

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**BİLGİSAYAR DESTEKLİ ERGONOMİ VE
BİR UYGULAMA ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYŞE GÜLDAL HASDEMİR

BALIKESİR, EKİM - 2013

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**BİLGİSAYAR DESTEKLİ ERGONOMİ VE
BİR UYGULAMA ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYŞE GÜLDAL HASDEMİR

BALIKESİR, EKİM - 2013

KABUL VE ONAY SAYFASI

Ayşe Güldal HASDEMİR tarafından hazırlanan "BİLGİSAYAR DESTEKLİ ERGONOMİ VE BİR UYGULAMA ÇALIŞMASI" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 02/10/2013 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından ~~ay-birliği~~ / oy çokluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

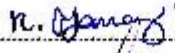
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Yrd. Doç.Dr. DEMET GÖNEN



Üye
Prof.Dr.RAMAZAN YAMAN



Üye
Doç.Dr.ALİ ORAL



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Hilmi NAMLI

.....

ÖZET

**BİLGİSAYAR DESTEKLİ ERGONOMİ VE BİR UYGULAMA ÇALIŞMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
AYŞE GÜLDAL HASDEMİR
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: YRD. DOÇ. DR. DEMET GÖNEN)**

BALIKESİR, 2013

İş gücü bir şirketin en önemli kaynağıdır. İş gücünün verimli ve sağlıklı bir şekilde çalışmasının yöntemleri bilinmeli ve uygulanmalıdır. İş yerleri iş hastalıklarına ve kazalara neden olmayacak şekilde tasarlanmalıdır. İş gücünün şirket için en üst performansta çalışması çalışma şartlarının iyi olmasına bağlıdır.

Çalışmanın ilk aşamasında, ergonomi, antropometri ve bilgisayar destekli ergonomi bilimlerinden bahsedilmiştir. İlk ne zaman ortaya çıktıkları belirtilmiş ve önemi vurgulanmıştır. Ayrıca çalışmanın yapılma amacı ve firmaya sağlayacağı yararlar belirtilmiştir.

İkinci aşamada, uygulama için Sönmez Endüstriyel Mutfak ve Soğutma San.Tic.Ltd.Şti 'de üretim sürecinde insan sağlığını olumsuz etkileyen bir çalışma durumu gözlenmiş, üretilen ürün Solidworks'te tasarlanıp, CATIA ortamında sanal insan modeli ile simule edilmiştir. CATIA programından elde edilen sonuçlar mevcut durumda çalışan iş görenin sağlığını olumsuz yönde etkileyen bir pozisyonda çalıştığını kanıtlamaktadır.

Üçüncü aşamada, bu durumu ortadan kaldırmak için gereken iyileştirme yapılmış; iş görenin yerde değil bir masa üzerinde çalışması sağlanmıştır. Önerilen durum CATIA ortamında incelenmiş, elde edilen verilere göre yapılan iyileştirmenin olumlu sonuç verdiği görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELEER: ergonomi, antropometri, bilgisayar destekli ergonomi

ABSTRACT

**COMPUTER AIDED ERGONOMICS AND STURDY WORKS
MSC. THESIS
AYŞE GÜLDAL HASDEMİR
BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. DEMET GÖNEN)**

BALIKESİR, 2013

Labour force is one of the most important resources for a company. Best industry practices labour forces must be known and applied to develop and maintain a healthy and productive working environment. Working environments must be designed to eliminate and minimize industrial diseases and accidents. High performance is closely related to healthy working conditions.

The first part of this study explains, ergonomics, anthropometrics and computer aided ergonomics. It highlights the historical background of these areas and their significance. It outlines the objective of this study and potential benefits for the companies.

The second part of the study demonstrates the issues observed at a company called “ Sönmez Endüstriyel Mutfak ve Soğutma San. Tic. Ltd. Şti “. The product was designed in Solidworks program and then was analysed using virtual human model in CATIA program. The analyses clearly provided that the observed issues in the working environment impacted the healthy of workers negatively.

The final part of the study explains the environments made in the environment (i.e. a table was put bottom the product) and displays the positive results derived from CATIA analysis.

KEYWORDS: ergonomics, anthropometry, computer aided ergonomics

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÖNSÖZ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Araştırması	1
2. ERGONOMİ (İŞBİLİM)	6
2.1. Ergonominin Tanımı	6
2.2. Ergonominin Tarihçesi	7
2.3. Ergonominin Amacı.....	9
2.4. Ergonominin Önemi	9
2.5. İnsan Hareket Sistemleri	10
2.5.1. Baş Hareketleri	10
2.5.2. Gövde ve Üst Taraf Hareketleri	11
2.5.3. Bacak ve Ayak Hareketleri	12
2.6. Ergonominin Çalışma Koşulları ile İlgisi.....	13
2.6.1. Sık Görülen Kazalar ve Hastalıklar	16
2.6.2. El Aletleri.....	17
2.6.3. Elle Taşınmalı İşlerde Yapılması Gereken İyileştirmeler.....	20
2.7. Ergonomi Verimlilik İlişkisi.....	24

3. ANTROPOMETRİ	28
3.1 Antropometrinin Tanımı	28
3.1.1. Statik Antropometri.....	29
3.1.2. Dinamik Antropometri.....	30
3.2. Antropometrinin Tarihçesi	30
3.3. Antropometrinin Önemi	31
3.4. Antropometride Boyutlar	33
3.5. Çalışma Yerinin Antropometrik Düzenlenmesi	34
3.6. Antropometrik Tasarım İlkeleri.....	37
3.6.1. Uç Değerler İçin Tasarım.....	37
3.6.2. Ayarlanabilir Aralıklar İçin Tasarım.....	37
3.6.3. Ortalama Değer İçin Tasarım.....	38
4. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ERGONOMİ.....	39
4.1. Bilgisayar Destekli Ergonominin Tanımı.....	39
4.2. Bilgisayar Destekli Ergonominin Önemi	39
4.3. Bilişsel Ergonomi	40
4.4. CATIA ile Bilgisayar Destekli Tasarım	42
5. UYGULAMA.....	49
6. SONUÇLAR	64
7. KAYNAKLAR	66

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1: Başın boyun ekleminde hareketliliği.....	11
Şekil 2: Üst taraf eklemleri hareket boyutları.....	12
Şekil 3: Bacak ve ayak hareketleri.....	13
Şekil 4: Uygun ve uygun olmayan oturma pozisyonları.....	15
Şekil 5: Çalışma esnasında el ve kolların uygun ve uygun olmayan pozisyonu....	15
Şekil 6: Çalışma hattında uygun ve uygun olmayan çalışma pozisyon.....	16
Şekil 7: Uygun el aletleri ile çalışma pozisyonları.....	19
Şekil 8: Uygun alet seçimi ile çalışanın rahat çalışması.....	20
Şekil 9: Uygun ve uygun olmayan yük kaldırma pozisyonları.....	21
Şekil 10: Uygun ve uygun olmayan yük kaldırma pozisyonları.....	22
Şekil 11: Ağır yüklerin kaldırılması.....	22
Şekil 12: Ağır yüklerde taşıma yöntemleri.....	23
Şekil 13: Yükün yerden kaldırılması.....	23
Şekil 14: Uygun ve uygun olmayan taşıma pozisyonları.....	24
Şekil 15: Statik antropometri çalışmalarında kullanılan ayaktaki boyutlar.....	33
Şekil 16: Statik antropometri çalışmalarında kullanılan oturma halindeki boyutlar.....	34
Şekil 17: Yatay düzeyde uzanma mesafeleri ve çalışma alan ölçüleri (cm).....	35
Şekil 18: Human Posture Analysis Modülü.....	45
Şekil 19: Human Activity Analysis modülü.....	46
Şekil 20: Biomechanics Single Action Analysis modülü.....	47

Şekil 21: Rula Analysis modülü.....	48
Şekil 22: Puntolanmış parçaların kontrolü esnasında gözlemlenen çalışma pozisyonu.....	51
Şekil 23: Kaynak yapılmış, krom sac ile kaplanmış buzdolabı.....	52
Şekil 24: Üretilen buzdolabı.....	52
Şekil 25: Mevcut durumda dolap yapımında çalışan iş görenin çalışma pozisyonu.....	53
Şekil 26: Uygulanan kuvvetlerin insan üzerindeki etki değerleri.....	54
Şekil 27: L4-L5 bel omurga kemiklerinin üzerine etkiyen bası ve çeki kuvvetlerinin değerleri.....	55
Şekil 28: Uygulanan kuvvetlere maruz kalan kişilerin nüfustaki yüzdeleri.....	56
Şekil 29: İşin uygulanması sırasında oluşan kuvvet dereceleri (Rula Analizi)....	57
Şekil 30: Önerilen durumun modeli.....	59
Şekil 31: Önerilen durum sonucunda iş gören üzerinde oluşan kuvvetlerin etki değerleri.....	60
Şekil 32: Önerilen durum analizi sonrasında L4-L5 bel omurga kemiklerinin üzerine etkiyen bası ve çeki kuvvetlerinin değerleri.....	61
Şekil 33: Uygulanan kuvvetlere maruz kalan kişilerin nüfustaki yüzdeleri.....	62
Şekil 34: Önerilen durum sonucunda çalışan vücuduna etkiyen kuvvetlerin, zorlanmaların dereceleri (Rula Analizi).....	63

ÖNSÖZ

İş gücü bir şirketin en önemli kaynağıdır. İş gücünün verimli ve sağlıklı bir şekilde çalışmasının yöntemlerinin bilinmesi ve uygulanması gerekmektedir. İş yerleri çalışanların antropometrik ölçülerine göre tasarlanmalı, iş kazalarına ve hastalıklarına neden olmamalıdır. Ergonomi bilimi sayesinde verimli ve kaliteli çalışma ortamı yaratılmakta ve iş yerlerinin tasarım sürecinde çeşitli bilgisayar programlarından yararlanılmaktadır.

Çalışmamın her aşamasında bana yardımcı olan, ilgi ve desteğini esirgemeyen değerli hocam ve danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Demet GÖNEN'e bugün olduğu gibi bundan sonra da teşekkür etmeye devam edeceğim.

1. GİRİŞ

Endüstrileşmenin her aşamasında vazgeçilmez unsur olan insan faktörünün sağlık, güvenlik gibi sorunları ancak yirminci yüzyılın ilk yarısında ele alınmış, iş güvenliği ile verimlilik arasındaki önemli ilişkinin de fark edilmesi ile birlikte, insan ile çalışma ortamı arasındaki ilişkileri kapsamlı olarak inceleyecek bir disiplin arayışı başlamıştır. Bu durum “Ergonomi” biliminin doğmasına yol açmıştır. Ergonomi; insan anatomik özelliklerini, antropometrik ölçülerini fizyolojik kapasite ve toleranslarını göz önüne alarak iş yeri yerleşimi ve ortam değişkenlerinin etkisi ile oluşan organik ve psikolojik reaksiyonlara göre insan-makine- ortam uyumunun temel kuramlarını araştıran bir bilimdir. Ergonomi bir endüstride işçi için, sağlık ve güvenliğinin yükselmesi ile yüksek moral kaynağı olurken, performanslarının artmasıyla işletme için artan kalite, üretkenlik ve rekabet edebilirliği getirmiştir. Verimlilik koşullarından birisi kuşkusuz bireyin yaşadığı mekânın ve kullandığı araç ve gerecin insanın antropometrik (boyutsal) ve biyomekanik özelliklerine (hareket hudutları, kuvvet gereksinimlerine) uygun olmasıdır. Zira değişik varyasyonlara sahip insanların buldukları ortamdaki konforu, fiziksel sağlığı, refahı ve performansı, kullandıkları araç ve gerecin insan vücudunun ilgili organ ve özelliklerine uygun olarak tasarlanmaları ile sağlanabilmektedir. Tasarım faaliyetlerinde insan- makine-çevre etkileşiminin optimum olması gerekir. İşle ilgili kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarından korunabilmek için çalışanın yaptığı iş çalışanın fizyolojik ve antropometrik özelliklerine uygun olarak tasarlanmalıdır [1]. Bu çalışma, kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olan uygunsuz çalışma duruşlarını ve bunların risk düzeylerini belirleyebilmek ve bu konularda yapılacak iyileştirme ve geliştirme planlarına ışık tutmak amacıyla yapılmıştır.

1.1. Literatür Araştırması

Literatürde ergonomi ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında, verimli, etkili ve insan sağlığına önem veren çalışma ortamlarının tasarımında insanlardan elde

edilen antropometrik verilerin önemli olduğu ve çeşitli bilgisayar programlarının tasarım sürecine katkıda bulunduğu anlaşılmıştır.

Jan Dul (2003) çalışmasında ergonomi biliminin insan ve çevre arasındaki etkileşimine değinmiştir. Ürün ergonomisinin kullanım kolaylığı sağlayan ürünlerin gelişmesine ve insan sağlığına önem veren ürün süreçlerinin tasarlanmasına sebep olduğunu ifade etmiştir. Ergonominin, bir organizasyonun sosyal olduğu kadar ekonomik amaçlarına da katkıda bulunduğu belirtilmiştir. İnsanların, yani müşterilerin ve çalışanların öneminin giderek artması ile organizasyonların başarısı için ergonominin stratejik öneminin olduğu anlaşılmıştır [2].

Jan Dul and. W. Patrick Neumann, (2008) yılında yayınladıkları çalışmada, yöneticilerin genellikle ergonomiyi mesleki sağlık, güvenlik ve iş performansı ile bağdaştıramadığından bahsedilmiştir. İşteki ergonomistlerin ve yönetim dünyasındaki yerlerinin güçlenmesi için, şirket stratejileri ve ergonominin katkıda bulunduğu iş hedefleri tartışılmış ve örnekler verilmiştir [3].

Jennifer G. ve arkadaşları (2001) çalışmalarında, ergonomi biliminin çalışana önem verdiğini, risk faktörlerini dikkate alarak ergonomik olarak tasarlanmış bir işte çalışanın zorlanmadan rahat ve güvenli bir şekilde çalışabileceğini ifade etmişlerdir [4].

Newman Lauand Henry Ma, (2007) yılında yaptıkları çalışmada, iş ve performans analizi için yaklaşımlar sunmuşlar ve sonuçlarını ergonomik açıdan yorumlamışlardır. Bu çalışmada önerilen iş istasyonu tasarımında ergonomi ölçümü için talep analizlerinin metotları ve yaklaşımları tanımlanmıştır [5].

Ashraf A. Shikdar, Naseem M. Sawaqed, (2004) çalışmalarında, gelişmekte olan ülkelerde mesleki sağlık ve güvenlik problemlerini araştırmışlardır. Güvenlik

göstergeleri ve ortalama yaralanma oranları arasında bir korelasyon bulunmuş, ergonomik bilginin yokluğu, eksikliği, iletişim ve kaynaklardaki eksiklik zayıf ergonomik koşullara sahip olunduğunun göstergesi olarak görülmüştür. Kötü ergonomik koşulların artışının sağlık ve güvenlik problemlerine yol açtığı sonucuna varılmıştır [6].

Oğuzhan Erdiñ (2006) çalışmasında, üretimde ergonomi ve kalite arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Ergonomi ve kalitenin başarıyla ilişkilendirilmesi ile insan hatalarının azaltılabileceği ve sürekli iyileştirmenin sağlanabileceği ve üretimde kalitenin artacağı öngörülmüştür [7].

Paul H.P. Yeow, Rabindra Nath Sen, (2003) yılındaki çalışmalarında ergonominin, problemlerin çözümünde önemli olduğuna, düşük verimlilik, düşük kalite ve çalışma koşullarının uluslararası rekabette işletmeler için dezavantaj oluşturduğuna değinmişlerdir. Ergonomi çalışmaları ile, maliyetlerin azaldığı, müşteri memnuniyetinin sağlandığı ortaya konmuştur. Çalışma koşullarının düzeldiği, verimliliğin, kalitenin ve karın arttığı anlaşılmıştır [8].

Tetsuro Ogi, Yoshisuke Tateyama, Shinichiro Haruyama, (2010) yılında yaptıkları çalışmada, çeşitli üretim alanlarında kullanılan insan merkezli tasarımın önemine değinmişlerdir [9].

Scott Openshaw, Allsteel, Erin Taylor, Allsteel tarafından (2006) yılında hazırlanan çalışmada; kullanıcı ve ürün arasındaki etkileşimin ürün tasarım sürecinin en önemli özelliklerinden biri olduğuna değinilmiş ve ürünlerin; şekil, boyut ve rahatlık açısından gelişmesinin önemi vurgulanmıştır. Böylece, iş yerlerinde çalışanların verimli, etkili ve daha rahat çalışmaları konusunda çeşitli görüşler ortaya konmuştur [10].

Adaeze Florence Nwaigwe (2005) yılındaki çalışmasında CAD yazılımlarının öneminin giderek arttığını, bunların ürün tasarım sürecini, döngü zamanını kısaltarak ergonomik açıdan istenen ürüne ulaşıldığına değinmiştir. Çalışmada ayrıca, Ergonomi biliminin insan merkezli ürün tasarımına katkıda bulunduğu ve insan hayatının kalitesinde, verimliliğinde, rahatlığında ve güvenliğinde gelişime sebep olduğu anlatılmıştır. Ergonomik açıdan iyi bir tasarımın hedef popülasyondan elde edilen verilerle olacağı belirtilmiştir [11].

J.F. Dols, M. García, J.J. Sotos (1996-1997) yılları arasında yayınladıkları çalışmada, İspanya'da bir üniversitede engelli insanların her türden araç kullanabilmeleri ergonomik açıdan incelenmiştir. Her tip engel için erişim bölgeleri analiz edilmiş, engelli kişilerin uzuvlarının uzunluğu ve hareketleri ölçülüp, kullanım pozisyonunun fiziksel görünümü ve testi için üç boyutlu kuklalar oluşturulmuş, oluşturulan kuklalar ile insan hareketlerinin test edilmesi sağlanmıştır [12].

Don B. Chaffin'in (2007) yılındaki makalesinde, sanal insan modellerinin ergonomik analiz ve tasarımda etkili bir araç olduğunu belirtmiştir. Var olan hareket ve duruş tahmin modellerinin bugün sanal insan modellerinde kullanıldığına değinilmiş ve bu modellerin gelişmesi ile dinamik insan performansını ve popülasyon sınırlarını tahmin etmek için çok güçlü bir araç olacağı sonucuna varılmıştır [13].

Kunwoo Lee, (2006) yılında yaptığı çalışmada, rekabetin ürünler üzerine kalite, fiyat, görünüm, fonksiyon gibi ek talepler yüklediğini ayrıca rahatlık ve kullanım kolaylığı gibi faktörlerin de önemli olduğunu belirtmiştir. Kullanım kolaylığının tasarım sürecinde ölçülmesinin ve ölçüm sonuçlarının tasarım sürecine doğrudan uygulanmasının önemine değinmiştir. İnsan hareketi ve kas gücü benzetim araçları CAD sistemine bağlanmıştır. Simülasyon programlarının insan hareketi ve kas güçleri için yeteri kadar hızlı olması gerektiği belirtilmiştir [14].

R. Marshall, K. Case, R. Oliver, D.E. Gyiand J.M. Porter (2001) yılında yaptıkları çalışmada, herkes için tasarım fikrinin ürün gelişimini arttıracığını, böylece daha geniş bir popülasyona hitap edilmiş olunacağını ve popülasyonun ihtiyaçlarına karşılık verilebileceği vurgulanmıştır. Bunun için bilgisayar destekli insan modelleme sistemlerinin öneminin giderek arttığı belirtilmiştir [15].

R. Kurila, V. Milukienė (2005) yılında yayınladıkları makalede, tasarımda bilgisayar destekli ergonomi metotlarından bahsetmişlerdir. Bilgisayar destekli ergonomi metotlarının tasarımın kalitesini geliştirdiğine ve pratikte daha geniş bir uygulama alanına ihtiyaç duyulduğuna değinilmiştir. Bilgisayar destekli üretim ve tasarım teknolojisi bilgisayar destekli ergonomik metotların uygulanmasını gerektirmiştir [16].

Xiyin Gao, Xinling Li, Qiang Song, Ying Zheng (2009) yılındaki çalışmalarında CATIA ergonomi modülüne insan vücudu verisi okutularak tarım makinesinin tasarımının gerçekleştirileceğine değinmişlerdir. Farklı milletlerin, farklı vücut yapıları, farklı cinsiyetleri, bölgesel farklılıkları, çok mükemmel bir tasarım ile ortadan kaldırılabileceği, yani her insan vücuduna göre bir kullanım söz konusu olabileceği ifade edilmiştir [17].

Don B.Chaffin (1997) yılında yayınladığı makalede, işyeri araç ve gereçlerinin tasarım sürecinde çeşitli bilgisayar programlarından yararlandığını, tasarım sürecinde yapısal analizde kinematik ve sonlu elemanlar analizi kullanarak prototip testi sayesinde yüksek maliyetlerden kaçınıldığı belirtilmiştir. İnsan popülasyonunun statik ölçü aralığının belirlenip, bilgisayar ortamında modellenmesi ve elde edilecek sonuca göre işyeri ortamının tasarım planını yapmanın daha uygun olacağından bahsedilmiştir. Böylece, çalışanlarla işyerindeki makinelerin ergonomik açıdan uyumunun tam olacağı sonucuna varılmıştır [18].

2. ERGONOMİ (İŞBİLİM)

2.1. Ergonominin Tanımı

Ergonomi eski yunanca iş anlamına gelen ERGON ve doğal yasa veya düzen anlamına gelen NOMOS'tan türetilmiştir [19,20].

Ergonomi birbirinden çok farklı olmamakla birlikte, değişik açılardan tanımlanmıştır [19].

Ergonomi, insanların anatomik, antropometrik özelliklerini, psikolojik ve fiziksel kapasitelerini ve toleranslarını göz önünde bulundurarak, endüstriyel iş ortamındaki tüm faktörlerin etkisi ile ortaya çıkabilecek stresler karşısında, sistem verimliliği ile insan-makine-çevre uyumunun temel kurallarını ortaya koymaya çalışan disiplinler arası bir araştırma geliştirme alanıdır [21, 22].

Ergonomi hem sosyal hem de ekonomik amaçları olan bir bilimdir. Ergonomi bilimi hem fiziksel hem de psikolojik insan yönlerini inceler, bununla birlikte, teknik ve organizasyon etki alanı için çözümler aramaktadır [3].

Uluslararası Ergonomi Derneği'ne göre, ergonomi; insan refahı ve sistem performansını geliştirmek için ürünlerin tasarımı ve süreçleri ile ilgilienmektir [2].

