



POLİTEKNİK DERGİSİ

*JOURNAL of POLYTECHNIC*

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>



# Bir döküm atölyesindeki çalışma duruşlarının dijital insan modelleme tabanlı REBA yöntemi ile ergonomik analizi

*Ergonomic analysis of working postures in a foundry workshop by digital human modeling based reba method*

Yazar(lar) (Author(s)): Fulya ERDEMİR<sup>1</sup>, Cengiz ELDEM<sup>2</sup>

ORCID<sup>1</sup>: 0000-0002-1383-6857

ORCID<sup>2</sup>: 0000-0001-6652-7452

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Erdemir F., Eldem C., “Bir döküm atölyesindeki çalışma duruşlarının dijital insan modelleme tabanlı REBA yöntemi ile ergonomik analizi”, *Politeknik Dergisi*, 23(2): 435-443, (2020).

**Erişim linki (To link to this article):** <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

**DOI:** 10.2339/politeknik.534877

# Bir Döküm Atölyesindeki Çalışma Duruşlarının Dijital İnsan Modelleme Tabanlı REBA Yöntemi ile Ergonomik Analizi

*Araştırma Makalesi / Research Article*

**Fulya ERDEMİR<sup>1\*</sup>, Cengiz ELDEM<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

(Geliş/Received : 03.03.2019 ; Kabul/Accepted : 27.05.2019)

## ÖZ

Üretim miktarı ve üretim kalitesi çalışanların performans düzeyleri ile doğrudan ilişkilidir. Uygun olmayan çalışma ortamları ve çalışma duruşları çalışan performansında dikkate değer miktarda düşüslere sebep olmaktadır. Bununla birlikte uygun olmayan çalışma duruşları beraberlerinde kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarını getirmektedir. Ergonomi bilimi oluşan bu etkilerin risklerini çeşitli yöntemlerle değerlendirmekte ve çözümler sunmaktadır. Bu çalışma kapsamında CATIA V5 yazılımında bulunan Dijital İnsan Modelleme (DİM) simülasyonu kullanılarak bir döküm fabrikasındaki pota hazırlama sürecinin duruş ve pozisyon analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen duruş ve pozisyonların açı değerleri kullanılarak Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme (REBA) metoduyla oluşabilecek kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları riski değerlendirilmiştir. Sonuçta gerekli iyileştirmeler yapılarak çözüm önerileri sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ergonomi, Dijital İnsan Modelleme (DİM), REBA yöntemi, CATIA.

## Ergonomic Analysis of Working Postures in a Foundry Workshop by Digital Human Modeling Based REBA Method

### ABSTRACT

Production amount and production quality are directly related to employees' performance levels. Improper working environments and working postures lead to significant decreases in employee performance. At the same time improper working postures may cause musculoskeletal disorders. Ergonomics science evaluates the risks of these effects in various ways and provides solutions. In this study, the posture and position analysis of the crucible preparation process in a foundry factory was performed by using digital human modeling (DHM) and simulation in CATIA V5 software. Using the obtained posture and position angle values, the risk of musculoskeletal system disorders which can be formed by Rapid Entire Body Assessment (REBA) method was evaluated. As a result, necessary improvements were made and solution suggestions were presented.

**Keywords:** Ergonomics, Digital Human Modeling (DHM), REBA method, CATIA.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Teknoloji de meydana gelen gelişmeler ile birlikte iş sağlığı ve güvenliği konuları daha ayrıntılı bir biçimde ele alınmaya başlanmıştır. Dünyadaki iş gücü ve iş ile ilgili problemler incelendiğinde iş ile ilgili ölümlerde iş kazalarının yanı sıra meslek hastalıkları ile meydana gelen ölümlerin azımsanmayacak boyutlarda olduğu görülmektedir. Meslek hastalıkları 5510 sayılı Sosyal Güvenlik ve Genel Sağlık Sigortası Kanununun 14. maddesinde "Sigortalının çalıştığı işin niteliğine göre tekrarlanan bir sebeple ya da işin yürütüm şartları yüzünden uğradığı geçici veya sürekli hastalık, sakatlık veya ruhi arıza halleridir" olarak tanımlanmaktadır [1]. Neredeyse tamamı önlenilebilir meslek hastalıklarının, fiziksel, kimyasal, ve biyolojik risk etmenleri, tozlar ve

ergonomik risk etmenleri şeklinde sınıflandırmak mümkündür [2]. Ergonomik risk etmenleri; uzun çalışma süreleri, çalışma duruş bozuklukları, zorlayıcı iş akışı ve ergonomik olmayan ekipman kullanılması ile ortaya çıkmaktadır. Ergonomi bilimi, işin insanın antropometrik ölçülerine, bedensel gücüne ve kişisel özelliklerine uygun olarak tasarlanmasını ve bunların yanında kullanılan ekipmanların insan yeteneklerine uygun hale getirilmesini sağlayarak yapılan işte insanın daha verimli ve sağlıklı olmasını hedeflemektedir [3]. Vücudun, başın, gövdenin, kol ve bacakların işin özelliklerine göre konumlanması olarak tanımlanan çalışma duruşu, ergonomik açıdan ilgilenilen önemli konulardan biridir [4]. Günde 2 saatten fazla belli bir süreyle ya eğilerek çalışmak, ayaklara destek vermeden oturmak gibi uygun olmayan duruşlar, kas ve eklemlere baskı yaparak kas ve iskelet sistemini zorlar. İş yerinde görülen ergonomik rahatsızlıkların başında kas ve iskelet sistemi

