



ARAÇ BAKIM KANALLARININ DİJİTAL İNSAN MODELLERİ İLE ERGONOMİK ANALİZİ VE YENİDEN TASARIMI

Cengiz ELDEM, İsmail ŞAHİN*, M. Tahir DEMİR, Neslihan TOP, Tolgahan ŞAHİN

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Endüstri 4.0,
Ergonomi,
Araç bakım,
Analiz,
CATIA.

Öz

Teknolojinin gelişimi ile birlikte bilişim teknolojilerinin endüstriyel sistemlerde kullanımı da artmaktadır. İş istasyonlarının daha az enerji ve kaynak kullanımı ile yüksek verimli çalışma ortamlarına dönüşebilmesi için bu teknolojilerden yararlanılmaktadır. Bu doğrultuda kullanılan, Dijital İnsan Modelleri (DHM) yaklaşımı bu uygulamalardan biridir. Dijital insan modelleri ile ergonomik işyeri tasarımında, üretim öncesi bilgisayar ortamında yapılan analizler ile ürün geliştirme süreçleri kısaltılarak gereksiz prototipler ortadan kaldırılabilir ve maliyet düşürülebilmektedir. Bu çalışma kapsamında ise, araç bakım kanallarının dijital insan modelleri ile ergonomik analizi, CATIA V5 R21 programı kullanılarak RULA (Rapid Upper Limb Assessment) analiz metodu ile yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen veriler, var olan çalışma ortamının çalışanların kas ve iskelet sistemi üzerinde yarattığı riskler değerlendirilerek yeniden tasarım sürecine gidilmiştir. Tasarlanan yeni çalışma ortamının ergonomik analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre çalışanın kas iskelet sistemi üzerinde pozitif yönde gelişme sağlandığı tespit edilmiştir.

REDESIGN AND ERGONOMICS ANALYSIS WITH DIGITAL HUMAN MODELS OF VEHICLE MAINTENANCE CHANNELS

Keywords

Industry 4.0,
Ergonomics,
Vehicle maintenance,
Analysis,
CATIA.

Abstract

With the development of technology, the use of information technologies in industrial systems is also increasing. These technologies are used to transform workstations into high-efficiency working environments with less energy and resources. The Digital Human Models (DHM) approach used in this direction is one of these applications. In the ergonomic workplace design with digital human models, the analysis of the pre-production computer environment can be used to shorten the product development process and unnecessary prototypes can be eliminated and the cost can be reduced. In this study, digital human models and ergonomic analysis of vehicle maintenance channels were performed by using RULA (Rapid Upper Limb Assessment) method by using CATIA V5 R21 program. As a result of the analysis, the data obtained from the analysis, the existing work environment on the muscles and skeletal system by evaluating the risks created by the process of re-design. Ergonomic analysis of the new working environment has been made and it has been determined that the musculoskeletal system positively improves according to the results.

Alıntı / Cite

Eldem, C., A., Şahin, İ., Demir, M., T., Top, N., Şahin, T., (2019). Araç Bakım Kanallarının Dijital İnsan Modelleri İle Ergonomik Analizi ve Yeniden Tasarımı, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(2), 386-392.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

C. Eldem, 0000-0001-6652-7452
İ. Şahin, 0000-0001-8566-3433
M. T. Demir, 0000-0001-9628-1844
N. Top, 0000-0002-0771-6963
T. Şahin, 0000-0003-0024-1296

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	12.05.2018
Revizyon Tarihi / Revision Date	21.01.2019
Kabul Tarihi / Accepted Date	11.02.2019
Yayın Tarihi / Published Date	26.06.2019

* İlgili yazar / Corresponding author: isahin@gazi.edu.tr, +90-312-202-2024

1. Giriş

İş istasyonu tasarımı, ekipman ve aletler, çalışma ortamı ve iş organizasyonu, ergonomik risk faktörlerini etkileyen iş bileşenleridir. Ergonomik prensiplerin işyerinde uygulanması verimlilik artışı, yüksek iş kalitesi, daha az iş gücü kaybı, tazminat taleplerinde düşüş ve çalışanların sağlık ve emniyetinin artırılması ile sonuçlanabilir (Satheeshkumar ve Krishnakumar, 2014). Bu nedenle işyerlerinin ergonomik prensiplere göre tasarlanması önemli ve gerekli bir husustur. Yapılan araştırmalar gösteriyor ki iyi ergonomi, meslek hastalıklarının yanında pozitif ekonomik etkiye sahiptir (Hendrick, 2003). Yapılan çalışmalar montaj hatlarındaki ergonomik iyileştirmelerin, üretkenliği önemli ölçüde arttırırken, işçilerin rahatsızlıklarını azalttığını göstermiştir (Fritzsche, 2010).