Ergonomi, insan kullanımına yönelik tasarım, çalışma ve yaşama koşullarının optimal hale getirilmesini amaçlayan uygulamalar bütünüdür. Ergonomi iş, ürün

tasarımı, ev yaşamı ve dinlenme dönemi etkinlikleri ve bunlara yönelik üretimle ilgili olarak çevre ile kişinin etkileşimi olarak da tanımlanabilmektedir [21].

Ergonomi, insan ve çalışma ortamı arasındaki bilimsel ilişki olarak da tanımlanır. Ergonomi, işi insana uyarlamak için bir araştırma ve eylem programı içerir; ergonomi kavramı, işçinin kullandığı araç ve gereçleri, çalışma yöntemlerini, işin hem bireysel hem küme çalışması düzeyinde tasarımı ve örgütlendirilmesini içerir [23].

Ergonomi; insanın çevreye uyumu, adaptasyonu olarak tanımlanır. Fiziksel olarak daha az zorlanmayla çalışmak mümkündür, böylelikle daha fazla enerji ile daha verimli çalışılabilir. Ergonomi verimli ve sağlıklı bir şekilde bireyin nasıl çalışacağı bilgisini içerir [24].

2.2. Ergonominin Tarihçesi

Günümüzde, insan-makine- çevre ilişkilerini inceleyerek insanların sağlıklı ve üretken şekilde çalışabilmeleri için gerekli düzenlemeleri yapmak önem kazanmıştır. Bu alanda yapılan çalışmalar son yarım yüzyılda ergonomi bilim alanının gelişimine katkıda bulunmuştur. Ergonominin başlangıç noktası insan hayatının çeşitli dönemlerinde kişilerin kullandıkları eşya, araç-gereç ve çevrenin tasarımında çeşitli ölçü ve yeteneklerin dikkate alınmasıdır. Ergonomi; mühendislik, fizyoloji ve psikoloji gibi çok daha eski ve köklü bilimsel alanlardaki araştırmalara dayanır. Literatürde ergonomi ilk kez Jastrzebowski, W. (Polonya) tarafından 1857 kullanılmıştır. Bu alanda en önemli çalışmaları Murrel başlatmış ve yapmıştır. Ergonomi bilimi, II. Dünya Savaşı sırasında bilim adamlarının kullanıcılarını fazla dikkate almadan yeni ve çok daha ileri sistem ve ürünler tasarlamaya başladıkları zaman ortaya çıkmıştır. Sistem ve ürünlerin güvenli ve verimli olarak kullanılması isteniyorsa birçok insani ve çevresel faktörün de dikkate alınması gerektiği anlaşılmıştır. Kişilerin gereksinimlerinin farkına varılması ile ergonomi bilimi gelişmeye başlamıştır [25].

Ergonomi tarihinde genellikle ve öncelikle F. W. Taylor'dan söz edilir. İnsan faktörüne ve insanların kullandıkları araç ve gereçlere deneysel yaklaşımlar getiren Taylor, sosyal psikolojide ve ergonomide “iş hevesi konusuna ücret yaklaşımını öngören ilk araştırmacıdır. 1910’larda ergonomik yaklaşımlara öncülük eden iki yeni metod girişimi dikkat çekmiştir. Bunlar; mühendis Gilberth ile psikolog olan eşinin geliştirdikleri “İş ve Zaman Etüdü”, ikincisi ise Douglas’ın işbaşında enerji harcamayı ölçmek için geliştirdiği “Oksijen Tüketimi” çalışmalarıdır [26].

İş-insan ilişkilerinin bilimsel platformda değerlendirilmesini hedefleyen Ergonomi alanında yapılan çalışmaların dağılık oluşundan kaynaklanan sorunların giderilmesi amacıyla, 1949 yılında anatomi, fizyoloji, psikoloji, mühendislik bilimleri gibi disiplinlerde tanınmış uzmanların katılımıyla Ergonomi konusunda Oxford’da bir toplantı düzenlenmiş, bu toplantıda Yunancada iş anlamına gelen “ergo” ile yasalar anlamına gelen “nomos” kelimelerinden üretilen “Ergonomi” sözcüğü kabul edilmiş ve örgütlenme kararı alınmıştır. Bu yapıdaki problemler daha önceleri de fark edilmiş olmakla birlikte, özellikle iş-insan ilişkisi ile ilgilenen bir akademik disiplin bulunmamaktaydı. Bu amaçla İngiltere’de kurulan “Ergonomi Araştırma Konseyi” (Ergonomics Research Council), 1961’de “Uluslararası Ergonomi Derneği” (International Ergonomics Association-IEA) adını alarak günümüzde de çalışmalarını devam ettirmektedir. Yirminci asrın ortalarında makine ve kontrol dizaynı, iş yerindeki yerleşim durumu, sıra ve banklar, el aletleri modelleri, ağır yükleri elle yükleme vb. konularında yoğunlaşan Ergonomi araştırmaları, ilerleyen yıllarla beraber gürültü, vibrasyon, aydınlatma ve sıcaklık gibi iş hijyeni ile ilgili konular üzerindeki araştırmalara kaymıştır. Günümüzün Ergonomi araştırmaları ise, kişinin yalnızca kullandığı alet ve metotlar veya işinin organizasyonu gibi fiziksel ortamını göz önünde bulundurmaz, aynı zamanda düşünce yapısı, duyguları, diğer çalışanlarla olan ilişkileri, problemlerle uğraşma kabiliyeti gibi tüm psikolojik ve sosyolojik çevresi ile, kısacası tüm insanla ilgilenir [1].

2.3. Ergonominin Amacı

Ergonomi, çalışan kişinin iş çevresiyle olan ilişkilerini araştırır. İşin ve iş çevresinin insanın özelliklerine, yeteneklerine uyumunu sağlar. Amaç sakatlanma riskini en aza indirerek insan vücudundan en yüksek verimi almaktır. Çalışma ortamı ve alışkanlıkları ile basit ayarlamalar yapmayı öğrenmek kişinin rahatını, güvenliğini sağlayarak ve sağlığını koruyarak verimliliğini büyük ölçüde arttıracaktır [25,27,29].

Ergonomi, işle ilgili problemleri değerlendirir ve bir çözüm arar. İşçinin refahını ve verimliliği, iş streslerini azaltarak optimize eder. Ergonomi buluşları, tıbbi müdahaleye gerek kalmadan, herhangi bir kaza oluşmadan, önceden önlem alınmasını sağlar. İş ortamı insan davranışlarını etkileyen çok değişik faktörleri içerdiğinden, ergonominin ilgi alanı gittikçe genişleyip önem kazanmaktadır [23].

2.4. Ergonominin Önemi

Çalışanlar işyeri ortamıyla etkileşim içindedir. Endüstrinin hızla gelişmesi bir yandan iş kazaları ve meslek hastalıklarına karşı çalışanların korunması sorununu gündeme getirmiştir, diğer yandan da ergonomi kavramını ortaya çıkarmıştır. Çalışan bireylerin günün büyük bir kısmını işyerlerinde geçirdikleri dikkate alındığında, sağlıklarını olumsuz yönde etkileyen çeşitli faktörlerin ortadan kaldırılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Böylece işyerlerinin ergonomik olarak tasarlanması önem kazanmıştır [19].

Organizasyonlarda başarı için insan faktörünün öneminin giderek artması, ergonominin stratejik önemini giderek arttırmıştır. Ürün ergonomisinde, kullanım kolaylığı sağlayan ürünlerin geliştirilmesi ile ürün yaratma sürecine katma değer katılırken, üretim ergonomisinde insan sağlığına önem veren üretim süreçlerinin tasarlanması önem kazanmaktadır. Ergonomi ile insanların, ekonomilerin, kurumların refahı sağlanır. Ergonominin dikkate alındığı üretim süreci ile bir şirketin emek verimliliğine ve sonuç olarak önemli derecede maliyet indirimlerine ulaşılır [2,28].

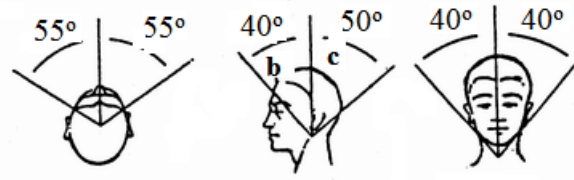
Ergonomi bilimi sayesinde çalışanların duruş ve oturuşlarını sağlıklı bir hale getirecek her önlem alınmalıdır. Çalışma yerlerinde insanların çeşitli kaslarını statik çalışmaya zorlayan düzenin değiştirilmesi, duruş ve oturuş streslerine karşı işyeri düzenlenmesi gibi ergonomik yaklaşımlar önem kazanmaktadır. İnsanların üst, alt, etraf hareket boyutları ve eklemlerinin işlekliliği işyerlerinin ergonomik tasarımı açısından önemlidir [31].

2.5. İnsan Hareket Sistemleri

İnsan vücudunda hareketli eklemlerin hareket sınırları vardır. Bu sınırların ergonomik açıdan değerlendirilmeleri yapılmaktadır.

2.5.1. Baş Hareketleri

Baş hareketlerinin açısal boyutları Şekil 1’de gösterilmiştir. Şekil 1a’da başın dönme (rotasyon) hareketleri ile sağa ve sola dönüşlerin açısal ortalamasının 55° olduğu görülmektedir. Şekil 1(b-c) başın öne (anterior) ve geriye (posterior) esnemesini, bükülmesini göstermektedir. Her türlü bükme hareketi (flexion), germe hareketi (extension) dur. Şekil 1d’de ise başın iki yana yatması (lateral bend) görülmektedir. Başın sağa ve sola dönüşü, boyun omurlarının işlekliliği ve boyundaki kas ve bağ dokularının esnekliğine bağlıdır. Göz hareketlerinin de önemi unutulmamalıdır. Gözle takip gerektiren göstergeler, baş hareketlerini zorlamayacak bir şekilde göz bakış açılarına göre yerleştirilmelidir. Özellikle uzun süreli izleme gerektiren göstergeler hiç bir zaman normal göz bakış açılarının dışında olmamalıdır [30,31].

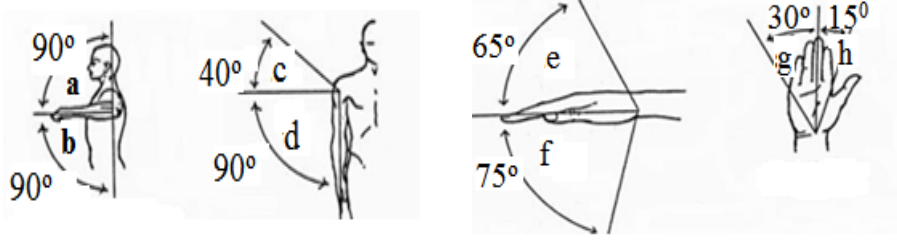


a. Döndürme b. Öne doğru esneme c. Geriye doğru esneme d. Başın iki yana yatması

Şekil 1. Başın boyun ekleminde hareketliliği

2.5.2. Gövde ve Üst Taraf Hareketleri

Üst taraf hareketlerinin büyük bir bölümünde gövde hareket sınırlarının kullanılarak çalışması söz konusudur. Gövdenin sağa ve sola dönüş hareketleri 40° civarındadır. Dik duran bir insanın gövdesini bu açısal değerler içinde hareket ettirmesi ile üst taraf hareketlerini gerçekleştirmesi mümkündür. Bu tür gövde döndürme hareketleri statik bir şekilde ve uzun süreli olmamalıdır. Gövdenin öne ve geriye bükülmesi konusunda da aynı sakınca geçerlidir. Özellikle gövdenin öne bükülü duruşunda, sağa ve sola döndürme hareketleri ve kuvvet gerektiren kas zorlamaları yapmak sakıncalıdır. Bu tür zorlamalarda kalıcı sakatlıklara neden olan eklem zedelenmeleri görülebilir. Kol ve ellerin hareketi Şekil 2' de gösterilmiştir. Şekil 2a'da kolun dışa rotasyonu, Şekil 2b'de ise içe rotasyonu görülmektedir. Şekil 2c'de kolun kaldırılması (abduction), Şekil 2d'de kolun insan bedenine doğru yaklaştırılarak indirilmesi (adduction), Şekil 2e'de elin sırt kısmına doğru bükülmesi (dorsifleksiyon), Şekil 2f'de ise elin avuç içi doğrultusunda döndürülmesi (palmarfleksiyon) [30,31]. Şekil 2g ve Şekil 2h'de ise ellerin, bileklerin ve parmakların zarar görmesine neden olan elin sağa (ulnar deviation), sola doğru eğilmesi (radial deviation) hareketleri görülmektedir.



- a. Dışa rotasyon b. İç rotasyon c. Kaldırma d. İndirme
e. Dorsifleksiyon f. Palmarfleksiyon g. Elin sola doğru eğilmesi h. Elin sağa doğru eğilmesi

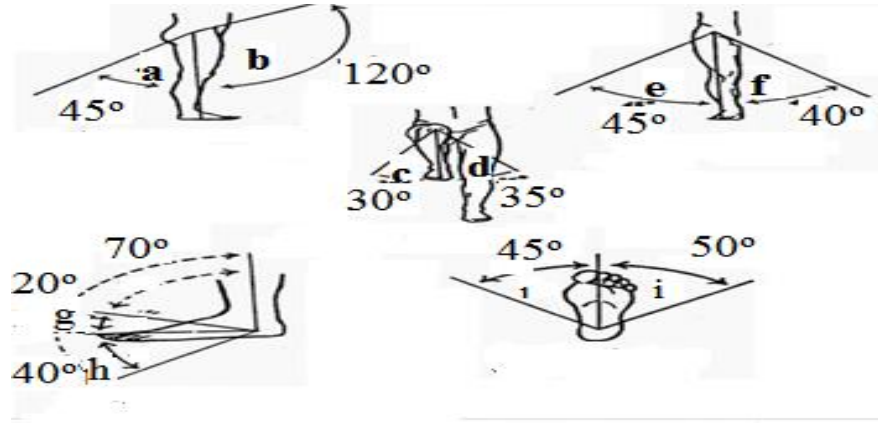
Şekil 2. Üst taraf eklemleri hareket boyutları

Omuz eklemine yuvarlak eklem başı ve oldukça düz eklem yuvası, bu eklem geniş açısal hareketini kolaylaştırır. Omuz eklemi hareketine dirsek ve el bileği hareketleri de katıldığında gövde etrafında geniş bir erişme alanı oluşur. Ancak, el ve kol hareketleriyle ve duyarlı bir şekilde gerçekleştirilen hareketlerin uygulama alanı sınırlıdır. El ve kolların hareketlerinde hareket etkinlik alanı oldukça daralır. Normal olarak kolların duruşu, omuzdan sarkık ve avuç içi gövdeye dönük bir duruştur. Oturan bir insanın rahat çalışma pozisyonu ise kolun dirsekten 90° bükülü, alttan desteklenmiş ve parmakların hafifçe bükülü ve avuç içlerinin de birbirine dönük olduğu duruştur [30,31].

2.5.3. Bacak ve Ayak Hareketleri

Ayakta dururken dizlerin normal duruşu, vücut ağırlığını taşıyan kemiklerin düşey doğrultuda tutulabilmesi için tam gergin bir duruştur. Oysa, otururken ve sırtüstü yatarken dizlerin en rahat pozisyonu 70°-130° açılar içinde fleksiyon halindeki duruşudur. Kalça eklemine eklem kapsülü derin olduğu için, omuz eklemi ile kıyaslandığında hareketlerinin önemli ölçülerde sınırlı olduğu görülür. Bacanın, kalça ekleminden esneme (flexion) hareketi 120° civarındadır. Ancak, çoğu insan bu hareketi diz bükülü iken gerçekleştirebilir. Kalçadan gerçekleştirilebilen hiperekstansiyon ise 45° civarındadır. Şekil 3 'de görülen kalça, diz ve bilek eklemi hareketleri ergonomik tasarımlar açısından önemlidir. Şekil 3(a-b) bacağın hiperekstansiyon ve fleksiyon hareketini göstermektedir. Eklemlerdeki germe

hareketinin zorlanarak yapılması hiperekstansiyon olarak ifade edilir. Şekil 3(c-d)'de bacağın dirsek ile ayak bileği arasındaki bölümünün dışa (external) ve içe (internal) dönmesini (rotation), Şekil 3(e-f) bacakta uzaklaştırma (abduction) ve ileri sürme hareketi (adduction), Şekil 3 (g-h) ayaktaki dorsifleksiyon ve plantarfleksiyon, Şekil 3(ı-i) ise ayağın içe doğru basmasını (pronation) ve ayağın dışa doğru basmasını (supination) hareketleri görülmektedir [30,31].



a. Hiperekstansiyon b. Fleksiyon c. Dışa dönme d. İçe dönme e.Uzaklaştırma f. İleri sürme g. Dorsifleksiyon h. Plantarfleksiyon ı. Ayakların içe doğru basması i. Ayakların dışa doğru basması

Şekil 3. Bacak ve ayak hareketleri

Ergonomide önemli olan eklem hareketleri çalışma ortamlarında insan-makine ara kesiti tasarımında büyük rol oynamaktadır [31].

2.6. Ergonominin Çalışma Koşulları ile İlgisi

Çalışma araçlarıyla gereçlerinin insanın gövde yapısı ile uygun düşecek bir biçimde düzenlenmesi, işin bireysel yeteneklere olduğu kadar genellikle insan doğasına da uygun olarak düzenlenmesi, makinelerin çalıştırma düğmesi ya da kollarıyla denetim göstergelerinin en uygun bir düzen içinde bulunması, devinimlerin en az yorgunluk doğuracak biçimde bölünüp düzenlenmesi, elverişli ışık, ses,

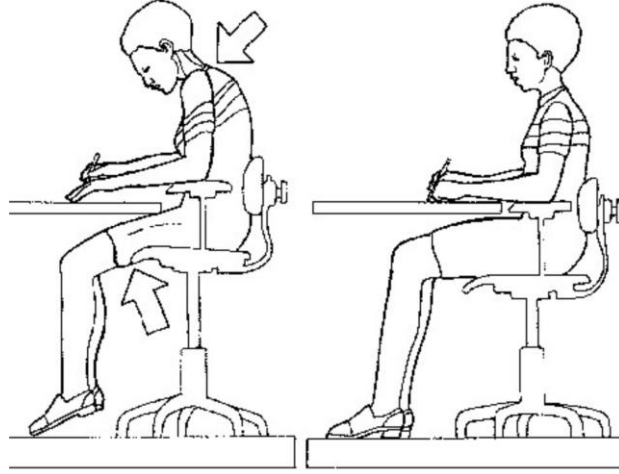
havalandırma, ısı, nem gibi çalışma koşullarının sağlanması ergonominin başlıca uygulama alanları arasındadır [23].

Ergonomi; dizayn etme, değişiklik ve düzenleme yapma, yüksek ürün verimliliği, iş yaşamı ve ürün kalitesini arttırmak için ekipmanların bakımında, kolay ve hızlı işlem, servis ve bakım için iş alanlarının tasarımında, operatörler ve makineler arasındaki görev tahsisatını içeren iş metotlarının düzeninde, yüksek verimlilik ve işçilerin güvenliği için işyerlerindeki fiziksel faktörlerin kontrolünde önemli rol oynar [23].

Ergonomi işyerlerinde çalışanları olumsuz etkileyen çalışma koşullarının iyileştirilmesi ile ilgilenir. Buna örnek olarak; gürültü, aydınlatma, ısı, titreşim, çalışma alanının tasarımı ve el aletleri, makine, sandalye, ayakkabı ve iş tasarımları verilebilir. Bununla birlikte, mesai saatleri, vardiya, mola saatleri gibi konular da ergonominin konusu içine girer. İyi tasarlanmış çalışma alanı kötü koşulların neden olduğu hastalık ve incinmelere engel olur. Çalışma alanı çalışan ile işin gerektirdiği koşullara uygun bir şekilde tasarlanmalıdır. Eğer uygun bir şekilde tasarlanmazsa; çalışanlarda sırt, bel, kas ağrıları, ayak ve bacaklarda dolaşım bozuklukları görülebilir. Bunlara neden olarak; kötü tasarlanmış sandalye, uzun süre ayakta kalma, uzak bir yere uzanma, yetersiz aydınlatmadan dolayı çalışanın işine yakın olma ihtiyacının artması örnek olarak verilebilir [22].

Çalışma ortamında çalışanların kendilerini rahat hissetmeleri çalışılan ortamın iyi planlanmasına bağlıdır. Çalışanlar konforlu bir çalışma ortamında çalışmıyorlarsa, bu çalışılan ortamının uygun olmayan bir şekilde tasarlanmış olduğunu gösterir. İyi planlanmış bir çalışma ortamında çalışanın vücudu uygun bir pozisyon alacaktır. Ergonomik koşulların iyileştirilmesi işyerinde kazaların azalmasına, fiziksel ve ruhsal hastalıkların yok edilmesini sağlar [22].

