

## ERGONOMİ RİSK ANALİZLERİ YAZILIMLAŞTIRILMASI ERGONOMİ- İŞ SAĞLIĞI GÜVENLİĞİ RİSK HARİTALANDIRILMASI

Gizem YAVUZKAN\*, Kadir KAYA, Mehmet Can YAĞIZ  
Mümtaz ERDEM, Ilgın ACAR

Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

*Ergonomi*  
*İş Sağlığı ve Güvenliği*  
*Risk Analizi*  
*Risk Haritalama*

### Özet

Ergonomi ve İş Sağlığı Güvenliğinde risk haritalandırılması özellikle ülkemizde çok az derecede yapılmaktadır. Son zamanlarda gerçekleşen iş kazalarından İş Sağlığı Güvenliği konusu daha fazla önem kazandığından bu konuda haritalandırmalar daha çok artacaktır. Ergonomik analizlerin eksikliği bu gelişmeyi daha da yavaşlatmaktadır. Üzerinde çalışılan proje, operasyonların ergonomik açıdan durumunun incelenerek İş Sağlığı ve Güvenliği açısından riskli bölgelerin analizlerinin yapılabileceği dünya üzerinde kabul görmüş etkili sonuçlar veren ergonomik analizlerin uygulamasını içermektedir. Bu analizlerin uygulamaları yapılırken hızlı ve güvenilir olabilmesi için NIOSH tarafından geliştirilmiş olan NIOSH Lifting Equation ve Alman BAUA tarafından geliştirilmiş olan itme-çekme, tutma-taşıma işlerinin değerlendirilmesi için kullanılan yöntemler Excel VBA tabanında yazılımlaştırılmıştır. Excel VBA yazılımlarının yanı sıra projenin temel fikrini oluşturan Ergonomik Risk Haritalama için MS Access üzerinden bir yazılım geliştirilmiştir. Çalışma da İş Sağlığı ve Güvenliği değerlendirilmesi için kullanılan yöntem fiiliyatta en çok kullanılan yöntem olan "L Tipi Matris" yöntemini temel almıştır ve işletmenin isteğine göre yeniden tasarlanmıştır. Ergonomi risk analizi için ise "Sue Rodgers Formu" kullanılmış, formda belirlenen değer aralıklarına göre değerlendirilmeye alınmıştır. Son olarak alınan bu yöntemlerden yararlanarak sayısal verileri oluşturulmuş ve risk haritası oluşturulmuştur. Yapılan çalışmada bu konuda daha farklı bir çalışmanın yapılmamış olması daha sonra yapılacak olan çalışmalara da fikir verecek ve fayda sağlayacaktır.

## ERGONOMIC RISK ANALYSIS SOFTWARE WORK SAFETY AND HEALTH ERGONOMIC RISK MAPPING

### Keywords

*Ergonomics*  
*Occupational Health Safety*  
*Risk Analysis*  
*Risk Mapping*

### Abstract

Ergonomics and occupational health risks, especially in the security mapping is done in a much lesser degree in our country. Lately the actual occupational accidents Occupational Health and Safety issues mapping studies on this issue is gaining more importance will grow even more. Lack of ergonomic analysis is slow further this development. It worked on the project, which ergonomically examined the status of operations of the Occupational Health and Safety analysis can be made of the risk areas in the world in terms of accepted results include the implementation of effective ergonomic analysis. This analysis applications while developed by NIOSH to be fast and reliable NIOSH Lifting Equation and the Germans thrust developed by BAUA pull-push hold methods used for assessing the transport business has software Excel VBA base. Excel VBA software, as well as the underlying idea of the project has been

\* İlgili yazar: [gizemyavuzkan@gmail.com](mailto:gizemyavuzkan@gmail.com)

developed for ergonomic risk mapping software via MS Access. Studies in Occupational Health and Safety is the most widely used method in practice the methods used to evaluate "L-Type Matrix" method is based and has been redesigned according to the request of the enterprise. As for ergonomics risk analysis "Sue Rodgers Form" has been evaluated in accordance with the specified value range is the form used. Finally, the received digital data using these techniques have been established and risk map was constructed. In this study there has been no study on this subject will give a different feel to the work to be carried out later will benefit.

## 1. Giriş

Teknolojik gelişmelere rağmen bazı ağır sanayi kollarında insan gücüne hala çok fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlardan biri olan kamyon üretim sektörü makineleşmenin yanında daha çok emek yoğun işlemler topluluğudur. Bu yoğun işgücü kullanımı gerektiren işlerde uygun olmayan çalışma duruşları, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olduğu gibi üretimin verimsizliğine de neden olmaktadır. Avrupa Birliği İş Sağlığı (OHSA) birimi tarafından üye ülkelerdeki çalışma sağlığı profilini yansıtmayı amaçlayan pilot bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada örneklem grubu üzerinde çalışma ortamından kaynaklanan maruziyetler konusunda görüşmeler yapılmış ve şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Gürültü %28
- Vibrasyon %24
- Yüksek sıcaklık %20
- Düşük sıcaklık %23
- Ağır kaldırma %34
- Tekrarlayan hareketler %58
- Duruş bozuklukları %45
- Yüksek hızlı çalışma %54
- Kimyasallar %14
- Fiziksel şiddet %4

- Monoton iş ortamı %45

Bu sonuçlardan anlaşıldığı üzere Ağır kaldırma, Tekrarlayan hareketler, Duruş bozuklukları ve Yüksek hızlı çalışma çalışanları en çok etkileyen durumlardır. Bu çalışmamızda özellikle Ağır kaldırma, Tekrarlı hareketler ve Duruş bozukluklarını görebilmek ve önlem alınabilmesini sağlamak için risklerin haritalandırılmasına yardımcı olacak ergonomik risk ölçümleri yapılmış ve bu ölçümler neticesinde risk haritası oluşturulmuştur.

