



**OTOMOBİL MONTAJ HATTINDA ARTIRILMIŞ  
GERÇEKLİK GÖZLÜĞÜ KULLANIMININ ÜRETİMDE  
VERİMLİLİK ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Gözde TURAN**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMOBİL MONTAJ HATTINDA ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK GÖZLÜĞÜ  
KULLANIMININ ÜRETİMDE VERİMLİLİK ÜZERİNE ETKİSİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**Gözde Turan**  
0000-0002-9271-4515

Prof. Dr. Tülin Gündüz  
0000-0002-7134-3997  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

## TEZ ONAYI

Gözde TURAN tarafından hazırlanan "otomobil montaj hattında artırılmış gerçeklik gözlüğü kullanımının üretimde verimlilik üzerine etkisinin araştırılması" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Tülin GÜNDÜZ

**Başkan** : Prof. Dr. Tülin Gündüz  
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı  
0000-0002-7134-3997

  
İmza

**Üye** : Prof. Dr. Emin Kahya  
EOÜ, Mühendislik Fakültesi,  
İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı  
0000-0001-9763-2714

  
İmza

**Üye** : Dr. Öğr.Üy. Besim Türker ÖZALP  
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı  
0000-0003-0307-1026

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım

  
Prof. Dr. Hüseyin Aksoy EREN  
Enstitü Müdürü

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

.../.../.....

**Gözde TURAN**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### OTOMOBİL MONTAJ HATTINDA ARTIRILMIŞ GERÇEKLIK GÖZLÜĞÜ KULLANIMININ ÜRETİMDE VERİMLİLİK ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

**Gözde TURAN**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Tülin GÜNDÜZ

Günümüzde, otomotiv montaj hattında insan faktörü yüksek oranda ön plana çıkmaktadır. Otomobil üretim fabrikasında, üretilecek olan model opsiyonuna bağlı olarak araca monte edilen parçalar değişmektedir. Aynı montaj hattından birden fazla model ve opsiyon araç geçebilmektedir. Montaj işlemleri çoğunlukla operatörler tarafından manuel olarak yürütülmektedir. Sanayide uygulanmaya başlayan Endüstri 4.0 uygulamaları arasında artırılmış gerçeklik gözlüğü kullanımı yaygınlaşmaya başlamaktadır. Aynı zamanda nöroergonomi alanında artırılmış gerçeklik gözlüğünün insan üzerindeki etkileri de araştırılmaktadır. Bu tez çalışması artırılmış gerçeklik gözlüğünün endüstride kullanılması ile operatör üzerinde yarattığı zihinsel yükün belirlenmesi hedeflenmiştir. Günümüz teknolojisinin önemli konularından biri olan giyilebilir artırılmış gerçeklik gözlüğü; gerçek dünyada içerisindeki nesnelere sanal ortamda işleyerek meydana getirdiği net bilgiyi gerekli zamanda gözlük kullanan kişinin önüne getirilmektedir. Amaç, artırılmış gerçeklik gözlüğü kullanan montaj operatörü üzerinde oluşan bilişsel yükün araştırılmasıdır. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanılması, aracı monte ederken operatörün yanlış sıralama problemini ortadan kaldırarak verimliliği artırmaya, bilişsel yükü azaltmaya yardımcı olabilmektedir. Yapılan çalışmada, erkek ve kadın montaj operatörleri üzerinde artırılmış gerçeklik gözlüğü kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Katılımcılardan önceden belirlenen 56 adet parça kutusundan 10 adet iş parçasını belirlenmiş iş emrine göre alıp belli bir yere yerleştirmesi istenmiştir. Sonuçlar NASA-TLX metodu ile değerlendirilmiştir. Normalite testinin ardından Mann Whitney U Testi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, artırılmış gerçeklik gözlüğü kullanımı ile çevrim zamanının %16 azaldığı, bilişsel yükün ise % 8,28 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Artırılmış gerçekliğin cinsiyet üzerinde etkisi karşılaştırıldığında kadın erkek arasında anlamlı fark görülmemiştir. Endüstri 4.0 kapsamında sanayinin ihtiyacı olan artırılmış gerçeklik gözlüğü ile çalışmanın işletmeye getireceği katkı ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, nöroergonomi, artırılmış gerçeklik gözlüğü, bilişsel yük, otomotiv sektörü

**2019, vii + 77 sayfa.**

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **THE INVESTIGATION OF EFFECT OF USING AUGMENTED REALITY ON AUTOMOTIVE ASSEMBLY LINE ON PRODUCTIVITY**

**Gözde TURAN**

Bursa Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Industrial Engineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Tulin Gunduz

At the present time, human factor comes into prominence in the automotive assembly line. The assembly parts which are assembled to the car are changed according to the car option which is produced. More than one model and option car can be produced on a production line. Mostly, assembly process are done by operator. Industry 4.0 studies are performed in industry. Day by day the use of augmented reality glasses, which is related to industry 4.0 is became widespread. In addition, on the neuro ergonomics area, the effect of augmented reality glasses on a human about are being investigated. In this study, It is aimed to determine the effect of augmented reality glasses on cognitive load. The augmented reality glasses are one of the important topics at the present time. Augmented reality is reflection real display to users by converting displayed shapes or objects to some visuals. In this study, we searched the effect of cognitive load on the employees when using the augmented reality glasses Using augmented reality technology helps improve productivity, reduce cognitive load and eliminate wrong sorting problem while assembling a vehicle. The experimental studies were performed with women and men who used augmented reality glasses. The participants were asked to receive 10 pieces of workpieces from 56 material box that is predetermined, according to the specified work order and then place them in the specific place The NASA-TLX valuation method was used to interpret the resulting test results. After the normality test, the Mann Whitney U Test was performed. The results showed the cycle time decreased 16% by using augmented reality glasses. With regard to cognitive load, the difference between genders was examined. When compared to gender, there was no significant difference between men and women participants in terms of cycle time. Within the scope of industry 4.0, the contribution of augmented reality glasses to the automotive sector was presented.

**Key words:** Industry 4.0, neuroergonomy, augmented reality glasses, cognitive load, automotive sector

**2019, vii + 77 pages.**

## TEŞEKKÜR

Tez çalışması boyunca tez danışmanlığımı üstlenen ve çalışmalarımın her aşamasında desteğini hissettiren hocam Prof. Dr. Tülin Gündüz'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında beni daima destekleyen, her açıdan yanımda olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Desteklerinden dolayı TOFAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Gözde TURAN  
12/10/2019



## İÇİNDEKİLER

|   | Sayfa |
|---|-------|
| ÖZET .....  | i     |
| ABSTRACT .....  | ii    |
| TEŞEKKÜR .....  | iii   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....  | vi    |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....   | vii   |
| 1.GİRİŞ .....   | 1     |
| 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI .....  | 6     |
| 2.1. Artırılmış Gerçeklik .....   | 6     |
| 2.2.Bilişsel Ergonomi.....  | 11    |
| 2.3. Kaynak Araştırması.....  | 16    |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM .....   | 21    |
| 3.1. Mevcut Sistem Analizi.....   | 21    |
| 3.2. Problem Tanımlaması .....  | 22    |
| 3.3. Önerilen Sistem.....   | 26    |
| 3.4. İstatiksel Analiz.....   | 28    |
| 3.4. Deney Ortamının Tasarlanması ve Materyallerin Belirlenmesi.....  | 28    |
| 3.5. Adayların Seçilmesi .....  | 30    |
| 3.6. Deneye Hazırlık .....  | 30    |
| 3.7. Deneylerin Gerçekleştirilmesi.....   | 31    |
| 3.8. Bilişsel İş Yükünün Ölçülmesi .....  | 32    |
| 3.9. NASA-TLX Yönteminin Uygulanması .....  | 35    |
| 4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....  | 37    |
| 4.1. Çevrim Süresinin İstatiksel Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....                                | 37    |
| 4.2. NASA-TLX Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....  | 47    |
| 4.4. Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Verimlilik ve Bilişsel Yük Üzerindeki Etkisinin Tartışılması ..... | 55    |
| 5. SONUÇ .....  | 58    |
| KAYNAKLAR .....   | 61    |
| EK 1 NASA-TLX Formu.....  | 68    |
| EK 2 İkili Karşılaştırma Formu.....   | 68    |
| EK 3 Hamilton Depresyon Derecelendirme Ölçeği.....  | 68    |
| EK 4 Hamilton Anksiyete Değerlendirme Ölçeği .....  | 68    |
| EK 1 NASA-TLX Formu.....  | 69    |
| EK 2 İkili Karşılaştırma Formu.....   | 70    |
| EK 3 Hamilton Depresyon Derecelendirme Ölçeği.....  | 71    |
| EK 4 Hamilton Anksiyete Değerlendirme Ölçeği .....  | 74    |
| ÖZGEÇMİŞ .....  | 77    |



## KISALTMALAR DİZİNİ

| <b>Kısaltmalar</b> | <b>Açıklama</b>   |
|--------------------|---|
| 2D                 | İki boyutlu   |
| 3D                 | Üç boyutlu  |
| AG                 | Artırılmış gerçeklik  |
| HAÖ                | Hamilton anksiyete değerlendirme ölçeği                             |
| HDÖ                | Hamilton depresyon decelendirme ölçeği                              |
| NASA-TLX           | The National aeronautics and space administration's task load index |
| QR                 | Kare kod  |
| SAG                | Işıklı uyarı sistemi  |
| VR                 | Sanal gerçeklik   |



## ŞEKİLLER DİZİNİ

|  | <b>Sayfa</b> |
|--|--------------|
| Şekil 3.1. Macrocev kağıdı .....   | 21           |
| Şekil 3.2. Işıklı uyarı sistemi .....  | 22           |
| Şekil 3.3. Difüzyon arabası .....  | 22           |
| Şekil 3.4. Mevcut sistem işleyişi.....   | 24           |
| Şekil 3.5. Gözlük önüne gelen net bilgi .....  | 26           |
| Şekil 3.6. Sıradaki raf numarası .....   | 27           |
| Şekil 3.7. Karekod okutulduktan sonra AG parçanın onay görüntüsü .....                 | 27           |
| Şekil 3.8. SmartEyeglass gözlüğü.....  | 29           |
| Şekil 3.9. Malzeme kutularının karekodları.....  | 30           |
| Şekil 4.1. Gözlüksüz ve AG gözlüklü ortalama çevrim süresi .....                       | 44           |
| Şekil 4.2. Yaş kriterime göre AG gözlüklü ve gözlüksüz ortalama çevrim süresi .....    | 45           |
| Şekil 4.3. Cinsiyet kriterime göre AG gözlüklü ve gözlüksüz ortalama çevrim süresi ..  | 45           |
| Şekil 4.4. 35 yaş üzeri kadın için AG gözlüklü ve gözlüksüz NASA-TLX skoru .....       | 49           |
| Şekil 4.5. 35 yaş altı kadın için AG gözlüklü ve gözlüksüz NASA-TLX skoru .....        | 50           |
| Şekil 4.6. 35 yaş üstü erkek için AG gözlüklü ve gözlüksüz NASA-TLX skoru.....         | 50           |
| Şekil 4.7. 35 yaş altı erkek için AG gözlüklü ve gözlüksüz NASA-TLX skoru .....        | 50           |
| Şekil 4.8. 35 yaş üstü kadın için kriterlerin yüzdeler olarak karşılaştırılması .....  | 51           |
| Şekil 4.9. 35 yaş altı kadın için kriterlerin yüzdeler olarak karşılaştırılması.....   | 52           |
| Şekil 4.10. 35 yaş üstü erkek için kriterlerin yüzdeler olarak karşılaştırılması ..... | 52           |
| Şekil 4.11. 35 yaş altı erkek için kriterlerin yüzdeler olarak karşılaştırılması.....  | 53           |
| Şekil 4.12. AG gözlüklü - gözlüksüz NASA- TLX yükünün yüzdesel olarak değişimi         | 54           |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

|   |    |
|---|----|
| <b>Çizelge 4.1.</b> Katılımcıların HAÖ sonuçları.....   | 37 |
| <b>Çizelge 4.2.</b> Katılımcıların HDÖ sonuçları.....   | 37 |
| <b>Çizelge 4.3.</b> Kadın çalışanlar için çevrim süresi.....                                      | 38 |
| <b>Çizelge 4.4.</b> Erkek çalışanlar için çevrim süresi.....                                      | 38 |
| <b>Çizelge 4.5.</b> AG gözlüğünün çevrim süresine etkisi.....                                     | 39 |
| <b>Çizelge 4.6.</b> AG gözlüğünün kadın çalışanlar üzerinde çevrim süresine etkisi.....           | 40 |
| <b>Çizelge 4.7.</b> AG gözlüğünün erkek çalışanlar üzerinde çevrim süresine etkisi.....           | 41 |
| <b>Çizelge 4.8.</b> AG gözlüğünün 35 yaş üstü çalışanlar üzerinde çevrim süresine etkisi.....     | 41 |
| <b>Çizelge 4.9.</b> AG gözlüğünün 35 yaş altı çalışanlar üzerinde çevrim süresine etkisi.....     | 42 |
| <b>Çizelge 4.10.</b> AG gözlüğünün 35 yaş üstü kadın çalışan üzerinde çevrim süresine etkisi..... | 42 |
| <b>Çizelge 4.11.</b> AG gözlüğünün 35 yaş altı kadın çalışan üzerinde çevrim süresine etkisi..... | 43 |
| <b>Çizelge 4.12.</b> AG gözlüğünün 35 yaş üstü erkek çalışan üzerinde çevrim süresine etkisi..... | 43 |
| <b>Çizelge 4.13.</b> AG gözlüğünün 35 yaş altı erkek çalışan üzerinde çevrim süresine etkisi..... | 43 |
| <b>Çizelge 4.14.</b> Cinsiyet kriterine göre AG gözlüksüz ortalama çevrim süresine etkisi ...     | 46 |
| <b>Çizelge 4.15.</b> Cinsiyet kriterine göre AG gözlüklü ortalama çevrim süresine etkisi.....     | 46 |
| <b>Çizelge 4.16.</b> Yaş kriterine göre AG gözlüksüz ortalama çevrim süresine etkisi.....         | 47 |
| <b>Çizelge 4.17.</b> Yaş kriterine göre AG gözlüklü ortalama çevrim süresine etkisi.....          | 47 |
| <b>Çizelge 4.18.</b> 35 yaş üstü kadın çalışan NASA-TLX sonuçları.....                            | 48 |
| <b>Çizelge 4.19.</b> 35 yaş altı kadın çalışan NASA-TLX sonuçları.....                            | 48 |
| <b>Çizelge 4.20.</b> 35 yaş üstü erkek çalışan NASA-TLX sonuçları.....                            | 48 |
| <b>Çizelge 4.21.</b> 35 yaş altı erkek çalışan NASA-TLX sonuçları.....                            | 49 |
| <b>Çizelge 4.22.</b> AG gözlüğünün bilişsel yük üzerindeki etkisi.....                            | 55 |

## 1.GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca bir çok değişim yaşımıştır ve dijitalleşme süreci bunun en güçlü örneğidir. Dijitalleşme sürecinin başlamasında rol oynayan Endüstri 4.0 terimi ilk kez 2011 yılında Almanya’da Hannover Fuarı’nda duyulmuştur (Heuser ve Hess 2016). Uluslar arası piyasada rekabet gücünü koruyabilmek için Endüstri 4.0 alanında yapılan çalışmalar günümüzde önemli bir yer tutmaktadır. Dördüncü sanayi devrimi hem endüstri hem de akademik alanda (Chiarello ve ark. 2018, Liao ve ark. 2017) hatırı sayılır derece de büyük bir etkiye sahiptir ve bu teknolojilerinin etkin bir şekilde uygulanması günümüzün en önemli araştırma konularından birisidir (Lee ve ark. 2015, Babiceanu ve Şeker 2016, Dalenogare ve ark. 2018). Endüstri 4.0 gerçek zamanlı olarak veri toplamak ve analiz etmek, tüm endüstri sistemine faydalı bilgiler sağlamak için dijital teknolojilerin benimsenmesine dayanmaktadır (Lee ve ark. 2015, Wang ve ark. 2016).

Endüstri 4.0 geleneksel endüstrilerin güçlü yönlerini, günümüz internet teknolojileri ile birleştirmeyi amaçlar. Endüstri 4.0’ın ekonomiye getirdiği en büyük yenilik; teknolojiye olmayan ve insanda olan beyin ile, teknolojiye olan insanda olmayan yüksek verimin birleştirilmesidir (Özkan ve ark. 2018). Endüstri 4.0 insan-makine-insan işbirliğini göz önünde bulundurarak akıllı üretim sistemlerinin hızlı bir şekilde ilerlemesine katkıda bulunmaktadır ve böylece yüksek derecede operasyonel verimlilik elde edilmesi planlanmaktadır (Thames ve Schaefer 2016).

Endüstri 4.0 ile başlayan dijital dönüşüm, katma değer sağlayan tüm sektörlerde kullanılmaktadır. Endüstri 4.0’ın sanayi sektörü üzerindeki etkileri önemli ve geniş kapsamlıdır. Endüstri 4.0, mevcut ve yeni teknolojilerin ve bunların üretim ortamına uygulanmasının akıllı bir kombinasyonu olarak düşünülebilir (Trappey ve ark. 2016).

Ülkemize önemli bir getiriye sahip olan otomotiv sektörü de Endüstri 4.0 teknolojilerini benimsemektedir. 2016 yılında dünya genelinde 95 milyon civarında araç üretildi (Abolhassania ve ark. 2019), bu nedenle otomotiv sektöründe yapılan çalışmaların önemi gün geçtikçe artmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojisini kullanmayı benimseyen

otomotiv sektörü firmaları eksik olduğu noktaları belirleyerek bu noktaların iyileştirilmesine odaklanırlar. Endüstri 4.0 uygulamalarını çalışma alanına adapte etmek amacıyla birçok çalışma yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmaların ilk ve en önemli hedefi çalışma ortamlarının, etkililiğinin ve verimliliğinin artırılmasıdır. Verimlilik üzerine sağlanacak artış, fabrikalarının rekabet etme gücünü doğrudan etkileyecek güçlü bir parametredir.

İnternet teknolojilerinden sonra yaşanan en büyük gelişim iki dünyayı birleştirmeyi amaçlayan artırılmış gerçeklik teknolojileridir. AG, gerçek ve sanal dünya arasında iletişimi sağlama özelliği sayesinde araştırmacılarının yeni odak noktası olarak endüstri alanında kullanılmaya başlanmıştır. 1990'lı yılların sonlarında, AG konulu Uluslararası Konferans Atölyesi ve Artırılmış Gerçeklik Sempozyumu, Uluslararası Karışık Gerçeklik Sempozyumu ve Artırılmış Gerçeklik Ortamları Tasarımı atölye çalışması (Azuma ve ark. 2001) dahil olmak üzere birçok konferans gerçekleştirildi. AG sistemlerinin son zamanlardaki gelişimi ile köklü değişiklikler meydana gelmiştir. Özellikle son 10 yılda, AG ile ilgili bilimsel araştırmalar yapılmaktadır. AG gözlüğünün popülerliği artmasına bağlı olarak akademi ve endüstri alanındaki bir çok araştırmacı gelecek vaat eden bu konu üzerinde ki çalışmalarına devam etmektedir (Rauschnabel ve ark. 2015, Vainstein ve ark. 2016).

AG teknolojisi en basit anlamıyla mobil cihazların kameralarından okutulabilen ve özel bir barkod türü olan QR (karekod) kodların canlandırılmış hali olarak tanımlanabilir (Akengin ve ark. 2018).

Günümüzde üretim ve imalat alanlarında artırılmış gerçeklik teknolojilerinin sağladığı avantajlardan yararlanılmaktadır. Üretim proseslerinin tamamen sanal ortamda gerçekleştirilmesi hedeflenen planlar arasındadır. AG teknolojisine verilebilecek en önemli örneklerden biri AG gözlükleridir. AG gözlüğü, gerçek ve sanal dünya arasında bir görüntünün oluşturulması ve oluşan görüntünün kullanıcıya senkronize bir şekilde ulaşmasını sağlayan en önemli giyilebilir teknolojidir.

AG teknolojisi geleneksel üretim sistemlerinin değişmesinde önemli derecede rol oynamaktadır. Üretim hatlarında uygulanan bazı operasyonlarda insana dayalı işlemlerin olması hatalı veya yanlış durumların oluşumuna sebep olabilmektedir. Günümüzün en yeni teknolojilerinden olan AG gözlükleri oluşabilecek olası problemlere alternatif çözümler sunmaktadır. Giyilebilir teknolojiler doğrudan çalışanlara takılabilen çalışan yanlış montaj işlemi gerçekleştirdiğinde uyarı sinyali gönderen cihazlardır (Pfeiffer 2017). AG, insan-teknoloji iletişiminin maksimum düzeyde gerçekleştirmesinde önemli derecede rol oynamaktadır. Bu teknolojinin üretim alanında kullanılmaya başlanmasıyla birlikte insan ve sistem arasındaki ilişkisinin olumlu seviyede artması beklenmektedir.

Teknolojik gelişmeler insan operatörlerin çalışma şeklinde radikal değişikliklere yol açmaktadır. AG uygulamalarının üretim süreçlerinde kullanımının bilişsel olarak önemi büyüktür. Zihinsel iş yükü çalışanların performansına etki etmektedir. Bu nedenle AG bilişsel alanda, soyut kavramlarla fiziksel nesnelere arasında sembolik bir bağ kurularak oluşan bilişsel yük azaltılmasına yardımcı olmaktadır.

Zihinsel iş yükü, çalışanların görevlerini gerçekleştirirken zihninde oluşan yük olarak ifade edilmektedir. İş yoğunluğunda yaşanan artış zihinsel aşırı yük oluşmasına neden olur ve bu durum iş performansını düşürür (Galy ve ark. 2011). Artan ürün çeşitliliği miktarı endüstriyel montaj işyerlerinde montaj işleri için artan bir karmaşıklığa yol açmaktadır (Funk 2016). Bu karmaşıklık AG teknolojisi uygulanarak karşılaşılan sorunlara etkili çözüm bulanabilir.

Otomotiv montaj fabrikası montaj malzemeleri araç üretim sırasına göre difüzyon alanında, operatör tarafından gerekli montaj parçalarının bulunması ve sıralama sırasında doğru parçanın yerleştirildiğinden emin olunması gerekmektedir. Mevcut kullanılan sistemde yanlış malzeme sıralama problemini yok etmek imkansızdır. Bu nedenle operatörlerin doğru zamanda doğru işi yapabilmesi için AG gözlüğü kullanılması düşünülmektedir. AG teknolojisinin kullanılması ile birlikte montaj hattı çevrim süresi azalarak verimliliğinin artacağı düşünülmektedir.

Ayrıca otomotiv montaj hattında çalışan operatörlerin AG gözlüğü kullanması durumunda çalışan üzerinde oluşabilecek bilişsel yük etkisi mevcut sisteme göre karşılaştırılarak AG gözlüğünün bilişsel yük üzerinde etkisi belirlenecektir.

İlk olarak NASA-TLX yöntemi kullanılarak bilişsel yük ölçülmektedir. NASA-TLX bilişsel durumu ve iş yükünün ölçülmesinde önemli bir yere sahiptir. Daha sonra NASA-TLX yönteminin ikili ağırlıklandırma aşamasına geçilerek toplam bilişsel yük belirlenmiştir.

Bu çalışma AG teknolojisinin difüzyon alanında verimlilik ve bilişsel yük üzerindeki etkisini ortaya koymaktır.

Bu çalışmadan beklentileri aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:

- Operatör zihninde oluşan bilişsel yük seviyesinin azalmasını sağlamak
- Çevrim süresini optimize etmek
- Operatörün etkili bir şekilde çalışmasını sağlamak
- Macrocaev kağıtlarının karıştırılmasından kaynaklan problemleri ortadan kaldırmak
- SAG sisteminde oluşan kesintilerden kaynaklanan yanlış sıralama ve gecikmeleri ortadan kaldırmak
- Üretim hattına gönderilen hatalı parçaların sayısını azaltarak kalite maliyetini düşürmek

Tez kapsamında yürütülecek çalışma ile aşağıda sıralanan somut hedeflere ulaşılması ve ilgili ölçme ve karşılaştırmalar ile değerlendirilmesi öngörülmektedir:

- Otomotiv montaj hattında çalışanların standart iş prosedürü ile çalışırken operatörün gerçekleştirdiği çevrim süresi ile artırılmış gerçeklik gözlüğü ile çalışırken operatörün gerçekleştirdiği çevrim süresinin karşılaştırılarak, AG gözlüğünün verimlilik üzerindeki etkisinin belirlenmesi

- Otomotiv montaj hattında çalışanların standart iş prosedürü ile çalışırken operatörün zihninde oluşan bilişsel yükün artırılmış gerçeklik gözlüğü ile çalışırken operatörün zihninde oluşan bilişsel yük etkisinin NASA-TLX yöntemi ile karşılaştırarak artırılmış gerçeklik gözlüğünün etkisinin belirlenmesi
- Otomotiv montaj hattında artırılmış gerçeklik gözlüğünün kullanımında çevrim süresinin yaş gruplarına ve deneyime göre değişkenliğinin belirlenmesi. Bu hedef, önümüzdeki yıllar içerisinde, ülkede ortalama yaşın hızla arttığı dikkate alınırsa, çalışanların yaş değişiminin performansla ilişkisini belirleyebilmek anlamında önem taşımaktadır.
- Otomotiv montaj hattında artırılmış gerçeklik gözlüğünün kullanımında çevrim süresinin cinsiyete göre değişkenliğinin belirlenmesi. Bu hedef, özellikle montaj hatlarında kadın istihdamını artırmaya yönelik çalışmalara zemin hazırlayacaktır. Böylece ülkemizde otomotiv imalatında kadın çalışan istihdamını artırmaya yönelik potansiyel vurgulanabilecektir
- Endüstri 4.0 kapsamında akıllı imalat sistemleri ile ilgili uygulamalı proje yaparak, önümüzdeki yıllarda sektörün ve ülkemizin uluslararası platformda Endüstri 4.0 kapsamında rekabet edilebilir gücünü artırmak.
- Hattı besleme operasyonlarında insana dayalı işlemlerin olması sebebiyle montaj hattına yanlış sırayla parça gönderilmesinin ortadan kaldırılması

Gerçekleştirilen çalışmada bilişsel teknolojinin endüstri sektörüne entegrasyonu sağlanmaya çalışılmaktadır.