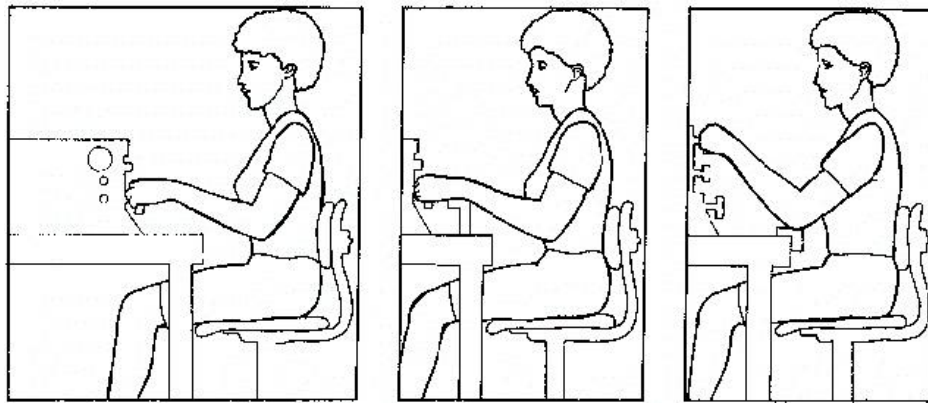
Çalışma koşulları çalışanların rahat etmeleri ve mesleki rahatsızlıkların giderilmesi için mümkün olduğunca geliştirilmelidir. Şekil 4, uygun ve uygun olmayan oturma pozisyonlarını göstermektedir. Şekil 4a' da oturan kişinin bacak ve sırtında rahatsızlık görülür, Şekil 4b'deki kişinin oturuşu ise doğru bir pozisyonur; ayaklar yere basılıdır, omurga ise dik durmaktadır [32].



a. Yanlış oturma pozisyonu b. Doğru oturma pozisyonu

Şekil 4. Uygun ve uygun olmayan oturma pozisyonları

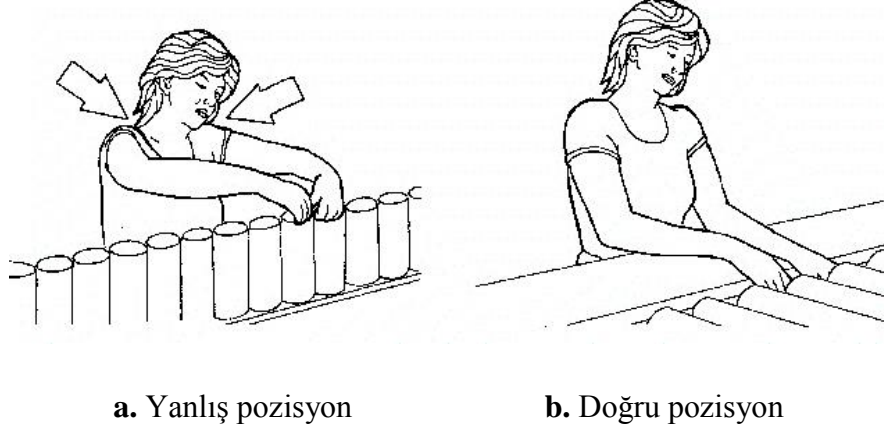
Şekil 5a' daki çalışanın dirsek ve el bileği rahatsızlığı görülür; çünkü çalışırken koluna ve el bileğine destek konmamıştır. Fakat Şekil 5(b-c) pozisyonlarında çalışanın konumu rahattır; dirsek ve bilekler desteklenmiştir [30].



a. Yanlış pozisyon b. Doğru pozisyon c. Doğru pozisyon

Şekil 5. Çalışma esnasında el ve kolların uygun ve uygun olmayan pozisyonu

Şekil 6a' daki çalışma pozisyonu kötü tasarlanmıştır; omuzlar ve kollar bel hizasından yukarıdadır ve el bileklerinde bükülmeler görülmektedir. Ayrıca çalışanın vücudu işine mesafeli durmaktadır. Ama Şekil 6b' deki çalışma pozisyonu çalışan için rahat bir pozisyonudur. Dirsek ve kollar bel hizasına indirilmiş, ellerdeki bükülme ortadan kalkmıştır. Yapılan iş ile çalışan vücudu arasındaki mesafe azalmıştır [32].



Şekil 6. Çalışma hattında uygun ve uygun olmayan çalışma pozisyonu

Günümüzde gelişmiş ülkeler kendi insanların standart vücut ölçülerini belirleyerek, iş istasyonunun tasarımını bu ölçülere göre en uygun boyut, biçim, kullanım ve hareket serbestliği sağlayacak şekilde gerçekleştirmektedir [33].

Ergonomi çalışana rahat ve güvenli bir çalışma ortamı sağlar, risk faktörlerini kontrol ederek iş kazalarını önler, iş güvenliğini artırır ve yüksek kalite performansına sebep olur [4, 7].

2.6.1. Sık Görülen Kazalar ve Hastalıklar

Kötü çalışma koşullarında çalışan işçilerde el, bilek, eklem, sırt ve vücutlarının diğer kısımlarında ciddi sakatlanmalar meydana gelir. Bu sakatlanmaların görülme nedenleri; uzun süre titreşim üreten makinelerin kullanımı,

ellerin ve kasların dönmesine neden olan iş görevleri, alet ve araçlar, ters yöne kuvvet uygulamalarında ellere, bileklere, eklemlere veya sırtta fazla yük bindiği zamanlarda, kolların baş üzerinde çalışması gerektiği durumlarda, belin eğilmekte zorlandığı işlerde, ağır yüklerin indirilip, kaldırıldığı durumlar verilebilir. Kas ve iskelet sistemi sakatlanmalarının, incinmelerinin önüne geçmek için: işteki risk faktörleri en aza indirilmeli ya da tamamen ortadan kaldırılmalıdır. Tekrarlanan iş sırasında molalara daha fazla yer verilmelidir [34].

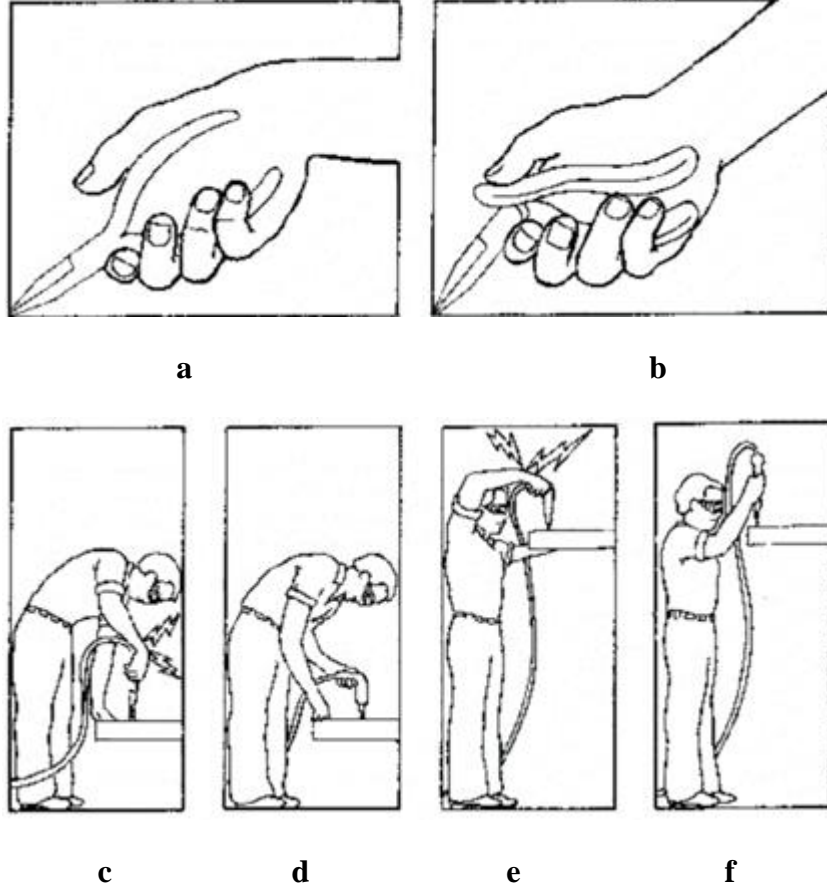
Montaj işlerinde ise gelen parçaların işe uygun olması gerekir ve çalışan kas gücünün büyük bir bölümünü işi için harcamalıdır. El aletleri sakatlanmaya ya da kazaya neden olduğunda değiştirilmelidir ya da düzeltilmelidir. Çalışanın yaptığı iş uzun süre ters harekete, uzanmaya ya da dönmeye neden olmamalıdır ve çalışanlara kaldırma yöntemleri konusunda eğitimler verilmelidir. İş tasarımı kaldırmaları ve taşımaları en aza indirilecek ya da taşıma ve kaldırmalara ihtiyaç duyulmayacak şekilde ayarlanmalıdır. Oturarak çalışma en aza indirilmelidir. İş değerlendirilmesi ile tekrarlayan işleri yapan işçilerin rotasyon ile aynı kaslarının kullanılması engellenmiş olur. İşçiler ve kullandıkları makineler iyi yerleştirilirse performans kayıpları ve vücudun zorlanması azalır. Kazaların önlenmesi işverenler için kısa vadede maliyetli olabilir, ancak; uzun vadede iş verimini artırır ve çalışanların motivasyonunu yükseltir ve bu durum işverene kar getirir [34].

2.6.2. El Aletleri

El aletlerinin ergonomik prensiplere göre tasarlanması gerekir. İşçiye uygun olarak üretilmemiş el aletleri sağlık problemlerine neden olduğundan çalışanın verimliliğini düşürür. Bu gibi sorunları önlemek ve verimliliği arttırmak için el aletlerinin çalışana ve yapılan işe uygun üretilmesi gerekir. Uygun tasarlanmış el aletleri vücudun konumunu ve hareketlerini bozmayıp, üretim sürecini olumlu etkiler. Bilek ve parmak kasları yerine, omuz, kol ve bacak kaslarının kullanılmasını gerektirecek araçlar tercih edilmelidir. Kalitesiz el aleti kullanmamalı, ağır el aletlerinin sürekli olarak yukarıda tutulması önlenmelidir. İyi tasarlanmış el aletleri bilekleri her zaman vücudun yanında tutmalıdır, ve böylece omuz ve kolların zarar görmesi, vücudun eğilmesi, dönmesi ortadan kalkmış olur. Bir malzeme kaldırılacağı

zaman tutacak bir yerinin olması önemlidir. Cildin ve parmakların sıkışacağı boşlukların olduğu el aletleri tercih edilmemelidir. Çift tutacağı olan aletlerin seçilmesi doğru olur. Böylece, el sıkışması olmaz, el aletlerinin tutacak yerleri kolayca tutulabilir ve elektriğe karşı izolasyonlu olmalıdır. El aletlerinin keskin kenar ve uçlarının olmayanları tercih edilmelidir ve kaymaların olmaması için plastik ile kaplı olmalıdır. Çıkıntılı tutamakların ellere fazla basınç uyguladığından seçilmemeleri faydalıdır. Genellikle kullanırken eğilme ve dönme hareketi gerektirmeyen el aletleri tercih edilmelidir. El aletlerinin düzenli bakımlarının yapılması önemlidir. El aletlerinin kullanımı sağ ve sol elini kullananlar için farklılık göstermemelidir. Ağır işler çalışanların fiziksel kapasitelerini aşmamalı ve gün içine yayılmalıdır. Arada hafif işler yapılmalı, günlük çalışma süresi içinde dinlenme ve molalara yeteri kadar yer verilmelidir. Ağır fiziksel görevlerde yükün ağırlığı, çalışanın yükü ne sıklıkta taşıdığı, taşınma uzaklığı, yükün şekli, yükü taşımak için ihtiyaç duyulan zaman gibi faktörler mutlaka bilinmelidir [34].

Şekil 7a arası açıklı el aletini göstermektedir.Yapılan iş belden yukarıda çalışanın göz hizasındaysa Şekil 7a'daki el aleti tercih edilmelidir. Şekil 7b'deki el aletinde ise boşluk azdır. Yapılan iş belden aşağıda çalışanın diz hizasında ise Şekil 7b'deki el aleti tercih edilmelidir. Şekil 7d' deki pozisyon ile çalışırken Şekil 7b'deki gibi arası fazla açık olmayan el aletleri kullanılmalıdır; tutulan aletin arasındaki boşluk az olduğu için, aleti tutmak kolay ve rahattır, elin sıkışması önlenmiştir. Eğer Şekil 7f'teki pozisyonda çalışılmak istenirse, Şekil 7a'daki gibi arası boşluklu el aletleri seçilmelidir. Bileklerin bükülmesi, incinmesi önlenmiş olur. Aksi takdirde, mesleki incinmenin görülmesi olasıdır. Şekil 7(c-e) farklı çalışma pozisyonları için yanlış alet seçimini göstermektedir. Çalışma pozisyonlarında ellerin konumu çok önemlidir, aletlerin işin yapılış konumuna göre seçilmesi ellerde ve dirseklerde incinme, bükülmeleri önlemiş olur [32].

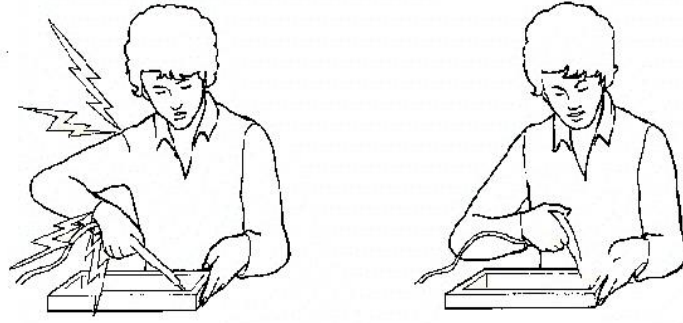


a. Arası açıklı el aleti **b.** Arası açıklı olmayan el aleti

c. Yanlış pozisyon **d.** Doğru pozisyon **e.** Yanlış pozisyon **f.** Doğru pozisyon

Şekil 7. Uygun el aletleri ile çalışma pozisyonları

Şekil 8'de çalışanın uygun ve uygun olmayan el aletleri ile çalışmasını göstermektedir. Şekil 8a'da çalışanın uygun olmayan el aleti seçimi sonucunda bilek ve omuzlarında rahatsızlıklar görülmektedir. Şekil 8b'de çalışanın uygun el aleti ile rahat çalıştığı görülmektedir. El aletleri ile çalışırken çalışanın kolu gövdesine yakın olmalıdır, böylece kolun rahat çalışması sağlanmış olur [32].



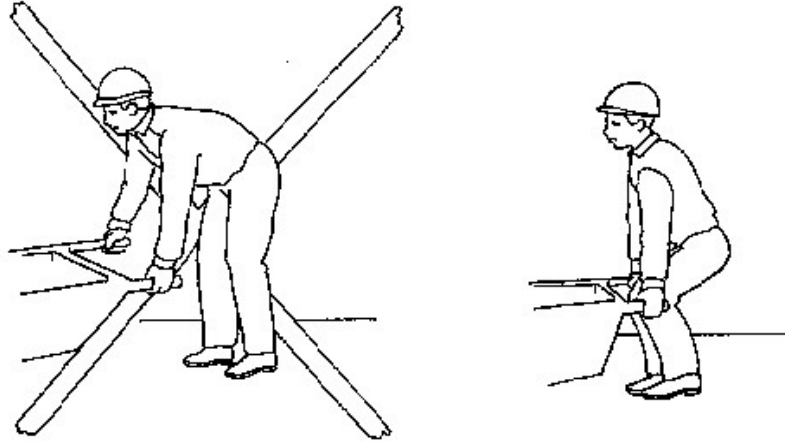
a. Yanlış çalışma pozisyonu **b.** Doğru çalışma pozisyonu

Şekil 8. Uygun alet seçimi ile çalışanın rahat çalışması

2.6.3. Elle Taşınalı İşlerde Yapılması Gereken İyileştirmeler

Taşımanın kolay olması için yük birden fazla kişiyle taşınmalı, yükün ağırlık merkezi çalışan kişiye yakın olmalıdır. Vücut eğilmelerini ortadan kaldırmak için depolama yapılan yer bel hizasında ya da daha da yukarıda olmalıdır. Yükün bel yüksekliğine gelinceye kadar taşımanın kaldıraçlarla yapılması gerekir. Yük yuvarlanan malzemeler üzerinden kaydırılabilmeli ve transfer etmek için kemer, kayış gibi araçlar kullanılmalıdır. Bununla birlikte yeni depolama yöntemleri geliştirilmelidir; uygun yükseklikte raflar ve destekler kullanılmalı ve yük paletlerde taşınmalı, yükün yayılması için yük paletin ortasına yerleştirilmeli, taşıma mesafesi en aza indirilmelidir. Çalışma ortamının planlamasına dikkat edilmelidir [34].

Şekil 9'da uygun ve uygun olmayan yük kaldırma pozisyonları gösterilmiştir. yük kaldırılırken bel ve omurga incinmelerine dikkat edilmelidir. Şekil 9a'da çalışanın belinde incinme riski yüksektir. Kaldırılan yük çalışanın bel hizasının altındadır, çalışan çömelmeden yükü kaldırmaya çalışmaktadır. Yük çalışan bedenine yakın tutularak ve çömelerek kaldırılmalıdır. Şekil 9b deki kaldırma pozisyonu doğru bir pozisyondur [32].

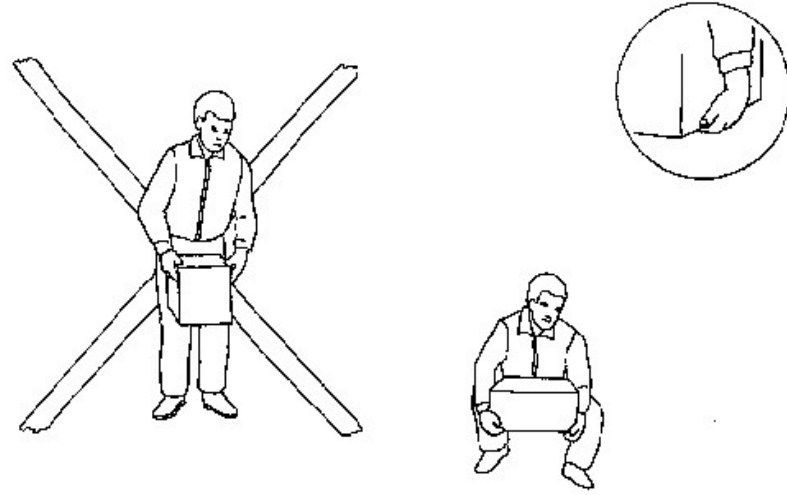


a. Yanlış Pozisyon

b. Doğru pozisyon

Şekil 9. Uygun ve uygun olmayan yük kaldırma pozisyonları

Şekil 10a'da yükün yerden farklı pozisyonlarda kaldırılması gösterilmiştir. Yük yerden kaldırılırken eller yükün altında olacak şekilde ve yükü kaldıranın bel hizasından kaldırılmalıdır. Böylece arka omurgaya binen yük azalacak, sakatlanmalar olmayacaktır. Şekil 10a' daki çalışan yükü yerden çömelmeden ve yükü yanlardan tutarak kaldırmaktadır. Dolayısıyla Şekil 10a'daki yük kaldırma pozisyonu uygun değildir. Şekil 10b'de çalışan yükü çömelerek ve alttan tutarak kaldırmaktadır. Şekil 10b'deki kaldırma pozisyonu önerilen kaldırma pozisyonudur [32].



a. Yanlış pozisyon b. Doğru pozisyon

Şekil 10. Uygun ve uygun olmayan yük kaldırma pozisyonları

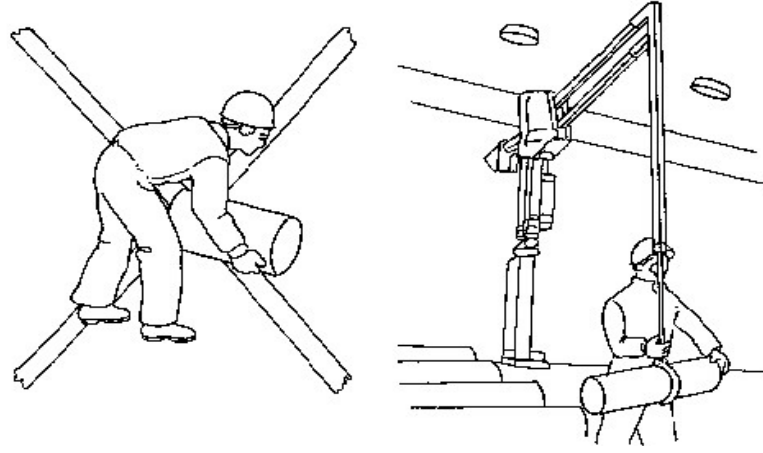
Ağır yüklerin kaldırılmasında birden fazla kişi tercih edilmelidir. Kaldırma eylemi aynı anda ve aynı hızda olmalıdır. Şekil 11’de ağır yükün uygun kaldırılma pozisyonu gösterilmiştir [32].



Şekil 11. Ağır yüklerin kaldırılması

Şekil 12a’da çalışan ağır yükü yerden kendisi kaldırmaktadır. Bu durum çalışan sağlığı için tehlike oluşturmaktadır. Ağır yükler elle taşınmamalı, bunun yerine özel kemerli taşıyıcılarla istenilen yere götürülmelidir. Şekil 12’de ağır

yüklerin taşınma yöntemleri gösterilmiştir. Şekil 12b’de çalışan özel kemerli taşıyıcı ile yükü yorulmadan, rahatça istenilen yere götürebilmektedir [34].

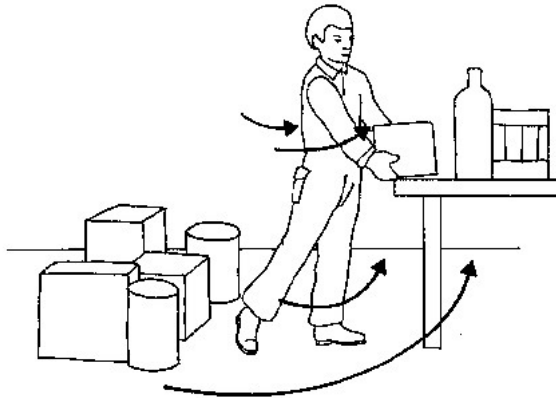


a. Yanlış pozisyon

b. Doğru pozisyon

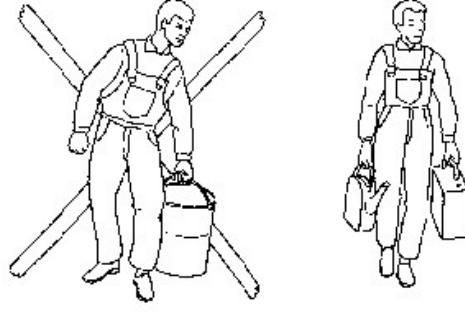
Şekil 12. Ağır yüklerde taşıma yöntemleri

Yükü yerden kaldırılması ve belin bükülmesi sırt ağrılarını tetikler, omurgada ağrılara neden olur, çalışan kaldırdığı yükü taşıırken sadece bacaklar kullanılmalıdır. Yükü koyacağı yere doğru adım atıp, yükü koyacağı yere bütün bedeni ile dönmelidir. Şekil 13 yükün yerden kaldırılmasını doğru bir şekilde göstermektedir [34].



Şekil 13. Yükün yerden kaldırılması

Elle taşınan yüklerde yük çalışanın vücut sağlığı açısından iki kolla taşınmalıdır. Böylece yük taşınırken dengenin sağlanması, ağırlığın eşit dağılımı sağlanmış olur. Taşımada iyi tasarlanmış tutamaklarla yükün kaldırılması son derece önemlidir. Şekil 14b uygun taşıma pozisyonunu göstermektedir. Şekil 14a'da çalışan yükü tek koluyla taşımakta ve vücut sağlığı tehlikeye girmektedir [32].



a. Yanlış pozisyon

b. Doğru pozisyon

Şekil 14. Uygun ve uygun olmayan taşıma pozisyonları

Ergonomi, insanın minimum çabası ile maksimum iş üretebilmesini, insanın limitlerini aşmadan en yüksek verimlilikte çalışmasını sağlar. Ergonomi, bir işi kolayca yapılabilecek hale getirerek verimliliğe katkıda bulunur.

