

**T.C  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SANAL GERÇEKLİK ORTAMINDA UZAMSAL ÖĞRENME VE  
HAFIZA GÖREVLERİNİN GÜRÜLTÜLÜ ORTAMLARDA  
ÇALIŞAN YETİŞKİNLERDE ARAŞTIRILMASI**

**Uzm. Ody. Mert HÜVİYETLİ**

**Odyoloji Programı**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANKARA**

**2021**



**T.C  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SANAL GERÇEKLİK ORTAMINDA UZAMSAL ÖĞRENME VE  
HAFIZA GÖREVLERİNİN GÜRÜLTÜLÜ ORTAMLARDA  
ÇALIŞAN YETİŞKİNLERDE ARAŞTIRILMASI**

**Uzm. Ody. Mert HÜVİYETLİ**

**Odyoloji Programı**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI**

**Prof. Dr. Songül AKSOY**

**ANKARA**

**2021**

**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**SANAL GERÇEKLİK ORTAMINDA UZAMSAL ÖĞRENME VE HAFIZA**  
**GÖREVLERİNİN GÜRÜLTÜLÜ ORTAMLARDA ÇALIŞAN**  
**YETİŞKİNLERDE ARAŞTIRILMASI**

**Öğrenci: Mert HÜVİYETLİ**

**Danışman: Prof. Dr. Songül AKSOY**

Bu tez çalışması 01.12.2021 tarihinde jürimiz tarafından “Odyoloji Programı” nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Başkanı:** *Prof. Dr. Gonca SENNAROĞLU*  
*(Hacettepe Üniversitesi)*

**Tez Danışmanı:** *Prof. Dr. Songül AKSOY*  
*(Hacettepe Üniversitesi)*

**Üye:** *Doç. Dr. Banu MÜJDECİ*  
*(Yıldırım Beyazıt Üniversitesi)*

**Üye:** *Doç. Dr. Betül ÇİÇEK ÇINAR*  
*(Hacettepe Üniversitesi)*

**Üye:** *Doç. Dr. Merve BATUK*  
*(Hacettepe Üniversitesi)*

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

*Prof. Dr. Müge YEMİŞCİ ÖZKAN*

**Enstitü Müdürü**

## YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezinin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezinin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezinin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. <sup>(1)</sup>
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezinin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ..6 ay ertelenmiştir. <sup>(2)</sup>
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. <sup>(3)</sup>

1/12/2021

Mert HÜVİYETLİ

i

<sup>i</sup>“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanın** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanın** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir \*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı veriler tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.  
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir

\* Tez **danışmanın** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.**

## ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, Prof. Dr. Songül AKSOY danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Uzm. Ody. Mert HVIYETLİ

## TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimin boyunca bilgi birikimiyle, fikirleriyle ve deneyimleriyle bana yol gösteren, her zaman yanımda olan değerli danışman hocam *Prof. Dr. Songül AKSOY'a*

Değerli bilgi ve tecrübelerini paylaştan bölüm başkanımız *Prof. Dr. Gonca SENNAROĞLU'na*

Başkent Üniversitesi Odyoloji Bölümü ailesine katıldığımdan günden beri değerli görüşlerini benimle paylaştan, desteklerini esirgemeyen tüm hocalarıma ve çalışma arkadaşlarıma,

Tezimin oluşturulmasında, araştırma düzeneğimin kurulmasında bilgi, deneyim ve hoşgörüsü ile desteğini esirgemeyen *Dr. Ody. Büşra ALTIN'a*

Tezimin istatistiksel analizi boyunca tüm samimiyeti ile yardımlarını esirgemeyen *Arş. Gör. Zeynep BUDAK'a*

Bölüm sekretaryamızda sabırla bana destek veren *Sayın Erol Korkmaz ve Sayın Didem Yalçın'a*

Eğitim hayatım boyunca her zaman yanımda hissettiğim başta *Doç. Dr. Merve ÖZBAL BATUK* olmak üzere tüm hocalarıma

Tezimin her aşamasında yanımda olan, beni motive eden ve desteğini her zaman yanımda hissettiğim *Öğr. Gör. Ezgi AY'a*

Hayatım boyunca beni her koşulda destekleyen canım anneme, teyzelerime ve dayıma,

Çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca, beni 2210-A 'Yurt içi Yüksek Lisans Burs Programı' ile destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Hacettepe Üniversitesi BAP birimine bu çalışmaya desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

## ÖZET

**Huviyetli, M. Sanal Gerçeklik Ortamında Uzamsal Öğrenme ve Hafıza Görevlerinin Gürültülü Ortamda Çalışan Yetişkinlerde Araştırılması, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Odyoloji Programı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2021.** Bu çalışmanın amacı, günlük çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün neden olabileceği fonksiyonel bozuklukların uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerine olası etkilerini araştırmaktır. Bu amaç doğrultusunda çalışmaya 18-40 yaş aralığında gürültülü ortamda çalışıp işitme kaybı olmayan, gürültülü ortamda çalışıp gürültüye bağlı işitme kaybı olan, işitme kaybı gürültüye bağlı olmayan ve gürültü maruziyeti ve işitme kaybı olmayan bireylerden oluşan toplam 4 grup dahil edilmiştir. Her grupta 15'er birey bulunmaktadır. Bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerini değerlendirmek için sanal gerçeklik gözlüğü tabanlı sanal Morris su labirenti testi kullanılmıştır. Toplam 4 bloktan oluşan test düzeneğinde, grupların hedefe ulaşma süreleri (latans) ve katettikleri mesafe değerlendirilmiş olup, gruplar arasında fark gözlenmemiştir (latans blok1  $p=0,636$ ; blok2  $p=0,171$  blok3  $p=0,435$ ; blok4  $p=0,729$ , katedilen mesafe blok1  $p=0,970$ ; blok2  $p=0,897$ ; blok3  $p=0,116$ ; blok4  $p=0,577$ ). Ayrıca, uzamsal hafıza becerisinin değerlendirildiği aşamada havuzun doğru çeyrekliğinde harcanan zaman açısından gruplar arasında fark gözlenmemiştir ( $p=0,730$ ). Bu sonuçlar, günlük çalışma ortamında gürültüye maruz kalan bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri değerlendirilirken yalnızca davranışsal testlerin kullanılması yerine görüntüleme yöntemleriyle sonuçların desteklenmesinin faydalı olabileceğini göstermektedir. Ayrıca günlük çalışma ortamında gürültüye maruz kalan bireylerin uygun müdahale/koruma programlarının geliştirilmesi ve erken dönemde uygulanması ile sağlıklı yaşlanma süreci için önemli olan işitsel ve vestibüler sistem kontrollerinin düzenli yapılması gerekmektedir.

**Anahtar kelimeler:** uzamsal öğrenme, uzamsal hafıza, sanal gerçeklik, sanal Morris su labirenti, gürültü

Bu araştırma Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (TYL-2020-18504).



## ABSTRACT

**Huviyetli, M. Investigation on Spatial Learning and Memory Task of Adults Working in Noisy Environment in Virtual Reality, Hacettepe University, Graduate School of Health Sciences, Audiology Programme, Master Thesis, Ankara, 2021.** The aim of this study is to investigate the possible effects of functional impairments on spatial learning and memory abilities, which may be caused by exposure to noise in the daily working environment. For this purpose, a total of 4 groups consisting of individuals between the ages of 18-40 working in a noisy environment without hearing loss, working in a noisy environment with noise-induced hearing loss, whose hearing loss is not due to noise, and who do not work in noisy environment and without hearing loss, were included in the study. There are 15 individuals in each group. The virtual Morris water maze test based on virtual reality was used to evaluate the spatial learning and memory abilities of individuals. In the test setup consisting of a total of 4 blocks, the groups' time to reach the goal (latency) and path length were evaluated, and there was no significant difference amongst groups (latency block1  $p=0.636$ ; block2  $p=0.171$  block3  $p=0.435$ ; block4  $p=0.729$ , path score block1  $p=0.970$ , block2  $p=0.897$ , block3  $p=0.116$ , block4  $p=0.577$ ). In addition, there was no significant difference amongst the groups in terms of time spent in the correct quarter of the pool at the stage when spatial memory ability was evaluated ( $p=0.730$ ). In conclusion, when evaluating spatial learning and memory abilities of individuals exposed to noise in the daily working environment, it may be beneficial to support the results with imaging methods instead of using only behavioural tests. In addition, since it is very important for successful aging to ensure that individuals exposed to noise in the daily working environment are directed to appropriate intervention/protection programs, auditory system and vestibular system controls should be done regularly.

**Key words:** spatial learning, spatial memory, virtual reality, virtual Morris water maze, noise

This thesis was funded by Hacettepe Research of Scientific Investigation (TYL-2020-18504).

## İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xii
TABLolar	xiii
<b>1. GİRİŞ</b>	1
<b>2. GENEL BİLGİLER</b>	3
2.1. Akustik	3
2.2. Ses	3
2.2.1. Ses Dalgası	3
2.2.2. Sesin Bileşenleri	4
2.2.3. Desibel	5
2.2.4. Oktav ve Üçte-Bir Oktav Bantları	5
2.3. Gürültü	6
2.3.1. Gürültünün Zamansal Deseni	6
2.3.2. Gürültünün Seviyesi	7
2.3.3. Gürültünün Frekans İçeriği	8
2.3.4. Gürültüye Maruz Kalınan Süre	9
2.3.5. Gürültünün İşitme Sistemi Üzerine Etkileri	10
2.3.6. Gürültünün İşitsel Olmayan Etkiler	12
2.4. Hipokampus	14
2.4.1. Gürültünün Hipokampus Üzerine Etkisi	15
2.5. Uzamsal Öğrenme, Hafıza ve Navigasyon	15
2.6. Sanal Morris Su Labirenti Görevi	16
<b>3. BİREYLER VE YÖNTEM</b>	17
3.1. Bireyler	17

3.2. Bireylerin Demografik Özellikleri	19
3.3. Yöntem	19
3.3.1. Montreal Bilişsel Değerlendirme Ölçeği (MOBİD)	19
3.3.2. Uzamsal Öğrenme ve Hafıza Değerlendirmesi	20
3.4 İstatiksel Analiz	25
<b>4. BULGULAR</b>	27
<b>5. TARTIŞMA</b>	32
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	38
<b>7. KAYNAKÇA</b>	40
<b>8. EKLER</b>	46
<b>EK-1</b> Etik Kurul İzin Belgesi	
<b>EK-2</b> Demografik Bilgi Formu	
<b>EK-3</b> Montreal Bilişsel Değerlendirme Testi	
<b>EK-4</b> Sanal Morris Su Labirenti Testi Anlatım Formu	
<b>EK-5</b> Tez Çalışması Orijinallik Raporu	
<b>Ek-6</b> Turnitin Dijital Makbuz	
<b>9. ÖZGEÇMİŞ</b>	

## SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde
±	Artı/Eksi
$\lambda$	Lambda
$\mu\text{Pa}$	Mikropaskal
<b>dB</b>	Desibel
<b>E</b>	Erkek
<b>f(c)</b>	Oktav Bant Merkez Frekansı
<b>HL*</b>	İşitme Seviyesi
<b>Hz</b>	Hertz
<b>K</b>	Kadın
<b>log</b>	Logaritma
<b>NIOSH</b>	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
<b>OSHA</b>	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
<b>sn</b>	Saniye
<b>SPL*</b>	Ses Basınç Seviyesi
<b>SPSS</b>	Statistical Package for the Social Science
<b>SS</b>	Standart Sapma
<i>p</i>	Yanılma olasılığı
<b>ve. diğ.</b>	ve diğerleri
<b>X</b>	Ortalama

## ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
3.1. Sanal Havuzun Yönlerinin Gösterimi	20
3.2. Görünür Deneme Aşamasında Platform ve Havuz	22
3.3. Görünür Hedef Aşamasında Sanal Havuz İçinde Hareket Örneği (Ekran Görüntüsü)	22
3.4. Gizli Hedef Aşaması	23
3.5. Gizli Hedef Aşaması	24
3.6. Gizli Hedef Aşamasında Sanal Havuz İçinde Hareket Örneği (Ekran Görüntüsü)	24
3.7. Prob Deneme Aşamasında Sanal Havuz İçinde Hareket Örneği (Ekran Görüntüsü)	25
4.1. Grupların Görünür Hedefe Ulaşması İçin Geçen Sürenin Karşılaştırılması Grupların Görünür Hedefe Ulaşmak için Katettikleri Mesafenin Karşılaştırılması	28
4.2. Grupların Gizli Hedefe Ulaşması İçin Geçen Sürenin Karşılaştırılması Grupların Gizli Hedefe Ulaşmak için Katettikleri Mesafenin Karşılaştırılması	30
4.3. Grupların Prob Deneme Aşamasında 60 Saniye İçinde Doğru Çeyreklikte Harcadıkları Zamanın Yüzdesi	31

**TABLolar**

<b>Tablo</b>		<b>Sayfa</b>
<b>3.1.</b>	Bireylerin Yaş ve Cinsiyet Dağılımları	19
<b>3.2.</b>	Görünür Hedef Aşamasında Katılımcıların Denemelerde Başlangıç Noktaları	21
<b>3.3.</b>	Gizli Hedef Aşamasında Katılımcıların Denemelerde Başlangıç Noktaları	23
<b>4.1.</b>	Çalışmaya dahil edilen grupların oyun oynama ve oyun konsolu kullanma sıklığının karşılaştırılması	27
<b>4.2.</b>	Grupların görünür hedefe ulaşmak için harcadıkları zaman ve katettikleri Mesafenin karşılaştırılması	28
<b>4.3.</b>	Grupların gizli hedefe ulaşmak için harcadıkları zaman ve katettikleri mesafenin karşılaştırılması	29
<b>4.4.</b>	Grupların görünür hedefe ulaşmak için harcadıkları zaman ve katettikleri Mesafenin karşılaştırılması	31

## 1. GİRİŞ

İstenmeyen ve rahatsız edici ses olarak algılanan gürültü, işitsel ve işitsel olmayan sağlık problemleri oluşturabilen yaygın bir çevresel stres faktörüdür (1-4). Farklı şiddet, tip ve sürelerdeki gürültü maruziyeti kokleadaki tüylü hücrelerin kaybına neden olarak, işitme problemlerine yol açabildiği gibi (5, 6), vestibüler sistemin hasarına (7, 8), işitsel yollar boyunca nöral işlemede değişimlere ve bu yollarda oksitatif stresin artmasına (9-12) sebep olabilmektedir. Gürültünün ayrıca uyku problemlerine (13) kardiyovasküler sorunlara (14) ve bilişsel problemlere (4, 15) yol açabildiği bilinmektedir. Uzun dönem gürültü maruziyetinin bilişsel sistem üzerindeki etkileri insan ve hayvan çalışmaları ile araştırılmaya devam etmektedir (11, 15-19).

Beyinde temporal lobun medial kısmında bulunan hipokampus, öğrenme ve hafıza becerileri için önemli bir yapıdır (20). Hipokampusun uzamsal öğrenme, hafıza ve navigasyon becerileri ile ilişkisi Morris su labirenti testi kullanılarak yapılan hayvan çalışmaları ile ortaya konulmuştur (21). Morris su labirenti testi, hayvan çalışmalarında uzamsal öğrenme ve hafıza değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bilgisayar teknolojilerinin gelişimi ve sanal gerçeklik gözlüklerinin insan hayatına girmesiyle bu test düzeneği insanlar için de uygulanmaya başlanmış ve insanlarda da hayvan çalışmalarına benzer şekilde hipokampus hasarında uzamsal öğrenme, hafıza ve navigasyon becerilerinde etkilenim olduğu görülmüştür (22-25). İnsanlarda, hipokampus hacmini artıran bazı egzersiz programları ile bu becerilerde gelişim sağlanabildiği gösterilmiştir (26). Ek olarak çift taraflı vestibüler kayıplı bireylerde hipokampus hacminde azalmaya bağlı olarak uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerinin olumsuz etkilenim olduğu (24) ve kalıcı postüral algısal dizinesi olan kişilerde uzamsal navigasyon (konumlandırma) becerisinin bozulduğu gözlenmiştir (27).

İnsan beyinde işitsel bölgeler ve biliş arasında güçlü bağlantılar olduğu bildirilmiştir (28-30). Bununla beraber, yaşa bağlı işitme kaybında hipokampus ile medial temporal gyrus ve insula arasındaki fonksiyonel bağlantıların azaldığı görüntüleme yöntemleriyle gösterilmiştir (31) ve hipokampus ile işitsel korteks arasında dolaylı bağlantılar da mevcuttur (32).

Deney fareleri üzerinde yapılan çalışmalarda gürültüye bağlı işitme kaybının ya da işitme kaybına sebep olmasa bile uzun dönem maruz kalınan gürültünün hipokampus üzerinde olumsuz etkileri olduğu ve buna bağlı olarak da uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerinde zayıflamaya neden olduğu gözlemlenmiştir (6, 11, 16, 30, 33). Ayrıca çevre gürültüsünün oluşturduğu olumsuz etkilerin, hipokampusteki değişikliklere bağlı bilişsel süreçleri işitsel korteksten daha önce etkileyebildiği bildirilmiştir (34).

Bu çalışmanın amacı, gürültünün neden olduğu fonksiyonel bozuklukların uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerine olası etkilerini araştırmaktır. Çalışma sonucunda, gürültülü ortamlarda çalışan bireylerin öğrenme ve hafıza becerilerinde meydana gelen etkilenmeleri belirlemek ve bu bireylerin uygun müdahale programlarına yönlendirilmesi için gerekli bilgileri literatüre kazandırmak hedeflenmektedir.

Hipotezler:

- 1) H0: Günlük çalışma ortamında gürültü maruziyeti olan ve olmayan bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza beceri arasında fark yoktur.  
H1: Günlük çalışma ortamında gürültü maruziyeti olan ve olmayan bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza beceri arasında fark vardır.
- 2) H0: Günlük çalışma ortamında gürültü maruziyeti olup buna bağlı işitme kaybı olan ve olmayan bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri arasında fark yoktur.  
H1: Günlük çalışma ortamında gürültü maruziyeti olup buna bağlı işitme kaybı olan ve olmayan bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri arasında fark vardır.
- 3) H0: İşitme kaybı gürültüye bağlı olan ve olmayan bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri arasında fark yoktur.  
H1: İşitme kaybı gürültüye bağlı olan ve olmayan bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri arasında fark vardır.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Akustik

Akustik; fizik, mühendislik, odyoloji, konuşma, psikoloji, sinirbilimi, tıp gibi birçok bilim dalını kapsayan; ses dalgalarının oluşumunu, iletimini, etkilerini ve işitme ile ilgili konularını araştıran bilimdir (35).