\*Sorumlu Yazar (Corresponding author)  
e-posta : erdemirfulya@gmail.com

rahatsızlıkları gelmektedir [5]. Bu rahatsızlıklar için fiziksel şartlarının çalışanların fiziksel şartları ile uyumlu olmadığı zamanlar ortaya çıkmaktadır. Karşılaşılan bu rahatsızlıkları önlemek ve iş yerinde verimliliği artırmak için birçok metod kullanılmaktadır. Vücudun tüm kısımlarının analiz edilmesine imkân sağlayan REBA (Rapid Entire Body Assessment) yöntemi bu metotlardan biridir. REBA yöntemi, ergonomik iş yükünün bir parçası olarak çalışma pozisyonlarıyla ilişkili risklerin ölçülmesini ve değerlendirilmesini kolaylaştırmak için kullanılan yaygın bir araçtır. İ. Şahin ve arkadaşları, çalışmalarında otomatik kollu bariyerlerin montajı esnasındaki duruş analizini CATIA Dijital İnsan Modelleme aracını kullanarak gerçekleştirmiştir. Elde edilen verileri REBA metodu ile birlikte kullanarak bariyer kasası içerisinde bulunan civataların sıkılması sırasında ergonomik riskin çok yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır. Montaj riskinde meydana gelen probleme çözümler önermişlerdir [6]. H. Atıcı ve arkadaşları, otomotiv sektöründe kablo üretimi yapan bir işletmede uygun olmayan çalışma pozisyonlarının iyileştirilmesi amacıyla REBA analizi gerçekleştirmişlerdir. Yapılan analiz sonucu kablo demetleme konveyör hattında çalışan bireylerin boylarının birbirlerinden farklı olduğunu fakat montaj masa yüksekliklerinin sabit olması sebebiyle işlem sırasında çalışanlarda iskelet ve kas sistemlerinde zorlanmalar meydana geldiğini gözlemlemiştir. Yapılan çalışma ile yeni bir hat tasarımı önerilerek probleme çözüm üretilmeye çalışılmıştır [7]. H. Sağıroğlu ve arkadaşları, çalışmalarında bir kompresör fabrikasında bulunan üretim hattındaki 10 adet iş istasyonunu incelemiş ve REBA yöntemi ile iş istasyonlarında ergonomik açıdan risk analizi gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda, krank sepetinin yerinin ve açısının değiştirilmesi, operatörün koltuk yüksekliğinin ayarlanması, fazla yüklerin olduğu istasyonlara taşınması amacı ile vakumlu pergel vinç alınması ve pozisyonlanabilir kaldırma aracının alınması gibi parametrelerde iyileştirme yapılarak ergonomik riskler azaltılmıştır [8]. S. Koç ve Ö. M. Testik, mobilya sektöründe yaşanan kas ve iskelet sistemi risklerini REBA, OWAS (Ovako Çalışma Duruş Değerlendirme Sistemi), QEC (Hızlı Maruziyet Değerlendirme) ve ManTRA (Elle Yapılan Görevler için Risk Değerlendirme Aracı) olmak üzere dört yöntem kullanarak analiz etmiş ve iyileştirmek için önerilerde bulunmuşur [9]. E. Atasoy Mert, tez çalışmasında PLİBEL (kas-iskelet sistemi stres faktörlerinin zararlı etkileri tanımlama yöntemi), OWAS, REBA, QEC ve ManTRA ergonomik risk yöntemlerini birbiriyle karşılaştırmış ve bir çanta imalat atölyesinde meydana gelen risklere çözüm getirmeye çalışmıştır [10]. Kütük hasadı, geleneksel ormancılık çalışmaları içerisinde en zor fiziksel iş türlerinden biri olarak kabul edilir. K. Enez ve S. S. Nalbantoğlu, Ankara ilinde ormancılıkta çalışan 58 hasat işçisinin kütük açma, kayma ve yükleme gibi farklı özelliklere sahip ormancılıkta yapılan çalışmalar sırasında gerçekleşen duruş pozisyonlarını OWAS ve REBA metotları ile değerlendirmiştir. İş aşamalarının risk kategorilerindeki farklılığı REBA'ya göre

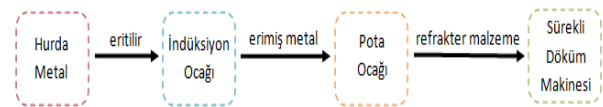
istatistiksel olarak anlamlıyken, OWAS kütük kaydına ve kaymaya göre aynı risk kategorisine girdiği görülmüştür [11].



Şekil 1. Pota ocağı (Ladle furnace) [12]

Yapılan çalışmalar incelendiğinde genel olarak REBA yönteminin diğer ergonomik analiz yöntemleri ile kıyaslandığı ve nispeten endüstriyel problemlere uygulandığı görülmektedir. Endüstriyel problemlere uygulamada CATIA V5 dijital insan modelleme aracı ile birleştirilerek yapılan çalışmaların az ve eksik olduğu sonucuna varılmıştır. Endüstriyel bir problem ele alınarak ergonomik açıdan analizi yapılmış ve probleme çözüm önerisi sunulmuştur.

Çalışma kapsamında bir metal döküm fabrikasında döküm prosesinde meydana gelen çalışma duruş problemi analiz edilmektedir. Bu bağlamda metal döküm prosesinden kısaca bahsedecek olursak, proses kalıbın hazırlanmasıyla başlamaktadır. Gerekli olan malzemenin tersi olacak biçimde şekillendirilerek hazırlanan kalıpların yapımında, refrakter malzemeler kullanılmaktadır. Refrakter malzeme, metal bir fırında eriyene kadar ısıtılmakta ve eriyen metal potalardan kalıplara dökülmektedir. Ergimiş metal oyuğun şeklini alıncaya kadar oyuğun içinde kalan metal malzemenin, kalıptan sökümü ile işlem tamamlanmaktadır [13]. Çelik, dökme demir, alüminyum gibi malzemelerden dökülerek parça üretmek için, bu metallerin eritilmesi ve önceden hazırlanan kalıplara dökülmesi gerekir. Ergitme işlemi yapabilmek için döküm ocaklarına ihtiyaç vardır. Bu ocak çeşitlerinden biri de Şekil 1 de gösterilen ergitme işleminin yapıldığı pota ocaklarıdır. Pota ocakları, içi ateşe dayanıklı tuğla ile örülmüş ve tuğla üzerleri özel harçla kaplanmış silindirik yapıdaki elemanlardır [14]. Fabrikadaki döküm sürecinde hurda metal, indüksiyon ocağında eritilip pota ocaklarına gitmektedir. Pota ocağından çıkan refrakter malzemenin sürekli döküm makinesine gitmesi ile işlem tamamlanmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Döküm iş akış diyagramı (Casting flow-process diagram)

