

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

**İŞİTME KAYBI OLAN BİREYLERİN FARKLI DİNLEME  
KOŞULLARINDAKİ EEG VE ERP BULGULARI**

**Uzm. Ody. Ebru ZEREN**

**Odyoloji Programı  
Yüksek Lisans Tezi**

**ANKARA**

**2019**

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

**İŞİTME KAYBI OLAN BİREYLERİN FARKLI DİNLEME**  
**KOŞULLARINDAKİ EEG VE ERP BULGULARI**

**Uzm. Ody. Ebru ZEREN**

**Odyoloji Programı**  
**Yüksek Lisans Tezi**

**TEZ DANIŞMANI**

**Doç. Dr. Meral Didem TÜRKİYILMAZ**

**İKİNCİ DANIŞMANI**

**Dr. Öğr. Üyesi Nurhan ERBİL**

**ANKARA**

**2019**

## ONAY SAYFASI

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞİTME KAYBI OLAN BİREYLERİN FARKLI DİNLEME KOŞULLARINDAKİ EEG VE ERP  
BULGULARI

Öğrenci: Ebru ZEREN

Danışman: Doç. Dr. Meral Didem TÜRKİYILMAZ

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nurhan ERBİL

Bu tez çalışması 11.09.2019 tarihinde jürimiz tarafından "Odyoloji Programı" nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:

Prof. Dr. Gonca SENNAROĞLU  
Hacettepe Üniversitesi

(imza)

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Meral Didem TÜRKİYILMAZ  
Hacettepe Üniversitesi

(imza)

Üye:

Prof. Dr. Songül AKSOY  
Hacettepe Üniversitesi

(imza)

Üye:

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet YARALI  
Hacettepe Üniversitesi

(imza)

Üye:

Dr. Öğr. Üyesi Şule KAYA  
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

(imza)

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

13 Eylül 2019

Prof. Dr. Diclehan Orhan  
Enstitü Müdürü

## YAYINLAMA 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, tezimin 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 tezimin 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 tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. <sup>(1)</sup>
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir. <sup>(2)</sup>
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. <sup>(3)</sup>

..11.09.2019

(İmza)

Öğrencinin Adı SOYADI

Ebru ZEREN

<sup>1)</sup>Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge\*

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

\* Tez danışmanının 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 özgün olduğunu, Doç. Dr. Meral Didem Türkyılmaz ve Dr. Öğr. Üyesi Nurhan Erbil danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.



Ebru ZEREN

## TEŞEKKÜR

Sadece tez çalışmamdaki danışmanım değil akademik kariyerimdeki en büyük destekçim, her zaman arkamda değil yanımda olan, fikirlerime değer veren, Hacettepe Üniversitesi'ndeki 2 yıllık eğitim hayatıma içten güler yüzü, hoşgörüsü akademik bilgi ve deneyimleri ile katkıda bulunup ufku genişleten, birlikte çalışmaktan çok büyük bir onur ve mutluluk duyduğum canım hocam Doç. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ'a

İkinci danışmanım olarak tezin oluşturulmasında ve hayata geçirilmesinde akademik bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren ve bana sabreden sayın Dr. Öğr. Üyesi Nurhan ERBİL'e,

Akademik hayatıma çok kıymetli katkı ve destekleri, sonsuz anlayışı için ve bizlere hep gülen gözlerle bakan Sayın bölüm başkanımız Prof.Dr.Gonca SENNAROĞLU'na,

Yüksek lisans eğitimime başladığım andan itibaren gerek derslerde gerek ise klinikte bilgi ve deneyimleriyle katkıda bulunan bütün bölüm hocalarıma,

Tezimin veri toplama aşamasında özveri ve sabırla destek olan tüm bireylere,

Yüksek lisans eğitimim dolayısıyla taşındığım Ankara'da yalnız olduğumu hissettirmeyen, her zaman destekçim olan ve birlikte keyifli zamanlar geçirdiğimiz başta Ody. İrem DÜŞÜNMEZ, Ody. Türkan Özlem BAYÜLGEN, Ody. Selvet AKKAPLAN, Ody. Erva DEĞİRMENCİ UZUN ve Ody. Kürşad KARAKOÇ, Ody.Emre ORHAN ve Ody.Mustafa KARABULUT başta olmak üzere tüm dönem arkadaşlarıma,

Farklı şehirlerde olsak da yokluklarını hiç hissetmediğim sevgili dostlarım Ceyda KAYA ve Şeyma DİNÇ'e,

Hayatımın her alanında bana destek veren, anlayışı, sevgisi ve merhameti sonsuz canımın içi ailem annem Güler ZEREN, babam Mustafa ZEREN ve ağabeyim Emre ZEREN'e

Sonsuz teşekkür, sevgi ve saygılarımı sunarım, iyi ki varsınız.