## 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Artırılmış Gerçeklik

AG uzun yıllardır gelişini sürdürmekte ve günümüzde uygulamalarına çok kolay ulaşılabilmektedir. 1960'lı yıllar artırılmış gerçeklik teknolojisinin başlangıç noktası olarak kabul edilmektedir. Gün geçtikçe artırılmış gerçeklik teknolojisinin uygulama alanı artmaktadır. AG günümüzde bilişim alanında en çok dikkat çeken teknolojilerden birisi haline gelmiştir. Mevcut AG sistemleri günlük yaşamımızda kullanılmak üzere tasarlanmamış (Rekimoto 1997) olmasına rağmen günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknoloji reklam, tıbbi görüntüleme, bakım ve onarım, robot planlaması, eğlence, askeri uçak navigasyonu ve hedefleme, bilişim, tasarım, sağlık ve eğitim alanlarında sıkça kullanılmaktadır. AG teknolojisi ile birlikte insanlık artık gerçek hayatın dışında bir taraftan da sanal bir hayat içerisinde yer almaktadır. Yakın gelecekte AG uygulamalarının tüm hayatımızı kaplayacağı düşünülmektedir (Rice 2009, Wang ve ark. 2013). Kolay kullanımı ile dikkatleri üzerine çekmeyi başarmış olan AG teknolojisi gerçek dünya şartlarında elde edilmeyecek ya da ulaşılamayacak soyut kavramların görselleştirmeye imkan vermesi sebebiyle tercih edilmektedir.

AG teknolojileri yazılım ve donanım odaklı teknolojidir ve bu teknoloji görüntünün alınması, görüntü üzerindeki işaretçinin tanınması, görüntünün işlenip sanal görüntünün oluşması ve görüntünün işlenmesini yerine getiren donanımlar olarak sınıflandırılmaktadır (Furht 2011). Günümüzün yenilikçi teknolojileri olan AG giyilebilir bir teknolojilerdir. Giyilebilir teknolojiler çeşitli algılayıcılar ve yansıtıcı çıkış aygıtları ile aslında o an kişilerin etrafında nesnelere varmış gibi algılamalarını sağlayan ve insan bedenini saran teknolojiler olarak tanımlanmaktadır (Erbaş ve Demirer 2014). AG sanal gerçekliğin kullanıcı gerçek dünyayla birlikte üzerine yerleştirilen ya da birleştirilen dijital nesnelere görebilir (Azuma 1997).

AG teknolojisi video, görüntü ve metin gibi içerikler bilgisayar, telefon ve başa monte edilebilen cihazlar kullanılarak gerçek dünyada zenginleştirilmektedir. Yakın geçmiş kadar gerçeklik ve sanallık kavramları birbirlerinden kesin bir şekilde ayrılmış durumdaydı. İnsanların fiziksel olarak doğrudan etkilendikleri ortam gerçek ortam

olarak adlandırılırken, tamamen zaman, malzeme, yerçekimi gibi fizik kanunlarıyla sınırlanılmayan yapay bilgisayarlardan oluşan ortam sanal ortam olarak adlandırılmaktadır. Günümüzde ise sanallık kavramı yerini gerçeklik sanallık karışımı olan yeni bir ortama bırakmaktadır. Bilgisayar üretimi olan sanal ortam sanal gerçeklik olarak adlandırılırken, gerçeklik-sanallık karışımı olan ortam ise Artırılmış Gerçeklik olarak adlandırılmıştır. "Artırılmış Gerçeklik" ise bu iki ortamın arasında, gerçek ortamda gömülü bilgisayar tarafından üretilen bilgiler olarak tanımlanabilen bilgiler olarak tanımlanabilmektedir. AG, gerçek dünya ile sanal imgelerin birleştiği, gerçek ve sanal nesnelere arasında eş zamanlı olarak etkileşimin sağlandığı teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Azuma 1997). Böylece artırılmış gerçeklik gerçek dünyayla sanal dünyayı birleştirerek mükemmel ara yüz oluşturur.

AG teknolojisi, kullanıcının üstüne yerleştirilen nesnelere ile birlikte gerçek dünyayı görmesini sağlar (Azuma ve ark. 2001). Cai ve ark. göre (2013) AG bilgisayar tarafından üretilen 2D (iki boyutlu) ve 3D (üç boyutlu) verileri; 3D grafik teknolojisi, insan bilgisayar etkileşimi teknikleri, çeşitli algılama teknolojileri, bilgisayar görme teknikleri ve multi-medya tekniklerini kullanarak kullanıcının bulunduğu ortama entegre edilmesidir.

AG gerçek dünyanın görüntüsünü sanal veriler, grafikler ve 3 boyutlu modeller kullanarak zenginleştirmektedir (Billinghurst ve ark. 2001, Kerawalla ve ark. 2006). Etrafımızda sürekli akan bilgilerin, gerçek zamanlı olarak ortaya çıkaran AG son 10 yılın en yıkıcı teknolojilerinden birisidir ve beş duyuya hitap etmesine rağmen yaygın olarak görsel olarak bilgi aktarımında kullanılır (Kipper ve Rampolla 2012).

AG sanal nesnelere, gerçek ortamda eş zamanlı etkileşim kurarak kullanıcıların gerçek dünya ortamı ve sanal nesnelere doğal etkileşim kurmaktadır. AG uygulamalarında gerçeklik hissi yaratabilmek için bilgisayarlar, başa monte edilen sistemler gibi çeşitli cihazlar kullanılmaktadır (Billinghurst ve ark. 2001). AG akıllı telefon, bilgisayar, tablet gibi kamera ve görüntü işleme gibi özelliklere sahip platformlarda (Kirner ve ark. 2012) kullanılarak gerçek yaşamı zenginleştirmektedir. AG yaşamımızı kolaylaştıran bir çok uygulamada kullanılmaktadır. AG tehlikeli ve hatalı durumların gösterilmesi, soyut

kavramları somut hale getirmek, karmaşık bilgileri sunmak, görünmez nesnelere ve olayları öğretmek amacı ile kullanılmaktadır (Walczak ve ark. 2006). AR, kullanıcılara siber-fiziksel dünya ile etkileşime girme olanağı sağlarken sanal ve fiziksel alanları birbirine bağlar (Azuma 1997, Billinghurst ve ark. 2015).

AR, kullanıcının yeni konuları araştırma, uygulama ve öğrenme işleminde aktif olarak rol almasını sağlamaktadır (Ronald 1997). Yazılım ve donanım teknolojilerinde ilerlemelere bağlı olarak artırılmış gerçeklik ile yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmakta ve herkesin günlük hayatta rahatlıkla kullanabildiği mobil cihazlar ile erişilebilecek duruma ulaşmıştır.

Günümüzde AG teknolojisi uygulamalarına otomotiv sektöründe de rastlanmaktadır. Otomotiv endüstrisi artık sadece üretim yapmanın ötesine geçip rakip firmalar ile rekabet edebilmek için verimliliği ön planda tutmaktadır. Gerçek ve sanal ortamları birleştiren AG teknolojisi otomotiv sektörüne de pozitif etki sağlamaktadır. BMW gibi büyük otomobil şirketleri, AG tekniklerini bakım alanlarında uygulamaktadır. Buna ek olarak güvenlik açısından kritik endüstrilerden biri olan havacılık alanı da bakım eğitimi alanlarında AG uygulamalarını kullanmaktadırlar (Yim ve Seong 2010, Nickolas ve Dennis 2004).

AG teknolojisi terimi ile akademik makalelerde çokça tanımla karşılaşılmaktadır. AG teknolojisi, gerçek dünyada belirlenmiş olan hedef görevlere ulaşmak için yazılımlar vasıtasıyla gerçek dünyanın kamera ile görüntüsünün alınması ve alınan bu görüntülerin arka plandaki programlarla yorumlanmasını sağlayarak kullanıcıya gerçeklik oluşturmasıdır. AG teknolojinin endüstri sektöründe farklı şekillerde entegrasyonu gerçekleştirilmektedir.

Bimber ve Raska (2005) AG için kesin bir tanım yapmayarak, okuyucuya yeni fikir yürütme yolunu açmışlardır. AG, kişiyi sanal dünyada hissettirmek yerine AG, gerekli ifadeleri gerçek ortamın içine yerleştirmeye çalışır. AG'yi belirli bir teknolojiyle (başta takılan göstergeler gibi) ya da görme duyusuyla sınırlayarak tanımlar (Furht 2011).

AG yeni nesil teknolojidir ve gerçek ortamda aynı anda sanal nesnelerin görünmesini sağlayarak kullanıcıların gerçek dünyada gördüklerini farklılaştırmasına olanak sağlar (Krevelen ve Poelman 2010, Alkhamisi ve Monowar 2013).

AG, sanal nesnelerin gerçek dünya görüntüsü üzerine eklenerek gerçek ve sanal nesneler arasında eş zamanlı olarak etkileşimlerini sağlar (Azuma 1997, Milgram ve Kishino 1994).

Azuma (1997)' ya göre artırılmış gerçeklik, gerçek ve sanal ortamı bir araya getirme, gerçek zamanlı etkileşim sağlama, 3B çalıştırılmasıdır. Böylece AG teknolojisi kullanılarak istenilen bilgiye direk ya da dolaylı olarak ulaşılabilmekte ve gerçek dünya ortamına bilgisayar tarafından üretilen sanal bilginin gönderilmesi ile kullanıcı üzerinde gerçeklik oluşturmaktadır. (Carmigniani ve ark. 2011).

AG teknolojisini kullanan bireyler çevresinde gerçekleşen olayları göre daha fazla görebilir, duyabilir, hissedebilir, koklayabilir, daha fazla tadabilirler (Van ve Poelman 2010, Furht 2011).

AG üzerinde yapılan çalışmaların çoğu temelde görsel ortam üzerine yoğunlaşmasına (Reicher 2004) rağmen sadece görsel algımızla sınırlı olduğu düşünülmemelidir. Sonuç olarak AG normal koşullarda insanların algılayamayacağı bilgileri gerçek bilgilerin güçlendirilmesini ve artırılmasını sağlamaktır (Azuma 1997). AG teknolojisinde yaşanan gelişmeler ile birlikte farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır (Cirulis ve Brigmanis 2013).

Bazı kaynaklar daha öncelere dayandığını düşünse de, artırılmış gerçeklik 1960'lı yıllarda bir kavram olarak ortaya çıkmıştır. 1960 'lı yıllarda bilgisayar grafikleri öncüsü Ivan Sutherland, Harvard Üniversitesi ve Utah Üniversitesi'ndeki öğrencileri ile birlikte oluşturdukları 3D grafikleri AG protitip olarak ortaya çıkmıştır (Tamura 2002).

1968 yılında Sutherland tarafından optik başa takılan gösterge kullanarak AG sistemini oluşturmuştur. Krueger (1991); 1975 yılında laboratuvar ortamında kullanıcıların sanal objelerle iletişime geçmesine katkıda bulunmuştur. 1980 yılında ise, Steve Mann tarafından giyilebilir teknolojilerin üretiminin başlatıldığı görülmektedir (Yuen ve ark. 2011). 1992 yılında Tom Caudell tarafından artırılmış gerçeklik kavramına resmîyet kazanmıştır. Karmaşık iş görevleri için talimatlar sağlamak için AG kullanımı ilk olarak 1992'de Caudell ve Mizell (1992) tarafından önerildi. Milgram ve Kishino. (1994) gerçek sanal sürekliliği diyagramını hazırlayarak AG ve sanal gerçeklik kavramları arasındaki farklılığı vurgulamıştır. Kare barkodlar için ilk örnek 1996 yılında Jun Rekimoto tarafından geliştirilen NaviCam'dir. Azuma (1997) AG'in teknolojiyle sınırlanamayacağını ve bütün duylara uygulanabileceğini vurgulamıştır.

Bu arada, AG'deki gelişmelere genel bir bakış sunan, sorunlarını tanımlayan, gelişmeleri sınıflandıran ve özetleyen çalışmalar ortaya çıktı (Azuma 1997, Azuma 2001, Benford ve ark. 1998).

2000'li yıllara gelindiğinde internette barındırılan kanallar aracılığıyla dijital olarak oluşturulmuş verilerle izleyicinin fiziksel dünyasını birleştirilmesini sağlayan Real-World Wide Web Kooper ve MacIntyr tarafından gerçekleştirilen AG tarayıcısı, 2006 yılında mobil artırılmış Nokia tarafından bulundu. Mobilizy tarafından geliştirilen Wikitude World internet tarayıcısı 2008 de piyasaya çıktı. 2010'lı yıllarda Google Glass gerçek dünyayı ve dijital olarak üretilen veriyi aynı anda şeffaf bir ekranda görmeyi sağlayacak Google Glass satışa sunuldu. AG uygulamaları BMW, WV, Audi gibi otomotiv firmalarında kullanılmaya başlanmıştır. 2014 yılı itibariyle AG giyilebilir teknoloji olan Google Glass ile birlikte artırılmış gerçeklik yaşamın vazgeçilmez bir unsuru olmuştur (Nelson 2014). Gün geçtikçe araştırmacılar ve geliştiriciler, artırılmış gerçeklikten yararlanabilecek daha fazla alan bulunmaktadır (Krevelen ve Poelman 2010).

Teknoloji günümüzün vazgeçilmez unsurudur. Teknolojinin gelişmesine bağlı olarak, otomotiv sektörünün verimliliğini artması beklenmektedir AG, akıllı fabrika çerçevesinde insan hatalarını azaltmayı vaat eden umut verici bir teknolojidir (Qeshmy

ve ark. 2019). İnsandan dolayı kaynaklanan hata sayısını azaltmak ve ortadan kaldırmak çalışma performansını artırmada önemli bir faktördür. İnsan operatörün üretim ortamından çıkarılmasıyla bu hataların önüne geçileceği şüphesizdir. Ancak üretim prosesleri içerisinde bulunan robotize edilemeyen montaj görevlerini yerine getirmek veya otomatik montaj sürecini denetlemek için insan operatörü uzun yıllar daha üretim sürecinin içerisinde aktif olarak yer alacaktır (Faber ve ark. 2015). Bu nedenle, insan montaj hattında verimliliği sağlamada çok önemli bir faktördür.

AG teknolojisinin otomotiv sektöründe kullanılmak istenmesinin en büyük amacı verimliliği ve etkinliği artırmada güçlü bir etken olmasıdır. Bu amaca ulaşmak için, üretim süreçlerini ve teknolojilerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple otomotiv sektöründe AG teknolojisinin etkin olarak kullanılmasını sağlamak amacıyla çalışmalar hızla devam etmektedir. AG teknolojisi insanların etkin olarak çalıştığı süreçlere entegre edilerek, çalışanların işlerini etkili oranda kolaylaştırdığı düşünülmektedir. Sonuç olarak yapılan araştırmalar AG uygulamalarının gelecekte otomotiv sektörü için çok önemli bir teknoloji olacağı vurgulanmaktadır.

## **2.2.Bilişsel Ergonomi**

Ergonominin, nöroloji bilimiyle ilgili olan alanına ulusal literatürde nöroergonomi denilmektedir. Nörobilim dalı son dönemde ergonomeye önemli katkılar yapmıştır. Bu alan, insanın algılama, değerlendirme, karar verme ve uygulama gibi aktiviteler sırasında beyindeki değişimlerin ölçülmesi suretiyle insan-makine sistemi arasındaki uyumun veya insanların belirli işlere uygunluğunun değerlendirilmesi faaliyetlerinde kullanılır (Bıyıklı ve Aydoğan 2015). Bilişsel ergonomi teknolojinin ortamdaki bireyler üzerinde oluşturduğu etkiyi bilimsel yönden inceler. Bilişsel yük, belirli bir miktarda bilgiyi işlemek için gereken “zihinsel enerji” seviyesi olarak düşünülebilir (Cooper 1990).

Bilişsel ergonomi endüstri sektöründe önemli bir yere sahiptir. Şimdiye kadar insanlar tarafından manuel bir şekilde yapılan birçok proses, günümüz teknolojisinde robotize edilerek gerçekleştirilmektedir. Fiziksel iş gücünün azaltılması zihinsel ağırlıkları işlerin

artmasında etkili olmuştur. Bu gelişen teknoloji paralelinde “Bilişsel Ergonomi” yeni bir disiplin olarak ortaya çıkmıştır. Bilişsel ergonomi mental iş yükü, karar verme, insan-bilgisayar arasındaki etkileşimi, karar verme, iş stresi ve insan sistem tasarımı gibi konuları içeren karmaşık ve ileri teknoloji gerektiren sistemlerin tasarlanması ile ilgilenmektedir.

Ergonominin bir dalı olan bilişsel ergonomi, çalışanlar ile bilgi, makina ve çevre arasındaki etkileşimin daha verimli çalışılmasında etkili olduğu için gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Günümüz teknolojisi ile birlikte insan üzerinde oluşan zihinsel yükün bedensel yükten daha önemli olduğu düşünülmektedir. Bilişsel ergonomi, çalışanların bilgi, ortam ve araçla etkileşimlerini sağlayan ileri teknoloji gerektiren sistemler ile ilgilidir.

Geleceğin yaşam ve iş dünyasında bilgi iş göreninin verimlilik sorunu artan bir şekilde yöneticileri meşgul edecek ve bilişsel ergonomi alanındaki çalışmaların önem kazanacağı düşünülmektedir. Günümüzde fiziksel güç gerektiren işlerin yerini bilişsel ağırlıklı işlere bırakmasıyla birlikte kontrol ve bilişsel bakış açısı gerektiren iş sayında artış görülmektedir (Embrey ve ark. 2006). Teknoloji fiziksel azalmaya bağlı olarak ise bilişsel ergonomi günümüzde önemli bir konuma gelmiştir. Böylece insanın beden yükü ile iş yapmasının önüne geçilmektedir.

Bilişsel ergonomi çalışanlar ve onların görevleri, verimlilikleri ve sistemde karşılaştıkları zorluklar arasındaki ilişkiye odaklanmaktadır. İnsan ve makine sistemlerinin arasındaki etkileşim operatörlerin bilişsel iş yükü ile yakından ilgilidir. Sistemler tasarlanırken insan ve kullanılan teknolojinin etkileşimi göz önünde bulundurularak ideal çalışma alanı oluşturulmaktadır. Bu ortamlar oluşturulurken bilişsel iş yükü seviyesini optimize etmek ilk amaç olmalıdır.

İyi tasarlanmamış sistemlerden kaynaklanan yüksek iş yükü insan performansında bir düşüşe yol açabilir (Lukasz ve ark. 2012) ve en iyi performansı elde etmek için optimum miktarda bilişsel yükün korunması çok önemlidir. Bilişsel iş gücü gerektiren işlerde çalışanların daha az çaba harcadıkları düşünülmektedir ancak bu yaklaşım doğru

değildir. Gerçekleştirilen görevin zorluğuna ve karmaşıklığına paralel olarak çalışan bu işi yerine getirmek için o kadar fazla bilişsel çaba sarf etmektedir (Vidulich ve Tsang, 2014).

İnsan ve makine sistemlerinin arasındaki etkileşim operatörlerin bilişsel iş yükü ile yakından ilgilidir. Bilişsel ergonominin amacı daha verimli ve daha az hata ile çalışabilecek insan-makine sistemleri kurmaktır. (Long ve Whitefield 1989). Genel performansı düşüren zihinsel stres, yorgunluk vb. etkenler yüksek bilişsel yüke neden olmaktadır (Gavas ve ark. 2018). Bilişsel ergonomide ki amaç, iş ve düşüncenin birbirlerini nasıl etkilediğini belirlemektir. İş kalitesi üzerinde odaklanarak, çalışanların iş sistemi ve süreçler üzerinde egemenliklerini pekiştirerek ürün, hizmet ve çıktıları etkileme şeklini ifade etmektedir (Hollnagel 1997). Bilişsel ergonomi, algı, hafıza, bilgi süreçleri, düşünme ve tepkiler gibi insanların zihinsel süreçleriyle ilgili olup insan ve diğer sistem unsurları ile olan etkileşimini ifade etmektedir. (Putkonen 2010).

Bilişsel ergonomi, çalışanların çevreyle olan etkileşimini dikkate alır böylece sistemlerin tasarım ve düzenlemesine yardımcı olarak yapılan hataları minimize etmeyi hedeflemektedir Bilişsel ergonomi alanında yapılan çalışmalar ile çalışanların bilişsel yük seviyeleri belirlenir .

Emek yoğunluklu işlerin yerini bilgi yoğunluklu işlere bırakması bilişsel yüke neden olmaktadır. Bilişsel yük belleğe yüklenen iş miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bilişsel yük, belirli bir zaman diliminde çalışma belleği tarafından kullanılan kaynaklar olarak ifade edilmektedir (Çakmak 2007). Bilişsel yük teorisi ilk olarak Sweller (1988) öğretim tasarımı açısından tanımlanmıştır. Sweller'e göre bilişsel yük, harcanan zihinsel çaba miktarı ve bu çabanın çalışma belleği kapasitesi üzerindeki etkisidir (Sweller 1994).

Bilişsel yük, belirli bir görev sırasında kişinin bilişsel sistemi üzerinde yüklediği yükü temsil eden çok boyutlu bir yapıdır ve belirli bir zamanda çalışma hafızasına empoze edilen toplam zihinsel aktivite miktarını ifade eder. Bilişsel yük kullanıcının gerçek ortam ve artırılmış gerçeklik bilgisi arasında ihtiyaç duyduğu psikolojik çabadır. Biliş,



algılanan bilginin eyleme dönüşmesinden kaynaklanan dağınık beyin bölgeleri arasındaki dinamik etkileşimlerin sonucudur. (Vijayalakshmi ve ark. 2015).

Biliş, dikkat, bellek, dil, öğrenme, akıl yürütme, problem çözme ve karar verme gibi yapı taşlarının etkileşimi ve entegrasyonundan ortaya çıkan koordineli beyin aktivitesi olarak düşünülebilir. Bilişsel iş yükü seviyesi sadece görevin kendisi tarafından değil, aynı zamanda görev performansı ile de ilgilidir (Paas ve Merrienboer 1994). Zihinsel yük, zihinsel çaba ve performans bilişsel yükün ölçülebilir üç boyutunu oluşturmaktadır.

İş yükü, işin gereklilikleri, zaman baskısı, çalışma hızı, çalışma koşullarından, insanın becerisi, alışkanlıkları ve algılamasından etkilenir (Gawron 2008). İnsan bilişsel altyapısı sınırlıdır ve bu durum etkili çalışma üzerinde olumsuz etki yaratabilmektedir. Çalışma belleğinin kapasitesi yalnızca yedi (+/-2) elemanla sınırlıdır (Miller 1956).

Bilişsel yük, bireyin bir görevi yerine getirirken zihinsel kaynaklarını nasıl yönetebileceğini gösterir (Gavas ve ark.2018). Üç tür bilişsel yük vardır. Bunlar asıl yük, konu dışı yük ve etkili yükür. Bu üç yük toplam bellek kapasitesini etkilemektedir. Bu nedenle üç yükün toplamı bellek kapasitesini aşmamalıdır (Paas ve ark. 2003).

### **(I) Asıl yük**

Asıl yük, anlaşılması ya da öğrenilmesi gereken bilginin karmaşıklığı ile ilgili yükür (Sweller 2010). İnsanlar genellikle yeni bilgiler edindiklerinden asıl yük seviyesi fazla olmaktadır.

### **(II) Konu dışı bilişsel yük**

Konu dışı yük, iyi tasarlanmamış ortamlar sonucunda çalışma belleğinin yüklenmesidir. Konu dışı bilişsel yükü araştıran bazı çalışmalarda konu dışı bilişsel yükün bilişsel yük üzerinde beklenen etkiyi göstermemesi asıl bilişsel yük kavramının ortaya çıkmasında en büyük etken olmuştur (Sweller ve ark. 2011). Konu dışı yükü oluşturan sistemler

eğer sistemler uygunsuz ise konu dışı yk yüksek olacaktır. Konu dışı yk sistemi tasarlayan kişinin kontrolünde gerçekleşmektedir.

### **(III) Etkili yk**

Etkili yük ise zihinsel yapıların oluşması ve düzenlenmesini sağlayan süreçlerde ortaya çıkmaktadır.

Konu dışı yk ve asıl yk yüksek olduğunda bu iki tür yk birbirinin üzerine eklendiğinden konu dışı yükü azaltmaya çalışmak oldukça önem taşımaktadır. Bu nedenle asıl yk göz ardı edilmemeli ve konu dışı yk seviyesi azaltılmaya çalışılmalıdır.

Sistemlerin karmaşık olarak tasarlanması çalışanlar üzerinde aşırı bilişsel yüklenmeye sebep olmaktadır. İnsan üzerinde oluşan bilişsel yükü azaltmak için yeni teknikler geliştirilmelidir. Farklı zihinsel sistemlerin geliştirilmesi çalışan üzerinde oluşan bilişsel yük etkisini azaltacaktır. Üretim sistemleri tasarlanırken çalışan bellekteki yükün uygun seviyede tutulmasını sağlanmalıdır. Dijital kaynakların kullanılması bilişsel yükü azalttığı düşünülmektedir. Bilişsel süreçlerin düzenlenmesi ile birlikte çalışan bellek üzerinde ki yk azaltılabilmektedir.