Erimiş metal potaya dökülmeden önce pota hazırlama sürecinden geçmektedir. Burada pota alt kısmında bulunan ve çoğunlukla Helyum soygazı kullanılarak pota içinde gaz sirkülasyonu oluşturup hem erimiş metalin karışması hem de her tarafın eşit sıcaklığa gelmesini sağlayan gaz tapası mevcuttur (Şekil 3).



Şekil 3. Gaz tapası (Gas connection)

Hazırlık aşamasında bu gaz tapasının etrafındaki refrakter malzeme kırılarak işlemin tekrarlanması sağlanmaktadır. Yapılan çalışma ile Şekil 4 de görülen işlemi gerçekleştiren işçinin duruş pozisyonunun risk değerlendirmesi ve analizi gerçekleştirilmektedir. Kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının oluşmasında ergonomik açıdan iki etmen bulunur. Bunlardan biri işin, insana uygun olmadığı durumlardır, bir diğeri ise insanın işe uygun olmadığı durumlardır.

Çalışma kapsamında işin insana uygun olmadığı ergonomik problem ele alınmaktadır. CATIA V5 yazılımında bulunan Dijital İnsan Modelleme aracı ile çalışan elemanın duruş pozisyonu modellenmiştir. Model ile çalışma pozisyon açıları elde edilerek REBA yönteminde kullanılmıştır. Sonuç kısmında elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

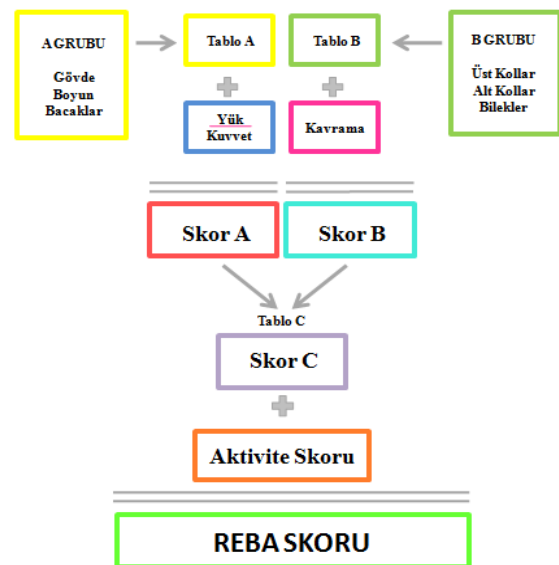


Şekil 4. Pota hazırlama işlemi (Ladle preparation)

## 2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

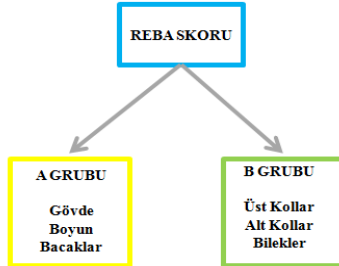
Bu çalışma kapsamında metal döküm endüstrisinde bir fabrikada karşılaşılan ergonomik bir problem ele alınmıştır. REBA yöntemi kullanılarak ergonomik riskler değerlendirilmiş ve çözüm üretilmeye çalışılmıştır. REBA yöntemi uygulanırken CATIA V5 yazılımı kullanılarak çalışma koşulları simüle edilmiş ve çalışanın duruş pozisyon açıları elde edilmiştir.

Çalışma duruşlarının analizinde REBA, RULA, OWAS, vb. yöntemler kullanılarak, yapılan işlerde meydana gelen kas ve iskelet sistemi risk değerlendirmeleri gerçekleştirilir. Bu yöntemlerin bir kısmı oldukça detaylı bir analiz imkanı sunmasına rağmen yalnızca bir veya birkaç iş kolu için uygundur [15]. Diğer bir kısmı çok fazla sayıda iş koluna uygulanabilmesine rağmen detaylı bir analiz imkanı sunmaz. Çalışma duruş analizi yapan ve bu dezavantajlara sahip olmayan REBA (Rapid Entire Body Assessment) Yöntemi, S. Hignett ve L. McAtamney tarafından 1995 yılında geliştirilmiştir [16]. Yöntem, çalışma duruşlarını sayısal olarak elde etmeyi sağlamaktadır. Çalışan vücudunu A ve B grubu olarak ikiye ayırmaktadır. Çalışan eklem hareketlerine bağlı açıları 1 ile 15 arasında sayısal verilere dönüştürerek ergonomik açıdan risk değerlendirmelerinde bulunmaktadır. Şekil 5 de şematize edilen REBA yöntemi, özellikle sağlık ve diğer hizmet sektörlerinde bulunan öngörülemez çalışma vücut duruşları tiplerine duyarlı olması amacıyla tasarlanmış bir uygulama yöntemidir [10]. REBA yöntemi, bir çalışma duruşu esnasında gövdede, boyunda, bacaklarda, üst kollarda, alt kollarda ve bileklerde ortaya çıkan fleksiyon (eklem bükme hareketi) ve ekstansiyonlara (eklem germe hareketi) bağlı çalışanın maruz kaldığı yüklerle karşılık olarak 1 ile 15 arasında değişen bir skor belirlemektedir. Bu sayede analiz edilmek istenen duruş ve hareket sayısal olarak elde edilmiş olur.