2.7. Ergonomi Verimlilik İlişkisi

Genel bir tanımlama yapılırsa verimlilik, bir üretim ya da hizmet sisteminin ürettiği çıktı ile bu çıktıyı üretmek için kullanılan girdi arasındaki ilişkidir. Bu nedenle verimlilik, çeşitli mal ve hizmetlerin üretimdeki kaynakların (emek, sermaye, arazi, malzeme, enerji, bilgi) etkin kullanımınıdır. Verimlilik sonuçları ile bu sonuçlara ulaşmak için harcanan süre arasındaki ilişkidir [35].

En yalın şekliyle verimlilik çıktının girdiye oranı olarak tanımlanabilir. Girdi zaman, enerji, kuvvet gibi faktörler olabilir, çıktı ise üretilen değerdir. Maksimum verimlilik en fazla çıktıyı en az girdi ile veya aynı çıktıyı daha az girdi ile elde etmektir. Ergonomide ise en az insan çabası ile daha fazla iş üretebilmektir. İnsan sınırlarını aşmadan en yüksek verimlilikte çalışmak mümkün hale getirilir. Ergonomi bir işi kolayca yapılabilecek hale getirerek verimliliğe katkıda bulunur [35].

Küreselleşme sürecinde, işletmelerin daha rahat rekabet edebilmeleri ve avantajlı duruma geçebilmeleri yönetimden en alt kademedeki çalışana kadar verimli insanlara ihtiyaç vardır. Bu verimli insanların çalışmaları da verimli olacak ve hedeflenen kalite ve başarıya ulaşılabilinecektir [8].

Ergonomi üretim süreci ve teknikleriyle, çalışanlarla, kaliteyle çevresiyle ve yönetim anlayışı ile birlikte ele alınmalıdır [36].

Ergonomi; çalışanın sağlığını koruyarak ve güvenliğini sağlayarak bir işletmede verimliliğin artmasını sağlar. Kaliteli mal ve hizmet üretimi, çevreye zarar vermeden insanca bir ortamda gerçekleşmektedir. Bunun sonucunda iş memnuniyeti de artmış olur [36].

Düşük kalite ve verimlilik, ergonomik olmayan çalışma koşulları işletmelerin rekabet edebilirliklerini düşürmektedir. İşletmelerde yapılan ergonomi çalışmaları ile kalite ve gelirlerinde artış, maliyetlerinde azalış, çalışma koşullarının düzenlenmesi ile çalışan memnuniyetinin sağlanması ve verimliliğin artırılması sağlanır [8].

Ergonomi, insanların teknolojiyi nasıl kullandıklarıyla, insan yapabilirliklerinin, beklentilerinin ve sınırlarının sistem tasarımı ve çalışma çevreleriyle etkileşimi ile ilgilenir [37].

Ergonomiye “işi insana uydurma yollarının araŝtırılması” denebilir. İşin insana uydurulması amacıyla insan fizyolojisi, anatomisi ve psikolojisi bilimleri, teknik bilimlerle birlikte incelenerek uygulanır. Bunun sonucunda, gereksiz ve aşırı zorlamalardan kaçınılır, çalışma sũresince organizmanın zarar gũrmesi nlenilir, çalışmaların etkinliği arttırılır. Ergonomi pratik olarak insan-makine sisteminin verimini arttırma amacını gũder. Uzun vadede, ergonomik çalışmaları önemsememek, rekabet ve finansal yönden iŝletmeyi zarara uğratır [35].

alıŝan verimliliği, mesleki sağlık ve gũvenlik özellikle gelişmekte olan ülkelerin endũstrilerinde önemli konular arasında yer almaktadır. Bazı uygun olmayan çalışma koşulları; işin gerektirdikleri ile çalışanın yetenekleri arasında bir uyumun olmaması, ktũ evre koşulları, makinelerin insan fiziki özelliklerine gũre uygunsuz tasarımı ve ktũ yönetim sistemleri çalışanların üretkenliğini dũŝũrũp, maliyetleri yũkseltmektedir [6].

Makine ve araçlar dũzenlenirken veya işyeri planlanırken, ergonomik kurallara gũre dũzenleme ve planlama yapılırsa, iş ile işçi arasında iyi bir uyum sağlanır, böylece en az yorgunlukla en yũksek verime ulaşma sorunu daha kolay ve daha ucuz zũmlenir [23].

Hayatın insan üzerindeki zorlayıcı ve olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılmasına, sınırlandırılmasına yönelik bũtũn çabalar ergonominin çalışma alanına girer. Ergonomi verimli, gũvenli, rahat ve etkili bir insan kullanımı sağlamak amacıyla araç, gereç, makine, sistem, iş, çalışma akıŝı ve dũzeni ile çevresel faktörleri tasarlamak amacıyla insan davranıŝı, yetenekleri, kısıtlılıkları ile ilgili bilgileri araştırır ve uygular [36].

Aktivite mekânlarının tasarımı ve düzenlenmesinde insan ölçüleri göz önüne alınmalıdır. İnsan ile onun kullanacak olduğu araç-gereç ve mekanın uygun değer etkileşimi söz konusu olmalıdır. Ancak bu sayede rasyonel, fonksiyonel ve sağlıklı kullanım dolayısıyla yapılan işten verim elde etmek mümkün olacaktır [38, 39].

3.ANTROPOMETRİ

İşin insana uydurulmasının temel dayanağı vücut ölçüleridir. Çalışma yerlerinin tasarımında insan ölçüleri göz önüne alınırken, insan vücut ölçülerinin bilinmesi, makinelerin ve dolayısıyla insan-makine sistemleri tasarımının ön koşuludur. Bu ölçüler bilinmeden insan ile makinenin optimum etkileşimi tasarlanamaz. Ancak bu sayede, rasyonel ve yorucu olmayan bir iş ortamı elde edilebilir. Zira bir makine, teknik yönden ne kadar mükemmel olursa olsun, eğer onu kullanacak insanın ölçülerine ve bio-mekanik özelliklerine uygun değilse, o makine etkin olarak kullanılamaz [1].

3.1. Antropometrinin Tanımı

Antropometri ergonominin dayandığı bilim dallarından en önemlisidir. Antropometri insan vücut ölçülerini kapsayan ergonominin alt bilimidir. Yaş ve cinsiyetlerine göre değişiklik gösteren araç ve gereç kullanıcılarının boyut farklılıklarına göre (insan-çevre için ara kesit) tasarımlarında antropometri biliminden yararlanır [1].

Yunanca antropos (insan) ve metikos (ölçü) sözcüklerinden oluşan antropometri, insan vücut ölçülerinin belirlenmesi ve uygulanması ile uğraşan bir bilim dalıdır. Mühendislik antropometrisi ise ergonominin en önemli konularındandır ki, insan ölçülerini mühendislik açısından değerlendirerek inceler [1].

Antropometri, insan bedeninin ölçülerinin, çoğunlukla karşılaştırma yapmak amacıyla incelenmesi veya insan bedenine ait ölçülerin, sistemli bir biçimde derlenip aralarındaki ilişkilerin saptanması veya insan vücudunun boyutları ile ilgilenen bir bilim dalıdır. Ergonomi alanı için önemli olan antropometri, tasarımcıların ve üreticilerin güvenilir, etkili ve kullanılması rahat tüketim malları üretmelerine yardımcı olur [22].

Antropometri bilimsel manada, insan vücut ölçüleri ve vücut hareketleri ile bu hareketlerin frekans ve sınırları gibi vücut özelliklerini inceleyen bir disiplindir. “Vücut ölçüleri bilimi” olarak da adlandırılan antropometri, çalışma (veya dinlenme) yeri tasarımının temelini oluşturmaktadır. Genel bir yaklaşım açısıyla antropometri, insanlara yardım ve hizmet etmesi için düşünülmüş bütün eşya ve araç tasarımının ayrılmaz bir parçasıdır [1].

Çalışan insanların fiziksel rahatlıklarının sağlanması, beden yeteneklerini maksimum düzeyde kullanabilmeleri, kullandıkları malzemeler, çalışma yüzeyleri ve hacimlerinin kendi boyutları ile uygun olması ile mümkündür. Böyle bir yaklaşımda antropometrik yaklaşımlar kullanılır. Bu boyutlar, uzunluk, genişlik, yükseklik, ağırlık, çevre boyutları gibi farklı boyutlardır. Ergonomik amaçlarla antropometri yaklaşımlarında statik ve dinamik antropometri olarak bilinen iki farklı metod geliştirilmiştir [19].

3.1.1. Statik Antropometri

Statik antropometri, insanların statik duruş ve oturuşlarında ölçülen metrik değerleri ele alan bir alandır [20].

Statik antropometri ile elde edilen sayısal veriler, çalışma hayatında çok çeşitli amaçlarla kullanılabilir. İnsanların kullandığı geçitler, pek fazla hareket etmeden durduğu hacimler ve oturma yeri gibi boyutsal yaklaşımlarda doğrudan doğruya statik antropometri bulguları kullanılır. Her çeşit statik antropometri yaklaşımının özel bir nedeni vardır. Okul çocuklarının oturacağı sıraların boyutlarını saptamak için uygulanacak ölçüler yanında, bir gaz maskesinin yüz ölçülerine uygun bir şekilde ve boyutlarda imali için gerekli ölçülerin saptanmasında da statik antropometri yaklaşımı kullanılır [19].

3.1.2. Dinamik Antropometri

İnsanların ayakta dururken ya da otururken çevrelerindeki araç, gereç, kontrol sistemlerine ve çeşitli işlem noktalarına uzanabilmesi için, eğilme, uzanma ve dönme gibi hareketlerinin sınırlarının ölçülmesi dinamik antropometrinin uğraş alanına girmektedir. Bürolardaki fiziksel boyut sorunlarını çözerken, tüm çalışanların ve her tip insanın kullanımı söz konusu yer ve düzeneklerin bulunacağı unutulmamalıdır. Her türlü geçit ve kapıların düzenlenmesinde iş görenlerin rahatça geçebileceği ölçüler dikkate alınmalıdır [19].

3.2. Antropometrinin Tarihçesi

İnsanın vücut ölçülerinin sistematik olarak incelenmesine 18. yüzyılın sonlarında başlanmıştır. O zaman ki araştırmalarda genellikle ticari ürünlerin tasarımı, tıbbi kayıtlar elde etme gibi belli alanlara yoğunlaşmış ve askeri amaçlarla yapılan çalışmalarda ise, vücut ölçülerinin veya genel olarak vücut yapısının, araç ve gereç tasarımına etkileri incelenmiştir. Bu çalışmalar, psikoloji, antropoloji, fizyoloji ve tıp disiplinlerinin mühendislikle birleşmesine yani ergonomi biliminin doğmasına yol açmıştır [1].

Marco Polo'nun Çin'i ziyareti ile hız kazanan, vücut ölçülerinin bir ırktan diğerine farklılık gösterdiği görüşü, Linne, Buffon ve White gibi bilginler tarafından incelenmiş ve bu bilginler, sonradan ırksal antropometri diye isimlendirilen bilim dalının temelini atmışlardır [40].

Antropometri mühendisliği dalında uygulamaya yönelik bilimsel çalışmaların ilk iş verimini arttırmak amacıyla gerçekleştirilen "hareket etüdü"dür. Bu etütler sayesinde, yapılacak iş için kullanılacak araç gerecin, işçinin kolayca erişebileceği bir yerde bulundurulmasının değeri anlaşılmış, bunun sonucu olarak da iş istasyonlarının bilimsel olarak tasarımına gidilmiştir. Günümüzün antropometrisi ilk kez 1926 yılında, çalışanların daha az yorulmasını sağlamak amacıyla, vücut ölçüleri değişik postürlere göre oturakların daha uygun tasarlanmasında kullanılmıştır.

Legros ve Weston tarafından gerçekleştirilen bu uygulamadan sonra Lay ve Fisher (1940) "oturma rahatlığı ve rahatlık açısı", Hooton (1945) 'de "araba koltuğu tasarım kriterleri" konularında ayrıntılı çalışmalar yapmışlardır [1].

3.3. Antropometrinin Önemi

Antropometri bilimsel manada, insan vücut ölçüleri ve vücut hareketleri ile bu hareketlerin frekans ve sınırları gibi vücut özelliklerini inceleyen bir disiplindir. "Vücut ölçüleri bilimi" olarak adlandırılan antropometri, çalışma (veya dinlenme) yeri dizaynının temelini oluşturmaktadır. Genel bir yaklaşım açısıyla antropometri, insanlara yardım ve hizmet etmesi için düşünülmüş bütün eşya ve araç tasarımının ayrılmaz bir parçasıdır. Antropometrik veriler insan mühendisliğinde, diğer ismiyle ergonomide, başta iş alanları olmak üzere tüm alet, mobilya ve giysilerin fiziksel ölçülerini belirlemede kullanılır. Böylece alet veya ürünün ölçüleri ile onu kullanan insanın ölçüleri birbirine uyumlu hale getirilerek "görev insana uygun hale getirilir". Antropometri, birbirine hiç benzemeyen eşyaların ölçülerini optimize etmeye yarar. Örneğin, diş fırçalarının kıl ve sap uzunluklarından, şişe ve kavanozların tepesindeki vida yivlerinin çap ve derinliğine kadar; otomobil takım çantalarındaki aletlerin ölçülerinden, radyo ve TV gibi aletlerdeki el ayar düğmelerine kadar; cep telefonlarındaki tuşların boyut ve konumlarından, elbise ve giysilerin beden ve hatta kol düğmesi büyüklüklerine kadar antropometrik boyutlar ihtiyaç vardır [1].

Ancak, antropometrik veriler, vücut ölçüleri ve oranları değişik topluluk ve ırklarda büyük ölçüde farklılıklar gösterir [1, 10, 41].

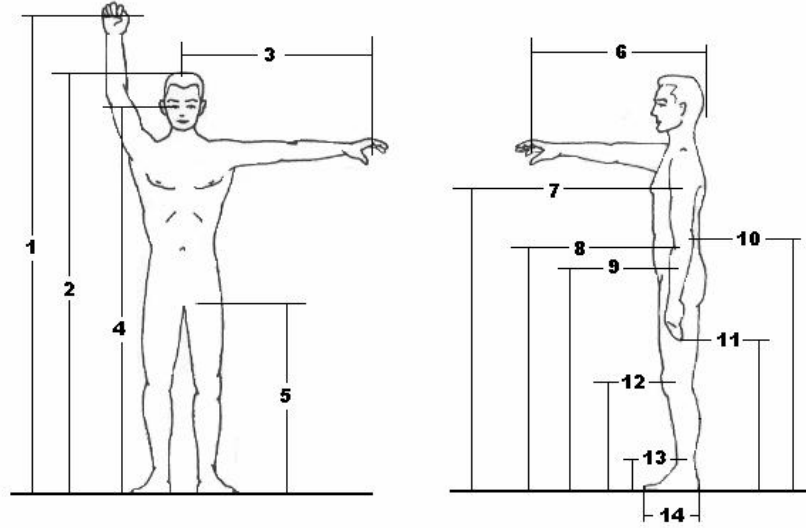
Antropometri bilimi, bireyler veya gruplar arasında, anatomi, coğrafi bölge ve meslek grupları gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanan farklılıkları ve benzerlikleri saptayarak daha geniş bir insan kitlesine uygun tasarımlar yapmak için imkan sağlar. Bu tasarımlar için belirlediği vücut ölçüleri arasında, vücut hareketsiz ve belirli bir standart pozisyondayken alınan yapısal vücut ölçüleri ve vücut hareket halindeyken alınan fonksiyonel vücut ölçüleri bulunur [20].

Örneğin; ABD’li bir üretici malını orta ve güney Amerika’da veya güneydoğu Asya’da satmak istiyorsa, ürün boyutlarının dünyadaki en küçük ölçülere sahip Meksika’lı veya Vietnam’lı kullanıcılara uygun olmasına dikkat etmelidir. Bir araştırmada, toplumların sahip oldukları antropometrik özelliklerin ürün tasarımındaki önemi şu şekilde açıklanmıştır: Bir alet, Amerika Birleşik Devletleri’ndeki erkek nüfusun %90’ına uygun tasarlanmışsa, bu alet kabaca %90 oranında Alman’a, %80 oranında Fransız’a, %65 oranında İtalyan’a, %45 oranında Japon’a, %25 oranında Tayland’lıya ve %10 oranında Vietnam’lıya uygundur. Zaten, bir ürünün toplumdaki insanların tümüne uygun olacak boyutlarda üretilmesi pratik olmadığı gibi çok da pahalıdır. Bazı ürünler için de mümkün değildir. Bu sebeple ürünler kullanıcıların büyük bir bölümüne uygun olacak şekilde üretilmektedir. Toplu üretimi yapılan eşyaların tasarımında ergonomistin görevi, önce ürünün nasıl kullanılacağını tanımlamak, sonra kullanılabilirliği etkileyecek unsurları belirlemektir. Bu işleme kullanıcı toplumunun sahip olduğu antropometrik değerlerin tasarımda dikkate alınması zorunluluğu dahildir. Böylece belirli bir ürünün tasarımında kullanılacak uygun antropometrik ölçüler, muhtemel müşteri grubunun verileri elde edilerek sağlanabilir. Günümüzde gelişmiş ülkeler kendi insanların standart vücut ölçülerini belirleyerek, iş istasyonu tasarımını bu ölçülere göre en uygun boyut, biçim, kullanım ve hareket serbestliğini sağlayacak şekilde gerçekleştirmektedirler. Alet ile kullanıcı arasındaki fiziksel etkileşimi kolayca gözlemlenmede günümüzde bilgisayarlı tasarım programları kullanılmaktadır. Ancak, bilgisayara dayalı antropometrik tasarım yardımcıları var olmasına rağmen, iş istasyonlarının yerleşimde antropometrik verilerin başarılı bir şekilde kullanılabilmesi, her şeyden önce bu konudaki prensiplerin iyice anlaşılmasına bağlıdır [1].

Antropometrik verileri elde etmede gerçek kullanıcılar için giysilere serbestlik tanınması gereklidir. Kullanıcı antropometrisinde giysinin etkisi hiçbir zaman tam olarak tahmin edilemeyeceği için genellikle santimetre düzeyinde hassasiyet yeterlidir [1].

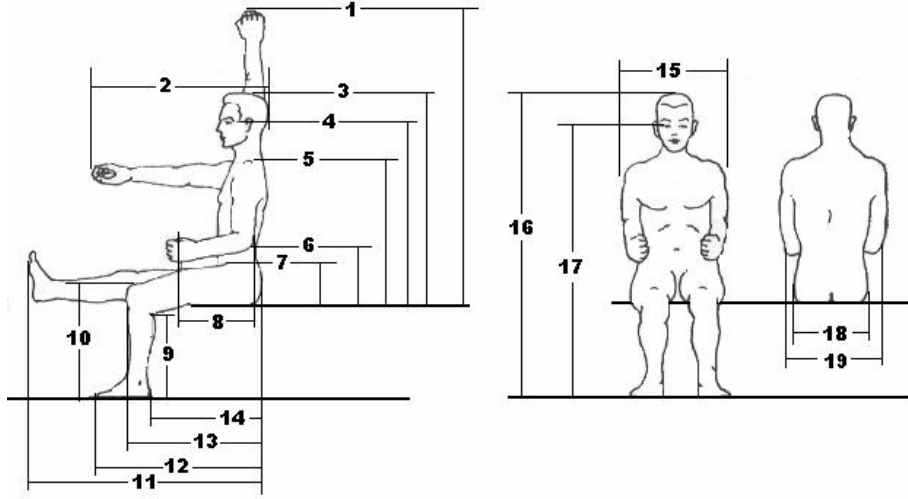
3.4. Antropometride Boyutlar

1950’li yıllarda yapılan antropometrik ölçümleri değerlendiren Hertzberg, ergonomik tasarımlar açısından önemli olan otuz ölçüyü saptamıştır. Bunlardan önemlileri boy, kalça genişliği, kalçadan yukarı yüksekliği, kalçadan dirsek yüksekliği, kalçadan göz yüksekliği, kalça-bacak açıklığı, omuz genişliği, dirsek yüksekliği, omuz-dirsek arası, dirsek el uzunluğu, dirsek-bilek arası, zeminden diz yüksekliği, zeminden kalça altına kadar olan yükseklik, karın derinliği, bacak kalınlığı, ayak uzunluğu, ayak genişliği, el uzunluğu, el genişliği, avuç uzunluğudur. Şekil 15 statik antropometri çalışmalarında kullanılan ayaktaki boyutları, Şekil 16 oturma halindeki boyutları göstermektedir.[1].



Şekil 15. Statik antropometri çalışmalarında kullanılan ayaktaki boyutlar [1].

Ayakta Ölçülen Boyutlar: 1. El Kavrama Yüksekliği, 2. Baş Yüksekliği, 3. Yanda Kavrama, 4. Göz Yüksekliği, 5. Kalça Yüksekliği, 6. Önde Kavrama, 7. Göğüs Yüksekliği, 8. Dirsek Yüksekliği, 9. Bacak Yüksekliği, 10. Bel Yüksekliği, 11. El Kavrama Yüksekliği, 12. Diz Yüksekliği, 13. Ayak Bileği Yüksekliği, 14. Ayak Uzunluğu



Şekil 16. Statik antropometri çalışmalarında kullanılan oturma halindeki boyutlar [1].

