



Evaluation of employee postures in building construction with different ergonomic risk assessment methods

Mehmet Ali Zengin^{1*}, Ömer Asal²

¹Department of Property Protection and Safety, Ondokuz Mayıs University, Samsun, 55700, Turkey

²Department of Manufacturing Engineering, Gazi University, Ankara, 06500, Turkey

Highlights:

- Body pain map of workers working in building construction
- Analysis of assigned tasks using REBA, OWAS, QEC methods
- Determination of the most appropriate method for building construction tasks

Keywords:

- Musculoskeletal disorders
- Construction workers
- Risk assessment methods
- Posture
- Field study

Graphical/Tabular Abstract

The construction sector has always been the locomotive sector of the countries with the added value and employment opportunities it provides to the economy. However, the construction sector is not very bright in terms of "work accidents" as well as its economic positive effects. Musculoskeletal system disorders are frequently seen especially in the construction sector due to the high number of manual handling works. In the present study, a total of 93 workers were surveyed in The Nordic Musculoskeletal Questionnaire to the body pain map of the workers working in building construction. In the map, it was determined that the building construction tasks had the most discomfort in the "Low Back" area.

Body Part	Pain Zone	Iron Works		Molds / Concrete Works		Brick / Plaster Works		Scaffolding Works	
		%	Severity*	%	Severity*	%	Severity*	%	Severity*
	Neck	47%	5,6	54%	5,2	41%	4,9	43%	5,9
	Shoulder	63%	6,1	71%	6,6	69%	8,3	71%	7,8
	Upper Back	63%	6,7	63%	6,7	66%	6,6	71%	7,5
	Elbows	53%	5,3	46%	5,6	75%	6,2	57%	6,5
	Wrist/Hands	74%	8	42%	5,2	69%	8,2	33%	5,4
	Low Back	68%	7,6	76%	8,1	72%	7,4	76%	8,1
	Hips/Thighs	26%	3,9	25%	4,9	24%	5	33%	5,1
	Knees	32%	3,7	25%	4,6	28%	5,2	43%	4,9
	Ankle/Feet	21%	3,6	17%	4,5	24%	4,1	19%	4,1
	Average		50%	5,6	47%	5,7	51%	6	50%

Figure A. Workers body pain map

Article Info:

Research Article
Received: 02.04.2019
Accepted: 05.03.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.548028

Correspondence:

Author: Mehmet Ali Zengin
e-mail: mehmetali.zengin@omu.edu.tr
phone: +90 362 714 5555 / 7462

Purpose: Studies in the construction sector were mostly performed using one or two ergonomic risk assessment methods. Comparing the results of three different risk assessment methods in the construction sector highlights the novelty of the study. The purpose of this study is to: (1) Identify the differences between 3 different ergonomic risk assessment methods of working postures in building constructions, (2) to create the Body Pain Map of workers working in different jobs in building construction, (3) to determine the most risky task by comparing the risk assessment scores of workers working in different tasks, (4) to provide remedial advice on employee postures with high ergonomic risk score.

Theory and Methods:

The most important point in the selection of risk assessment methods is to determine which body points the employees feel discomfort. In this way, it is possible to decide whether to choose the methods that evaluate the whole body or the methods that evaluate only certain regions. With the Nordic Musculoskeletal Questionnaire conducted, it was determined that workers working in the building construction felt discomfort in all their bodies. For this reason, it was decided to carry out the analysis with REBA, QEC and OWAS ergonomic risk assessment methods.

Results:

In the present study, 39 different tasks were analyzed separately with 3 different ergonomic risk analysis methods. According to the analysis results, there are significant differences between QEC method outputs and the other two methods. Therefore, the ergonomic risk assessments in the building construction are better done by QEC method among these three methods. In other analyzes, it was determined that most of the employees felt discomfort in the "Low back" during the construction of the buildings. Among the 4 duties evaluated, the most difficult task in terms of pain intensity of workers is determined to be Scaffolding Works

Conclusion:

The tasks evaluated in the present study can be said to be caused by musculoskeletal system disorders in building construction workers. The results of our study show that different risk assessment methods applied to the same tasks can give different results. The expansion of technological developments in the construction sector will help reduce the discomfort associated with the personnel's musculoskeletal system.



Bina inşaatındaki çalışan duruşlarının farklı ergonomik risk değerlendirme yöntemleri ile değerlendirilmesi

Mehmet Ali Zengin^{1*}, Ömer Asal²

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mülkiyet Koruma Bölümü, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı, 55700, Havza, Samsun, Türkiye

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, 06500, Ankara, Türkiye

ÖNEÇIKANLAR

- Bina inşaatında çalışan işçilerin vücut ağrı haritasının oluşturulması
- Belirlenen görevlerin REBA, OWAS, QEC yöntemleri ile analiz edilmesi
- Bina inşaatı faaliyetlerinin değerlendirilmesi için en uygun yöntemin belirlenmesi

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 02.04.2019

Kabul: 05.03.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.548028

Anahtar Kelimeler:

Kas iskelet sistemi bozuklukları, risk değerlendirme yöntemleri, inşaat işçileri, duruş, saha çalışması

ÖZET

İnşaat sektörü hem Türkiye hem de Dünya için lokomotif sektörlerden bir tanesidir. İnşaat sektörü ekonomik açıdan önemli bir yere sahip olmasına rağmen iş kazaları ve meslek hastalıklarının da en fazla görüldüğü sektörlerden bir tanesidir. İnşaat sektöründeki elle taşıma işlerinin fazla olmasından dolayı kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının görülme sıklığı fazladır. Mevcut çalışmada, bina inşaatlarındaki çalışan duruşlarının 3 farklı ergonomik risk değerlendirme yöntemi ile analiz ederek aralarındaki farklılıklar belirlenmiş ve bina inşaat faaliyetleri için uygun yöntem karar vermek amacıyla 4 farklı görevdeki toplam 39 çalışma duruşu REBA, OWAS ve QEC ergonomik risk değerlendirme yöntemleri ile analiz edilmiştir. Değerlendirme sonuçları Kruskal - Wallis testi ile analiz edilmiş ve QEC yöntemi analiz çıktılarının diğer metodlardan ayrıldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, çalışan vücut ağrı haritasını oluşturmak için bina inşaatında farklı görevler yapan toplam 93 işçi ile İskandinav Kas-İskelet Sistemi Anketi uygulanmıştır. Anket sonuçlarına göre değerlendirilen 4 farklı görev için çalışan vücut ağrı haritası oluşturulmuştur. Vücut ağrı haritasına göre bina inşaatlarında çalışanların daha fazla "bel" bölgesinde rahatsızlıkları olduğu belirlenmiştir. Değerlendirilen dört görev arasında vücudun farklı bölgelerine maruziyet bakımından en riskli görevin "Tuğla/Sıva işleri", ağrı şiddeti bakımından ise "İskele işleri" olduğu belirlenmiş ve riskleri azaltıcı öneriler verilmiştir.

Evaluation of employee postures in building construction with different ergonomic risk assessment methods

HIGHLIGHTS

- Body pain map of workers working in building construction
- Analysis of assigned tasks using REBA, OWAS, QEC methods
- Determination of the most appropriate method for building construction tasks

Article Info

Research Article

Received: 02.04.2019

Accepted: 05.03.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.548028

Keywords:

Musculoskeletal disorders, risk assessment methods, construction workers, posture, field study

ABSTRACT

The construction sector is one of the locomotive sectors for both Turkey and the World. Although the construction sector has an important economic place, it is one of the sectors where work accidents and occupational diseases are most common. Due to the excessive amount of manual transport in the construction sector, musculoskeletal disorders are more common. In the current study, a total of 39 working positions in 4 different tasks were analyzed by REBA, OWAS, and QEC risk assessment methods in order to determine the differences between methods and to determine the appropriate method for building construction activities. When the evaluation results were analyzed with the Kruskal - Wallis test, the QEC method output was separated from the other methods. Additionally, the Nordic Musculoskeletal Questionnaire was conducted, with a total of 93 workers doing different tasks in building construction to map the working body pain. According to the results of the survey, the Worker Body Pain Map was created for 4 different tasks. When the results of the survey are examined, the employees have more "Low back" disorders. Among the tasks evaluated, the riskiest tasks were "Brick / Plaster Works" and "Scaffolding Works".

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: mehmetali.zengin@omu.edu.tr, omerasal@gazi.edu.tr / Tel: +90 362 714 5555 / 7462
1616

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kas iskelet sistemi rahatsızlıkları dünyada en yaygın patolojiler arasındadır ve özellikle sanayileşmiş ülkeler için büyük sorun teşkil etmektedir [1]. Çalışanların iş yapıları sırasındaki çalışma duruşları ve gerçekleştirdikleri hareketlerin doğruluğu, çalışma hayatlarının ne kadar sağlıklı olacağı ile ilgili ipuçları vermektedir. Yanlış çalışma duruşu ile uzun süre ve tekrarlı olarak çalışılması çalışanlarda kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olmaktadır [2]. Bu durum çalışanlarda olduğu kadar gerek işveren gerekse devlet açısından önemli kayıplara neden olmaktadır. Genel olarak kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının vücudun kapasitesinin üstünde olan fiziksel bir faktör sebebi ile ortaya çıktığı söylenebilir [3]. Yapılan çalışmalar inşaat sektörünün kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının en yaygın görüldüğü sektörlerden biri olduğunu göstermektedir [4].

İnşaat sektörü, ekonomiye sağladığı katma değer yanında çalışma hayatında da önemli istihdam olanakları sunmasıyla ülkelerin lokomotif sektörü olma özelliğini her zaman korumuştur. Türkiye de inşaat sektörü kendisine bağlı alt sektörlerle beraber son 30 yılda önemli gelişmeler göstermiş 2001 yılında yaşanan ekonomik krizden sonra yakalanan ekonomik istikrar sürecinden en fazla faydalanan sektörlerden biri olmuştur [5].

Konut sektörü ile inşaat sektörü aynı anlamda kullanılsa da birbirinden farklıdır. Üretim ve kullanım yönleri dikkate alındığında konut sektörü inşaat sektörünün bir bileşenidir. Türkiye’de inşaat sektörünün yaklaşık %80’i konut inşaatlarından oluşmaktadır ve sektör için bel kemiği konumundaki konut inşaatları sektörün yapısal gelişiminde önemli roller oynamaktadır. Yarıttığı istihdam ve katma değer verileri bakımından Türkiye’de tarım sektöründen sonra gelen ikinci büyük sektör olma özelliğindedir [6].