### 2.2 Ses

Sesi farklı şekillerde tanımlayabiliriz:

- Havanın vibrasyonu sonucunda işitme sistemimizde duymalara yol açan etkilere ses denir (36, 37).
- Titreşen bir cisimden yayılan basınç dalgalarının elastik bir ortam aracılığıyla yayılması ses olarak adlandırılır (38).

İnsanlar için işitilebilir frekans aralığı 20 Hz-20 kHz olarak düşünülse de, bu sınırlar kesin olarak ortaya konulmamıştır. İşitilebilir en yüksek frekans dinleyiciye göre farklılık göstermekte ve artan yaşla birlikte hızlıca azalabilmektedir. İşitme sisteminin frekans üst sınırın üstündeki sesler duyulmazken, alt limitinden daha düşük frekanstaki sesler algılanabilmektedir. Özellikle, 15 Hz altı seslerin tonal kalitesi oldukça azdır ve bu sesler genellikle titreşim olarak algılanır (36). İnsan işitme sisteminin algılayamayacağı kadar düşük frekanstaki seslere infrasound sesler denirken, insan işitme sisteminin algılanabileceğinden yüksek frekanstaki seslere ultrasound ses denir. Ultrasound sesler medikal ve endüstriyel olanda oldukça önemli bir yer tutmaktadır (36, 39).

#### 2.2.1 Ses Dalgası

Ses dalgaları kaynaktan her yöne doğru yayılır ve şiddetini kaynağa olan uzaklığının karesiyle ters orantılı olarak kaybeder. Bu olay ters-kare kuralı olarak adlandırılmaktadır (38, 40).

Ses dalgaları rüzgar tarafından distorsiyona uğratılabilir. Bu etki, rüzgarın esme hızına göre yüzeyin yakınında veya üzerinde değişiklik gösterebilir (38). Dahası, havadaki yabancı gazlar ve havanın sıcaklığı da ses dalgalarının yayılması üzerinde etkilidir (37).

Ses dalgaları sıvıda havada yayıldığından daha hızlı yayılır. Farklı tipte katılarda ise yayılma hızları farklılık gösterebilir. Ancak ses vakumlu ortamlarda iletilmez (37, 38). Ses havada yayılırken birçok nesneyle karşılaşabilir ve karşılaştığı bu nesnelerin etrafından etkilenmeden geçebileceği gibi kısmen ya da tamamen etkilenerek de geçebilmektedir (38). Ses dalgasının bu özellikler kapsamında bir engelin arasından geçmesi ya da kırılarak geçmesine dağılma; kırılarak geçme (diffraction) denir (39). Geniş dalga boyuna sahip düşük frekanslı sesler karşılaştığı engele karşı bu özelliği kullanma eğiliminde olurken, küçük dalga boyuna sahip yüksek frekanslı (>2000 Hz) sesler bu özelliği daha az gösterirler (38). İnsan işitme sisteminde “başın gölge etkisi”nin temeli bu olaya dayanmaktadır (41). Sesin ortamlar arasında geçiş yaparken hızındaki değişimden dolayı dalganın eğilmesine ise kırılım (refraction) denilmektedir (36, 39).

### 2.2.2 Sesin Bileşenleri

Saf ses, sesin basit bir formudur ve bir sıkışma ile bir gevşeme evresinden oluşan tamamlanmış bir vibrasyonu ifade eder (38). Doğada fazla bulunmayan saf sesin farklı kombinasyonlarda birleşmesiyle daha karmaşık sesler ortaya çıkmaktadır (37). Fourier analizi karmaşık seslerin basit tonal bileşenlere ayrılmasına olanak sağlamaktadır (38, 39).

Belirli bir zaman aralığında (genellikle 1 saniye) ses dalgalarının oluşturdukları vibrasyon sayısı frekans olarak tanımlanır. Frekansın birimi cycle ya da hertz'dir. Her 1 saniyede 50 kez titreşim yapan sistemin frekansı 50 Hertz'dir (37, 38). Ses dalgasının bir tam döngüyü tamamlamak için geçirdiği süreye ise periyot denir (37).

Ses enerjisinin birim alanda belirli bir yöne doğru saniyedeki yayılmasına ses enerji akısı denir (36). Ses şiddeti ise birim alan başına düşen ses enerji akısı (36) ya da ses kaynağı tarafından üretilen ses enerji miktarı (38) olarak tanımlanmaktadır. Saf sesin sinüs dalga diagramında yüksek şiddetli bir ses düşük şiddetli bir sestten daha

yüksek tepe noktasına ve daha alçak çukur noktasına sahiptir. Yüksek şiddetli ses aynı zamanda ortamındaki moleküllerin daha fazla sıkıştırıldığı anlamına gelmektedir (38). Ayrıca, sinüs dalgasının en yüksek ve çukur noktası arasındaki farka o dalganın genliği denir. Genlik desibel (dB) cinsinden ölçülür ve ses enerjisini miktarını yansıtır (36, 38).

Dalga boyu; ses dalgasının döngüleri üzerinde karşılıklı gelen noktalar arasındaki mesafedir (36, 39). Cinsi metredir ve  $\lambda$  (lambda) ile gösterilir (39). Bir sinüs dalgasının iki zirve nokta veya iki çukur noktası arasındaki fark dalga boyuna örnek olarak verilebilir (38).

Ses dalgasının döngüsü üzerinde herhangi bir noktaya faz denir ve derece cinsindedir. Örneğin, bir tam sinüs dalgasının yarım dalga noktası 180 derece faz noktasıdır (38). Ayrıca iki ses dalgasının etkileşimi birbirleri arasındaki faz ilişkisine de bağlıdır. Aynı fazda birbiri ile etkileşimde bulunan ses dalgalarının genliği büyürken, birbirine zıt fazda karşılaşan iki ses dalgası birbirini sönmeler (37).

Konuşma, müzik ve gürültü karmaşık ses olarak adlandırılır. Bu seslerin birçoğu farklı dalga formlarının üst üste binmesiyle oluşmaktadır. Müzikal tonlar birbirleriyle bağlantılı ve düzenli desenler izlerken, bir sokak gürültüsünün deseni rastgele oluşmaktadır (38).

### 2.2.3 Desibel

Desibel terimi genel olarak ses şiddetini tanımlamak için kullanılır. Desibel logaritmik bir birimdir ve bir referans değeri ile birlikte kullanılır. Ses basınç seviyesi (*Sound Pressure Level: SPL*) ve işitme seviyesi (*Hearing Level: HL*) yaygın olarak kullanılan desibel ölçekleridir. Desibel SPL için referans değeri 20  $\mu$ Pa iken desibel HL için referans değeri işitme ile ilgili herhangi bir problemi olmayan kişilerin eşik seviyelerinin ortalamasıdır (38, 42).

### 2.2.4 Oktav ve Üçte-Bir Oktav Bantları

Oktav, bir frekansın iki katı ( $2f$ ) ya da yarısı ( $1/2f$ ) olarak tanımlanır. Bir oktav bantın alt sınıf frekansı ( $f_2$ ) ve üst sınıf frekansı ( $f_1$ ) arasında  $f_1=2f_2$  ilişkisi vardır. Ses 10 oktav banttan oluşmaktadır. Oktav bant merkez frekansı ( $f_c$ ),  $f_1$  ve  $f_2$

çarpımının kareköküne eşittir. Frekans analizinde, daha ayrıntılı analiz gerçekleştirmek için dar bant analizi kullanılır. 1/3 oktav bant analizi buna bir örnektir. 1/3 oktav bant, bir oktav bandın geometrik olarak üçe bölünmesiyle elde edilir. 1/3 bandın alt ve üst sınır frekansları arasında  $f_1=[2^{(1/3)}] f_2$  ilişkisi vardır (38-40). Gürültü gibi karmaşık seslerin frekans içeriği frekans-oktav bantları kullanılarak ölçülebilmektedir (40).

### **2.3 Gürültü**

Gürültü modernleşmeyle birlikte günlük hayatta ve çalışma ortamlarında sık karşılaştığımız, insan sağlığı üzerine birçok olumsuz etki oluşturabilen çevresel bir stresördür (2-4). Akustik, elektrik, mekanik, manyetik ve aritmetik gibi çeşitli gürültü kaynakları ve beyaz, pembe, konuşma, dar bant gibi çeşitli gürültü tipleri bulunmaktadır. Bu farklı gürültü tipleri işitme ve konuşma uyarılarını maskeleyerek için kullanılabilir (39, 42).

Gürültüye farklı şiddet, tip ve sürelerde maruz kalınabileceğinden, sağlık üzerine etkilerini araştırırken gürültünün karakterinin ayrıntılı analiz edilmesi gerekmektedir (5, 6, 15-18, 43). Gürültü maruziyeti sonucunda ortaya çıkabilecek problemler maruz kalınan gürültünün zamansal desenine, seviyesine, frekans içeriğine ve süresine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (40).

#### **2.3.1 Gürültünün Zamansal Deseni**

Gürültünün zamansal desen özelliklerine göre 4 farklı tipi bulunmaktadır.

##### **Sürekli Gürültü**

Gürültü seviyesinin zaman içerisinde sabit kaldığı veya 1 saniye ya da daha kısa bir zaman diliminde gürültü seviyesinde göz ardı edilebilir dalgalanmaların olduğu gürültü tipleridir (38, 40).

##### **Zamanla Değişen Gürültü**

Gürültü seviyesi zaman içinde büyük ölçüde değişkenlik gösteriyorsa bu tip gürültülere zamanla değişen gürültü denir (40).

### **Kesikli Gürültü**

Gürültüye aralıklar halinde maruz kalınıyorsa ve gürültü seviyesi nispeten düşükse bu tip gürültülere kesikli gürültü denir (40).

### **Ani Gürültü**

Bir saniyeden daha kısa süre içinde hızlıca yükselme ve azalma zamanına sahip gürültü tiplerine ani gürültü denir. Bu tip gürültülere örnek olarak ateşli silah ve patlama gürültüleri verilebilir. Ani gürültü maruziyeti sonucunda özellikle işitme ile ilgili sağlık problemleri oluşturabilmektedir (38, 40).

## **2.3.2 Gürültünün Seviyesi**

### **Sürekli Sabit Gürültü Seviyesi**

Hava veya gaz ortamında oluşan devamlı gürültünün ses basınç seviyesini belirlerken desibel cinsinden belirli bir formül kullanılır: (39, 40)

$$\text{SPL (dB)} = 20 \log (P/P_{\text{ref}})$$

### **Maksimum Gürültü Seviyesi**

Belirli bir zaman içinde kaydedilen en yüksek ses basınç seviyesine maksimum ses seviyesi denir. *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)*'a göre iş yerinde bu değer 115 dBA'yı geçmemelidir (44).

### **Kesikli Gürültü Seviyesi**

Ani gürültünün zirve yaptığı ses basınç seviyesinde ölçülen değere geçici gürültü seviyesi denir. Bu seviye zirve basıncı ( $P_{\text{peak}}$ ) olarak hesaplanır. Bu tip gürültülerin ölçümlerinde C ağırlıklı filtre ve hızlı cevap özellikli ekipmanlar kullanılmaktadır (40).

### **Dalgalı Gürültü Seviyesi**

Dalgalı gürültü seviyesi belirlenirken devamlı gürültüde kullanılan eşitlik kullanılır ve birim olarak eş değer ses basınç seviyesi alınır (40).

### 2.3.3 Gürültünün Frekans İçeriği

Maruz kalınan gürültünün frekans içeriği belirlenirken oktav bant frekanslar kullanılabilir. Gürültünün frekans bilgisine ulaşılabilen diğer bir etkili yöntem ise tek bir ses kaynağından gelen enerjiyi gürültünün tüm frekanslarına eklemektir. Bu yöntem oktav bant yöntemiyle birleştirilerek kullanılabilir (40).

#### Frekans Ağırlıklama

İnsan işitme sisteminin duyarlılığı frekanslara göre değişmektedir (40, 42). Bu duyarlılık dikkate alınarak gürültü ölçümlerinde frekans ağırlıklamaları kullanılmaktadır (40). Devamlı gürültü ölçümlerinde A, B-, C-, D- ve yeni bir yöntem olan Z- olarak isimlendirilen bu ağırlıklamalar günümüzde birçok ses basınç ölçerinde bulunmaktadır (39, 40).

A frekans ağırlıklaması [dBA ya da dB(A)], nispeten düşük ancak duyulabilen seslerde insan kulağının frekans cevabını simüle eden filtrelerdir (40). A frekans ağırlıklaması Fletcher-Munson eş gürlük eğrisinde bulunan 40-phon temel alınarak oluşturulmuştur (42). A frekans ağırlıklaması insan işitme sistemine zarar verebilecek durumlar hakkında faydalı bilgiler sağladığı için koruma programlarında etkili olarak kullanılır. Çevresel ve endüstriyel gürültü maruziyetini değerlendirmede OSHA ve diğer kuruluşlar dBA seviyesini kullanmaktadır (40, 44).

B frekans ağırlıklaması [dBB ya da dB(B)] genellikle insan işitme sisteminin orta şiddette hassas olduğu ses basınç seviyelerini göstermek için kullanılır ve işitme koruma programları için uygun değildir (40).

C frekans ağırlıklaması [dBC ya da dB(C)] insan kulağının yüksek şiddetteki seslere hassasiyetini göstermek için kullanılır ve Fletcher-Munson eş gürlük eğrisinde bulunan 100-phon temel alınarak oluşturulmuştur (40, 42). İnsan kulağı, yüksek şiddetli seslerde neredeyse düze yakın cevap oluşturduğu için ani ve yüksek şiddetli seslerin basınç seviyelerinin ölçümünde C frekans ağırlıklamalı frekans filtrelerinin kullanılması önerilmektedir. Gürültü içerisinde alçak frekans bileşenleri var ise C frekans ağırlıklama ve A frekans ağırlıklama kullanılmaktadır. Yapılan ölçümler sonrasında dBA ve dBC seviyeleri arasında 15 dB ses basınç seviyesinden fazla fark var ise alçak frekanslı bileşen var olarak kabul edilmektedir (40).

D frekans ağırlıklaması [dBD ya da dB(D)] uçak gürültüsü gibi yüksek gürülük seviyesinde algılanan gürültüleri göstermeyi sağlamaktadır (40).

### **2.3.4 Gürültüye Maruz Kalınan Süre**

Gürültüye maruziyet süresi, işitme sağlığı başta olmak üzere birçok sağlık problemi açısından önemlidir (40, 42). Örneğin, 90 dBA ses basınç seviyesinde bir gürültüye günlük 8 saatlik maruziyet süresi, aynı şiddetteki gürültüye günlük 1 saatlik maruz kalma süresine göre sağlık açısından daha zararlıdır (40).

### **Eşdeğer Enerji Prensibi**

Gürültüye maruz kalınan miktarın enerji cinsinden ifade edilmesidir. Bu toplam enerjii hesaplariken maruz kalınan ses basınç seviyesi ve maruz kalınan süre dikkate alınmaktadır (40, 42). Gürültü maruziyeti sonucunda ortaya çıkan toplam enerji miktarının, biyolojik olarak ortaya çıkardığı hasar eşit enerji prensibine dayanır. Bu yüzden, duyu organlarına verilen hasarı değerlendirirken eşdeğer ses enerji miktarının hesaplanması gerekmektedir. Örneğin, 85 dBA seviyesinde 8 saat maruz kalınan bir gürültünün oluşturduğu hasar, 88 dBA seviyesinde bir gürültü için 4 saatte, 91 dBA seviyesinde bir gürültü için ise 2 saatte oluşmaktadır. Zaman-şiddet arasındaki bu ilişkiye zaman-şiddet alışverişi, takas oranı ya da katlayan oran denilmektedir. Ancak bu prensip ani yüksek şiddete maruz kalınan gürültüler için uygulanmaya uygun değildir (40).

Takas oranı maruz kalınan gürültünün ses enerjisi ile maruz kalma sürenin ters orantısı olarak tanımlanır. Bu oranın standartları farklılık gösterebilmektedir (40). *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* gürültü enerjisindeki her 3 dB artışta (45), OSHA ise her 5 dB artışta (44) çalışma süresini yarıya indirmektedir.

### **Kriter Maruz Kalma Süresi**

Çalışanların gürültüye maruz kaldıkları süre ya da doz olarak tanımlanır ve genellikle gürültü maruziyetinin 8 saatten fazla olduğu durumlarda kullanılmaktadır (40).

### **Kriter Ses Seviyesi**

Çalışanların maruz kalabilecekleri en yüksek gürültü dozunun miktarını belirlemek önemlidir. Kriter ses seviyesi dB cinsinden bir sabit sestir ve kriter maruz kalma süresi (genellikle 8 saat) boyunca devam ederse bir çalışanın gürültü maruziyetinin %100'ünü oluşturur (40). OSHA ve NIOSH bunun için 8 saatlik dilim içinde farklı kriter ses seviyeleri belirlemiştir. Maruz kalınan farklı kriter ses seviyelerine göre en fazla günlük kriter maruz kalma süresi yine aynı kuruluşlar tarafından standartlaştırılmıştır (44, 45).

### **Gürültü Dozu**

Birçok işçi çalışma saatlerinde farklı tür ekipmanlar kullanabilmektedir. Bu yüzden maruz kalınan gürültünün bileşenleri değişebilmektedir. Çalışanlar, maruz kaldıkları gürültü dozu %100 değerine ulaştığında sağlık problemleriyle karşılaşabilmektedir. Gürültü dozunu belirlemek için belirli formüller kullanılmaktadır (40, 42). %100 üzerinde maruz kalınan gürültü dozu insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceğinden NIOSH ve OSHA tarafından standartlar belirlenmiştir (44, 45).

## **2.3.5 Gürültünün İşitme Sistemi Üzerine Etkileri**

### **Gürültünün Dış ve Orta Kulak Üzerine Etkisi**

Özellikle yüksek şiddetli ve ani gürültü maruziyeti kulak zarında yırtılmaya veya kanamaya yol açabileceği gibi orta kulakta kemik zincir problemlerine, kas yapılarında ve ligamentlerde hasara sebep olabilmektedir (46, 47).

### **Gürültünün İç kulak Üzerine Etkisi**

Gürültü; şiddeti, tipi ve süresine göre iç kulağı mekanik ve metabolik olarak etkileyebilmektedir. Gürültünün iç kulak üzerindeki etkileri sonucunda işitme eşiklerinde geçici veya kalıcı kaymalar oluşabilmektedir (42, 48).