Oturarak Ölçülen Boyutlar: 1.Oturarak Yukarıda Kavrama, 2.Oturarak Önde Kavrama, 3.Oturma Yerinden Üst Boy, 4.Oturma Yerinden Göz Yüksekliği, 5.Oturma Yerinden Omuz Yüksekliği, 6.Oturarak Bel Yüksekliği, 7.Oturarak Kalça Yüksekliği, 8.Dirsek Tutak Mesafesi, 9.Oturarak Diz Altı Yüksekliği, 10.Oturarak Diz Üstü Yüksekliği, 11.Taban Kalça Mesafesi, 12.Ayakucu Kalça Mesafesi, 13. Diz Kalça Mesafesi, 14.Oturma Derinliği, 15.Omuz Genişliği, 16.Oturarak Boy Yüksekliği, 17.Oturarak Göz Yüksekliği,,18.Oturma Yeri Genişliği, 19.Dirsekler Arası Genişlik,

3.5. Çalışma Yerinin Antropometrik Düzenlenmesi

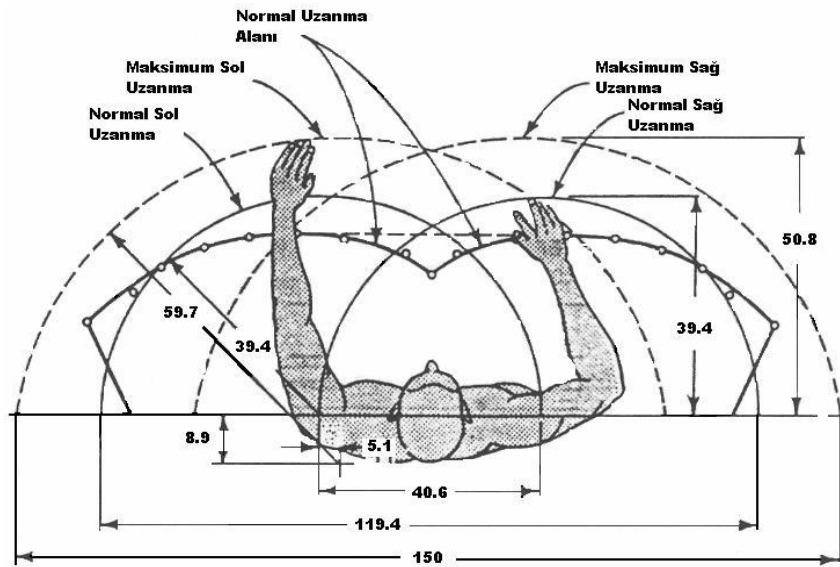
Ergonomik açıdan çalışma yerlerinin antropometrik düzenlenmesinde, insana, makineye ve çalışma yerine ait ölçüler ortak bir fonksiyon içinde değerlendirilir. Bu açıdan en iyi çalışma yeri düzeni, çalışan kimsenin zorlanmadan, istenilen sıklıkta el, kol ve ayaklarının koordinasyonunu sağlayabildiği ve hareketlerde meydana gelen küçük sapmaların, yapılan görevin yerine getirilmesini engellemediği düzendir [19].

Çok kabaca insan ölçüsü ya da insanın vücut ölçülerinin saptanması ve kullanılması bilimi olarak tarif edebileceğimiz antropometri, diğer bir tanıma göre; bireyler ve gruplar vb. arasındaki farkları saptamak üzere insan bedeninin ölçümü ile uğraşan bir bilimdir. Antropometri, aktivite alanlarının düzenlenmesinde, insana ait ölçüler ile aktivite alanı ve o alandaki her çeşit donatı elemanlarına ait ölçüleri, ortak bir fonksiyon içinde birlikte değerlendirir. Bu nedenle, aktivite alanından

yararlanacak olan kişilerin bu aktiviteleri zorlanmadan yapabilecekleri, vücut organlarını (el, göz, kol, ayak vb.) koordinasyonunu istenilen sıklıkta sağlayabileceği düzenin sağlanabilmesi, tasarımda antropometrik ölçüleri göz önünde bulundurmakla mümkündür [22].

Ayrıca, iş düzenlemede statik ölçüler kadar işlevsel ölçüler de önem taşır. Zira insan iş sırasında sadece sabit bir duruş şeklinde bulunmaz. Uzanır, eğilir, ayağını pedala uzatır, görüş alanını değiştirir vb. Dolayısıyla, işlem alanlarının hesaplanmasında, sadece vücut ölçülerinin geometrik ilişkisine bakılmaz; iş bütünüyle, kritik gözle işlevsel olarak sınırlanır. İşlem alanı, yerine getireceği işe bağlı olarak kişinin gereksindiği alandır. Bu alanın boyutlandırılmasında, kullanılan organ ya da vücut bölümü hareket sınırlarının maksimum kavrama noktaları da göz önüne alınmalıdır [1].

Şekil 17, çalışanın yatay düzeyde uzanma mesafelerini ve çalışma ölçülerini göstermektedir. İyi planlanmış çalışma alanı kötü koşulların oluşturduğu sağlık sorunlarının çıkmasını engeller. Çalışma alanının tasarımı, çalışan ve işin gerektirdiği koşullara uygun olmalıdır [25].



Şekil 17. Yatay düzeyde uzanma mesafeleri ve çalışma alan ölçüleri (cm).

Antropometrik veriler kullanılarak çalışma yeri düzenlemesi yapılır. Bu düzenleme sayesinde iş gören daha rahat çalışacağından iş yerinde verimlilik sağlanmış olur. İnsanların vücut ölçüleri çok farklı olduğu için aktivite alanlarının ve araçlarının şekillendirilmesinde ortalama değerlerin alınması doğru olacaktır. Yapılacak olan aktiviteye ve kullanıma göre genellikle insanların diz, kalça, dirsek ve göz yükseklikleri, el, ayak uzama, açılma alanları göz önünde bulundurulmalıdır. İnsanların aktivitelerinde en etken ellerdir. Bu yüzden saplar, kulplar, kavramayı gerektirecek aletlerin büyüklüğü ve yüzeyleri insan eline uygun olarak tasarlanmalıdır [32].

İşyeri araç ve gereçlerinin tasarım sürecinde çeşitli bilgisayar programlarından yararlanır. Tasarım süreci boyunca yapısal analizde kinematik ve fem (Finite Element Method) modelleri kullanılarak ön ürün testi sayesinde yüksek maliyetlerden kaçınılır. İnsan popülasyonunun statik ölçü aralığı belirlenip, bilgisayar ortamına girilip modellendiğinde, buradan çıkan sonuca göre işyeri ortamının tasarım planını yapmak daha uygun olmaktadır. Böylece, çalışanlarla işyerindeki makinelerin ergonomik açıdan uyumu tam olur [18].

Ergonomi, insan-makine-çevre etkileşimini bilimsel olarak inceleyen bilim dalı olduğuna göre, insan tarafından kullanılacak makine veya alet, amaca en uygun şekilde tasarlanmalı ve makineyi kullanacak olanların çalıştıkları yerlerin çalışanlara bedensel, fizyolojik ve psikolojik bir rahatsızlık vermeyecek şekilde düzenlenmelidir. Bir çalışma yerinde kullanıcının makineyi en etkin bir şekilde kullanabilmesi makinenin ve makineyi kullanırken yararlandığı eşyaların, kullanıcının antropometrik boyutlarına uygun olmasına bağlıdır. Bu şekilde hem makineyi iyi kullanabilir, verimli çalışabilir, hem de burada çalışmaktan dolayı rahatsızlık duymadığı gibi, işine kolayca motive olabilir ve işini, işyerini benimser [39].

Antropometrik ölçüler ulus, bölge, cinsiyet, yaş, vücut yapısı, beslenme, fiziksel faaliyet ve hatta ekonomik ve sosyal statüye göre değişiklik gösterir. İnsanların buldukları ortamdaki rahatları, fiziksel sağlığı ve performansı, kullandıkları araç-gereç ve donanımın insan vücudunun ilgili organ ve özelliklerine göre tasarlanmaları ile mümkündür [41, 42, 43].

3.6. Antropometrik Tasarım İlkeleri

Antropometrik veriler kullanılarak çalışma yeri düzenlemesi yapılır. Bu veriler kullanılırken, tasarım için kullanılan verilerin ürünü kullanacak kitleye uyum sağlaması önem taşımaktadır. Antropometrik verilerin tasarım amaçlarına uygun olarak kullanılmasında uyulması gereken bazı ilkeler vardır [1,35,39,42,44].

3.6.1. Uç Değerler İçin Tasarım

Tasarım çalışmalarının en önemli amacı kullanıcı kitlesinin tamamına yakın bir kısmına uyum sağlayabilecek tasarım standartlarının geliştirilmesidir. Vücut ölçüleri ile ilgili araştırmalarda bu ölçülerin normal olarak dağıldıkları varsayılmıştır. Tasarım çalışmalarında, %5-%95 değerleri arasında yer alan kitle hedef alınır. Hacimle ilgili tasarımlarda %95'lik dağılım değeri, erişimle ilgili tasarımlarda ise %5'lik yüzde dağılım değerleri dikkate alınır. Buradaki temel düşünce, uzun boyluların sığabileceği bir kabine kısa boylular zaten sığabilecektir. Kısa boyluların erişebildikleri kontrol paneline de uzun boylular erişebilecektir [1,35,39,42,44].

3.6.2. Ayarlanabilir Aralıklar İçin Tasarım

Bir donanımın belirli ölçüleri, değişik boyutlardaki kullanıcı kitlesini kapsayacak şekilde ayarlanabilir ölçülerde yapılabilir. Örneğin bir otomobil ön koltuğunun ileri-geri hareketi, bir sandalyenin oturak kısmının aşağı-yukarı hareketi gibi. Ayarlanabilir özelliklere sahip olan araç gerecin %5 ve %95'lik dağılım içerisinde herhangi bir noktaya göre ayarlanabilecek şekilde tasarlanması önerilmektedir [1,35,39,42,44].

3.6.3. Ortalama Değer İçin Tasarım

Ortalama değere gore yapılan tasarımlar, düşünüldüğünün aksine, büyük bir kullanıcı kitlesini karşılamamaktadır. Buna rağmen bazı eşya ve araç gereçlerin tasarımında ortalama değere gore boyutlandırma yapılmaktadır. Örneğin; kazak, çorap ve eldiven gibi giysiler ortalama değerlere gore yapılmaktadır [1,35,39,42,44].

4. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ERGONOMİ

4.1. Bilgisayar Destekli Ergonomi Tanımı

Bilgisayar destekli ergonomi, insan vücudu ve çevresi arasındaki etkileşim ile ilgili karışık ergonomik problemleri çözmek için bilgisayarları kullanan bir mühendislik disiplini. İnsan vücudu karışık bir yapıya sahip olduğundan, bu tür karışık problemleri çözmek ve en iyi ergonomik çözümü bulmak için bilgisayarlar kullanılır [45].

4.2. Bilgisayar Destekli Ergonominin Önemi

Bilgisayar destekli tasarım (CAD), dijital insan modelleri ile ürünün yaşam evresi süresince bilgisayar ekranında ürün gelişimini ve testini mümkün kılar, böylece önemli ölçüde kısaltılmış tasarım döngüsü sayesinde ürünün gelişim zamanında ve maliyetinde azalma olur. [13, 46, 47, 48].

Televizyon ya da DVD uzaktan kumandası düğme yeri, ölçüsü, şekli, sayısı, rengi ve tuşların dağılımı, planlaması, bilgisayar yazılımları sayesinde en kısa zamanda, istenilen şekilde tasarlanır ve üretim aşamasına geçilir [49].

Ürün gelişiminden önce pazar araştırması yapılması önemlidir. Pazar araştırmasındaki amaç; var olan ürünlerin gelişimini ve yeni ürünlerin avantajlarını tanımlamaktır ve bu bilgiler insanların yakın gelecekte ne gibi bir ürün alacaklarını, almak istediklerini, ihtiyaç duyacaklarını bildirirler. Pazar araştırmasından elde edilen bilgiler, ürünün tasarım sürecinde performansı, maliyeti, ergonomisi ve güvenilirliği açısından faydalı olur [11].

Bir elektrikli tekerlekli sandalye için motor tasarımında, olabildiğince küçük boyutlu olması planlanan motorun elektrikli tekerlekli sandalyeye uyarlanmasıyla benzerlerine göre daha hafif ve dolayısıyla ergonomik bir yapıya ulaştırılması

istenmiştir. Böylece sandalyenin hacim ve ağırlığının daha da azaldığı tespit edilmiş ve maliyetinde de azalma olduğu görülmüştür. Ayrıca sandalyede kullanılan bu motorların daha az teknik problemlere yol açtığı ve daha az bakım gerektirdiği anlaşılmıştır. Bu da elektrikli tekerlekli sandalye kullanımına rahatlık ve kolaylık getirmiştir [50].

Bütün bir popülasyona hitap eden tasarımın ve üretimin hem sosyal hem de ekonomik açıdan önemi büyüktür. Tasarımcı bütün popülasyonun ihtiyaçlarını karşılayan ürün tasarımında kalite ve maliyet unsurlarını dikkate almalıdır [15].

Örneğin, tarım makinesi tasarımı için bilgisayar destekli ergonomi analizi araştırmasında ise; CATIA programının ergonomi modülüne insan vücudu verisi okutularak tarım makinesinin tasarımı gerçekleştirilir. Bölgesel farklılıklar farklı veriler sunsa da, çok mükemmel bir tasarım ile bu sorun ortadan kaldırılır, yani her insan vücuduna göre bir kullanım söz konusu olur [17].

4.3. Bilişsel Ergonomi

Bilişsel ergonomi; teknolojilerin ortamdaki bireyler üzerindeki etkileşimlerini bilimsel yönden inceleyen bir tekniktir [51].

1950'lerde yeni bir disiplin olarak ortaya çıkan Ergonomi, günümüzde bilgisayar teknolojisinde de "Yazılım Ergonomisi" olarak kendini göstermektedir. Bir insanın bir makineyi kullanması, o insanın makine ile iletişim kurması bir başka ifade ile etkileşimi sonucu ortaya çıkmaktadır. Kurulacak bu etkileşim kullanıcılar açısından fiziksel ve bilişsel ergonomi olmak üzere temelde iki farklı açıdan ele alınmaktadır. Fiziksel ergonomi makinenin amacına uygun bir şekilde kolay ve etkin kullanılabilmesi için fiziksel olarak tasarlanması ile ilgilenirken, bilişsel ergonomi yine aynı amaca yönelik ancak makineyi kullanmak için gerekli olan programın uygun tasarlanmasıyla ilgilenmektedir. Kavramsal olarak bilişsel ergonomi II. Dünya Savaşı sırasında pilotların hatalarının analiz edilmesinden sonra ortaya çıkan ve

1970'li yılların sonunda kişisel bilgisayarların kullanılmaya başlamasıyla birlikte ergonominin bilişsel psikolojiyle kesiştiği bir uygulama alanıdır. Bilişsel ergonomi, zihinsel kavrama ve algılama doğrultusunda çalışanların bilgiyle, araçla ve çevreyle nasıl etkileşim içerisine girdikleriyle ilgilenerek sistemlerin tasarım ve düzenlenmesine yardımcı olmaktadır [52].

Bilişsel ergonominin amacı, aklın işi ve işin aklı nasıl etkilediğini tanımlamaktır. Performans ve bilişim güvenilirliğinin önemine değinilir. Klasik ergonomi ve bilişsel ergonomi çalışma ortamında tamamlayıcı rol üstlenirler [51].

İnsanlar iş görürken, çeşitli el aletlerini, mekanik araç gereci, iş makinelerini, robotlar, bilgisayar ve uzaktan kumandalı aletler gibi çeşitli programlanmış sistemleri kullanırlar. Bu iş birliğindeki amaç insanların fiziksel ve zihinsel yeteneklerini desteklemektir. İnsanların kullandığı her türlü araç ve gerecin en etkin şekilde hizmete sokulması ise onları kullananların duruş, oturuş, genel sağlık, güvenlik ve sisteme uyum konularının dikkate alınmasını gerektirir [25].

Bilişsel ergonomi, tasarımcının bir problemi çözmesine yardım eder ve tasarımcının yaratıcılığı sayesinde en uygun çözümü bulmasını sağlar. Böylece hem ürün tasarımı, hem de tasarım süreci pozitif açıdan etkilenmiş olur [53].

Ergonomik olarak doğru pozisyonda oturma denince, koltuğa oturulduğunda omurlar arasındaki disklere yükün eşit olarak dağılması akla gelir. Bu durumda omurgaya ek bir yük gelmemiş olur [54].

Ergonomik açıdan insanların rahat etmeleri için koltuklarda elektronik sistemler kullanılmaktadır ve bu konuda insanlara optimal rahatlık sunmak için çalışmalar devam etmektedir [55].

Bilişsel ergonomi, insan ve makineler arasındaki ortak işlemlerin performansını, insan ve makine arasındaki iletişim altyapısını, insanların makineleri kullanabilme yeteneklerini, ara yüz algoritmasının geliştirilmesi ve programlanmasını, ara yüz tasarım ve kurulumunda kullanılan mühendislik tekniklerini içerir. Kısaca insan-bilgisayar etkileşiminin bilim, mühendislik ve tasarım yönleri vardır. Başarılı bir tasarım oluşturabilmek için sistemin hizmet edecek kullanıcıların geçmişleri, becerileri, limitleri ve işyerleri bilinmelidir. Ayrıca teknolojinin sunduğu olasılıklar, bunların limitleri ve geliştirme araçları araştırılmalı, gelişimi destekleyecek ve olası kılacak bir süreç oluşturulmalıdır [52].

Bir çalışmada, kullanıcı tercihleri doğrultusunda bir haber sitesinde olması gereken unsurların dışında sayfanın kullanımını zorlaştıran ergonomik hataların varlığı üzerinde durulmaktadır. Tasarımcıların tamamı ana sayfada yer alan çok fazla bilginin karmaşaya ve kafa karışıklığına neden olacağı kanısındadırlar. Gereksiz olan bölümlerin ayıklanabilmesi için istatistiklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu şekilde hazırlanmış olan bir haber ortamı ziyaretçiler tarafından estetik bulunduğu gibi, haber kaynaklarına ulaşma konusunda da sıkıntı yaratmamaktadır [33].

4.4. CATIA ile Bilgisayar Destekli Tasarım

Bilgisayar destekli tasarım, ergonomi bilgisinin tasarım sürecine aktarılmasını konu eder. Tasarımın taslağı, görünümü ve kontrolü, görüş, hareket alanı, fiziksel güç ve çalışma alanı gibi konularda bilgisayar destekli tasarım sistemlerine başvurulur. Bilgisayar sistemleri, çalışma yeri yapısı, insan makine sistemleri, üretim bilgi sistemi gibi alanları analiz etmek, geliştirmek için kullanılır. Ergonomi bilimi, insan ve teknik kaynakların kullanıcı ve çevre için var olan yeni teknolojiyi optimize ederek en iyi şekilde kullanmalarına yardımcı olur. Böylelikle iş memnuniyeti, verimlilik, sistem ya da ürün kalitesi maksimize edilmiş olur [16].

Bilgisayar destekli tasarım teknolojileri günümüzde çok sık kullanılmaktadır, dijital insan modelleme ve antropometrik veri birlikte tasarım sürecinde ergonomik analizi mümkün kılmaktadır [5].

CAD yazılımları sayesinde ürün tasarım sürecinin döngü zamanı kısalarak ergonomik açıdan istenen ürüne ulaşılabilir. Ergonomik açıdan iyi bir tasarım hedef popülasyondan elde edilen verilerle olmaktadır. Bu gibi tasarım araçlarının amacı ürün tasarımcılarını, ürün takımlarını hedeflemek ve detaylı tasarım hakkında bilgi vermektir. [9,11].

Bazı bütünleştirilmiş CATIA gibi CAD sistemleri, insan vücudunun simülasyonunu sağlar ve analiz eder. Bunlar insan yapımı (HBR), insan ölçüm düzenleyicisi (HME), insan duruş analizi (HPA), insan hareket analizi (HAA) olarak sınıflandırılır [14].

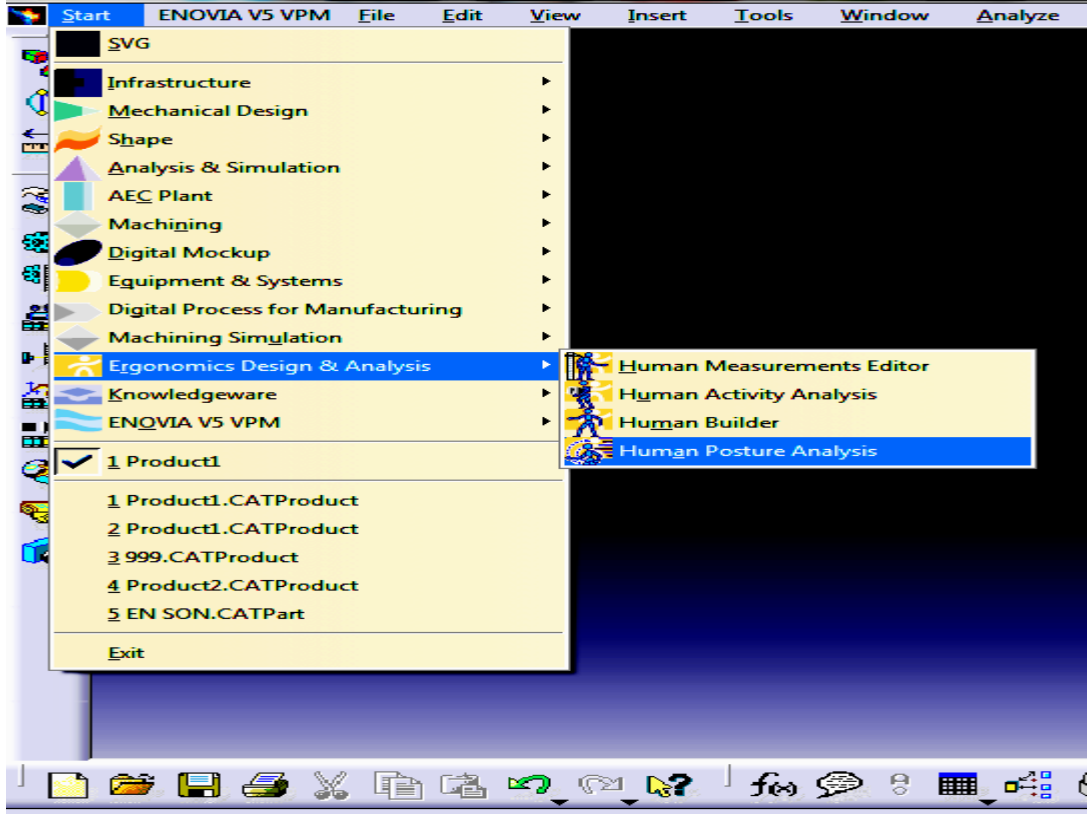
İnsan yapımı (HBR) modülü, tasarım sürecinde insan modeli oluşturmakta kullanılır insan ölçüm düzenleyicisi (HME) ise; istediğimiz nüfusun vücut ölçülerinde insan modeli ayarlanır. İnsan duruş analizi (HPA) sayesinde, insan modelinin açıl sınırları ve duruş analizi belirlenir. İnsan hareket analizi (HAA) ile insan ve ürün etkileşimi sağlanır; itme, çekme, kaldırma, indirme gibi hareketler bu modül sayesinde gerçekleşir [14].

Çalışma duruşlarının risk düzeylerinin belirlenmesinde yük kaldırma ile ilgili olan Snook ve Cirello Tablosu'ndan, NIOSH Kaldırma Eşitliği'nden, İndirme, İtme, Çekme ve Taşıma Modeli'nden, gözleme dayalı olarak ise Rula, yöntemlerinden yararlanır. Snook tablosu, maksimum kabul edilebilir yük ağırlıklarını belirlemeye çalışır, elle gerçekleştirilen yük kaldırma işleri için güvenilir kaldırma limitlerinin belirlenmesini sağlar. NIOSH Kaldırma Eşitliği, yük kaldırma ve indirme işleri içeren görevlerde belde oluşan zorlanmayı belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. İndirme, itme, çekme ve taşıma modeli, fizyolojik değerler dikkate alınarak indirme, itme, çekme ve taşıma hareketleri için kapasite hesaplamasının yapılmasını sağlar. Rula, duruşlardan, ve sarf edilen güçten dolayı çalışanların kas-iskelet sistemleri üzerinde oluşan yüklenmelerin değerlendirilmesini sağlar [54].