## 2. Problemin Tanımı Ve Amacı

Mevcut durumda işçilerin görev dağılımına göre çok tekrarlı havalı sıkma tabancası kullanması ara stok alanlarında bulunan kutularından malzeme alımlarının ergonomik olmaması, fabrika içi şasi kollarının istasyonlar arası elle itme ile taşınması, ara stok kutularında elle taşınan malzemelerin ağırlıklarının fazla olması bazı operasyonlarda montaj yaparken çalışanın uygunsuz pozisyonda çalışması, montajda kullanılan civataları sıkamak için kullanılan havalı sıkma tabancalarının civatayı tam sıkabilmesi için anahtar kullanılması esnasında kol kaslarının gün boyu fazla kasılmaya maruz kalması çeşitli ergonomik riskler oluşturmaktadır.

Bu problemde amaçlanan; ergonomik risklerin ölçülerek belirlenmesi ve bir veri tabanında oluşturulan ara yüz yardımıyla kayıt altında tutulmasını sağlamak, bu veri tabanı aracılığıyla rahatlıkla görülebilecek olan istasyonların ergonomik risk durumları daha sonra yapılacak olan iyileştirmelere ön ayak olacaktır.

Ayrıca İş Sağlığı ve Güvenliği modülü aracılığıyla operasyonların İSG Risk Analizlerinin de yapıлып görüntülenmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca aynı anda bütün istasyonların risk haritalarının görüntülenmesi sağlanacaktır. Bu sayede İSG uzmanları ve Ergonomi

Teknikerleri tarafından doldurulan formlar tepe yönetime kadar sorumlu olan herkesin rahat ve hızlı şekilde görüntülemesini sağlayarak sorunlara hızlı bir şekilde çözümlerin üretilmesi amaçlanmaktadır.

### 3. Kullanılan Yöntemlerin Tanıtımı

Yapmış olduğumuz çalışmada Sue Rodgers formunu göstermek ve ölçümlerin daha sayısal yöntemlerle yapılmasını sağlamak için bu formun yanında Revised NIOSH Denklemi, Yine NIOSH tarafından geliştirilmiş olan RWL Yöntemi ve BAUA tarafından geliştirilmiş olan yöntemler kullanılmıştır.

#### 3.1. Sue Rodgers Formu

Sue Rodgers Formu operasyon sınırlaması olmaksızın bütün operasyonlar için kullanılmaktadır. Bu formun doğruluğu formu dolduran kişinin gözlem yeteneğine ve gücüne göre görecelidir. Sayısal olarak sonuçlar vermesine rağmen matematiksel hesap içermemektedir. Operasyonun yapılma şekline göre harcanan efor, operasyonun yapılma süresine göre efor devam süresi ve dakikadaki tekrar sayısına göre dakikadaki efor olarak üç faktörü göz önüne alır.

Bu faktörlere göre belirlenen risk puanı dört risk bölgesi oluşturur. Genel olarak Sue Rodgers Formu hem niteliksel hem de niceliksel özellik göstermektedir. Sue Rodgers Formunun sonuçlarının güvenilirliği, gözlem yapan kişi ile birebir ilişkili olduğundan gözlemci değiştiğinde sonuçlarda değişebileceğinden çok fazla önerilmemesinin yanında hızlı ve pratik yapılan bir gözlem aracı olması avantaj sağlamaktadır. Fabrikada bu formun kullanımı olduğundan dolayı haritalandırma verilerin toplanması için ara gözlem aracı olarak bu formlar kullanılmıştır.

#### 3.2. Revize NIOSH Yük Kaldırma (The revised NIOSH Lifting equation)

ABD NIOSH kökenli bu yöntem ilk kez 1981 yılında kullanıma sunulmuştur. Yayınlanma tarihi itibarıyla, elle kaldırma işlerinin değerlendirilmesine yönelik ilk ve en önemli adım olarak nitelendirilebilir. NIOSH rehberinde önsözden başlamak üzere yapılan, yeri geldikçe tekrarlanan önemli uyarılar, güvenilirlik

çalışmalarında çizilen sınırların dışına çıkılmaması gerektiği ile ilgilidir. Rehberin adından başlayarak, uygulama adımlarında da bahsi geçen temel konu, bu rehberin sadece kaldırma (lifting) işlerinde kullanıma uygun olmasıdır. Tutma ve taşıma işlerinde kullanılmaması gerektiği anlaşılmaktadır. Yine adımlar incelendiğinde, 8 saati aşan çalışma sürelerinde, tek elle yük kaldırma işlemlerinde, zeminin uygun olmadığı hallerde, yükün ağırlık merkezinin değişken olduğu, çok hızlı yapılan kaldırma operasyonlarda kullanılamayacağı (kullanıldığı takdirde sonuçların güvenilir olamayacağı) görülmektedir.

$$RWL = LC \times CM \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM$$

Bu ifadedeki faktörlerin anlamı;

**LC: Yük sabiti.** Sabit 23 kilogram alınmaktadır. Fakat bazı işletmeler bu değeri kendi standartlarına göre farklı değerlere göre düzenlemektedir.