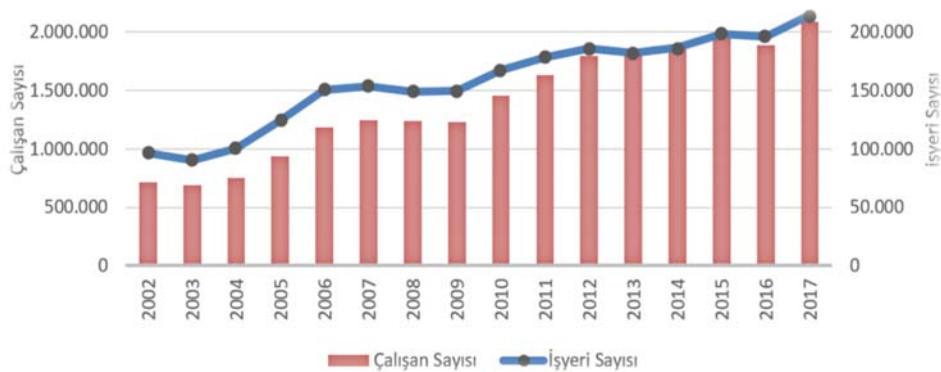
2017 yılı Sosyal Güvenlik Kurumu verilerine göre ülkemizdeki işyerlerinin yaklaşık %11,4’ü inşaat işyeridir. Bununla birlikte tüm sektörlerde çalışanların %14,4’si inşaat

sektöründe istihdam edilmektedir. Bu veriler Türkiye’de inşaat sektörünün hem ekonomik hem de çalışma hayatındaki istihdam bakımından önemini göstermektedir [7]. Şekil 1 de 2002–2017 yılları arasında inşaat sektöründeki işyeri ve çalışan sayıları dağılımı gösterilmiştir.

Literatürdeki birçok araştırmada ve uluslararası kuruluşların yaptığı çalışmalarda da inşaat sektörünün ekonomi ve istihdam açısından önemi ortaya konulmuştur. Yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu gelişmekte olan ülke ekonomileri üzerinde yapılmış ve ekonomik büyüme ile inşaat sektörü arasında anlamlı korelasyon olduğu belirlenmiştir [8-10].

İnşaat sektörünün ekonomi ve istihdam üzerindeki olumlu etkilerine rağmen, sektörün iş kazaları ve meslek hastalıkları bakımından karnesi pek parlak değildir. İnşaat sektöründe meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalıkları her yıl ülkemizde gerekse dünyadaki birçok ülkede büyük sorun oluşturmaktadır. SGK istatistiklerine göre, gerek meydana gelen iş kazaları gerekse iş kazalarına bağlı çalışan ölümlerinde inşaat sektörü ne yazık ki ilk sırada yer almaktadır [11].

İnşaat sektöründe işyeri ve çalışan sayılarında yaşanan artış meydana gelen iş kazaları sonucunda her yıl çok sayıda çalışan yaralanmakta ve hayatını kaybetmektedir. SGK istatistiklerine göre 2017 yılında Türkiye’de meydana gelen 359.653 iş kazasının 62.802’si (%17,5) inşaat sektöründe gerçekleşmiştir. Tüm sektörlerde meydana gelen 1633 ölümlü iş kazalarının 587’si(%36) yine inşaat sektöründe meydana gelmiştir [11]. İnşaat sektörü diğer sektörlerden farklı doğası nedeniyle gerek ölümcül gerekse ölümcül olmayan yaralanmaların sık görüldüğü çok tehlikeli bir sektördür [12, 13]. Elle taşıma işlerinin fazla olması nedeniyle de çalışanlarda kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları sıklıkla görülmektedir. Manuel çalışmaların yapıldığı sektörlerde kas-iskelet sistemi bozukluklarının daha sık görüldüğü daha önceki çalışmalarla kanıtlanmıştır [4, 14]. Bu nedenlerden dolayı çalışmanın inşaat sektöründe yapılmasına karar verilmiştir.



Şekil 1. İnşaat Sektöründe İşyeri ve Çalışan Sayısı Dağılımı (2002–2017)
(Distribution of the number of workplaces and employees in the construction sector in Turkey (2002-2017))

İnşaat sektörü yukarıda saydığımız nedenlerden dolayı dinamik bir yapıya sahiptir. Bu nedenle inşaat sektöründe çalışan işçilerin maruz kaldıkları fiziksel faktörlerin sistematik olarak analiz edilmesi diğer sektörler nazaran daha zordur [15]. Bu doğrultuda literatür incelendiğinde maruziyet değerlendirme teknikleri üç kategoride sınıflandırılmıştır [16]. Bunlar: Çalışanlar tarafından gerçekleştirilen özne değerlendirme, sistematik gözlemler ve direkt ölçümlerdir.

Öznel değerlendirme yöntemlerinde değerlendirmelerin daha çok yöntemi uygulayan kişiye bağlı olması yöntemlerin kullanımını kısmen azaltmıştır [16]. Literatürdeki çalışmalar Direk Ölçüm yöntemlerinin daha doğru ve güvenilir sonuçlar verdiğini gösterse de [17, 18] elektromiyografi, açölçer, biyomekanik analiz araçları ve optik araçlar gibi yüksek yatırım gerektiren araçlara ihtiyaç duymaktadır. Sistematik gözlemlerde ise elle taşıma görevleri, üst vücut ile yapılan görevler ve tüm vücudu değerlendiren farklı metodların bulunmaktadır. Bu nedenle Literatürdeki farklı alanlarda yapılan çalışmalar incelendiğinde sistematik gözlem teknikleri kapsamındaki yöntemlerin diğer yöntemlere göre daha yaygın kullanıldığı görülmektedir [19].

Literatürde çalışmalar incelendiğinde farklı sektörlerde yapılmış ergonomik risk değerlendirme yöntemlerini kullanan birçok çalışma olduğu görülmektedir. Fakat literatürdeki çalışmalardan çok azı aynı çalışan popülasyonu üzerinde farklı ergonomik risk değerlendirme tekniklerinin sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma yapılan sektörler ise çoğunlukla inşaat sektörü dışındaki çalışma alanlarında gerçekleştirilmiştir: Karşılaştırma yapılan çalışma alanları: Otomotiv montaj fabrikası [20], motor yağı şirketi [21], kereste fabrikası [22-24], cihaz üreticisi, plastik malzeme ve kompozit üreticileri, kamu sektörü, gıda işleme tesisleri, havacılık ve uzay aletleri üreticisi, müzik aletleri üreticisi [1], otomotiv imalatı ve yan sanayi [25, 26], alüminyum profili üreten sanayi [27], çiftlik işleri [28], tarım aletleri üretimi [29], demir ve çelik, elektronik, otomotiv, kimya endüstrisi, hastane [30].

İnşaat sektöründe yapılan çalışmalar çoğunlukla bir veya birkaç ergonomik risk değerlendirme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mattila, Karwowski, Vilkki (1993) çalışmalarında QWAS yöntemi ile inşaat şantiyelerinde gerçekleştirilen çekiçleme işlerinde sorunlu duruşları tespit etmişlerdir [31]. Kivi ve Mattila (1991) inşaat işlerindeki işçi duruşlarını bilgisayar destekli OWAS metodu ile analiz etmişler ve sonuç olarak fiziksel güç gerektiren işlerin %46'sının çalışan sağlığını etkilediği belirlenmiştir [32]. Louhevaara (1999) çalışmasında mavi yakalı genç ve yaşlı inşaat işçilerinin fiziksel iş yüklerini ölçmüş ve sonuç olarak fiziksel iş yükünün yaştan etkilenmediğini belirlemiştir [33]. Saurin ve Guimaraes (2006) yaptıkları çalışmada OWAS yöntemini kullanarak ağır ve hafif olan iki farklı tipteki iskele kullanmanın işçiler üzerindeki ergonomik etkilerini karşılaştırmışlar ve sonuç olarak her iki iskele türü ile çalışmanın da işçiler için zor olmasına karşın işçilerin hafif iskeleyi tercih ettiği belirlenmişlerdir [34]. Lee ve Han

(2013) inşaat işçilerinin kabin temellerini oluşturma konusundaki çalışma duruşlarını analiz etmek için OWAS yöntemini kullanmışlardır [15]. Li ve Lee(1999) QWAS ile yaptıkları çalışmalarında, Kuzey Tayvan'daki iki bina inşaat sahasında form, iskele, demir ve çimento işleri için 2.880 çalışma duruşunu analiz etmişlerdir [35]. Domingo vd. (2015) RULA ve REBA yöntemlerini kullanarak Filipino inşaat işçilerinin çeşitli görevlerini analiz etmişlerdir [36]. Vachhani, Sawant ve Pataskar (2016) çalışmalarında REBA ve QEC ergonomik risk değerlendirme yöntemlerini kullanarak inşaat sektöründeki çeşitli görevleri analiz etmişlerdir [37]. Budhiman, (2015) İnşaat işçilerinin ergonomik risk düzeyini değerlendirmek için REBA, OWAS ve QEC yöntemleri ile sadece ahşap işleri, demir işleri ve beton dökme işini analiz etmiştir [38]. İnşaat sektöründeki çalışan duruşlarını değerlendirmek için çoğunlukla OWAS yönteminin kullanıldığı görülmektedir fakat bu yöntemin neden kullanıldığı hakkında literatürel bir kanıt yoktur. Bu nedenle inşaat sektöründeki çalışan duruşlarının farklı yöntemler ile analiz edilip sonuçlarının karşılaştırılmasına ihtiyaç vardır. İnşaat sektöründeki çoğunlukla tek bir yöntemle çalışan duruşlarının analiz edilmesi ve farklı risk değerlendirme tekniklerinin sonuçlarının çok fazla karşılaştırılmaması nedeni ile çalışmamızda farklı risk değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır.

Bu doğrultuda çalışmanın amaçları: (1) Bina inşaatlarında çalışan duruşlarının 3 farklı ergonomik risk değerlendirme yöntemi ile analiz ederek aralarındaki farklılıkları belirlemek ve bina inşaat faaliyetlerini değerlendirme için en uygun metoda karar vermek, (2) Bina inşaatlarındaki farklı görevlere göre işçilerin vücut risk haritasını çıkarmak, (3) farklı görevde çalışan işçilerin risk değerlendirme skorlarını karşılaştırarak en riskli görevi belirlemek, (4) ergonomik risk skoru yüksek görevlerdeki çalışan postürleri ile ilgili iyileştirici öneriler sunmaktır.

2. METARYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Görev Tanımları (Task Description)

Bu çalışma, Samsun'da faaliyet gösteren bir müteahhitlik firmasının 3 farklı lokasyonda bulunan ofis ve yaşam alanı olarak yaptığı inşaatlarda, çalışanların farklı görevlerdeki duruşları analiz edilerek gerçekleştirilmiştir. İnşaat yöneticileri ile yapılan görüşmede inşaatta kas iskelet sistemi rahatsızlıkları oluşturabilecek konular aşağıdaki gibi 4 grupta toplanmıştır. Tablo 1'de bu gruplar gösterilmiştir.