## ÖZET

**Zeren, E., İşitme Kaybı Olan Bireylerin Farklı Dinleme Koşullarındaki EEG ve ERP Bulguları, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Programı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2019.** Gürültülü ortamlarda konuşmaları dinlemek ve takip etmek için belli bir dinleme çabası harcanması gerekebilir. Gürültülü ortamlarda dinleme görevi normal işiten bireylere kıyasla özellikle işitme kaybı olan bireylerde daha zor ve zahmetlidir. İşitme kaybına sahip bireylerde görülen dinleme çabası standart odyolojik değerlendirme ile ölçülemeyen işitme kaybının önemli sonuçlarından biridir. Bu konunun önemine rağmen dinleme çabasını değerlendirmek için güvenilir bir objektif ve elektrofizyolojik yöntem bulunmamaktadır. Yapılan bu çalışmanın amacı ise, işitme kaybına sahip bireylerin farklı dinleme koşullarında gösterdikleri dinleme çabasının EEG ve ERP ölçütlerinde N1, P3, N4 bileşenlerine yansımalarının araştırılmasıdır. Çalışmaya normal işitmeye sahip 22-30 yaş aralığında 12 birey kontrol grubuna, bilateral hafif ve orta derece sensörinöral işitme kaybı olan 30-45 yaş aralığında 10 birey ise araştırma grubuna dahil edilmiştir. Çalışmaya katılan bireylere EEG kaydı sırasında konuşma şeklindeki durağan gürültü ile Türkçe Matriks cümleleri birleştirilerek +3, 0, -3 ve -6 dB sinyal gürültü oranları (SGO) ile sunulmuştur. Çalışmaya katılan tüm bireylerin EEG kayıtları; +3, 0, -3 ve -6 dB sinyal gürültü oranları için 4 farklı blokta yapılmış ve her blokta bireylere 60 cümle olmak üzere toplam 240 cümle dinletilmiştir. Çalışmanın sonucunda kontrol grubundaki bireylerde dinleme koşullarının hiçbirinde N1, P3 ve N4 yanıtlarının genlik ve latanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Ancak, araştırma grubundaki bireylerin N1 yanıtlarının genlikleri +3 dB SGO ve 0, -3 ve -6 dB SGO'ları ile karşılaştırıldığında N1 yanıtının genliklerinde istatistiksel olarak anlamlı azalmalar gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Çalışma grubunun N4 yanıtlarının genliğinde ise SGO +3 dB'den 0 dB'ye düştüğünde istatistiksel olarak anlamlı düşüş bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Araştırma grubunun dalga formunda P3 bileşeninin genliğinin dinleme görevi zorlaştıkça arttığı gözlenirse de bu fark istatistiksel anlamlılığa ulaşmamıştır. Sonuç olarak, işitme kayıplı bireylerin zorlu koşullarda harcadıkları dinleme çabasını objektif olarak değerlendirmek için ERP yanıtlarından N1 ve N4 bileşenlerinin genlik ölçümlerinin faydalı olabileceği düşünülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Dinleme çabası, sensörinöral işitme kaybı, EEG, ERP

## ABSTRACT

**Zeren, E., EEG and ERP Findings in Different Listening Conditions of Individuals Who Have Hearing Loss, Hacettepe University Graduate School of Health Sciences, Master Thesis of Audiology, Ankara, 2019.** The task of listening in noisy environments is more difficult and effortful for especially in individuals with hearing loss. Listening effort is one of the important results of hearing loss that cannot be evaluated standard audiometric tests. Despite the importance of this issue, there is no reliable objective and electrophysiological method to evaluate listening effort. The aim of this study is to investigate the reflection of the listening effort hearing-impaired people on EEG and ERP's N1, P3, N4 components in different listening conditions. 12 individuals with normal hearing and 10 hearing-impaired people with bilateral mild to moderate sensorineural hearing loss were included in the study. During the EEG recording, the participants were presented Turkish Matrix sentences which is embedded on speech-shaped stationary noise with +3, 0, -3 and -6dB signal to noise ratio (SNR). EEG were recorded in 4 different blocks for +3, 0, -3 and -6dB SNR and in each block 60 sentences were presented which participant had to listen 240 sentences totally. According to our results, in the control group no statistically significant differences were observed in the amplitude and latency of N1, P3 and N4 responses in any of the listening conditions. However, when the amplitudes of N1 responses of the individuals in the study group were compared with +3 dB SNR and 0, -3 and -6 dB SNRs, statistically significant decreases were observed in the amplitudes of the N1 response ( $p < 0,05$ ). There was a statistically significant decrease in the amplitude of N4 responses in the study group when SNR decreased from +3 dB to 0 dB ( $p < 0,05$ ). Although it was clearly visible from the waveform that the amplitude of the P3 component increased as the listening task became more difficult, the difference did not reach statistical significance. In conclusion, it was thought that the amplitude measurements of N1 and N4 components from ERP responses could be useful to objectively evaluate the listening effort of hearing-impaired individuals in difficult listening conditions.