**CM: Tutma Faktörü.** Elin taşınacak yükü ne kadar kolay ve iyi tutabildiğine bağlı bir faktördür. Örneğin kaldırılacak paketin elle tutulması için yapılmış özel tutamakları varsa, yükü kaldırmak kolaylaşır veya daha büyük yük kaldırma olanağı vardır. Ayrıca tutulan noktanın ayak basılan tabandan yüksekliği de önemlidir.

**CM değerleri:**

Tutma olanağı	V<=75 cm	V>=75 cm
İyi	1	1
Orta	0,95	1
Kötü	0,9	0,9

**HM: Yatay Çarpan:** Elin orta noktası ile omurga eksenindeki yatay mesafeye bağlıdır.

H ≤ 25 cm için	HM = 1
25 < H ≤ 63 cm için	HM = 25/H
H > 63 cm için	HM = 0

Yük omurga ekseninden uzaklaştıkça uygulanması gereken kuvvet artmaktadır. Kısa kollu işçiler için 63 cm yatay mesafe ulaşabilecekleri sınır değerdir. Bundan daha uzakta olan bir kütleyi dengelerini kaybetmeden kaldırmaları olası değildir.

**VM: Dikey Çarpan:** Yükü tutma noktasının tabana olan mesafesine bağlı faktör.

V < 175 cm için	VM = 1 - (0.003 * (V - 75))
V ≥ 174 cm için	VM = 0

(V-75) mutlak değer olarak alınacaktır.

**DM: Mesafe Çarpanı:** Kaldırmanın başladığı ve bittiği nokta arasındaki yükseklik farkı D' ye bağlı faktördür. Yükseklik farkı arttıkça mesafe çarpanının değeri küçülür.

D ≤ 25 cm için	DM = 1
25 < D ≤ 175 cm için	DM = 0.82 + (4.5/D)
D > 175 cm için	DM = 0

**AM: Asimetri Çarpanı:** Kaldırma hareketinin başlangıcında veya bitiminde vücudun sagittal düzleme göre pozisyonunu belirten açıya asimetri açısı(A) denir.

Ellerin doğrudan vücut önünde bulunduğu ve bacak, gövde ve omuzlarda herhangi bir dönmenin olmadığı konuma nötr konum denir.

A ≤ 135 derece için	AM = (1 - (0.0032 * A))
A > 135 derece için	AM = 0

Yük vücudun ön tarafında kaldırılırken asimetrik olarak kaldırılmamalıdır, yani kaldırma esnasında vücut dönme hareketi yapmamalıdır.

**FM: Tekrarlama Faktörü:** Dakikada kaç defa kaldırma işlemi yapıldığına ve kaldırma mesafesine bağlı bir faktördür. Kaldırma sayısı iş akışı için doğru örnek olabilecek 15 dakika boyunca izlenip tespit edilmelidir.

Çalışma süresine göre tutma faktörü FM aşağıdaki tabloda verilmiştir:

DAKİKADA KALDIRMA SAYISI	ÇALIŞMA SÜRESİ					
	≤ 1 SAAT		> 1 SAAT ≤ 2 SAAT		> 2 SAAT ≤ 8 SAAT	
	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75
≤ 0,2	1	1	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	0,99	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,8	0,8	0,6	0,6	0,35	0,35
8	0,6	0,6	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,3	0,3	0	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0	0,13

**Şekil 3.1:** Çalışma süresine göre tutma faktörleri

### 3.3. RWL Yöntemi

NIOSH yönteminde doğrudan kadın erkek ayrımının yapılmadığı gibi, operatörün yaşı da dikkate alınmamıştır. Bu eksikliği bir ölçüde gidermek için yine NIOSH tarafından RWL yöntemi geliştirilmiştir. Burada 7 değer çarpılarak işçi için önerilen yük sınırı RWL elde edilmektedir.

**LC: Yük sabiti.** Yaşa ve cinsiyete göre farklı olan, maksimum omurga bası yükü (kompresyon yükü) nün, sabit faktör 6,76 kg / kN ile çarpılması ile elde edilir.

**Kompresyon yükü:** Yaş, kadınlar için kompresyon yükü, erkekler için kompresyon yükü şeklinde aşağıda verilmiştir.

YAŞ	KADIN	ERKEK
20	4,40	6,00
30	3,80	5,00
40	3,20	4,00
50	2,60	3,00
60+	2,00	2,00

**Şekil 3.2:** Yaş-Cinsiyet-Kompresyon Yükü Tablosu

$$RWL = (6,76 \text{ kg} / \text{kN} \times \text{Kompresyon yükü}) \times CM \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM$$

### 3.4. Almanya İş Güvenliği ve İş Hekimliği Kurumunun Değerlendirme Yöntemi(BAUA):

Federal Almanya İş Güvenliği ve İş Hekimliği Kurumu (BAUA) tarafından geliştirilen bu yöntemde, elle yapılan taşıma işlemlerinde zorlanma sınırının iş bilimsel ölçütlere göre belirlenmesinde pratiğe yönelik, basit, yasal zorunlulukları yerine getiren ve çok boyutlu bir değerlendirmeye olanak sağlamaktadır. Bu yöntem tıbbi ve iş bilimsel bakış açılarının yanı sıra çalışma koşullarının sosyal ve iş yasalarına uygunluğunun belirlenmesinde yardımcı bir yöntemdir. Uygulamada bir form kullanılır ve yapılan iş; zaman ağırlığı, yük tutma ve uygulama şartları, konum ve ağırlık derecesi, uygulama koşulları açısından her bir başlık altındaki skalalara göre değerlendirilir. Değerlendirme sonucu risk katsayısı hesaplanır. Yöntemlerde kullanılan tablolar ve değerler aşağıda verilmiştir.