Araç bakım kanallarının ilk olarak ne zaman kullanılmaya başlandığı tam olarak bilinmemekle birlikte, tahminen araba kullanımının da yaygınlaştığı 20. yüzyıl başlarına denk gelmektedir. Araç bakım kanalları işlevi itibarıyla, arabaların alt aksam ve organlarının muayenesi, kontrolü, bakım ve tamirati gibi işlemler için kullanılmaktadır. Bu kanalların ülkemizdeki kullanımı, başta TÜVTÜRK Araç muayene istasyonları olmak üzere kamu kuruluşları ve sanayi ortamlarında yaygındır.

TÜVTÜRK, araç kanallarına basamaklar yerleştirerek, bakım işlemi sırasında boy farkı olan uzmanlara faydalı olmaya çalışmıştır. Bazı kamu kuruluşlarında kanala araç düşmesini önlemek amacıyla kanal çevresine 5 cm yüksekliğinde demir korkuluklar yaptırılmıştır. Sanayi ortamındaki tamirhane ve servislerde ise bu kanalların durumu içler acısı durumdadır.

TÜVTÜRK muayene istasyonu, boyu kısa olan personellerin çalışma ergonomisini düzenlemek ve altı çok yüksek olan araçların muayenelerinin yapılabilmesi amacıyla kanalların kenarlarına basamak yerleştirmiştir. Bu uygulama kısmen işe yarasa da uzun süren çalışmalarda personele vereceği güç, sıkıntı ve rahatsızlıktan dolayı kullanıma tam anlamıyla uygun değildir (Şekil 1).

Günümüzde kanallar, farklı vücut yapısındaki bireyler göz önünde bulundurulmaksızın sadece işletmeciyeye sağladığı yararlar düşünülerek imal edilmiştir. Kanal ebatları, ortalama 150 cm yüksekliğinde ve 90 cm genişliğindedir. 150 cm boyundaki bir bireyin 200 cm yüksekliğindeki kanalda çalışması ya da 200 cm boyundaki bir bireyin de 150 cm yüksekliğindeki bir kanalda çalışması imkânsızdır. Kanallarda çalışacak bireyler boy uzunluklarına göre seçilemeyeceğine göre daha kullanışlı ve ergonomik yönden personellerin daha rahat çalışmalarına olanak veren kanallar üretilmesi ve kullanılması önemlidir.



Şekil 1. Küçük sanayi sitelerinde tamirat işlemlerinde kullanılan kanal

Dijital insan modelleri Endüstri 4.0 ile gündeme gelen dijital endüstrinin önemli unsurlarından biridir. Bu özelliğinden ötürü son yıllarda bu konuda önemli çalışmalar yapılmıştır (Vink vd., 2006; Fritzsche, 2010; Zhang vd., 2010, Duffy, 2017; Karmakar vd., 2014; Şahin vd., 2017). Dijital insan modellemesi (Digital Human Modelling - DHM), ürün geliştirme ve tasarım çalışmalarının erken aşamalarına dâhil edilirse tasarımda ergonomi konuları ele alınabilir. Bu durum ergonomik problemlerin tasarımın erken aşamalarında fark edilmesine ve gerekli tedbirlerin alınmasına yardımcı olabilir. Böylece DHM ve bilgisayar destekli ergonomi analizleri ile ürün geliştirme maliyetlerini yükselten gerçek prototiplerden kaçınılabilir.

Bir iş istasyonunun ergonomik koşullara göre yeniden tasarımı sürecinde, gerçek iş istasyonlarının doğrudan analizi ve bilgisayar destekli analizler olmak üzere iki yaklaşım izlenmektedir. Etkili bir imalat istasyonu tasarımı için hem operasyonel hem de ergonomik özellikler birlikte düşünülmelidir. Bu açıdan bilgisayar destekli analizler son dönemde öne çıkan uygulamalar olarak ilgi görmektedir.