İnşaat şantiyesinde kalıp işleri; kalıp tahtaları (kalaslar), çiviler ve bağlantı elemanları aracılığı ile oluşturulur. Kalıplar hazırlandıktan sonra şantiyede veya dışarıda hazırlanan taze betonlar kalıplara dökülür. Kalıplara dökülen taze betonlar kalıplarda bekletildikten sonra kalıplar sökülerek işlem tamamlanmış olur. Bu işlemler sırasında kalıp malzemelerinin kalıp yapılacak noktaya taşınması, kalıpların çivi ile çakılması ve sökülmesi, hazırlanan taze betonun kalıplara dökülmesi, betonun sıkıştırılması

Tablo 1. Kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olabilecek görevler (Tasks That May Cause Musculoskeletal Diseases)

Çalışılan Konu	Görev
Kalıp/Beton İşleri	Kalıp Malzemelerinin Hazırlama / Taşınması
	Kalıpların Çakılması, Sökülmesi
	Betonun Kalıplara Dökülmesi
	Vibratör Aracılığıyla Betonun Sıkıştırılması
Demir İşleri	Demir Çubukların Elle Taşınması
	Demir Çubukların Boyutlandırılması, Şekillendirilmesi
	Demir Çubukların Bağlanması
Tuğla/ Sıva İşleri	Tuğla/Harç Malzemelerinin Hazırlanması / Taşınması
	Tuğlaların Örülmesi
	Sıvanın Yapılması
İskele İşleri	İskele Malzemelerinin Elle Taşınması
	İskelenin Kurulması
	İskelenin Sökülmesi

aşamalarında çalışanların kas iskelet sistemleri rahatsızlıklarına neden olabilecek duruşlar bulunmaktadır. Kalıpların çakılması ve sökülmesi görevinde normal çalışma bölgesinin dışında kalan yer seviyesinde veya omuz üzerinde ki seviyelerde keser yardımı ile gerçekleştirilen çivi çakma/sökme görevleri, işçilerde daha fazla kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının oluşmasına neden olabilecek duruşlardandır.

Türkiye'deki inşaat işlerinde çapı 8 mm ile 40 mm arasında değişen 12 m uzunluğunda demir çubuklar kullanılmaktadır. 12 m halinde gelen demir çubuklar inşaat alanına kurulan demir kesme tezgâhlarında ebatlanıp şekillendirilerek inşaattaki ilgili noktaya taşınmakta ve orada diğer birimlere kerpeten ve tel yardımı ile bağlanmaktadır. Her seferinde yaklaşık 40 kg civarındaki 5-6 demir çubuk demeti 2 işçi tarafından boyutlama işleminin yapılacağı alana manuel olarak taşınmaktadır. Demirlerin yerden alınması, taşınması ve tekrar yere bırakılma görevleri ergonomik olarak incelendiğinden en fazla riskin demirlerin yere bırakılması ve yerden alınması sırasında olduğu görülmektedir. Kesilen ve şekillendirilen demirlerin diğer demir parçaları ile bağlanması tel ve kerpeten aracılığı ile yapılmaktadır. Bu çalışma pozisyonunda da işçilerin uzun süreler ile eğilerek çalışmaları ve teli koparmak için tekrarlı bilek hareketlerinin olması bel ve el bilek bölgelerinde ergonomik riskler oluşturmaktadır.

Türkiye'deki inşaatlarda farklı ebatlı tuğlalar kullanılmakla beraber ağırlıklı olarak 20 delikli, 19x19x13,5cm ebatlarında, yaklaşık 3 kg ağırlıklı makine tuğlaları kullanılmaktadır. Ergonomik olarak tuğla işleri incelendiğinden zemin seviyesinde eğilerek çalışılması ve tavan seviyesine tuğla döşerken uzanmak gerekmesi riskli çalışan duruşlarıdır. Bununla birlikte harç almak için sürekli dönme hareketine ihtiyaç duyulması özellikle bel bölgesinde rahatsızlıklar oluşturmaktadır. Duvarın tuğla örülmesi tamamlandıktan sonra yüzeyinin düzgün olması için kalın(kaba) sıva ve ince sıva olmak üzere iki farklı sıva atılır. Sıva prosesinde ise, önceden hazırlanmış sıvalar el arabası ile sıva yapılacak bölgeye bir işçi aracılığı ile getirilir. Sıva ustası tarafından sıvacı küreğine alınan sıva mala yardımı ile

duvara uygulanır. Bu proste de sıvanın el arabasından alınması için eğilme gerektirmesi ve sıvanın duvara mala ile uygulanırken yoğun bilek hareketlerine ihtiyaç duyulması ergonomik olarak riskli çalışma duruşlarıdır.

İnşaat şantiyesinde iskeleler özellikle binaların dış cephelerinde ve bina içlerinde insan boyunun yetmediği alanlarda çalışma yapmak için kullanılır. Asma iskele, Kamalı Flanşlı iskele, H tipi iskele vb. gibi çeşitli tipleri bulunmaktadır. Çalışmanın yürütüldüğü bina inşaatında dış cephelerin sıvanması ve yalıtım vb dış cephe uygulamaları için "H Tipi" dış cephe iskelesi kullanılmıştır. Temel olarak bu iskele tipinin 4 elemanı bulunmaktadır. 1) İskele ayağı, boyutları 880x2000mm ve ağırlığı 14,5 kg olan ayak dört adet kelebek pim ile çapraz ve düz bağlantı çubuklarına bağlanabilmektedir. 2) Çapraz bağlantı elemanları, boyutu 3000 mm ve sanayi borusundan yapılmaktadır. 4,5 kg ağırlığı bulunmaktadır. 3) Düz bağlantı elemanları, boyutu 2500 mm ve çoğunlukla yapımında sanayi borusu kullanılmaktadır. 4,0 kg ağırlığı bulunmaktadır. 4) Yürüme platformu, boyutları 1,5 m ile 2,5 m arasında değişen farklı platformlar vardır. Ağırlıkları boyuta göre farklılık göstermekle birlikte 20,5 kg kadar olabilmektedir. İskele kurulum prosesi şu şekilde ilerlemektedir: Şantiye alanına kamyon aracılığı ile getirilen iskele elemanları manuel olarak araçtan indirilir ve iskele kurulacak alana taşınır. Her eleman diğerleri ile birleştirilerek en alttan başlayacak şekilde üst katlara doğru iskelenin kurulumu gerçekleştirilir. İskele sökülmesinde bu proses tam tersi yönde işletilerek iskele elemanlarının araca yüklenmesi sağlanır. Çalışma kapsamında yaklaşık 10 aylık süre boyunca Tablo 1'de belirtilen görevler gözlemlenmiştir. Her görev 3 farklı lokasyondaki inşaat sahasında ayrı ayrı gözlemlenerek 60 gb boyutunda video kayıtları ve fotoğraflar çekilmiştir. Video kayıtları ve fotoğrafları alınan her görev için 3 farklı duruş pozisyonu(en alt, orta, en üst) ofis ortamında analiz edilerek her bir yöntemle 39(13x3) farklı sonucun değerlendirmesi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışmada en alt, orta, en üst seviye çalışma pozisyonu şeklinde 3 farklı duruşun analiz edilmesinin temel sebebi her bir çalışma duruşundaki risklerin birbirinden farklılık göstermesidir. Her bir çalışma duruşundan ne kastedildiği aşağıda açıklanmıştır.

Zemin seviyesine yakın işler “Alt seviye işleri” olarak tanımlanmıştır. Alt seviyedeki işlerde vücudun alt ve üst bölgesindeki kısımların eğilmesi dolayısıyla vücudun ve vücut elemanlarının bükülmesi gerekmektedir. Kollar ve bilekler normal çalışma pozisyonunun altında çalışması baş ve boyunun ön tarafa eğilmesi gerekmektedir. Bu nedenle çalışanlarda kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına daha fazla sebep olabilmektedir. Şekil 2 de analizi yapılan bazı alt seviye çalışma duruşları gösterilmiştir.

Normal çalışma pozisyonundaki işler “Orta Seviye İşleri” olarak tanımlanmıştır.(Şekil 3) Bu çalışma pozisyonları çalışanların daha rahat çalıştığı pozisyonlar olduğu için alt ve üst seviye çalışma pozisyonlarına göre daha az kas iskelet sistemi rahatsızlıklarını neden olmaktadır. Normal çalışma bölgesinin üstünde gerçekleştirilen görevler “Üst Seviye İşleri” olarak tanımlanmıştır.(Şekil 4) Bu pozisyonda çalışırken özellikle eller, omuz hizasının üzerinde olması baş ve boyunun üst tarafa bakması gerekmektedir. Zaman zaman işlem noktasına ulaşmak için çalışanların parmak uçlarında yükselmesi ve uzanması gerekmektedir.

2.2. Çalışmada Kullanılan Yöntem (Methods)

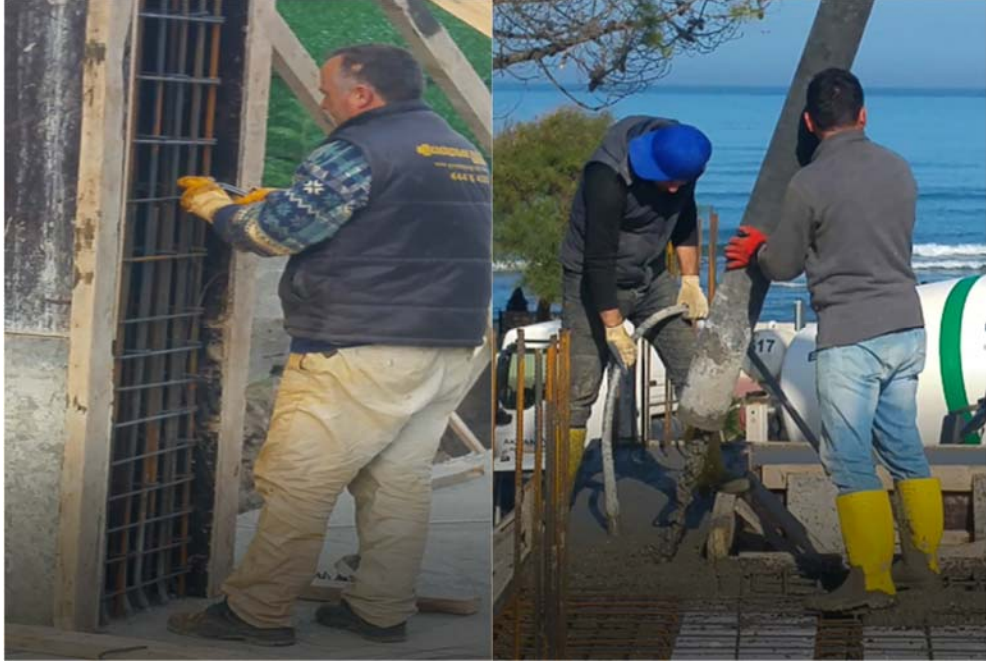
Çalışmada kullanılacak ergonomik risk değerlendirme yöntemlerini belirlemeden önce inşaat sahasında görev yapan 93 çalışan ile İskandinav Kas-İskelet Sistemi Anketi yapılmıştır. İskandinav Kas-İskelet Sistemi Anketi uluslararası çalışmalarda [39, 40] ve Türkiye’de yapılan çalışmalarda [41, 42] yaygın olarak kullanılmaktadır. Anket kapsamındaki soruların cevaplanması 10–15 dakika gibi kısa bir süre almaktadır. Ankette vücudun dokuz anatomik bölgesini gösteren bir şekil kullanılmaktadır [43]. Anket sonucunda (Tablo 6) bina inşaatında çalışan işçilerin mevcut görevleri vücudun tüm bölgelerinde ağrıya sebep olduğu