Şekil 5. REBA yöntemi akış şeması (REBA method flow chart)

Bu yöntemle göre, bir çalışma duruşunun REBA skoru belirlenirken öncelikle vücut kısımları, A ve B Grubu olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil 6). A grubunu oluşturan uzuvlar gövde, boyun ve bacaklardır. B grubu ise üst kollar, alt kollar ve bileklerden meydana gelmektedir. REBA metoduna göre sağ ve sol uzuvlar aynı zaman için değerlendirilmektedir.



Şekil 6. REBA yöntemi skor belirleme (REBA method score determination)

Çalışan duruş pozisyonuna göre gövde, boyun ve bacakların ayrı skorları belirlenmektedir (Şekil 7). Çizelge 1'de gösterilen A tablosu yardımıyla bu skorların kombinasyonundan oluşan bir skor ile duruş açıları sayısal bir biçime dönüştürülmektedir.

Çizelge 1. REBA yöntemi A tablosu (REBA method A table)

TABLO A	Boyun												
	1				2				3				
	Bacaklar				Bacaklar				Bacaklar				
Gövde	1	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

#### Gövde

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



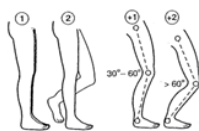
#### Boyun

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



#### Bacaklar

Hareket	Skor	Skor Değişimi
Bilateral (iki taraflı) ağırlık taşıma, yürüme veya oturma	1	Diz(ler)de 30°-60° arası fleksiyon +1
Unilateral (tek taraflı) ağırlık taşıma veya sabit olmayan duruş	2	Diz(ler)de >60° fleksiyon (oturma hariç) +2



Şekil 7. A grubu skor belirleme şablonu (Group A score determination template)

A grubuna ait sayısal dönüşümler elde edildikten sonra Yük/Kuvvet skoru eklenerek bir A Skoru elde edilmektedir. Çizelge 2 ile Yük/Kuvvet tablosu sunulmuştur.

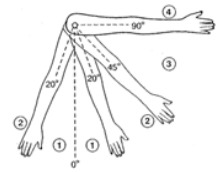
Çizelge 2. Yük/Kuvvet skoru tablosu (Load / Force score table)

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

A grubu sayısal değerleri elde edildikten sonra B grubunda bulunan uzuvlar değerlendirilir. Şekil 8 de gösterildiği gibi duruş pozisyonuna göre üst kol, alt kol ve bileklerin ayrı skorları belirlenmektedir.

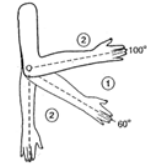
#### Üst Kollar

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



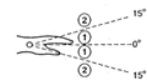
#### Alt Kollar

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



#### Bilekler

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



Şekil 8. B grubu skor belirleme şablonu (Group B score determination template)

Çalışan bireyin duruş açısına ait skorlar Şekil 8 kullanılarak elde edildikten sonra Çizelge 3 kullanılarak B tablosu içerisinde incelenmektedir. Belirlenen kol ve bilek açıları skor değerleri tabloda birleştirilerek B grubu skor değerinin ilk aşaması gerçekleştirilmektedir.



Çizelge 3. REBA yöntemi B tablosu (REBA method B table)

TABLO B		Alt Kol					
		1			2		
		Bilek			Bilek		
Üst Kol	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

İkinci aşama olarak Çizelge 4 de sunulan kavrama skor tablosundaki skor değeri de eklenerek B grubu skoru belirlenmektedir.

Çizelge 4. Kavrama skoru tablosu (Grip score table)

Derece	Açıklama	Skor
İyi	İyi bir tutma kolu ve orta şiddette kavrama gücü	0
Uygun	El tutuşu uygun fakat ideal değil veya vücudun başka bir bölgesi ile kavrama uygun	1
Kötü	El tutuşu uygun olmamasına rağmen mümkün	2
Uygun değil	Zor ve güvenli olmayan tutuş, tutma kolu yok Vücudun başka bir bölgesi kullanılarak tutuş uygun değil	3

Şekil 5 de sunulan REBA akış şemasına göre elde edilen A ve B skorları Çizelge 5 de gösterilen C tablosu içerisinde birleştirilmektedir. Böylece yöntemde bulunan C skoru elde edilmektedir.

Çizelge 5. REBA yöntemi C tablosu (REBA method C table)

TABLO C		B SKORU											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A SKORU	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Yapılan iş için uzuv açıları, yük/kuvvet oranları ve kavrama durumları çalışan birey için ayrıntılı incelenmiştir. Yapılan işin hareketli ya da sabit bir iş olduğu hakkında bilgi eksikliği mevcuttur. Elde edilen C skoruna çalışan bireyin aktivite skoru eklenerek bu eksiklik giderilmektedir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Aktivite skoru tablosu (Activity score table)

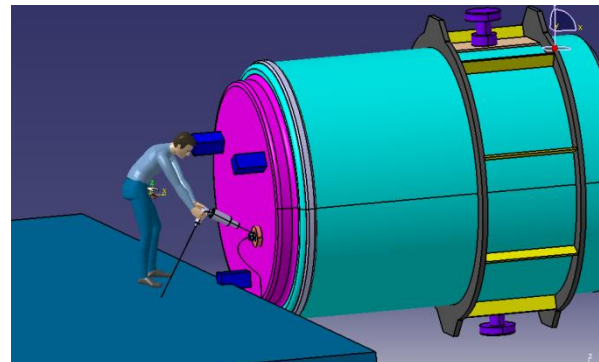
AKTİVİTE	SKOR
Bir veya daha fazla vücut bölgesi sabit (ör: 1 dakikadan uzun süre tutma)	+1
Kısa aralıklarla tekrar eden işler (ör: 1 dakikada 4'ten fazla tekrar eden iş) (yürüme hariç)	+1
Yapılan iş duruşta hızlı ve büyük değişikliğe neden oluyorsa veya sabit olmayan zeminde çalışılıyorsa	+1