Bu yöntem yapılan işin yürütülme şekline göre "LMM-HHT ve LMM-ZS" olmak üzere iki farklı değerlendirme aracı içermektedir.

Risk Değerlendirme Metodu : LMM - HHT

#### 1.ci Adım : Zaman ağırlık puanının belirlenmesi

Tablo 2. Zaman ağırlık puanı

Kaldırma veya bir yerden başka bir yere koyma (< 5 saniye)	Tutma (> 5 saniye)	Taşıma (> 5 metre)	Zaman ağırlık puanı
Günlük adet	Günlük süre	Günlük yol	
< 10	< 5 dk	< 300 m	1
10 - < 40	5 dk - < 15 dk	300 m - < 1 km	2
40 - < 200	15 dk - < 1 s	1 km - < 4 km	4
200 - < 500	1 s - < 2 s	4 km - < 8 km	6
500 - < 1000	2 s - < 4 s	8 km - < 16 km	8
≥ 1000	≥ 4 s	≥ 16 km	10

Tablo 3. Yük ağırlık puanı





ERKEK	KADIN	Yük Ağırlık Puanı
< 10 kg	< 5 kg	1
10 kg - < 20 kg	5 kg - < 10 kg	2
20 kg - < 30 kg	10 kg - < 15 kg	4
30 kg - < 40 kg	15 kg - < 25 kg	7
≥ 40 kg	≥ 25 kg	25

Tek değişmez kural: Erkek için 40 kg ve bayan için 25 kg üstündeki tüm ağırlıklar kesinlikle 25 yük ağırlık puanı olarak değerlendirilmek zorundadır.

#### 2.ci Adım: B) Duruş ve Yük pozisyonu ağırlık puanının belirlenmesi

Gün boyunca ağırlıklı olarak görülen pozisyonlar dikkate alınmalıdır.

Tablo 4. Duruş ve yük pozisyonu ağırlık puanı

	Üst beden dik,dönüş yok, yük bedene yakın	1
	Hafif öne eğilme veya dönme, yük bedene yakın ya da bedene yapışık	2
	Aşağı eğilme veya ileri uzanma, hafif öne uzanma ile birlikte dönme,yük bedenden uzak ya da omuz hizasında	4
	İleri uzanma ile birlikte dönme, yük bedenden uzakta, sağlam duruşta kısıtlılık, çömelme veya dizlerin üzerine çökme	8

#### 2.ci Adım: C) Uygulama ve Ortam ağırlık puanının belirlenmesi

Tablo 5. Uygulama ve ortam ağırlık puanı

Uygulama ve Ortam Koşulları	Ağırlık puanı
Ergonomik koşullar uygun ( yeterli hareket alanı,iş istasyonunda engel yok, düz-kaymaz zemin, yeterli aydınlatma, tutuş şartları iyi)	0
Ergonomik koşulların yetersizliği (hareket alanı < 1.5m², alçak mekan, yumuşak-engebeli zemin)	1
Hareket alanı çok kısıtlı, yükün ağırlık noktası değişken	2

#### 3.cü Adım: Değerlendirme

Ergonomik risk puanı hesaplanırken kullanılacak formül: 1.ci adım X 2.ci adım ( A+B+C ) = Ergonomik Risk Puanı Diğer bir deyişle, 2.ci adımdaki işgücü puanlarının toplamı zaman ağırlık puanı ile çarpılarak ergonomik risk puanı elde edilmektedir.

#### 2.ci Adım : A) Yük ağırlık puanının belirlenmesi

Bir defada kaldırılan, indirilen,tutulan veya taşınan yükün ağırlığı söz konusudur. Günlük mesai boyunca farklı ağırlıklar devreye giriyor ise, yapılan değerlendirmede ortalama ağırlık hesaplanmalıdır.

Tablo 6: Risk değerlendirme tablosu

Risk	Alan	Risk Puanı	Değerlendirme
1		<10	Hafif yüklenme, sağlık tehdidi yok
2		10 - < 25	Yüklenme artmış, hedef çalışmada problem yaşanabilir, önlem alınmalıdır
3		25 - < 50	Aşırı yüklenmeye aday, tüm çalışanlar için önem gereklidir
4		≥ 50	Aşırı yüklenme, Kas-iskelet sistemi hastalıkları beklenmektedir, acil önlem gereklidir

Şekil 3.3: BAUA Değerlendirme Tablosu

### 3.4.1. LMM –HHT

Bu yöntem Federal Almanya İş Güvenliği ve İş Hekimliği Kurumu tarafından geliştirilmiş olup kaldırma, tutma, taşıma operasyonlarının gerçekleştirildiği operasyonlarda değerlendirme aracı olarak kullanılmaktadır. Bu değerlendirme yönteminde göz önünde bulundurulmuş ortak faktörler ise;

Cismin ağırlığı, çalışılan ortamın bulunduğu koşul, cinsiyet ve operasyonu gerçekleştirirken vücudun konumu olarak göz önünde bulundurulmaktadır. Ayrıca taşıma için, toplam taşıma mesafesi; kaldırma için, toplam kaldırma sayısı; tutma için ise toplam tutma süresi dikkate alınmaktadır.