Bu çalışmada, kanallarda yapılan işlemler esnasında, personellerin duruş pozisyonları ergonomik açıdan analiz edilerek kanalların optimize edilme yöntemi sırasıyla açıklanmıştır. Geleneksel araç bakım kanallarının bilgisayar destekli ergonomik analizi yapılmış, elde edilen analiz sonuçlarına göre yeni bir araç bakım kanalı tasarlanmıştır. Yeni tasarımın ergonomik performansı, tasarım ve analiz programı olan CATIA V5 R21 programı kullanılarak RULA analizi ile test edilmiştir. Tüm bu analiz süreçlerinde dijital insan modeller kullanılmıştır.

2. Ergonomi

İnsanın çevre ve diğer araç-gereçler ile olan etkileşimi incelenerek, tespit edilen sorunların azaltılması ve engellenmesi üzerine çalışan bilim dalına ergonomi denir. Yunanca'da iş anlamına gelen "ergon" ve prensip anlamında kullanılan "nomos"

kelimeleri birleştirilerek ergonomi terimi oluşturulmuştur (Koçak, 2007).

Ergonominin asıl amacı, en yüksek verimlilik ve güven ortamında çalışmanın sağlanabilmesi için işyerinin düzenlenmesidir. Çalışma ortamı, çalışanın performansını arttıracak şekilde değiştirilmeli ve kaza ihtimalini düşürecek yapıda olmalıdır. Böylece maksimum işgücü, minimum insani maliyeti ile sağlanabilecektir (Kuyru, 2017).

İşyerinde verimin artırılması amacı ile çalışma ortamı ölçülerinin insan vücut ölçülerine uygun olarak düzenlenmesi gerekmektedir. Kullanılacak tüm ekipmanların tasarımında, insan vücudunun antropometrik ölçüleri temel alınmalıdır. Antropometrik ölçülere göre işyerinde çalışacak en uzun ve en kısa boylu bireyin sorunsuz bir şekilde çalışabileceği işyeri ortamı sağlanmalıdır.

Kemik uzunluğu, eklemlerin şekil ve mekanik sistemi, kas ve doku kalınlığı vücut ölçülerinin belirlenmesinde önemlidir. El ve ayakların hareket boyutları, uzanma mesafeleri, organ uzunlukları gibi değerlerin bilinmesi gereklidir. Bu değerler belirlenirken, elde edilen alt ve üst sınırlar işyeri tasarımın şekillenmesine yardımcı olacaktır. Belirlenen iç (asgari) ve dış (azami) ölçüler ile birlikte tolerans değerleri de göz önünde bulundurulmalıdır (Cacha, 1999; Das ve Sengupta, 1996).

2.1. İç (asgari) ölçüler

Çalışma ortamlarının ergonomik tasarımında, insan vücudunun sığabileceği en küçük ölçüler için en büyük vücut değerleri esas alınır. Örneğin, bir sıra tasarımında sıranın ölçüleri, oraya sığabilecek en büyük vücut ölçü değerlerine sahip insana uygun olmalıdır. Bir kapının tasarım sürecinde, kapıdan geçebilecek en uzun boylu birey düşünülmelidir.

Bu asgari ölçü değerlerinin kullanımına örnekler şu şekilde verilebilir (Kahraman, 2013);

- Dış fırçası tasarımında, derin ağız olan bir kişinin dişlerine rahatlıkla ulaşabileceği ölçü önemlidir.
- Bir koltuk tasarımında, koltuğa sığabilecek en büyük kalçalı birey baz alınmalıdır.
- Bir kapının yüksekliği oradan geçebilecek en uzun boylu bireye uygun olmalı, hatta o bireyin takabileceği şapka gibi nesnelere dikkate alınmalıdır.
- Kontrol düğmeleri, uzun boylu çalışanların düğmeleri eğilmeden kullanabileceği seviyede olmalıdır.
- Geçiş noktalarında veya makinelerin birbiri ile ayrılmasında, en az 60 cm'lik bir ölçü bırakılmalıdır.

2.2. Dış (azami) ölçüler

Dış ölçülerin belirlenmesinde, herhangi bir nesneyi kullanabilecek ya da o nesneye uzanabilecek en kısa boylu birey esas alınmalıdır. Örneğin, kapı kolunun yerden mesafesinin belirlenmesinde, toplumdaki en kısa boylu bireyin kapı koluna rahatlıkla ulaşması önemlidir.