C skoruna aktivite skorunun eklenmesi ile bir REBA skoru elde edilmektedir. Çizelge 7 ile gösterilen REBA risk derecelendirme tablosu kullanılarak elde edilen skor değerlendirilmektedir. REBA risk derecelendirmesi 0-4 arası olmak üzere 5 dereceden oluşmaktadır. Dereceler 1-15 sayısal değerleri ile ayrılmıştır. Elde edilen REBA skoru ile çalışma koşullarının ergonomik risk değerlendirilmesi yapılmaktadır.

Çizelge 7. REBA skoru tablosu (REBA score table)

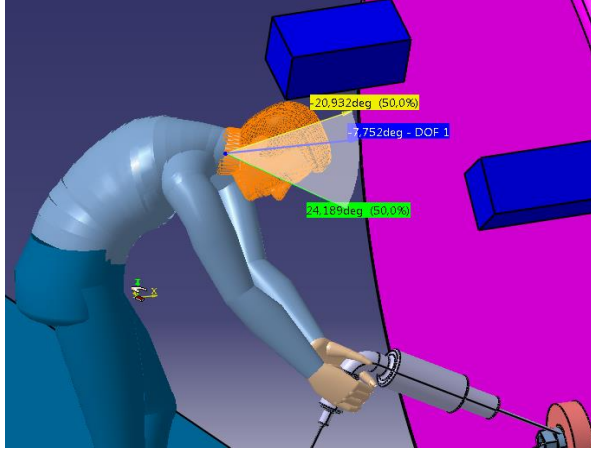
REBA Risk Derecelendirmesi			
Derece	REBA Skoru	Risk Seviyesi	Önlem
0	1	İhmal Edilebilir	Gerekli Değil
1	2-3	Düşük	Gerekli Olabilir
2	4-7	Orta	Gerekli
3	8-10	Yüksek	Kısa Zaman İçinde Gerekli
4	11-15	Çok Yüksek	Hemen Gerekli

Döküm endüstrisinde çalışmakta olan bir birey için Şekil 4 de pota hazırlama işlemi sırasında bulunduğu çalışma pozisyonu gösterilmiştir. Çalışan bu bireye ait çalışma duruşu CATIA V5 yazılımı içerisinde bulunan Dijital İnsan Modelleme aracı kullanılarak modellenmiştir. Öncelikle çalışılan ortamda bulunan pota, hitli ve platform gerçeğe uygun olarak tasarlanmıştır. Tasarımı yapılan elemanlara manken modeli de eklenerek çalışma duruşu simüle edilmiştir. Oluşturulan çalışma koşulları Şekil 9 ile sunulmuştur.



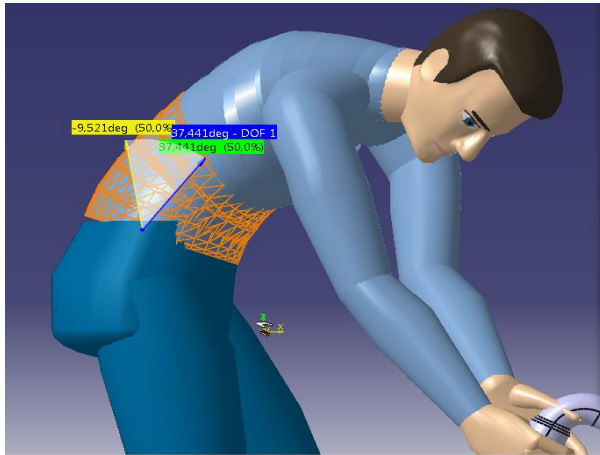
Şekil 9. CATIA V5 programında çizilen mankenin duruşu (The position of the mannequin drawn in CATIA V5 program)

Dijital insan modelleme aracı ile oluşturulan manken kullanılarak çalışan işçinin matematiksel vücut duruş değerleri belirlenmiştir. REBA yöntemine göre A ve B grubu değerleri belirlenmiştir. A grubunda bulunan boyun, gövde ve bacaklar için oluşturulan modelin fleksiyon ve ekstansiyon değerlerine göre puanlama yapılmıştır. Öncelikle Şekil 10 da görüldüğü gibi boyun için veri alınmıştır. Şekil 10 incelendiğinde boyun için yaklaşık 8° fleksiyon ve 20° rotasyon (dönme) mevcut olduğu görülmüştür. Elde edilen bu açısal değerler Şekil 7 deki REBA A skoru belirleme şablonu kullanılarak sayısal değerlere dönüştürülmüştür. Böylece boyun skoru fleksiyon ve dönme olduğu için 1+1 olacaktır.



Şekil 10. Çalışma şartlarında boyun duruş açıları  
(Neck angles in working conditions)

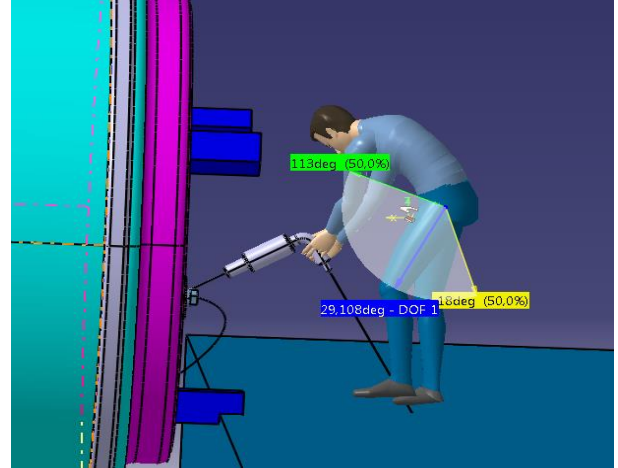
A grubundaki diğer bir eleman gövde için ise Şekil 11 de görüldüğü gibi 37° fleksiyon ve 9,5° rotasyon değerleri mevcuttur. Şekil 7 incelendiğinde fleksiyon ve dönme var olduğu için 3+1 olacak şekilde sayısal değere dönüştürülmüştür.