CATIA'da gerçekleştirilen analiz insan modeli ile yapılır. İnsan modeli basit, pratik ve gerçekçidir. CATIA tasarımcıya çok gelişmiş insan vücudu uzunluklarını ölçeklenen bir alet sayesinde yüksek kalitede kullanıcı tanımlı insan modeli üretmesine izin verir. Boy uzunluğu ve vücut ağırlığı girilerek basit bir hesaplamayla vücudun ölçüsü bulunur. İnsan vücut ölçüsünü CATIA ya okutarak ergonomik modülde, insan-makine analizi yapılır. CATIA, kullanıcının her hareketini sistematik olarak, tekrarlı, düzenli bir şekilde rahatlık açısından kontrol eder; rahat görmediği hareketi veritabanındaki daha önceden belirlenmiş kullanıcının rahatına uygun başka bir veriyle karşılaştırır ve uygular. İnsanın her hareketinde gözlem yapar ve sorunlu olan bölgeyi renk kodlaması ile belirginleştirir, orayı bir renge boyar ve analiz eder, hareketi en iyileştirmeye çalışır [17].

CATIA programında insanın duruş pozisyonlarını ve hareket pozisyonlarını belirlemek, hareket limitlerine göre insan duruş açılarını göstermek ve sorunlu bölgeleri ortaya çıkarmak için Ergonomics Design and Analysis modülü kullanılır. CATIA programında analizler yapılırken Biomechanics Single Action ve Rula Analiz modüllerinden faydalanılır.

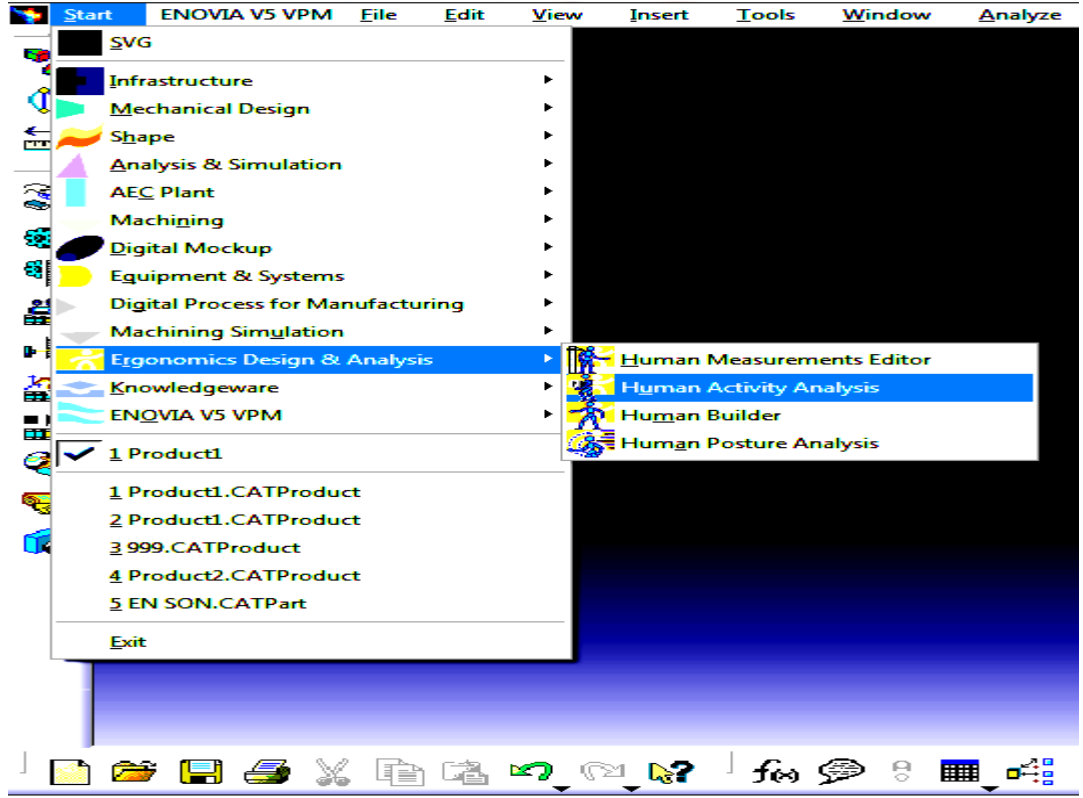
Şekil 18'de gösterilen Human Posture Analysis modülü, CATIA programındaki insan figürü sayesinde, bir firmada çalışan bir insanın çalıştığı pozisyondaki durumunu göstermeyi sağlar. Çalışan insanın duruş şekli CATIA ekranına insan duruş analiz modülü ile verilebilir.



Şekil 18. Human Posture Analysis Modülü

Belirlenen insan duruşu ile uzun süre insan sağlığını tehlikeye atmadan çalışılıp çalışılmayacağını öğrenmek için insan hareket analizi modülüne gidilir.

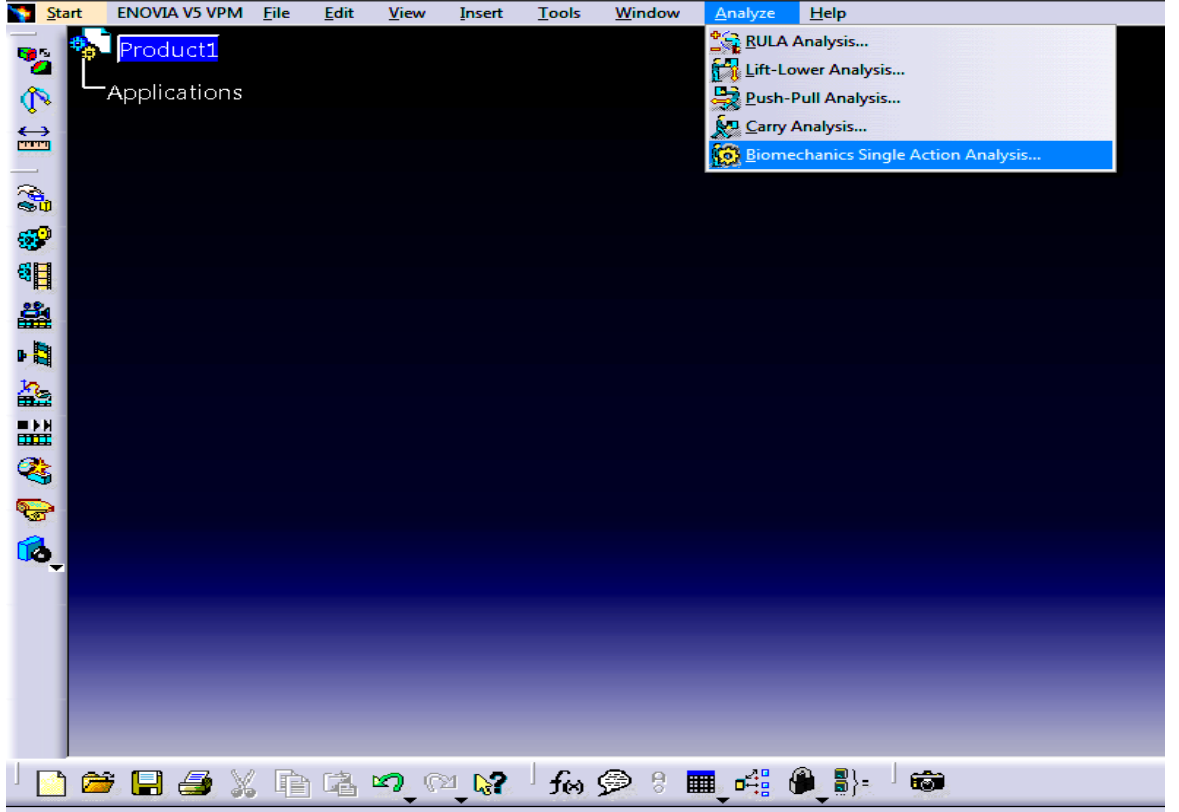
Şekil 19’da gösterilen Human Activity Analysis modülü, mevcut ve önerilen durumdaki çalışma koşullarına göre çeşitli sonuçlar alınmasını sağlar. Yani çalışanın her çalışma koşulunda risk durumlarını göstermeyi, sağlıklı çalışma koşullarında çalışıp çalışmadığının anlaşılmasını sağlar.



Şekil 19. Human Activity Analysis modülü

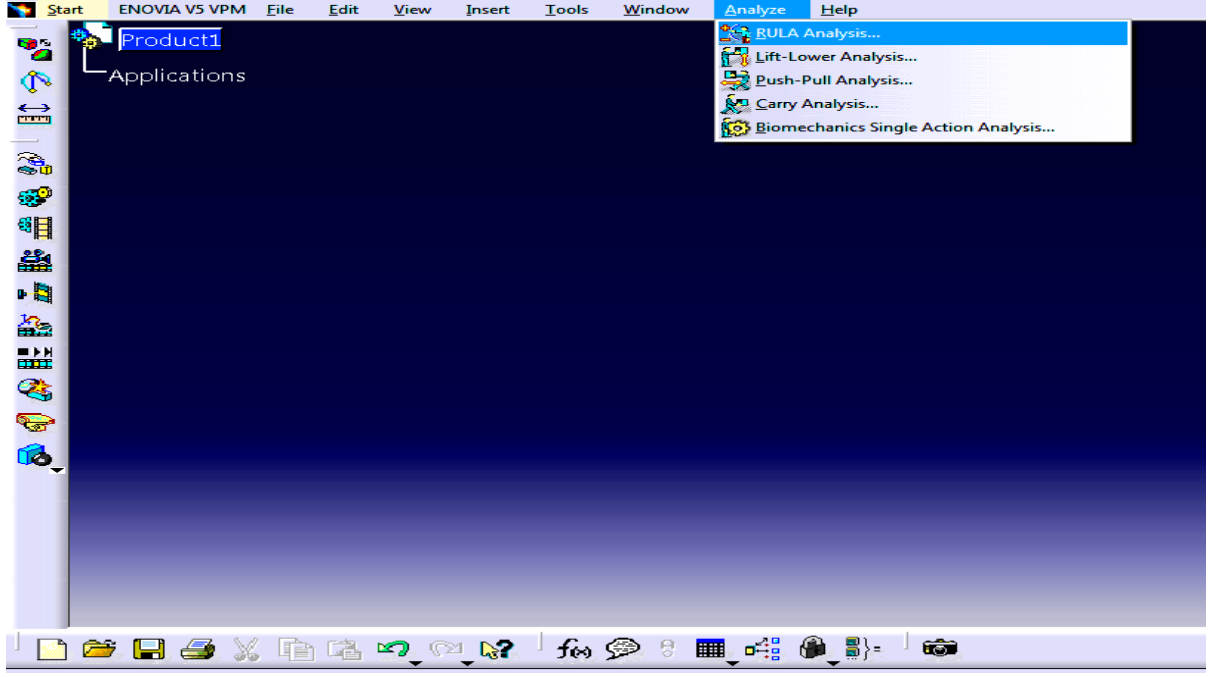
İnsan hareket analizi modülü Biomechanics Single Action Analysis ve Rula Analysis bölümlerini kapsar. Bu bölümler sayesinde uygun olmayan çalışma koşulları altında çalışan iş görenin analiz sonuçlarına ulaşılabılır.

Kuvvetlerin insan üzerindeki etki değerlerini göstermek için Şekil 20'deki Biomechanics Single Action Analysis modülünden yararlanılır. Çalışanın çalışması sırasında uygunsuz çalışma koşullarının, çalışanın vücuduna etki değerleri gösterilir. Çalışanın çalışırken omurgasına, beline, el kol ve bacaklarına binen yüklerin sayısal değerlerine ve bu zorlanmalarla nüfusun % kaçının çalışıp çalışmadığına, çalışanın bel omurgasına ve omurlarına etkileyen kuvvetler sonucunda uluslararası kuruluşların belirlediği değerleri aşp aşmadığına ulaşılabılır.



Şekil 20. Biomechanics Single Action Analysis modülü

Bu kuvvetlerin etki derecelerini ve risk bölgelerini görmek için Şekil 21'deki Rula Analysis modülünden yardım alınır. Rula; boyun, gövde ve üst uzuvlara dikkat etmemizi sağlayan ve bununla birlikte tüm vücut üzerindeki duruşsal ve biyomekanik yüklenmeleri değerlendiren ve gözlemlememizi sağlayan önemli bir araçtır. Rula işin uygulanması sonucunda oluşan kuvvet derecelerini vermektedir. Bu dereceler kırmızıdan yeşile gidildikçe duruşta iyileşme olduğu anlaşılır.



Şekil 21. Rula Analysis modülü

Rula analizinden edinilen bilgilere göre iş yerlerinde iyileştirme yapmak mümkündür. Çünkü ürün veya hizmet üretimi gerçekleştiren bir işletmede insan faktörü çok önemlidir. İnsanın bedensel ve zihinsel olarak sağlıklı, güvenli, tehlike ve risklerden arındırılmış bir ortamda çalışmasının sağlanması gerekir. Çalışanın çalışma yerinin ve yaptığı görevin insanca olması önemlidir. Ergonomi bilim dalı ile bu mümkün olmaktadır. Çünkü ergonomi bilim dalı; çalışan insanın sağlığını, güvenliğini, rahatını ve performansının artmasını sağlar. Bunun için çalışma ortamı yeniden tasarlanır ve iyileştirmelerin yapılması konusunda yaratıcı olunmalıdır.

5. UYGULAMA

Çalışma endüstriyel mutfak tezgahları alanında faaliyet gösteren Sönmez Endüstriyel Mutfak ve Soğutma San.Tic.Ltd.Şti de yapılmıştır. Sönmez Endüstriyel Mutfak ve Soğutma San.Tic.Ltd.Şti, 1999 senesinde kurulmuş olup, 200 m²'lik alanda faaliyetlerine başlamıştır. Bugün 1600 m²'lik alanda hizmet vermektedir. 2003 yılının haziran ayında yapısal değişikliğe giderek şahıs firması yapısından kurtulup kurumsal kimliğine kavuşmuştur.

Türkiye'nin önde gelen firmalarıyla bayilik anlaşmaları yaparak bölgesinde müşterilerine kaliteli hizmet sunmakta olan firmanın geniş bir üretim alanı vardır. Firmanın ürettiği ürünlerden bazıları; endüstriyel mutfaklar (CE Belgeli yemek tezgâhı Benmari), anahtar teslim endüstriyel mutfak, anahtar teslim restaurant mutfağı, anahtar teslim lokanta), servis ekipmanları (çay arabası, çay kahve otomatı, kahveci güzeli, krom kahve kazanı, self servis ünitesi, tabak otomatı, tepsi taşıma arabası, yük taşıma rafı), yemek dağıtım ünitesi, hazırlık ekipmanları (pedallı lavabo, soğan doğrama ve hamur yoğurma makinesi), yardımcı ekipmanlar (yağ tutucu), pişirme ekipmanları, soğutma ekipmanları (morg ünitesi, buz makinesi, et dolabı, market dolabı, ayran makinesi, ticari buzdolabı), kafeterya (semaver, çay kazanı, hamburger ızgarası, çiftli fritöz, pizza fırını, çaymatik, motorlu döner ocağı, kahve makinası, kafeterya seti, kumpir makinesi, selemander ızgara) ve bulaşık ekipmanları (çöp arabası, sebze yıkama evyesi, bulaşık yıkama üniteleri)' dir.

Ürünlerin üretimi esnasında çalışanın sağlığını olumsuz etkileyecek hiçbir durum olmamalıdır, ürünler insan sağlığını ön planda tutan çalışma koşullarında üretilmelidir. Böyle bir durum söz konusu değilse, derhal önlem alınmalı, gereken iyileştirmeler yapılmalıdır.

İnsanın çalışması sırasındaki vücut duruşu ve hareketlerinin doğruluğu, iş yaşamını ne kadar sağlıklı ve başarılı geçirebileceği ile ilgili bir kanıt

oluşturmaktadır. Uygun ve doğru olmayan vücut duruş ve hareketlerinin tekrarlı olarak yapılması sonucunda kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları görülebilir. Bunun sonucunda, hem iş gören hem de iş veren maddi ve manevi kayba uğramış olurlar. Uygun olmayan çalışma duruşlarını endüstride önemli kılan faktörler kas iskelet sistemi rahatsızlıkları ve bu rahatsızlıkların verimliliğe, kaliteye ve maliyete yansımalarıdır.

Çalışma sırasındaki duruşların çalışan sağlığı açısından riskli olup olmadığının belirlenmesi ergonominin önemli bir alanıdır. Çalışanlar; ergonomik prensipler doğrultusunda tasarlanmamış görevleri yerine getirmek üzere uygun olmayan vücut duruşları ile çalışmak zorunda kalmaktadırlar. Çalışma duruşlarının uygunluğu, çalışma performansının etkili bir şekilde kontrol edilmesini ve kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının azaltılmasını sağlamaktadır. Duruş ve iş sırasında duyulan rahatsızlığın minimize edilmesi ve sağlıklı çalışmayı sağlamak, işin performans değeri kadar önemlidir. Eğer duruş doğru değilse, bu çalışana yük, yorgunluk ve ağrı olarak geri döner.

Bütün bu bilgiler ışığında firmada buzdolabı üretimi yapılırken bir iş görenin yerde puntolanmış buzdolabı malzemelerini dolap iskeletine yerleştirme ve kontrol işlemi için uzun süre çömelerek çalışması boyun, kol, el, bilek, dirsek, alt kol, üst kol, omuz, omurga ve bacaklarda sağlık sorunlarına neden olur. Atölyede buzdolabı üretimi için puntolanmış malzemelerin kontrol işlemi sırasında iş görenin yerde uygun olmayan duruş pozisyonu ile çalışması bir problem olarak görülmüş ve bu iş görenin bu pozisyonda çalışması sonucunda vücudunda oluşan olumsuz etkiler CATIA programında incelenmiştir. Bu duruştan, kas fonksiyonlarından ve harcanan güçten dolayı çalışanların kas iskelet sistemleri üzerinde oluşan yüklenmelerin değerlendirmesi yapılmak istenmiştir.

Çalışanın sağlığını, moralini, motivasyonunu ve performansını arttırabilmek için önemli bir yere sahip olan kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olan uygun olmayan çalışma duruşları ve bunların risk düzeylerini belirleyebilmek ve bu

konularda yapılacak iyileştirme ve geliştirme yöntemlerine yardımcı olması açısından Şekil 22’de gösterilen çalışma pozisyonu CATIA programında incelenmiş, analiz edilmiştir. Gözlemlenen bu problem Şekil 22’de farklı yönlerden görülmektedir. Çalışan, puntolanmış buzdolabı parçalarını dolap iskeletine yerleştirme işlemi yapmakta ve parçaları kontrol etmektedir. Bu işlem süresince yerde 15 dakika kalmaktadır.



a



b



c



d

Şekil 22. Puntolanmış parçaların kontrolü esnasında gözlemlenen çalışma pozisyonu

Şekil 23’te kaynak yapılmış, krom sac ile kaplanmış buzdolabı ve Şekil 24’te üretilen buzdolabı görülmektedir.

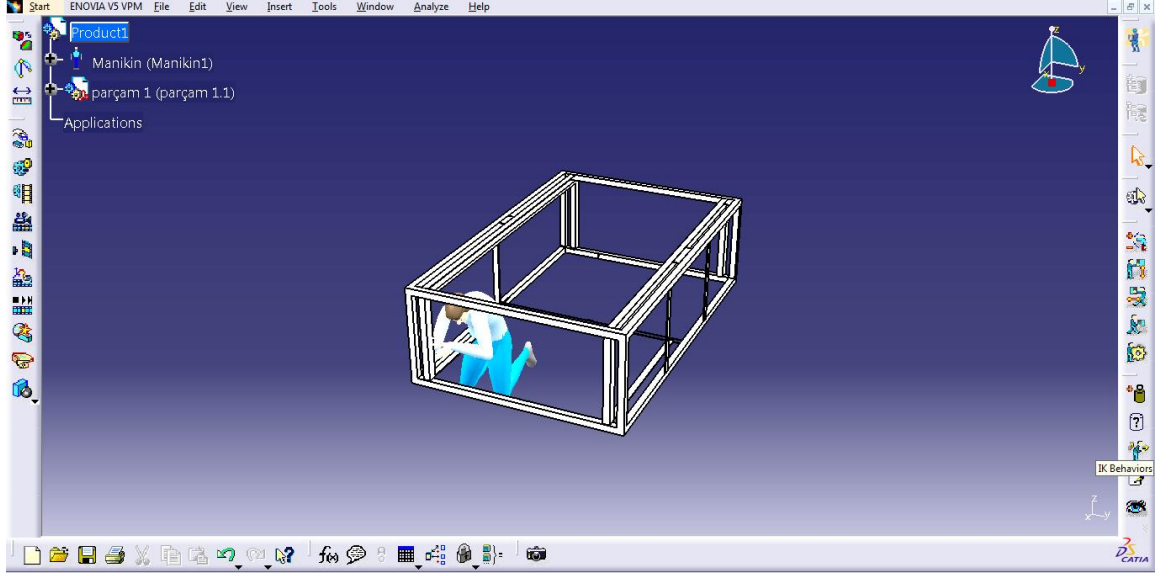


Şekil 23. Kaynak yapılmış, krom sac ile kaplanmış buzdolabı



Şekil 24. Üretilen buzdolabı

Firmada buzdolabı yapımında çalışan iş görenin uygun olmayan çalışma pozisyonu CATIA programında Şekil 25'te görülmektedir. Mevcut durumda iş gören puntolanmış buzdolabı malzemelerinin kontrol ve yerleştirme işlemi esnasında yerde uygun olmayan çalışma pozisyonu ile çalışmaktadır. İş görenin boyu (177) cm, kol uzunluğu (65) cm, bilek ile dirsek arası uzunluğu (27) cm ve bacak uzunluğu (80) cm dir. CATIA'da Human Builder ile oluşturulan manken Amerikan popülasyonunu temsil etmektedir. Amerikan popülasyonunu temsil eden mankenin antropometrik ölçüleri çalışmanın uygulama kısmında mevcut durumda uygunsuz çalışma pozisyonu ile çalışan iş görenin antropometrik ölçüleri ile örtüşmektedir. Manken % 50'lik dilime girmektedir.