Dış ölçü değerlerinin kullanımına örnekler şu şekilde verilebilir (Kahraman, 2013);

- Yüksekliği ayarlanamayan bir koltuk tasarımında, koltuğa oturacak en kısa boylu birey göz önünde bulundurulmalıdır. En kısa boylu bireyin ayakları yere değecek şekilde ölçüler ayarlanmalıdır.
- Bir kapının kilidi, küçük boylu bir bireyin azami ulaşım mesafesinden daha yüksekte olmamalıdır.

3. RULA Analizi

Çalışırken ağırlı pozisyonların sürekli olarak tekrarlanması, yorgunluk oluşturur ve uzun vadede iskelet-kas sisteminde bozukluklara neden olabilir. Bu durum, statik ya da postürel ağırlık benimsenmesi gereken iş iyileştirmelerinde, indirgeme ve çalışma koşullarının değerlendirilmesi sürecinde dikkate alınması gereken faktörlerden biridir.

RULA yöntemi (Hızlı Üst Sınır Değerlendirme/ Rapid Upper Limb Assessment), 1993 yılında Nottingham Üniversitesi'nde geliştirilmiştir. Bu yöntemde, bireylerin çalışma esnasındaki hareket ve konumlarının gözlemlenmesi ile uygulamaya başlanır. Bu gözlem esnasında, çalışan birey için en kritik duruş seçilmeli ve değerlendirmeye tabii tutulmalıdır. RULA analizi, bireyi iki gruba ayırır (Pradanos vd., 2011);

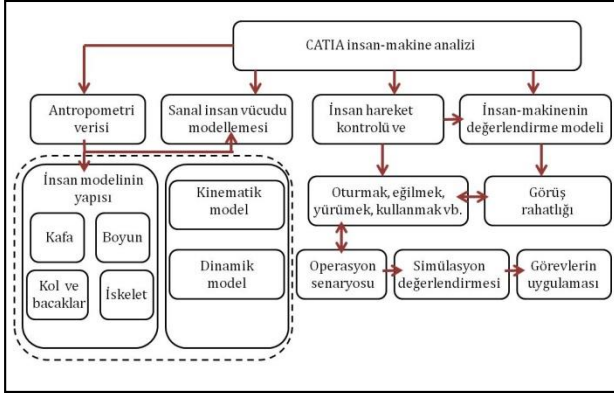
- A grubu; kollar, önkollar ve bilekler.
- B grubu; bacaklar, gövde ve boyun.

Metotla ilişkili tablolar vasıtasıyla, vücuda uygulanan kas aktivitesinin türüne ve uygulanan güce bağlı olarak değerler verilir. Değer ataması tablolardan faydalanılarak yapılır ve son değer elde edilir. RULA metodu tarafından verilen son değer, görevin performansı tarafından gerek duyulan risk ile orantılıdır. Bu sebeple, daha yüksek değerler iskelet-kas sisteminde hasar çıkma olasılığının daha yüksek olduğunu gösterir. (Pradanos vd., 2011).

4. CATIA V5 R21'de Ergonomik Analiz

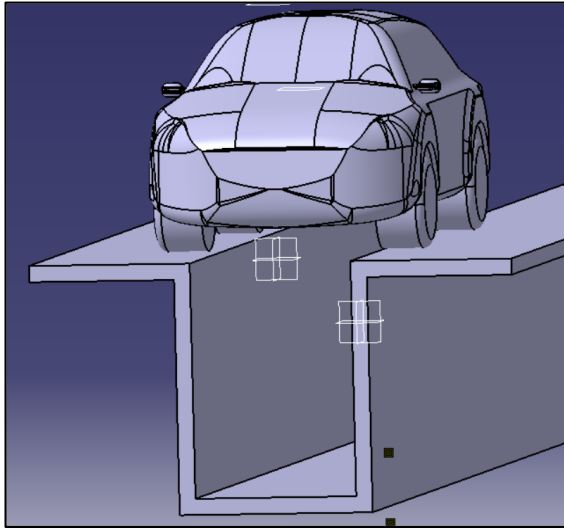
İlk olarak, problem oluşturan kanaldaki bireyin çalışma pozisyonu ile optimize edilen sistemdeki duruş pozisyonuna göre yapılan RULA analizi sonuçlarına ilişkin geliştirme kısımları tartışılmıştır.