### 3.4.2. LMM- ZS

Bu yöntem de Federal Almanya İş Güvenliği ve İş Hekimliği Kurumu tarafından geliştirilmiş olup itme-çekme operasyonlarının değerlendirme aracı olarak kullanılmaktadır. Bu değerlendirme yönteminde göz önünde bulundurulmuş ortak faktörler ise:

Bir defada alınan yol (5 metreden az ya da fazla olarak), alınan yol 5 metreden fazla ise yapılan toplam iş sayısı, 5 metreden fazla ise günlük toplam alınan yol göz önünde bulundurulmaktadır. Ayrıca ortam koşulları, cinsiyet, işi gerçekleştirirken ki vücut pozisyonu, cismi taşıırken kullanılan yardımcı aracın sahip olduğu özellik tabloda verilen çeşitlerden seçilir, hareket hızı ve yol tahminleri de göz önünde bulundurularak hesaplamalar yapıldığında değerlendirme yapılacak risk faktörü elde edilmiş olur.

## 3.5. İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Analizi

Türkiye’de KOBİ’lerin yeterince kurumsallaşmamış durumda olması ve kurumsal hafızaya sahip olmaması sebebiyle en yaygın kullanılan risk değerlendirme yöntemi L-Matris Yöntemidir. Aslında çok yeterli ve belirleyici olmamakla birlikte, X-Matris Yöntemi gibi daha ciddi yöntemler detaylı bir kurumsal veri hafızasına gereksinim duyduğundan çoğu işletme ve sektörde L Tipi Matris Yöntemi mecburen tercih edilen yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

### 3.6. L Tipi Matris Yöntemi:

L tipi matris yöntemi neden-sonuç ilişkilerine dayanır. Bu yöntem basit, tek başına risk değerlendirmesi yapmak zorunda kalan iş güvenliği uzmanları için idealdir. İş güvenliği uzmanının tecrübe ve birikimine göre yöntemin başarı oranı değişir. L tipi matris yöntemi, işletmelerde özellikle aciliyet gerektiren ve bir an evvel önlem alınması gerekli olan tehlikelerin tespitinin yapılabilmesi için kullanılmalıdır.

	ŞİDDET				
İHTİMAL	1 ÇOK HAFİF	2 HAFİF	3 ORTA	4 CİDDİ	5 ÇOK CİDDİ
1 ÇOK KÜÇÜK	1 ANLAMSIZ	2 DÜŞÜK	3 DÜŞÜK	4 DÜŞÜK	5 DÜŞÜK
2 KÜÇÜK	2 DÜŞÜK	4 DÜŞÜK	6 DÜŞÜK	8 ORTA	10 ORTA
3 ORTA DERECEDE	3 DÜŞÜK	6 DÜŞÜK	9 ORTA	12 ORTA	15 YÜKSEK
4 YÜKSEK	4 DÜŞÜK	8 ORTA	12 ORTA	16 YÜKSEK	20 YÜKSEK
5 ÇOK YÜKSEK	5 DÜŞÜK	10 ORTA	15 YÜKSEK	20 YÜKSEK	25 TOLERE EDİLMEZ

Şekil 3.4: L-Matris Yönteminde Risk Hesaplama Tablosu

Risk = Olasılık x Şiddet (L-Matris Yönteminde Risk Hesaplama Formülü)

Yukarıdaki risk hesaplama tablosu L matris yönteminde kullanılan standart tablodur. Burada iş güvenliği uzmanı ya da işveren tarafından düşük, orta ve yüksek öncelikli olan risk gruplarının aralıkları belirlenerek tablo buna göre renklendirilir. Yukarıdaki tablo için; 1-6 düşük risk, 8-12 orta risk ve 12-25 yüksek risk olarak belirlenmiştir.

Belirlenen her tehlike için bu şekilde risk hesaplaması yapılarak risk önceliği belirlenerek risk



değerlendirme formunda ilgili alanlara yazılır. Bu risk hesap tablosu bağlamında yüksek öncelikli risklerden başlanarak risk önleme eylem planı yapılarak, yapılan plan uygulanır.

#### 4. Yapılan Çalışmalar

##### 4.1. Oluşturulan Excel Programları

Excel şirketler tarafından çokça kullanılan bir yazılımdır. Excel'in temel kullanımının kolay olması çalışanların rahat kullanmasını sağlamaktadır. Yazılımları Excel üzerinden yapılmasının en büyük sebebi teknikerler ve çalışanlar tarafından fabrika içinde kullanımının yaygın ve hızlı olmasıdır. Yazılımları yaparken Excel VBA tabanında kodlar yazılarak ve görsellerle desteklenerek yapılmıştır ve kullanımı sunulmuştur. Ayrıca proje kapsamında yapacağımız ölçümlerin daha hızlı ve güvenilir olması için yöntemlerin matematiksel formüllerine göre pratik ve kullanışlı programlar yazılmıştır.

##### 4.1.1. LMM-HHT Hesaplama Excel Programı

Kullanıcıya Kaldırma, Tutma, Taşıma olarak üç seçenek sunulmakta ve operasyonun durumuna göre seçim yapması gerekmektedir. Bu noktada önemli açıklamalar program ara yüzünde kullanıcıya sunulmaktadır. Operatörün Cinsiyeti, Cismin ağırlığı ve operasyon çeşidine göre kaldırma için günlük toplam kaldırma sayısı, tutma için günlük toplam tutma süresi, taşıma için günlük toplam taşıma mesafesi sorulmaktadır. Ayrıca yöntemde bulunan ergonomik koşullar ve vücut pozisyonu seçenekler halinde kullanıcıya sunulmaktadır. Hesapla, Kaydet, Değerleri Temizle seçimleriyle kayıtlar arkada açık bulunan excel sayfasına kayıt edilmektedir. Oluşturulan Programın Ara yüzün ekran görüntüsü aşağıda verilmiştir.