Şekil 11. Çalışma şartlarında gövde duruş açıları  
(Body posture angles in working conditions)

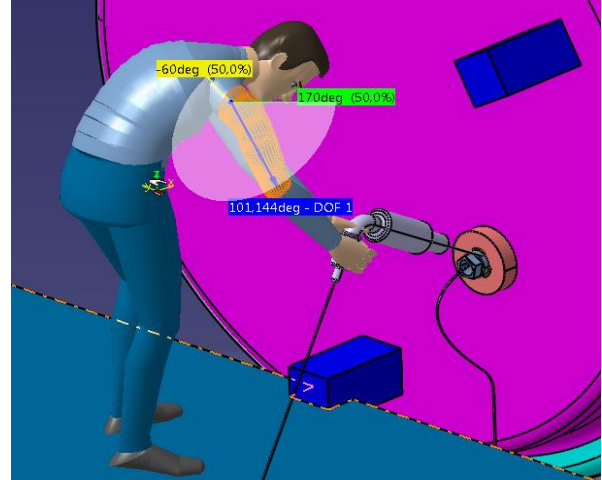
A grubundaki son eleman bacaklar için ise Şekil 12 de görüldüğü gibi 29° fleksiyon mevcuttur. Şekil 7 incelendiğinde yalnızca ağırlık taşınarak bir işlem yapılmakta olduğu için ve skoru değiştirecek herhangi bir

işlem olmadığı için 1 sayısal değerini almıştır. Elde edilen bu verilerle Çizelge 1 deki A tablosu kullanılarak Tablo A değeri 5 olarak elde edilmiştir. Yapılan iş 5-10kg aralığındadır. Bu sebeple Yük/ Kuvvet oranı skor tablosunda yapılan iş için 1 sayısal değeri seçilmiştir. Hitliden dolayı ani ve hızlı kuvvet artışı meydana geldiği için +1 puan daha eklenerek A skoru 7 olarak elde edilmiştir. B grubunda bulunan üst kollar, alt kollar ve bilekler için oluşturulan modelin fleksiyon ve ekstansiyon değerlerine göre puanlama yapılmıştır.



Şekil 12. Çalışma şartlarında bacak duruş açıları  
(Leg posture angles in working conditions)

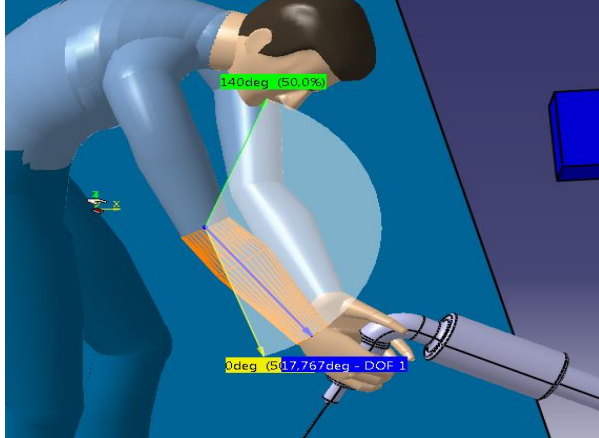
Öncelikle Şekil 13 de görüldüğü gibi üst kol için veri alınmış ve 101° fleksiyon , 170° rotasyon olduğu görülmüştür. Şekil 8 incelendiğinde fleksiyon ve rotasyon var olduğu için üst kol skoru 4+1 olacaktır.



Şekil 13. Çalışma şartlarında üst kol duruş açıları  
(Upper arm posture angles in working conditions)

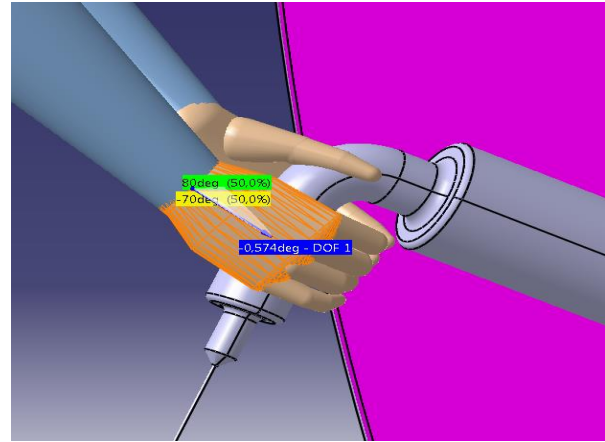
B grubundaki diğer bir eleman olan alt kollar için ise Şekil 14 de görüldüğü gibi 17° fleksiyon mevcuttur. Şekil 8 bulunan REBA B skoru belirleme şablonu kullanılarak alt kol sayısal değerinin 2 olduğu belirlenmiştir. B grubundaki son eleman bilekler için ise Şekil 15 de görüldüğü gibi 0,5° fleksiyon olduğu görülmüştür. Şekil 8

de bulunan şablon tekrar incelendiğinde 0,5° fleksiyon değerinin 1 sayısal değerine karşılık geldiği belirlenmiştir. Elde edilen bu üç değer kullanılarak Çizelge 3 de bulunan B tablosunda birleştirilmiştir. Tablo B değeri için 5 olarak elde edilmiştir. Yapılan iş için el tutuşu uygun değildir. Çizelge 4 incelendiğinde kötü dereceli bir kavrama olmasından kaynaklı kavrama skoru 2 olarak belirlenmiştir. Verilen bu 2 puan daha ekleyerek B skoru 7 elde edilmiştir.