görülmüş bu nedenle Özel ve Çetık (2010) tarafından hazırlanan çalışmada belirtilen tüm vücudu değerlendiren “Birleştirilmiş Metotlar” ile çalışan duruşlarının değerlendirilmesine karar verilmiştir. Özel ve Çetık (2010)’in çalışmalarında “Birleştirilmiş Metotlar” kapsamında 5 farklı ergonomik risk değerlendirme yönteminden bahsedilmiştir. Bu yöntemler: REBA, OWAS, QEC, PLIBEL ve ManTRA’dır. Fakat bu yöntemlerden PLIBEL yöntemi 5 farklı vücut bölgesindeki ergonomik risk skorlarını yüzde olarak tanımlamaktadır. Bununla birlikte belirlenen yüzdeye göre herhangi bir aksiyon seviyesi belirlenmemiştir[44]. ManTRA (Manual Task Risk Assessment) yönteminde ise toplam risk 15 den büyük ise aksiyon gerçekleştirilir, 15 den küçük ise herhangi bir aksiyon gerçekleştirilmez [45] şeklinde 2 farklı aksiyon seviyesinde riskleri değerlendirmektedir. Diğer yöntemlerin ise analiz sonuçlarına göre en az 4 farklı aksiyon seviyeleri vardır. PLIBEL ve ManTRA yöntem çıktılarının REBA, OWAS ve QEC çıktıları ile karşılaştırılması istatistiki olarak anlamsızdır. Bu nedenle çalışmada: REBA(Rapid Entire Body Assessment) [46], OWAS(Ovako Working Posture Analysing System) [47], QEC(Quick Exposure Check) [48] risk değerlendirme metotları kullanılmıştır. İnşaat sektöründe 3 farklı ergonomik risk değerlendirme yönteminin karşılaştırılarak sonuçlarının sunulması çalışmanın literatürdeki diğer çalışmalardan ayrılarak yeniliğini vurgulamaktadır.

Çalışmada kullanılacak ergonomik risk değerlendirme yöntemlerini belirledikten sonra Tablo 1’de verilen görevlerin 10 aylık inşaat süresi boyunca video görüntüleri ve fotoğrafları alınmıştır. Elde edilen görüntülerin özellikle REBA analizini doğru yapabilmek için “ImageMeter - photo measure” programı aracılığıyla duruş açıları belirlenerek toplam 39 çalışma duruşu 3 farklı metot ile analiz edilmiştir.



Şekil 2. Alt seviyede gerçekleştirilen tuğla örme ve kalıp çakma işleri
("Molding" and "Bricklaying" work performed in the lower working position)



Şekil 3. Orta seviyede gerçekleştirilen Tel bağlama, Beton dökme ve Vibrasyon işleri
("Connecting iron bars with wire" and "Pouring Concrete into Molds" works performed in the middle working position)



Şekil 4. Üst seviyede gerçekleştirilen Kalıp Sökme ve Sıva Yapma işleri
("Dismantling of Molds" and "Mortar" works performed in the Top working position)

2.3. Ergonomik Risk Analiz Metotları (Ergonomic Risk Analysis Methods)

2.3.1. REBA (Rapid entire body assessment)

REBA metodu, sağlık ve diğer hizmet sektöründeki çalışanların postürel duruşlarının analiz edilmesi için Sue Hignett, Lynn McAtamney öncülüğündeki bir ekip

tarafından ortaya atılmıştır. Çalışma sırasında yeni bir araç üretmek için 600 den fazla postür örneği toplanarak tek tek kodlanmıştır [46]. REBA yönteminde hem dinamik hareketler hem de statik duruşların, çalışanların tüm vücudu (Gövde, Boyun, Bacaklar, Üst Kollar, Alt Kollar, Bilek) üzerinde oluşturacağı yük binişleri analiz edilmektedir. Bu analiz özellikle analiz sonrasında yapılan iyileştirmelerin faydalı olup olmadığını belirlemek için de kullanılır[49]. Sue

ve McAtamney geliştirdikleri metod ile çalışan duruşlarının değerlendirilmesinin video ve fotoğraf üzerinden yapılmasının daha sağlıklı olacağını belirtmişlerdir. Bununla birlikte analiz edilecek duruşların, çalışanları daha çok zorlayan, zaman alan, daha fazla kuvvet uygulama gerektiren ve daha sık tekrarlanan duruşlar arasından seçilmesi gerektiğini belirtmişlerdir[50].

REBA yönteminin en büyük avantajlarından bir tanesi, çalışanlarda kas-iskelet sistemi rahatsızları yaratabilecek ergonomik riskleri pahalı ekipmanlara ihtiyaç duymadan analiz edilebilir[51]. Yöntemde uygulama kolaylığı sağlamak için “REBA Çalışan Değerlendirme Formu” kullanılmaktadır[50].

REBA risk değerlendirme yönteminde, çeşitli vücut parçaları analiz edilmek için A ve B olma üzere iki gruba ayrılır. A grubunda gövde, boyun ve bacaklar gibi vücut parçalarının duruşları kontrol edilir ve kuvvet / yük puanı A grubuna eklenir. B grubunda üst kollar, alt kollar ve bilekler puanlanır ve bu puana yük kavrama puanı eklenir. A ve B puanları birleştirilerek, C puanı elde edilir. Daha sonra aktivite puanı, C skoruna eklenir ve toplam REBA puanı elde edilir.

REBA değerlendirmesi sonucunda 5 farklı aksiyon seviyesine göre alınacak önlemler belirlenir[46].

Tablo 2. REBA aksiyon seviyesi (REBA Action Level)

Eylem Seviyesi	REBA Skoru	Risk Seviyesi	Eylem Durumu
0	1	İhmal Edilebilir	Gerek Yok
1	2-3	Düşük	Gerekli Olabilir
2	4-7	Orta	Gerekli
3	8-10	Yüksek	Yakın Zamanda Gerekli
4	11-15	Çok Yüksek	Hemen Gerekli

Mevcut çalışmada üç metodun sonuçlarının karşılaştırılması için REBA aksiyon seviyelerindeki “İhmal edilebilir risk”, “Düşük risk” ile birleştirilerek tek bir kategoriye dönüştürülmüştür. Bu sayede elde edilen risk skorları 4 farklı risk seviyesi olan “Düşük”, “Orta”, “Yüksek” ve “Çok Yüksek” risk olarak belirlenmiştir. Risk skorlarının 4 farklı seviyede değerlendirilmesi OWAS ve QEC yöntem sonuçları ile karşılaştırmaya olanak tanımıştır.

2.3.2. OWAS (Ovako working posture analysing system)

OWAS metodu çalışma duruşlarındaki olumsuz etkilerin belirlenmesi, düzeltici tedbirlerin alınması ve iyileştirilmesi konusunda faydalı bir yöntemdir[52]. 1970 yılında Finlandiya çelik endüstrisi tarafından geliştirilen OWAS yönteminin çalışma duruşlarının değerlendirilmesi ve analizinde pratik bir yöntem olduğu söylenebilir. Bu sayede ergonomi eğitimi almamış bir personel tarafından dahi uygulanabilir[47]. İlk olarak çelik endüstrisinde kullanılan yöntem zamanla, inşaat sektörü; [35, 53, 54], Tamir- Bakım işleri; [55], Sağlık sektörü; [56, 57], Süpermarketler; [58, 59], Mobilya imalat sektörü; [60] gibi çok çeşitli sektörlerde uygulanmıştır. Gomez Galan vd. (2017), yaptıkları çalışmada 1900–2017 yılları arasındaki çeşitli sektörlerde kullanılan OWAS metodunun kullanılarak en fazla çalışma yapılan sektörlerin “imalat sanayi” ve “sağlık ve sosyal yardım faaliyetleri” olduğu ilgili çalışmada belirtilmiştir. Belirlenen 166 makaleden sadece 9 adedi İnşaat sektöründe yapıldığı bildirilmiştir. Bu 9 adet çalışma ile ilgili genel bilgiler makalemizin giriş bölümünde kısaca anlatılmıştır [61].

OWAS yönteminde 4 sırt, 3 kollar, 7 bacak duruşu olmak üzere 3 farklı yük seviyesindeki duruşların kodlaması yapılır[62]. Eylem sınıfları alınması gerekli düzeltici önlemlerin önceliğini ve aciliyetini göstermektedir. OWAS metodundaki eylem seviyeleri, eylem ihtiyacının olmadığı 1 ile acilen düzeltici önlemin alınmasını gerektiren 4 aralığında değişmektedir.

Bu sınıflandırma; doktorlar, iş analistleri ve çalışanlar tarafından risk değerlendirmesine dayalı olarak geliştirilmiş ve daha sonra uluslararası bir ekip tarafından onaylanmıştır [63].

2.3.3. QEC (Quick exposure check)

QEC yöntemi, 1998'de Li ve Buckle[48] tarafından geliştirilmiş ve daha sonra David vd. [64] tarafından şekillendirilmiştir. İlave olarak Çin gibi farklı milletlerde de

Tablo 3. OWAS eylem seviyesi (OWAS action level)

Kategori	Açıklama
Kategori 1	Çalışma duruşlarının kas-iskelet sistemi üzerinde zararlı etkisi yoktur. Bu duruşlar için ergonomik düzenlemeye gerek yoktur.
Kategori 2	Çalışma duruşları kas-iskelet sistemi üzerinde zararlı etkilere sahiptir. Bu duruşlar için yakın zamanda ergonomik düzenlemeye ihtiyaç olacaktır.
Kategori 3	Çalışma duruşları kas-iskelet sistemi üzerinde açık zararlı etkilere sahiptir. Bu duruşlar için mümkün olan en erken zamanda ergonomik düzenlemeye ihtiyaç vardır.
Kategori 4	Çalışma duruşları kas-iskelet sistemi üzerinde önemli ölçüde zararlı etkilere sahiptir. Bu duruşlar için gerekli ergonomik düzenlemeler derhal yapılmalıdır.

kendi versiyonlarını oluşturmuşlardır[65]. QEC yöntemi uygulanmadan önce kısa bir eğitime ihtiyaç duyar. Zira QEC yönteminde gözlemciler ile birlikte çalışanlarında da çeşitli değerlendirmeler yapması gerekmektedir. Bu durum hem çalışanların çalışmaya dahil edilerek katılımcı yaklaşım sağlanmasına olanak vermekte hem de dışarıdan bir gözlemci ile değerlendirerek görevlerin yansız yorumlanmasına olanak sağlamaktadır.

İki bölüm olarak değerlendirilen bu yöntemde ilk bölüm olan gözlemci değerlendirmelerinde, çalışanların Bel, Omuz/Kol, El Bileği/El, Boyun dan oluşan 4 bölümdeki postür duruşları 18 soru ile incelenir. Çalışan değerlendirmesinde ise, görev ağırlıklarına, görev sürelerine, el kuvveti, görsel taleplere, itici gücü, titreşimli aletlerin kullanımı, çalışma hızını ve stresini değerlendiren maddeler bulunmaktadır. Her bir vücut kısmı için bireysel risk puanları ve sınıflandırmalar hesaplar. Tüm vücut gruplarından puan ekleyerek ve toplamı en yüksek puana bölerek toplam bir risk skoru belirler[66]. QEC yönteminde eylem seviyeleri Tablo 4'deki gibidir [48].