Gürültünün, tüy hücrelerinin streociliarlarının kırılması, bükülmesi ya da tip linklerinin bozulmasına yol açarak iç kulakta yapısal bütünlük kaybına sebep olduğu gösterilmiştir (48, 49). Ayrıca gürültü maruziyeti sonucunda, streociliarları çevreleyen



hücre zarlarındaki protein transdüksiyon kanallarında geçirgenlik kaybı olduğu ve streocillaların tektoriyal zar ile olan bağlantılarının kaybolduğu gösterilmiştir. Ek olarak, gürültü maruziyetine bağlı olarak tüy hücrelerinin hücre içi kalsiyum miktarında artış ve sertliklerinde azalma, strai vaskulariste kanlanma ve spiral ligamentlerdeki damarlarda kasılma ve büzülme gözlenmiştir (48, 50-52). Gürültü maruziyeti sonucunda tüy hücrelerinde oluşan hasarların minimal derecede olduğu durumlarda onarım gözlemlenebileceği ve bu durumun işitme eşiklerinde geçici kaymalara sebep olabileceği gösterilmiştir (48, 49).

Maruz kalınan gürültü seviyesinin ve süresinin artması iç kulakta hızlı tüy hücre kaybı; retkikular leminada, strai vaskulariste, spiral ligamentte, korti organında mekanik hasar ve iç kulaktaki endolenfatik sıvıda bozulma gibi geri dönüşü olmayan hasarlara yol açabilmektedir (42, 53, 54). Bu geri dönüşü olmayan hasarların işitme eşiklerinde kalıcı kaymalara sebep olabileceği gösterilmiştir (42).

Gürültü maruziyeti iç kulak yapılarındaki mekanik hasarların yanı sıra metabolik hasarlara da neden olabilmektedir. Çalışmalarda, gürültü maruziyeti sonrasında hücre içinde reaktif oksijen ve toksik radikal parçacıkların arttığı gözlemlenmiştir. Çalışmalar ayrıca, gürültü maruziyeti sona erse de artan reaktif oksijen miktarının tekrar dengeye getirilememesi durumunda sürecin hücre ölümüyle sonuçlanabileceğini göstermektedir (12, 16, 34, 55).

Oksitatif stresin artmasıyla iç kulakta hücre ölümü iki şekilde gerçekleşebilmektedir. Nekroz genellikle büyük fiziksel ve kimyasal hareketlerden sonra görülür ve pasif hücre ölümüdür. Hücrenin şişmesi ve sonunda yırtılarak hücre içeriğinin dökülmesiyle çevre dokulara zarar vererek inflamuar tepkinin başlamasına sebep olur. Apoptoz ise komşu sağlıklı hücrelere zarar verebilecek, istenmeyen veya zarar görmüş hücrelerin düzgün bir şekilde ortadan kaldırılması olup normal gelişimde önemli bir rolü vardır. Gürültü maruziyeti sonrasında iç kulakta bu iki tip hücre ölümü de görülebilmekle birlikte maruz kalınan gürültü şiddetine göre biri daha baskın olabilmektedir (12). Gürültü maruziyetinin sebep olduğu oksitatif stres sadece iç kulak hücrelerini değil, bütün işitsel yolları etkileyebilmekte ve o bölgelerde hücre ölümlerine yol açabilmektedir (11)

### **Gürültünün İşitme Siniri Üzerine Etkisi**

Yüksek şiddette gürültü, iç tüy hücreleri ve işitme siniri arasındaki sinaps noktalarında glutamatın aşırı salgılanmasına sebep olmaktadır. Bu olay sonucunda, afferent liflerin dentrit terminallerinde glutamat eksitotoksitesine bağlı şişme ve yırtılmalar meydana geldiği gözlenmiştir. Yırtılan afferent lifler işitme eşiklerinde geçici kaymalara sebep olmaktadır (56, 57).

### **Gürültünün Santral İşitsel Sistem Üzerine Etkisi**

Chinchillalar üzerinde yapılan bir çalışmada gürültü maruziyetinin beyin sapında aksonal hasara sebep olabileceği gösterilmiştir (54). Ventral koklear nucleustaki hasarın iç kulaktaki tonotopik organizasyondan dolayı iç tüy hücrelerinin konumuyla doğrudan ilişkili olduğu bildirilmektedir. Ancak dorsal koklear nucleus, superior olive ve inferior colliculusta, tonotopik organizasyon ile ilişkili olmadan sinir liflerinde dejenerasyon meydana geldiği gözlenmiştir. Bu durumun iç tüy hücreleri ile sinir lifleri arasındaki eksitotoksositeye benzer bir durumdan kaynaklı olduğu düşünülmektedir (54, 58).

Gürültü maruziyeti sonucunda iç kulakta meydana gelen hasar santral işitsel sisteme giren bilgiyi azaltmaktadır. Bunun sonucunda santral işitsel sistemin yeni girdilere göre yeniden organize olduğu ve nöral aktivitesinin arttığı gözlenmiştir (10, 59, 60). Ayrıca, deney farelerinde yapılan çalışmalarda gürültü maruziyetinin işitsel yollarda hücre içi oksitatif stresi artırdığı ve buna bağlı olarak deney farelerinin bazı bilişsel görevleri yerine getiremediği gözlenmiştir (11, 18).

### **Gürültü ve Tinnitus**

Akut ve kronik gürültü maruziyeti, bireylerde tinnitus problemlerine yol açabilmektedir. Bazı durumlarda işitme normale dönmesine rağmen çınlama problemi devam edebilmektedir. Tinnitus; uyku problemi, depresyon ve dikkat eksikliği gibi yaşam kalitesini olumsuz etkileyebilecek durumlara sebep olabilmektedir (2, 40, 42).

### **2.3.6 Gürültünün İşitsel Olmayan Etkileri**

Gürültü maruziyeti; sinirlilik, uyku problemleri, kalp damar problemleri ve özellikle çocuklarda olmak üzere bilişsel etkilenmelere sebep olabilmektedir (2).

### **Sinirlilik**

Çevresel gürültünün, insanlarda sinirliliğe neden olduğu gösterilmiştir. Sinirlilik, insanlarda günlük aktivitelerde, duygu ve düşüncelerde olumsuz etkilenmelere, uyku problemlerine ve yorgunluk hissinde artışa sebep olmakta, ayrıca stres ile ilgili pek çok semptoma da yol açabilmektedir (19, 61).

### **Kalp Damar Problemleri**

Devamlı maruz kalınan gürültü hücre içi dengeyi bozabilmektedir. Hücre içi dengenin bozulması kan basıncında, kandaki yağ ve şeker oranlarında değişimlere sebep olarak kalp damar problemlerine yol açabilmektedir (62). Çalışmalarda, günlük en az 85 dBA devamlı gürültüye maruz kalan bireylerde, kan basıncının maruz kalmayan bireylere göre daha yüksek olduğu ve kan basıncındaki yükselmenin gürültüden kaynaklanan diğer fiziksel ve psikolojik olumsuz etkilerle ilişkili olduğu gösterilmiştir (63, 64). Ayrıca, çevresel gürültünün olduğu yerlerde yaşayan insanlarda gürültü seviyesi düşük olsa bile kalp damar problemleri görülme oranının, çevresel gürültünün olmadığı yerlerde yaşayan insanlara göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (65, 66).

### **Bilişsel Problemler**

Özellikle çocuklarda yapılan çalışmalarda gürültülü ortamların öğrenme becerilerini ve bilişsel performansı olumsuz etkilediği gösterilmiştir. Gürültüye maruz kalan çocuklarda dikkat eksikliği, iletişim problemleri, öğrenmede zorluk, uyku problemleri ve sinirlilik gözlenmiştir. Bu etkilerin çocuklarda yetişkinlerden daha fazla olmasının nedeni, çocukların gürültü maruziyetiyle başa çıkma mekanizmalarının yetişkinlerden daha zayıf olmasıyla açıklamaktadırlar (17, 67).

Devamlı gürültünün biliş etkisini araştırmak için yapılan insan çalışmalarında, endüstriyel gürültünün insanlarda dikkat, konsantrasyon ve bilişsel problemlere neden olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, deney farelerinde yapılan çalışmalarda farklı şiddette, tipte ve süredeki gürültünün farelerin bilişsel becerilerine olumsuz etki ettiği gösterilmiştir (6, 15, 16, 68, 69).

### **Uyku Problemleri**

Sağlıklı ve yeterli uyku günlük performansımız için önemlidir. Uyku sırasında maruz kalınan çevresel gürültünün insan üzerindeki etkilerinin iki şekilde olduğu bildirilmiştir. Bunlardan ilki; uykuya dalmak için geçen sürenin uzaması, uyku yapısında ve aşamalarında değişiklik, vücut hareketlerinde artış ve hormonal tepkiler gibi hemen gelişen etkilerken, ikincisi ise günlük davranışlarda değişiklik, performansta düşüş gibi ikincil etkilerdir (70).

### **Vestibüler Problemler**

Vestibüler duyu organlarının iç kulakta işitme duyu organlarıyla anatomik olarak yakın ilişkisinden dolayı gürültünün vestibüler sistemi de etkilemesi beklenmektedir. Bu durumu araştırmak için yapılan çalışmalarda kronik gürültü maruziyetinin Vestibüler Evoked Myogenic Potentials sonuçlarını etkilediği ve ani tipte gürültünün de vestibüler sistem üzerine olumsuz etkileri olabileceği gösterilmiştir (7, 8, 71).

### **2.4 Hipokampus**

Memeli merkezi sinir sisteminin en kapsamlı fonksiyon gösteren alanlarından biri olan hipokampus, şeklinin denizatına benzerliğinden dolayı Yunanca at anlamına gelen “hippo” ve deniz canavarı anlamına gelen “kampos” kelimelerinin birleşimi ile adlandırılmıştır. Hipokampus koronal beyin kesitlerinde C harfi şeklinde görünür ve CA1, CA2, CA3 ve CA4 olmak üzere 4 bölüme ayrılmıştır. Hipokampuste hem nöral hücreler yapılar hem de bağlantı bölgeleri düzenli katmanlar halinde organize edilir. Temporal lobun medial kısmında bulunan hipokampus, lateral ventrikülün temporal hornunun tabanında belirgin şişkin bir çıkıntıya sahiptir. Hipokampus, limbik sistemde dentate gyrus, subiculum, presubiculum, parasubiculum ve entorhinal cortex ile birlikte hippocampal formationı oluşturan bir grup yapıdan biridir (72).

Hipokampusün öğrenme ve hafızaya ilişkin bazı becerilerde temel rol oynadığı kabul edilmektedir. Hipokampusün hafıza ile olan ilişkisi ilk olarak 1957 yılında bir epilepsi hastasının tedavi amaçlı çift taraflı hipokampusünün çıkarılması sonrası yeni bilgileri uzun dönem hafızasına aktaramadığının fark edilmesi ile ortaya çıkmıştır.

Ayrıca, yapılan araştırmalarda bilateral kısmi hipokampus hasarı olan kişilerde de hafıza becerinde zayıflık tespit edilmiştir (72).

Epilepsi, Alzheimer ve şizofreni gibi birçok nörolojik ve psikolojik problemde hipokampuste önemli etkilenmeler olduğu bildirilmiştir. Alzheimer hastalarında öğrenme ve hafıza için önemli rol oynadığı bilenen hipokampusün hasarlı olmasının yanında bu hastalarda entorhinal korteksin de hasar grdğu gösterilmiştir. Ayrıca, hipokampus iskemi ve anoksiye karşı da oldukça hassas bir yapıya sahiptir (72, 82, 83).

#### **2.4.1 Gürültünün Hipokampus zerine Etkisi**

Gürültü maruziyeti, işitsel sistemde fiziksel ve patolojik problemlere sebep olabileceği gibi aynı zamanda hipokampus de etkileyebilmektedir (1). Hatta gürültünün olumsuz etkisinin işitsel sistemde hasar oluşturmadan önce hipokampus etkileyebileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur (34). Deney farelerini farklı tipte, şiddette ve sürede gürültüye maruz bırakarak yapılan çalışmalarda, farelerin gürültü maruziyeti sonrası öğrenme ve hafıza görevlerini yerine getiremediği, işitsel yolaklarında ve hipokampuslerinde oksitatif stresin arttığı ve yeni hücre oluşumlarının engellediği gösterilmiştir (6, 11, 16, 33, 73). İnanlar üzerinde yapılan bir görüntüleme çalışmasında ise istenmeyen gürültünün hipokampal aktiveyi azalttığı gösterilmiştir (74).

#### **2.5 Uzamsal ğrenme, Hafıza ve Navigasyon**

Bilişsel haritalama fikri ilk olarak Tolman tarafından ortaya atılmıştır. Tolman (75), belirli bir rotada hedefe ulaşan deney farelerinin önceden kullandıkları rota kapatıldığında, evre hakkında bilgi edinmek için uzamsal bilgilerini kullanarak hedefe daha kestirme yoldan ulaştıklarını bildirmiştir. Daha sonraki çalışmalarda, deney farelerinin uzamsal pozisyonlarını belirlerken hipokampuslerindeki hücrelerde aktivasyon olduğu gösterilmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak araştırmacılar hipokampusün uzamsal haritalamadan sorumlu nöral bir yapı olduğunu ve bu haritalama sayesinde çevredeki ipuçlarını ve hedefi kendine göre konumlandırıdıklarını göstermiştir (76-78). Aynı şekilde, görüntüleme yöntemleriyle ile yapılan insan çalışmalarında da insanların hedefe ulaşmak için en kısa rotaları belirlerken bilişsel

haritalanma stratejisini kullandıkları ve bu esnada hipokampuslerinde aktivasyon artışı olduğu gözlenmiştir (79, 80).

Hayvan çalışmalarında uzamsal öğrenme ve hafızayı değerlendirirken farklı yöntemler geliştirmiştir (81). Bu yöntemlerden biri olan Morris su labirenti deney farelerinin uzamsal öğrenme ve hafıza değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde deney fareleri su havuzuna yüzecek şekilde yerleştirilir. Havuzun belirli bir yerinde sudan çıkmalarını sağlayacak görünmez bir platform vardır. Deney fareleri havuzun etrafına yerleştirilen uzamsal ipuçlarını kullanarak havuz içerisinde kendini konumlandırır ve platforma ulaşmaya çalışır. Platformun yerini öğrenen fareler hedefe daha kısa sürede ve az yol katederek ulaşırlar. Hipokampus lezyonu olan farelerin bu görevi yerini getirme becerileri önemli ölçüde bozulmakta ve hedefin konumu öğrenmede güçlük yaşamaktadırlar (21)

## **2.6 Sanal Morris Su Labirenti Görevi**

Deney farelerinde uzamsal öğrenme ve hafıza değerlendirilmesi için geliştirilen Morris su labirenti görevi, araştırmalarda sanal gerçeklik sistemlerinin yaygın bir şekilde kullanılmasıyla birlikte insanlar üzerinde yapılan çalışmalarda da uygulanmaya başlanmıştır. Oluşturulan sanal havuz ortamında insanların hayvan çalışmalarında olduğu gibi belirli ipuçlarını kullanarak kendilerini konumlandırıp, havuz içerisindeki hedef noktaya ulaşması gerekmektedir (22).

İnsanlar üzerinde yapılan çalışmalarda deney farelerinde olduğu gibi bu görevlerin gerçekleşmesinde hipokampusün önemli rolü vardır (23, 25). Bazı egzersiz programları uygulanan katılımcıların hipokampus hacminin arttığı ve bu artışla korele bir şekilde uzamsal öğrenmenin de egzersiz yapmayanlara göre daha iyi olduğu davranışsal bir değerlendirme yöntemi olan sanal Morris su labirenti testinde gösterilmiştir (26). Alzheimer, şizofreni ve çift taraflı vestibüler kaybı olan hastaların hipokampuslerinin bu hastalıklardan kaynaklı etkilendiği uzamsal öğrenme ve hafıza skorlarının düştüğü sanal Morris su labirenti kullanılarak bildirilmiştir (24, 82, 83).

### 3. BİREYLER VE YÖNTEM

Bu çalışma, gürültülü ortamlarda çalışan bireylerin sanal gerçeklik ortamında uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerini araştırmak üzere Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Anabilim Dalı yüksek lisans tez çalışması olarak yapılmıştır. Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 5.10.2019 tarihli GO19/964 kayıt numarasıyla onaylanmıştır (EK 1).

#### 3.1 Bireyler

Çalışmaya 15'er kişilik 4 grup halinde (3 çalışma grubu ve 1 kontrol grubu) toplam 60 birey dahil edilmiştir.

- Çalışma 1 grubu gürültülü ortamda çalışan ve normal işitmesi olan bireylerden,
- Çalışma 2 grubu gürültüye bağlı işitme kaybı olan bireylerden,
- Çalışma 3 grubu ise işitme kaybı gürültüye bağlı olmayan bireylerden oluşmaktadır.

Bireyler çalışmaya dahil edilmeden önce çalışmanın konusu ve amacı hakkında bilgilendirilmiş olup, tüm bireylerden çalışmaya katılmaya gönüllü olduklarına dair yazılı onam alınmıştır. Bireylerin yaş, cinsiyet, gürültülü ortamda çalışma yılları, oyun oynama sıklığı ve oyun konsolu deneyimlerine yönelik bilgiler hazırlanan demografik bilgi formu (EK 2) ile kayıt altına alınmıştır.

Covid-19 pandemisi nedeniyle bireylere çalışma kapsamında ayrıca odyolojik değerlendirme yapılamamıştır. Çalışma 1 ve 2 grubu için çalıştıkları fabrikada düzenli işitme taraması yapılan bireyler, iş sağlığı ve güvenliği alanında uzman bir hekim tarafından çalışmaya yönlendirilmiştir. Çalışma 3 grubu daha önceden işitme kaybı tanısı almış bireylerden oluşmakta olup, yine pandemi koşullarından dolayı bu grupta da çalışma kapsamında ayrıca odyolojik inceleme yapılamamıştır.

Çalışma 1 ve 2 grupları haftalık 45 saat çalışma süresi olan bireylerden oluşmaktadır. Bireyler çalışma ortamında kulak koruyucu kullandıklarını bildirmişlerdir.

