Occupational Rehabilitation*, 14 (2), 143-159.

Waters, T.R., Putz-Anderson, V., ve Garg, A. (1994). Applications manual for the revised NIOSH lifting equation.

World Health Organization. (1986). Early detection of occupational diseases. *World Health Organization*.

Yaylı, D. ve Çalışkan, E. (2019). Comparison of Ergonomic Risk Analysis Methods for Working Postures of Forest Nursery Workers. *European Journal of Forest Engineering*, 5(1), 18-24.

Zhao, Y.S., Jaafar, M.H., Mohamed, A.S.A., Azraai, N.Z. ve Amil, N. (2022). Ergonomics Risk Assessment for Manual Material Handling of Warehouse Activities Involving High Shelf and Low Shelf Binning Processes: Application of Marker-Based Motion Capture. *Sustainability*, 14(10), 5767.