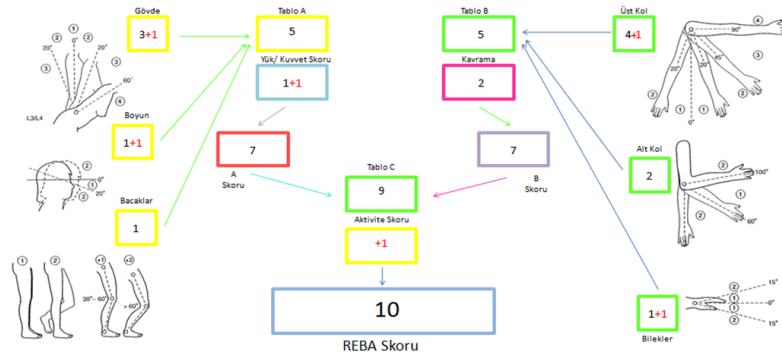
Şekil 14. Çalışma şartlarında alt kol duruş açıları  
(Lower arm posture angles in working conditions)

Bulunan A ve B skorları Çizelge 5 de bulunan C tablosunda birleştirilmiştir. Birleştirme sonucu C skoru 9 olarak elde edilmiştir. REBA yönteminin son adımı olan aktivite skoru da eklenerek işlem tamamlanmıştır.



Şekil 15. Çalışma şartlarında bilek duruş açıları  
(Wrist posture angles in working conditions)

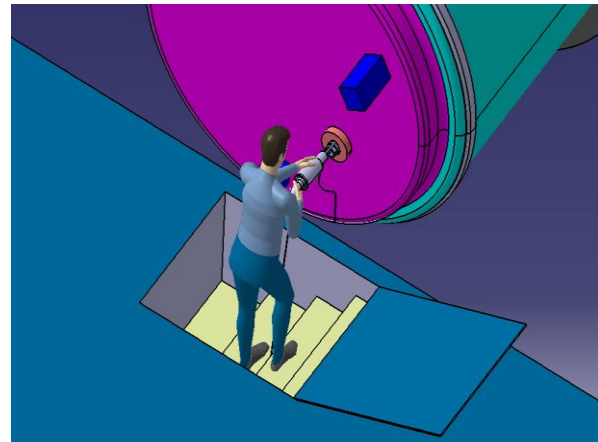
Yapılan iş potanın gelmesiyle başlayan hazırlık evresinde gerçekleştiği için +1 de aktivite skoru eklenmiştir. Böylece sonuç olarak REBA skoru 10 olarak elde edilmiştir (Şekil 16).



Şekil 16. REBA skorunun elde edilmesi (Obtaining the REBA score)

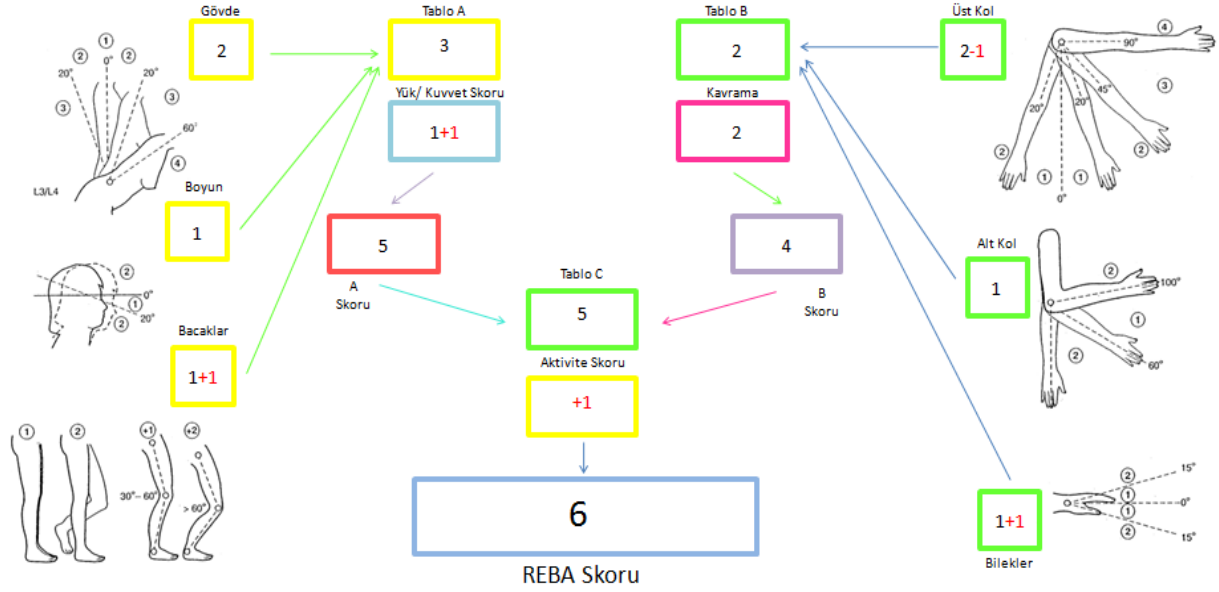
### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Bu çalışmada, döküm endüstrisinde bulunan bir fabrikadaki pota hazırlama aşaması CATIA dijital insan modelleme aracı kullanılarak simüle edilmiştir. REBA yöntemi ile çalışma duruşları için ergonomik analiz gerçekleştirilmiştir. REBA skoru 10 olarak elde edilmiştir. Çizelge 7 incelendiğinde, bu çalışma şartlarında yüksek risk seviyesinde bir çalışma duruşu olduğu sonucuna varılmıştır. Kısa süre içerisinde önlem alınması gerekmektedir. Bu sebeple çalışma koşulları ele alındığında maliyet ve zaman açısından platform üzerinde yapılan değişiklikler ile oluşan risk durumunun düzeltilebileceği sonucuna varılmıştır. Fabrika imkanları da göz önünde bulundurularak Şekil 17 de gösterildiği gibi tasarım işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 17. Tasarımı yenilenen platform (Newly designed platform)