Tasarım parametreleri standart olarak değil, değerlendirme kriterleri olarak belirlenmiştir. CATIA'nın insan-makine analiz süreçleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. CATIA'nın insan-makine analiz süreçleri (Zhenhe vd., 2013)

150 cm derinliğinde ve 100 cm genişliğinde olan bir araç bakım kanalı oluşturulmuştur. Pozisyon konumlandırma için tasarlanan aracın kanal üzerindeki duruşu Şekli 3'te gösterilmiştir. Tasarlanan aracın yerden yüksekliği yaklaşık 18 cm'dir.

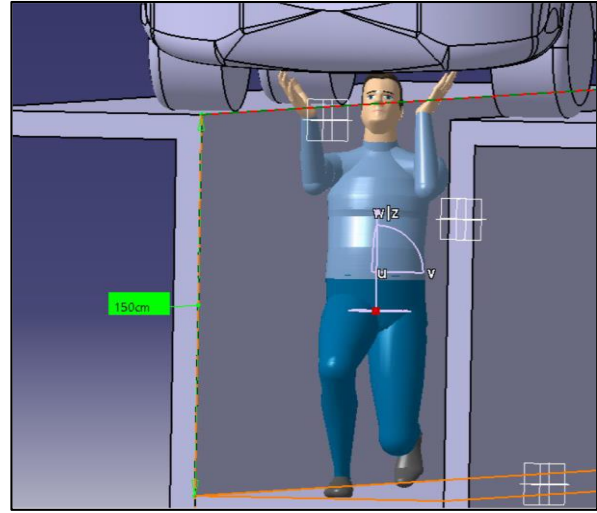


Şekil 3. Kanal ve araç CATIA tasarımı

4.1. Dijital İnsan Modelleme

RULA analizinde insan modelini konumlandırmak için CATIA V5 R21'de bulunan "Ergonomics Design & Analysis" modülü kullanılmıştır. Modülün "Human Builder" özelliği kullanılarak dijital insan modelleri kolayca oluşturulmaktadır. 202 cm boyunda bir erkek model oluşturulmuş ve ergonomideki dış (azami) ölçüler bölümünde bahsedilen tasarım ilkelerine dayanarak kanala girebilecek en uzun boylu birey olarak seçilmiştir. Seçilen boy sadece bir örnek teşkil etmekle birlikte, daha uzun boylu bir modelin de

oluşturulması mümkündür. Modeli Şekil 4'deki gibi konumlandırdıktan sonra RULA analizi kısmına geçilmiştir.



Şekil 4. İnsan modelini konumlandırma

4.2 RULA Analizi ve Değerlendirme

RULA analiz sonuçlarını elde etmek için CATIA ortamında insan aktivite analizi gerçekleştirilir. Geliştirilen araç bakım kanalında yapılacak çalışmalarda kullanılacak teçhizat yükü, 1 kg olarak belirlenmiştir.

RULA analizinde riskler renklerle temsil edilir. Analiz sonuçlarına göre elde edilen değerlerin risk faktörüne göre renk dağılımı, Tablo 1'de gösterilmiştir. Hareketler, statik kas durumu, kuvvet, çalışma duruşu vb. faktörlerin birleşmesiyle final skor 1'den 7'ye kadar değişir.

Tablo 1. RULA analizi uzuvlardaki değerlerin riskine göre renk dağılımı (Vaclav vd., 2007)

Vücudun parçası	Puan	1	2	3	4	5	6
Üst kol	1-6	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
Önkol	1-3	Green	Yellow	Red			
Bilek	1-4	Green	Yellow	Red	Red		
Bilek bükümü	1-2	Green	Red				
Boyun	1-6	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
Gövde	1-6	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red

Elde edilen bu değer ve renklerin anlamı ise şu şekildedir;

- 1 ve 2: (Yeşil) Duruşun kabul edilebilir olduğunu gösterir uzun süre muhafaza edilir veya tekrarlanır.
- 3 ve 4: (Sarı) Daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu gösterir ve değişiklikler gerekebilir.
- 5 ve 6: (Turuncu) Araştırmanın ve değişikliklerin yakın zamanda gerekli olduğunu gösterir.
- 7: (Kırmızı) Hemen araştırmanın ve değişikliklerin gerekli olduğunu gösterir.

Dijital insan modeli, var olan araç bakım kanalına uygun pozisyonda yerleştirilmiş ve analizi yapılmıştır. Analiz sonucu elde edilen risk değerleri ve renk dağılımı Tablo 2 ve 3'te gösterilmiştir.