Kontrol grubu için bireylerin çalışmaya dahil edilme kriterleri:

- Montreal Bilişsel Değerlendirme puanının 21 ve üzeri olması
- 18-40 yaş arasında olması
- Normal işitmeye sahip ve gürültüye maruz kalmamış olması
- Nörolojik probleminin olmaması
- Zihinsel probleminin olmaması
- Baş dönmesi ve denge bozukluğuna sebep olabilecek ek probleminin olmaması

Çalışma 1 grubu için bireylerin çalışmaya dahil edilme kriterleri:

- Montreal Bilişsel Değerlendirme puanının 21 ve üzeri olması
- 18-40 yaş arasında olması
- Normal işitmeye sahip ve gürültüye maruz kalmış olması
- Nörolojik probleminin olmaması
- Zihinsel probleminin olmaması
- Baş dönmesi ve denge bozukluğuna sebep olabilecek ek probleminin olmaması

Çalışma 2 grubu için bireylerin çalışmaya dahil edilme kriterleri:

- Montreal Bilişsel Değerlendirme puanının 21 ve üzeri olması
- 18-40 yaş arasında olması
- Bilateral yüksek frekansları tutan sensörinöral işitme kaybı olması veya 3, 4, 6 kHz frekanslarının herhangi birinde hava ve kemik işitme eşiklerinin 30 dB HL veya daha yüksek olması
- Nörolojik probleminin olmaması
- Zihinsel probleminin olmaması
- Baş dönmesi ve denge bozukluğuna sebep olabilecek ek probleminin olmaması



Çalışma 3 grubu için bireylerin çalışmaya dahil edilme kriterleri:

- Montreal Bilişsel Değerlendirme puanının 21 ve üzeri olması
- 18-40 yaş arasında olması
- İşitme kaybı olması (0.5, 1, 2 ve 4 kHz'de hava yolu işitme eşiklerinin ortalamasınının 25 dB HL'den yüksek olması)
- İşitme kaybının gürültüye bağlı olmaması
- Nörolojik probleminin olmaması
- Zihinsel probleminin olmaması
- Baş dönmesi ve denge bozukluğuna sebep olabilecek ek probleminin olmaması

### 3.2 Bireylerin Demografik Özellikleri

**Tablo 3.1.** Bireylerin Yaş ve Cinsiyet Dağılımları

		Cinsiyet	N	En Küçük (Yıl)	En Büyük (Yıl)	X ± SS (Yıl)
Yaş	KG	K	5	23	38	30.4±5.32
		E	10			
	Ç1G	K	-	24	40	30.6±4.82
		E	15			
	Ç2G	K	-	27	40	33.9±4.7
		E	15			
	Ç3G	K	4	20	40	31.6±6.28
		E	11			
Toplam			60			

X: Ortalama; SS: Standart Sapma; KG: Kontrol Grubu; ÇG: Çalışma Grubu; K: Kadın; E: Erkek

### 3.3. Yöntem

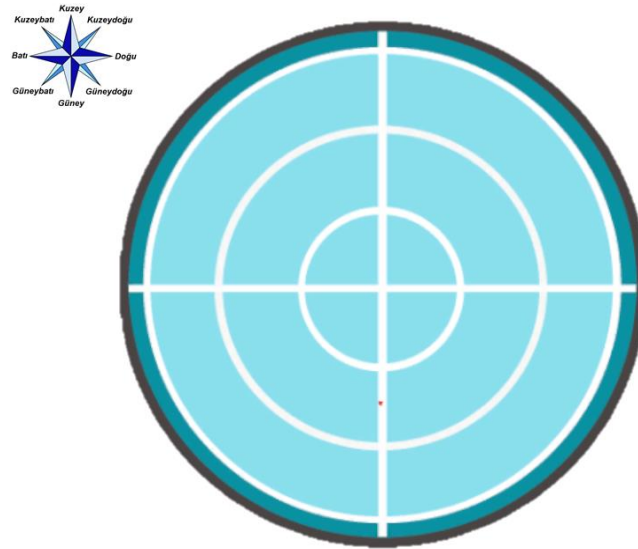
#### 3.3.1. Montreal Bilişsel Değerlendirme Ölçeği (MOBİD)

Bireylerin bilişsel işlevlerini değerlendirmek için tarama testi olarak Montreal Bilişsel Değerlendirme Ölçeği (MOBİD) (EK 3) kullanılmıştır. Ölçeğin Türkçe geçerlilik ve güvenilirliği Selekler ve diğ. (84) tarafından yapılmıştır. Uygulaması yaklaşık 10 dakika süren ölçekten en çok 30 puan alınabilmektedir. Uygulama skoru 21 puan ve üzerinde olan bireyler normal olarak kabul edilmektedir.

### 3.3.2. Uzamsal Öğrenme ve Hafıza Değerlendirmesi

Çalışmada, bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza değerlendirilmesi Sanal Morris su labirenti testi ile yapılmıştır. Sanal Morris su labirenti sanal gerçeklik gözlüğü yardımıyla ve özel yazılımlarla oluşturulmuştur. Bu özel deney düzeneği sayesinde katılımcıların kendilerini çevre içerisinde daha çok hissetmeleri ve deneye odaklanmalarının artması amaçlanmıştır. Oluşturulan bu sanal havuz ortamında bireyler kendilerini belirli distal ipuçlarının bulunduğu bir havuz ortamında bulmaları sağlanmıştır. Bireylerden bu distal ipuçlarını kullanarak konumlarını belirlemeleri ve havuzun içindeki kaçış noktasını bulmaları istenmiştir. Tüm aşamalar boyunca bireylerin sanal ortamdaki hareket hızları 15 m/s olarak belirlenmiştir. Değerlendirme boyunca oturur pozisyonda olan bireylerin havuz içindeki hareketleri oyun konsolu ve döner sandalye aracılığı ile sağlanmıştır. Keşif ve görünür hedef aşamalarını tamamlandıktan sonra, bireylerin sanal gerçeklik gözlüğüne maruziyetlerini azaltmak için sonraki aşamaya geçmeden önce bir süre dinlenmeleri sağlanmıştır.

Çalışmaya katılmaya gönüllü olan bireylere araştırma düzeneği hazırlanan bir açıklama metni (EK 4) üzerinden ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.



**Şekil 3.1.** Sanal Havuzun Yönlerinin Gösterimi

Değerlendirme 4 aşamadan ve toplam 22 denemeden oluşmaktadır:

1. Keşif aşaması (Sanal gerçeklik ortamına alışma aşaması)
2. Görünür hedef aşaması (Motor kontrol aşaması)
3. Gizli hedef aşaması (Uzamsal öğrenmenin araştırıldığı aşama)
4. Prob hedef aşaması (Uzamsal hafızanın araştırıldığı aşama)

### **Keşif aşaması**

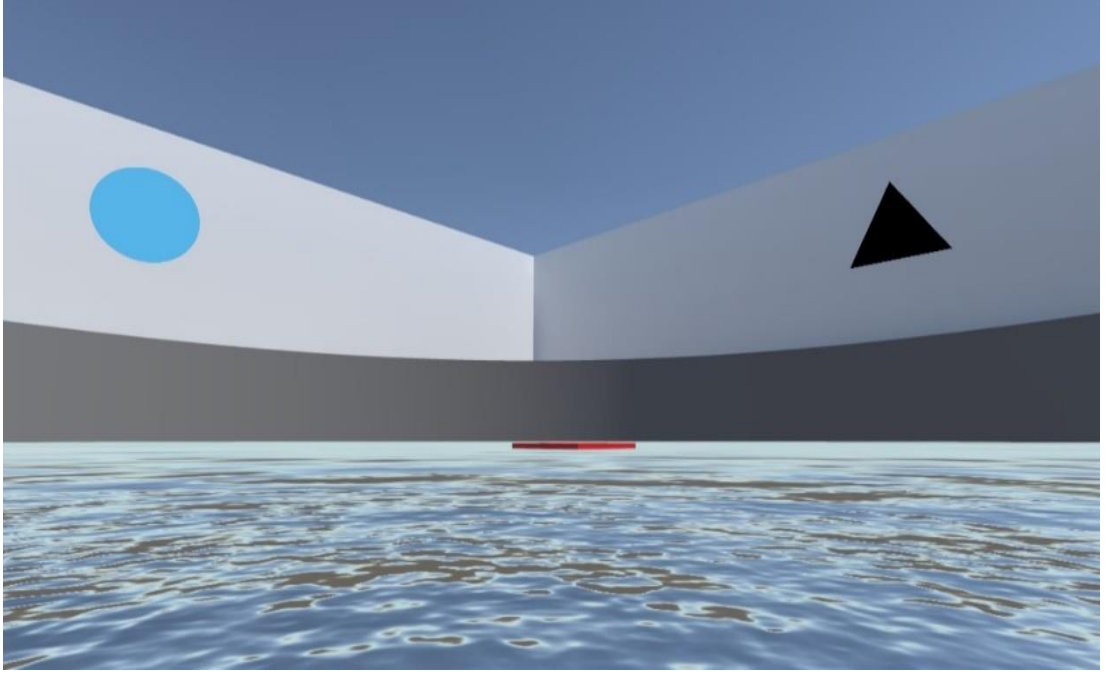
Bu aşama sanal gerçeklik ortamına alışma aşamasıdır. Katılımcılar ellerindeki oyun konsolları ile sanal Morris su labirenti ortamında en fazla 180 saniye olmak üzere gezinebilirler. Bu aşama 1 denemeden oluşmaktadır ve havuzun içinde kaçış platformu yer almamaktadır.

### **Görünür Hedef Aşaması**

Bu aşamada kaçış platformu sanal havuz ortamı içinde bireylerin görebileceği bir renkte bellidir. Bu aşama 4 denemeden oluşmakta olup her bir denemede bireylerin farklı başlangıç noktalarından başlayarak olabildiğince hızlı bir şekilde görünür durumdaki kaçış platformuna ulaşmaları beklenir. Bu aşamada bireylerin motor kontrol becerileri değerlendirilmiştir (Şekil 3.2.).

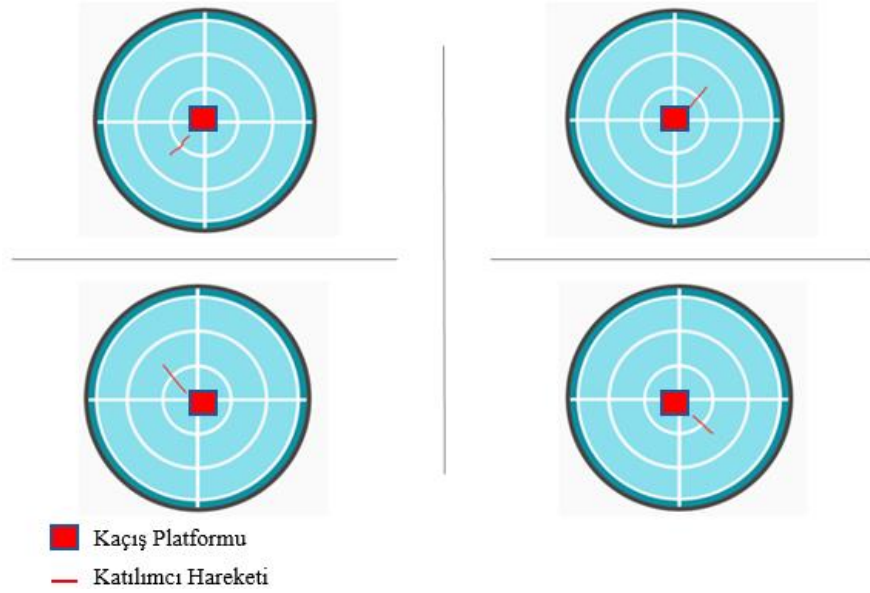
**Tablo 3.2.** Görünür Hedef Aşamasında Katılımcıların Denemelerde Başlangıç Noktaları

<b>Blok 1</b>	Deneme 1 (Kuzeydoğu)	Deneme 2 (Kuzeybatı)	Deneme 3 (Güneybatı)	Deneme 4 (Güneydoğu)
---------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------



**Şekil 3.2.** Görünür Deneme Aşamasında Platform ve Havuz

Görünür hedef aşamasında sanal havuz içindeki hareket örneği Şekil 3.3.'de verilmiştir.



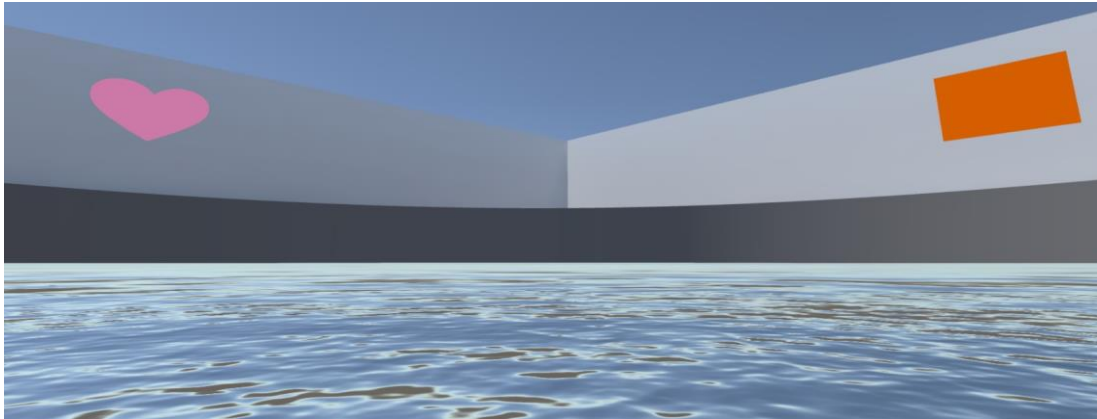
**Şekil 3.3.** Görünür Hedef Aşamasında Sanal Havuz İçinde Hareket Örneği (Ekran Görüntüsü)

### Gizli Hedef Aşaması

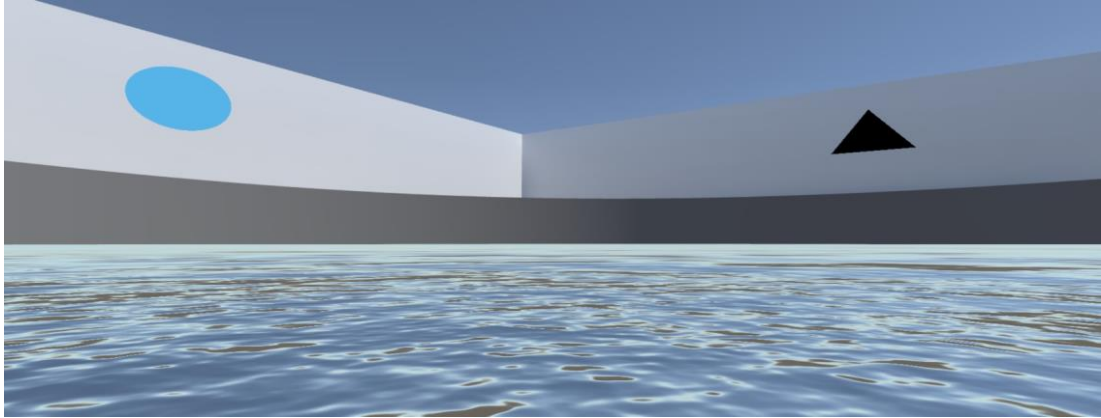
Gizli hedef aşamasında katılımcılardan kendilerini distal ipuçlarına göre konumlandırarak sanal havuz ortamı içinde yer alan kaçış platformunu bulmaları istenmektedir. On altı denemeden oluşan bu aşamada kaçış platformu sanal havuz ortamı içinde görünür hedef aşamasından farklı, gizli bir noktaya yerleştirilmiştir. On altı deneme 4 bloka ayrılmış olup, her blok 4 denemeden oluşmaktadır. Bloklar oluşturulurken test düzeneği *Latin-Square* tasarımına göre ayarlanmıştır (Tablo 3.2). Bireylerin 60 saniye boyunca kaçış platformunu bulamamaları durumunda, duyabilecekleri bir seviyedeki zil sesini takiben görünür hale gelen platformun bulunduğu yer, araştırmacı tarafından bireylere sözel olarak bildirilmiştir. Denemeler sonunda bireylerin sanal havuz ortamından kaçma saniyeleri (latans) ve havuz içinde katettikleri toplam mesafeler değerlendirilmiştir. Her bir deneme sonunda katılımcılara etrafı incelemeleri ve ipuçlarından yararlanarak kendilerini havuzda konumlandırmaları için 10 saniye süre verilmiştir (Şekil 3.4. ve Şekil 3.5.).

**Tablo 3.3.** Gizli Hedef Aşamasında Katılımcıların Denemelerde Başlangıç Noktaları

Blok 1	Blok 2	Blok 3	Blok 4
Deneme 1 (Kuzey)	Deneme 5 (Batı)	Deneme 9 (Güney)	Deneme 13 (Doğu)
Deneme 2 (Batı)	Deneme 6 (Güney)	Deneme 10 (Doğu)	Deneme 14 (Kuzey)
Deneme 3 (Güney)	Deneme 7 (Doğu)	Deneme 11 (Kuzey)	Deneme 15 (Batı)
Deneme 4 (Doğu)	Deneme 8 (Kuzey)	Deneme 12 (Batı)	Deneme 16 (Güney)

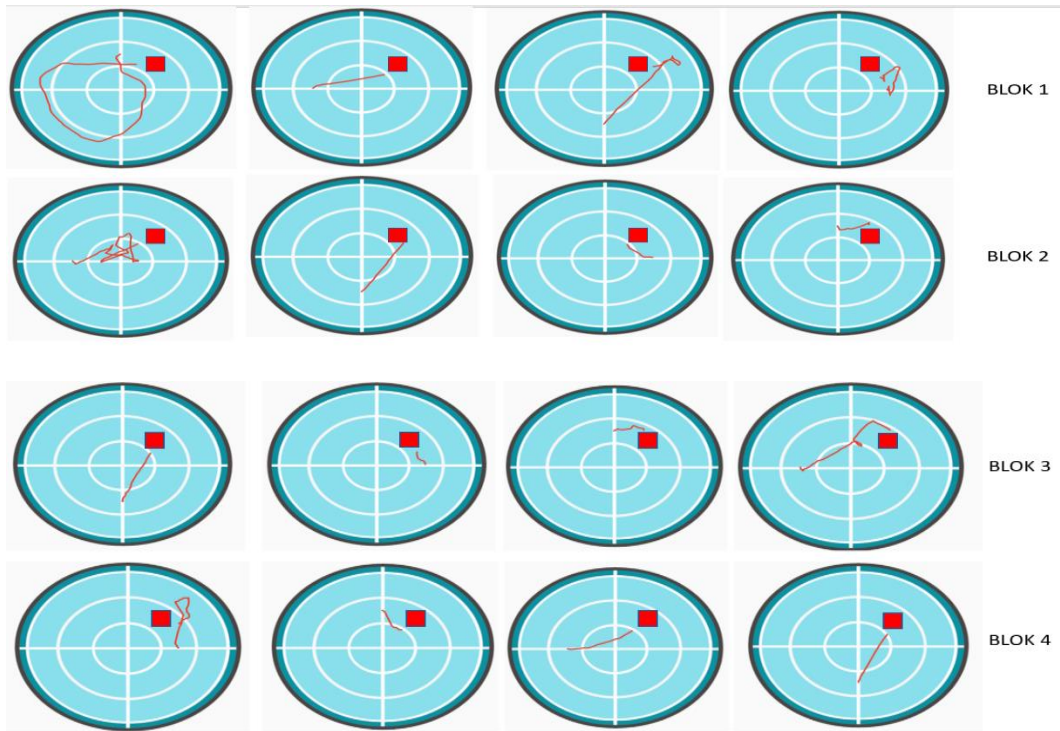


**Şekil 3.4.** Gizli Hedef Aşaması



Şekil 3.5. Gizli Hedef Aşaması

Gizli hedef aşamasında sanal havuz içindeki hareket örneği Şekil 3.6.'de verilmiştir.