Şekil 18. İyileştirilmiş REBA Skorunun elde edilmesi (Obtaining an improved REBA Score)

Platform üzerinde yapılan değişiklik ile çalışan bireyin duruşu tekrar simüle edilmiştir. Elde edilen REBA skoru Şekil 18 ile gösterilmiştir. Platform üzerinde yapılan değişiklik ile gövde, boyun ve kollara gelen açılar değiştirilerek oluşturulan A ve B skorları azaltılmıştır. Elde edilen yeni değerler kullanılarak Çizelge 5 de birleştirilmiş ve yeni C skoru elde edilmiştir. Aktivite skoru eklenmesi ile yeni REBA skoru elde edilmiştir. REBA skoru 10 değerinden 6 değerine düşürülmüştür. Böylece REBA risk derecelendirmesinde (Çizelge 7) yüksek risk seviyesinde bulunan çalışma duruşu orta seviyeye düşürülmüştür.

Bu çalışmada endüstride bulunan bir döküm fabrikasındaki gerçek bir problem ergonomik açıdan analiz edilerek iyileştirilmiştir. Ergonomik analiz yöntemleri arasında bulunan REBA metodunun uygulanması için CATIA yazılımındaki dijital insan modelleme aracı kullanılarak çalışma duruşları simüle edilmiştir. REBA metodu için kullanılan yazılım aracı ile yöntem hızlı bir şekilde uygulanmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Tasarım değişiklikleri yapıldığında var olan koşullar içerisinde en uygun tasarım çözümü seçilerek oluşan ergonomik riskler azaltılmıştır. Çalışma ile endüstride bulunan gerçek bir probleme teorik bir yöntem ile çözüm üretilmiştir. Yapılan işlemler tasarlanan çözümlerin sonuçlarını simüle etmek için CATIA yazılımı kullanarak zaman ve maliyetten kazanılmıştır. Kullanılan metod ve yapılan işlemler ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Sosyal Sigortalar Ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu (2006), T. C. Resmi Gazete, 5510, 31 Mayıs 2006.
- [2] Ocaktan, M. E. (2014). *Meslek Hastalıklarının Nedenleri*, [Power Point slaytı]. 20 Nisan 2019 tarihinde <http://personeldb.ankara.edu.tr/files/2012/11/MESLE>

[K-HASTALIKLARININ-SEBEPLER% C4% B0.pptx](#) adresinden erişildi.

- [3] Online: <https://www.isgnedir.com/ergonomi-nedir/> [Erişildi: 10 Mayıs 2018].
- [4] Enez K., ve Nalbantoğlu S. S., "Reba Yönteminin Ormancılık Faaliyetleri Açısından Değerlendirilmesi", *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 3(3), ÖS:Ergonomi2015: 127-131, (2015).
- [5] Akay D., Dağdeviren M., ve Kurt M., "Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi" *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(3): 73-84, (2003).
- [6] Şahin İ., Eldem C., Kalyon S. A., ve Gökçe H., "Dijital İnsan Modelleme Tabanlı Ergonomik Analiz: Otomatik Kollu Bariyer Örneği", *International Congress on New Trends in Science, Engineering and Technology (ICONTRENDS)*, Barcelona / SPAIN, 27-29, (2017).
- [7] Atıcı H., Gönen D., ve Oral A., "Çalışanlarda Zorlanmaya Neden Olan Duruşların Reba Yöntemi İle Ergonomik Analizi", *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 3: 239-244, (2015).
- [8] Sağıroğlu H., Coşkun M. B., ve Erginel N., "Reba İle Bir Üretim Hatındaki İş İstasyonlarının Ergonomik Risk Analizi", *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 3: 339-345, (2015).
- [9] Koç S., ve Testik Ö., M., "Mobilya Sektöründe Yaşanan Kas-İskelet Sistemi Risklerinin Farklı Değerlendirme Metotları İle İncelenmesi Ve Minimizasyonu", *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 27(2): 2-27, (2016).
- [10] Atasoy Mert E., "Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması Ve Bir Çanta İmalat Atölyesinde Uygulanması", İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Ankara, (2014).
- [11] Enez K., ve 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).
- [12] Online: <http://www.cefip.com.tr/tr/urun.php?id=6&gid=103&uid=475> . [Erişildi: 24 Mayıs 2018]
- [13] Aran İ., (2007). *Döküm Teknolojisi ve İmal Usulleri Ders Notları*, [PDF]. 20 Temmuz 2018, [www2.isikun.edu.tr/personel/ahmet.aran/dokum.pdf](http://www2.isikun.edu.tr/personel/ahmet.aran/dokum.pdf) adresinden erişildi.
- [14] MEGEP, POTA OCAĞI 521MMI065, Ankara, (2011).
- [15] Kara Y., Atasagun Y., ve Peker A., ”Montaj Hatlarında Çalışma Duruşlarının Reba Yöntemi İle Analizi Ve Ergonomik Risk Değerlendirmesi, [PDF]. 13 Mayıs 2018, <http://app.csgb.gov.tr/isggm/oshaturkey/sunumlar/102.pdf> adresinden erişildi.
- [16] Hignett S., and McAtamney L., ”Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonom.*, 31: 201-205, (2000).