Tablo 4. QEC eylem seviyesi (QEC Action Level)

QEC Puanı (E) (Toplam yüzde)	Eylem
≤40%	Kabul edilebilir
41-50%	Daha fazla araştırılmalı
51-70%	Daha fazla araştırılmalı ve yakın zamanda değişiklik yapılmalı
>70%	Araştırılmalı ve hemen değişiklik yapılmalı

Yukarıda anlatılan yöntemler değerlendirmelerinde çeşitli faktörleri dikkate almaları bakımından birbirinden ayrılmaktadırlar. Yöntemler arasında dikkate alınan faktörler açısından farklılıklar Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Farklı metotlar tarafından değerlendirilen faktörler (Exposure factors assessed by different methods) [1].

Metot	Postür	Yük / Kuvvet	Hareket Sıklığı	Süre	Titreşim	Diğer*
OWAS	x	x				
QEC	x	x	x	x	x	x
REBA	x	x	x			x

* Diğer faktörler, mekanik sıkıştırma, eldiven kullanımı, çevre koşulları, ekipman, yük bağlama, takım çalışması, görsel talepler vb.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Mevcut çalışmada bina inşaatında çalışanların vücut risk haritasını çıkarmak için toplam 93 işçi ile İskandinav Kas-İskelet Sistemi Anketi yapılmıştır. Anket yapılan işçilerin yaş ortalaması 36, bu sektördeki deneyimleri ise 18 yıl olarak hesaplanmıştır. İnşaat işçileri günlük ortalama 9 saat inşaat sahasında çalışmaktadırlar. Tabi ki bu süre özellikle inşaatın tamamlanması süresi geciktiğinde daha da artmaktadır. Anket yapılan 93 işçinin iş gruplarına göre dağılımı şu

şekildedir: Demir işleri: 19, kalıp/beton işleri: 24, tuğla/ sıva işleri: 29, iskele işleri: 21. Tablo 6'da anket sonuçları gösterilmiştir. Tablodaki yüzde(%) sütunu, ankete katılan işçilerden ilgili vücut bölgesinde rahatsızlık hissedenerlerin yüzdesidir. Örneğin: demir işlerinde ankete katılan 19 işçiden 14'ü el/bilek bölgesinde rahatsızlık hissettiğini söylemiştir. Tablodaki şiddet sütunu ise, ilgili vücut bölgesinde ağır hissedenen çalışanların bu ağrıya verdikleri 1: çok düşük ---- 10: çok yüksek arasındaki şiddet değeri ortalamalarıdır.

İnşaat sektöründeki çalışan işçilere uygulanan İskandinav Kas-İskelet Sistemi Anketi'ne göre mevcut görevler vücudun tüm bölgelerinde ağrıya sebep olmaktadır. Anket veri analizine göre, demir işlerinde en fazla ağrı oluşan bölgenin %74 ile el ve bilekler olduğu, kalıp/beton işlerinde en fazla ağrı oluşan bölgenin %76 ile bel olduğu, tuğla/sıva işlerinde en fazla ağrı oluşan bölgenin %72 ile bel olduğu, iskele işlerinde en fazla ağrı oluşan bölgenin ise %76 ile bel bölgesi olduğu görülmüştür. Tüm görevlerdeki ortalama ağrı şiddet ve yüzdeleri Şekil 5 ve Şekil 6'da özetlenmiştir.

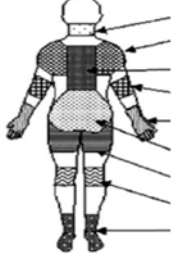
Tüm görevler incelendiğinde inşaat işlerinde en fazla etkilenen vücut bölgelerinin %73 ile bel, %69 ile omuz, %66 ile sırt olduğu, en az etkilenen vücut bölgesinin ise %26 ile ayak ve ayak bileği olduğu belirlenmiştir. Oluşan ağrının şiddeti bakımından da benzer sıralamanın olduğu görülmektedir.

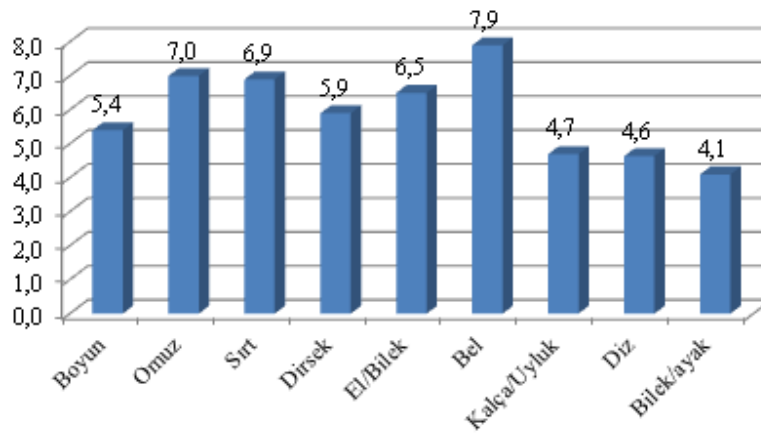
Çalışma kapsamında anket yapılan işçilerin yaşları 4 kategoriye ayrılmıştır. Bunlar 20'den az yaş, 21–30 yaş, 31–40 yaş, 41–50 yaş ve 51'den büyük yaş. Çalışan işçilerin yaşlarına bağlı olarak farklı vücut bölgelerine göre verdikleri ortalama ağrı şiddetleri cevapları ANOVA testi ile analiz edildiğinde yaşa bağlı olarak verilen cevaplarda anlamlı farklılıklar bulunmuştur(P=0,000). Yaşı daha büyük olan çalışanların daha fazla ağrıya maruz kaldıkları yapılan analizler ile belirlenmiştir.

Çalışmadaki temel amaçlardan bir tanesi farklı risk değerlendirme yöntem çıktılarını karşılaştırarak en uygun yöntemi belirlemektir. Karşılaştırma yapabilmek için REBA, OWAS, QEC yöntemleri ile bina inşaatında 39 farklı görevdeki çalışan duruşları analiz edilmiştir. Karşılaştırmada her bir yöntem ile hesaplanan risk skorları "Düşük", "Orta", "Yüksek" ve "Çok Yüksek" risk olarak 4 farklı risk seviyesinde sınıflandırılmıştır. Karşılaştırmalar için yapılan istatistiksel analizler IBM SPSS 22.0 istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır. Çalışma kullanılan metotların risk değerlendirme çıktılarının karşılaştırılmasında Kruskal- Wallis test ve One Way ANOVA analizinin Post Hoc Testi kullanılmıştır. P değerinin <0,05 olduğunda istatistiksel olarak anlamlı olduğu kabul edilmiştir.

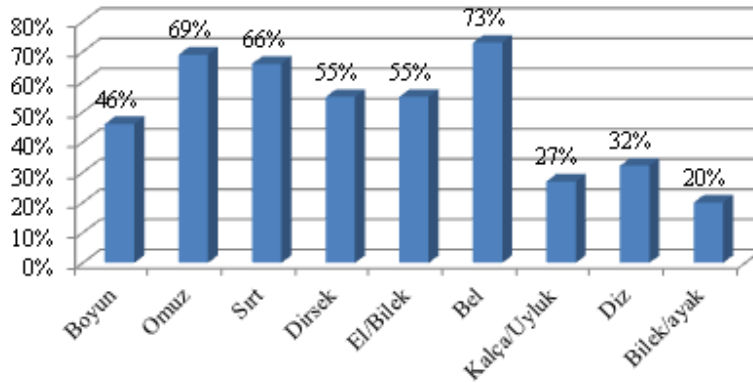
Tablo 1'de gösterilen bina inşaatındaki her bir görev 3 farklı risk değerlendirme yöntem sonuçları bakımından karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada 4 görevin de %30 ve daha fazla oranlarda çalışanların kas-iskelet sistemi

Tablo 6. İşçi vücut ağrı haritası (Worker Body Pain Map)

Vücut Bölümü	Ağrı Bölgesi	Demir İşleri		Kalıp/Beton İşleri		Tuğla/Sıva İşleri		İskele İşleri	
		%	Şiddet*	%	Şiddet*	%	Şiddet*	%	Şiddet*
	Boyun	47%	5,6	54%	5,2	41%	4,9	43%	5,9
	Omuz	63%	6,1	71%	6,6	69%	8,3	71%	7,8
	Sırt	63%	6,7	63%	6,7	66%	6,6	71%	7,5
	Dirsek	53%	5,3	46%	5,6	75%	6,2	57%	6,5
	El/Bilek	74%	8,0	42%	5,2	69%	8,2	33%	5,4
	Bel	68%	7,6	76%	8,1	72%	7,4	76%	8,1
	Kalça/Uyluk	26%	3,9	25%	4,9	24%	5	33%	5,1
	Diz	32%	3,7	25%	4,6	28%	5,2	43%	4,9
	Bilek/ayak	21%	3,6	17%	4,5	24%	4,1	19%	4,1
	Ortalama	50%	5,6	47%	5,7	51%	6,0	50%	6,1

**Şekil 5.** Tüm görevlerdeki ortalama ağrı şiddeti (Average Pain Severity in All Tasks)*

*Ağrı şiddeti 1-10 ölçeğine göre düzenlenmiştir.

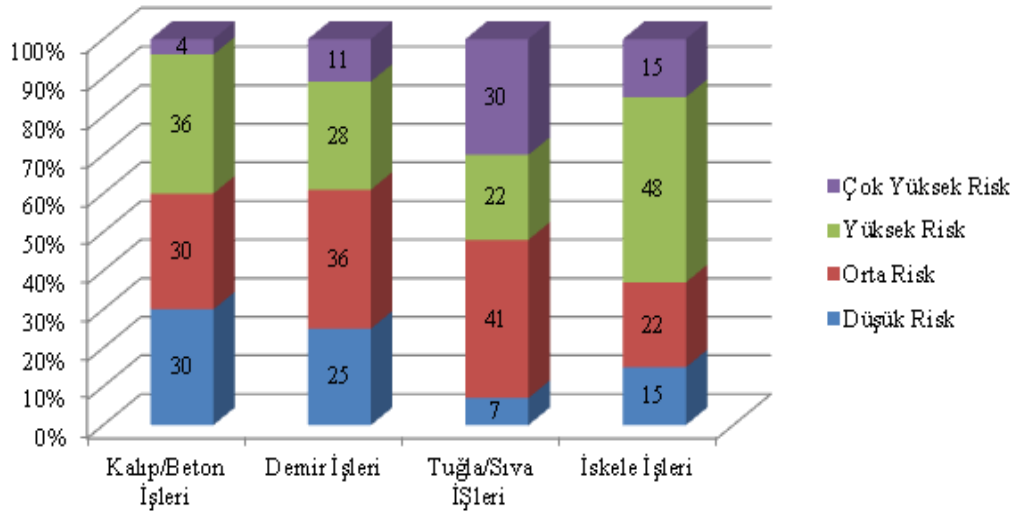
**Şekil 6.** Tüm görevlerdeki ortalama ağrı Yüzdesi(%)'si (Average Pain Percentage in All Tasks)

üzerinde yüksek risk/çok yüksek riske sahip olduğu belirlenmiştir. Görevler arasında iskele işlerinin diğer görevlere göre daha fazla yüksek risk/çok yüksek risk seviyesinde skorlandığı belirlenmiştir. Değerlendirme sonuçları Şekil 7'de verilmiştir.