Otomotiv sektörünün ülkemize güçlü katkısı bulunmaktadır. Bu nedenle otomotiv sektöründe çok sayıda bilişsel yük üzerine çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bilişsel yük etkisinin belirlenmesinin birçok teknik vardır. Verimlilik bilişsel yük araştırmalarında ele alınan önemli bir konudur. Bu alışma ile çevrim süresinin optimize edilmesi ve bilişsel aşırı yüklenmeyi önleyen sistemlerin üretim hatlarında kullanılması amaçlanmıştır. Aşırı bilişsel yüklenme çalışanların bilişsel sistemlerinde oluşan yükün normal değerin üzerinde olmasıdır. Çalışanların daha verimli olarak çalışmasını sağlayabilmek amacı bilişsel olarak aşırı yüklenmeye sebep olabilecek etkilerin ortadan kaldırılması gerekmektedir.

### 2.3. Kaynak Araştırması

Bu bölümde bir çok farklı sektörde uygulanan AG teknolojisinin bilişsel yük üzerinde oluşturduğu çalışmalar incelenmiştir. AG teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde, farklı branşlarda yenilikçi teknolojik kullanım alanlarının artışı sağlanmaktadır (Cirulis ve Brigmanis 2013). AG teknolojilerini kullanıcılara sergilemek için web kamerası, kiosklar ve pencere ekranları, akıllı telefonlar ve tabletler gibi mobil cihazlar, kafaya takılan ekranlar ve mekansal projeksiyon içeren bilgisayarlar kullanılmaktadır (Topal 2015).

AG ile geliştirilen uygulamalar sanal nesnelere hem ayrı ayrı kullanımına ve hem de aynı anda kullanımına olanak sağlar (Wang ve ark. 2013) böylece kullanıcılar doğal yollarla olaylar, nesnelere ve bilgilerle etkileşime geçebilmektedir (Wojciechowski ve Wojciech 2013).

Artırılmış gerçeklik gözlüğü operatörlerde farkındalık yaratması amacıyla insan-robot etkileşimi sistemlerinde kullanılmasına yönelik pilot çalışmalar yapılmaktadır (Michalos ve ark. 2016).

Google Glass, Samsung Galaxy S4 akıllı telefonu ses girişi ve dokunmatik ekranın oluşturduğu bilişsel yük etkisi araştırıldığında, sürüş simülasyon deneyinde algılama, bakış metrikleri, görev süresi, sürüş performansı ve subjektif iş yükü değerlendirildiğinde artırılmış gerçeklik gözlüğünün daha az bilişsel yük oluşturduğu sonucuna varılmaktadır (Niek ve ark. 2017).

Artırılmış Gerçeklik teknolojisine uzaydaki nesnelere ilişkilerini izlemek ve görselleştirmek için yeteneği sayesinde endüstri alanındaki uygulamalara öncülük etmektedir.

Deshpande ve Kim (2018) yapmış oldukları çalışmada montaj parçalarının AG teknolojisi ile monte edilmesinin bilişsel açıdan etkisinin nasıl olacağını belirlediler. Bu deneysel araştırma montaja hazır parçaların montaj işlemi gerçekleştirildiği sırada test edildi. Gerçekleştirilen çalışmada kolay ve zor olmak üzere farklı iki görev vardı ve

elde edilen sonuçlara göre kolay görev için tamamlanma süresi AG teknolojisi kullanmadan daha kısa iken, zor görev için AG teknolojisi kullanılırken daha kısa olduğu belirlendi. Görevleri gerçekleştirilirken yapılan hata sayıları incelendiğinde kolay görevde AG olmadan daha iyi değere sahip iken zor görevde AG ile daha iyi bir değere sahip olduğu görüldü. Uygulama sonuçları bu teknolojinin mekansal problem çözme yeteneklerini geliştirmek için etkili olduğu sonucuna varıldı.

Rau ve ark. (2018) VR ve AG'deki okuma performansının geleneksel masaüstü ekranındakinden farklı olup olmadığını ve farkın okuma hızı tarafından kontrol edilip edilmediğini araştırmayı amaçlayarak bu çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. VR ve AG'de çoktan seçmeli soruları yanıtlamanın yanıt süresi, hem normal hem de hızlı okuma hızları ile LCD'den yaklaşık % 10 daha uzun olduğu belirlendi. AG ve VR teknolojisinin yanıt süresini arttırdığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Tsai ve Huang. göre (2018) mobil artırılmış gerçeklik tarayıcıları cep telefonları ile birlikte kullanılması günümüzde oldukça pratiktir. Cep telefonlarının ekran çözünürlüğünün ve boyutunun kısıtlama gibi sebepler kullanıcı üzerinde aşırı bilişsel yüklenme ve uygunsuz etkileşimler gibi sorunlara neden olmaktadır. Ancak iDisplay bu tarz sorunları çözerek aşırı bilişsel yüklenmenin önüne geçtiği görülmektedir.

Boeing (2018) tarafından teknisyen hatalarını azaltmak ve verimliliği artırmak amacıyla kablo tesisatı operasyonlarında AG teknoloji uygulanmıştır. AG teknolojisi ile birlikte gerçekleştirilen proseslerde hata meydana gelmediği; böylece AG yapılan hataları azaltma potansiyeline sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Sonuç olarak yapılan çalışma hem işe yeni başlayan hem de tecrübeli çalışanlar için AG teknolojisinin uygun bir teknoloji olduğunu savunmaktadır.

AG hakkında yapılan çalışmalar incelendiğinde yaşa bağlı olarak çok sayıda bilişsel yük ile ilgili çok sayıda çalışma yapıldığı görülmektedir. Teknoloji, yaşlı nüfusun bağımsız yaşamasını sağlamak ve toplumla rahat bağlantısını koruma konusunda yararlar sağlamaktadır. Yaşlı insanların bilişsel ve fiziksel yeteneklerin azalması ve aynı

zamanda teknolojinin kullanımına ilişkin düşmanlık ve kaygı duymalarından dolayı AG gibi teknolojileri benimsemeleri zor olabilmektedir.

Adler ve ark. (2018) yaşlı ve genç katılımcıların toplu taşıma araçlarının rota planlama görevindeki performansı AG ara yüzü üzerinden elde taşınabilir bir cihaz ve cep telefonunda standart bir AG dışı uygulama ile gerçekleştirilirken karşılaştırdılar. Adayların yaş kriterleri dikkate alınmadan, AG cihazı kullanırken görevi daha hızlı tamamlamalarına rağmen AG ara yüzünün kullanımıyla daha yüksek hata oranları görülmektedir. Çalışmada, genç ve yaşlı katılımcıların her ikisi de AG olmadan görevi yerine getirmenin daha basit ve kolay olduğunu belirtmektedirler. Katılımcılar AG kullanırken, monitör cihazındaki bilgileri daha büyük veya daha küçük bir fontta görmek için, cihazı duruma göre haritaya yaklaştırmak ve uzaklaştırmak zorunda kalmalarından dolayı AG teknolojisinden memnun kalmadıklarını belirtmişlerdir. Yaşanan bu sıkıntı gençler için çok büyük bir sıkıntı olarak görülmesede yaşlı bireyler bu durumdan hoşlanmadıklarını net bir şekilde belirtilmektedir.

Tönnis, (2008)' e göre ise AG, araç sürücülerinin bilişsel gereksinimlerini desteklemektedir. AG teknolojisinde kullanılabilirlik sorunu olup olmadığı ve eğer varsa, bunun yetersiz teknoloji deneyiminden, ara yüz tasarım hatalarından, teknik problemlerden mi kaynaklandığı belirlenmelidir (Akçayır ve ark. 2017).

Yaşlı yetişkinler önceki teknolojilere kıyasla mobil teknolojilere daha iyi adapte olabilmektedirler (Gell ve ark. 2015). Katılımcılarla gerçekleştirilen görüşmelerde yaşlı katılımcıların çoğunluğu AG çok memnun kaldığı sonucuna varıldı ve AG teknolojisini AG olmayan duruma göre tercih ettiklerini belirtmişlerdir.

Genel olarak yaşlı yetişkinler yeni teknolojileri benimsemekte yavaş kalırken, akıllı telefonlar ve tabletler gibi mobil cihazlar hızla popülerliğini artırmaktadır (Pew Araştırma Merkezi, 2014). AG diğer sürüş görevlerine müdahale etmeden tehlike tespit etme olasılığını artırarak yaşlı sürücülerin sürüş güvenliğini artırmada umut verici bir teknolojidir (Schall ve ark. 2013)

Heutger ve ark. (2014) tarafından lojistik alanında da artırılmış gerçeklik teknolojisinin etkilerini belirlemek amacıyla çalışma gerçekleştirildi. Çalışma sonucunda AG teknolojisinin lojistik alanında kullanılması ile birlikte malzeme toplama faaliyetlerinde insanların yaptıkları hatalarda yüzde 40'a varan oranda azalma gösterildiği sonucuna ulaşıldı.

Shin ve Dunston (2009)' a göre ARCam, Purdue Üniversitesi'ndeki İleri Yapı Sistemleri Laboratuvarı'nda geliştirildi. Gerçekleştirilen çalışma çelik kolon muayenesine üzerinedir. Kullanılan AG camları ile birlikte hem setup hem işçilik süresinde azalma sağladığı görülmüştür. Böylece AG Cam verimlilik artışı ve maliyet düşüşü sağlamaktadır.

Hou ve Wang (2014) görev performansını değerlendirmede zaman ve yapılan hata sayısı iki önemli kriter olduğunu savunmaktadır. Deneylerden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde AG teknolojisinin kullanılmasının montaj görevlerinde olumlu etkisi olduğu görülmektedir. AG toplam tamamlanma süreyi % 50 oranında azaltmaktadır (% 55 orijinal zaman ve % 46 yeniden çalışma süresi kaydedildi), montaj görevlerinde gerçekleştirilen hata sayısında ise % 50 oranında azalma görülmektedir. Ayrıca montajcılara yeniden işleme görevlerinde ödenen paradan tasarruf edilerek verimlilik artışı ve maliyet düşüşü sağlanmaktadır.

Kim ve ark.'nın yapmış olduğu çalışma yaşlı bireylerde yaşanan bilişsel etkinin azalmasından kaynaklanan sorunlara dikkat çekmektedir. Yaşlı sürücüler için sorun teşkil eden bilişsel seviyede azalış ciddi sorunlara neden olmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmada navigasyon bilgilerini doğrudan aracın ön camına yansıtılarak sürücüye kolaylık sağlanarak navigasyon hatalarında yüksek oranda azalış görülmektedir. Bu çalışma sanal ile gerçek dünya arasındaki etkileşim sağlanarak bilişsel yük seviyesinde azalış sağlanmaktadır (Kim ve ark. 2009).

Tesis yönetiminde bilgi erişiminin etkinliğini ve verimliliğini artırmak için, Irizarry ve ark. (2013), AG aşırı veri yüklenmesinin verimsizliğini azaltmak için uygun bir seçenek olarak görmektedir.

Çok sayıda değişkenliğe sahip olunması manuel montaj hattı çalışanları için bilişsel yükün artmasına neden olmaktadır (Funk 2016). Dolayısıyla çalışanların bilişsel yüklerini azaltacak sistemlerin kurulması gerekmektedir. Karmaşıklığa neden olan problemler bilişsel iş yükü taleplerinde artış ve performans seviyesinde azalmaya neden olmaktadır (Mehler ve ark. 2009).

AG, fiziksel dünya ile bilgi kaynağı arasındaki kurulan amacı etkileyerek bilişsel yükü azaltabilir (Kim ve ark. 2009, Tang ve ark. 2003). Xie ve Salvendy (2000) göre anlık yük, pik yük, ortalama yük, birikmiş yük ve toplam yük arasındaki farkı ayırt eder.

Bilişsel yükü belirlemede en çok NASA-TLX ve SWAT yöntemi tercih edilmektedir (Galy ve ark. 2011). SWAT; (Reid ve Nygren 1988) yöntemi operatör iş yükünün zaman yükü, zihinsel çaba yükü ve psikolojik stres yükünü açıklar. NASA-TLX ve SWAT subjektif zihinsel iş yükü belirleme tekniklerinin nispeten benzer olduğu öne sürülmektedir (Miyake 2001).

NASA-TLX yönteminde ki ikili karşılaştırma yöntemi analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi ile benzerdir (Saaty 1980). AHP problem analizinde grup veya bireylerin öznel düşüncelerini göz önünde bulundurarak, subjektif ve objektif değişkenleri aynı anda değerlendirerek karar almayı sağlayan çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisidir (Dağdeviren ve ark. 2004).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Mevcut Sistem Analizi

Mevcut sistemi daha iyi anlayabilmek amacıyla konu ile ilgili olan tanımlar bu bölümde açıklanmıştır.

**Macrocev kağıdı:** Difüzyon kağıdı olarak da adlandırılmaktadır. Kağıt üzerinde üretim planına uygun olarak üretim sırasında olan 10 aracın opsiyon bilgileri ve sıra bilgilerinin bulunduğu kağıtlardır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Macrocev kağıdı

**Difüzyon alanı:** Montaj hattı için gereken malzemelerin bulunduğu üretim alanıdır. Bu alanda benzer ürün gruplarının farklı araç modelleri için olan parçalar bulunur.

**Işıklı uyarı sistemi:** SAG sistemi ve picktolight sistemi olarak da adlandırılmaktadır (Şekil 3.2.). Üretim planlamadan gelen bilgiler doğrultusunda raflarda tanımlı butonları aktif eden uyarı sistemidir. Macrocev kağıdı ile paralel olarak çalışmaktadır.





**Şekil 3.2.** Işıklı uyarı sistemi

**Difüzyon arabası:** Üretim planına uygun olarak gerekli montaj malzemelerini difüzyon alanından montaj hattına taşımak üzere tasarlanmış araçtır (Şekil 3.3.) .



**Şekil 3.3.** Difüzyon arabası

**Difüzyon işlemi:** Raflarda bulunan malzemelerin operatör tarafından üretim sırasına göre difüzyon arabasına yerleştirilerek montaj hattına gönderilmesi işlemidir. Her proseste 10 araç için yerleştirilme yapılır.

### **3.2. Problem Tanımlaması**

Teknolojinin gelişimine paralel olarak her gün yeni teknoloji endüstri alanına dahil olmakta ve buna bağlı olarak çalışanlarda bu durumdan sağlık, güvenlik gibi alanlarda etkilenmektedir. İçinde bulunduğumuz teknoloji çağında fabrikalar artık sadece üretim yapılmasının ötesine geçip, çalışanların en az iş yükü ile çalışması ve iş güvenliğinin

sağlanmasına önem vermektedir. İnsan ve çalışma ortamı arasındaki ilişkileri inceleyen ergonomi, sistemin genel performansını da artırmayı amaçlamaktadır. İnsan hatalarının azaltılması sistem performansını artırmada önemli etkenlerden biridir.

Bu çalışmanın çıkış noktası otomobil imalat şirketinin difüzyon alanında yaşanan problemlerdir. Aynı montaj hattından birden fazla model ve opsiyon araç geçebilmektedir. Montaj operasyonunda kullanılan malzemeler üretilecek model seçeneğine bağlı olarak değişmektedir. Bir otomobil binlerce farklı malzemelerin monte edilmesi ile üretilmektedir. Üretilen araç sayısı ve ürün çeşidinin fazla olmasına bağlı olarak difüzyon alanında bulunan parça sayısı da fazladır.

Montaj işlemleri kablo paketi ya da yumuşak malzemeli bileşenler içerdiği için çoğunlukla robotize edilememekte, insan operatörler tarafından manuel olarak yürütülmektedir. Manuel olarak yürütülen işlemlerin en büyük dezavantajı hata yapmaya elverişli olmasıdır. Rekabet gücünü artırmak isteyen fabrikaların ise hata yapma lüksü yoktur.

Montaj malzemeleri ana depodan ara depo alanlarına alınmakta, bu bölgede yine insan operatörler tarafından manuel olarak özel bir taşıma aracında raflara üretim sipariş sırasına uygun olarak sıralanmaktadır. Bu işleme difüzyon adı verilmektedir. Mevcut yapıda otomotiv montaj hattında operatör, hat üzerinde bulunan araç için gerekli olan parçayı difüzyon alanında hazırlayıp montaj alanına götürmek için SAG yada Pictolight adı verilen ışıklı uyarı sistemi kullanılmaktadır.

Bu sistemde montaj operatörü doğru parçayı seçmek için parça ve şase numaralarını üzerinde bulunduran macrocav kağıdı ile SAG sisteminin kontrolünü aynı anda gerçekleştirerek doğru parçayı seçmesi gerekmektedir.

Mevcutda kullanılan sistemde operatör, difüzyon alanı, macrocav kağıdı ve difüzyon arabası bu prosesinin temel parçalarıdır ( Şekil 3.4.). Sürecin merkezinde olan operatör belirtilen dört ana nokta ile sürekli etkileşim içerisinde olarak süreci yönetir.



**Şekil 3.4.** Mevcut sistem işleyişi

Her difüzyon işlemi 10 araç için gerçekleşir ve her araç opsiyonuna göre 10 adet tanımlı parça macrocev kağıdı üzerinde yazılıdır.

Mevcut sistem iş akışı;

- Operatör üretim planlama departmanı tarafından yazıcıya gönderilen macrocev kağıtlarını alarak görev yeri olan difüzyon alanına gelir,
- Operatör macrocev kağıdında yazan materyali almak için, ışığı yanan malzeme rafına gider, ışığı yanan raftan malzemeyi alır,
- Aldığı parça ile macrocev kağıdında yazan malzemenin aynı olup olmadığını kontrol eder,
- Aldığı parça doğru ise, SAG sisteminde yanan ışığa dokunarak kapatır, aldığı parçayı difüzyon arabasındaki doğru yere yerleştirilir
- Her araç için bu operasyon 10 kez tekrarlanır.
- Yaşanan herhangi bir aksaklıklardan dolayı sistemde yanan ışık ile macrocev kağıdında yazan parça aynı değilse üst birime haber verilir,
- Sıradaki 10 araç için difüzyon işlemi bittikten sonra difüzyon arabası montaj hattı üzerinde ilgili operasyona götürülür.

Mevcut yapıda kullanılan sistem çalışan insiyatifine dayalı bir sistemdir. Difüzyon alanında çalışanın doğru malzemelerle difüzyon işlemi yapıp yapmadığını denetleyecek bir kontrol mekanizması ne yazık ki mevcut değildir. Alınan parçanın doğruluğunu ve alınan parçanın difüzyon arabasında doğru bölmeye yerleştirip yerleştirmedini kontrol edilmemektedir. Yanlış parçanın seçilmesinden ve ya doğru parçanın malzeme yanlış göze koyulmasından dolayı hatta yanlış parça gönderilmesi olası bir problemdir. Operatör macrocav kağıdı ile SAG sisteminin kontrolünü yapmadan çalışabilme lüksüne sahiptir. Operatör sadece elinde bulunan macrocav kağıdını dikkate alarak montaj malzemelerini difüzyon arabasına yerleştirebilir. Ayrıca macrocav kağıtlarının karışma ihtimalinin yüksek olması yine üretim montaj hattına yanlış parça gönderilmesine neden olmaktadır.

Hatta yanlış parça gönderilmesinin tek nedeninin sadece operatörün doğru çalışmaması olarak düşünülmemelidir. Mevcut durumda SAG sisteminde kesintiler meydana geldiğinde operatör sadece macrocav kağıdını alarak prosesini tamamlamaktadır. Operatörün elinde bulunan macrocav kağıdının doğruluğu ise meçhuldür. Macrocaav kağıtlarının karışma ihtimali muhtemeldir. Malzemenin doğruluğunda macrocav kağıdı ile takip edilmesinin çalışan bilişsel yüke güçlü olarak etki ettiği düşünülmektedir.

Mevcut sistemde de operatörün aynı anda kontrol etmesi bir çok farklı nokta vardır. Fazla kontrol noktası olması operatörün düşünce yükünü artırdığı düşünülmektedir ve bu durumun insan performansını olumsuz etkilediği düşünülmektedir.

Sonuç olarak mevcut sistemde üretim bantını yanlış malzeme göndererek hat durdurma riski, yaşanan aksiliklerden kaynaklanan yüksek çevrim süresi ve operatörün fazla sayıda kontrol etme noktası olması çalışan üzerinde bilişsel yüke etki olduğunun düşünülmesi ile birlikte yeni arayışlar içerisine girilmiştir.

### 3.3. Önerilen Sistem

Önerilen sistemde macrocav kağıdı ve picktolight sistemi ortadan kalkarak yerini AG gözlüğü almaktadır. AG gözlüğü ile insan hataları sonucunda ortaya çıkabilecek kalite hatalarının önüne geçileceği, çevrim süresinin ve çalışanların zihninde oluşan bilişsel yük seviyesinin azaltılabileceği düşünülmektedir.

Her macrocav kağıdında her araç için opsiyona göre 10 adet malzemeyi araca yüklemek ile yükümlüydü. AG gözlüğünde de çalışan araç opsiyonuna bağlı olarak her seferinde farklı senaryolarda malzeme sıralama işlemini gerçekleştirerek, malzemeleri malzeme kutusundan alarak difüzyon arabasına yerleştirir. Her araçta farklı senaryoların olması çalışanların öğrenilmiş olay etkisini ortadan kaldırarak, gerçekleştirilen deneylerden daha sağlıklı veri elde edilmesini sağlar.

Önerilen sistem iş akışı;

- Önerilen sistemde artırılmış gerçeklik gözlüğünün kullanılmaya başlanması ile gerçek görüntü üzerine yazı ile operatörün hangi parçayı alacağı operatörün gözü önüne gelir (Şekil 3.5.)



Şekil 3.5. Gözlük önüne gelen net bilgi

- Operatör gözlük önüne gelen raf numarasına gider (Şekil 3.6.),



Şekil 3.6. Sıradaki raf numarası

- Gözlük önüne gelen raf numarasından parça alındıktan sonra, malzeme kutusunda bulunan karekod, AG üzerinde bulunan kamera ile okutulur (Şekil 3.7.).



Şekil 3.7. Karekod okutulduktan sonra AG parçanın onay görüntüsü

- Doğrulan parça mevcut sistemde olduğu gibi difüzyon arabasına yerleştirilir,
- Her araç için bu operasyon 10 kez tekrarlanır.
- Sıradaki 10 araç için difüzyon işlemi bittikten sonra difüzyon arabası montaj hattı üzerinde ilgili operasyona götürülür.

Bu araştırma için AG gözlükleri, operatörlerin doğru malzemeyi seçmelerine yardımcı olarak manuel sıralama hattının her görevi boyunca yanlış sıralama probleminin çözülmesini desteklemeyi amaçlar. Bilgi AG gözlüklerin önünde görüntülendiğinde, operatör malzemelerin kutuda bulunduğu deneysel ortamda hareket etmeye başlar.

Operatör, geçerli malzeme üzerindeki QR kodunu okuyarak onay almadan bir sonraki malzemeyi alamaz. Tüm operasyonların sistemsel olarak gerçekleşmesine bağlı olarak operatörünün parça karıştırma ihtimalinin ortadan kalkacaktır.

### **3.4. İstatiksel Analiz**

Çalışmada istatistiksel analizi IBM SPSS 22.0 yazılımı ile gerçekleştirildi. Araştırma kapsamında kurulan temel iki hipotez aşağıdaki gibidir. İstatiksel analiz çalışmasına başlandığında ilk amaç artırılmış gerçeklik gözlüğünün çevrim süresini azaltmada anlamlı bir etkisi olup olmadığını belirlemektir.

H<sub>0</sub>: Çevrim süresi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur

H<sub>1</sub>: Çevrim süresi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır

İkinci temel amacımız olan AG gözlüğünün bilişsel yükü azaltmada anlamlı bir etkisi olup olmadığını belirlemektir. Bu amaçla NASA-TLX sonuçlarından elde edilen verileri değerlendirmek için aşağıdaki hipotezler kurulmuştur.

H<sub>0</sub>: AG gözlüğünün bilişsel yük üzerinde anlamlı etkisi yoktur

H<sub>1</sub>: AG gözlüğünün bilişsel yük etkisini azaltmada anlamlı etkisi vardır

Daha sonra alt kriterler için ayrı hipotezler kurularak istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

### **3.4. Deney Ortamının Tasarlanması ve Materyallerin Belirlenmesi**

Bu bölümde çalışmanın deney ortamının tasarlanması, adayların seçilmesi, deneye hazırlık, gerçekleştirilen yöntemler ve deneylerin gerçekleştirilmesi ile ilgili bilgi verilecektir.

Fiziksel dünya ile sanal dünya arasındaki duvarı kıran AG teknolojisini uygulayabilmek için teknolojik alt yapı, fiziksel dünya ortamı, sanal ortam ile etkileşim şartlarının oluşturulması gerekmektedir.

Son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında AG alanında yazılım geliştiren şirket sayısının devamlı olarak arttığı görülmektedir. Piyasada bulunan ve tanıtımı yapılmış artırılmış gerçeklik gözlüklerine ilişkin araştırmalar ışığında ihtiyaçları en iyi karşılayacak olan gözlüğü belirlemek amacıyla Mutlu ve ark. (2016) kalite fonksiyonu yayılımı ile kalite evi oluşturuldu. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde Sony SmartEyeglass kullanılmasına karar verildi (Şekil 3.8.).