**Key Words:** Listening effort, sensorineural hearing loss, EEG, ERP

## 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	xii
TABLOLAR	xiii
ŞEKİLLER	xiv
<b>1.GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2.GENEL BİLGİLER</b>	<b>3</b>
2.1. Zorlu Dinleme Koşulları	3
2.2. İdeal ve Zorlu Dinleme Koşullarında İşitsel Bilişsel İşleme	5
2.3. Gürültüde Dinleme	7
2.4. Dinleme Çabası	9
2.5. Dinleme Çabasının Ölçümünde Kullanılan Testler	13
2.5.1. Dinleme Çabasının Davranışsal Ölçüm Yöntemleri	16
2.5.2. Dinleme Çabasının Fizyolojik Ölçüm Yöntemleri	18
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM</b>	<b>27</b>
3.1. Bireyler	27
3.1.1. Bireylerin Çalışmaya Dahil Edilme ve Dışlanma Kriterleri	28
3.2. Yöntem	28
3.2.1. Elektrofizyolojik Değerlendirmeler	30

3.2.2. Davranışsal Ölçüm Yöntemi	32
3.3. İstatistiksel Analiz	33
<b>4. BULGULAR</b>	<b>34</b>
4.1. Bireylerin Demografik Özelliklerinin ve İşitme Kaybı Derecelerinin İstatistikleri	34
4.2. Araştırma Grubunda Farklı Sinyal Gürültü Oranlarının ERP Bileşenleri Üzerindeki Etkisi	36
4.2.1. Araştırma Grubunda N1, P3 ve N4 Bileşenlerinin Genliklerinin Karşılaştırılması	38
4.2.2. Araştırma Grubunda N1, P3 ve N4 Bileşenlerinin Latanslarının Karşılaştırılması	42
4.3. Kontrol Grubunda Farklı Sinyal Gürültü Oranlarının ERP Bileşenleri Üzerindeki Etkisi	44
4.3.1. Kontrol Grubunda N1, P3 ve N4 Bileşenlerinin Genliklerinin Karşılaştırılması	46
4.3.2. Kontrol Grubunda N1, P3 ve N4 Bileşenlerinin Latanslarının Karşılaştırılması	46
4.4. Araştırma ve Kontrol Grubunda Farklı Sinyal Gürültü Oranlarının ERP Bileşenleri Üzerindeki Etkinin Karşılaştırılması	49
4.4.1. Araştırma ve Kontrol Grubunda N1, P3 ve N4 Bileşenlerinin Genliklerinin Karşılaştırılması	50
4.4.2. Araştırma ve Kontrol Grubunda N1, P3 ve N4 Bileşenlerinin Latanslarının Karşılaştırılması	55
<b>5. TARTIŞMA</b>	<b>57</b>
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	<b>64</b>
<b>7. KAYNAKLAR</b>	<b>67</b>
<b>8. EKLER</b>	

**EK-1:** Tez Çalışması ile İlgili Etik Kurul İzni

**EK-2:** Dijital Makbuz

**EK-3:** Turnitin Ekran Görüntüsü

## **9. ÖZGEÇMİŞ**



**SİMGELER ve KISALTMALAR**

<b>dB</b>	Desibel
<b>EEG</b>	Elektroensefalografi
<b>ERP</b>	Event Related Potentials
<b>fMRI</b>	Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme
<b>Hz</b>	Hertz
<b>kHz</b>	Kilohertz
<b>MEG</b>	Magnetoensefalografi
<b>ms</b>	Milisaniye
<b>mV</b>	Mikrovolt
<b>n</b>	Olgu sayısı
<b>OİP</b>	Olaya İlişkin Potansiyeller
<b>Ort</b>	Ortalama
<b>s</b>	Saniye
<b>SBS</b>	Ses Basınç Seviyesi
<b>SGO</b>	Sinyal Gürültü Oranı
<b>STD</b>	Standard Deviation
<b>SS</b>	Standart Sapma
<b>μV</b>	Mikrovolt
<b>%</b>	Yüzde