Mevcut çalışmada 39 farklı görev metot bölümünde ayrıntılı olarak anlatılan 3 farklı ergonomik risk analizi ile ayrı ayrı analiz edilmiştir. 3 farklı ergonomik risk değerlendirme metoduyla 39 görev için yapılan analizlerin aksiyon

seviyelerinin yüzde dağılımları Tablo 7'de verilmiştir. Tabloya göre çalışan duruşları QEC yönteminde diğer yöntemlere oranla daha fazla "yüksek risk" ve "çok yüksek risk" seviyelerinde sınıflandırılmıştır.

Çalışan duruşlarına verilen risk skorlarının metotlara göre farklılık gösterip göstermediğini SPSS istatistik paket programının parametrik ya da nonparametrik testleri kullanılarak belirlenebilir. Analizler sırasında parametrik testler mi yoksa nonparametrik testler mi kullanacağı



Şekil 7. Bina inşaatında değerlendirilen görevlerin yüzde dağılımı
(Percentage distribution of the duties assessed in building construction)

değişkenlerin normal dağılıp dağılmadığına göre farklılık gösterecektir. Çalışan duruşlarına tüm yöntemler tarafından verilen risk skorları normal testine tabi tutulduğunda verilerin normal dağıldığı görülmüştür (Shapiro- Wilk p value=0,000). Bu nedenle yöntemler arasında görev tipine bakılmaksızın fark olup olmadığı Kruskal-Wallis testi ile test edilmiştir. Analiz sonunda p value 0,000 bulunmuştur. Bu değer bize inşaat sektöründeki tüm görevlere verilen risk skorlarının çalışmada kullanılan yöntemlere göre farklılaştığını göstermektedir. Kruskal-Wallis testi ergonomik risk değerlendirme yöntemleri arasında fark olup olmadığını göstermesine karşın hangi yöntemin diğer yöntemlerden ayrıldığını göstermemektedir. Bu nedenle hangi yöntemin diğerlerinden ayrıldığını belirlemek için One Way ANOVA analizinin Post Hoc Testi yapılmıştır. Test sonuçları Tablo 8’te gösterilmiştir.

Tablo 7. Değerlendirilen 39 çalışma duruşunun ergonomik risk değerlendirme yöntemleri sonuçlarının yüzde dağılımı
(Percentage of action levels of Ergonomics Risk Assessment Methods outputs from 39 posture analysis)

Aksiyon Seviyesi	REBA	QWAS	QEC
Düşük Risk	23	28	8
Orta Risk	36	46	15
Yüksek Risk	36	21	44
Çok Yüksek Risk	5	5	33

Değerlendirilen göreve göre kullanılan ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin farklılıkları tespit edebilmek için 4 göreve ait risk skorları Kruskal-Wallis testi analiz edilmiştir. Tablo 9’da sonuçlar gösterilmiştir.

Tablo 9’da gösterilen sonuçlara göre “kalıp/beton işleri” ve “iskele işleri” görevlerin kullanılan ergonomik risk yöntemine göre anlamlı farklar tespit edilmiştir. Değerlendirme yapılan 3 yöntemin hangisinin/hangilerinin farklılık gösterdiğini tespit etmek için One Way ANOVA analizinin Post Hoc Testi yapıldığında QEC yönteminin

diğer yöntemlerden ayrıldığı görülmektedir. Bu sonuca göre özellikle “Kalıp/Beton İşleri” ve “İskele İşleri” görevlerinin değerlendirilmesinde QEC yönteminin kullanılması daha anlamlıdır.

Tablo 8. Farklı metotlar için One Way ANOVA analizinin Post Hoc Testi sonuçları (Post Hoc Test (Games-Howell) results of One Way ANOVA analysis for different methods)

Metot Karşılaştırması	Ortalamadan Fark (I-J)	Standart Hata	Sig.
REBA OWAS	,20513	,19421	,544
REBA QEC	-,79487	,20104	,000*
OWAS REBA	-,20513	,19421	,544
OWAS QEC	-1,00000	,19774	,000*
QEC REBA	,79487	,20104	,000*
QEC OWAS	1,00000	,19774	,000*

*p < 0.05 yöntemler arasındaki farklılık anlamlı.

Tablo 9. Değerlendirilen göreve göre kullanılan ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin farklılıkları için Kruskal-Wallis testi sonuçları

(Kruskal-Wallis test results for the differences of the ergonomic risk assessment method outputs used according to the task performed)

	Demir İşleri	Kalıp/Beton İşleri	Tuğla/Sıva İşleri	İskele İşleri
Chi-Square	2,730	10,566	5,491	6,201
df	2	2	2	2
Asymp. Sig.	,255	,005	,064	,045

Çalışmadaki temel hipotez bina inşaatında gerçekleştirilen görevler sırasındaki çalışan duruşlarının çalışanların kas-

iskelet sistemi üzerinde rahatsızlıklar oluşturacağıdır. Çalışma kapsamındaki 93 kişiye uygulanan İskandinav Kas-İskelet Sistemi Anketi sonuçları incelendiğinde çalışanların daha fazla “bel” bölgesinde rahatsızlıkları olduğu görülmektedir (Tablo 6). Şekil 5 ve 6 da görüldüğü gibi anket yapılan işçilerin %76’sı ortalama 7,9 şiddetinde “bel” bölgesinde rahatsızlık hissetmektedir. Bulgularımız literatürdeki bazı çalışmalar ile paralellik göstermektedir. Holmström vd., yaptıkları çalışmada inşaat işçileri arasındaki kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olan etmenler incelemişlerdir. Çalışmalarında işçilerin %54’ünün ortalama 7 şiddetinde bel ağrısı problemi yaşadığı belirlenmiştir [67]. Damlund vd., çalışmalarında inşaat işçilerinin emeklilik nedenlerini araştırmış ve sonuç olarak Danimarka’daki inşaat işçilerinin %40’ı emeklilik nedenlerinden biri olarak bel ağrısını bildirdiği belirlenmiştir [68]. Merlino vd., çalışmalarında genç inşaat işçileri arasında kas iskelet sistemi semptomlarının yaygınlığını araştırmışlar ve sonuç olarak, genç inşaat işçileri arasındaki en yaygın kas-iskelet sistemi rahatsızlığının “bel” bölgesinde olduğu belirlenmiştir [69].

Mevcut çalışmada, çalışan işçilerin yaşlarına bağlı olarak farklı vücut bölgelerine göre verdikleri ortalama ağrı şiddetleri cevapları ANOVA testi ile analiz edildiğinde yaşa bağlı olarak verilen cevaplarda anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($P=0,000$). Bulgularımız, Merlino vd. tarafından yapılan çalışma ile uyumludur. Bu çalışmada da inşaat sektöründe çalışılan yıl sayısının kas iskelet sistemi rahatsızlıkları ile ilişkili olduğu belirlenmiştir [69]. Fakat bulgularımız Louhevaara’nın (1999) çalışma bulgularından ayrılmaktadır. Louhevaara (1999) çalışmasında mavi yakalı genç ve yaşlı inşaat işçilerinin fiziksel iş yüklerini ölçmüş ve sonuç olarak fiziksel iş yükünün yaştan etkilenmediğini belirlemiştir [33].

Çalışmamızda 3 farklı ergonomik risk değerlendirme metodu ile Tablo 1’de gösterilen 39 farklı görev değerlendirilmiştir. Tablo 7’de görüldüğü gibi, analiz edilen görevler REBA yöntemine göre %41, OWAS yöntemine göre %26, QEC yöntemine göre %77’si “yüksek risk” ve “çok yüksek risk” seviyelerinde sınıflandırılmıştır. Yöntemler arasında fark olup olmadığı Kruskal-Wallis testi ile test edilmiş ve test sonunda analiz sonundaki skorların metotlara göre anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Tablo 8’de görüldüğü gibi, Anova testi ile QEC yönteminin analiz sonuçları itibarıyla diğer yöntemlerden ayrıldığı belirlenmiştir. Bulgularımız literatürdeki bazı çalışmalar ile paralellik göstermektedir. Örneğin, Kohammadi vd., çalışmalarında marangozluk atölyesindeki çalışan duruşlarını RULA ve QEC yöntemleri ile değerlendirmişler ve sonuç olarak QEC yönteminin RULA yöntemine göre daha doğru sonuçlar verdiğini belirlenmişlerdir [70]. Nadri vd. tarafından alüminyum profil üretim endüstrisinde yapılan çalışmada REBA ve QEC risk değerlendirme yöntemleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, değerlendirilen çalışan duruşlarının %63,6’sı QEC, %12,7’si REBA tarafından yüksek/çok yüksek risk olarak belirlenmiştir [27]. Nadri vd. tarafından yapılan çalışma risk skorlarının dağılımı

bakımından çalışmamıza benzemektedir. Çalışmamızın sonuçları Qutubuddin vd. tarafından yapılan çalışma sonuçları ile örtüşmemektedir. Bu çalışmada, REBA yöntemi ile Hint testerelerinde çalışanların iş sağlığı ve güvenliği risklerinin belirlenmesine odaklanmıştır. Çalışmada değerlendirilen görevlerin %55,46’sı yüksek/çok yüksek risk olarak belirlenmiştir [71]. Chiasson vd., çalışmalarında QEC yöntemini diğer yöntemler ile karşılaştırdıklarında, iş istasyonlarının sadece %35’ini yüksek riskli olarak sınıflandırmıştır. İş istasyonlarının %76’sını yüksek riskli olarak belirleyen RULA ile karşılaştırıldığında genel riski değerlendirmede daha az katı olduğu belirlenmiştir [1]. Rahmadhan, Endonezya’daki alüminyum pan üretim bölümünde 31 çalışma duruşunda REBA, OWAS ve QEC yöntemleri arasındaki hassasiyetini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada bu üç yöntem çıktılarını arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark olmadığını belirlemiştir [72].

Çalışmamız ANOVA ve Kruskal-Wallis test sonuçlarına göre literatürdeki çalışmalardan ayrılmaktadır. Motamedzade vd., çalışmalarında bir motor yağı şirketinde 40 görev üzerinde REBA ve QEC yöntem sonuçlarını karşılaştırmışlar ve sonuç olarak bu iki yöntem arasında anlamlı bir fark olmadığını bulunmuştur [21]. Benzer şekilde, Nadri vd., çalışmalarında QEC ve REBA metod çıktılarını karşılaştırmışlar ve bu iki yöntemin son skorları ile kas-iskelet sistemi bozukluklarının prevalansı arasında anlamlı bir korelasyon ($P > 0.05$) olmadığını belirlemiştir [27].