Tablo 2. RULA analizi sonuçlarına göre modelin sol yan sonuçları

Vücutun parçası	Puan	Renk
Üst kol	4	Yellow
Önkol	3	Red
Bilek	4	Red
Bilek bükümü	2	Red
Duruş A	6	Yellow
Kas	1	Red
Güç/Yük	0	Green
Bilek ve kol	7	Red
Boyun	6	Red
Gövde	3	Yellow
Bacak	1	Green
Duruş B	8	Red
Boyun, gövde ve bacak	9	Red
Final Puanı	7	Red

Tablo 3. RULA analizi sonuçlarına göre modelin sağ yan sonuçları

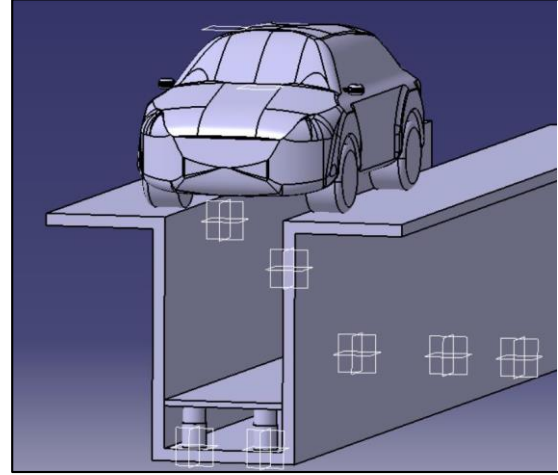
Vücutun parçası	Puan	Renk
Üst kol	4	Yellow
Önkol	2	Yellow
Bilek	4	Red
Bilek bükümü	2	Red
Duruş A	5	Yellow
Kas	1	Red
Güç/Yük	0	Green
Bilek ve kol	6	Orange
Boyun	6	Red
Gövde	3	Yellow
Bacak	1	Green
Duruş B	8	Red
Boyun, gövde ve bacak	9	Red
Final Puanı	7	Red

Tablo 2 ve 3'te de görüldüğü gibi, DHM ile yapılan sol ve sağ yan analiz sonucu 7 çıkmıştır. Kırmızı renk durumun kritik olduğunu gösterir ve bu çalışma pozisyonunun uygun bir duruş olmadığını belirtmektedir.

Kanal derinliğinin insan modeline uygun olmamasından dolayı, araştırmanın ve değişikliklerin acilen gerekli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Bu elverişsiz çalışma ortamı, bireylerde ciddi sağlık problemlerine neden olacaktır. Ayrıca, bu kanalların kullanımı sırasında araçların ve insanların kanallara düşme tehlikesi bulunmaktadır.

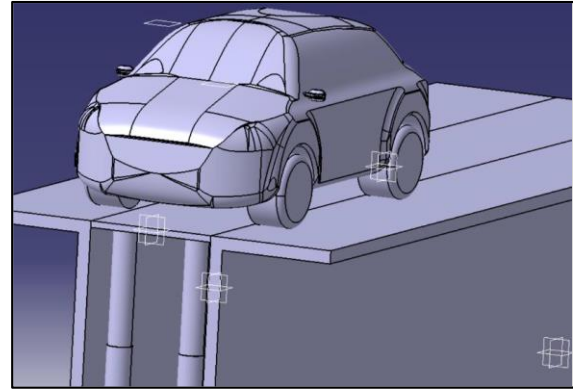
Kanallardaki çalışma pozisyonlarının ergonomik hale getirilmesi için antropometrik ölçülere göre derinliği 190 cm olan yeni bir kanal tasarlanmıştır. Kanal

derinliğinin ayarlanmasını sağlayan hidrolik bir sistem eklenmiş ve bu sistem üzerine 5 cm yüksekliğinde rampa eklenmiştir. Geliştirilen hidrolik sistem, kanalın en üst noktasına kadar çıkabilmektedir (Şekil 5).