Şekil 4.1: LMM-HHT Hesaplama Excel Programı

##### 4.1.2 LMM-ZS Excel Hesaplama Aracı

İtme ve Çekme işleri için kullanılacak olan bu program için kullanıcıdan taşımının 5 metreden az ve 5 metreden çok seçenekleri sunuluyor. 5 metreden az yapılan işlemler için günlük toplam yapılan iş, 5 metreden fazla yapılan işlemler için günlük toplam alınan yol değeri istenmektedir. Çalışanın Cinsiyet, Ortam koşulları, İş pozisyonu ve kullanılan yardımcı araçlar seçenekler halinde kullanıcıdan istenmektedir. Alınan verilere göre bulunan sonucun yorumu kullanıcıya sonuç bölümünde gösterilmektedir. Kaydet butonu ile excel sayfasına kayıt etme, Değerleri temizle butonu ile yeni hesaplama yapılmasını sağlamaktadır. Program ekran görüntüsü aşağıda verilmiştir.

Şekil 4.2: LMM-ZS Hesaplama Excel Programı

#### 4.1.3. RWL Yöntemi Excel Hesaplama Aracı

Kullanıcıdan Yaş, Çalışma Süresi, Dikey Mesafe, Yatay Mesafe, Yükün aldığı yol, Frekans, Tutma Faktörü, Dönme Açısı, Cinsiyet bilgileri isteniyor. Bu bilgilere göre en fazla önerilen ağırlığı kullanıcıya sunmaktadır. İstenilen bilgilerin açıklamaları program ekranında seçeneklerin üstlerini gelindikçe yardımcı olacak şekilde yenilenmektedir. Programdan çıkan sonuçta kaldırılan cismin ağırlığı önerilen ağırlık tan fazla ise operasyonun iyileştirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Program ekran görüntüsü aşağıda verilmiştir.

Şekil 4.3: RWL Hesaplama Excel Programı

#### 4.1.4. Revised NIOSH Hesaplama Aracı

Revised NIOSH Kaldırma indeksi hesaplama aracı RWL Yöntemindeki bilgilere göre çalışmaktadır. LC Yük Sabiti olarak 23 kilogram alınmaktadır. Bu yöntemde NIOSH tarafından yayınlanan çözüm adımlarına göre yükün ve operatörün ilk andaki Dikey Konumu, Yatay Konumu, Asimetri Açısı, Tutma Faktörü ve ortak değer olan Frekans değerleri girildikten sonra son konum için aynı bilgiler girilir. Bu bilgilere göre hesaplanan izin verilebilir maksimum yük hangi konumda daha düşük ise ona göre işlem yapılır. Ve izin verilebilir maksimum yükü kaldırılan ağırlığa böldüğümüzde elde edilen kaldırma indeksi değeri 1'den küçük ise ergonomik koşullar uygun, 1 ile 3 arasında ise ergonomik koşullar iyileştirilmelidir. Eğer 3'den büyükse acil önlem alınmalıdır şeklinde değerlendirilmektedir. Program ekran görüntüsü aşağıda verilmiştir.

Şekil 4.4: NIOSH Kaldırma İndeksi Hesabi Excel Programı

#### 4.2. Risk Haritalandırma Yazılımı

Yapılmış olunan programın yapımında MS Access yazılımını kullanılmıştır. Yazılımın yapımında sorgular, tablolar, makrolar, moduller aktif olarak kullanılmıştır. Yazılıma girişte kullanıcı adı ve şifre ekranı gelmektedir. Şifresi belirli olan admin şifre ile girişini yapmaktadır. Bu giriş ekranı şekil 4.6 da gösterilmiştir.

Şekil 4.6: Kullanıcı Giriş Ekranı

Girişini yapan kullanıcının karşısına gelen ekranda Ana Giriş Formu gelmektedir. Bu form Şekil 4.7 de gösterilmiştir. Bu Formda kullanıcı hangi fabrika için işlem yapacak ise o fabrikanın ismine tıklamalıdır.

Eğer giriş yapan kullanıcı yetkili ise ve yeni bir kullanıcı ekleme istiyorsa Kullanıcı Oluştur butonuna tıklamalı ve açılan formda gerekli bilgileri girerek ve yetkilendirmesini ayarlayarak yeni kullanıcıyı kaydetmelidir. Yeni kullanıcı kayıt formu Şekil 4.8 de gösterilmiştir.



Şekil 4.7: Ana Giriş Formu

Şekil 4.8: Yeni Kullanıcı Kayıt Formu

Şekil 4.7 deki formdan çalışma kapsamına alınan alan yani FABRİKA A butonuna tıklayarak kullanıcı tarafında hatların gösterilmiş olduğu form açılacaktır. Form Şekil 4.9 da gösterilmiştir.

Şekil 4.9: Hat Formu

HAT 2 butonuna tıklayarak kullanıcı Yönlendirme formuna gelecektir. Bu form Şekil 4.10 da görülmektedir. Bu formda Ergonomi ve İş Sağlığı ve Güvenliği modülü bulunmaktadır. Ayrıca Hattın Ergonomi ve İş Sağlığı Güvenliği risk haritasını açacak olan Layout butonu bulunmaktadır. Yönlendirme

formu olan bu form üzerinden kullanıcılar bütün işlemlere yönlendirilmektedir.

Şekil 4.10: Ergonomi İSG Layout Formu

Yönlendirme Ara formunda İSG butonuna tıklayarak kullanıcının karşısına Şekil 4.11 de gösterilmiş olan form gelmektedir. Bu form üzerinden kullanıcı Tarihlere, Onay Durumuna, Risk değerlerine göre sorgu yapabilmektedir.