**Şekil 3.8.** SmartEyeglass gözlüğü

Gerçek üretim hattında yaşanabilecek olan aksiliklerin önüne geçmek, üretim stresinden uzak durarak, her çalışan üzerinde gerçekleşen bütün deneylerin aynı şartlar altında gerçekleştiğini sağlamak amacıyla bu çalışmayı gerçekleştirmek için gerçek üretim ortamı ile birebir benzer bir laboratuvar oluşturuldu.

Elli altı malzeme kutusu deney ortamında birbirine paralel olarak iki sıra şeklinde yerleştirilmesi planlandı. Katılımcının AG gözlüğünü kullanarak okutması gereken karekod kağıtları optimum yükseklikteki noktaya yerleştirilerek, çalışanın okutma işlemini en rahat şekilde gerçekleştirilmesi sağlandı (Şekil 3.9.). Her malzeme kutusu içerisine üç montaj malzemesi yerleştirilerek difüzyon işlemi sırasında malzeme kalmadı sorunun önüne geçildi.





**Şekil 3.9.** Malzeme kutularının karekodları

### **3.5. Adayların Seçilmesi**

Deneyisel çalışmada kişilerin birbirlerine karşı herhangi bir üstünlüğü olmaması amacıyla, bir otomobil şirketinin üretim departmanına bağlı olan difüzyon hatlarında çalışan sağlıklı ve bu çalışma için gönüllü olan kişilerden seçildi.

Hazırlık aşamasında 12 kişi ile gerçekleştirilmesi planlanan bu tez çalışması, aday seçiminde çok fazla kriterin olması ve kişilerin üretim departmanından deneyler için alınmasında yaşanan zorluklardan dolayı 4 kişi ile gerçekleştirilebilmiştir.

AG gözlüğünün yaş ve cinsiyet üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla 1 kadın ve 1 erkek 35 yaş altında, 1 kadın ve 1 erkek 35 yaş üstünde olan herhangi bir sağlık problemi olmayan gönüllü toplamda 2 kadın 2 erkek çalışan ile deneylerin gerçekleştirilmesine karar verildi. Çalışmaya başlamadan önce, katılımcılara çalışma hakkında detaylı bilgi verildi ve araştırmaya katılmayı kabul ettiklerine dair form imzalamaları istendi.

### **3.6. Deneye Hazırlık**

Her deneyden önce, katılımcılara günlük sağlık durumu hakkında bilgi sahibi olmak için Hamilton Anksiyete ve Depresyon anketi uygulandı. Deney gününde herhangi bir sağlık problemi olan katılımcı deneye alınmayarak deneylerin sonuçlarını etkileme ihtimali olan durumların önüne geçildi.

Hamilton Anksiyete ve Depresyon anketi, hastaların endişe ve depresyon durumunu belirlemek için kullanılan bir yöntemdir (Bjelland ve ark. 2002). Bu çalışma da bu yöntemi kullanmanın amacı katılımcının endişe durumunu incelemektir.

Depresyon ve anksiyetesi olan bireylerin bilişsel işlevler sırasında daha az verimli olduğu bilinirken anksiyete varlığında bilişsel işlemlerin değiştiği ama bu değişimin etkisinin farklı çalışmalarda farklı sonuçlar vermesi nedeniyle bu konu da araştırmaya açıktır (Bishop 2008). Bu nedenle bilişsel yük ile ilgili çalışmalarda sağlıklı grupları alırken depresyon ve anksiyete açısından bireylerin taranması çalışma sonuçlarının etkilenmemesi açısından önemlidir. Depresyon ve anksiyete varlığını sorgulamak üzere bazı ölçekler geliştirilmiştir. Bunlardan ikisi de Hamilton Depresyon Derecelendirme Ölçeği (HDÖ) ve Hamilton Anksiyete Değerlendirme Ölçeği (HAÖ)'dir. HDÖ, Hamilton (1960) tarafından geliştirilmiştir. Türkçe formunun geçerlik ve güvenirlik çalışması Akdemir ve arkadaşları (1996) tarafından yapılmıştır. 17 sorudan oluşur. En yüksek 53 puan alınır. 14 puan ve üzeri depresyona işaret eder. HDÖ, EK 3'de verilmiştir. Yine Hamilton tarafından geliştirilen HAÖ'nin, Türkçe geçerlik ve güvenirlik EK 4'de verilmiştir. (Hamilton 1959, Yazıcı ve ark. 1998). Anksiyetenin hem ruhsal, hem bedensel belirtilerini sorgulayan toplam 14 soru içermektedir. Beşli likert tipi ölçüm sağlamaktadır. Her maddeden elde edilen puanlar toplanarak toplam puan elde edilir. Her maddenin puanı 0-4 arasında, ölçeğin toplam puanı ise 0-56 arasında değişmektedir. Sonuçlar; 0-5 puan: Anksiyete yok, 6-14 puan: Minör anksiyete, 15 puan ve üzeri: Major anksiyete olarak değerlendirilmektedir. Eğer bir görev çalışan tarafından defalarca yapılmışsa şemalar otomatik hale gelir ve çalışma belleğini etkileyen yük ortadan kalkmaktadır.

### **3.7. Deneylerin Gerçekleştirilmesi**

Katılımcılar, montaj parçalarını seçmek için difüzyon alanında yürüyerek montaj malzemelerini alıp ve daha sonra difüzyon arabasına yerleştirerek deneyi tamamladılar. Tüm katılımcılar, AG gözlüklü ve gözlüksüz olarak deneyleri tamamladılar. Deney sırasında deney yürütücüleri tarafından deneyler videoya çekildi. 10 farklı senaryodan oluşan her deney üç kez tekrar edildi. AG gözlüklü ve gözlüksüz çalışırken toplam 24

deney gerçekleştirildi. Malzemelerin sıralanması yazılan program tarafından rasgele değiştirildi ve her aday için günde sadece bir deney yapıldı. Deneyi videoya çeken kişi “BAŞLAT” dediğinde, kayıt işlemine başlandı. 10 farklı senaryo tamamlandıktan sonra deneyci “BİTİR” dedi ve kronometre durduruldu. Deneyler sırasında yaşanan kayıp zaman alınan video görüntülerinden ayıklandı. Deneylerden sonra, katılımcılardan geri bildirim almak için NASA-TLX formunu, NASA-TLX ikili karşılaştırma ve AHP ölçeğini doldurmaları istendi.

### **3.8. Bilişsel İş Yükünün Ölçülmesi**

Çalışanların iş tanımlarında olan görevlerini gerçekleştirirken bilişsel sistemlerinde oluşan yük bilişsel yük olarak ifade edilmektedir. Bilişsel yük içsel süreçlerle ilgili olması nedeniyle doğrudan gözlenmesi mümkün değildir. Bilişsel iş yükünün belirlenmesi fiziksel iş yükünün belirlenmesine göre daha karmaşık ve zordur. Fiziksel iş yükü belirlemede süre gelen sayısız yöntem bulunmasında rağmen zihinsel yükü belirlemede skala o kadar geniş değildir. Fiziksel iş yükünün değerlendirilmesinde kesin yargılara ulaşan çeşitli çalışmalar bulunmasına karşın, bilişsel çaba gerektiren işlerin analizine ilişkin somut bulgular bulunmamaktadır.

Fiziksel ağırlıklı yüklerde olduğu gibi bilişsel ağırlıklı yükler işler için kapsamlı analiz yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bilişsel yük, çalışma belleğine yüklenen yüküdür ve farklı seviyelerde ölçülebilir (Antonenko ve ark. 2010). Bilişsel yük teorisinin çalışma belleği kapasitesinin sınırlı olduğu konusunda genel iddiası tartışılmaz derecede kesindir (Jong ve ark. 2010).

Zihinsel olarak iş yükünü belirlemede subjektif ve objektif yöntemler kullanılmaktadır. Subjektif derecelendirme yöntemleri genellikle tek bir sorudan oluşur (örneğin, “Lütfen işe harcanan zihinsel çaba miktarını değerlendirin”) ve yanıtlar “çok çok düşük zihinsel çaba” dan “çok yüksek zihinsel çabaya” kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir (Paas, 1992). Bu yöntem tüm deneklere uygulanarak bilişsel yük belirlenmeye çalışır. Subjektif yöntemlerin kullanılması oldukça pratiktir. NASA-TLX yöntemi subjektif yöntemlerin başında gelmektedir. NASA- TLX , -subjektif ölçüm yöntemi- kullanılarak

bilişsel yük belirlemede çalışan zihinsel iş yükünü belirlemek amacıyla ölçekler kullanılır. Tüm dünyaca kabul edilen anket soruları çalışanlar tarafından doldurulur. NASA-TLX metodu zihinsel iş yükünü belirlemede güvenilir sonuçlar vermektedir (Hill ve ark. 1992).

Subjektif bir çalışma gerçekleştirilirken ölçümün yapılacağı ortam göz önünde bulundurulmalıdır. Tüm ölçümler için aynı şartların sağlanması zorunludur. Anketler doldurulmadan önce çalışanlara kriterler hakkında bilgi verilmeli, katılımcıların aklında hiç bir soru kalmamasını sağlanması gerekmektedir.

İşe olan tecrübe anket sonuçlarını etkileyeceğinden tüm deney türlerinde çalışanların aynı tecrübe şartlarına sağlanması önemli bir kriterdir. Çünkü katılımcı bir deneyde tecrübeli ise zihninde hissettiği iş yükünde düşüş hissetmesi muhtemeldir. Çünkü eğer bir görevde uzmanlaşılırsa, bu görev tarafından uygulanan bilişsel yük seviyesi azalır.

AG uygulamalarına montaj hattında başlamak için bilişsel iş yükünün belirlenmesi önemli bir kriterdir. Otomobil montaj üretim hattında çalışan kişilerle yapılan ölçümlerde bilişsel yükü belirlemek için öznel değerlendirme yöntemi kullanıldı. İnsan faktörleri araştırmalarında kesin sonuçlara ulaştığından dolayı NASA-TLX yöntemi bu tez için seçildi (Miller 2001, Rubio ve ark. 2004).

Deneylere başlamadan önce NASA-TLX metodunun uygulaması ve ölçeğin doldurulması ile ilgili olarak çalışanlara gerekli bilgi verilmiştir. Böylece kişi farklılarından oluşabilecek etkilerin en aza indirgenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca yapılan detaylı açıklama sonrasında bilgi eksikliklerinden kaynaklanan cevaplar ortadan kaldırılmıştır.

Katılımcılara NASA-TLX yöntemi AG'li ve AG gözlüksüz gerçekleştirilen deney sonunda uygulanmıştır. NASA-TLX ağırlıklandırma ve puanlama olmak üzere iki aşamaya sahiptir. Ek 1'de bulunan form çalışanlar tarafından dikkatle dolduruldu. Bu aşama NASA-TLX yönteminin puanlama aşamasıdır. Daha sonra ikinci aşama olan ağırlıklandırma yöntemi olan Ek 2'de verilen ağırlıklı hesaplama yöntemi aşamasına

geçildi (Şeker 2014). 6 kriterin birbirlerine göre etkisi katılımcıların ikili karşılaştırmalara verdikleri sonuçlar sonucunda elde edilir Bu alt ölçeklerin ikili karşılaştırmaları için 15 soru katılımcı tarafından doldurulur. Bu 15 soru 6 kriterin 2 li kombinasyonudur. İkili karşılaştırmanın sonucu, bir faktörün maksimum ağırlığı maksimum 5 minimum 0 olmaktadır. 5'in anlamı o kriterin diğer bütün kriterlerden daha baskın olmasıdır. 0 olma durumu ise kriterin hiç bir etkisi olmadığı anlamına gelmektedir. Her kriterin kaç kez seçildiği sayılır ve ağırlığı belirlenmiş olur.

İnsan-makine sistemlerinde çalışan kişilere etki eden iş yüklerinin, objektif olarak belirlenebilmesi için psikolojik ve ergonomik çalışmalarda anket ve oran ölçekleri kullanılmaktadır (Hill ve ark. 1992). NASA-TLX , bilişsel yükü ölçmek için tasarlanmış psikometrik bir değerlendirme aracıdır (Akizuki ve Ohashi 2015). NASA-TLX iş yükünü öznel olarak tahmin etmede kullanılan yöntemlerden birisidir (Akyeampong ve ark. 2014). NASA-TLX formu çok boyutlu derecelendirme ölçeklerinden oluşmaktadır (Zhang ve ark. 2015). NASA-TLX ölçeği iş yükü seviyelerini göz önünde bulundurmaktır.

NASA-TLX en sık kullanılan öznel bilişsel yük belirleme yöntemidir ve NASA-TLX ile 4400'den fazla görev performansı çalışması gerçekleştirilmiştir (Beitzel ve ark. 2016). NASA-TLX yöntemi, altı kriterin ağırlıklı ortalama puanlarına dayanarak öznel iş yükü puanlarının hesaplanmasına dayanmaktadır (Akyeampong ve ark. 2014). Bu kriterler performans, zamansal talep, fiziksel talep, çaba, zihinsel talep ve rahatsızlık seviyesidir (Zhang ve ark. 2015).

**Performans:** Görevi yerine getirirken ne kadar başarılı oldunuz sorusuna cevap aranmaktadır. Ölçek aralığı iyi-kötü arasındadır.

**Zamansal Talep:** Görevi yerine getirirken üzerinizde ne kadar bir zaman baskısı hissettiniz sorusuna cevap aranmaktadır. Ölçek aralığı düşük-yüksek arasındadır.

**Fiziksel Talep:** Görevi yerine getirirken ne kadar fiziksel aktiviteye ihtiyaç duyulduğuna cevap aranmaktadır. Ölçek aralığı düşük-yüksek arasındadır.

**Çaba:** Görevi yerine getirmek için ne kadar çok çalışmanız, çaba göstermeniz gerektiği sorusuna cevap aranmaktadır. Ölçek aralığı düşük-yüksek arasındadır.

**Zihinsel Talep:** Gerçekleştirilen görevin kolay-zor, sade karışık olması ile ilgilendirir. Böylece ne kadar zihinsel faaliyet gerektiği belirlenir. Ölçek aralığı düşük-yüksek arasındadır.

**Rahatsızlık Seviyesi:** Görevinizi yerine getirirken çalışanın güven, memnuniyetsizlik, gerginlik, sinirlilik ve karmaşıklık durumunu ifade etmektedir.

### **3.9. NASA-TLX Yönteminin Uygulanması**

Deneye katılan katılımcılar süreç hakkında ve uygulanacak yöntem hakkında bilgilendirilir. Katılımcıların deneyin gerçekleştirileceği çalışma ortamlarına alışması sağlanır. Katılımcılar ağırlıklandırma daha sonra oranlama aşamasını gerçekleştirir. NASA-TLX, bir görevi yerine getirirken veya görev tamamlandıktan hemen sonra bir veya daha fazla operatöre uygulanarak iş yükü değerlerini tahmin etmek için tasarlanmış çok boyutlu bir skaladır (Hart 2006).

NASA-TLX yöntemi ile toplam iş yükünü belirlemek için ağırlıklı bir hesaplama yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem ağırlıklandırma ve oranlama aşamalarına dayanmaktadır. İlk adım alt kriterlerin iş yüküne olan etkisinin ağırlıklandırılmasıdır. NASA-TLX de bulunan her bir ölçütün iş yüküne katkısı ikili karşılaştırmalar ile belirlenmektedir. 15 sorudan oluşan ikili ağırlıklandırma formu deney katılımcıları tarafından doldurulur. 15 soru 6 faktörün 2'li kombinasyonundan oluşmaktadır. Bir form üzerine hazırlanan 15 adet karşılaştırma seçeneği katılımcıya verilerek doldurmaları istenir. Katılımcıların her kriteri kaç kez seçtiği sayılır ve bu sayı o kriterin ağırlıklandırmasını verir. Her kriterin değeri 0 ile 5 arasında olabilir. Eğer kriterin diğer hiç bir kriterle kıyasla etkisi yoksa 0, eğer diğer tüm kriterlere karşı daha baskın ise 5 değerini alır.

Ağırlıklandırma işlemi bittikten sonra oranlama aşamasına geçilerek katılımcının formu doldurması sağlanır. Oranlama aşamasında katılımcılar AG olduğu ve AG olmadığı durumlardaki deneyleri dikkate alarak kişisel değerlendirmelerini 6 ölçüt için hazırlanmış skalalar üzerinde işaretlemeler gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların kriterler için ağırlıklandırılma puanı ve oranda verdiği değer çarpılarak o iş için genel iş yükü belirlenir. Oranlama aşaması şüpheli gibi görünse de, insanlar algıladığı zihinsel yüklerini sayısal olarak gösterme konusunda oldukça yetenekli olduğu kanıtlanmıştır (Hou ve Wang). Sonrasında gerçekleştirilen görev sonralarında elde edilen değerler arasında anlamlı farklılık oluşturup oluşturmadıklarını görebilmek için istatistiksel analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir.



#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Analiz kısmında ilk olarak katılımcıların deneysel çalışmalara başlamadan önce doldurmuş oldukları HAÖ ve HDÖ anketleri analiz edildi.

HAÖ anketi; 0-5; anksiyete yok, 6-14; minör anksiyete , >15; majör anksiyete olarak derecelendirilmektedir (<https://docplayer.biz.tr/113030492-Hamilton-anksiyete-degerlendirme-olcegi-puanlama-talimati-ve-tanimlar.html>, 2019). Çizelge 4.1.'de görüldüğü gibi hiç bir katılımcıda anksiyete belirtisi bulunmamaktadır.

**Çizelge 4.1.** Katılımcıların HAÖ sonuçları

|         | 1.Ölçüm | 2.Ölçüm | 3.Ölçüm | 4.Ölçüm |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| Yaşlı-K | 3       | 2       | 0       | 0       |
| Genç-K  | 2       | 3       | 0       | 0       |
| Yaşlı-E | 3       | 1       | 1       | 0       |
| Genç-E  | 4       | 2       | 1       | 0       |

HDÖ için kesme değeri  $\geq 23$ ; çok şiddetli, 19-22; şiddetli, 14-18; orta derecede, 8-13; hafif derecede ve kesme değeri  $\leq 7$  olduğunda ise normal seviyedir (Kılınç ve Torun 2011. Elde edilen sonuç değerleri Çizelge 4.2.'de sunulduğu gibidir. Tüm anket sonuçları normal seviyede çıktığından katılımcıların deneye alınmasında herhangi bir engel olmadığı belirlendi.

**Çizelge 4.2.** Katılımcıların HDÖ sonuçları

|         | 1.Ölçüm | 2.Ölçüm | 3.Ölçüm | 4.Ölçüm |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| Yaşlı-K | 6       | 1       | 0       | 0       |
| Genç-K  | 7       | 2       | 1       | 0       |
| Yaşlı-E | 4       | 3       | 0       | 0       |
| Genç-E  | 5       | 1       | 2       | 0       |

#### 4.1. Çevrim Süresinin İstatiksel Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu bölümde, AR'nin çevrim süresi ve bilişsel yük üzerindeki etkisi anlatılmış ve tartışılmıştır. Gözlüklü ve gözlüksüz olma durumunda her katılımcı için gerçekleştirilen



3'er deneme sonucundan elde edilen veri setleri Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4.'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.3.** Kadın çalışanlar için çevrim süresi

|          | <b>Gözlüklü Kadın</b> | <b>Gözlüksüz Kadın</b> |
|----------|-----------------------|------------------------|
| Genç1-K  | 76                    | 69                     |
| Genç2-K  | 53                    | 62                     |
| Genç3-K  | 48                    | 45                     |
| Yaşlı1-K | 72                    | 99                     |
| Yaşlı2-K | 75                    | 80                     |
| Yaşlı3-K | 69                    | 78                     |

**Çizelge 4.4.** Erkek çalışanlar için çevrim süresi

|          | <b>Gözlüklü Erkek</b> | <b>Gözlüksüz Erkek</b> |
|----------|-----------------------|------------------------|
| Genç1-E  | 74                    | 95                     |
| Genç2-E  | 75                    | 93                     |
| Genç3-E  | 69                    | 83                     |
| Yaşlı1-E | 70                    | 100                    |
| Yaşlı2-E | 71                    | 88                     |
| Yaşlı3-E | 73                    | 89                     |

Gerçekleştirilen tüm analizler için bağımsız T testi uygulanması gerekmektedir. T-testinin ilk adımı normallik testidir. Normallik testinin analizinde % 95 güven düzeyinde sonuç  $p > 0,05$  ise T testi uygulanır ancak  $p < 0,05$  ise normal dağılıma uymadığı için  $H_0$  hipotezi reddedilir ve parametrik olmayan alternatif test Mann Whitney U bağımsız örneklem t-testi uygulanır (<https://www.statisticssolutions.com/mann-whitney-u-test>, 2019). Mann Whitney U Testinin uygulamak önce bağımsız T testinin uygulanamayacağından emin olmak gerekir. İstatiksel analiz gerçekleştirilirken P değeri örneklem sayısı dikkate alınarak Shapiro-Wilk değeri dikkate alınır. AG gözlüğünün çevrim süresi ve bilişsel yük

üzerindeki etkisi AG kullanılmadığı duruma göre karşılaştırılarak etkisi belirlenmiştir. İlk olarak çevrim süresi incelenmiştir. Ortalama tamamlanma süresi AG Gözlüklü 68,75 (SD = 8,9 sn) ve AG gözlüksüz 81,75 (SD = 16,3 sn) olarak bulunmuştur. AG gözlüğü ile birlikte çevrim süresi %16 oranında azalmıştır.

Daha sonra T testi analizi gerçekleştirildi ve T-testinin ilk adımı normallik testidir. Yapılan normallik testinin analizinde % 95 güven düzeyinde sonuç  $p < 0.05$  elde edildi ve buna bağlı olarak  $H_0$  hipotezi reddedilir. T testinin alternatif testi olan Mann-Whitney U bağımsız analiz edildi. Analiz sonucunda p değeri 0,017 elde edilir (Çizelge 4.5.) , bu sonuç örneklem t-testi uygulanır. İlk hipotezimiz olan AG gözlüğünün çevrim süresine etkisi Mann Whitney U Testi ile AG uygulamasının çevrim süresinin azaltılmasına anlamlı derecede katkıda bulunduğunu istatistiksel olarak gösterilmiş olur.

**Çizelge 4.5.** AG gözlüğünün çevrim süresine etkisi

| <b>Mann-Whitney Test</b> |    |                 |              |
|--------------------------|----|-----------------|--------------|
| <b>Ranks</b>             |    |                 |              |
| ARnonAR                  | N  | Sıra Ortalaması | Sıra Toplamı |
| Çevrim Süresi            | 1  | 9,08            | 109,00       |
|                          | 2  | 15,92           | 191,00       |
| Toplam                   | 24 |                 |              |

| <b>Mann-Whitney Testi</b>                      |                   |
|--|-------------------|
|  | Çevrim Süresi     |
| Mann-Whitney U                                 | 31,000            |
| Wilcoxon W                                     | 109,000           |
| Z  | -2,370            |
| Asimptotik anlamlılık<br>(2-yönlü)             | ,018              |
| Kesin Anlamlılık.<br>[2*(1-yönlü anlamlılık.)] | ,017 <sup>b</sup> |

Aynı analizler gerçekleştirilerek AG gözlüklerinin çevrim sürelerine etkisi yaş ve cinsiyete göre istatistiksel olarak karşılaştırıldı. Her iki faktörün de AG üzerinde ki etkisini belirlemek için bağımsız T-Testi gerçekleştirildi.  $P > 0,05$  olan durumlarda

bağımsız T testi uygulandı,  $p < 0,05$  olan durumlarda Mann Whitney U Testi ile analiz edildi.

AG'nin cinsiyete göre etkisini belirlemek için önce kadın çalışanların verileri analiz edildi ve t değeri (0,472)  $> 0,05$  değerine ulaşıldı (Çizelge 4.6.). Sonuç olarak  $H_0$  hipotezi reddedilemez ve AG gözlüğünün sayısal olarak kadın katılımcılarda çevrim süresini azaltmasına rağmen, gözlüklü ve gözlüksüz durum istatistiksel olarak karşılaştırıldığında AG gözlüğünün kadın çalışanlarda çevrim süresini azaltmada anlamlı seviyede bir fark olmadığı sonucuna varıldı.

**Çizelge 4.6.** AG gözlüğünün kadın çalışanlar üzerinde çevrim süresine etkisi

|               |  | Levene'nin Varyans |            | Ortalamaların Eşitliği için T testi |       |                    |               |               |                      |          |
|---------------|--|--------------------|------------|-------------------------------------|-------|--------------------|---------------|---------------|----------------------|----------|
|               |  | F                  | Anlamlılık | t                                   | df    | Anlamlık (2 Yönlü) | Ortalama Fark | Standart Hata | 95% Güven Aralığında |          |
| Çevrim Süresi | Varyanslarının Eşit Olduğu Varsayımı   | ,532               | ,483       | -,748                               | 10    | ,472               | -6,66667      | 8,91503       | -26,53059            | 13,19726 |
|               | Varyanslarının eşit olmadığı varsayımı |                    |            | -,748                               | 8,632 | ,474               | -6,66667      | 8,91503       | -26,96582            | 13,63249 |

Erkek çalışanlar için veri setleri analiz edildiğinde elde edilen sonuç Çizelge 4.7.'de sunulmaktadır. Analiz sonucunda elde edilen t değeri (0,000)  $< 0,05$  olduğundan  $H_0$  hipotezi reddedilir ve AG gözlüğünün erkek çalışanlar için çevrim süresi değerini anlamlı bir şekilde azalttığı sonucuna varılır.