Şekil 25. Mevcut durumda dolap yapımında çalışan iş görenin çalışma pozisyonu

İş görenin yerde uygunsuz bir şekilde çalışması iş gören sağlığı üzerinde olumsuz sonuçlar yaratmaktadır. Yerde çömelerek çalışmak iş görenin vücudunda ağrılara neden olur, uygun olmayan çalışma pozisyonu ile çalışmak, çalışan kişinin dikkatinde azalmaya ve verimliliğin düşmesine neden olmaktadır. Mevcut durumun iş gören üzerinde oluşturduğu gerilme ve yüklenmelerin vücudun çeşitli bölgelerindeki etkilerinin analiz sonuçları Şekil (26-29)'da gösterilmiştir.

Şekil 26'ya bakıldığında uygun olmayan çalışma pozisyonu sonucunda baskının, bükülmenin ve esnemenin fazla olduğu görülmektedir. L4-L5 Compression (omurgaya binen baskı), Axial Twist Compression (beldeki bükülme, kıvrılma), Flex/Ext Compression (kasların kasılması) değerleri bu durumu kanıtlamaktadır. L4-L5 Joint Shear değeri 8 Anterior (ön omurga) çıkmıştır. L4-L5 Joint Shear değeri omurgada eklem kayması riskinin olup olmadığını belirtmektedir. Bu değer 8 Anterior çıkması ise omurganın ön kısmında eklem kayması riskinin olmadığını belirtmektedir.

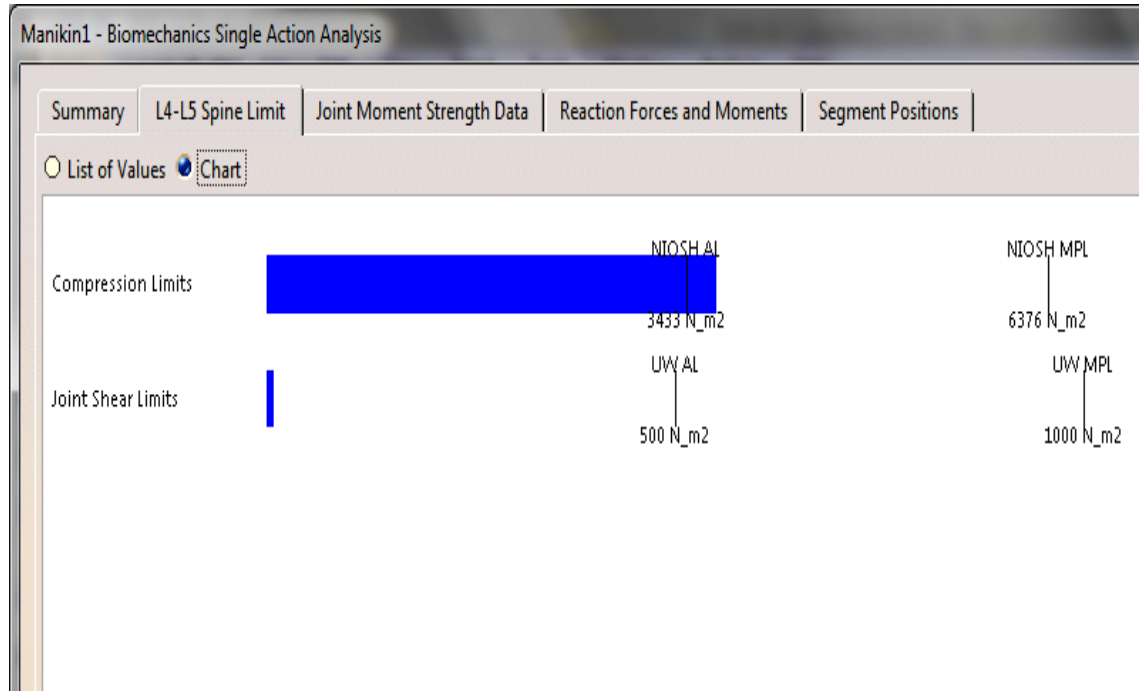
Manikin1 - Biomechanics Single Action Analysis	
Summary	L4-L5 Spine Limit
Analysis	Value
L4-L5 Moment [kg]	192
L4-L5 Compression [N_m2]	3672
Body Load Compression [N_m2]	296
Axial Twist Compression [N_m2]	51
Flex/Ext Compression [N_m2]	3194
L4-L5 Joint Shear [N_m2]	8 Anterior
Abdominal Force [N_m2]	0
Abdominal Pressure [s]	0
Ground Reaction [N_m2]	
Total (X)	0
Total (Y)	0
Total (Z)	770
Left Foot (X)	0
Left Foot (Y)	0
Left Foot (Z)	385
Right Foot (X)	0
Right Foot (Y)	0
Right Foot (Z)	385

Şekil 26. Uygulanan kuvvetlerin insan üzerindeki etki değerleri

İş yerlerinde çalışan bir çok iş gören tarafından karşılaşılan bel ağrıları, çalışma hayatında en çok görülen ve maliyeti en yüksek sağlık sorunlarından birisi olmuştur. Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarını oluşturan risk faktörleri ise çalışırken bedenin uygunsuz duruşu, statik duruş, aşırı yüklenme, sıkışma, çalışma ortamı iş ve iş organizasyonunun ergonomik prensiplere göre tasarlanmaması olarak söylenebilir.

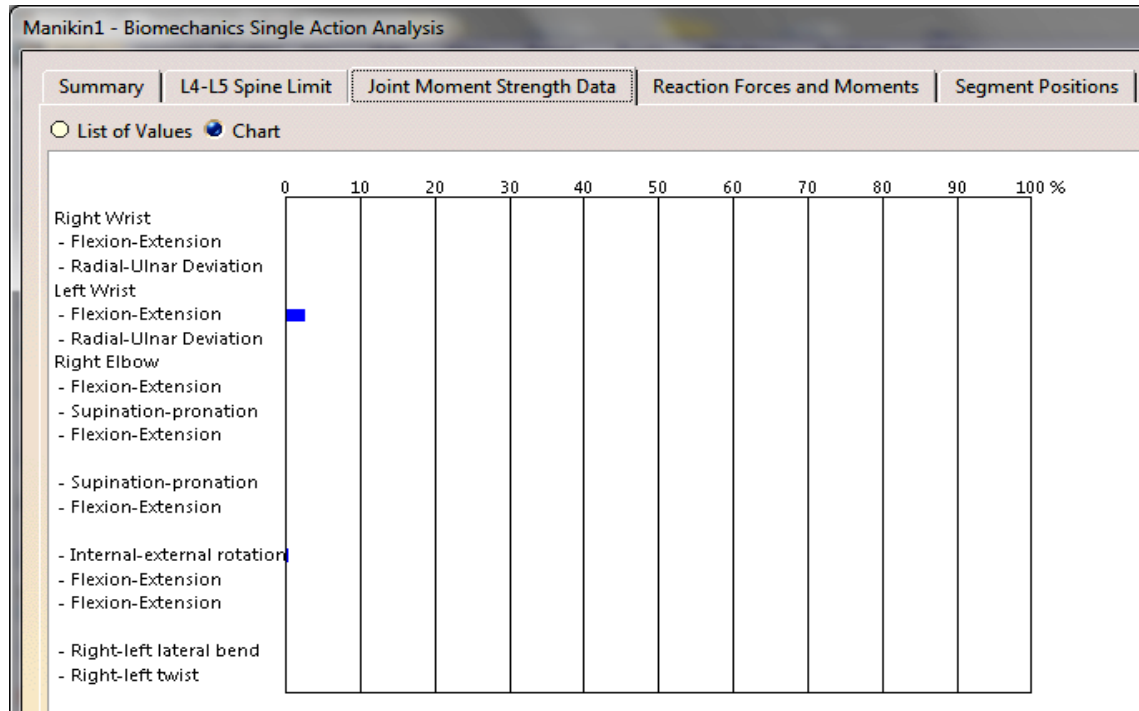
Şekil 27’de ABD Ulusal Mesleki Sağlık ve Güvenlik Enstitüsü (NIOSH, The National Institute for Occupational Safety and Health) ve University of Waterloo tarafından belirlenen sınırlar görülmektedir. Çalışanın duruş değerlendirilmesi yapılarak bel omurgasına binen yükün, baskının, sıkışmanın NIOSH ve University of Waterloo tarafından önerilen sınırların aşıp aşılmadığının görülmesini sağlar.

Bir endüstride bel ağrılarının önlenmesinde, iskelet kas sistemi rahatsızlıklarını belirlemede ve en aza indirmede Şekil 27 yol gösterici olmaktadır. Şekil 27 buzdolabı üretiminde çalışan iş görenin kötü çalışma pozisyonu ile çalıştığı; yani çalışırken gövdesinde zorlanmanın fazla olduğu, omurgadaki baskının arttığı sonucu çıkmaktadır. Şekil 27'de görülen AL (Action limit) risk, tehlike kontrolü yaklaşımını ifade eder, önerilen limittir. Bu sınır aşılsa risk artar; yani sakatlanma tehlikesinin arttığını belirtmektedir. Şekil 27'de önerilen sınırın aşıldığı görülmektedir. Bu durum düzeltilmesi gereken bir durumdur. Çalışanın omurgasına binen baskının çalışanın sakatlanmasına yol açabileceğini belirtmektedir. Omurgadaki baskının AL ve MPL değerleri arasında olması çalışanın sakatlanma riskinin olduğunu ve MPL değerine yaklaştıkça bu riskin arttığını göstermektedir. Omurgadaki baskının AL değerini aşmaması, çalışanda sakatlanma riskinin olmadığını göstermektedir. MPL ise maximum izin verilen limiti, üst sınırı belirtmektedir. AL ile MPL değerleri arasında nüfusun büyük bir çoğunluğunun çalışabilmesi mümkün iken, MPL değeri aşıldığında omurgaya binen baskıdan dolayı çalışacak bir kimsenin bulunması mümkün değildir. Şekil 27 verilerine göre ergonomik bir düzenleme yapılması gerektiği sonucu çıkmaktadır.



Şekil 27. L4-L5 bel omurga kemiklerinin üzerine etkileyen bası ve çeki kuvvetlerinin değerleri

Şekil 28’de sol bilekte esneme ve uzama olduğu görülmektedir. Bununla birlikte sağ dirsekte içsel ve dışsal eğilmenin, bükülmenin olduğu anlaşılmaktadır. Nüfusun ne kadarının (% kaçının) bu kuvvetlere maruz kalıp çalıştığı gösterilmektedir. Analiz sonucunda uygulanan kuvvetlere dayanamayan kişilerin nüfustaki yüzdeleri belirtilmiştir.



Şekil 28. Uygulanan kuvvetlere maruz kalan kişilerin nüfustaki yüzdeleri

Şekil 29’da rula analiz bilgileri verilmiştir. Rula analiz sonucuna göre, boyun, gövde, bacak, bilek ve kolların çalışırken aşırı zorlandığı anlaşılmaktadır. Rula tablosunda vücut iki bölüme ayrılmıştır. Posture A, (sol taraf) sadece kol ve bileklerin durumunun genel değerlendirmesini göstermektedir. Üst kol, ön kol, bilek ve bilek bükülmesi Posture A değerini oluşturmaktadır. Posture A, muscle (kas) ve force/load (kuvvet, yük) değerleri birlikte bilek ve kol içinde tekrar puanlandırılmışlardır. Bilek ve kol değeri 8 olarak görülmektedir. Posture B, (sağ

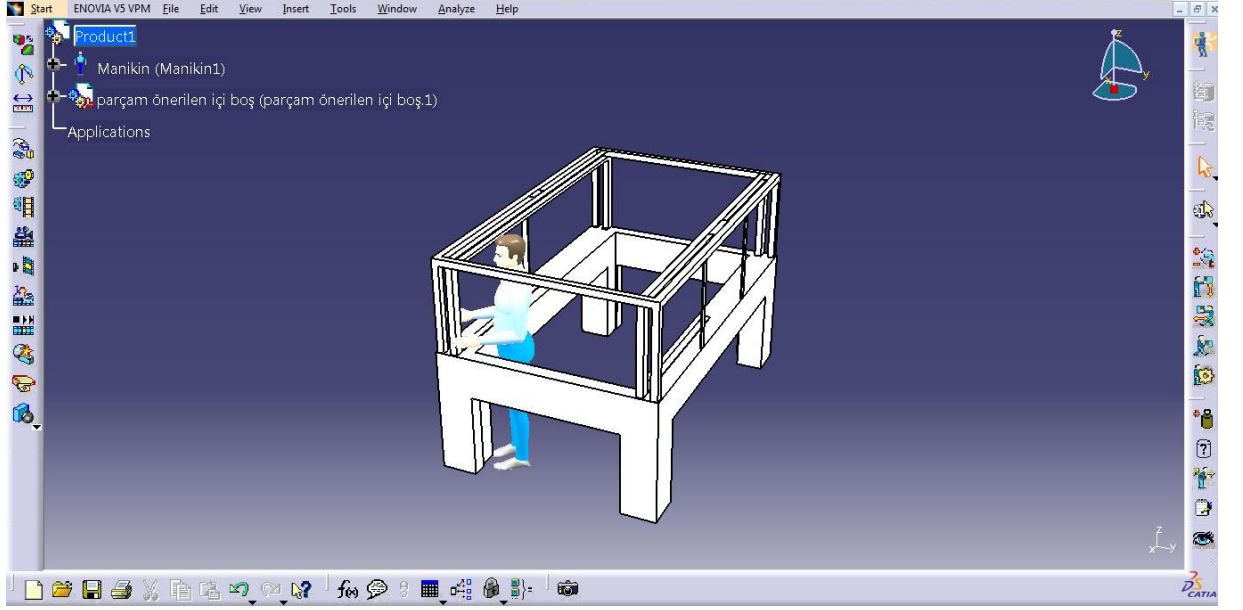
taraf) ise sadece boyun, gövde, bacakların genel değerlendirmesini belirtmektedir. Posture B, muscle (kas) ve force/load (kuvvet/yük) skorları birlikte değerlendirilmiş ve boyun, gövde, bacak skoru içinde belirtilmiştir. Bu skorun 7 olduğu görülmektedir. Bu da durumun iyileştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bununla birlikte, Rula analizi tablosunda bütün kuvvetlerin toplamının değerlendirildiği final score 7 olarak bulunmuş ve kırmızı renkle gösterilmiştir. Bu durum, mevcut çalışma düzeninin ergonomik açıdan hemen iyileştirilmesi gerektiği ve bu iş gören sağlığını olumsuz etkileyen durumdan kurtulmak için gerekli önlemlerin alınmasının acil ve çok önemli olduğunu kanıtlamaktadır.

Body Part	Score	Color
Upper Arm	6	Red
Forearm	1	Green
Wrist	3	Orange
Wrist Twist	1	Green
Posture A	7	Red
Muscle	1	Red
Force/Load	0	Green
Wrist and Arm	8	Red
Neck	4	Yellow
Trunk	3	Yellow
Leg	1	Green
Posture B	6	Yellow
Neck, Trunk and Leg	7	Red

Şekil 29. İşin uygulanması sırasında oluşan kuvvet dereceleri (Rula Analizi)

İş görenin işini daha rahat ve sağlıklı bir şekilde yapabilmesi için gereken önlemler ve iyileştirmeler iş verence yapılmalıdır. Şekil 22' deki gözlemlenen sorun için bir iyileştirme yapılmak istenmiştir. İş gücünün verimli ve sağlıklı bir şekilde çalışmasının yöntemlerinin bilinmesi ve uygulanması gerekir, böylece çalışanın en üst performansta çalışması sağlanır. Buzdolabı yapımında yerde çalışan iş görenin vücudunda oluşan olumsuz etkileri gidermek ve sağlıklı bir çalışma ortamı sağlamak için yapım aşamasında olan buzdolabının altına (90) cm yüksekliğinde (160x240) cm standart ölçülere sahip masa konulmuştur. Üzerine yatay şekilde konan ürünün masaya olan yüksekliği (70) cm dir. Masa ve ürün toplam yüksekliği, %5'lik ve %95'lik yüzdeler (percentile) değerleri arasında yer alan popülasyonun rahat çalışmasını sağlamaktadır. Kısa boyluların kolay erişebileceği, uzun boyluların ise eğilip bükülmeden çalışması sağlanmıştır. Tasarım çalışmalarında kullanıcı kitlesinin tamamına yakın kısmına uyum sağlayabilecek tasarım standartları geliştirilir. %90'lık bir kullanıcı kitlesi hedef alınır.

Şekil 30'da ürün çalışanın bel hizasına getirilmiş, ve böylece uygun olmayan çalışma pozisyonu giderilmiştir. Çalışanın gövde, boyun, bacak, kol, bilek bükülmeleri, kasları ve omurlarındaki zorlanmalar azaltılmak istenmiştir. Çalışan puntolanmış malzemeleri dolap iskeletine yerleştirirken ve kontrol ederken zorlanmamış olur. Bileklerin kıvrılması ve incinmesi ve kollarda, dirseklerde bükülme azalmıştır. Masanın tasarımı ile çalışanın masanın iç ve dış kısmındaki parçaların yerleştirme ve kontrol işlemini rahatça yapabilmesi sağlanmıştır.



Şekil 30. Önerilen durumun modeli

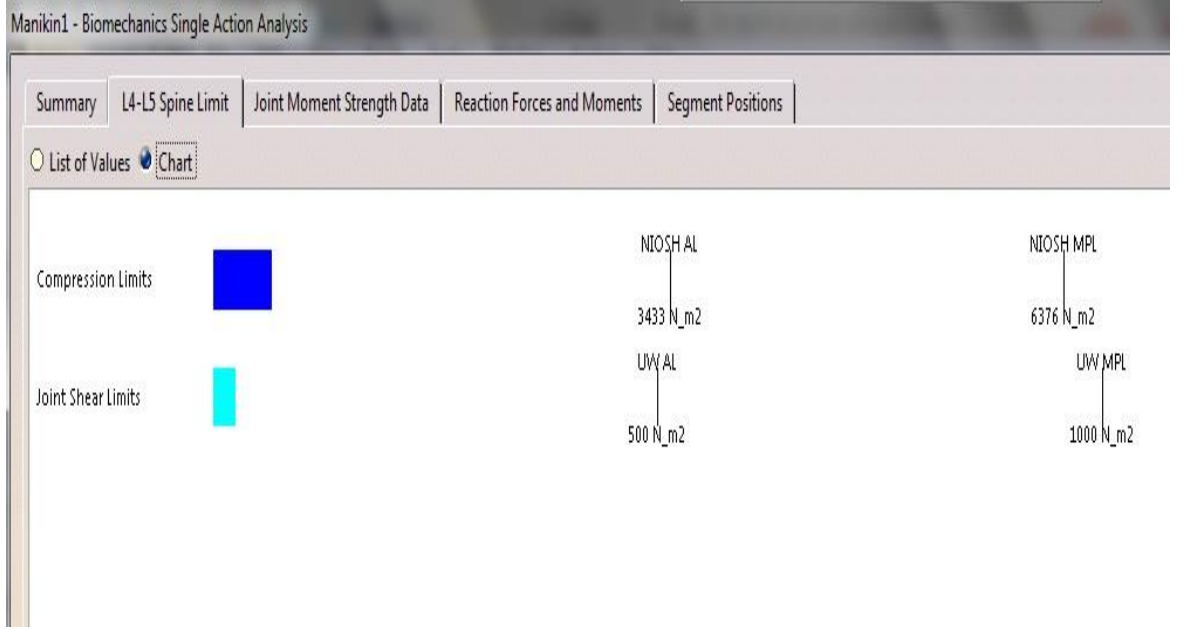
Bu önerilen durum incelenmiş ve çıkan sonuçlara göre uygulanabilir olup olmadığına analiz sonuçlarına göre karar verilmek istenmiştir.

Şekil 31'e bakıldığında L4-L5 Compression (omurgaya binen baskının), Axial Twist Compression (beldeki bükülme, kıvrılma) ve Flex/ Ext Compression (kasların kasılması) değerleri mevcut duruma göre azalmıştır. Bel omurgasındaki bükülmeler ve zorlanmalar giderilmiştir. L4-L5 Joint Shear değeri (omurgada eklem kayması riski) 25 Posterior (arka omurga) olarak bulunmuştur. Bu sonuç arka omurgadaki eklem kayması riskinin olmadığını belirtmektedir. Önerilen durumla çalışanın daha rahat çalıştığı söylenebilir.