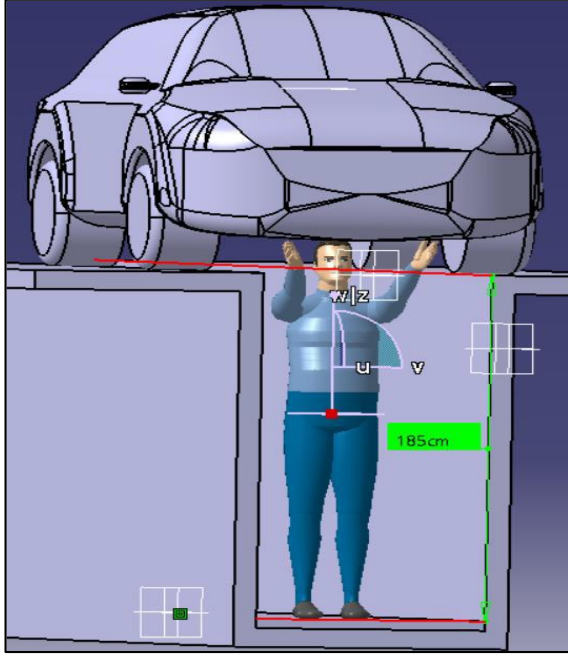
Şekil 5. Geliştirilen araç bakım kanalı

Kanal üzerine yerden yüksekliği 18 cm olan araba eklenmiştir. Rampanın kapanmış hali Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Rampanın kapanmış hali

Tasarım tamamlandıktan sonra aynı işlemler tekrarlanarak, dijital insan modeli uygun pozisyona yerleştirilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Mankenin uygun pozisyona yerleştirilmesi

Tasarlanan yeni bakım kanalında gerçekleştirilen ergonomik analiz sonuçları Tablo 4 ve 5'te gösterilmiştir.

Tablo 4. RULA analizi sonuçlarına göre modelin sol yan sonuçları

Vücutun parçası	Puan	Renk
Üst kol	2	Yeşil
Önkol	2	Sarı
Bilek	2	Sarı
Bilek bükümü	1	Yeşil
Duruş A	1	Yeşil
Kas	1	Kırmızı
Güç/Yük	0	Yeşil
Bilek ve kol	4	Sarı
Boyun	1	Yeşil
Gövde	1	Yeşil
Bacak	1	Yeşil
Duruş B	1	Yeşil
Boyun, gövde ve bacak	2	Yeşil
Final Puanı	3	Sarı

Optimize edilmiş kanalın RULA analizi sonuçları insan modelinin her iki yanı için de 3 çıkmıştır. Bu puan, geliştirilen araç bakım kanalı tasarımının ergonomik açıdan çalışmaya uygun olduğunu ve gerekli iyileştirmelerin sağlandığını belirtmektedir.

Tablo 5. RULA analizi sonuçlarına göre modelin sağ yan sonuçları

Vücutun parçası	Puan	Renk
Üst kol	2	Yeşil
Önkol	2	Sarı
Bilek	2	Sarı
Bilek bükümü	1	Yeşil
Duruş A	3	Yeşil
Kas	1	Kırmızı
Güç/Yük	0	Yeşil
Bilek ve kol	4	Sarı
Boyun	1	Yeşil
Gövde	1	Yeşil
Bacak	1	Yeşil
Duruş B	1	Yeşil
Boyun, gövde ve bacak	2	Yeşil
Final Puanı	3	Sarı

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada bir iş istasyonunun ergonomik koşullara göre yeniden tasarımı ele alınmıştır. Çalışmada DHM yaklaşımı ile CATIA V5 ortamında, RULA analiz yöntemi ile klasik araç bakım kanallarında ergonomik duruş analizleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, elde edilen analiz sonuçlarının insan sağlığında yol açabilecek tehlikeli sonuçlarını ortadan kaldırmaya yönelik olarak yeni bir araç bakım kanalı tasarlanmıştır. Tasarlanan yeni araç bakım kanalının bilgisayar destekli ergonomik analiz sonuçları, yeni tasarımın kullanıcının kas-iskelet sistemi üzerinde pozitif etki yaptığını göstermiştir.

Yeni tasarıma göre araç bakım kanalında yapılan iyileştirmeler aşağıdaki gibidir;

- Kanal derinliği, çalışma ergonomisine uygun standartta olması için artırılmıştır.
- 5 cm kalınlığında hidrolik tertibat sayesinde, el ile kumandalı inip çıkabilen bir rampa eklenmiştir. Bu rampa sayesinde hem kişinin boyuna göre kanal derinliği değiştirilmiş, hem de kapanan rampa sayesinde çalışma ortamının güvenliği sağlanmıştır.
- Sonuç olarak; normal şartlarda 150 cm derinliğe, 18 cm de araç yerden yükseklik toleransı eklenirse 168 cm'lik bir çalışma azami yüksekliği oluşur. Rula analizinde 202 cm boyundaki bir personelin duruş pozisyonu düzenlenip analizi yapılmış ve final skoru 7 bulunmuştur.
- Bu sonuç ile birlikte iyileştirme çalışmasına gidilmiştir. Bu sonuç 185 net derinlik ve 18 cm'lik araç toleransı ile 203 cm'lik azami çalışma yüksekliği ortaya çıkarmıştır. Rula analizinde 202 cm boyundaki personelin duruş pozisyonu düzenlenip analizinin yapılmasından sonra ortaya çıkan final skoru 3'e indirgenmiştir.