**Çizelge 4.7.** AG gözlüğünün erkek çalışanlar üzerinde çevrim süresine etkisi

**Bağımsız Grup T Testi**

|               |                                      | Levene'nin Varyans Eşitliği Testi |            | Ortalamaların Eşitliği için T testi |       |                    |               |                     |                           |           |
|---------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------------------|-------|--------------------|---------------|---------------------|---------------------------|-----------|
|               |                                      | F                                 | Anlamlılık | t                                   | df    | Anlamlık (2 Yönlü) | Ortalama Fark | Standart Hata Farkı | 95% Güven Aralığında Fark |           |
|               |                                      |                                   |            |                                     |       |                    |               |                     | Düşük                     | Yüksek    |
| Çevrim Süresi | Varyansların Eşit Olduğu Varsayımı   | 4,211                             | ,067       | -7,390                              | 10    | ,000               | -19,33333     | 2,61619             | -25,16257                 | -13,50410 |
|               | Varyansların eşit olmadığı varsayımı |                                   |            | -7,390                              | 6,541 | ,000               | -19,33333     | 2,61619             | -25,60883                 | -13,05783 |

İkinci aşamada AG'in yaş üzerinde etkisi belirlemek için 35 yaş üstü adaylara ait veriler analiz edildi. Normallik dağılımına uygun olduğu için bağımsız T testi uygulandı ve t değeri  $(0,01) < 0,05$  olduğu için anlamlı değer bulundu (Çizelge 4.8.). Sonuç olarak  $H_0$  hipotezi reddedilir ve AG gözlüğünün 35 yaş üzerinde çevrim süresini azaltmada anlamlı bir farkı olduğu sonucuna varıldı.

**Çizelge 4.8.** AG gözlüğünün 35 yaş üstü çalışanlar üzerinde çevrim süresine etkisi

**Bağımsız Grup T Testi**

|               |                                      | Levene'nin Varyans |            | Ortalamaların Eşitliği için T testi |       |                    |               |               |                      |          |
|---------------|--------------------------------------|--------------------|------------|-------------------------------------|-------|--------------------|---------------|---------------|----------------------|----------|
|               |                                      | F                  | Anlamlılık | t                                   | df    | Anlamlık (2 Yönlü) | Ortalama Fark | Standart Hata | 95% Güven Aralığında |          |
|               |                                      |                    |            |                                     |       |                    |               |               | Düşük                | Yüksek   |
| Çevrim Süresi | Varyansların Eşit Olduğu Varsayımı   | 6,244              | ,032       | -4,489                              | 10    | ,001               | -17,33333     | 3,86149       | -25,93727            | -8,72940 |
|               | Varyansların eşit olmadığı varsayımı |                    |            | -4,489                              | 5,549 | ,005               | -17,33333     | 3,86149       | -26,97153            | -7,69513 |

35 yaş altı katılımcılar için AG gözlüğü kullanmanın çevrim süresini azaltmada etkisi analizinde t testi gerçekleştirildi ve t değeri  $(0,377) > 0,05$  sonucuna varıldı (Çizelge 4.9.). Sonuç olarak  $H_0$  hipotezi reddedilemez ve AG gözlüğü sayısal olarak 35 yaş altı çalışanlarda çevrim süresini azaltmasına rağmen gözlüklü ve gözlüksüz durum istatistiksel olarak karşılaştırıldığında AG gözlüğünün 35 yaş altı çalışanlarda çevrim süresini azaltmada anlamlı seviyede bir fark olmadığı sonucuna varıldı.

**Çizelge 4.9.** AG gözlüğünün 35 yaş altı çalışanlar üzerinde çevrim süresine etkisi

**Bağımsız Grup T Testi**

|                  |  | Levene'nin Varyans |            | Ortalamaların Eşitliği için T testi |       |                       |                  |                  |                      |          |
|------------------|--|--------------------|------------|-------------------------------------|-------|-----------------------|------------------|------------------|----------------------|----------|
|                  |  | F                  | Anlamlılık | t                                   | df    | Anlamlık<br>(2 Yönlü) | Ortalama<br>Fark | Standart<br>Hata | 95% Güven Aralığında |          |
|                  |  |                    |            |                                     |       |                       |                  |                  | Düşük                | Yüksek   |
| Çevrim<br>Süresi | Varyanslarının<br>Eşit Olduğu<br>Varsayımı   | 1,862              | ,202       | -,924                               | 10    | ,377                  | -8,66667         | 9,37787          | -29,56186            | 12,22853 |
|                  | Varyanslarının<br>eşit olmadığı<br>varsayımı |                    |            | -,924                               | 8,416 | ,381                  | -8,66667         | 9,37787          | -30,10748            | 12,77415 |

35 yaş üzeri ve 35 yaş altı kadın-erkek deney sonuçları ayrı olarak analiz edildi. Analiz sonucunda elde edilen SPSS çıktıları sırasıyla Çizelge 4.10. - 4.13.'de sunulmaktadır. Kadınların 35 yaş üstü ( $t= 0,119$ ) ve altı ( $t= 0,978$ ) içinde çevrim süresine anlamlı bir etkisi bulunamazken, erkek adaylar için 35 yaş üstü ( $t= 0,006$ ) ve altında ( $t=0,013$ ) etkili olduğu sonucuna varıldı.

**Çizelge 4.10.** AG gözlüğünün 35 yaş üstü kadın çalışan üzerinde çevrim süresine etkisi

**Bağımsız Grup T Testi**

|                  |  | Levene'nin Varyans |            | Ortalamaların Eşitliği için T testi |       |                       |                  |                  |                      |          |
|------------------|--|--------------------|------------|-------------------------------------|-------|-----------------------|------------------|------------------|----------------------|----------|
|                  |  | F                  | Anlamlılık | t                                   | df    | Anlamlık<br>(2 Yönlü) | Ortalama<br>Fark | Standart<br>Hata | 95% Güven Aralığında |          |
|                  |  |                    |            |                                     |       |                       |                  |                  | Düşük                | Yüksek   |
| Çevrim<br>Süresi | Varyanslarının<br>Eşit Olduğu<br>Varsayımı   | ,255               | ,640       | ,030                                | 4     | ,978                  | 0,33333          | 11,18531         | -30,72206            | 31,38873 |
|                  | Varyanslarının<br>eşit olmadığı<br>varsayımı |                    |            | ,030                                | 3,863 | ,978                  | 0,33333          | 11,18531         | -31,16107            | 31,82774 |

**Çizelge 4.11.** AG gözlüğünün 35 yaş altı kadın çalışan üzerinde çevrim süresine etkisi

**Bağımsız Grup T Testi**

|               |  | Levene'nin Varyans |            | Ortalamaların Eşitliği için T testi |       |                    |               |               |                      |          |
|---------------|--|--------------------|------------|-------------------------------------|-------|--------------------|---------------|---------------|----------------------|----------|
|               |  | F                  | Anlamlılık | t                                   | df    | Anlamlık (2 Yönlü) | Ortalama Fark | Standart Hata | 95% Güven Aralığında |          |
|               |  |                    |            |                                     |       |                    |               |               | Düşük                | Yüksek   |
| Çevrim Süresi | Varyanslarının Eşit Olduğu Varsayımı   | 7,567              | ,051       | -1,977                              | 4     | ,119               | -13,66667     | 6,91215       | -32,85786            | 5,52453  |
|               | Varyanslarının eşit olmadığı varsayımı |                    |            | -1,977                              | 2,267 | ,171               | -13,66667     | 6,91215       | -40,29330            | 12,95900 |

**Çizelge 4.12.** AG gözlüğünün 35 yaş üstü erkek çalışan üzerinde çevrim süresine etkisi

**Bağımsız Grup T Testi**

|               |  | Levene'nin Varyans |            | Ortalamaların Eşitliği için T testi |       |                    |               |               |                      |           |
|---------------|--|--------------------|------------|-------------------------------------|-------|--------------------|---------------|---------------|----------------------|-----------|
|               |  | F                  | Anlamlılık | t                                   | df    | Anlamlık (2 Yönlü) | Ortalama Fark | Standart Hata | 95% Güven Aralığında |           |
|               |  |                    |            |                                     |       |                    |               |               | Düşük                | Yüksek    |
| Çevrim Süresi | Varyanslarının Eşit Olduğu Varsayımı   | 8,526              | ,043       | -5,324                              | 4     | ,006               | -21,00000     | 3,94405       | -31,95045            | -10,04955 |
|               | Varyanslarının eşit olmadığı varsayımı |                    |            | -5,324                              | 2,210 | ,027               | -21,00000     | 3,94405       | -36,51487            | -5,48513  |

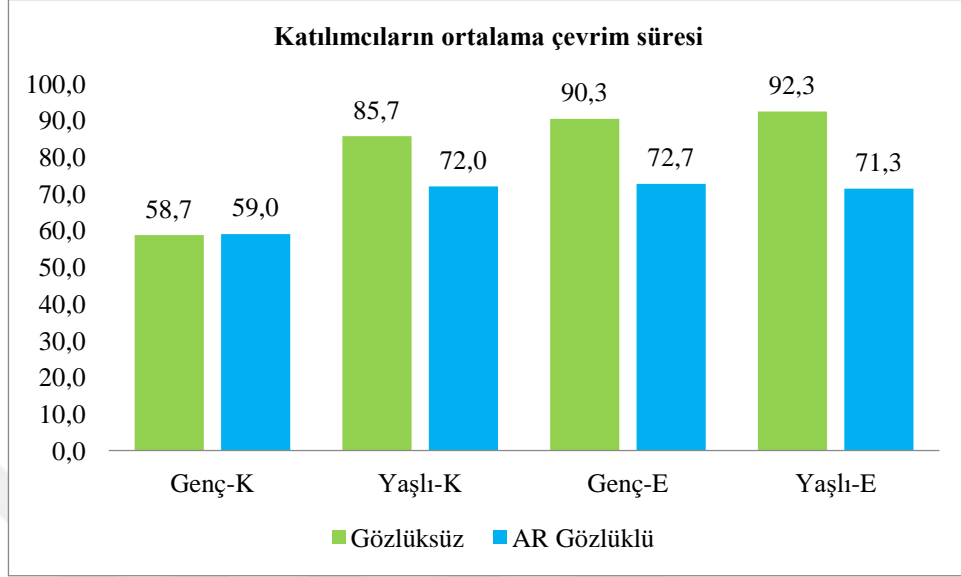
**Çizelge 4.13.** AG gözlüğünün 35 yaş altı erkek çalışan üzerinde çevrim süresine etkisi

**Bağımsız Grup T Testi**

|               |                                      | Levene'nin Varyans |            | Ortalamaların Eşitliği için T testi |       |                    |               |               |                      |          |
|---------------|--------------------------------------|--------------------|------------|-------------------------------------|-------|--------------------|---------------|---------------|----------------------|----------|
|               |                                      | F                  | Anlamlılık | t                                   | df    | Anlamlık (2 Yönlü) | Ortalama Fark | Standart Hata | 95% Güven Aralığında |          |
|               |                                      |                    |            |                                     |       |                    |               |               | Düşük                | Yüksek   |
| Çevrim Süresi | Varyanslarının Eşit Olduğu Varsayımı | 2,616              | ,181       | -4,257                              | 4     | ,013               | -17,66667     | 4,14997       | -29,18882            | -6,14451 |
|               | Varyansların eşit olmadığı varsayımı |                    |            | -4,257                              | 2,941 | ,025               | -17,66667     | 4,14997       | -31,02441            | -4,30893 |

Kadın ve erkek katılımcı olarak çevrim süreleri arasında oluşan fark incelendiğinde AG gözlük kullanımının her iki cinsiyet için de sayısal olarak çevrim süresini azalttığı sonucuna varıldı. 35 yaş altı kadının çevrim süreleri gözlüklü ve gözlüksüz durumda

birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir. Gözlükle gerçekleştirilen deneylerde genel olarak daha iyi performans elde edildiği Şekil 4.1’de görülmektedir.



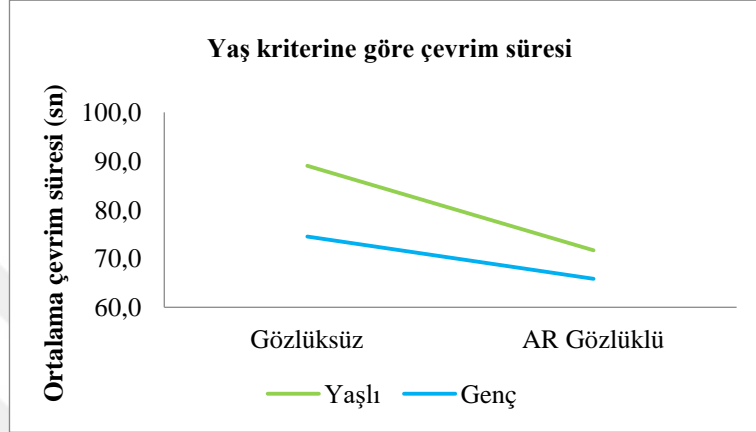
**Şekil 4.1.** Gözlüksüz ve AG gözlüklü ortalama çevrim süresi

35 yaş altı kadın, tüm katılımcılardan çok daha düşük çevrim süresine sahip olmasına rağmen sadece bu aday için AG gözlüğü ile birlikte çevrim süresinin % 0,5 oranında arttığı belirlendi. Böyle bir sonuç elde edilmesinin temel sebebi 35 yaş altı kadın bazı durumlarda macrocav kağıdında sıradaki iki parçayı aynı anda almasından kaynaklanmaktadır. Bu durum daha önce de bahsedildiği gibi üretim hattına yanlış parça gönderilme riskini yüksek oranda artırmaktadır.

35 yaş altı kadın çalışan her iki deney ortamında da 35 yaş üstü kadına göre daha iyi çevrim süresine sahiptir. Bu sonuç 35 yaş altı çalışanın 35 yaş üstü kadına göre daha iyi performansa sahip olduğunu göstermektedir.

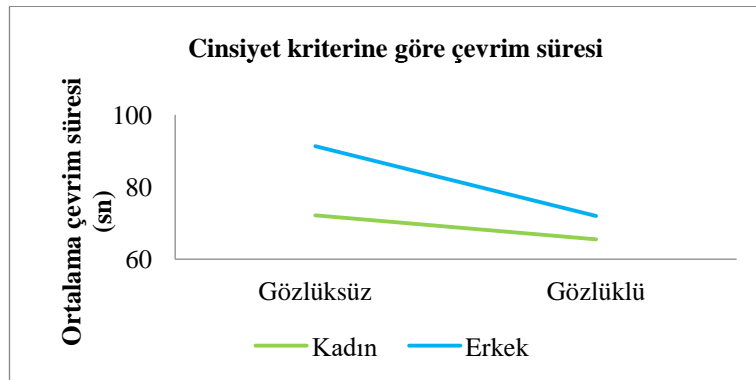
AG gözlüğü olmadan çalışırken 35 yaş üstü erkek 35 yaş altı erkekte daha iyi performansa sahip iken AG gözlüğü kullanılırken bu durum tam tersidir. Bu durum AG gözlüğünün genç erkek üzerindeki olumlu etkisinin 35 yaş üstü erkek üzerinden daha etkili olduğunu göstermektedir.

35 yaş üstü ve 35 yaş altı katılımcılarda AG gözlüğünün çevrim süresi üzerindeki etkisi nümerik olarak incelendiğinde genç katılımcılarda çevrim süresinin ~% 19,5, yaşlı katılımcılarda ~% 11,6 oranında azaldığı sonucuna varıldı. Ayrıca, 35 yaş altı katılımcılar (AG kullanırken ve kullanmadan) 35 yaş üstü katılımcılara kıyasla her iki ortamda da daha iyi çevrim süresine sahip olduğu belirlendi (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Yaş kriterime göre AG gözlüklü ve gözlüksüz ortalama çevrim süresi

Daha sonra kadın ve erkek katılımcılar arasındaki fark incelendi. AG gözlük kullanımının her iki cinsiyet için de çevrim süresini azalttığı sonucuna varıldı. AG durumu, kadın katılımcılar için çevrim süresini ~% 9,2 ve erkek katılımcılar için ~% 21,2 oranında azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. Cinsiyet kriterime göre AG gözlüklü ve gözlüksüz ortalama çevrim süresi



Normallik testi gerçekleştirilerek AG kullanılmaması durumunda kadın ve erkek katılımcıların çevrim süreleri istatistiksel olarak karşılaştırıldı. Gözlüksüz durumda  $P > 0,05$  elde edildiği için T testi uygulandı ve  $t < 0,05$  bulundu (Çizelge 4.14.). Bu sonuca göre erkek ve kadın çalışanlar arasında gözlük kullanılmaması durumunda anlamlı fark vardır, kadın erkeğe göre daha iyi çevrim süresine sahiptir.

**Çizelge 4.14.** Cinsiyet kriterine göre AG gözlüksüz ortalama çevrim süresine etkisi

**Bağımsız Grup T Testi**

|               |                                      | Levene'nin Varyans |            | Ortalamaların Eşitliği için T testi |       |                    |               |               |                      |          |
|---------------|--------------------------------------|--------------------|------------|-------------------------------------|-------|--------------------|---------------|---------------|----------------------|----------|
|               |                                      | F                  | Anlamlılık | t                                   | df    | Anlamlık (2 Yönlü) | Ortalama Fark | Standart Hata | 95% Güven Aralığında |          |
| Çevrim Süresi | Varyansların Eşit Olduğu Varsayımı   | 3,776              | ,081       | -2,445                              | 10    | ,035               | -19,16667     | 7,84020       | -36,63622            | -1,69712 |
|               | Varyansların eşit olmadığı varsayımı |                    |            | -2,445                              | 6,052 | ,050               | -19,16667     | 7,84020       | -36,63622            | -0,02172 |

Normallik testi gerçekleştirilerek AG kullanılması durumunda kadın ve erkek katılımcıların çevrim süreleri istatistiksel olarak karşılaştırıldı,  $P > 0,05$  elde edildiği için T testi uygulandı ve  $t > 0,05$  bulundu (Çizelge 4.15.). Bu sonuca göre erkek ve kadın çalışanlar arasında AG kullanılması durumunda herhangi bir fark yoktur.

**Çizelge 4.15.** Cinsiyet kriterine göre AG gözlüklü ortalama çevrim süresine etkisi

**Bağımsız Grup T Testi**

|               |                                      | Levene'nin Varyans |            | Ortalamaların Eşitliği için T testi |       |                    |               |               |                      |         |
|---------------|--------------------------------------|--------------------|------------|-------------------------------------|-------|--------------------|---------------|---------------|----------------------|---------|
|               |                                      | F                  | Anlamlılık | t                                   | df    | Anlamlık (2 Yönlü) | Ortalama Fark | Standart Hata | 95% Güven Aralığında |         |
| Çevrim Süresi | Varyansların Eşit Olduğu Varsayımı   | 15,802             | ,003       | -1,304                              | 10    | ,221               | -6,50000      | 4,98498       | -17,60722            | 4,60722 |
|               | Varyansların eşit olmadığı varsayımı |                    |            | -1,304                              | 5,390 | ,245               | -6,50000      | 4,98498       | -19,04060            | 6,04060 |

Normallik testi gerçekleştirilerek AG kullanılmaması durumunda 35 yaş üstü ve 35 yaş altı katılımcıların çevrim süreleri istatistiksel olarak karşılaştırıldı.  $P > 0,05$  elde edildiği için T testi uygulandı ve  $t > 0,05$  bulundu (Çizelge 4.16). Bu sonuca göre 35 yaş üstü ve altı çalışanlar arasında gözlük kullanılmaması durumunda anlamlı fark yoktur.

**Çizelge 4.16.** Yaş kriterine göre AG gözlüksüz ortalama çevrim süresine etkisi

**Bağımsız Grup T Testi**

|               |  | Levene'nin Varyans |            | Ortalamaların Eşitliği için T testi |       |                    |               |               |                      |         |
|---------------|--|--------------------|------------|-------------------------------------|-------|--------------------|---------------|---------------|----------------------|---------|
|               |  | F                  | Anlamlılık | t                                   | df    | Anlamlık (2 Yönlü) | Ortalama Fark | Standart Hata | 95% Güven Aralığında |         |
| Çevrim Süresi | Varyanslarının Eşit Olduğu Varsayımı   | 4,525              | ,059       | -1,650                              | 10    | ,130               | -14,50000     | 8,78450       | -34,07510            | 5,07510 |
|               | Varyanslarının eşit olmadığı varsayımı |                    |            | -1,650                              | 7,134 | ,142               | -14,50000     | 8,78450       | -35,19513            | 6,19513 |

Normallik testi gerçekleştirilerek AG kullanılması durumunda 35 yaş üstü ve 35 yaş altı katılımcıların çevrim süreleri istatistiksel olarak karşılaştırıldı.  $P > 0,05$  elde edildiği için T testi uygulandı ve  $t > 0,05$  bulundu (Çizelge 4.17.). Bu sonuca göre 35 yaş üstü ve altı çalışanlar arasında gözlük kullanılması durumunda anlamlı fark yoktur.

**Çizelge 4.17.** Yaş kriterine göre AG gözlüklü ortalama çevrim süresine etkisi

**Bağımsız Grup T Testi**

|               |  | Levene'nin Varyans |            | Ortalamaların Eşitliği için T testi |       |                    |               |               |                      |         |
|---------------|--|--------------------|------------|-------------------------------------|-------|--------------------|---------------|---------------|----------------------|---------|
|               |  | F                  | Anlamlılık | t                                   | df    | Anlamlık (2 Yönlü) | Ortalama Fark | Standart Hata | 95% Güven Aralığında |         |
| Çevrim Süresi | Varyanslarının Eşit Olduğu Varsayımı   | 17,354             | ,002       | -1,151                              | 10    | ,276               | -5,83333      | 5,06678       | -17,12281            | 5,45615 |
|               | Varyanslarının eşit olmadığı varsayımı |                    |            | -1,151                              | 5,312 | ,299               | -5,83333      | 5,06678       | -18,63105            | 6,96438 |

## 4.2. NASA-TLX Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Katılımcılardan öznel geri bildirim almak amacıyla deneylerden sonra NASA-TLX analizi gerçekleştirildi. AG gözlüklü çalışmadan sonra ve standart prosedürle çalışmadan sonra 4 katılımcıya NASA-TLX anketi uygulanarak toplam sekiz adet veri

seti elde edildi. Tüm durumlar için ortalama sübjektif iş yükü puanları Çizelge 4.18. - 4.21. 'de özetlenmiştir. Katılımcıların yapmış oldukları farklı çalışma tipinde farklı zihinsel iş yüklerine sahip olduğu açıkça görülmektedir.