Manikin1 - Biomechanics Single Action Analysis				
Summary	L4-L5 Spine Limit	Joint Moment Strength Data	Reaction Forces and Moments	Segment Positions
Analysis	Value			
L4-L5 Moment [kg]	2			
L4-L5 Compression [N_m2]	442			
Body Load Compression [N_m2]	412			
Axial Twist Compression [N_m2]	0			
Flex/Ext Compression [N_m2]	30			
L4-L5 Joint Shear [N_m2]	25 Posterior			
Abdominal Force [N_m2]	0			
Abdominal Pressure [s]	0			
Ground Reaction [N_m2]				
Total (X)	0			
Total (Y)	0			
Total (Z)	770			
Left Foot (X)	0			
Left Foot (Y)	0			
Left Foot (Z)	385			
Right Foot (X)	0			
Right Foot (Y)	0			
Right Foot (Z)	385			

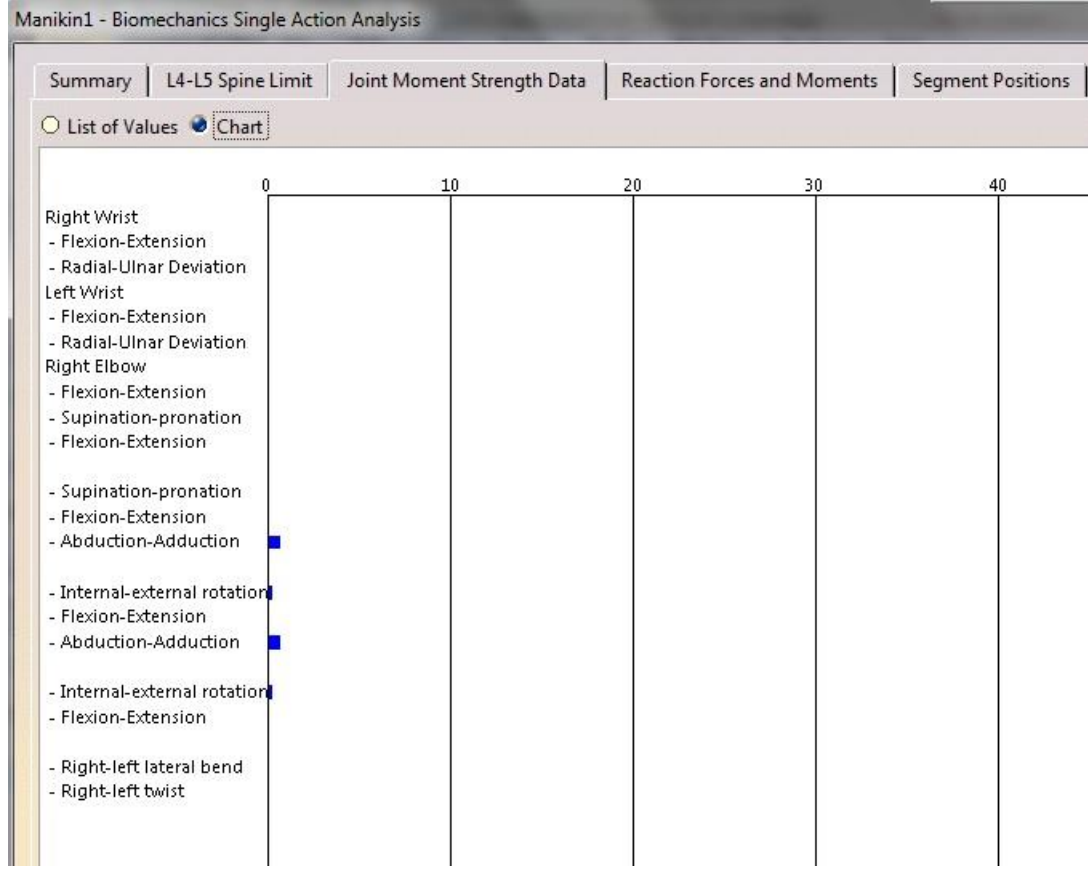
Şekil 31. Önerilen durum sonucunda iş gören üzerinde oluşan kuvvetlerin etki değerleri

Şekil 32’de görüldüğü gibi değerler uluslar arası sınırları geçmemektedir. Mevcut duruma göre, NIOSH önerilen hareket sınırının çok altında kalmıştır. Compression Limits değerleri ergonomik iyileştirme yapıldıktan sonra düşmüştür. Bu çalışan sağlığı için çok iyi bir durumdur, bel omurgasındaki zorlanmanın, baskının azaldığı görülmektedir. NIOSH ve University of Waterloo tarafından belirlenen sınırlar aşılmamıştır. Şekil 32’deki sonuca göre çalışan için çalışma durumu açısından bir riskin olmadığı anlaşılmıştır.



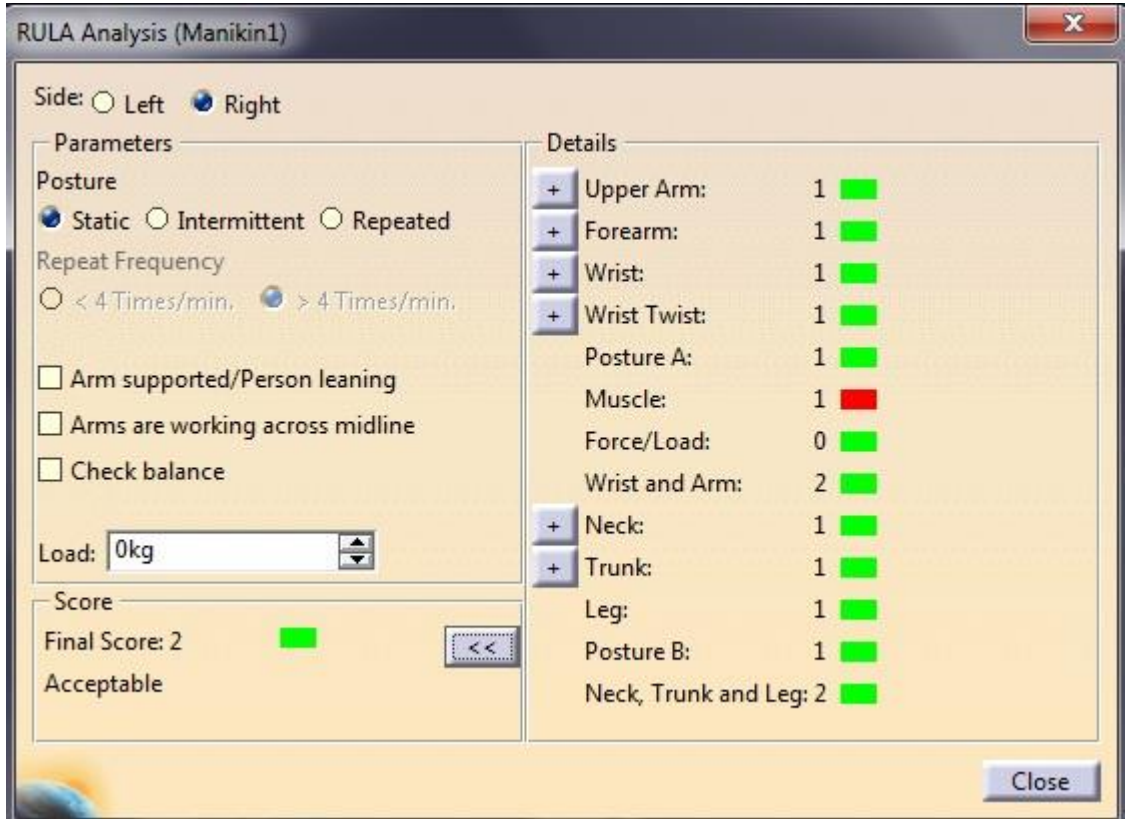
Şekil 32. Önerilen durum analizi sonrasında L4-L5 bel omurga kemiklerinin üzerine etkileyen bası ve çeki kuvvetleri

Şekil 33’de göre önerilen durum sayesinde nüfusun neredeyse tüm kesimi bu kuvvetler etkisinde çalışabilmektedir. Bileklerde esneme, uzama, bükülmelerin ve zorlanmaların ortadan kaybolduğu anlaşılmaktadır. Böylece nüfusun büyük bölümü bu kuvvetlerin etkisinde rahatça çalışabilmektedir.



Şekil 33. Uygulanan kuvvetlere maruz kalan kişilerin nüfustaki yüzdeleri

Şekil 34'te yapılan yeni sistem ile duruş analizi sonucunda çeşitli bölgelere etkiyen kuvvetlerin normal düzeye indirildiği görülmektedir. Final score 2 olarak bulunmuş ve yeşil renkle belirtilmiştir. Önerilen sistemin insan sağlığı açısından uygun olduğu anlaşılmaktadır. Gövde, bacak, boyun, bilek ve kollarda zorlanmanın olmadığı anlaşılmıştır. Posture A (sol taraf), sadece kol ve bilekleri kapsayan ve Posture B (sağ taraf), sadece boyun, gövde ve bacakları kapsayan değerler önerilen durumda mevcut duruma göre çok düşük çıkmıştır. Çalışanın sağlığı açısından hiçbir risk taşımadığını ve önerilen durumun başarılı olduğunu göstermiştir. Şekil 34'teki Rula analiz tablosuna göre vücudun hemen hemen hiçbir bölgesinde zorlanmanın olmadığı görülmektedir. Yapılan analiz ile önerilen iyileştirmenin olumlu sonuç verdiği kanıtlanmıştır.



Şekil 34. Önerilen durum sonucunda çalışan vücuduna etkiyen kuvvetlerin, zorlanmaların dereceleri (Rula Analizi)

6. SONUÇLAR

Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarında çalışma duruşu çok önemlidir. Çalışma esnasında bedenin uygunsuz duruşu sonucunda oluşan risklerin ve alınması gereken önlemlerin önem dereceleri belirlenmelidir. Çalışanın yaptığı iş dikkatlice incelenmeli ve çalışma ortamı çalışanın antropometrik özelliklerine göre tasarlanmalıdır. Ergonomik tasarım kısa dönemde işverene bazı maliyetler getirebilir. Ancak, uzun dönemde ergonomik tedbirlere yapılan yatırım işverene kar olarak geri dönecektir. İşle ilgili kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarından korunabilmek için firma sahiplerinin bu konuya önem vermeleri gerekmektedir. Problemlerin çoğu sağlık ve güvenlik yöntemleriyle çözülebilmektedir. İşveren önleyici tedbirlerin alınması, bu tedbirlerin etkinliğinin ve sürekliliğinin denetlenmesi konusunda dikkatli olmalıdır. Duruş, stres ve iş sırasında duyulan rahatsızlığın minimize edilmesi ve sağlıklı çalışmayı sağlamak, işin performans değeri kadar önemlidir. Eğer duruş doğru değilse bu çalışana stres, yorgunluk ve ağrı olarak geri döner. Çalışan kasları kendini yenileyene kadar çalışmasına ara vermek zorunda kalır. Bu durum işletmenin maliyetlerinde artışa, verimliliğinde düşüğe neden olur. Ergonominin amacı, maksimum performans ve minimum insan gücü maliyetini (stres, zorlanma, yorgunluk, kazalar) sağlamak olduğuna göre, hem işletme açısından hem de çalışan açısından önemli bir konu olan çalışma duruşlarının incelenmesi ve değerlendirilmesi önemlidir.

İşletmeler, çevrim zamanlarını azaltarak üretim maliyetlerini azaltmak, fire ve boş zamanları minimize etmek isterler. Üretim sürecindeki en kritik faktör olan insanın işe ve iş çevresine uyumunu sağlamadan, çalışan açısından optimum bir çalışma çevresini oluşturmadan, bu hedeflere ulaşmak mümkün değildir. Duruş, stres ve iş sırasında duyulan rahatsızlığın minimize edilmesi ve sağlıklı çalışmayı sağlamak gereklidir. Böylece verimlilik ve kalite artışı sağlanmış olur.

Çalışanlara sağlık ve iş güvenliği açısından uygun ve rahat bir çalışma ortamı sağlandığında iş gücünün verimi olumlu yönde etkilenecektir. Bilgisayar destekli

tasarım (CAD), dijital insan modelleri ile çalışma ortamını bilgisayar ortamında insan sağlığını göz önüne alarak çok kısa bir sürede tasarlanmasına yardımcı olur. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) sayesinde, uygun olmayan çalışma koşulları bilgisayar ortamında belirtilip, hızlı bir şekilde ergonomik çalışma koşullarına döndürülmesi sağlanır. Bu işletmenin karlarında, verimliliğinde ve üretim kalitesinde artışa sebep olur. Çalışanın zorlanmadan, yorulmadan çalışırken iş kazasına maruz kalmadan maximum performansla verimli bir şekilde çalışması ancak çalışma yerinin ergonomik koşullara uygun olması ile mümkün olmaktadır. Ergonomik çalışma koşullarında çalışanın hızı ve dikkati artmakta, üretilen kaliteli ürün miktarında artış olmaktadır. Müşteri memnuniyeti sağlanmakta ve bu durum işletmeler için karlı hale gelmektedir.(CAD) yazılımları sayesinde uygun olmayan çalışma koşulları bilgisayar ortamında belirlenip, düzeltilmektedir. Bu durum işletmelere zamandan tasarruf sağlamaktadır. Bilgisayar destekli ergonominin işletmeler ve işletmelerde çalışanlar için ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Bu çalışmanın uygulama kısmında elde edilen verilere göre; önerilen yeni sistem ile duruş analizi sonucunda çeşitli bölgelere etkiyen kuvvetler normal düzeye indirilmiştir. Yapılan yeni sistem yardımı ile uygulanan gerilmelerin düşürülmesi sağlanmış, iş görenin rahat çalışması sağlanmıştır. Gövde, bacak, boyun, kollarda zorlanmalar en aza indirilmiş ve giderilmiştir. Bu analizler ergonomik açıdan yapılan iyileştirmenin mevcut duruma göre olumlu olduğunu, iş gören sağlığı açısından faydalı sonuçlara ve beklenen hedeflere ulaşıldığını ortaya koymuştur. Bilgisayar ortamında elde edilen bu sonuçların gerçek işletme ortamında da uygulanarak değerlendirilmesi yararlı olacaktır.

7. KAYNAKLAR

- [1] Altıparmak, R.S., “Ülkemiz insan antropometrisine uygun mutfak mobilyası tasarımı için veri bankasının oluşturulması ve bir uygulama”, Bilim Uzmanlığı Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Karabük, (2006).
- [2] Dul, J., The strategic value of ergonomics for companies, *Human factors in organizational design and management.*, (7), (2003).
- [3] Dul, J. and Neumann, W.P., Ergonomics contributions to company strategies, *ERIM Report Series Research in Management*, (58), (2008).
- [4] Gunning, J., Eaton, J., Ferrier, S., Frumin, E., Kerr, M., King, A. and Maltby, J., (2001). *Ergonomic handbook for the clothing industry*, Kanada: Thistle.
- [5] Lau, N. and Ma, H., (2007) “Reconstructing motion data for evaluation in design process”, International Association of Societies of Design Research, The Hong Kong Poly Technic University.
- [6] Shikdar, A. A., and Sawaqed, N. M., “Ergonomics, and occupational health and safety in the oil industry: a managers’ response”, *Computers & Industrial Engineering* 47, 223–232, (2004).

- [7] Erdinç, O., “Analysis of relationship between ergonomics and quality: Application of quality improvement through ergonomics in manufacturing industry”, Ph.D Thesis, *Marmara University Institute for Graduate Studies in Pure and Applied Sciences*, İstanbul, (2006).
- [8] Yeow, P. H. P. and Sen, R. N., “Quality, productivity, occupational health and safety and cost effectiveness of ergonomic improvements in the test workstations of an electronic factory”, *International Journal of Industrial Ergonomics* 32,147–163, (2003).
- [9] Ogi, T., Tateyama, Y. and Haruyama, S.,(2010), “Education on human centered design using virtual environment”, *Proceedings of the ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference*, Montreal, Quebec, Canada.
- [10] Allsteel, S.O. and Allsteel, E.T., “Ergonomics and design a reference guide”, USA, Allsteel Inc,(2006).
- [11] Nwaigwe, A.F., “Ergonomics considerations in-it enabled computer-aided design for discrete manufactured products”, Ph.D Thesis, *University of Pittsburgh*, (2005).
- [12] Dols, J.F., Garcia, M. and Sotos, J.J., “Procedure for improving the ergonomic design of driving positions adapted for handicapped people”, (1996).
- [13] Chaffin, D.B., “Human motion simulation for vehicle and workplace design“, *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, (17) (5) 475–484 (2007).

- [14] Lee, Kunwoo., “Cad system for human-centered design”, *Computer-Aided Design & Applications*, (3), No. 5, (615-628), (2006).
- [15] Marshall, R., Case, K., Oliver, R., Gyi, D.E., Porter, J.M., “A task based ‘design for all’ support tool“ , *Proceedings of the 11th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, DCU, Dublin University, Ireland, (2001).
- [16] Kurila, R. and Milukienė, V., “Computer-aided ergonomics methods in design”, *Elektronika Ir Elektrotechnika*, 2(58), (190)(1392-1215), (2005).
- [17] Gao, X., Li, X., Song, Q. and Zheng, Y., “The research of computer aided farm machinery designing method based on ergonomics”, (eds: Li, D. and Zhao, C.), *Computer and Computing Technologies in Agriculture II*, (Boston:Springer), (1527-1532), (2009).
- [18] Chaffin, D.B., “ Development of computerized human static strength simulation model for job design”, *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, (7), (4) 305–322, (1997).
- [19] Kıraç, Y., “Büro yönetiminde ergonomi ve ergonominin verimliliğe etkisi: Ankara Emniyet Müdürlüğü’nde bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Büro Yönetimi Anabilim Dalı, Ankara, (2005).

- [20] Koçak, G., "Gemi makineleri işletmesinde ergonomik analiz", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2007).
- [21] Kaya, M.D., Güzel, D. ve Çubukçu, B., "Ilıca şeker fabrikası çalışanlarının iş memnuniyeti, ergonomik çalışma koşulları ve iş stresi yönünden incelenmesi", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 25, Sayı: 2, (2011).
- [22] Yenigün, N. D., "Bir montaj masasında iş akışının ergonomik analizi ve iyileştirme önerileri", Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, (2006).
- [23] Uyan, M. K., "İş Sağlığı ve Güvenliği [online]", (16 Ocak 2012), <http://www.isveguvenlik.com/ergonomi/ergonomi.html>, (2008).
- [24] "History of ergonomics [online]", (30 September 2011), http://www.optergo.com/uk/the_concept/history_ergonomics.php?o=0%7C, (2007).
- [25] Baslo, M., "Ofis ergonomisi- sırt ve boyun ağrılarını önlemek için ofis ortamını düzenlemek", *İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri*, Baş, Boyun, Bel Ağrıları Sempozyum Dizisi No:30, 155-165, (2002).
- [26] Durucu, M., "İTÜ ergonomi grubu, Ergonomi nedir ? [online]", (2 Ekim 2011), <http://www.ergonomi.itu.edu.tr/ergonomi.html>, (2007).
- [27] Babalık, F.C., *Mühendisler için ergonomi işbilim*, Ankara: Nobel basımevi, (2005).

- [28] Wilson, J.R., “Fundamentals of ergonomics in theory and practice”,*Elsevier Science*, (31) 557-567, (2000).
- [29] Choi, T.Y. and Like, J.K.,“ Institutional conformity and technology implementation: A process model of ergonomics dissemination“, *Journal of Engineering and Technology Management*, 9 (1992) 155-195, (1992).
- [30] Aydın, S.S., “Meydan kontrol kulelerinin ve donanımlarının tasarımına ergonomik bir yaklaşım A.Ü. Hava Alanı meydan kontrol kulesi üzerine bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstriyel Sanatlar Anabilim Dalı, Eskişehir, (2009)..
- [31] Erkan, N., *Ergonomi*, Mert Matbaası, Ankara (2003).
- [32] International Labour Organization, “Your health and safety at work ergonomics [online]”, (17 November 2011), <http://actrav.itsilo.org/actrav-english/telearn/osh/ergo/ermain.htm>
- [33] Tunay, M., Melemez, K. ve Dizdar, E. N., “Ormancılıkta kullanılan yükleme makinaları operatör koltuklarının antropometrik tasarımı”, *Teknoloji*, Cilt 9, Sayı 2, 137-144, (2006).
- [34] “El aletleri ve kontroller [online]”, (30 Temmuz 2013), <http://fizik-tedavi.org/el-aletleri-ve-kontroller.html>

- [35] Armağan, K., “Büro verimliliğinin tesis edilmesinde ergonomik tasarımın önemi”, *Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme (yönetim organizasyon) Anabilim Dalı, Kütahya, (2003).*
- [36] Yavuz, U. ve Bakan, U., “Türkiye’ de web tabanlı haber sitelerinin tasarım-ergonomi düzeylerinin karşılaştırmalı analizi”, *Sanat Dergisi, <http://edergi.atauni.edu.tr/index.php/gsf/article/viewFile/6274/5977>,(30 Ekim 2011)*
- [37] Human Factors and Ergonomics Society, “Educational Resources, Definitions of Human Factors and Ergonomics [online]” (2 October 2011), <http://www.hfes.org/Web/EducationalResources/HFEdefinitionsmain.html>.
- [38] Duyar, İ., “İnsanın fiziksel boyutlarındaki değişmeler ve ergonomik açıdan önemi“, 5. *Ergonomi Kongresi: (180-189), Ankara Üniversitesi.*
- [39] Akın, G., “Ekran önü çalışmalarında ergonomi ve antropometri” <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/26/1051/12699.pdf>, (30 Ekim 2011).
- [40] Su, B. A., *Ergonomi, Pano Ofset, Ankara (2001).*
- [41] Kahya, E., Gülseren, E., Gelen, E. ve Aydın, S., “Yüksek öğretim öğrencileri için ergonomik sıra ve masa tasarımı”, *17.Ulusal Ergonomi Kongresi, Eskişehir, (2011).*

- [42] Tunay, M., Melemez, K. ve Dizdar, E.N., “Yüksek öğrenimde kullanılan okul sıra ve masalarının antropometrik tasarımı (Bartın Orman Fakültesi örneği)” *Teknoloji*, Cilt 8, Sayı 1, 93-99, (2005).
- [43] Seçkiner, S.U. ve Kurt, M., “Ofis güvenliğinin değerlendirilmesi için geliştirilmiş ergonomi teknolojisi: Kairos, örnek uygulama” *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt 19, No 1, 37-41, (2004).
- [44] “Uygulamalı Antropometri [online]”, (29 Temmuz 2013), <http://ebookbrowse.com/2-uygulamali-antropometr%C4%B1-asetat-doc-d446210702>
- [45] “Computer- aided ergonomics [online]”, (2 October 2011), http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_ergonomics, (2010).
- [46] “Computer- aided design [online]”, (2 October 2011), http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_design, (2012).
- [47] Armağan, M., “Ulaşım sektöründe catia uygulamaları”, Bilim Uzmanlığı Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Karabük, (2007).
- [48] Kuo, C-F., Chu, C-H., “An online ergonomic evaluator for 3D product design”, *Computers in Industry* 56, 479–492, (2005).

- [49] “Cognitive ergonomics: A definition [online]“, (30 September 2011), <http://www.haworth.com/en-us/Knowledge/Workplace-Library/Documents/Cognitive-Ergonomics-A-Definition.pdf>.
- [50] Tarımer, İ., Akpunar, A., “Dişlisiz ve direkt sürmeli elektrik motorlarının yerleştirildiği ergonomik bir elektrikli tekerlekli sandalye tasarımı”, (30 Ekim 2011), http://www.emo.org.tr/ekler/028c164feff0edb_ek.pdf.
- [51] Hollnagel, E., “Cognitive ergonomics: it's all in the mind”, *Ergonomics*, (40), (10), 1170-1182, (1997).
- [52] Pekcan, B., ”Yazılım ergonomisi ve bir işletme yazılımı üzerine uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, (2007).
- [53] Sumner, T., Bonnardel, N. and Kallak, B.H., “The cognitive ergonomics of knowledge-based design support systems [online] ”, (30 September 2011), <http://kmi.open.ac.uk/publications/pdf/kmi-96-16.pdf>.
- [54] Gündüz Cengiz, T., ”*Otomobil Tasarımında Termal Konfor*” , *Timak-Tasarım İmalat Analiz Kongresi*, Balıkesir, (2006).
- [55] Vink, P. and Brauer, K., *Aircraft Interior Comfort and Design*, ABD: CRC Press, (2011).
- [56] “CATIA Ergonomik Tasarım ve Analiz [online]”, (29 Temmuz 2013), <http://mehmetyosunlukaya.blogspot.com/2011/08/catia-ergonomik-tasarm-ve-analiz.html#!/2011/08/catia-ergonomik-tasarm-ve-analiz.html>