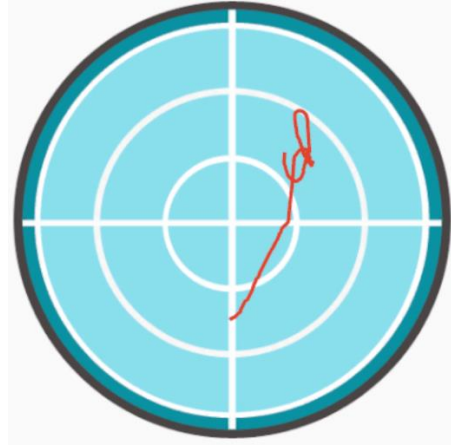


Şekil 3.6. Gizli Hedef Aşamasında Sanal Havuz İçinde Hareket Örneği (Ekran Görünütüsü)

### Prob Deneme Aşaması

Prob deneme aşamasında katılımcılara herhangi bir yeni bilgi verilmeden sanal havuz içindeki kaçış platformu kaldırılır. Deneme 60 saniye boyunca katılımcının sanal havuz içinde önceden kaldırılmış olan kaçış platformunu bulmaya çalışmasıyla bitirilmektedir. Bireylerin, gizli hedef aşamasında kaçış platformunun bulunduğu havuz çeyrekliği içinde 60 saniye boyunca harcadığı toplam zaman yüzdelik olarak hesaplanarak uzamsal hafıza becerileri değerlendirilmiştir (Doğru çeyreklikte harcanan zaman/60 x 100).

Prob deneme aşamasında sanal havuz içindeki hareket örneği Şekil 3.7.'de verilmiştir.



**Şekil 3.7.** Prob Deneme Aşamasında Sanal Havuz İçinde Hareket Örneği (Ekran Görüntüsü)

### 3.4 İstatiksel Analiz

Çalışmanın veri setinin analizi SPSS 22.0 paket yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Tanımlayıcı istatistikler verilirken, nicel veriler için ortalama, minimum ve maksimum değerleri ile standart sapma değeri kullanılırken, nitel veriler için sayı ve yüzdeler kullanılmıştır. Veri setine uygun istatistiksel yöntemin belirlenmesi için değişkenlerin normal dağılıma uyum sağlayıp sağlamadıkları test edilmiştir. Bu aşamada örneklem büyüklüğünden dolayı “Shapiro-Wilk” testinden ve görsellerden (histogram ve olasılık grafikleri) yararlanılmıştır. Görünür hedef aşaması, gizli hedef aşaması ve prob deneme aşamasında elde edilen değişkenler normal dağılım gösterip

göstermediğine göre grupları karşılaştırmak için ‘Tek Yönlü Varyans Analizi’ veya Kruskal Wallis varyans analizi kullanılmıştır. Uygulanan testler sonucunda istatistiksel anlamlılık için toplam tip-1 hata düzeyi %5 olarak belirlenmiştir.



#### 4. BULGULAR

Gürültülü ortamlarda çalışan bireylerde uzamsal öğrenme ve hafıza görevleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla planlanan çalışmada elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur.

Günlük çalışma ortamında gürültüye maruz kalan bireylerin çalışma süreleri çalışma grubu 1 için  $7,88 \pm 3,99$  yıl iken, çalışma grubu 2 için  $10,93 \pm 3,99$  yıldır.

Çalışmaya dahil edilen gruplar arasında oyun oynama ve oyun konsolu kullanma sıklığı karşılaştırılmıştır (Tablo 4.1.). Gruplar arasında oyun oynama ve oyun konsolu kullanma sıklıkları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (oyun oynama sıklığı  $p=0,829$ ;  $p>0,05$ , oyun konsolu kullanma sıklığı  $p=0,982$ ;  $p>0,05$ ).

**Tablo 4.1.** Çalışmaya dahil edilen grupların oyun oynama ve oyun konsolu kullanma sıklığının karşılaştırılması

		X+SS	<i>p</i> değeri
Oyun Oynama	ÇG1	2,4±1,50	<i>p</i> =0,829
	ÇG2	2,66±1,44	
	ÇG3	2,46±1,34	
	KG	2,2±1,08	
Oyun Konsolu Kullanma	ÇG1	1,93±1,38	<i>p</i> =0,982
	ÇG2	1,65±0,72	
	ÇG3	1,66±0,72	
	KG1	1,73±0,70	

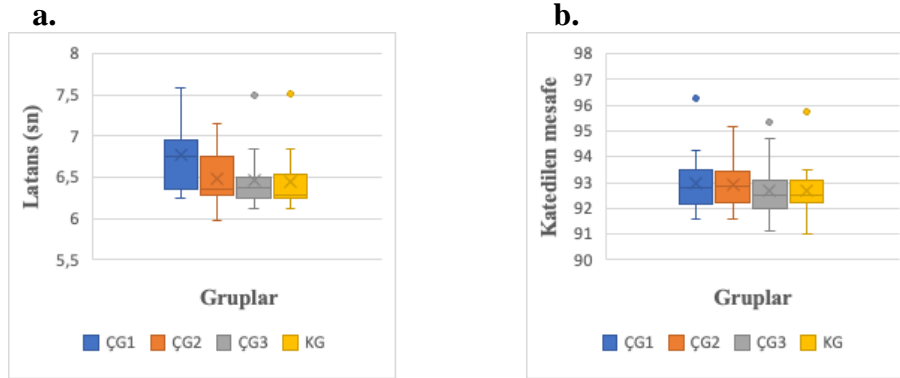
X: Ortalama; SS: Standart Sapma KG: Kontrol Grubu; ÇG: Çalışma Grubu

Motor kontrol becerilerin yeterliliği ve sanal gerçeklik ortamına alışmayı değerlendirmek için oluşturulan görünür hedef aşaması değişkenleri kontrol grubu ve çalışma grupları arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4.2.) (Şekil 4.1.). Gruplar arasında hedeflere ulaşmak için harcadıkları zaman (latans) ve sanal havuzun içinde katettikleri mesafe arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (latans  $p=0,079$ , katedilen mesafe  $p=0,796$ )

**Tablo 4.2.** Grupların görünür hedefe ulaşmak için harcadıkları zaman ve katettikleri mesafenin karşılaştırılması

		X±SS	<i>p</i> değeri	
Görünür Hedef Aşaması	Harcanan Zaman (Latans-sn)	ÇG1	6,76±0,41	<i>p</i> =0,079
		ÇG2	6,48±0,33	
		ÇG3	6,46±0,34	
		KG	6,44±0,44	
	Katedilen Mesafe	ÇG1	92,95±1,15	<i>p</i> =0,796
		ÇG2	92,92±0,94	
		ÇG3	92,69±1,12	
		KG1	92,62±1,9	

X: Ortalama; SS: Standart Sapma KG: Kontrol Grubu; ÇG: Çalışma Grubu



**Şekil 4.1. a.** Grupların Görünür Hedefe Ulaşması İçin Geçen Sürenin Karşılaştırılması  
**b.** Grupların Görünür Hedefe Ulaşmak için Katettikleri Mesafenin Karşılaştırılması

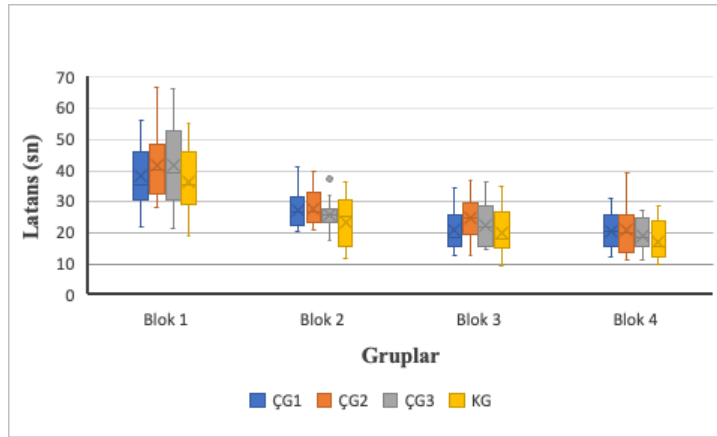
Uzamsal öğrenme becerilerinin değerlendirildiği gizli hedef aşaması değişkenleri gruplar arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4.3.) (Şekil 4.2.). Dört bloktan oluşan bu aşamada grupların aynı blokları arasında gizli hedefe ulaşmak için harcadıkları zaman (latans) ve sanal havuz içinde katettikleri mesafe arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (latans blok1 *p*=0,636; blok2 *p*=0,171 blok3 *p*=0,435; blok4 *p*=0,729, katedilen mesafe blok1 *p*=0,970; blok2 *p*=0,897; blok3 *p*=0,116; blok4 *p*=0,577).

**Tablo 4.3.** Grupların gizli hedefe ulaşmak için harcadıkları zaman ve katettikleri mesafenin karşılaştırılması

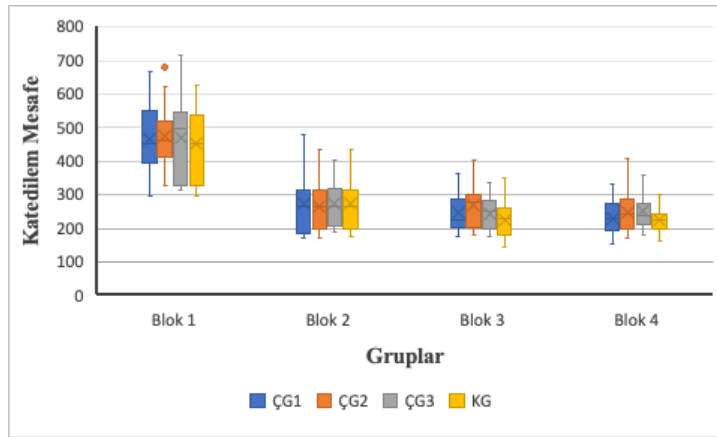
Gizli Hedef Aşaması		X+SS	<i>p</i> değeri	
Blok 1	Harcanan Zaman (Latans)	ÇG1	38,57±10,3	<i>p</i> =0,636
		ÇG2	41,75±10,8	
		ÇG3	41,57±12,4	
		KG	36,33±10,3	
	Katedilen Mesafe	ÇG1	466,9±100,3	<i>p</i> =0,970
		ÇG2	474,87±93,49	
		ÇG3	471,71±123,6	
		KG1	453,87±106,0	
Blok 2	Harcanan Zaman (Latans)	ÇG1	27,37±5,7	<i>p</i> =0,171
		ÇG2	27,82±5,6	
		ÇG3	25,81±4,8	
		KG	23,44±7,4	
	Katedilen Mesafe	ÇG1	272,57±84,9	<i>p</i> =0,897
		ÇG2	263,99±70,21	
		ÇG3	275,02±65,23	
		KG	272,08±78,50	
Blok 3	Harcanan Zaman (Latans)	ÇG1	20,74±6,1	<i>p</i> =0,435
		ÇG2	24,61±6,6	
		ÇG3	22,53±7,6	
		KG	20,14±8,1	
	Katedilen Mesafe	ÇG1	246,00±61,73	<i>p</i> =0,116
		ÇG2	270,79±63,84	
		ÇG3	244,96±50,82	
		KG1	226,52±44,55	
Blok 4	Harcanan Zaman (Latans)	ÇG1	20,40±5,8	<i>p</i> =0,729
		ÇG2	20,90±7,9	
		ÇG3	19,26±5,2	
		KG	17,30±6,3	
	Katedilen Mesafe	ÇG1	231,26±53,39	<i>p</i> =0,577
		ÇG2	249,08±63,84	
		ÇG3	249,54±50,82	
		KG	225,35±44,55	

X: Ortalama; SS: Standart Sapma KG: Kontrol Grubu; ÇG: Çalışma Grubu

a.



b.



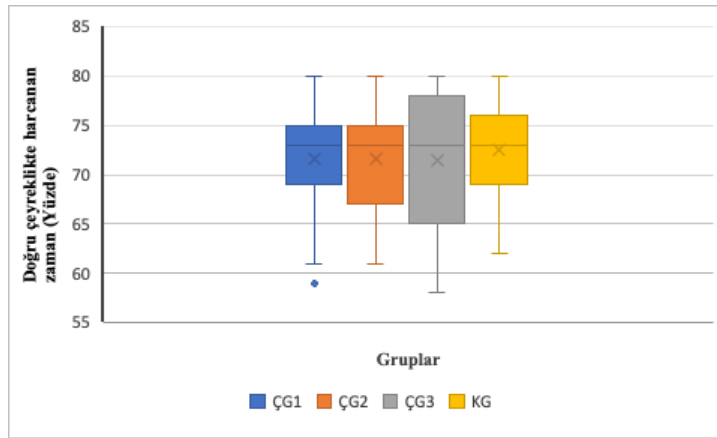
**Şekil 4.2. a.** Grupların Gizli Hedefe Ulaşması İçin Geçen Sürenin Karşılaştırılması **b.** Grupların Gizli Hedefe Ulaşmak için Katettikleri Mesafenin Karşılaştırılması

Uzamsal hafıza becerisinin değerlendirildiği prob deneme aşamasında bireylerin doğru çeyreklikte 60 saniye boyunca harcadıkları süre gruplar arasında karşılaştırılmıştır (Tablo 4.4.) (Şekil 4.3.). Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ( $p=0,730$ ).

**Tablo 4.4.** Grupların görünür hedefe ulaşmak için harcadıkları zaman ve katettikleri mesafenin karşılaştırılması

		X+SS	<i>p</i> değeri
Prob Deneme Aşaması	ÇG1	71,60±6,33	<i>p</i> =0,730
	ÇG2	71,60±5,70	
	ÇG3	71,53±5,70	
	KG	72,53±5,20	

X: Ortalama; SS: Standart Sapma KG: Kontrol Grubu; ÇG: Çalışma Grubu



**Şekil 4.3.** Grupların Prob Deneme Aşamasında 60 Saniye İçinde Doğru Çeyreklikte Harcadıkları Zamanın Yüzdesi

## 5. TARTIŞMA

Hipokampusün uzamsal öğrenme, hafıza ve navigasyon becerileri üzerindeki doğrudan etkisi deney farelerinde yapılan çalışmalarla bildirilmiştir. Hipokampus hasarı oluşturulan deney farelerinin uzamsal becerilerinin olumsuz etkilendiği, ayrıca bu hasarın yerine ve büyüklüğüne göre uzamsal beceriler üzerindeki etkilerinin farklı olabileceği gösterilmiştir (21, 85). Literatürde insanlar üzerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde ise, hipokampus ile uzamsal öğrenme, hafıza ve navigasyon ilişkisi üzerine farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Hipokampuslerine ait tümör ve fokal lezyonları olan bireylerde uzamsal becerilerin etkilendiği literatürde açık bir şekilde bildirilmiştir (23, 25). Taksi şoförleri üzerinde yapılan ve hipokampus ile navigasyon becerilerinin ilişkisini gösteren çalışmalarda; Maguire ve diğ. (86), görüntüleme yöntemleriyle navigasyon ve hipokampus hacmi arasındaki ilişkiyi ortaya koymasına rağmen; Weisberg ve diğ. (87) 2019 yılında yine taksi şoförlerinde yaptıkları çalışmada hipokampus hacmi ve navigasyon becerileri arasında ilişki olmadığını bildirmiştir. Başka bir çalışmada, bireylere verilen aerobik egzersizlerinin hipokampus hacmini arttırdığı ve bu egzersizler ile uzamsal öğrenme becerileri arasında ilişki olduğu, artan hipokampus hacmi ile uzamsal hafıza arasında ise ilişkili olmadığı gösterilmiştir (26). Hipokampus hacminin belirli seviyeden düşük veya yüksek olması, bireylerin navigasyon becerilerinin değerlendirildiği davranışsal testlerdeki skorlarını doğrudan etkilerken, hipokampus hacminin bu seviyelerin arasında olmasının bu skorlar üzerinde doğrudan etkili olmadığı literatürde tartışılmaktadır.

Uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerini değerlendirmek için deney fareleri ile yapılan çalışmalardan uyarlanarak geliştirilen bilgisayar tabanlı sanal Morris su labirenti testi, insanlarda davranışsal değerlendirme yöntemi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak, çalışmalar arasında sanal Morris su labirenti testinin uygulama prosedürleri açısından farklılıklar olduğu görülmektedir (26, 27, 88-90). Son yıllarda sanal gerçeklik gözlüklerinin sağlık araştırmalarında kullanımının artması ile sanal Morris su labirenti testi, sanal gerçeklik gözlükleri kullanılarak uygulanmaya başlanmıştır (89). Sanal gerçeklik gözlüklerinin davranışsal değerlendirmede etkisi ve hangi çalışma gruplarında kullanılmaya uygun olduğu konusu araştırılmaya devam

etmekle birlikte bireylerin oyun oynama, oyun konsolu kullanma ve sanal gerçeklik deneyimlerinin, testlerdeki görevleri yerine getirme becerileri üzerinde etkisi olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, farklı çalışmalarda uzamsal öğrenmeyi değerlendirme aşamasında deneme sayılarında farklılık yapılmaktadır ve bazı çalışmalarda bu denemeler bloklara bölünerek araştırma düzeneği oluşturulmaktadır (24, 27, 88). Uzamsal hafıza becerilerinin değerlendirmesi de çalışmalar arasında farklılık gösterebilmektedir. Bir çalışmada hafıza değerlendirilmesine geçilmeden önce belirli bir süre mola verilmesi buna bir örnektir (26). Çalışmamız, sanal gerçeklik gözlükleri kullanılarak yapılmış olup, uzamsal öğrenme değerlendirilirken denemeler bloklara bölünmüş ve hafıza değerlendirmesine geçilmeden önce mola verilmemiştir. Çalışma gruplarımız oyun oynama ve oyun konsolu kullanma deneyimleri bakımından benzerlik göstermektedir. Literatürdeki çalışmalarda elde edilen bulguların farklılıkları davranışsal değerlendirmede kullanılan prosedürlerdeki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Sanal Morris su labirenti testi kullanılarak yaş (91), hafif bilişsel bozukluk (92), şizofreni (83) ve Alzheimer (82) gibi birçok farklı etkenin uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri üzerine etkileri olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, bu tür etmenlerin bireylerde yalnızca uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerini değil, diğer birçok bilişsel görevi de etkileyebileceği bildirilmiştir (93, 94). Sağlıklı yetişkinlerde yapılan bir çalışmada, yürütücü işlevleri değerlendiren testlerdeki skorları yüksek olan bireylerin sanal Morris su labirenti testinde daha başarılı oldukları bildirilmiştir (95). Ayrıca, katılımcıların sanal Morris su labirenti testi sırasında görüntüleme yöntemleriyle değerlendirildiği başka bir çalışmada, uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerinde hipokampus dışında coudate nukleus, serebellum, prefrontal korteks ve birincil görsel korteks gibi farklı yapıların da rol oynadığı gösterilmiştir (96). Bu durum, farklı bilişsel görevlerden sorumlu beyin bölgelerinin uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerinin değerlendirilmesi sırasında aktif olduğunu göstermektedir. Literatürde bilişsel görevlerin gürültü maruziyetinden de doğrudan veya dolaylı olarak olumsuz etkilenebildiğini bildiren birçok çalışma mevcuttur (4, 15, 43, 97). Ancak bu çalışmalar deney fareleri üzerinde yapılmış olup, insanlarda gürültü maruziyeti ile uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri arasındaki ilişkinin değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamızda, insanlarda günlük çalışma ortamlarında

maruz kalınan gürültü ile uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri arasındaki ilişki insanlar üzerinde değerlendirilmiş olup, gürültü maruziyeti olan ve olmayan gruplar arasında uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri açısından fark olmadığı bulunmuştur. Bu sonuçların elde edilme nedenlerinden birinin, çalışmaya dahil edilen gruplardaki bireylerin bilişsel açıdan belirli bir seviyenin üstündeki genç yetişkinlerden oluşması olabileceği düşünülmektedir.

Literatürde, gürültünün insanlar üzerindeki olası olumlu ve olumsuz etkileri halen tartışılmaya devam etmektedir. Hoş olmayan gürültüye maruz bırakılan bireylerde işitsel korteks ile hipokampus ve limbik sistem arasındaki bağlantıların arttığı görüntüleme yöntemleri ile bildirilmiştir (98). Gürültülü ortamlarda çalışan bireylerde dikkat problemleri, konsantrasyon bozuklukları görülebilmekte, ayrıca gürültü maruziyeti bu bireylerin duygusal durumlarında ani değişimlere neden olabilmektedir (15, 19). Arka plan gürültüsüne maruz bırakılan bireylerin bilişsel görevleri yerine getirmede daha düşük performanslar gösterdiği literatürde bildirilmiştir (99). Çalışmamız, günlük çalışma ortamında düzenli olarak endüstriyel gürültüye maruz kalan bireyler ile yapılmış olup, bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza değerlendirmeleri arka plan gürültüsü olmayan sessiz bir ortamda yapılmıştır. Böylece, hoş olmayan arka plan gürültüsünden ziyade günlük çalışma ortamında maruz kalınan endüstriyel gürültünün uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri üzerindeki etkilerine odaklanılmıştır. İnsanlarda, hoş olmayan arka plan gürültüsünün bilişsel görevler üzerindeki doğrudan etkisi göz önüne alındığında, günlük çalışma süresince maruz kalınan gürültünün uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerine etkisi arka plan gürültünün etkisinden farklı olabilir. Çalışma ortamında düzenli olarak maruz kalınan endüstriyel gürültünün bilişsel görevler üzerindeki etkisinin, işitsel ve vestibüler sistemde meydana gelen etkilenmeler sonrasında, uzun dönemde ve dolaylı olarak ortaya çıkabileceği düşünülmektedir.

Gürültünün olumsuz etkileri hayvan çalışmaları ile geniş bir yelpazede incelenmektedir. Üç hafta boyunca günde 2 saat 80 dB SPL gürültüye maruz bırakılan deney farelerinin hipokampuslerinde işitsel korteksten daha önce etkilenim olduğu bildirilmiştir (34). Başka bir çalışmada 1, 3 ve 6 hafta boyunca günde 2 saat 80 dB SPL gürültüye maruz bırakılan farelerde, gürültüye maruziyet süresi arttıkça uzamsal öğrenme becerilerinin olumsuz etkilediği hem Morris su labirenti testi hem de



moleküler testler ile gösterilmiştir (11). Ayrıca, kronik gürültü maruziyeti sonrasında deney farelerinin hipokampuslerinin yanı sıra prefrontal kortekslerinin de etkilendiği bildirilmiştir. Başka bir çalışmada, 30 gün boyunca günlük 4 saat 80 ve 100 dB SPL gürültüye maruz bırakılan deney farelerinin uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerinin olumsuz etkilendiği görülmüştür. Aynı çalışmada, 80 dB SPL gürültüye maruz bırakılan farelerin gürültü maruziyeti bitiminden 30 gün sonra, 100 dB SPL gürültüye maruz bırakılan farelerin ise 40 gün sonra bu beceriler açısından tekrar eski performanslarına döndüğü bildirilmiştir (100). Deney fareleri üzerinde yapılan bu çalışmalar gürültünün öğrenme ve hafıza becerileri üzerine olumsuz etkilerini ortaya koymakla birlikte, insan beyninin deney farelerine kıyasla daha karmaşık olan yapısı nedeniyle bu tür etkiler insanlarda daha uzun gürültü maruziyetleri durumunda ortaya çıkabilir. Ayrıca, insanlarda maruz kalınan gürültünün istenen veya istenmeyen olması da sonuçlar üzerinde etkili olabilir. Çalışmamızda, hayvan çalışmalarından farklı olarak gürültü maruziyeti olan bireylerde uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerinde etkilenim görülmemesinin insan ve fare beyni arasındaki bu farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, çalışma gruplarına dahil edilen bireylerin kulak koruyucuları olmasına rağmen günlük kulak koruyucu kullanım süreleri hakkında net bilgi edinilememesi ve gürültü maruziyet dozunun hesaplanamamış olmasının da bu sonuçlar üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir.

Gürültüye maruziyet sonucu işitme kaybı oluşturulan deney farelerinin hipokampus bölgelerinde yeni hücre oluşumunun engellendiği ve bu durumun uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerini etkilediği bildirilmiştir (6). Gürültüye bağlı işitme kaybı olan insanlarda yapılan işitsel sözel öğrenme görevinde bu bireylerin kontrol grubuna göre daha kötü performans gösterdikleri bildirilmiştir (69). İnsanlarda gürültüye bağlı işitme kaybı genellikle yüksek frekanslardan başlayarak zaman içinde orta ve alçak frekans bölgelerini etkilemekte ya da yalnızca belirli frekanslarda düşüşe sebep olmaktadır (42). Bu nedenle, gürültüye bağlı işitme kaybı olan bireyler çoğunlukla ilk aşamalarda işitme kaybının farkında bile olmamakta, ancak işitme kayıpları günlük dinleme becerilerini etkilendiği zaman bu durumun farkına varabilmektedir. Çalışmamızda gürültüye bağlı işitme kaybı olan bireylerden oluşan grupta, uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerine ilişkin skorlarda düşüş görülmemesinin nedeninin, bu gruptaki bireylerin genç yetişkinlerden oluşması ve bu

bireylerde işitme eşiklerinin yalnızca yüksek frekanslarda ya da belirli frekans bölgelerinde minimal düzeyde etkilenmiş olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, bu bireylerin işitme kayıplarının ilerlemesi, gerekli korunma ve müdahale yöntemlerinin zamanında uygulanmaması durumunda bu becerilerinde etkilenim olabileceği öngörülmektedir.

Literatürde, hafif, orta derecede işitme kayıplı bireylerin özellikle işitsel görevler içeren bilişsel değerlendirmelerde normal bireylere göre daha kötü sonuçlar elde ettiği gösterilmiştir (101, 102). Uzun süreli ve müdahale edilmeyen işitme kaybının farklı beyin bölgelerinde atrofiye neden olduğu görüntüleme çalışmalarıyla bildirilmiştir (103). Çalışmamızda, uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri değerlendirilirken katılımcılara herhangi bir işitsel görev verilmemiştir. Bu durum işitme kayıplı bireylerin “bilişsel kapasite (*cognitive load*) teorisine” göre ekstra efor harcamalarına neden olmadan görevi yerine getirmelerine olanak sağlamıştır. Gürültüye bağlı işitme kayıplı ve işitme kaybı gürültüye bağlı olmayan çalışma grubunda, uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerinde etkilenme görülmemesinin bu durumla ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Gürültü maruziyetinin, diğer etkilerinin yanında vestibüler sistemi de olumsuz etkilediği gösterilmiştir (7, 8, 71). Literatürde, vestibüler sistem ile bilişsel süreçler ve navigasyon becerileri arasındaki ilişki son yıllarda giderek artan bir hızla araştırılmaya devam etmektedir. Çift taraflı vestibüler problemin uzamsal ve uzamsal olmayan bilişsel beceriler üzerine olumsuz etkisi olduğu bildirilmiştir (104). Brandt ve diğ. ‘nin (24) 2005 yılında çift taraflı vestibüler hipofonksiyonu olan 15 birey ile yaptığı çalışmada, hipokampuste atrofi gözleendiği ve bu atrofının uzamsal öğrenme ve hafıza becerileriyle ilişkili olduğu gösterilirken, 2019 yılında yapılan başka bir çalışmada (105) aynı davranışsal yöntem kullanılarak çift taraflı vestibüler hipofonksiyonu olan 64 bireyde sanal Morris su labirenti testiyle değerlendirilen uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerinde etkilenim olmadığı gözlenmiştir. Tek taraflı vestibüler hipofonksiyonu olan bireylerde hipokampus hacminde etkilenim olmadığı ve uzamsal becerilerin etkilenmediği bildirilmiştir (106). Çalışma gruplarımızda bireylerin hiçbiri denge problemi bildirmemiştir. Bu bireylerde gürültünün neden olduğu vestibüler sistem etkilerinin kısa süreli ve minimal olması nedeniyle uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerinin etkilenmemiş olabileceği düşünülmektedir. Gürültülü ortamlarda çalışan

bireylerde detaylı vestibüler değerlendirme ve bununla birlikte uzamsal görevlerin araştırması gürültü, vestibüler sistem ve uzamsal görevler arasındaki ilişkiyi daha net ortaya çıkarabilir.

Çalışmamızda, gürültünün insanlar üzerindeki etkileri ilk kez araştırılmış olup, günlük çalışma ortamında gürültü maruziyeti olan ve olmayan 18-40 yaş arasındaki bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri arasında fark olmadığı bulunmuştur. Ayrıca, günlük çalışma ortamında gürültü maruziyeti olup buna bağlı işitme kaybı olan ve olmayan bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri arasında fark olmadığı ve işitme kaybı gürültüye bağlı olan ve olmayan bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri arasında fark olmadığı çalışma bulgularında gösterilmiştir.

Çalışmamızda, günlük çalışma ortamında gürültüye maruz kalan bireylerin, uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerinin değerlendirildiği davranışsal bir test olan sanal Morris su labirenti testindeki performanslarında düşüş görülmemiştir. Bununla birlikte, davranışsal test skorlarında fark gözlenmese bile gürültünün oluşturabileceği işitsel ve vestibüler etkilerin, bu bireylerde yaşamın ilerleyen dönemlerinde bilişsel sistemleri etkileyebileceği ve sağlıklı yaşlanmaya engel olabileceği öngörülmektedir. Günlük çalışma ortamında gürültüye maruz kalan bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri değerlendirilirken yalnızca davranışsal testlerin kullanılması yerine görüntüleme yöntemleriyle sonuçların desteklenmesinin faydalı olabileceği düşünülmektedir. Günlük çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün bireyler üzerindeki etkilerini belirlemek ve bu bireylerin uygun müdahale/koruma programlarına zamanında yönlendirilmesini sağlamak için insanlar üzerinde yapılacak kontrollü ve geniş kapsamlı daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda günlük çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri üzerine olası etkilerini araştırılıp aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Günlük çalışma ortamında gürültü maruziyeti olan ve olmayan bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerinin değerlendirildiği sanal Morris su labirenti performansları arasında fark gözlenmemiştir.
2. Günlük çalışma ortamında gürültü maruziyeti olup buna bağlı işitme kaybı olan ve olmayan bireylerin uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerinin değerlendirildiği sanal su Morris labirenti performansları arasında fark gözlenmemiştir.
3. İşitme kaybı gürültüye bağlı olan ve olmayan bireylerde uzamsal öğrenme ve hafıza becerilerinin değerlendirildiği sanal Morris su labirenti performansları arasında fark gözlenmemiştir.
4. Çalışmaya 18-40 yaş arasında yetişkinler dahil edilmiştir. Çalışma ortamında günlük maruz kalınan gürültünün doğrudan ve dolaylı etkileri yaş ilerledikçe ve gerekli müdahale ile önlemler alınmadıkça ortaya çıkması öngörülmektedir.

Çalışma önerileri aşağıda sunulmuştur.

1. Günlük çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün uzamsal öğrenme ve hafıza becerileri üzerine etkileri daha geniş bir örneklem ve günlük maruz kalınan gürültü dozu hesaplanarak araştırılması önerilmektedir.
2. Günlük çalışama ortamında maruz kalınan gürültünün hipokampus ve diğer beyin bölgeleri üzerinde etkileri davranışsal test yöntemlerinin yanı sıra beyin görüntüleme yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi önerilmektedir.
3. Günlük çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün işitsel, vestibüler ve diğer sistemlerle bilişsel beceriler üzerine etkisini boylamsal araştırma deseni kullanılarak incelenmesi önerilmektedir.

4. Günlük alışma ortamında maruz kalınan gürültünün işitsel olmayan bilişsel testlerin yanı sıra işitsel bilişsel testler eklenilerek detaylı ve kontrollü araştırılması önerilmektedir.
5. Sanal gerçeklik gzlg tabanlı sanal Morris su labirenti testi sırasında, sanal gerçeklik gzlgnn oluşturabileceği problemleri en aza indirebilmek için farklı araştırma desenlerinin oluşturulması önerilmektedir.
6. Bilgisayar tabanlı ve sanal gerçeklik gzlg tabanlı sanal Morris su labirenti testi arasındaki farklılıkların araştırılıp insan çalışmalarında hangi yöntemin uygun olduğunun incelenmesi önerilmektedir.

## 7. KAYNAKÇA

1. Cui B, Zhu L, She X, Wu M, Ma Q, Wang T, et al. Chronic noise exposure causes persistence of tau hyperphosphorylation and formation of NFT tau in the rat hippocampus and prefrontal cortex. *Exp Neurol*. 2012;238(2):122-9.
2. Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*. 2014;383(9925):1325-32.
3. Passchier-Vermeer W, Passchier. Noise exposure and public health. *Environ Health Perspect*. 2000;108(suppl 1):123-31.
4. Szalma JL, Hancock. Noise effects on human performance: a meta-analytic synthesis. *Psychol Bull*. 2011;137(4):682.
5. Pourbakht A, Yamasoba T. Cochlear damage caused by continuous and intermittent noise exposure. *Hearing Research*. 2003;178(1-2):70-8.
6. Liu L, Shen P, He T, Chang Y, Shi L, Tao S, et al. Noise induced hearing loss impairs spatial learning/memory and hippocampal neurogenesis in mice. *Sci Rep*. 2016;6:20374.
7. Gabr T, Emara A. Chronic noise exposure: impact on the vestibular function. *Advanced Arab Academy of Audio-Vestibulogy Journal*. 2014;1(2).
8. Akdogan O, Selcuk A, Take G, Erdogan D, Dere H. Continuous or intermittent noise exposure, does it cause vestibular damage? An experimental study. *Auris Nasus Larynx*. 2009;36(1):2-6.
9. Willott JF, Lu S-MJS. Noise-induced hearing loss can alter neural coding and increase excitability in the central nervous system. *Science*. 1982;216(4552):1331-4.
10. Sun W, Zhang L, Lu J, Yang G, Landrie E, Salvi RJN. Noise exposure-induced enhancement of auditory cortex response and changes in gene expression. *Neuroscience* 2008;156(2):374-80.
11. Cheng L, Wang SH, Chen QC, Liao XM. Moderate noise induced cognition impairment of mice and its underlying mechanisms. *Physiol Behav*. 2011;104(5):981-8.
12. Henderson D, Bielefeld EC, Harris KC, Hu BH. The role of oxidative stress in noise-induced hearing loss. *Ear Hear*. 2006;27(1):1-19.
13. Ouis DJN, health. Exposure to nocturnal road traffic noise: Sleep disturbance its after effects. *Noise and Health* 1999;1(4):11.
14. Gan WQ, Davies HW, Demers PAJO, medicine e. Exposure to occupational noise and cardiovascular disease in the United States: the National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2004. 2011;68(3):183-90.
15. Zeydabadi A, Askari J, Vakili M, Mirmohammadi SJ, Ghovveh MA, Mehrparvar AH. The effect of industrial noise exposure on attention, reaction time, and memory. *Int Arch Occup Environ Health*. 2019;92(1):111-6.