Lı ve Lee, bina inşaatında form, demir, beton, iskele görevlerini OWAS metodu ile değerlendirmiş ve yapılan değerlendirme sonunda bu dört görevden en fazla iskele işlerinin çalışanların duruşları üzerinde zararlı olduğu belirlenmiştir [35]. Yapılan çalışma bu sonuç itibarıyla çalışmamız ile paralellik göstermektedir. Şekil 7’de görüldüğü gibi çalışmamızda da çalışan duruşları için en riskli görevin “İskele İşleri” olduğu belirlenmiştir. Fakat Lee ve Han yaptıkları çalışmada OWAS metodu ile 8 farklı görevi değerlendirmiş ve sonuç olarak değerlendirilen görevler arasında en riskli görevin “demir çubukların tel ile bağlanması” olduğunu belirlenmiştir [15].

Bina inşaat işçileri ile yapılan İskandinav Kas-İskelet Sistemi Anketi çıktılarına baktığımızda “tuğla/sıva işleri” ve “iskele işleri” görevlerinin daha riskli görevler olduğu belirlenmiştir (Tablo 6). Tablo 1’de gösterilen görevlerin 3 farklı risk değerlendirme metodu ile analiz edildiğinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 7). Bina inşaatında çalışan işçiler için daha önceki çalışmalarda vücut ağrı haritası oluşturulmadığından çalışmamız kapsamında hazırlanan bina işçileri vücut ağrı haritası literatürdeki diğer çalışmalar ile karşılaştırılmamıştır. Yapılan değerlendirmede “tuğla/sıva işleri” kapsamındaki tuğla örme görevi, değerlendirme yapılan 3 yöntemle göre de çok riskli görev olarak belirlenmiştir. Görevin kas iskelet sistemi için çok riskli çıkmasının temel nedeni işçilerin tuğla alma ve tuğlaya harç koymak için tekrarlı bir şekilde dönme

hareketini gerçekleştirmeleridir. Tuğlanın ebatlarının küçük olması tuğla almak için gerçekleştirilen dönme hareketinin sıklığını arttırmaktadır. Bu nedenle hacimsel olarak tuğladan daha büyük, hacmine göre oranlandığında ise tuğladan daha hafif “Gaz betonların” kullanılması tuğla örme görevindeki kas iskelet sistemi risklerini azaltacaktır [73]. Sıva işleminin ergonomik olarak yüksek riskli çıkışındaki temel neden, işlemlerin tamamının manuel olarak gerçekleştirilmesidir. Gelişen teknoloji ile birlikte sıva işleminin tam otomatik veya yarı otomatik sıva püskürtme makineleri ile yapılması çalışanlarda kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olan eğilme, uzanma, dönme, bilek hareketleri gibi işlemlerin sıklığını önemli ölçüde azalacaktır [74]. Bina inşaatlarında özellikle dış cephe faaliyetleri için kurulan iskele görevlerinin işçiler için riskli çıkışının en önemli sebebi, ağırlıkları 10 kg’dan fazla olan iskele elemanlarının manuel olarak kaldırılması/indirilmesi veya kurulması/sökülmesi faaliyetlerinin gerçekleştirilmesidir. Bu nedenle görevdeki kas iskelet sistemine neden olabilecek faaliyetlerin azaltılması için ağır iskele elemanlarının manuel olarak kaldırılması/indirilmesine gerek kalmayacak otomatik iskele sistemlerine geçilmesinde fayda bulunmaktadır.

QEC yöntemini diğer yöntemlerden ayıran en önemli özelliği vücut duruş analizinde, ağırlık / efor kuvveti, sıklık, süre, hareketler, psikososyal faktörler, titreşim gibi farklı özellikleri de dikkate almasıdır. İlave olarak REBA ve OWAS yöntemlerinde vücut duruşları sadece yöntem uygulayıcısı tarafından analiz edilmektedir. Fakat QEC yönteminde işçi vücut duruşları analiz edilirken işçilerin görüşleri de dikkate alınmaktadır. Bu sayede sadece analizci gözüyle değil işçi gözüyle de analizlerin yapılması daha sağlıklı sonuçlar alınmasına olanak tanımaktadır.

Çalışmanın önemli bulgularından biri inşaat sektöründeki çalışan duruşlarını analiz etmek için kullanılan QEC, REBA, OWAS çıktıları arasında anlamlı farklılıklarının olmasıdır. Yapılan analizlerde QEC yönteminin diğer iki yöntemden farklılaştığı belirlenmiştir. Bununla beraber değerlendirilen 4 görev için çalışanların vücut risk haritaları çıkarılmış ve gerçekleştirilen görevler arasında risk sıralaması yapılmıştır. Bu durum bina inşaatındaki riskler azaltılırken hangi görevlerden ve hangi vücut bölgesinden başlanması gerektiği konusunda önemli ipuçları vermektedir. Çalışma kapsamındaki en önemli kısıdımız düşük örneklem kitlesi ile çalışmaktır. Daha sonra yapılacak çalışmaların daha büyük örneklem kitlesi ile benzer metotları test etmesi daha sağlıklı sonuçlar elde edilmesinde fayda sağlayacaktır.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Ergonomi konusu tıpçıların, mühendislerin, iş bilimcilerin kısacası insan ve makine ile uğraşan tüm bilim dallarının ilgi alanına girmektedir. Bu nedenle konuyla ilgili birçok çalışma yapılmış ve analiz yöntemleri geliştirilmiştir. Özellikle çok tehlikeli sektörler arasında olan inşaat sektöründeki özellikle kas iskelet sistemindeki riskleri azaltmak için önemli bir araçtır. Çalışmamız kapsamında değerlendirilen görevlerin inşaat işçilerinde kas iskelet

sistemi rahatsızlıklarına neden olabileceği belirlenmiştir. Çalışmamızın sonuçları gösteriyor ki aynı görevlere uygulanmış farklı risk değerlendirme yöntemleri farklı sonuçlar verebilmektedir. Bu doğrultuda bina inşaatında çalışan işçilerin kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının bu 3 yöntem arasından QEC yöntemi ile analiz edilmesinin daha sağlıklı sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Diğer önemli nokta ise çalışmada değerlendirilen 4 görevin de %30 ve daha fazla oranlarda çalışanların kas iskelet sistemi üzerinde yüksek risk/çok yüksek riske sahip olduğudur. Teknolojik gelişmelerin inşaat sektöründe kullanılmasının yaygınlaştırılması çalışanlardaki kas iskelet sistemi ile ilgili rahatsızlıkların azalmasına yardımcı olacaktır [75]. Yapılan çalışma gelecek çalışmalara bulguları bağlamında temel oluşturabilir. Gelecek çalışmalarda inşaat sektöründe kas iskelet sistemine neden olabilecek farklı görevler, benzer metotlar ile analiz edilerek çalışan vücut risk haritası güncellenebilir. Benzer şekilde aynı görevler daha fazla risk değerlendirme metodu ile değerlendirilerek inşaat sektörü için uygun risk değerlendirme metodu belirlenebilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Chiasson, M. E., Imbeau, D., Aubry, K., Delisle, A., Comparing the results of eight methods used to evaluate risk factors associated with musculoskeletal disorders, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42 (5), 478-488, 2012.
2. Akay, D., Kurt, M., Dağdeviren, M., Ergonomic analysis of working postures, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 18 (3), 73-84, 2003.
3. Cote, J. N., Ngomo, S., Stock, S., Messing, K., Vezina, N., Antle, D., St-Vincent, M., Quebec research on work-related musculoskeletal disorders: Deeper understanding for better prevention, *Relations Industrielles-Industrial Relations*, 68 (4), 643-660, 2013.
4. Lu, J. M., Twu, L. J., Wang, M.J.J., Risk assessments of work-related musculoskeletal disorders among the TFT-LCD manufacturing operator, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 52, 40-51, 2016.
5. Dalkılıç, B., Gayrimenkul ve konut sektörüne bakı, *Emlak Konut: G. Y. O.*, 2018.
6. Karluk, S.R., Cumhuriyet’in İlanından Günümüze Türkiye Ekonomisi’nde Yapısal Dönüşüm, *Gözden Geçirilmiş 10. Baskı, Beta Basım Yayım Dağıtım A. Ş.*, İstanbul, Türkiye, 2005.
7. T.C Aile, Ç.v.S.H.B., İnşaat Sektörü 2017 İstatistikler, 22.03.2019.
8. Wibowo, A., The contribution of the construction industry to the economy of Indonesia: A systemic approach. 2009.
9. Elnamrouty, K., The Impact of Construction Sector on Palestinian Economy-Case Study: (Gaza Strip), 4 (5), 2012.
10. Kaya, V., Yalçınkaya, Ö., Hüseyini, İ., Ekonomik Büyümede İnşaat Sektörünün Rolü: Türkiye Örneği