**Çizelge 4.18.** 35 yaş üstü kadın çalışan NASA-TLX sonuçları

| Ölçek                | AR gözlüksüz çalışma |      |      | AR gözlüklü çalışma |       |      |
|----------------------|----------------------|------|------|---------------------|-------|------|
|                      | Ağırlık              | Oran | Skor | Ağırlık             | Oran  | Skor |
| Performans           | 0,3                  | 90,0 | 24,0 | 0,2                 | 100,0 | 20,0 |
| Zamansal Talep       | 0,3                  | 5,0  | 1,3  | 0,2                 | 5,0   | 1,0  |
| Fiziksel Talep       | 0,1                  | 5,0  | 0,3  | 0,1                 | 5,0   | 0,3  |
| Çaba                 | 0,3                  | 5,0  | 1,3  | 0,3                 | 5,0   | 1,7  |
| Zihinsel Talep       | 0,0                  | 5,0  | 0,0  | 0,0                 | 5,0   | 0,0  |
| Rahatsızlık Seviyesi | 0,1                  | 5,0  | 0,7  | 0,2                 | 5,0   | 1,0  |
| Toplam Ağırlık       |                      |      | 27,7 |                     |       | 24,0 |

**Çizelge 4.19.** 35 yaş altı kadın çalışan NASA-TLX sonuçları

| Ölçek                | AR gözlüksüz çalışma |      |      | AR gözlüklü çalışma |       |      |
|----------------------|----------------------|------|------|---------------------|-------|------|
|                      | Ağırlık              | Oran | Skor | Ağırlık             | Oran  | Skor |
| Performans           | 0,3                  | 85,0 | 28,3 | 0,3                 | 100,0 | 26,7 |
| Zamansal Talep       | 0,2                  | 5,0  | 1,0  | 0,2                 | 5,0   | 1,0  |
| Fiziksel Talep       | 0,1                  | 5,0  | 0,7  | 0,2                 | 5,0   | 1,0  |
| Çaba                 | 0,1                  | 15,0 | 2,0  | 0,1                 | 5,0   | 0,7  |
| Zihinsel Talep       | 0,2                  | 5,0  | 1,0  | 0,2                 | 5,0   | 1,0  |
| Rahatsızlık Seviyesi | 0,0                  | 5,0  | 0,0  | 0,0                 | 5,0   | 0,0  |
| Toplam Ağırlık       |                      |      | 33,0 |                     |       | 30,3 |

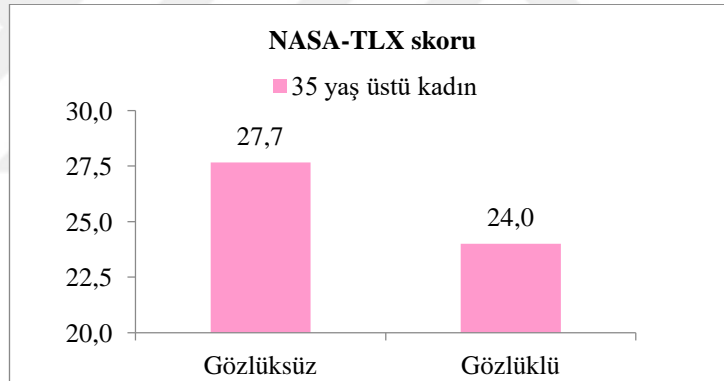
**Çizelge 4.20.** 35 yaş üstü erkek çalışan NASA-TLX sonuçları

| Ölçek                | AR gözlüksüz çalışma |       |      | AR gözlüklü çalışma |       |      |
|----------------------|----------------------|-------|------|---------------------|-------|------|
|                      | Ağırlık              | Oran  | Skor | Ağırlık             | Oran  | Skor |
| Performans           | 0,3                  | 100,0 | 33,3 | 0,3                 | 100,0 | 33,3 |
| Zamansal Talep       | 0,3                  | 5,0   | 1,3  | 0,2                 | 5,0   | 1,0  |
| Fiziksel Talep       | 0,1                  | 5,0   | 0,7  | 0,0                 | 5,0   | 0,0  |
| Çaba                 | 0,2                  | 5,0   | 1,0  | 0,2                 | 5,0   | 1,0  |
| Zihinsel Talep       | 0,1                  | 10,0  | 0,7  | 0,1                 | 5,0   | 0,3  |
| Rahatsızlık Seviyesi | 0,0                  | 5,0   | 0,0  | 0,2                 | 5,0   | 1,0  |
| Toplam Ağırlık       |                      |       | 37,0 |                     |       | 36,7 |

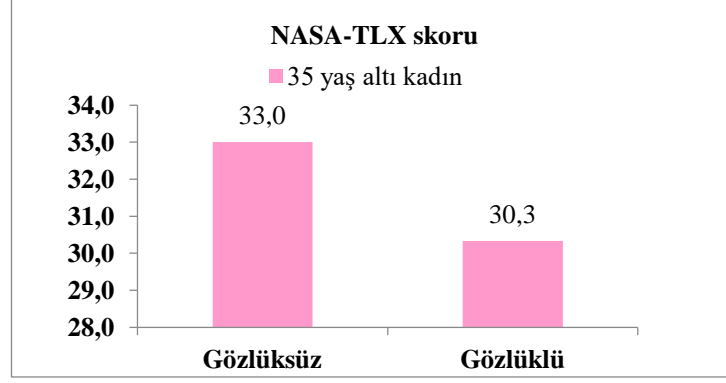
**Çizelge 4.21.** 35 yaş altı erkek çalışan NASA-TLX sonuçları

| Ölçek                 | AR gözlüksüz çalışma |      |             | AR gözlüklü çalışma |       |             |
|-----------------------|----------------------|------|-------------|---------------------|-------|-------------|
|                       | Ağırlık              | Oran | Skor        | Ağırlık             | Oran  | Skor        |
| Performans            | 0,1                  | 95,0 | 6,3         | 0,1                 | 100,0 | 6,7         |
| Zamansal Talep        | 0,1                  | 20,0 | 2,7         | 0,0                 | 5,0   | 0,0         |
| Fiziksel Talep        | 0,1                  | 5,0  | 0,7         | 0,3                 | 5,0   | 1,7         |
| Çaba                  | 0,2                  | 10,0 | 2,0         | 0,3                 | 5,0   | 1,3         |
| Zihinsel Talep        | 0,2                  | 10,0 | 2,0         | 0,2                 | 5,0   | 1,0         |
| Rahatsızlık Seviyesi  | 0,3                  | 5,0  | 1,3         | 0,1                 | 5,0   | 0,7         |
| <b>Toplam Ağırlık</b> |                      |      | <b>15,0</b> |                     |       | <b>11,3</b> |

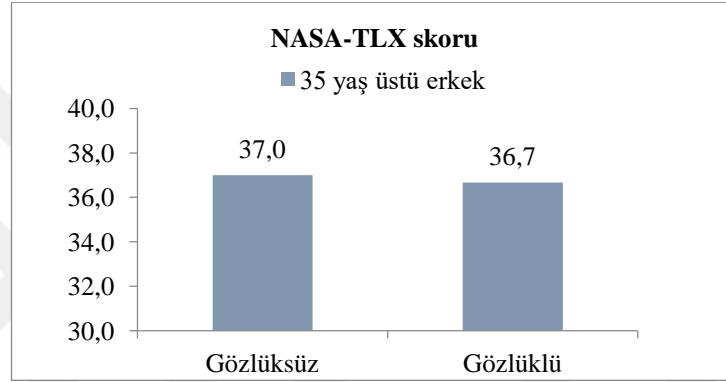
Bilişsel yükü belirlemede kullanılan NASA-TLX sonuçları, her bir katılımcının AG gözlüklü ve AG olmayan bir kişi için ortalama öznel puanı Şekil 4.4.-4.7. arasında özetlenmiştir.



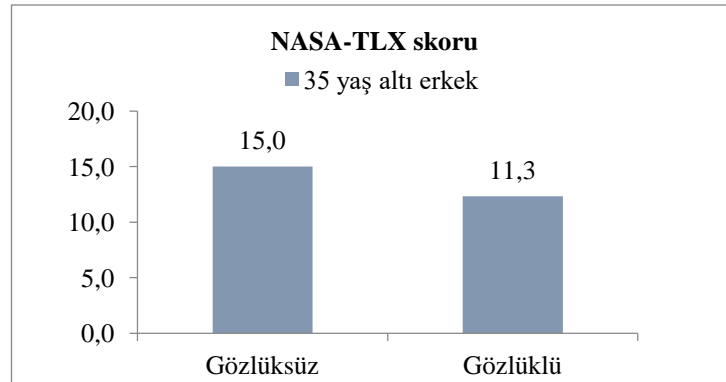
**Şekil 4.4.** 35 yaş üzeri kadın için AG gözlüklü ve gözlüksüz NASA-TLX skoru



Şekil 4.5. 35 yaş altı kadın için AG gözlüklü ve gözlüksüz NASA-TLX skoru



Şekil 4.6. 35 yaş üstü erkek için AG gözlüklü ve gözlüksüz NASA-TLX skoru

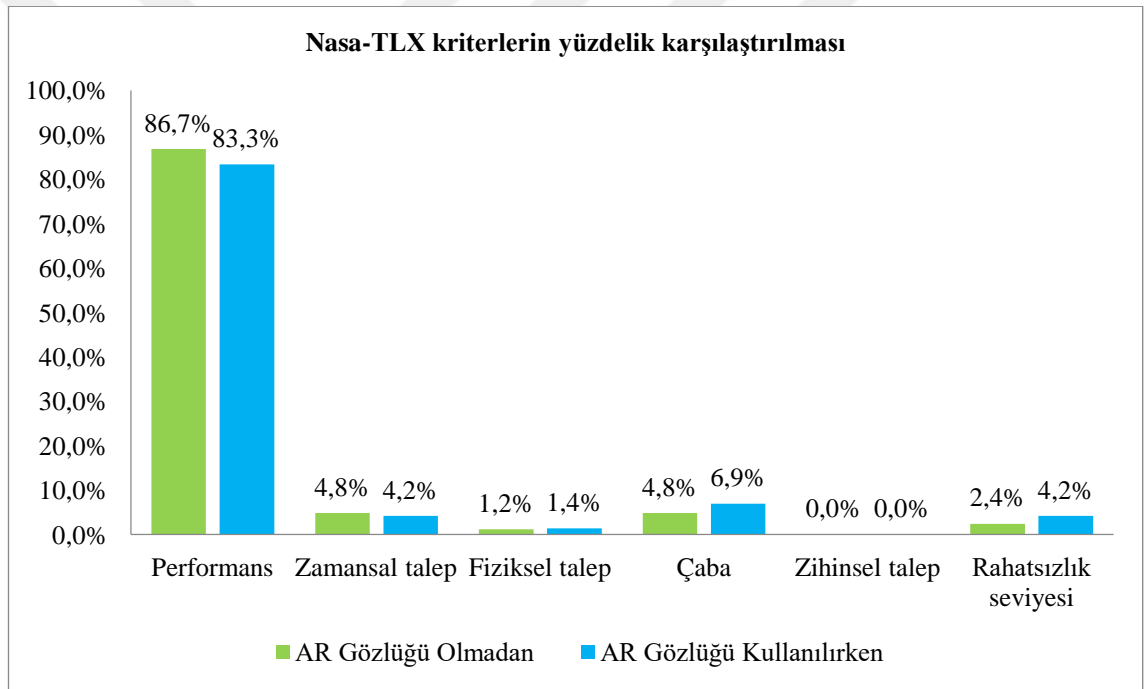


Şekil 4.7. 35 yaş altı erkek için AG gözlüklü ve gözlüksüz NASA-TLX skoru

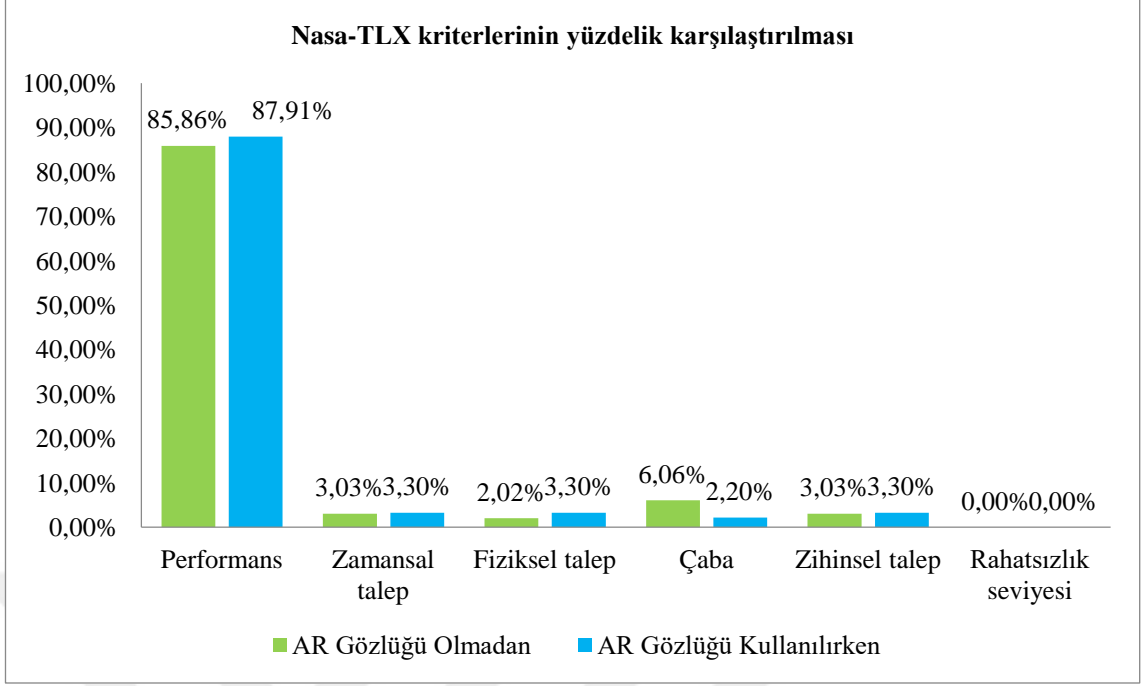
Gözlüklü ve gözlüksüz gerçekleştirilen deneylerden sonra uygulanan, NASA-TLX anketinden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde katılımcılar aynı görevi aynı şartlar

altında yerine getirmelerine rağmen etkilendikleri zihinsel iş yükü değerlerinin birbirlerinden farklı olduğu gözükmektedir.

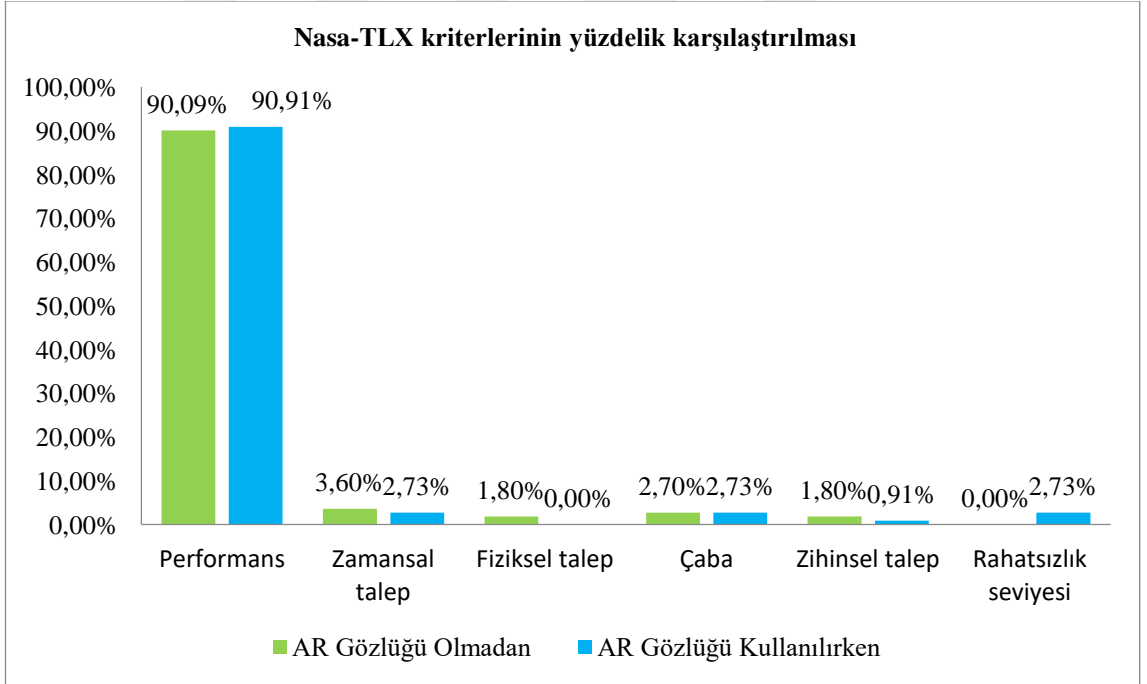
Tüm katılımcılar için toplam NASA-TLX skorunun AG gözlük kullanımı ile azaldığı belirlenmiştir. Dört katılımcının AG gözlüklü ve standart çalışma ile elde edilen sonuçlarında, 6 faktör için toplam skorda en yüksek değerin performans olduğu görülmektedir. Bu değerin yüksek olmasında ise katılımcıların vermiş oldukları yüksek oran değeri etkilidir. Mevcut sistem ile AG gözlüğü kullanılma durumu karşılaştırıldığında NASA-TLX'in tüm kriterleri için elde edilen yüzde değişim Şekil 4.8.- 4.11.'de özetlenmiştir.



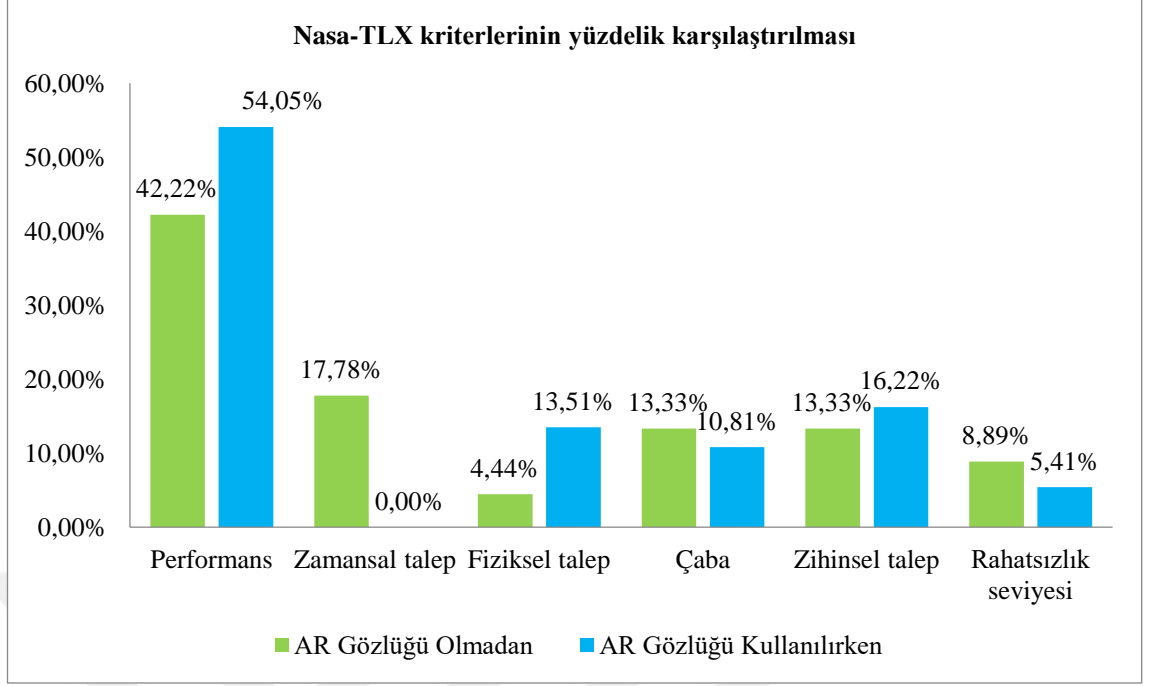
**Şekil 4.8.** 35 yaş üstü kadın için kriterlerin yüzdelerle karşılaştırılması



**Şekil 4.9.** 35 yaş altı kadın için kriterlerin yüzdelerle karşılaştırılması



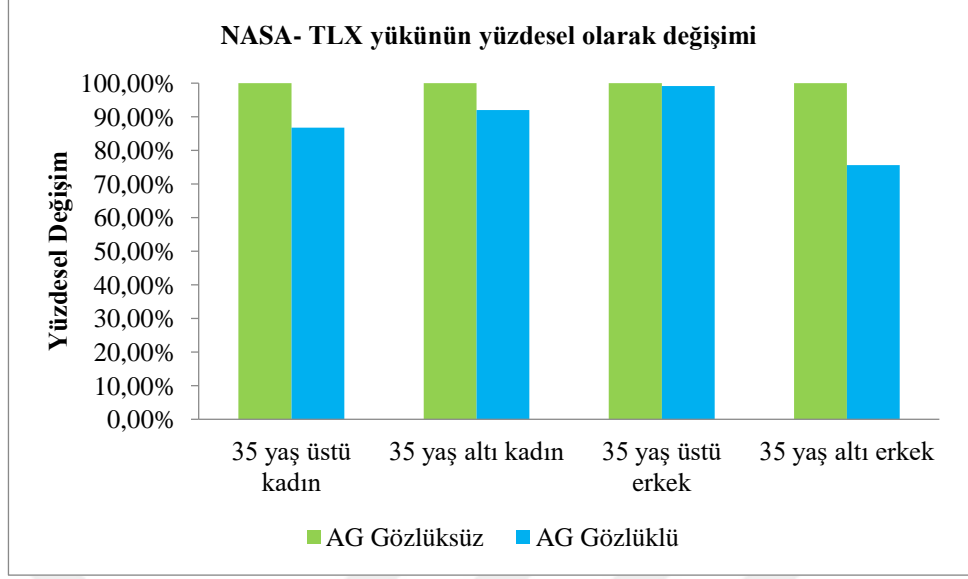
**Şekil 4.10.** 35 yaş üstü erkek için kriterlerin yüzdelerle karşılaştırılması



**Şekil 4.11.** 35 yaş altı erkek için kriterlerin yüzdelik olarak karşılaştırılması

Gözlüklerle yapılan deneyler arasında en düşük bilişsel yük 35 yaş altı erkeğe ait olduğu belirlendi. Ayrıca AG gerçeklik kullanımı ile birlikte bilişsel yükteki yüzde en büyük değişim 35 yaş altı erkeğe aittir. Yapılan karşılaştırmalar ile 35 yaş altı erkek katılımcı için toplam bilişsel yük skoru AG gözlüklerde mevcut sisteme göre % 17,78 azalmış olduğu sonucuna varıldı. Bu oran 35 yaş üstü kadın için 13,25, 35 yaş altı kadın için 8,08 ve son olarak 35 yaş üstü erkek için 0,90 olarak belirlenmiştir. Gözlüklü ve gözlüksüz her iki durumda da, zihinsel talep etkisinin yaşlı kadının bilişsel yükü etkilemediği görülmektedir. Genç kadın için ise bu kriter rahatsızlık seviyesidir. Katılımcıların toplam NASA-TLX sonuçlarının yüzdesel olarak değişimi Şekil 4.12.'de gösterilmiştir.





**Şekil 4.12.** AG gözlüklü - gözlüksüz NASA- TLX yükünün yüzdesel olarak değişimi

Bilişsel yükün istatistiksel olarak etkisinin belirlenmesinde kurulan hipotez AG gözlüklerinin kullanılması difüzyon görevini yerine getirirken bilişsel yük seviyesinin azalmasıydı. Çizelge 4.18.-4.21.'de bulunan değerler göz önüne alınarak %95 anlamlılık düzeyinde AG gözlüklü ve standart prooesle çalışma ile elde edilen bilişsel yük değerleri istatistiksel olarak analiz edildi. NASA-TLX sonuçları, SPSS ile analiz edildikten sonra, p değeri 0.05'ten büyük bulunmuştur (Çizege 4.22.). NASA-TLX anketindeki değerlendirmeleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır Elde edilen sonuçlar neticesinde AG gözlüğünün kullanılmasının bilişsel yükü azaltma üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu gösterilememiştir. Sonuç olarak AG gözlüğü kullanmanın bilişsel yükü azaltır hipotezimiz yalnızca sayısal karşılaştırma yapılarak desteklenmiştir.

**Çizelge 4.22.** AG gözlüğünün bilişsel yük üzerindeki etkisi

**Mann-Whitney Test  
Ranks**

| ARnonAR   | N | Sıra Ortalaması | Sıra Toplamı |
|-----------|---|-----------------|--------------|
| NasaTLX 1 | 4 | 5,00            | 20,00        |
| 2         | 4 | 4,00            | 16,00        |
| Toplam    | 8 |                 |              |

**Mann-Whitney Testi**

|  | Çevrim Süresi      |
|--|--------------------|
| Mann-Whitney U                                 | 6,000              |
| Wilcoxon W                                     | 16,000             |
| Z  | -0,577             |
| Asimptotik anlamlılık<br>(2-yönlü)             | ,564               |
| Kesin Anlamlılık.<br>[2*(1-yönlü anlamlılık.)] | ,0686 <sup>b</sup> |

**4.4. Artılmış Gerçeklik Teknolojisinin Verimlilik ve Bilişsel Yük Üzerindeki Etkisinin Tartışılması**

Günümüzde üretim tesisindeki verimlilik artışının incelenmesi birçok araştırmacı ve endüstri sektöründe önemli bir konudur (Abolhassania ve ark. 2019). Üretim gerçekleştirilirken yapılan hatalar verimliliği ve kaliteyi etkilemektedir (Qeshmy ve Makdisi 2018). Üretimde çalışan insanlar hata yapabilmekte ve şirketler de insanların neden olduğu hataları ortadan kaldırmak için çaba göstermektedir (Qeshmy ve Makdisi 2018). İncelenen çalışmalar, bilişsel yükün görev tamamlanma süresini önemli derecede etkilediğini göstermektedir (Tsai ve Huang 2018).

Deshpande ve Kim (2018) gerçekleştirdiği çalışma manuel sıralama işlemini gerçekleştiren üretim hattında AG teknolojisinin uygun olup olmadığını belirlemesi üzerinedir. Çalışmanın sonuçları, bu tez kapsamında elde edilen sonuç ile ters düşmektedir. Gerçekleştirilen bu tez kapsamında AG teknolojisinin insanların neden olduğu hataları yönetmek için kullanılacak uygun bir araç olduğu savunulmasında

rağmen Deshpande ve Kim'in gerçekleştirdiği çalışma AR'nin uygun bir yöntem olmadığını savunmaktadır.

Deshpande ve Kim'in elde ettiği sonuçların tersine Boeing (2018), Heutger ve ark. (2014), Shin ve Dunston (2009), Hou ve Wang (2014) ve Adler ve ark. (2018) yapılan bu tez çalışması ile paralel sonuçlar elde ederek, AG teknolojisinin verimlilik üzerindeki olumlu etkisine vurgu yapmaktadırlar.

Boeing, (2018) ve Heutger ve ark. (2014) gerçekleştirdiği çalışma AG uygulanmasının hataları azaltma potansiyeline sahip olduğunu savunmaktadır. Böylece bu iki farklı çalışma, yapılan bu tez çalışması ile ortak sonucu savunarak AG teknolojisinin uygulanabilirliğine dikkat çekmektedir.

Shin ve Dunston (2009),AG teknolojisinin kullanılması ile setup sayısını ve işçilik süresini azaltarak maliyet azalttığına gösterirken; Hou ve Wang (2014) AG teknolojisinin hata sayısı ve tamamlanma süresini azaltarak maliyet azalttığı savunmuştur. Sonuç olarak bu iki çalışma da yapılan bu tez çalışmasına paralel sonuçlar elde edilmiştir.

Adler ve ark. (2018)'nın gerçekleştirdiği çalışmada yaş grubuna göre bir deneyi tamamlamak için gereken ortalama süreler incelendiğinde, AG ile gerçekleştirilen çalışmada her iki yaş grubu için de daha iyi bir değere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum yapılan bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlarla örtüşmektedir. Böylece Adler ve ark. çalışmasına göre AG teknolojisi verimlilik üzerindeki olumlu etki göstermektedir. Ayrıca elde edilen bu sonuçlar AG'in günlük yaşamda yaşlı yetişkinler için uygun bir araç olma potansiyeli olduğuna dair ciddi anlamda güçlü kanıtlar sunmaktadır.

Adler ve ark. (2018)'nin çalışması tanımlı görevi yerine getirirken yaşlı olan bireylerin daha uzun çevrim süresine sahip olduğunu göstermektedir. Yapılan bu tez çalışmasında ise yaşlı ve genç katılımcılar arasında çevrim süresinde anlamlı bir fark tespit edilmemektedir. Ancak hem gerçekleştirilen bu tez çalışmasında hem de Adler ve ark.

alışmasında başarı oranlarında genç ve yaşlı bireylerin birbirlerinden anlamlı bir fark olmadığı gör÷lmektedir.