16. Shukla M, Mani KV, Deepshikha, Shukla S, Kapoor N. Moderate noise associated oxidative stress with concomitant memory impairment, neuro-inflammation and neurodegeneration. *Brain, Behavior, & Immunity - Health*. 2020;5.
17. Haines MM, Stansfeld SA, Job RS, Berglund B, Head JJ. Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. *Psychol Med*. 2001;31(2):265.
18. Manikandan S, Padma MK, Srikumar R, Jeya Parthasarathy N, Muthuvel A, Sheela Devi R. Effects of chronic noise stress on spatial memory of rats in relation to neuronal dendritic alteration and free radical-imbalance in hippocampus and medial prefrontal cortex. *Neurosci Lett*. 2006;399(1-2):17-22.
19. Melamed S, Luz J, Green MS. Noise exposure, noise annoyance and their relation to psychological distress, accident and sickness absence among blue-collar workers--the Cordis Study Israel journal of medical sciences. 1992;28(8-9):629-35.
20. Eichenbaum H. Hippocampus: cognitive processes and neural representations that underlie declarative memory. *Neuron*. 2004;44(1):109-20.
21. Morris RG, Garrud P, Rawlins Ja, O'Keefe JJ. Place navigation impaired in rats with hippocampal lesions. *Nature*. 1982;297(5868):681-3.
22. Astur RS, Ortiz ML, Sutherland RJ. A characterization of performance by men and women in a virtual Morris water task: a large and reliable sex difference. *Behav Brain Res*. 1998;93(1-2):185-90.
23. Astur RS, Taylor LB, Mamelak AN, Philpott L, Sutherland RJ. Humans with hippocampus damage display severe spatial memory impairments in a virtual Morris water task. *Behav Brain Res*. 2002;132(1):77-84.
24. Brandt T, Schautzer F, Hamilton DA, Bruning R, Markowitsch HJ, Kalla R, et al. Vestibular loss causes hippocampal atrophy and impaired spatial memory in humans. *Brain*. 2005;128(Pt 11):2732-41.
25. Bartsch T, Schönfeld R, Müller F, Alfke K, Leplow B, Aldenhoff J, et al. Focal lesions of human hippocampal CA1 neurons in transient global amnesia impair place memory. *Science*. 2010;328(5984):1412-5.
26. Herting MM, Nagel BJ. Aerobic fitness relates to learning on a virtual Morris Water Task and hippocampal volume in adolescents. *Behav Brain Res*. 2012;233(2):517-25.
27. Breinbauer HA, Contreras MD, Lira JP, Guevara C, Castillo L, Ruedlinger K, et al. Spatial Navigation Is Distinctively Impaired in Persistent Postural Perceptual Dizziness. *Front Neurol*. 2019;10:1361.
28. Lin FR, Yaffe K, Xia J, Xue QL, Harris TB, Purchase-Helzner E, et al. Hearing loss and cognitive decline in older adults. *JAMA Intern Med*. 2013;173(4):293-9.
29. Wayne RV, Johnsrude IS. A review of causal mechanisms underlying the link between age-related hearing loss and cognitive decline. *Ageing Res Rev*. 2015;23(Pt B):154-66.

30. Kraus KS, Canlon B. Neuronal connectivity and interactions between the auditory and limbic systems. Effects of noise and tinnitus. *Hear Res.* 2012;288(1-2):34-46.
31. Chen YC, Yong W, Xing C, Feng Y, Haidari NA, Xu JJ, et al. Directed functional connectivity of the hippocampus in patients with presbycusis. *Brain Imaging Behav.* 2020;14(3):917-26.
32. O'Mara SJJoa. The subiculum: what it does, what it might do, and what neuroanatomy has yet to tell us. 2005;207(3):271-82.
33. Kraus KS, Mitra S, Jimenez Z, Hinduja S, Ding D, Jiang H, et al. Noise trauma impairs neurogenesis in the rat hippocampus. *Neuroscience.* 2010;167(4):1216-26.
34. Cheng L, Wang SH, Huang Y, Liao XM. The hippocampus may be more susceptible to environmental noise than the auditory cortex. *Hear Res.* 2016;333:93-7.
35. Bilgiç E, Sadıkoğlu E. Gürültü ve Titreşim (UME 94-008). Tubitak Ume Yayınları: Gebze : Ulusal Metroloji Enstitüsü; 1994.
36. Haughton P. Acoustics for audiologists. Acoustical Society of America; 2002.
37. Zeren MA. Müzik fiziği: Pan Yayıncılık; 2003.
38. Sataloff RT, Sataloff J. Occupational hearing loss: CRC Press; 2006.
39. Rossing T. Springer handbook of acoustics: Springer Science & Business Media; 2007.
40. Rawool V. Hearing conservation: In occupational, recreational, educational, and home settings: Thieme; 2011.
41. Damaske P. Acoustics and Hearing: Springer Science & Business Media; 2008.
42. Katz J, Chasin M, English KM, Hood LJ, Tillery KL. Handbook of Clinical Audiology: Wolters Kluwer Health; 2015.
43. Qu W, Shao H, Zhang H, Yi J, Song A, Shan Y, et al. Influence of Occupational Noise Exposure on Cognitive Ability of Grinders. *Open Journal of Applied Sciences.* 2016;06(08):534-8.
44. Safety OJOS, Health Administration O. Health Standards, General Industry,(29 CFR 1910). 1983;2206.
45. NIOSH JJNifOS, Health W, DC. Criteria for a recommended standard: occupational noise exposure, revised criteria 1998. 1998:24.
46. Jahrsdoerfer RJOCO NA. The effects of impulse noise on the eardrum and middle ear. *Otolaryngol Clin North Am.* 1979;12(3):515-20.
47. Henderson D, Hamernik RJTJotASoA. Impulse noise: critical review. *J Acoust Soc. Am.* 1986;80(2):569-84.
48. Nordmann AS, Bohne BA, Harding GWJHr. Histopathological differences between temporary and permanent threshold shift. *Hearing Research.* 2000;139(1-2):13-30.



49. Wang Y, Hirose K, Liberman MC. Dynamics of noise-induced cellular injury and repair in the mouse cochlea. *J Assoc Res Otolaryngol*. 2002;3(3):248-68.
50. Patuzzi R. Non-linear aspects of outer hair cell transduction and the temporary threshold shifts after acoustic trauma. *Audiol Neurootol*. 2002;7(1):17-20.
51. Fridberger A, Flock A, Ulfendahl M, Flock B. Acoustic overstimulation increases outer hair cell Ca<sup>2+</sup> concentrations and causes dynamic contractions of the hearing organ. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1998;95(12):7127-32.
52. Hawkins JE, Jr. The role of vasoconstriction in noise-induced hearing loss. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1971;80(6):903-13.
53. Hamernik RP, Turrentine G, Wright CGJHr. Surface morphology of the inner sulcus and related epithelial cells of the cochlea following acoustic trauma. *Hear Res*. 1984;16(2):143-60.
54. Kim J, Morest DK, Bohne BA. Degeneration of axons in the brainstem of the chinchilla after auditory overstimulation. *Hear Res*. 1997;103(1-2):169-91.
55. Fetoni AR, De Bartolo P, Eramo SL, Rolesi R, Paciello F, Bergamini C, et al. Noise-induced hearing loss (NIHL) as a target of oxidative stress-mediated damage: cochlear and cortical responses after an increase in antioxidant defense. *J Neurosci*. 2013;33(9):4011-23.
56. Robertson. Functional significance of dendritic swelling after loud sounds in the guinea pig cochlea. *Hear Res*. 1983;9(3):263-78.
57. Spöndlin, Nasen- und Kehlkopfheilkunde. Degeneration behaviour of the cochlear nerve. *Archiv für klinische und experimentelle Ohren-, Nasen- und Kehlkopfheilkunde*. 1971;200(4):275-91.
58. Salvi RJ, Wang J, Ding. Auditory plasticity and hyperactivity following cochlear damage. *Hear Res*. 2000;147(1-2):261-74.
59. Salvi R, Saunders S, Gratton M, Arehole S, Powers. Enhanced evoked response amplitudes in the inferior colliculus of the chinchilla following acoustic trauma. *Hear Res*. 1990;50(1-2):245-57.
60. Kaltenbach JA, Czaja JM, Kaplan. Changes in the tonotopic map of the dorsal cochlear nucleus following induction of cochlear lesions by exposure to intense sound. *Hear Res* 1992;59(2):213-23.
61. Öhrström E, Skånberg A, Svensson H, Gidlöf-Gunnarsson. Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. *Int. J. Environ Res Public Health* 2006;295(1-2):40-59.
62. Babisch WJN, Health. Cardiovascular effects of noise. 2011;13(52):201.
63. Zhao Y, Zhang S, Selvin S, Spear, Medicine E. A dose response relation for noise induced hypertension. *Br J Int Med*. 1991;48(3):179-84.
64. Lang T, Fouriaud C, Jacquinet-Salord. Health e. Length of occupational noise exposure and blood pressure. *Int Arch Occup Environ Health*. 1992;63(6):369-72.

65. Rosenlund M, Berglind N, Pershagen G, Järup L, Bluhm GJO, medicine e. Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise. 2001;58(12):769-73.
66. Babisch W, Ising H, Gallacher JE, Sweetnam PM, Elwood. Traffic noise and cardiovascular risk: the Caerphilly and Speedwell studies, third phase-10-year follow up. Arch Environ Health 1999;54(3):210-6.
67. Stansfeld S, Haines M, Brown. Noise and health in the urban environment. Rev Environ Health. 2000;15(1-2):43-82.
68. Alimohammadi I, Kanrash FA, Abolghasemi J, Shahbazi A, Afrazandeh H, Rahmani, et al. Combined Effect of Noise and Smoking on the Cognitive Performance of Automotive Industry Workers. Basic Cli Neurosci. 2019;10(5):515.
69. JAFARI Z, Toufan R, Aghamollaei M, EBRAHIMZADEH S, Esmaili M. Impact of industrial noise-induced hearing disorders on workers cognition and auditory memory. 2013.
70. Muzet AJSmr. Environmental noise, sleep and health. 2007;11(2):135-42.
71. Shupak A, Bar-El E, Podoshin L, Spitzer O, Gordon C, Ben-David. Vestibular findings associated with chronic noise induced hearing impairment. Acta Otolaryngol. 1994;114(6):579-85.
72. Shepherd GM. The synaptic organization of the brain: Oxford university press; 2004.
73. Cui B, Wu M, She X. Effects of chronic noise exposure on spatial learning and memory of rats in relation to neurotransmitters and NMDAR2B alteration in the hippocampus. J Occup Health. 2009;51(2):152-8.
74. Hirano Y, Fujita M, Watanabe K, Niwa M, Takahashi T, Kanematsu M, et al. Effect of unpleasant loud noise on hippocampal activities during picture encoding: an fMRI study. Brain Cogn. 2006;61(3):280-5.
75. Tolman ECJPr. Cognitive maps in rats and men. 1948;55(4):189.
76. O'Keefe J, Dostrovsky. The hippocampus as a spatial map: Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. Brain Res. 1971.
77. O'keefe J, Nadel L. The hippocampus as a cognitive map: Oxford: Clarendon Press; 1978.
78. Eichenbaum H, Cohen NJN. Can we reconcile the declarative memory and spatial navigation views on hippocampal function? 2014;83(4):764-70.
79. Iaria G, Petrides M, Dagher A, Pike B, Bohbot. Cognitive strategies dependent on the hippocampus and caudate nucleus in human navigation: variability and change with practice. Journal of Neuroscience 2003;23(13):5945-52.
80. Marchette SA, Bakker A, Shelton. Cognitive mappers to creatures of habit: differential engagement of place and response learning mechanisms predicts human navigational behavior. J. Neurosci. 2011;31(43):15264-8.

81. Sharma S, Rakoczy S, Brown-Borg. Assessment of spatial memory in mice. 2010;87(17-18):521-36.
82. Laczó J, Andel R, Vyhnalek M, Vlcek K, Magerova H, Varjassyova A, et al. Human analogue of the morris water maze for testing subjects at risk of Alzheimer's disease. *Neuro-degenerative diseases*. 2010;7(1-3):148-52.
83. Hanlon FM, Weisend MP, Hamilton DA, Jones AP, Thoma RJ, Huang M, et al. Impairment on the hippocampal-dependent virtual Morris water task in schizophrenia. *Schizophrenia Res*. 2006;87(1-3):67-80.
84. Selekler K, CANGÖZ B, Uluc S. Power of discrimination of Montreal Cognitive Assessment (MOCA) scale in Turkish patients with mild cognitive impairment and alzheimer's disease. 2010.
85. Moser E, Moser M-B, Andersen PJJon. Spatial learning impairment parallels the magnitude of dorsal hippocampal lesions, but is hardly present following ventral lesions. 1993;13(9):3916-25.
86. Maguire EA, Gadian DG, Johnsrude IS, Good CD, Ashburner J, Frackowiak , et al. Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. 2000;97(8):4398-403.
87. Weisberg SM, Newcombe NS, Chatterjee A. Everyday taxi drivers: Do better navigators have larger hippocampi? *Cortex*. 2019;115:280-93.
88. Piber D, Schultebrucks K, Mueller SC, Deuter CE, Wingenfeld K, Otte C. Mineralocorticoid receptor stimulation effects on spatial memory in healthy young adults: A study using the virtual Morris Water Maze task. *Neurobiol Learn Mem*. 2016;136:139-46.
89. Commins S, Duffin J, Chaves K, Leahy D, Corcoran K, Caffrey M, et al. NavWell: A simplified virtual-reality platform for spatial navigation and memory experiments. *Behavior Research Methods*. 2020;52(3):1189-207.
90. Schneider CB, Linse K, Schönfeld R, Brown S, Koch R, Reichmann H, et al. Spatial learning deficits in Parkinson's disease with and without mild cognitive impairment. *Parkinsonism & Related Disorders*. 2017;36:83-8.
91. Daugherty AM, Bender AR, Yuan P, Raz NJCC. Changes in search path complexity and length during learning of a virtual water maze: age differences and differential associations with hippocampal subfield volumes. 2016;26(6):2391-401.
92. Laczó J, Vlček K, Vyhnálek M, Vajnerová O, Ort M, Holmerová I, et al. Spatial navigation testing discriminates two types of amnesic mild cognitive impairment. *Bhav Brain Res*. 2009;202(2):252-9.
93. Traykov L, Raoux N, Latour F, Gallo L, Hanon O, Baudic S, et al. Executive functions deficit in mild cognitive impairment. *Cog Behav Neurol*. 2007;20(4):219-24.
94. Reinvang I, Grambaite R, Espeseth TJIjoAsd. Executive dysfunction in MCI: Subtype or early symptom. 2012;2012.

95. Korthauer LE, Nowak NT, Frahm M, Driscoll I. Cognitive correlates of spatial navigation: Associations between executive functioning and the virtual Morris Water Task. *Behavioural Brain Research*. 2017;317:470-8.
96. Moffat SD, Kennedy KM, Rodrigue KM, Raz N. Extrahippocampal contributions to age differences in human spatial navigation. *Cerebral cortex* (New York, NY : 1991). 2007;17(6):1274-82.
97. Irgens-Hansen K, Gundersen H, Sunde E, Baste V, Harris A, Bråtveit M, et al. Noise exposure and cognitive performance: a study on personnel on board Royal Norwegian Navy vessels. *Noise Health* 2015;17(78):320.
98. Hirano Y, Fujita M, Watanabe K, Niwa M, Takahashi T, Kanematsu M, et al. Effect of unpleasant loud noise on hippocampal activities during picture encoding: An fMRI study. *Brain and Cognition*. 2006;61(3):280-5.
99. Wright B, Peters E, Ettinger U, Kuipers E, Kumari VJN, Health. Understanding noise stress-induced cognitive impairment in healthy adults and its implications for schizophrenia. *Noise Health* 2014;16(70):166-76.
100. Chengzhi C, Yan T, Xuejun J, Xiang L, Youbin Q, Baijie TJJooh. Recovery of chronic noise exposure induced spatial learning and memory deficits in young male Sprague-Dawley rats. *J. Occup Health* 2011;1103110178-.
101. Roy RAJGJoO. Auditory working memory: A comparison study in adults with normal hearing and mild to moderate hearing loss. 2018;13(3):1-14.
102. Shahidipour Z, Geshani A, Jafari Z, Jalaie S, Khosravifard EJIjoo. Auditory memory deficit in elderly people with hearing loss. 2013;25(72):169.
103. Uchida Y, Sugiura S, Nishita Y, Saji N, Sone M, Ueda H. Age-related hearing loss and cognitive decline — The potential mechanisms linking the two. *Auris Nasus Larynx*. 2019;46(1):1-9.
104. Dobbels B, Peetermans O, Boon B, Mertens G, Van de Heyning P, Van Rompaey, et al. Impact of bilateral vestibulopathy on spatial and nonspatial cognition: a systematic review. *Ear and Hear*. 2019;40(4):757-65.
105. Dobbels B, Mertens G, Gilles A, Moyaert J, van de Berg R, Fransen E, et al. The virtual morris water task in 64 patients with bilateral vestibulopathy and the impact of hearing status. *Front. Neurol*. 2020;11:710.
106. Hüfner K, Hamilton DA, Kalla R, Stephan T, Glasauer S, Ma J, et al. Spatial memory and hippocampal volume in humans with unilateral vestibular deafferentation. *Hippocampus* 2007;17(6):471-85.

## 8. EKLER

### EK-1 Etik Kurul İzin Belgesi



**T.C.**  
**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557 -2021

Konu : ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

**Toplantı Tarihi** : 05 KASIM 2019 SALI  
**Toplantı No** : 2019/26  
**Proje No** : GO 19/964 (Değerlendirme Tarihi: 01.10.2019)  
**Karar No** : 2019/26-21

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Songül AKSOY'un sorumlu araştırmacı olduğu, Dr. Ody. Büşra ALTIN ile birlikte çalışacakları ve Ody. Mert HÜVİYETLİ'nin yüksek lisans tezi olan, GO 19/964 kayıt numaralı, **"Sanal Gerçeklik Ortamında Uzamsal Öğrenme ve Hafıza Görevlerinin Gürültülü Ortamlarda Çalışan Yetişkinlerde Araştırılması"** başlıklı proje önerisi araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, 06 Kasım 2019-01 Aralık 2021 tarihleri arasında geçerli olmak üzere etik açıdan **uygun bulunmuştur**. Çalışma tamamlandığında sonuçlarını içeren bir rapor örneğinin Etik Kurulumuza gönderilmesini gerekmektedir.