Yeni kayıt yapmak veya yapılmış olan form üzerinde düzenleme yapmak isteyen kullanıcıda aynı form üzerinden Formu düzenle ve yeni kayıt butonu ile işlem yapabilmektedir.

Şekil 4.11: İSG Formu

İş Sağlığı ve Güvenliği modulünde Form düzenleme ve yeni kayıt butonuna tıklayarak kullanıcının karşısına ise Şekil 4.12 te görülen Risk Analiz Formu gelmektedir. Bu formda OPERASYON No, Bölüm(Fabrika), Hat, İstasyon, Tezgah, Operasyon v.b bilgiler kullanıcıdan istenmektedir. Kullanıcı yeni bir kayıt yapacak ise bütün bilgileri eksiksiz girmelidir. Eğer kullanıcı eski bilgileri düzenleme amacı ile girdiyse sadece OPERASYON No girmesi yeterli olacaktır, OPERASYON No giren kullanıcı Verileri

Getir butonuna tıkladığında form otomatik olarak OPERASYON No bilgilerine göre dolacaktır. Düzenleme yapılmak istenen bölüm düzenlendikten sonra kaydet butonu ile kayıtlı tamamlayabilir. Ayrıca Kayıtlı silmek isteyen kullanıcı ise Kayıt sil butonu ile kayıtlı silebilmektedir.

Şekil 4.12: İSG Düzenleme ve Yeni Kayıt Formu

İş Sağlığı ve Güvenliği modülü tarihlere göre sorgulama butonuna tıklayan kullanıcı Şekil 4.13 de gösterilmiş olan form ile karşılaşacaktır. Bu formda Tespit, Hedef ve Kontrol tarih aralığına göre sorgular yapabilecektir ve bu aralıkta bulunan operasyonlar listelenecektir. Listelenen bu operasyonlardan formu görüntülenmek istenen operasyonun üzerine tıklayarak operasyonun formunu görüntüleyebilmektedir.

Şekil 4.13: İSG Tarihe Göre Sorgulama Formu

İş Sağlığı ve Güvenliği Modülü üzerinden Risk değerlerine göre sorgulama butonuna tıklayan kullanıcı Şekil 4.14 de görülen formu açacaktır. Bu formda İlk durum ve Son durum risk değer aralıklarına

göre sorgu yapabilmektedir. Risk değerlerine göre yapılan sorgu sonucunda aralıkta olan operasyonlar listelenmektedir. Listelenen operasyonlardan tıklanılan operasyonun formu görüntülenecektir.

Şekil 4.14: İSG Risk Değerlerine Göre Sorgulama Formu

Şekil 4.10 da görülen Yönlendirme Formunda kullanıcı Ergonomi butonuna tıkladığında Şekil 4.15 de bulunan form ile karşılaşacaktır. Kullanıcı bu form ile Ergonomi Risk Analizi formunu görüntüleyebilir. Sue Rodgers Formları butonuna tıkladığında Şekil 4.16 daki form açılacaktır. Ya da Risk değerlerine göre sorgu butonuna tıklayarak belirli bir değerdeki riskleri sırayabilecektir.

Şekil 4.15: Ergonomi Formu

Şekil 4.16: Sue Rodgers Formu

Şekil 4.16 da bulunan formu gören kullanıcı bu form üzerinden yeni bir kayıt ekleyebilir, bulunan kaydı düzenleyebilir veya kayıt silebilir bu form aracılığı ile var olan bir kayıt düzenlenmek istenir ise form üzerinde bölüm, hat, istasyon, operasyon bilgilerinin seçerek Verileri Getir butonuna tıklaması yeterli olacaktır.

Şekil 4.17: Risk Değerleri Görüntüleme Formu

Eğer kullanıcı Şekil 4.15 de görülen formdan Risk Değerlerine göre sorgulama butonuna tıklar ise Şekil 4.17 de görülen form ile karşılaşacaktır.

Bu form üzerinde risk değeri bilgisini seçerek kullanıcı istediği risk değerindeki operasyonları görüntüleyebilecektir. Görüntülenen operasyon üzerine tıklayarak ise operasyonun formunu açacaktır.

Şekil 4.18: Layout Formu

Kullanıcı Şekil 4.10 da görülen Yönlendirme formunda Layout butonuna tıkladığında Şekil 4.18 de bulunan ve hattan şeklinde bulunan form bilgileri otomatik olarak dolmuş bir şekilde gelecektir. Ve kullanıcı istediği istasyonun Ergonomi veya İş Sağlığı Güvenliği risklerini derecelerine göre görebilecektir. Sonuçta oluşturulan Ergonomi ve İş Sağlığı ve Güvenliği risk haritası Şekil 4.18 de bulunan formda oluşmuş olacaktır.