Yapılan bu tez alışması AG teknolojisi ile birlikte üretim hatlarında yaşanan hataların önüne geçmesine rağmen, Adler ve ark. (2017)'nın gerçekleştirdiği çalışmada AR teknolojisi ile birlikte yapılan hata oranının arttığı sonucuna ulaşılmaktadır.

İncelenen bazı alışmalar AG'in bilişsel yük seviyesini azaltacağını belirtirken, bazı çalışmalar ise aşırı bilişsel yüklenmeye neden olduğunu belirtmektedir.

Deshpande ve Kim (2018) gerçekleştirmiş oldukları çalışmada montaj parçalarının AG teknolojisi ile monte edilmesinin bilişsel açıdan etkisinin nasıl olacağını yapılan bu tez çalışmasındaki gibi NASA-TLX yöntemi ile belirlemiştir. Bu tez kapsamında elde edilen sonuçlarda, görevler yerine getirirken bilişsel yük seviyesi AG teknolojisi ile birlikte azalırken, Deshpande ve Kim'in gerçekleştirmiş olduğu çalışmada ise arttığı gör÷lmektedir.

Buna rağmen; Hou ve Wang gerçekleştirdiği çalışmada, mevcut uygulamada montajı yönlendirmek için ana görselleştirme aracı olarak AG teknolojisini kullanıldığı durumda AG teknolojisinin bilişsel iş yükünü önemli ölçüde azalttığı sonucuna vardılar.

## 5. SONUÇ

Günümüzün hızla değişen dünyasında, üretim şirketlerinin teknolojiye ayak uydurarak kendilerini geliştirmeleri gerekmektedir. Çünkü bu durum üretim şirketlerinin faaliyetlerine devam edebilmeleri için bir gerekliliktir. Şirketler yeni trendleri takip etmeli, üretim alanlarında kullanmalı ve böylece daha sağlıklı çalışma ortamı yaratmalılardır.

1960'li yıllarda ilk örneklerine rastlamış olduğumuz AG, pratik uygulamalarda etkin olarak kullanılmaktadır. Gündelik yaşamımızda bir süredir mobil uygulamalarla kullanmakta olduğumuz bu teknoloji, insanlar tarafından aktif olarak kullanılmakta ama Artırılmış Gerçeklik adıyla bilinmemektedir. AG hızla gelişmekte ve yakın gelecekte daha farklı birçok uygulama alanında da kullanılması muhtemeldir.

AG uygulamalarının kullanılması hayatı kolaylaştırması ve basitleştirilmesinden dolayı çokça tercih edilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda AG alanında yapılan uygulamaları benimseyen şirketlerin sayılarının hızla arttığı görülmektedir.

Otomotiv sektöründe AG gözlüklerinin kullanılmak istenmesinin çokça nedeni vardır. Endüstriyel alanda insandan kaynaklı hatalar meydana gelmekte ve bu durum oldukça normaldir. Üretim operasyonlarında insana dayalı işlemlerin olması ise hatalı veya yanlış iş akışına sebebiyet verebilmektedir. Bu hatalar, montaj hattını durdurmak, kayıp zaman, çevrim süresini artırmak gibi sebeplerden dolayı sistem performansı için ciddi zararlar oluşabilmektedir. AG gözlüğünün kullanılması ile birlikte bu tür olası problemlerin önüne geçebileceği görülmektedir.

Günümüz teknolojilerinden olan. AG teknolojisinin verimlilik ve bilişsel yük üzerindeki etkisini gösteren çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Ancak literatürde AG gözlüğünün otomotiv montaj hattı difüzyon alanındaki etkisini inceleyen bir çalışma mevcut değildir.

Yapılan tez çalışması ile AG gözlüğünün verimlilik ve bilişsel yük üzerindeki etkisini belirlemek amacı ile gerçekleştirildi.

Difüzyon hatlarında çalışan gönüllü 4 katılımcı ile birlikte gerçekleştirilen çalışma sonucunda AG teknolojisinin üretim sistemlerine adapte edilmesi ile verimliliğin artmasında güçlü etkiye sahip olduğu belirlendi. AG gözlüğünün kullanılması ile birlikte sürecin çalışanlar tarafından yönetebilmesinin önüne geçilerek üretim sırasında yapılan hataları elimine edileceği sonucuna varılmıştır. Buna bağlı olarak AG üretim sahalarında kullanılması çevrim süresini %16 oranında azaltarak verimliliği olumlu yönde etkilemektedir.

AG gözlüğü kullanılması ile birlikte tüm çalışanların bilişsel yük seviyesinin azaldığı tespit edildi. Elde edilen NASA-TLX ölçeği sonuçlarına göre AG gözlüklerinin bilişsel yükü %8,28 azaltarak, operatör üzerinde oluşan bilişsel yükü olumlu yönde etkilemektedir. Ayrıca, yapılan bu tez çalışmasında üretim ortamında yapılacak olan iyileştirmelerin bilişsel ergonomi paralelinde olması gerektiğine vurgu yapılmaktadır.

Kadın-erkek ve 35 yaş üstü-35 yaş altı çalışanlar karşılaştırıldığında aralarında anlamlı bir fark tespit edilememiştir. 35 yaş üstü ve altı çalışanlar arasında anlamlı fark olmaması teknolojik gelişmelerin sadece genç insanlar üzerinde değil yaşlı insanlar üzerinde de etkili olduğunu göstermektedir. Kadın-erkek çalışanlar arasında gözlük kullanılması durumunda anlamlı fark çıkmaması ise üretim hatlarında kadın istihdamını artırmaya yönelik olumlu etki yaratmaktadır.

SAG sisteminin bir difüzyon alanı için kurulup maliyeti 25,039,00€'dur. Çalışmada kullanılan Sony Smart Eyeglasses ve yazılım maliyeti toplamı ise 1956€'dur. AG gözlüğünün kullanılması ile birlikte yapılacak yeni hat yatırımlarında büyük bir maliyet kazancı sağlanmış olacaktır. Ayrıca çalışanın asgari ücret üzerinden maaş aldığı baz alındığında aylık olarak her çalışandan 51€ kar edilecektir.

Bu çalışma gerçek üretim ortamında çalışan kişiler üzerinde uygulandığından 4 kişi ile gerçekleştirilebilmiştir. Çalışmanın daha fazla kişi ile gerçekleştirilmesi çalışmanın istatistiksel olarak güvenilirliğini artıracaktır.

Sonuç olarak AG gözlüklerinin kullanılması verimliliği artırmanın yanı sıra çalışanların zihninde oluşan bilişsel yük seviyesini azaltığından dolayı üretim hatlarında kullanılması fikri bu çalışma ile desteklenmiş oldu.



## KAYNAKLAR

- Abolhassania, A., Harner, E. J., Jaridia, M. 2019.** Empirical analysis of productivity enhancement strategies in the North American automotive industry. *International Journal of Production Economics*, 208: 140–159.
- Adler, R.P. Lanir, J., Korman, M. 2018.** The effects of aging on the use of handheld augmented reality in a route planning task. *Computers in Human Behavior*, 81 : 52-62.
- Akdemir, A., Örsel, S.D., Dağ, İ., İşcan, N., Özbay, H. 1996.** Hamilton depresyon derecelendirme ölçeğinin geçerliliği-güvenilirliği ve klinikte kullanımı. *Psikiyatri Psikoloji ve Psikofarmakoloji Dergisi*, 4: 251-259.
- Akening, G., Mazlum, H., Özbek, S. 2018.** Tipografide Yeni İfade Biçimi: Artırılmış Gerçeklikte Tipografi. Uluslararası Sanat Ve Sanatta Yüksek Teknoloji Kullanımı Kongresi,19-20 Nisan 2018, Gelişim Üniversitesi, İstanbul.
- Akizuki, K.,Ohashi, Y. 2015.** Measurement of functional task difficulty during motor learning: What level of difficulty corresponds to the optimal challenge point? *Human Movement Science*, 43: 107–117.
- Akyeampong, J., Udoka, S., Caruso, G.,Bordegoni, M. 2014.** Evaluation of hydraulic excavator HumaneMachine Interface concepts using NASA TLX. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44(3): 374-382.
- Alkhamisi A. O, Monowar, M. M. 2013.** Rise of augmented reality: Current and future application areas. *International Journal of Internet and Distributed Systems*, 25- 34.
- Anonim, 2019.** Mann-Whitney U Test. <https://www.statisticssolutions.com/mann-whitney-u-test-> (Erişim tarihi: 12.03.2019).
- Anonim, 2019.** Hamilton Anksiyete Değerlendirme Ölçeği Puanlama ve Talimatlar. <https://docplayer.biz.tr/113030492-Hamilton-anksiyete-degerlendirme-olcegi-puanlama-talimati-ve-tanimlar.html-> (Erişim tarihi: 13.04.2019).
- Antonenko, P., Paas, F., Grabner, R., Gog, T. V. 2010.** Using Electroencephalography to Measure Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22(4): 425–438.
- Azuma, R. 1997.** A Survey of Augmented Reality. *International Journal of Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4): 355- 385.
- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R. Feiner, S., Julier, S., MacIntyre, B. 2001.** Recent Advances in Augmented Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21: 34-47.
- Babiceanu, R. F., Seker, R. 2016.** Big Data and virtualization for manufacturing cyber physical systems, A survey of the current status and future outlook. *Computers in Industry*, 81:128-137.
- Beitzel, S., Dykstra, J., Huver, S., Kaplan, M., Loushine, M., Youzwak, J. 2016.** Cognitive Performance Impact of Augmented Reality for Network Operations Tasks. Advances in Human Factors in Cybersecurity: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Cybersecurity, July 27-31, 2016, Walt Disney World®, Florida.
- Benford, S., Greenhalgh, C. , Reynard, G., Brown, C., Koleva, B. 1998.** Understanding and constructing shared spaces with mixed-reality boundaries. *ACM Trans. Computer-Human Interaction*, 5(3):185– 223.
- Bıyıklı, Ö., Aydoğan, E.K. 2015.** Nöroergonomi Ve Temel Uygulama Alanları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3): 173-179.



- Billinghamst, M., Kato, H., Poupyrev, I. 2001.** The magic book-moving seamlessly between reality and virtuality. *Computer Graphics and Applications*, 21(3): 6-8.
- Bimber, O., Raska, R. 2005** Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds. A. K. Peters, Wellesley, MA, USA, ISBN 1-56881-230-2.
- Bishop, S.C. 2008.** Trait anxiety and impoverished prefrontal control of attention. *Nature Neuroscience*, 12: 92–98.
- Bjelland I., Dahl, A., Haug T, Neckelmann D. 2002.** The validity of the Hospital Anxiety and Depression Scale: an updated literature review, *J Psychosom Res.*, 52(2):69–77.
- Boeing, 2018.** Boeing Tests Augmented Reality in the Factory. [Online] Available at: <https://www.boeing.com/features/2018/01/augmented-reality-01-18.page> (Erişim Tarihi: 23.06.2019).
- Cai, S., Chiang, F. K., Wang, X. 2013.** Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course. *International Journal of Engineering Education*, 29(4): 858-865.
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., Ivkovic, M. 2011.** Augmented reality technologies, systems and applications. *Journal Multimedia Tools*, 51: 341-377.
- Caudell, T. ve Mizell, D. 1992.** Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference. Hawaii: System Sciences.
- Chiarello, F., Trivelli, L., Bonaccorsi, A., Fantoni, G. 2018.** Extracting and mapping industry 4.0 technologies using Wikipedia. *Computers in Industry*. 100: 244-257.
- Cirulis, A. - Brigmanis, K.B. 2013.** 3D Outdoor Augmented Reality for Architecture and Urban Planning. *Procedia Computer Science*, 25: 71-79.
- Cooper, G. 1990.** Cognitive load theory as an aid for instructional design. *Australian Journal of Educational Technology*, 6(2):108-113.
- Çakmak, E., K. 2007.** Çoklu Ortamlarda Dar Boğaz: Aşırı Bilişsel Yüklenme. *GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27 (2): 1-24.
- Dağdeviren M, Akay Y, Kurt M. 2004.** İş değerlendirme sürecinde analitik hiyerarşi prosesi ve uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2):131-138.
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., Frank, A. G. 2018.** The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*. 204: 383-394.
- Deshpande, A., Kim, I. 2018.** The effects of augmented reality on improving spatial problem solving for object assembly. *Advanced Engineering Informatics*, 38: 760–775.
- Embrey, Dr. D., Blackett, Dr. C., Marsden, Dr. P., Peachey J. 2006.** Human Cognitive Workload Assessment Tool. Human Reliability Associates. Lane Dalton.
- Erbaş, Ç., Demirer, V. 2014.** Eğitimde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları: Google Glass Örneği. *Journal of Instructional Technologies & Teacher Education*, 3(2): 8-16.
- Faber M., Bützler, J., Schlick C. M. 2015.** Human-robot cooperation in future production systems: Analysis of requirements for designing an ergonomic work system. *Procedia Manufacturing*, 3: 510-517.
- Funk, M. 2016.** Augmented Reality at the Workplace: A Context-Aware Assistive System using In-Situ Projection. Doktora Tezi. Stuttgart Üniversitesi, Institute of Visualization and Interactive Systems, Stuttgart.

- Furht, B. 2011.** Handbook of augmented reality. *New York: Springer Science & Business Media*, 3–46.
- Galy, E., Cariou, M., Mélan, C. 2011.** What is the relationship between mental workload factors and cognitive load types?. *International Journal of Psychophysiology*, 83 (2012): 269–275.
- Gavas, R. D., Tripathy, S., R., Chatterjee, D., Sinha, A. 2018.** Cognitive load and metacognitive confidence extraction from pupillary response. *Cognitive Systems Research*, 52: 325–334.
- Gawron, V. J. 2008.** Human performance, workload, and situational awareness measures handbook (2nd ed.). Boca Raton, Florida: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Gell N., Rosenberg D., Demiris G., LaCroix A., Patel K. 2015.** Patterns of technology use among older adults with and without disabilities. *The Gerontologist*, 55(3):412-21.
- Hamilton, M. 1959.** The assessment of anxiety states by rating. *Psychology and Psychotherapy*, 32(1): 50-5.
- Hamilton, M. 1960.** A rating scale for depression. *Journal of Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 23: 56-62.
- Hart, S. G. 2006.** NASA-task load index (NASA-TLX); 20 years later. Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings, 2006, NASA-Ames Research Center Moffett Field, CA.
- Heuser, B. V., Hess, D. 2016.** Guest Editorial Industry 4.0–Prerequisites and Visions. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 13(2): 411–413.
- Heutger, M., Kuckelhaus, M., 2014.** Augmented Reality in logistics - Change the way we see logistics – a DHL perspective, Troisdorf, Germany, [https://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about\\_us/logistics\\_insights/csi\\_augmented\\_reality\\_report\\_290414.pdf](https://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/csi_augmented_reality_report_290414.pdf)- (Erişim tarihi: 24.05.2019).
- Hill, S. G., Iavecchia, H. P., Byers, J. C., Bittner, A. C., Zaklad, A. L., Christ, R. E. 1992.** Comparison of four subjective workload rating scales. *Human Factors*, 34: 429-439.
- Hollnagel, E. 1997.** Cognitive ergonomics: It s all in the mind. *Ergonomics. ergonomics*, 40(10): 1170-1182.
- Hou, L., Wang, X.** Experimental framework for evaluating cognitive workload of using ar system in general assembly task. Faculty of Built Environment, the University of New South Wales, Australia.
- Hou, L., Wang, X., Truijens, M. 2014.** Using Augmented Reality to Facilitate Piping Assembly: An Experiment-Based Evaluation, *American Society of Civil Engineers*.
- Irizarry, J., Gheisari, M., Williams, G., and Walker, B. N. 2013.** Info- SPOT: A mobile augmented reality method for accessing building information through a situation awareness approach. *Automation in Construction*, 33: 11–23.
- Jong, T. D. 2010.** Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. *Instructional Science*. 38(2):105-134.
- Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S., Woolard, A. 2006.** Making it real: exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. *Virtual Reality*, 10(3-4): 163-174.
- Kılınç, S., Torun, F. 2011.** Türkiye'de Klinikte Kullanılan Depresyon Değerlendirme Ölçekleri. *Dirim Tıp Gazetesi*, 86 (1): 39-47.

- Kim, S. J., Dey, A. K. 2009.** Simulated Augmented Reality Windshield Display as a Cognitive Mapping Aid for Elder Driver Navigation. Human-Computer Interaction Institute. Boston, MA, USA, 133-142.
- Kipper, G., Rampolla, J. 2012.** Augmented Reality: “An Emerging Technologies Guide to AR”, Editörler: Katsaropoulos, C., Rearick, B., Waltham.
- Kirner, T. G., Reis, F.M.V., ve Kirner, C. 2012.** Development of an interactive book with augmented reality for teaching and learning geometric shapes. Information Systems and Technologies (CISTI), 7th Iberian Conference on 1-6., Madrid, Spain, 20-23 June 2012.
- Krevelen DWFV, Poelman R. 2010.** A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *The International Journal of Virtual Reality*, 9(2):1–20.
- Krueger, Myron, W. 1991.** Artificial Reality II. Reading: Addison-Wesley. logistics - A DHL perspective, Troisdorf: DHL Customer Solutions and Innovation.
- Lee, J., Bagheri, B., Kao, H. A. 2015.** A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3:18-23.
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. D. F. R., Ramos, L. F. P. 2017.** Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal, *International journal of production research*, 55(12): 3609-3629.
- Long, J., Whitefield, A. 1989.** Cognitive ergonomics and humancomputer interaction . Cambridge University Press.
- Lukasz M. M., Prithima R. M., Marianne J., Sha X. C., Katharin D. B., Robert D. A., Ellen L. J.,Lesley H., Jing Xu, John R., Lawrence B. M. 2012.** Quantitative Assessment of Workload and Stressors in Clinical Radiation Oncology, *International Journal of Radiation Oncology Biology*.
- Mehler, B.,Reimer,B.,Coughlin,J.,Dusek,J.,2009.**Impact of increment al increases in cognitive workload on physiological arousal and performance in young adult drivers. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 6–12.
- Michalos, G., Karagiannis, P., Makris, S., Tokçalar, Ö., Chryssolouris, G., 2016.** Augmented reality (AR) applications for supporting human-robot interactive cooperation. 48th CIRP Conference On Manufacturing Systems, *Procedia CIRP* 41 ( 2016 ) 370 – 375.
- Milgram, P., Kishino., F. 1994.** A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, 77(12): 1321- 1329.
- Miller, G. A. 1956.** The magical number seven, plus minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63: 81-97.
- Miller, S. 2001** Literature Review: Workload Measures. University of Iowa Document (ID: N01-006). Ağustos 2011, 2401 Oakdale Blvd.
- Miyake, S., 2001.** Multivariate workload evaluation combining physiological and subjective measures. *International Journal of Psychophysiology*, 40 (3): 233–238.
- Mutlu, A.,Yağcı, O.,Acar, T.2016.** Artırılmış gerçeklik gözlükleri ile iç lojistik optimizasyonu. Lisans Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Nelson, F. 2014.** The Past, Present, and future of VR and AR: The pioneers speak.Amerika Birleşik Devletleri. <http://www.tomshardware.com/reviews/ar-vr-technology-discussion,3811-3.html>-(Erişim Tarihi: 24.05.2019).
- Nickolas, D., Dennis, A. 2004.** Augmented Reality in a Learning Paradigm for Flight and Aerospace Maintenance Training, *IEEE*, Kasım 2004.

- Niek Beckers , Sam Schreiner , Pierre Bertrand , Bruce Mehler , Bryan Reimer, 2017.** Comparing the demands of destination entry using Google Glass and the Samsung Galaxy S4 during simulated driving. *Applied Ergonomics*, 58:5-34.
- Özkan, M. Al, A. Yavuz, S. 2018.** Uluslararası Politik Ekonomi Açısından Dördüncü Sanayi-Endüstri Devrimi'nin Etkileri ve Türkiye.
- Paas , F.G.W.C., Merrienboer, J.J.G. V. 1994.** Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks, . *Educational Psychology Review*, 6 (4): 351–371.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., Van Gerven, P. W. M. 2003.** Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, 38(1):63-71.
- Paas, F.G.W.C., 1992.** Training strategies for attaining transfer of problem solving skill in statistics: a cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84:429–434.
- Paas, F.G.W.C., Merrienboer, J.J.G. V., 1994.** Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills:A Cognitive Load Approach. *Journal of Educational Psychology*, 86(1):122-133.
- Pew Research Center. 2014.** Older adults and technology use. <http://www.pewinternet.org/2014/04/03/older-adults-andtechnology-use->(Erişim Tarihi: 17.11.2015).
- Pfeiffer, S. 2017.** The Vision of “Industrie 4.0” in the Making—a Case of Future Told, Tamed, and Traded. *NanoEthics*, 11:107–121.
- Putkonen, A. 2010.** Macro-ergonomic approach applied to work system modeling in product development context. Faculty of Technology, Department Of Industrial Engineering and Management, University of Oulu, Finland.
- Qeshmy, D., E., Makdisi, J. 2018.** Human error management 4.0 Augmented Reality Systems as a tool in the quality journey. *MSC Thesis*. KTH Industrial Engineering and Management Industrial Management, Sweden.
- Qeshmy, D.E, Makdisi, J, Silva, E, Angelis, J. 2019.** Managing Human Errors: Augmented Reality systems as a tool in the quality journey. *Internatiol Conference on Changeable, Agile Reconfigurable and Virtual Production*. 28 (2019): 24–30.
- Rau, P.-L. P., Zheng, J., Guo, Z., Li, J. 2018.** Speed reading on virtual reality and augmented reality. *Computers & Education*, 125: 240–245.
- Rauschnabel, P. A., Brem, A., Ivens, B. S. 2015.** Who will buy smart glasses? Empirical results of two pre-market-entry studies on the role of personality in individual awareness and intended adoption of google glass wearables. *Computers in Human Behavior*,49:635-647.
- Reicher, T. 2004.** A Framework for Dynamically Adaptable Augmented Reality Systems, Ph.D. Thesis, Technical University of Munich, Institute of Computer Science, Munich.
- Reid, G.B., Nygren, T.E., 1988.** The subjective workload assessment technique: a scaling procedure for measuring mental workload. *Advances in Psychology*, 52: 185-218.
- Rekimoto, J. 1997.** NaviCam: A Magnifying Glass Approach to Augmented Reality, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4):399-412.
- Rice, R. 2009.** The augmented reality hype cycle. <http://www.sprxmobile.com/the-augmented-reality-hype-cycle-> (Erişim Tarihi: 15.01.2014).

- Ronald, T. A. 1997.** A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 6(4):355–385.
- Rubio, S., Diaz, E., Martin, J. 2004.** Evaluation of subjective mental workload: a comparison of SWAT, NASA-TLX, and workload profile methods, *Applied Psychology*, 53 (1): 61-86.
- Saaty, T.L. 1980** The Analytic Hierarchy Process. *Scientific Research*.
- Schall, M. C., Jr., Rusch, M. L., Lee, J. D., Dawson, J. D., Thomas, G., Aksan, N., Shin, D. H., Dunston, P. S. 2009.** Evaluation of Augmented Reality in steel column inspection. *Automation in Construction*, 18:118–129.
- Sutherland, I., E. 1968.** A head-mounted three-dimensional display. In Proc. Fall Joint Computer Conf., Washington, DC.
- Sweller, J. 1988.** Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2): 257-285.
- Sweller, J. 1994.** Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4): 295-312.
- Sweller, J. 2010.** Element interactivity and intrinsic, extraneous and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22: 123–138.
- Sweller, J., Ayres, P., Kalyuga, S. 2011.** Cognitive Load Theory. Explorations In The Learning Sciences, Instructional Systems and Performance Technologies. Springer Science, Editörler: J. Michael Spector, Susanne P. Lajoie.
- Şeker, A. 2014.** Using Outputs of NASA-TLX for Building a Mental Workload Expert System. *Gazi University Journal of Science*. 27(4):1131-1142.
- Tamura, H. 2002.** Steady steps and giant leap toward practical mixed reality systems and applications. In VAR'02: Proc. Int'l Status Conf. On Virtual and Augmented Reality, November, 2002, Leipzig, Germany.
- Tang, A., Owen, C., Biocca, F., Mou, W. 2003.** Comparative effectiveness of augmented reality in object assembly. Proceedings of the conference on Human factors in computing systems. New York, USA.
- Thames, L., Schaefer, D. 2016.** Softwaredefined cloud manufacturing for industry 4.0. *Procedia CIRP*, 52: 12-17.
- Topal, B. 2015.** Appraisal of augmented reality technologies for supporting industrial design practices. Yüksek Lisans Tezi, METU, Endüstriyel Tasarım Departmanı, Ankara.
- Tönnis, M. 2008.** Towards Automotive Augmented Reality. Doktora Tezi. Institute of Computer Science of the Technical University of Munich, Munich.
- Trappey, A.J.C., Trappey, C.V., Govindarajan, U.H. . Sun, J.J, Chuang, A.C. 2016.** A review of technology standards and patent portfolios for enabling cyber-physical systems in advanced manufacturing, *Adv. Eng. Inf. IEEE Access*.
- Tsai C. H., Huang J. Y. 2018.** Augmented reality display based on user behavior. *Computer Standards Interfaces*. 55: 171–181.
- Vainstein, , N., Kuflik, T., Lanir, J. 2016.** Towards using mobile, head-worn displays in cultural heritage: User requirements and a research agenda. In Proceedings of the 21st international conference on intelligent user interfaces, 07 – 10 March 2016, Sonoma, California.
- Van Krevelen, D. W. F., Poelman, R. 2010.** A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *International Journal of Virtual Reality*, 9(2):1-20.