1. Prof. Dr. Ayşe Lale DOĞAN	(Başkan)	9. Doç. Dr. Fatma Visal OKUR	(Üye)
İZİNLİ		İZİNLİ	
2. Prof. Dr. Sevda F. MÜFTÜOĞLU	(Üye)	10. Doç. Dr. Can Ebru KURT	(Üye)
3. Prof. Dr. M. Yıldırım SAK	(Üye)	11. Doç. Dr. H. Hüsrev TURNAGÖL	(Üye)
4. Prof. Dr. Naciye SAĞLAM	(Üye)	12. Dr. Öğr. Üyesi Özay GÖKÖZ	(Üye)
5. Prof. Dr. Mintaze Kerem GÜNEL	(Üye)	13. Dr. Öğr. Üyesi Müge DEMİR	(Üye)
6. Prof. Dr. Oya Nuran EMİROĞLU	(Üye)	14. Öğr. Gör. Dr. Meltem ŞENGELEN	(Üye)
7. Prof. Dr. M. Özgür UYANIK	(Üye)	15. Av. Meltem ONURLU	(Üye)
8. Doç. Dr. Gözde GİRGİN	(Üye)		

**EK-2 Demografik Bilgi Formu****Demografik Bilgi Formu****1- KİŞİSEL BİLGİLER:**

Katılımcı No:

Doğum Tarihi : / /

Yaşı:

Cinsiyeti:

**2- GÜRÜLTÜ MARUZİYET HİKAYESİ**

Mevcut işinizde gürültüye maruz kalıyor musunuz?

Hayır  Evet 

Cevabınız evet ise;

Bu gürültünün kaynağı, maruz kaldığınız süre:

.....dk .....sa .....gün .....ay .....yıl

Kulak koruyucu kullanımı:

**3- OYUN OYNAMA VE OYUN KONSOLU KULLANMA HİKAYESİ**

Aşağıda belirten soruları kendinize göre derecelendiriniz.

1: Asla 2: Bazen 3: Ayda 4:Hafta 5: 2-3 günde bir 6:Hergün

Oyun oynama sıklığını belirtiniz.(1 ile 6 arasında bir sayı veriniz)

Oyun konsolu kullanma sıklığını belirtiniz.(1 ile 6 arasında bir sayı veriniz)

## EK-3 Montreal Bilişsel Değerlendirme Testi

## Montreal Bilişsel Değerlendirme

### Montreal Cognitive Assessment (MoCA)

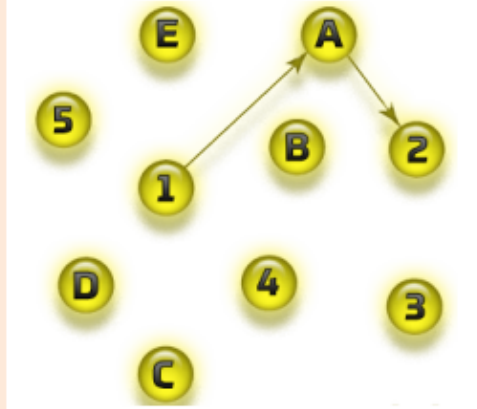
Hastanın Adı Soyadı: \_\_\_\_\_

Tarih: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Montreal Bilişsel Değerlendirme (MoCA), hafif bilişsel bozukluk için hızlı bir tarama testi olarak geliştirilmiştir. Bu test ile dikkat ve konsantrasyon, yürütücü işlevler, bellek, lisan, görsel yapılandırma becerileri, soyut düşünce, hesaplama ve yönelim olmak üzere 8 farklı bilişsel işlev değerlendirilmektedir. MoCA'nın uygulaması yaklaşık 10 dakika sürer. Testten alınabilecek en yüksek toplam puan 30'dur. Buna göre 21 puan ve üstünde alınan puan normal olarak değerlendirilir.

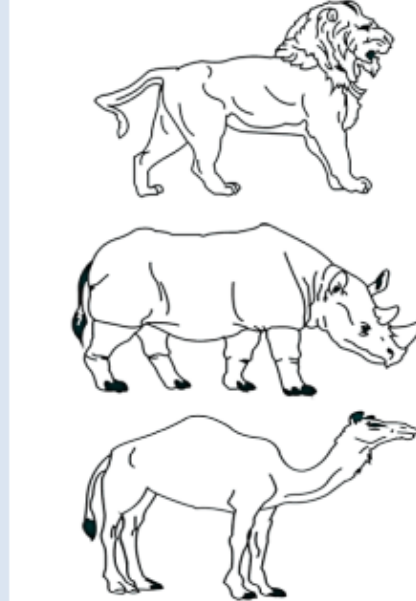
Lütfen '1' den başlayarak bir sayı bir harf sırası ile birbirini izleyen sayı ve harfleri bir çizgi ile birleştirin.

1



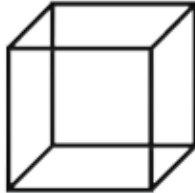
Soldan başlayarak bu hayvanların ismini söyleyin (doğru bilinen her hayvan ismi için 1 puan).

4



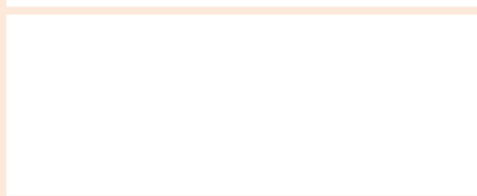
Bu şekli olabildiğince hızlı bir şekilde yandaki boşluğa çizin (Çizim üç boyutlu olmalı, Tüm çizgiler çizilmiş (tamam) olmalı, fazladan çizgi eklenmemiş olmalı, çizgiler görece paralel ve benzer uzunlukta olmalı; dikdörtgenler prizması kabul edilir.)

2



Bir saat çizin. Saatin tüm rakamlarını yazın ve saat 11' i 10 geçeyi göstereyin (çerçeve 1 puan, rakamlar 1 puan, akrep ve yelkovan 1 puan).

3



Bu bir bellek (hafıza) testidir. Size bir kelime listesi okuyacağım ve bu listedeki kelimeleri şimdi ve daha sonra hatırlamanızı isteyeceğim. Dikkatle dinleyin. Okumayı bitirdiğimde hatırlayabildiğiniz kadar çok kelimeyi bana söyleyin. Kelimeleri hangi sırada söylediğiniz önemli değildir. (Katılımcının söylediği her kelime için ilgili kutuya bir işaret (x) koyun.) Size aynı listeyi ikinci kez okuyacağım. Hatırlamaya çalışın ve ilk denemede söylediğiniz kelimeleri de kapsayacak şekilde, bana hatırlayabildiğiniz kadar çok kelime söyleyin. (Katılımcının söylediği her kelime için ilgili kutuya ilave bir işaret (x) koyun.)

5

'Testin sonunda sizden bu kelimeleri hatırlamanızı isteyeceğim' deyin.

Burun

Kadife

Cami

Papatya

Mor

## Montreal Bilişsel Değerlendirme Sayfa-2

**6** Size bazı rakamlar söyleyeceğim, ben bitirdikten sonra, söylemiş olduğum rakamları sıra ile tekrar edin

<sub>1</sub> 2 1 8 5 4

+

Şimdi başka sayılar söyleyeceğim, ancak bu kez ben bitirdikten sonra sayıları ters sırada tekrar edin

<sub>1</sub> 7 4 2

Size bir dizi harf okuyacağım. A harfini her söylediğimde, elinizi masaya vurun. Eğer farklı bir harf söylersem, elinizi masaya vurmayın. (1 hata yapabilir)

<sub>1</sub> F B A C M N A A J K L B A F A K D E A A A J A M O F A A B

+

Şimdi sizden ben durun diyene kadar 100'den 7 çıkartarak saymanızı istiyorum. (2-3 doğru yanıt için 2 puan ve 4-5 doğru yanıt için 3 puan; yanlış saydıktan sonra doğru devam etmişse de doğrular toplanır.)

<sub>1</sub> <sub>2</sub> <sub>3</sub>

100	93	86	79	72
-----	----	----	----	----

Size bir cümle okuyacağım. Ben cümleyi okuduktan sonra aynen tekrarlayın. Şimdi söyleyin "Tek bildiğim bugün yardıma ihtiyacı olan kişinin Ahmet olduğudur." (Yanıtın ardından); Şimdi size bir başka cümle okuyacağım, ben cümleyi okuduktan sonra aynen tekrarlayın.

<sub>1</sub> "Köpekler odadayken, kedi hep kanepenin altına saklanırdı".

<sub>2</sub> Tekrar tam ve doğru olmalıdır. İhmal edilerek atlanmış, yerine kullanılmış, eklenmiş kelimelerden kaynaklanan hatalara dikkat edin (Örn., ihmal edilebilecek kelimeler: 'tek', 'hep', yerine geçebilecek kelimeler: 'gizlenirdi', 'gizlenmek' ve eklenen kelimeler: Köpekler odadayken, kedi hep kanepenin altına 'korkuyla' saklanırdı).

Sizden bir dakika içinde biraz sonra vereceğim harfle başlayan, olabildiğince çok sayıda kelime söylemenizi istiyorum. Ahmet, İzmir gibi özel isimlerle, rakamlar veya aynı kökten türetilmiş isimler dışında istediğiniz her türlü kelimeyi söyleyebilirsiniz. Bir dakika dolduğunda size dur diyeceğim. Hazır mısınız? Şimdi bana K harfi ile başlayan olabildiğince çok sayıda kelime söyleyin (60 saniye süre tutulur). Durun'.

<sub>1</sub>

60 saniye içinde 11 veya daha fazla sayıda kelime üretildi ise 1 puan verin. Katılımcının yanıtlarını test formunun altındaki boşluğa kaydedin.

Bana portakal ve muz arasındaki benzerliği söyleyin' denir. Eğer katılımcının yanıtı istendiği gibi olmazsa, ek süre vererek, 'Bana bu maddelerin başka bir benzerliğini söyleyin' denir. Eğer katılımcı istenen yanıtı (meyve) vermiyorsa, 'Evet bunların ikisi de meyve' deyin. Daha fazla açıklama yapmayın.

<sub>1</sub> Her madde çiftine verilen doğru yanıt:1 puan

<sub>2</sub>

Tren	Bisiklet	ulaşım aracı, seyahat edilir, her ikisine de binilip gezilir benzeri (tekerlekleri var yanlış)
Saat	Cetvel	ölçü araçları, ölçmek için benzeri (sayılar var yanlış)

**10** Gecikmeli hatırlama; Size daha önce bazı kelimeler okumuştum. Sizden o kelimeleri hatırlamanızı ve söylemenizi istiyorum. Hatırlayabildiğiniz kelimeleri söyleyin'. (Hiçbir ipucu olmaksızın spontan olarak doğru hatırlanmış her bir kelime için ilgili bölüme işaret konur.)

<sub>1</sub> <sub>2</sub> <sub>3</sub> <sub>4</sub> <sub>5</sub>

Burun <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Kadife <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Cami <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>
Papatya <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Mor <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	

**Seçmeli;** Size daha önce bazı kelimeler okumuştum. Sizden o kelimeleri hatırlamanızı ve söylemenizi istiyorum. Hatırlayabildiğiniz kelimeleri söyleyin'. (Hiçbir ipucu olmaksızın spontan olarak doğru hatırlanmış her bir kelime için ilgili bölüme işaret konur.)

BURUN ipucu: vücut bölümü	KADİFE ipucu: kumaş türü
CAMI ipucu: bina türü	PAPATYA ipucu: çiçek türü
MOR ipucu: bir renk	

İpuçlarına rağmen hala hatırlamıyorsa, izleyen yönerge verilir. 'Biraz sonra sayacağım kelimelerden hangisi daha önce sunulmuştu hatırlıyor musunuz? burun-yüz-el | ipek-pamuklu-kadife | cami-okul-hastane | gül-papatya-lale | mor-mavi-yeşil

İpucu yardımıyla hatırlanan kelimelere puan verilmez. İpuçları sadece klinik olarak bilgi edinmek ve klinisyene bellek bozukluğunun türü hakkında ek bilgi sağlamak amacıyla kullanılır. Katılımcı ipucuyla hatırlayabiliyorsa, geri getirmeye bağlı, ipucuna rağmen hatırlamıyorsa, kodlamaya bağlı bir bellek bozukluğu düşünülür.

Bana bugünün tarihini söyleyin.' Eğer katılımcı tam bir yanıt veremezse, ek olarak 'Bana (gün, ay, yıl ve haftanın hangi günü) söyleyin' denir. Ardından, 'Şimdi bana bulunduğumuz yerin ve bulunduğumuz şehrin adını söyleyin'. (Doğru her bir yanıt için 1 puan verin. Katılımcı tarih ve yeri net ve açık (hastanenin, kliniğin, ofisin, kurumun adı) olarak söylemelidir. Katılımcı tarihin herhangi bir biriminde hata yaparsa puan verilmeyin.)

<sub>1</sub> <sub>2</sub> <sub>3</sub> <sub>4</sub> <sub>5</sub> <sub>6</sub>

Gün <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Ay <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Yıl <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>
Günlerden ne <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Buranın adı <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Şehrin adı <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>

Nasreddine ZS, Phillips NA (2005) J Am Geriatr Soc. 2005 Apr;53(4):695-9

**Toplam Puan (0-30):** ..... (>21 normal)



www.ftronline.com

Tasarım ve düzenleme: Dr. Ender Salbaş 2016



## EK-4 Sanal Morris Su Labirenti Testi Anlatım Formu

### SANAL MORRIS SU LABİRENTİ TESTİ ANLATIM FORMU

Hoş geldiniz. Çalışmamıza katıldığınız için teşekkür ederiz. Bu çalışmada sizin **belirli bir bölge içerisinde yön bulma becerilerinizi** değerlendireceğiz.

Çalışmamızda sanal gerçeklik gözlüğü yardımıyla sanal bir havuz ortamı oluşturuldu.

Bu havuz ortamında oyun konsollarını kullanarak hareket edebilirsiniz.

Havuzun kenarlarına yerleştirilen dört farklı şekilde hangi yöne gittiğinizi ve havuzun neresinde olduğunuzu belirleyebilirsiniz.

Çalışmamız 3 aşamadan oluşmaktadır.

#### 1. Aşama: Oyun kolunu kullanma, aşinalık kazanma

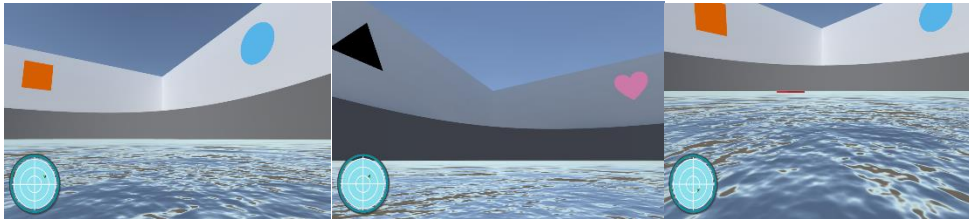
Birinci aşamada havuz içerisinde oyun kolunu kullanarak nasıl hareket edeceğinizi benim yardımımla öğreneceksiniz. İleri aşamalarda bu beceriye ihtiyacımız olacak, bu yüzden lütfen dikkatli bir şekilde dinleyiniz. Anlamadığınız herhangi bir şey olursa sormaya çekinmeyiniz, bu aşamayı iyi kavramanız çalışmanın ileri aşamaları için önemlidir.

#### 2. Aşama: Sabit Kırmızı Platforma Ulaşma x4

İkinci aşamada havuzun içerisine sabit duran kırmızı bir platform yerleştirildi (ŞEKİL 3). Sizden istenilen test başladığı zaman en kısa sürede ve en kısa yoldan hareket ederek kırmızı platforma ulaşmanızdır. Bu aşamada toplam 4 deneme yapılacaktır.

#### 3. Aşama: Sabit Görünmez Platformu Bulma x16

Bu aşamada kırmızı platform havuzun içinde görünmez olarak saklanacaktır ve uygulama boyunca yeri sabit kalacaktır. Sizden istenilen gizlenmiş sabit platformu havuz içerisinde dolaşarak en kısa sürede ve en kısa yoldan bulmanızdır. Platform, yanından geçtiğinizde veya yaklaştığınızda görünür olacaktır. Toplam 16 deneme yapılacaktır. Her denemeden sonra 10 saniyelik dinlenme süreniz bulunmaktadır. Dinlenme süresince sabit platformun yerini havuz kenarlarına yerleştirilen 4 farklı şeklin yardımıyla öğrenebilirsiniz.



## EK-5 Tez Çalışması Orijinallik Raporu

### Sanal Gerçeklik Ortamında Uzamsal Öğrenme ve Hafıza Görevlerinin Gürültülü Ortamlarda Çalışan Yetişkinlerde Araştırılması

#### ORJİNALLİK RAPORU

% <b>4</b>	% <b>3</b>	% <b>1</b>	% <b>1</b>
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

#### BİRİNCİL KAYNAKLAR

<b>1</b>	<a href="http://www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080">www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080</a> İnternet Kaynağı	% <b>2</b>
<b>2</b>	Submitted to Hacettepe University Öğrenci Ödevi	<% <b>1</b>
<b>3</b>	BERKTAŞ, Fatih, KIROĞLU, Olcay and AKSU, Fazilet. "Antidepresan İlaçların Öğrenme ve Bellek Mekanizmasına Etkileri", Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, 2017. Yayın	<% <b>1</b>
<b>4</b>	<a href="http://openaccess.hacettepe.edu.tr:8080">openaccess.hacettepe.edu.tr:8080</a> İnternet Kaynağı	<% <b>1</b>
<b>5</b>	Submitted to Baskent University Öğrenci Ödevi	<% <b>1</b>
<b>6</b>	<a href="http://jag.journalagent.com">jag.journalagent.com</a> İnternet Kaynağı	<% <b>1</b>
<b>7</b>	<a href="http://tjtes.org">tjtes.org</a> İnternet Kaynağı	<% <b>1</b>

## Ek-6 Turnitin Dijital Makbuz



### Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen: Mert Huviyetli  
Ödev başlığı: Sanal Gerçeklik Ortamında Uzamsal Öğrenme ve Hafıza Gör...  
Gönderi Başlığı: Sanal Gerçeklik Ortamında Uzamsal Öğrenme ve Hafıza Gör...  
Dosya adı: It\_Ortamlarda\_al\_an\_Yeti\_kinlerde\_Ara\_t\_r\_lmas\_-Turnitin.d...  
Dosya boyutu: 1.56M  
Sayfa sayısı: 43  
Kelime sayısı: 7,929  
Karakter sayısı: 55,613  
Gönderim Tarihi: 07-Ara-2021 09:35ÖÖ (UTC+0300)  
Gönderim Numarası: 1723159445

T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SANAL GERÇEKLIK ORTAMINDA UZAMSAL ÖĞRENME VE  
HAFIZA GÖREVLERİNİN GÜRÜLTÜLÜ ORTAMLARDA  
ÇALIŞAN YETİŞKİNLERDE ARAŞTIRILMASI

Uzm. Öğr. Mert HUVİYETLİ

Öğrenci Programı  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA  
2021

## 9. ÖZGEÇMİŞ