- Böylece optimize edilen kanala göre 202 cm boya kadar her insan kanalda bakım, onarım ve muayene işlemlerini ergonomik açıdan rahat şekilde yapabilecektir.

Kanal derinliği istenilen ölçülerde yapılarak personelin azami boy kısıtlaması engellenebilir ve güvenlik sistemleri eklenerek çalışanlara güvenli bir çalışma ortamı sağlanabilir.

Teşekkür

Bu çalışma 3rd International Congress on 3D Printing sempozyumunda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

Cacha, C. A., 1999. Ergonomics and Safety in Hand Tool Design, Lewis Publishers, Boca Raton, ISBN 1-56670-308-5.

Das, B., Sengupta, A. K., 1996. Industrial Workstation Design: A Systematic Ergonomics Approach, Applied Ergonomics, 27 (3), 157-163.

Duffy, V. G., 2017. Digital Human Modeling. Applications in Health, Safety, Ergonomics, and Risk Management: Ergonomics and Design, 8th International Conference, DHM 2017, Held as Part of HCI International 2017, Vancouver, BC, Canada.

Fritzsche, L., 2010. Ergonomics Risk Assessment with Digital Human Models in Car Assembly: Simulation versus Real Life, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries 20(4) 287-299.

Hendrick, H.W., 2003. Determining the cost-benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success., Applied Ergonomics, 34(5), 419-427.

Kahraman, M.F., 2013. Türkiye`de antropometrik verilere göre ofiste ergonomik işyeri tasarımı, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi / Araştırma, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.

Karmakar, S., Sanjog, J., Patel, T., 2014. Digital Human Modelling and Simulation in Product and Workplace Design: Indian Scenario, National Conference on Advances in Engineering and Technology (AET).

Koçak, G., 2007. Gemi Makineleri İşletmesinde Ergonomik Analiz, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Kuyu, H., Ergonomi. <https://docplayer.biz.tr/35954525-Ergonomi-haci-kuyu-maden-muhendisi-is-guvenligi-uzmani-a-isyeri-hekimi-ve-is-guvenligi-uzmanligi-egitici.html> (Erişim Tarihi: 18.12.2017).

Prádanos, R., Sanz, J. M., Gutiérrez, D., Puente, N. D. L., Rojas, J. I., Domínguez, M., Espinosa, M. D. M., 2011. Ergonomic Design And Analysis Of A Post In A Stall, International conference on Innovative Methods in Product Design, Venice, Italy.

Satheeshkumar, M., Krishnakumar, K., 2014. Digital Human modelling approach in ergonomic design and evaluation - review, International Journal of Scientific & Engineering Research, 5 (7), 617-623.

Şahin, İ., Eldem, C., Kalyon, S. A., Gökçe, H., 2017. Digital Human Modelling and Ergonomic Analysis: Automatic Arm Barrier as an Example, International Congress on New Trends in Science, Engineering and Technology (ICONTRENDS'17), Barcelona, Spain, 176-187.

Vaclav, S., Peterka, J., Pokorny, P., 2007. Objective method for assembly, In Annals of DAAAM for 2007 & Proceedings., Viedeň, ISSN 1726-9679.

Vink, P., Koningsveld, E. A. P., Molenbroek, J. F., 2006. Positive Outcomes Of Participatory Ergonomics İnterms Of Greater Comfortand Higher Productivity, Applied Ergonomics, 37(4), 537-546.

Zhang, B., Álvarez-Casado, E., Sandoval, S. GT., Mondelo, P., 2010. Using ergonomic digital human modeling in evaluation of workplace design and prevention of occupational hazards onboard fishing vessel, Departament d'Organització d'Empreses - Ponències/Comunicacions de congressos, ISBN: 978-84-934256-8-5.

Ye, Z., Li, X., Li, Y., 2013. The Virtual Prototyping Design And Evaluation Of Ergonomic Gymnastic Based On CATIA, International Journal of Hybrid Information Technology, 6 (5), 67-78.