- Vidulich, M.A., Tsang, P.S. 2014.** The confluence of situation awareness and mental workload for adaptable human-machine systems. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 9(1): 95–97.
- Vijayalakshmi R., Nandagopal D. , Dasari N. , Cocks B. , Dahal, N. , Thilaga, M. 2015.** Minimum connected component – A novel approach to detection of cognitive load induced changes in functional brain networks. *Neurocomputing*, 170: 15–31.
- Walczak, K., Wojciechowski, R., and Cellary, W. 2006.** Dynamic interactive VR network services for education. Proceedings of ACM symposium on virtual reality software and technology, 01 - 03 November 2006, Limassol, Cyprus.
- Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., Zhang, C. 2016.** Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination, *Computer Networks*. 10: 158-168.
- Wang, X., Kim, M.J., Love, P.E.D., Kang, S.C. 2013.** Augmented Reality in built environment: Classification and implications for future research. *Automation in Construction*, 32: 1–13.
- Wojciechowski, R. Wojciech, C. 2013.** Evaluation of learners' attitude to ward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers & Education*, 68: 570-585.
- Xie, B., Salvendy, G. 2000.** Prediction of mental workload in single and multiple tasks environments. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 4(3): 213–242.
- Yazıcı, M.K., Demir, B., Tanrıverdi, N., Karaağaoğlu, E., Yolaç, P. 1998.** Hamilton Anksiyete Değerlendirme Ölçeği, değerlendiriciler arası güvenirlik ve geçerlik çalışması. *Türk Psikiyatri Dergisi*, 9: 114-7.
- Yim, H. B., Seong, P. H. 2010.** Heuristic guidelines and experimental evaluation of effective augmented-reality based instructions for maintenance in nuclear power plants, *Nuclear Engineering and Design*. 240: 4096–4102.
- Yuen, S., Yaoyuneyong, G., Johnson, E. 2011.** Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1): 119–140.
- Zhang, F., Haddad, S., Nakisa, B., Rastgoo, M. N., Candido, C., Tjondronegoro, D., Dear, R. De. 2015.** The effects of higher temperature set points during summer on office workers' cognitive load and thermal comfort. *Human Movement Science*. 43: 107–117.

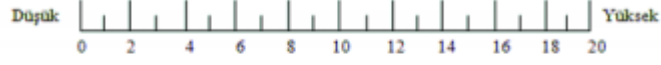
## **EKLER**

- EK 1** NASA-TLX Formu
- EK 2** İkili Karşılaştırma Formu
- EK 3** Hamilton Depresyon Derecelendirme Ölçeği
- EK 4** Hamilton Anksiyete Değerlendirme Ölçeği



## EK 1 NASA-TLX Formu

### ZİHİNSEL TALEP



### FİZİKSEL TALEP



### ZAMANSAL TALEP



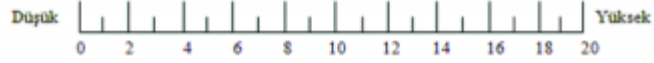
### EFOR



### PERFORMANS



### RAHATSIZLIK SEVİYESİ





## EK 2 İkili Karşılaştırma Formu

| <b>Kriter</b>  | <b>Kriter</b>        |
|----------------|----------------------|
| Performans     | Zamansal Talep       |
| Performans     | Fiziksel Talep       |
| Performans     | Zihinsel Talep       |
| Performans     | Çaba                 |
| Performans     | Rahatsızlık Seviyesi |
| Zamansal Talep | Fiziksel Talep       |
| Zamansal Talep | Zihinsel Talep       |
| Zamansal Talep | Çaba                 |
| Zamansal Talep | Rahatsızlık Seviyesi |
| Fiziksel Talep | Zihinsel Talep       |
| Fiziksel Talep | Çaba                 |
| Fiziksel Talep | Rahatsızlık Seviyesi |
| Zihinsel Talep | Çaba                 |
| Zihinsel Talep | Rahatsızlık Seviyesi |
| Çaba           | Rahatsızlık Seviyesi |

### EK 3 Hamilton Depresyon Derecelendirme Ölçeği

| Hamilton Depresyon Değerlendirme |   |        |            |            |         |         |
|----------------------------------|---|--------|------------|------------|---------|---------|
| 1.                               | <b>DEPRESE DUYGUDURUM</b>   | 0= Yok | 1= Şüpheli | 2= Hafif   | 3= Orta | 4= Ağır |
|                                  | Son 7 gün içerisinde moraliniz nasıldı?   |        |            |            |         |         |
|                                  | Kendinizi çöküntüde veya kötü hissediyor muydunuz?  |        |            |            |         |         |
|                                  | Kederlilik, umutsuzluğunuz var mıydı?   |        |            |            |         |         |
|                                  | Son 7 gün içinde ne kadar süreyle kendinizi böyle hissettiniz? Her gün? Bütün gün?  |        |            |            |         |         |
|                                  | Hiç ağlıyor muydunuz?   |        |            |            |         |         |
| 2.                               | <b>İŞ VE ETKİNLİKLER*1</b>  | 0      | 1          | 2          | 3       | 4       |
|                                  | Son 7 gün içerisinde zamanınızı nasıl geçiriyordunuz (iş dışı zamanlarda)?  |        |            |            |         |         |
|                                  | Bunları ilgi duyarak mı, yapmak zorunda olduğunuz için mi yaptınız?   |        |            |            |         |         |
|                                  | Eskiden yapıp da şu anda yapmayı bıraktığınız şeyler var mı?  |        |            |            |         |         |
|                                  | Hevesle beklediğiniz herhangi bir şey var mı?   |        |            |            |         |         |
| 3.                               | <b>GENİTAL BELİRTİLER (CİNSEL İLĞİ)</b>   | 0= Yok |            | 1= Şüpheli | 2= Var  |         |
|                                  | Son 7 gün içerisinde cinsel isteğiniz nasıldı? (Cinsel ilişkide bulunup bulunmadığınızı değil, cinsel isteğinizi soruyorum, bu konuyu ne kadar düşünüyorsunuz?) |        |            |            |         |         |
|                                  | Cinsel isteğinizde bir değişiklik oldu mu? (Çökkün olmadığınız döneme göre)   |        |            |            |         |         |
|                                  | Cinsellik sıkça düşündüğünüz bir konu mu?   |        |            |            |         |         |
|                                  | Hayır ise: Bu sizin için farklı bir durum mu?   |        |            |            |         |         |
| 4.                               | <b>SOMATİK BELİRTİLER (GASTROİNTESİTNAL)</b>  | 0= Yok |            | 1= Şüpheli | 2= Var  |         |
|                                  | Son 7 gün içerisinde iştahınız nasıldı? (Her zamanki iştahınızla karşılaştırdığınızda nasıldı?)   |        |            |            |         |         |
|                                  | Yemek için kendinizi zorlamak zorunda kaldınız mı?  |        |            |            |         |         |
|                                  | Çevrenizdeki insanlar yemeniz için ısrar etmek zorunda kaldı mı?  |        |            |            |         |         |
| 5.                               | <b>ERKEN UYKUSUZLUK (UYKUYA DALMA GÜÇLÜĞÜ)</b>  | 0= Yok |            | 1= Şüpheli | 2= Var  |         |
|                                  | Geçtiğimiz hafta boyunca uykunuz nasıldı?   |        |            |            |         |         |
|                                  | Geceleri uykuya dalmakta zorluk çektiniz mi? (Yatağa yattıktan sonra, uykuya dalmanız ne kadar süre alıyordu?)  |        |            |            |         |         |
|                                  | Son 7 gün içinde kaç gece uykuya dalmakta güçlük çektiniz.  |        |            |            |         |         |
| 6.                               | <b>ORTA UYKUSUZLUK (UYKUYU SÜRDÜRME GÜÇLÜĞÜ)</b>  | 0= Yok |            | 1= Şüpheli | 2= Var  |         |
|                                  | Son 7 gün boyunca gece yarısı uyanıyor muydunuz?  |        |            |            |         |         |
|                                  | EVET ise: Yataktan kalkıyor musunuz?  |        |            |            |         |         |
|                                  | Kalkınca ne yaparsınız?(Sadece banyoya, tuvalete mi gidersiniz?)  |        |            |            |         |         |
|                                  | Peki yatağa döndüğünüzde hemen uyuyabiliyor musunuz?  |        |            |            |         |         |
|                                  | Bazı geceler uykunuzun rahatsız ve huzursuz olduğunu hissettiniz mi?  |        |            |            |         |         |
| 7.                               | <b>GECE UYKUSUZLUK (ERKEN UYANMA)</b>   | 0= Yok |            | 1= Şüpheli | 2= Var  |         |
|                                  | Son 7 gün içerisinde sabahlan en geç olarak ne zaman uyanıyordunuz?   |        |            |            |         |         |

|            |   |               |                   |                 |                |                |
|------------|---|---------------|-------------------|-----------------|----------------|----------------|
|            | ERKEN ise: Saatin alarmıyla mı, yoksa kendi kendinize mi uyanıyorsunuz?   |               |                   |                 |                |                |
|            | Genellikle ne zaman uyanırsınız ?   |               |                   |                 |                |                |
| <b>8.</b>  | <b>GENEL BEDENSEL BELİRTİLER</b>  | <b>0= Yok</b> | <b>1= Şüpheli</b> | <b>2= Var</b>   |                |                |
|            | Son 7 gün içerisinde gücünüz-kuvvetiniz nasıldı?  |               |                   |                 |                |                |
|            | Her zaman yorgun muydunuz?  |               |                   |                 |                |                |
|            | Bu hafta hiç sırt ağrınız, baş ağrısı ya da adale ağrınız oldu mu?  |               |                   |                 |                |                |
|            | Bu hafta kol ve bacaklarınızda, sırtınızda veya başınızda herhangi bir ağırlık hissettiniz mi?  |               |                   |                 |                |                |
| <b>9.</b>  | <b>SUÇLULUK DUYGULARI</b>   | <b>0= Yok</b> | <b>1= Şüpheli</b> | <b>2= Hafif</b> | <b>3= Orta</b> | <b>4= Ağır</b> |
|            | Son 7 gün içerisinde, özellikle, bazı şeyleri yanlış yaptığınız veya insanları hayal kırıklığına uğrattığınızı hissederek kendinizi eleştiriyor muydunuz? |               |                   |                 |                |                |
|            | Yaptığınız ya da yapamadığınız herhangi bir şey için suçluluk hissediyor muydunuz?  |               |                   |                 |                |                |
|            | Bu rahatsızlığı (çöküntüyü) bir şekilde kendi başınıza kendinizin getirdiğini düşündünüz mü?  |               |                   |                 |                |                |
|            | Hasta olmakla cezalandırılmış gibi hissediyor muydunuz?   |               |                   |                 |                |                |
| <b>10.</b> | <b>İNTİHAR</b>  | <b>0= Yok</b> | <b>1= Şüpheli</b> | <b>2= Hafif</b> | <b>3= Orta</b> | <b>4= Ağır</b> |
|            | Geçen hafta içerisinde hiç hayatın yaşamaya değer olmadığı şeklinde düşünceleriniz oldu mu?   |               |                   |                 |                |                |
|            | Geçen hafta içerisinde ölsem daha iyi diye düşündüğünüz oldu mu?  |               |                   |                 |                |                |
|            | Peki ya kendinize zarar verme veya hatta kendinizi öldürmeyle ilgili bir planınız oldu mu?  |               |                   |                 |                |                |
|            | Evet ise: Neler düşündünüz?   |               |                   |                 |                |                |
|            | Gerçekten kendinize zarar verecek bir şey yaptınız mı?  |               |                   |                 |                |                |
| <b>11.</b> | <b>RUHSAL ANKSİYETE</b>   | <b>0= Yok</b> | <b>1= Şüpheli</b> | <b>2= Hafif</b> | <b>3= Orta</b> | <b>4= Ağır</b> |
|            | Son 7 gün içerisinde kendinizi özellikle gergin veya sinirli hissediyor muydunuz?   |               |                   |                 |                |                |
|            | Normalde kaygılanmayacağınız önemsiz küçük şeyler için çok fazla kaygılandınız mı?  |               |                   |                 |                |                |
|            | Bunlar günlük hayatınızı etkiledi mi?   |               |                   |                 |                |                |
|            | Evet ise: Örneğin ne gibi?  |               |                   |                 |                |                |
| <b>12.</b> | <b>BEDENSEL ANKSİYETE*2</b>   | <b>0= Yok</b> | <b>1= Şüpheli</b> | <b>2= Hafif</b> | <b>3= Orta</b> | <b>4= Ağır</b> |
|            | Son 7 gün içerisinde aşağıdaki bedensel belirtilerden herhangi biri var mıydı?  |               |                   |                 |                |                |
|            | Geçen hafta bu şeyler sizi ne kadar rahatsız ediyordu? (Ne kadar kötüydü, ne kadar zaman ve ne sıklıkta bunlar vardı?)                                    |               |                   |                 |                |                |
| <b>13.</b> | <b>HİPOKONDRIYAZİS</b>  | <b>0= Yok</b> | <b>1= Şüpheli</b> | <b>2= Hafif</b> | <b>3= Orta</b> | <b>4= Ağır</b> |
|            | Son 7 gün içerisinde, düşünceleriniz ne kadar vücut sağlığınız veya vücudunuzun nasıl çalıştığı üzerinde toplanmıştı? (Normal düşüncenize kıyasla)        |               |                   |                 |                |                |
|            | Bedensel olarak kendinizi nasıl hissettiğiniz konusunda çok şikayet eder miydiniz?  |               |                   |                 |                |                |
|            | Aslında kendi başınıza yapabileceğiniz şeyler için başkalarından yardım istediniz mi?   |               |                   |                 |                |                |
|            | Evet ise: Örneğin ne gibi? Bu ne sıklıkta oldu?   |               |                   |                 |                |                |

| 14. <b>KİLO KAYBI (ZAYIFLAMA)</b>  | 0= Yok | 1= 1-2.5 kg kayıp | 2= 3 kg'dan fazla kayıp |
|--|--------|-------------------|-------------------------|
| Bu çöküntü başladıktan beri kilo kaybettiniz mi?                             |        |                   |                         |
| EMİN DEĞİL ise: Giyeceklerinizin size bol gelmeye başladığını düşündünüz mü? |        |                   |                         |

\*<sub>1</sub>

\*<sub>2</sub>

0= Normal iş etkinlikleri.

1= Yetersizlik duyguları, motivasyon eksikliğini fakat bunlara karşın işi belirgin bir aksama görülmeden yapabilmek.

2= Motivasyon eksikliği, çalışma kapasitesinde azalma.

3= İşe ayrılan zaman ileride derecede az, verim düşük.

4= Kesinlikle çalışamaz

Gastrointestinal:  
Ağız kuruluğu, gaz, hazımsızlık, ishal, kramplar, geğirme.

Kardiyovasküler:  
Kalp çarpıntısı, baş ağrıları.

Solunum: Aşırı nefes alma, iç çekme,

## EK 4 Hamilton Anksiyete Değerlendirme Ölçeği

| Hamilton Anksiyete Değerlendirme   |     |       |      |          |              |
|--|-----|-------|------|----------|--------------|
|  | Yok | Hafif | Orta | Şiddetli | Çok Şiddetli |
| <b>1. ANKSİYETELİ MİZAC</b>  |     |       |      |          |              |
| Geçtiğimiz hafta içinde ruh haliniz nasıldı?   |     |       |      |          |              |
| Kendinizi endişeli hissettiniz mi? Kötü bir şey olacak beklentisi oldu mu?   |     |       |      |          |              |
| Korkulacak bir şey olacak hissine kapıldığımız veya çabuk parladığımız oluyor mu?  |     |       |      |          |              |
| <b>2. GERGİNLİK</b>  | Yok | Hafif | Orta | Şiddetli | Çok Şiddetli |
| Geçen hafta içinde gergin olduğunuz ve kolayca yorulduğunuz oldu mu?   |     |       |      |          |              |
| Sık sık irkildiniz mi?   |     |       |      |          |              |
| Kolayca ağlamaklı oldunuz mu?  |     |       |      |          |              |
| Titremeler oldu mu? Yerinizde duramadığımız ve bir türlü gevşeyemediğimizi hissettiniz mi?   |     |       |      |          |              |
| <b>3. KORKULAR</b>   | Yok | Hafif | Orta | Şiddetli | Çok Şiddetli |
| Geçen hafta içinde karanlıktan korktunuz mu?   |     |       |      |          |              |
| Tanımadığınız insanlardan korktuğunuz mu? Yalnız kalmaktan çekindiniz mi? Hayvanlardan? Trafikten? Kalabalıktan?   |     |       |      |          |              |
| <b>4. UYKUSUZLUK</b>   | Yok | Hafif | Orta | Şiddetli | Çok Şiddetli |
| Geçtiğimiz hafta içinde uykunuz nasıldı? Yatağa girince uykuya dalmakta zorlandınız mı?  |     |       |      |          |              |
| Uykuya dalmanız her zamankine göre nasıl? Bazı geceler huzursuz, rahatsız uyduğunuzu veya dinlenemediğinizi farkettiler mi? Uykularınız bölündü mü? Sabah uyandığınızda kendinizi yorgun veya halsiz hissettiniz mi? Hiç kötü rüya veya kâbus gördünüz mü? |     |       |      |          |              |
| <b>5. ENTELLEKTÜEL (kognitif)</b>  | Yok | Hafif | Orta | Şiddetli | Çok Şiddetli |
| Geçen hafta dikkatinizi toplamakta zorluk çektiniz mi (örn. kitap veya dergi okurken, televizyon seyredirken, biriyle konuşurken, araba kullanırken)?  |     |       |      |          |              |
| Hatırlamakta zorlandığımız şeyler oldu mu?   |     |       |      |          |              |
| Her zamankine göre (sıkıntılar başlamadan önceki halinize göre) hafızanızda bir değişiklik var mı?   |     |       |      |          |              |
| <b>6. DEPRESİF MİZAC</b>   | Yok | Hafif | Orta | Şiddetli | Çok Şiddetli |
| Geçtiğimiz hafta kendinizi çökkün (örn. üzüntülü, ümitsiz, ağlamaklı) hissettiniz mi?  |     |       |      |          |              |
| Her zaman ilgilendiğiniz şeylere karşı ilgisizlik veya zevk alamama var mı? Hiç sabahları erken uyandınız mı?  |     |       |      |          |              |
| Günün belli saatlerinde, örn. sabahları veya akşamları kendinizi daha iyi veya daha kötü hissediyor musunuz?   |     |       |      |          |              |
| Sabahları ve öğleden sonra kendinizi ne kadar daha kötü hissettiniz?   |     |       |      |          |              |
| <b>7. BEDENSEL</b>   | Yok | Hafif | Orta | Şiddetli | Çok Şiddetli |
| Geçen hafta bedeninizi nasıl hissettiniz?  |     |       |      |          |              |

|  |   |            |              |             |                 |                     |
|--|---|------------|--------------|-------------|-----------------|---------------------|
|  | Soracağım belirtilerden herhangi biri oldu mu: Ağrılar, sıızılar, kaslarda seyirme, tutulma (sertlik), dış gıcırdatma, sesin titremesi, kaslarda gerginlik, kaslarda kasılmalar veya sıçramalar?      |            |              |             |                 |                     |
| <b>8. SOMATİK</b>                      |   | <b>Yok</b> | <b>Hafif</b> | <b>Orta</b> | <b>Şiddetli</b> | <b>Çok Şiddetli</b> |
|  | Geçtiğimiz hafta içinde kulaklarımızda hiç çınlama oldu mu?   |            |              |             |                 |                     |
|  | Vızıltı, tıkırtı veya güreleme gibi sesler?   |            |              |             |                 |                     |
|  | Hiç görme bulanıklığı oldu mu?  |            |              |             |                 |                     |
|  | Ateş basması veya üşüme? Takatsızlık?   |            |              |             |                 |                     |
|  | Hiç iğnelenmeler oldu mu?   |            |              |             |                 |                     |
| <b>9. KARDİYOVASKÜLER SEMPTOMLAR</b>   |   | <b>Yok</b> | <b>Hafif</b> | <b>Orta</b> | <b>Şiddetli</b> | <b>Çok Şiddetli</b> |
|  | Geçen hafta nabzınızda hızlanma oldu mu? Kalbiniz hızlı atıyormuş gibi hissettiniz mi?  |            |              |             |                 |                     |
|  | Hiç göğsünüzde ağrı hissettiniz mi?   |            |              |             |                 |                     |
|  | Damarlarınızın attığını hissettiniz mi? Hiç bayılacak gibi oldunuz mu?  |            |              |             |                 |                     |
|  | Kalbinizin teklediğini hissettiniz mi?  |            |              |             |                 |                     |
| <b>10. SOLUNUM SEMPTOMLARI</b>         |   | <b>Yok</b> | <b>Hafif</b> | <b>Orta</b> | <b>Şiddetli</b> | <b>Çok Şiddetli</b> |
|  | Geçen hafta göğsünüzde baskı veya sıkışma hissettiniz mi? Hiç boğuluyormuş gibi hissettiniz mi?   |            |              |             |                 |                     |
|  | Her zamankinden daha fazla iç çektiniz mi?  |            |              |             |                 |                     |
|  | Nefes alırken zorlandığınız, güçlükle nefes aldığınız oldu mu?  |            |              |             |                 |                     |
|  | Nefesiniz yetmiyor gibi hissettiniz mi?   |            |              |             |                 |                     |
| <b>11. GASTROİNTESTİNAL SEMPTOMLAR</b> |   | <b>Yok</b> | <b>Hafif</b> | <b>Orta</b> | <b>Şiddetli</b> | <b>Çok Şiddetli</b> |
|  | Geçen hafta boyunca hiç midenizde veya karmanızda ağrı veya rahatsızlık hissi oldu mu? Yutkunma zorluğu oldu mu?  |            |              |             |                 |                     |
|  | Her zamankinden fazla yellenme oldu mu? Hiç midenizde ekşime, yanma hissettiniz mi?   |            |              |             |                 |                     |
|  | Hiç karmanızda şişkinlik veya gerilme hissi oldu mu?  |            |              |             |                 |                     |
|  | Mide bulantısı oldu mu? Kustunuz mu?  |            |              |             |                 |                     |
|  | Midenizde her zamankinden fazla guruldama oldu mu?  |            |              |             |                 |                     |
|  | Barsaklarınızda gevşeklik veya ishal oldu mu? Peklik oldu mu?   |            |              |             |                 |                     |
|  | Kilo kaybı oldu mu? (Yok= Kilo kaybı yarım kilodan azsa, Hafif= 0.5 kg - 1 kg, Orta=1 kg- 2 kg, Şiddetli=2 kg'dan fazla, Çok Şiddetli=Güçsüzleştirir)   |            |              |             |                 |                     |
| <b>12. GENİTOÜRİNER SEMPTOMLAR</b>     |   | <b>Yok</b> | <b>Hafif</b> | <b>Orta</b> | <b>Şiddetli</b> | <b>Çok Şiddetli</b> |
|  | Geçtiğimiz hafta her zaman olduğundan daha sık idrara çıktınız mı? Her zamankinden daha sık sıkıştığınızı hissettiniz mi? Adet gecikmesi veya kesilme oldu mu? Adetiniz boyunca aşırı kanama oldu mu? |            |              |             |                 |                     |
|  | Geçtiğimiz hafta içinde kendinizi cinsel bakımdan soğuk veya tepkisiz hissettiniz mi? Cinsel dürtü veya isteğinizde azalma oldu mu? Erken boşalma oldu mu? Sertleşme sorunu oldu mu?                  |            |              |             |                 |                     |
| <b>13. OTONOMİK SEMPTOMLAR</b>         |   | <b>Yok</b> | <b>Hafif</b> | <b>Orta</b> | <b>Şiddetli</b> | <b>Çok Şiddetli</b> |
|  | Geçtiğimiz bir hafta içinde aşağıdaki belirtilerden herhangi biri oldu mu?  |            |              |             |                 |                     |
|  | Ağız kuruluğu?  |            |              |             |                 |                     |
|  | Her zamankinden daha fazla terleme?   |            |              |             |                 |                     |

|            | Yüz kızarması? Solgunluk? Sersemlik/baş dönmesi?                           |            |              |             |                 |                     |
|------------|--|------------|--------------|-------------|-----------------|---------------------|
| <b>14.</b> | <b>GÖRÜŞME SIRASINDAKİ DAVRANIŞLAR</b>                                     | <b>Yok</b> | <b>Hafif</b> | <b>Orta</b> | <b>Şiddetli</b> | <b>Çok Şiddetli</b> |
|            | Geçtiğimiz bir hafta içinde aşağıdaki belirtilerden herhangi biri oldu mu? |            |              |             |                 |                     |
|            | Ağız kuruluğu?   |            |              |             |                 |                     |
|            | Her zamankinden daha fazla terleme?  |            |              |             |                 |                     |
|            | Yüz kızarması? Solgunluk? Sersemlik/baş dönmesi?                           |            |              |             |                 |                     |
|            | Gerginlik baş ağrısı? Tüylerin diken diken olması?                         |            |              |             |                 |                     |



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gözde TURAN  
Doğum Yeri ve Tarihi : Erzurum, 24.05.1992  
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu  
Lise : Bursa Süleyman Çelebi Lisesi, 2010  
Lisans : Dumlupınar Üniversitesi – Endüstri Mühendisliği, 2015  
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi – Endüstri Mühendisliği, 2019

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Raicam Hidrolik A.Ş.

İletişim (e-posta) : gozdeturan.1992@gmail.com

Yayımları :