## 5. Sonuç Ve Öneriler

Proje kapsamında yapmış olduğumuz MS Excel VBA tabanındaki hesaplama yazılımları kullanımı kolay ve bütün çalışanlardan tarafından rahat kullanılacak yazılımlardır. Access tabanında yapılmış olan Risk Haritalandırma yazılımı ise operasyonları gözlemleyen çalışandan bölüm yöneticisine kadar bütün bilgi hiyerarşisi içerisindeki kişilerin kolayca kullanabileceği ve ulaşabileceğini bir yazılım olmuştur. Bu yazılımın asıl faydası işletmenin İş Sağlığı ve Güvenliği ve Ergonomi Risk durumlarını bir yazılım içerisinde toplaması ve yönetimin bu konularda yatırıma teşvikin artırılmasıdır. Günümüzde özellikle ergonomi için ayrılan kaynaklar çok az olması çalışanların meslek hastalıklarına yakalanmalarının önünde gelmektedir. Bu yazılım üretim sektörü için oluşturulmuş olsa da ilerleyen zamanlarda bu ve benzeri yazılımların artmasına ön ayak olması temel atması açısından önem arz etmektedir. Yapılan Excel VBA tabanlı yazılımların dünya üzerinde örnekleri bulunmakta fakat özellikle BAUA yöntemlerin basitleştirilmiş yazılımları bulunmamaktadır. Proje kapsamında Excel ve Access yazılımlarının kullanılması bütün işletmeler tarafından rahat kullanım sağlayacaktır ve yazılım desteğine fazladan ücret ödemek zorunda

kalmayacaktır. Şu an ülkemiz genelinde kâğıt üzerinden yürütülen bu işler bazen zaman kaybı bazen maliyet olarak karşımıza çıkmaktadır. Yazılımlar üzerinden işlemlerin yapılması hata oranını azalttığı gibi kâğıt israfını da engellemiş olacaktır. Ülkemizde özellikle İş Sağlığı ve Güvenliği önlemlerinin artırılmasında temel oluşturabilir ve ergonominin biraz da olsa göz önüne gelmesini sağlayabilir.

## Teşekkür

Bu çalışma kapsamında değerli bilgi ve deneyimlerini bize aktararak proje boyunca desteğini esirgemeyen Sayın Öğr.Grv.Dr. Mümtaz ERDEM hocamıza ve çalışmalarımız sırasında her türlü destekte bulunan Sayın Mustafa DEMİREL'e teşekkür ederiz.

## 6. Çıkar Çatışması/ Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors

## 7. Kaynaklar

Akay, D., Dağdeviren, M., & Kurt, M. (2003). Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 73-84.

Aslanhan, B. (Tem,2004). Mesleki Bel Ağrılarında Niosh Kaldırma Eşiti Ve Bir Uygulama Örneği. Türk Tabipler Birliği Mesleki Sağlık Ve Güvenlik Dergisi, 23-27.

Ayanoğlu, C. (Ocak, 2009). Bir Sanayi İşletmesinde Ergonomik Risk Değerlendirme Uygulaması. İş Sağlığı Ve Güvenliği Dergisi, 33-45.

Camkurt, M. Z. (Mayıs, 2007). İşyeri Çalışma Sistemi Ve İşyeri Fiziksel Faktörlerinin İş Kazaları Üzerindeki Etkisi. Tühis İş Hukuku Ve İktisat Dergisi, 80-106.

Cengiz, T. G., & Kotanak Pişkin, K. (27-29 Eylül 2013). Otomobil Koltuğu Kılıfı İmalatı Yapılan Bir Firmada Rwl, Reba Ve Rula Yöntemleri Kullanılarak Yapılan Yük Kaldırma Analizleri. 19.Ulusal Ergonomi Kongresi (S. 332- 342). Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü & Türk Ergonomi Derneği.

Ceylan, H., & Başhelvacı, V. S. (Haziran, 2011). Risk Değerlendirme Tablosu Yöntemi İle Risk Analizi : Bir Uygulama. International Journal Of Engineering Research And Development, 25-33.

Ekşioğlu, M. (Mart, 2009). İyi Ergonomi İyi Ekonomidir. Makina Mühendisleri Odası Bülteni Dergisi, 22-25.

Esen, H., & Fığlalı, N. (2013). Çalışma Duruşu Analiz Yöntemleri Ve Çalışma Duruşunun Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıklarına Etkileri. Saü.Fen Bilimler Dergisi, 41-51.

Günaydın, İ., & Kumru, P. Y. (Haziran, 2012). Ergonomik Risk Analizi Ve Lastik Sektöründe Uygulanması. Yöneylem Araştırması Ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi - Yaem, 1-10.

Gürsoy, S., Gönültaş, E., & Ekşioğlu, M. (2005). Tekstil Endüstrisinde Bir İş İstasyonunun Ergonomik Analizi. 11.Ulusal Ergonomi Kongresi (S. 123-130). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.

Koltan, A. (Nisan, 2007 ). Mesleki Kas İskelet Sistemi Hastalıklarını Önlemede Bir Ergonomik Yaklaşım Modeli. İş Sağlığı Ve Güvenliği Dergisi, 37-55.

Özcan, E. (21-23 Nisan 2011). İş Yerlerinde Ergonomik Risklerin Değerlendirilmesi Ve Hızlı Maruziyet Değerlendirme Yöntemi. Mühendis Ve Makina, 86-89.

Özel, E., & Çetlik, O. (2010). Mesleki Görevlerin Ergonomik Analizinde Kullanılan Araçlar. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 41-56.

Susmuş, M. T. (2012). Elle Taşıma İşleri Yönetmeliği Kapsamındaki İşlerde Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemlerine Bakış. 18. Ulusal Ergonomi Kongresi (S. 121-130). Gaziantep: Gaziantep Üniversitesi.

Ülker, O., & Erdem, H. E. (Ekim,2011). Bir Mobilya Fabrikasında Çalışanların Makinalara Yatay Ve Dikey Şekilde Parça Taşımından Dolayı Kaynaklanan Zorlanmaların Engellenmesi Ve Çalışma Verimliliğini Arttırıcı Yöntem Seçimi. 17.Ulusal Ergonomi Kongresi (S. 390-399). Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.

<http://6331sayilikanun.com/is-guvenligi/31matris-yontemi-17.html>