- (1987-2010), Ataturk University Journal of Economics & Administrative Sciences, 27 (4), 148-167, 2013.
11. T.C Aile, Ç.v.S.H.B., Ölümlü İş Kazalarının Sebepleri, 22.03.2019.
 12. Tam, C. M., Zeng, S. X., Deng, Z. M., Identifying elements of poor construction safety management in China, *Safety Science*, 42 (7), 569-586, 2004.
 13. Im, H. J., Kwon, Y. J., Kim, S. G., Kim, Y. K., Ju, Y. S., Lee, H. P., The characteristics of fatal occupational injuries in Korea's construction industry, 1997-2004, *Safety Science*, 47 (8), 1159-1162, 2009.
 14. Kim, M. H., Yoo, W. G., Effect of a worktable position on head and shoulder posture and shoulder muscles in manual material handling, *Work-a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation*, 51 (2), 289-292, 2015.
 15. Lee, T. H., Han, C. S., Analysis of Working Postures at a Construction Site Using the OWAS Method, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 19 (2), 245-250, 2013.
 16. David, G.C., Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occupational Medicine-Oxford*, 55 (3), 190-199, 2005.
 17. Juul-Kristensen, B., Hansson, G.-Å., Fallentin, N., Andersen, J., Ekdahl, C., Assessment of work postures and movements using a video-based observation method and direct technical measurements, *Applied ergonomics*, 32 (5), 517-524, 2001.
 18. Valero, E., Sivanathan, A., Bosche, F., Abdel-Wahab, M., Musculoskeletal disorders in construction: A review and a novel system for activity tracking with body area network, *Applied Ergonomics*, 54, 120-130, 2016.
 19. Takala, E.-P., Pehkonen, I., Forsman, M., Hansson, G.-Å., Mathiassen, S. E., Neumann, W. P., Winkel, J., Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work, *Scandinavian journal of work, environment & health*, 36 (1), 3-24, 2010
 20. Drinkaus, P., Sesek, R., Bloswick, D., Bernard, T., Walton, B., Joseph, B., Counts, J. H., Comparison of ergonomic risk assessment outputs from Rapid Upper Limb Assessment and the Strain Index for tasks in automotive assembly plants. *Work*, 21 (2), 165-172, 2003.
 21. Motamedzade, M., Ashuri, M. R., Golmohammadi, R., & Mahjuba, H., Comparison of ergonomic risk assessment outputs from rapid entire body assessment and quick exposure check in an engine oil company, *Journal of research in health sciences*, 1 (1), 26-32, 2011.
 22. Jones, T., Kumar, S., Comparison of Ergonomic Risk Assessment Output in Four Sawmill Jobs, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 16 (1), 105-111, 2010.
 23. Jones, T., Kumar, S., Comparison of ergonomic risk assessments in a repetitive high-risk sawmill occupation: Saw-filer, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37 (9-10), 744-753, 2007.
 24. Enez, K., Nalbantoğlu, S. S., Comparison of ergonomic risk assessment outputs from OWAS and REBA in forestry timber harvesting, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 70, 51-57, 2019.
 25. Berlin, C., Örtengren, R., Lämkuill, D., Hanson, L., Corporate-internal vs. national standard—A comparison study of two ergonomics evaluation procedures used in automotive manufacturing, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39 (6), 940-946, 2009.
 26. Gönen, D., Ali, O., Özcan, C., A new risk assessment approach for the analysis of musculoskeletal disorders, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33 (2), 423-438, 2018.
 27. Nadri, H., Fasih, F., Nadri, F., Nadri, A., Comparison of ergonomic risk assessment results from Quick Exposure Check and Rapid Entire Body Assessment in an anodizing industry of Tehran, Iran, *Journal of Occupational Health and Epidemiology*, 2 (4), 195-202, 2013.
 28. Kong, Y.K., Lee, S.Y., Lee, K.S., Kim, D.M., Comparisons of ergonomic evaluation tools (ALLA, RULA, REBA and OWAS) for farm work, *International journal of occupational safety and ergonomics*, 24 (2), 218-223, 2018.
 29. Gönen, D., Ali, O., Özcan, C., Analysis of working postures in the assembly process of wheel hay rake using anybody modelling system, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32 (3), 651-660, 2017.
 30. Kee, D., Karwowski, W., A comparison of three observational techniques for assessing postural loads in industry, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 13 (1), 3-14, 2007.
 31. Mattila, M., Karwowski, W., Vilkkki, M., Analysis of working postures in hammering tasks on building construction sites using the computerized OWAS method, *Applied ergonomics*, 24 (6), 405-412, 1993.
 32. Kivi, P., Mattila, M., Analysis and improvement of work postures in the building industry: application of the computerised OWAS method, *Applied ergonomics*, 22 (1), 43-48, 1991.
 33. Louhevaara, V., Is the physical work load equal for ageing and young blue-collar workers? *International journal of industrial ergonomics*, 24 (5), 559-564, 1999.
 34. Saurin, T. A., de Macedo Guimarães, L.B., Ergonomic assessment of suspended scaffolds, *International journal of industrial ergonomics*, 36 (3), 229-237, 2006.
 35. Li, K. W., Lee, C. L., Postural analysis of four jobs on two building construction sites: An experience of using the OWAS method in Taiwan. *Journal of Occupational Health*, 41 (3), 183-190, 1999.
 36. Domingo, J.R.T., De Pano, M.T.S., Ecat, D.A.G., Sanchez, N.A.D., Custodio, B.P., Risk assessment on Filipino construction workers, *Procedia Manufacturing*, 3, 1854-1860, 2015.
 37. Vachhani, T. R., Sawant, S. K., Pataskar, S., Ergonomics Risk Assessment of Musculoskeletal Disorder on Construction Site, *Journal of Civic*

- Engineering and Environmental Technology, 3, 228-231, 2016.
38. Budhiman, M.A., Analisis penilaian tingkat risiko ergonomi pada pekerja konstruksi proyek Ruko Graha Depok, Lisans Tezi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta: Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Jakarta, 2015.
 39. Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G., Jørgensen, K., Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms, *Applied ergonomics*, 18 (3), 233-237, 1987.
 40. Baron, S., Hales, T., Hurrell, J., Evaluation of symptom surveys for occupational musculoskeletal disorders, *American journal of industrial medicine*, 29 (6), 609-617, 1996.
 41. Kahraman, T., Genç, A., Göz, E., The Nordic Musculoskeletal Questionnaire: cross-cultural adaptation into Turkish assessing its psychometric properties, *Disability and rehabilitation*, 38 (21), 2153-2160, 2016.
 42. Başkurt, F., Başkurt, Z., Gelecek, N., Prevalence of self-reported musculoskeletal symptoms in teachers, *SDÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2 (2), 58-64, 2011.
 43. Aghilinejad, M., Javad Mousavi, S. A., Nouri, M. K., Ahmadi, A. B., Work-related musculoskeletal complaints among workers of Iranian aluminum industries, *Archives of environmental & occupational health*, 67 (2), 98-102, 2012.
 44. Kemmlert, K., A Method Assigned for the Identification of Ergonomic Hazards - Plibel. *Applied Ergonomics*, 26(3), 199-211, 1995.
 45. Burgess-Limerick, R., Straker, L., Pollock, C., Egeskov, R., Manual Tasks Risk Assessment Tool (ManTRA) V 2.0, in *Human Factors and Ergonomics Society of Australia workshop at the Human Factors and Ergonomics Society of Australia annual conference*, 2004.
 46. Hignett, S., McAtamney, L., Rapid Entire Body Assessment (REBA), *Applied Ergonomics*, 31 (2), 201-205, 2000.
 47. Karhu, O., Kansu, P., Kuorinka, I., Correcting working postures in industry: A practical method for analysis, *Applied Ergonomics*, 8 (4), 199-201, 1977.
 48. Li, G. Y., Buckle, P., A practical method for the assessment of work-related musculoskeletal risks - Quick exposure check (QEC), *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 42nd Annual Meeting*, Vols 1 and 2, 1351-1355, 1998
 49. Esen, H., Fıglalı, N., Çalışma duruşu analiz yöntemleri ve çalışma duruşunun kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına etkileri, *SAÜ. Fen Bil. Der.*, 17 (1), 41-51, 2013.
 50. Ayan, B., Montaj hattında ergonomik risk unsurlarının incelenmesi: otomotiv sektörüne yönelik bir uygulama, *Uzmanlık Tezi*, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, 2015.
 51. Sağiroğlu, H., Coşkun, M. B., Erginel, N., REBA ile bir üretim hattındaki iş istasyonlarının ergonomik risk analizi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3 (3), 339-345, 2015.
 52. Brandl, C., Mertens, A., Schlick, C. M., Effect of sampling interval on the reliability using the Ovako working posture analysing of ergonomic analysis system (OWAS). *International Journal of Industrial Ergonomics*, 57, 68-73, 2017.
 53. Kant, I., Notermans, J. H. V., Borm, P.J.A., Observations of Working Postures in Garages Using the Ovako Working Posture Analyzing System (Owas) and Consequent Workload Reduction Recommendations, *Ergonomics*, 33 (2), 209-220, 1990.
 54. Buchholz, B., Paquet, V., Punnett, L., Lee, D., Moir, S., PATH: A work sampling-based approach to ergonomic job analysis for construction and other non-repetitive work, *Applied Ergonomics*, 27 (3), 177-187, 1996.
 55. White, H. A., Kirby, R. L., Folding and unfolding manual wheelchairs: an ergonomic evaluation of health-care workers, *Applied Ergonomics*, 34 (6), 571-579, 2003.
 56. Hignett, S., Postural analysis of nursing work, *Applied Ergonomics*, 27 (3), 171-176, 1996.
 57. Perkio-Makela, M., Hentila, H., Physical work strain of dairy farming in loose housing barns, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35 (1), 57-65, 2005.
 58. Carrasco, C., Coleman, N., Healey, S., Lusted, M., Packing Products for Customers - an Ergonomics Evaluation of 3 Supermarket Checkouts, *Applied Ergonomics*, 26 (2), 101-108, 1995.
 59. Kjellberg, K., Lindberg, P., Nyman, T., Palm, P., Rhen, I.-M., Eliasson, K., Forsman, M., Comparisons of six observational methods for risk assessment of repetitive work-results from a consensus assessment, in *Proceedings 19th Triennial Congress of the IEA*, Melbourne, 2015.
 60. Hoy, J., Mubarak, N., Nelson, S., de Landas, M. S., Magnusson, M., Okunribido, O., Pope, M., Whole body vibration and posture as risk factors for low back pain among forklift truck drivers, *Journal of Sound and Vibration*, 284 (3-5), 933-946, 2005.
 61. Gomez-Galan, M., Perez-Alonso, J., Callejon-Ferre, A.-J., Lopez-Martinez, J., Musculoskeletal disorders: OWAS review, *Industrial health*, 55 (4), 314-337, 2017.
 62. Figlali, N., Cihan, A., Esen, H., Figlali, A., Cesmeci, D., Gullu, M. K., Yilmaz, M. K., Image processing-aided working posture analysis: I-OWAS, *Computers & Industrial Engineering*, 85, 384-394, 2015.
 63. Karwowski, W. ve Marras, W. S., *The occupational ergonomics handbook*, Crc Press, Florida, A.B.D., 1998.
 64. David, G., Woods, V., Li, G. Y., Buckle, P., The development of the Quick Exposure Check (QEC) for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders, *Applied Ergonomics*, 39 (1), 57-69, 2008.
 65. Cheng, A. S. K., So, P. C. W., Development of the Chinese version of the Quick Exposure Check (CQEC). *Work - a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation*, 48 (4), 503-510, 2014.

66. Özcan, E., İşyerinde ergonomik risklerin değerlendirilmesi ve hızlı maruziyet değerlendirme(HMD) yöntemi, *Engineer & the Machinery Magazine*, 52 (616), 86-89, 2011.
67. Holmström, E., Lindell, J., Moritz, U., Low back and neck/shoulder pain in construction workers: occupational workload and psychosocial risk factors. Part 1: Relationship to low back pain, *Spine*, 17 (6), 663-671, 1992.
68. Damlund, M., Gøth, S., Hasle, P., Munk, K., Low-back pain and early retirement among Danish semiskilled construction workers, *Scandinavian journal of work, environment & health*, 8 (1), 100-104, 1982
69. Merlino, L. A., Rosecrance, J. C., Anton, D., Cook, T. M., Symptoms of musculoskeletal disorders among apprentice construction workers, *Applied occupational and environmental hygiene*, 18 (1), 57-64, 2003.
70. Kohammadi, Y., Sohrabi, Y., Poursadeghiyan, M., Rostami, R., Tabar, A. R., Abdollahzadeh, D., Tabar, F. R., Comparing the posture assessments based on RULA and QEC methods in a carpentry workshop, *Res J Med Sci*, 10 (3), 80-83, 2016.
71. Qutubuddin, S., Hebbal, S., Kumar, A., An ergonomic study of work related musculoskeletal disorder risks in Indian Saw Mills, *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 7 (5), 7-13, 2013.
72. Rahmadhan, D.K.B., Perbandingan Sensitivitas Metode REBA, OWAS dan QEC dalam Evaluasi Tingkat Risiko Postur Kerja (Studi Kasus di WL Aluminium Giwangan), 93-102, 2017.
73. Wittmann, F. H., ve Balkema, A., *Advances in autoclaved aerated concrete*, Citeseer, New Jersey, A.B.D., 1992.
74. Vatin, N. I., Gamayunova, O. S., Using plastering machines to improve the efficiency of finishing works. *Applied Mechanics & Materials*, 635, 2049-2053, 2014.
75. Kangari, R., Yoshida, T., *Automation in construction. Robotics and Autonomous Systems*, 6 (4), 327-335, 1990.