**TABLolar**

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
2.1. Dinleme çabası ölçütleri	16
3.1. Türkçe Matrix Testi'ni oluşturan kelimeler.	29
4.1. Bireylerin demografik bilgileri	34
4.2. Araştırma grubunda N1 dalga genliklerinin istatistiksel analizi	39
4.3. Araştırma grubunda N4 dalga genliklerinin istatistiksel analizi	41
4.4. Araştırma ve kontrol grubunda N1 genliklerinin istatistiksel analizi	50
4.5. Araştırma ve kontrol grubunda N4 genliklerinin istatistiksel analizi	53
4.6. Araştırma ve kontrol grubunda +3 dB'de N4 genliklerinin analizi	54
4.7. Araştırma ve kontrol grubunda N1 latanslarının istatistiksel analizi	56

## ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
2.1. Konuşma uyarınının işlemlenmesinde rol alan korteks bağlantıları	6
2.2. Örnek ERP bileşenleri.	25
3.2. Elektrot yerleşiminde kullanılan uluslararası 10-20 sistemi.	31
4.1. Bireylerin odyogram bilgileri	35
4.2. Araştırma grubundaki ERP yanıtları	37
4.3. Araştırma grubunda N1 dalga genliklerinin karşılaştırılması	40
4.4. Araştırma grubunun topografik haritalarının gösterimi	44
4.5. Kontrol grubunda ERP yanıtları	45
4.6. Kontrol grubunun topografik haritalarının gösterimi	48
4.7. Araştırma ve kontrol grubundan kaydedilen ERP dalga formları	49
4.8. Araştırma ve kontrol grubunda N1 genliklerinin analizi	51
4.9. Araştırma ve kontrol grubunda P3 genliklerinin analiz	52
4.10. Araştırma ve kontrol grubunda P3 genliklerinin analiz	52
4.11. Araştırma ve kontrol grubunda N4 genliklerinin analizi	55
4.12. Araştırma ve kontrol grubunda N1 latanslarının analizi	56

## 1. GİRİŞ

İşitme kaybı olan bireylerde yaşadığı dinleme çabasını (*listening effort*) değerlendirmek işitme cihazının ayarlanması ve bireylerin yaşam kalitesini arttırmak için son derece önemlidir. Dinleme çabası çalışmalarında hem normal işitmeye sahip hem de işitme kayıplı bireylerin farklı dinleme ve gürültü koşullarında konuşmayı uyarısını anlamak için gösterdikleri performans değerlendirilmektedir. Gürültülü ortamlarda konuşmayı anlamakta yaşanan zorluk çoğu zaman normal işitmeye sahip bireylerin de yakınmasıdır. İşitme kaybı varlığının bireylerdeki harcanan dinleme çabası düzeyini artırması, klinik olarak uygun bir değerlendirme yönteminin belirlenmesinin önemini ön plana çıkarmaktadır. Böyle bir konunun önemine rağmen, klinikte odyolojik değerlendirmeler sırasında bireylerin gürültüde yaşadıkları zorluk ve harcadıkları çabanın ölçülmesi için subjektif davranışsal testler uygulanıyor olmasına rağmen geçerli objektif bir test yoktur. Ancak son zamanlarda, bireylerin zorlu dinleme koşullarındaki 'dinleme çabasını' objektif olarak değerlendirmek amacı ile nöral görüntüleme teknikleri kullanılmaya başlanmıştır. Uluslararası yapılmış bazı çalışmalarda gürültülü koşullarda bireylerin yaşadıkları zorluk ve dinleme çabasını değerlendirmek için EEG yöntemi kullanılmıştır. Ancak literatürde bu konuda yapılan çalışma sayısı günümüzde bile yetersizdir. Dinleme çabasının objektif ve fizyolojik ölçüm yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi konusunda yapılacak çalışmaların geliştirilerek ve örneklem sayısı artırılarak devam etmesinin önemi büyüktür.

Bu tez çalışmasında ise, ERP (OİP) bileşenleri ve EEG ritimleri kullanılarak bireylerin zorlu dinleme koşullarında subjektif olarak yakındığı zorluk ve harcadıkları dinleme çabasının objektif olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceği incelenecektir. Bu tez çalışmasının şekillenmesi, literatür çalışmalarından ve hafif ve orta derecede sensörinöral tipte işitme kaybı olan hastaların farklı dinleme koşullarında yaşadığı zorlukların ve harcadıkları dinleme çabasının objektif nöral görüntüleme yöntemleriyle desteklenmesi temeline dayanmaktadır.

Bu çalışma tasarlanırken, şu soruya cevap vermeye çalıştık: 'Sensorinöral işitme kaybı olan yetişkin hastalarda zorlu dinleme koşullarında dikkatli dinleme sırasında yaşanan zorlukların ve dinleme çabasının objektif bir ölçütünü elde etmek için EEG kayıtları kullanılabilir mi?'

Bu çalışmanın temel amacı, yetişkin bir örneklemede, işitme kayıplı ve normal işitmeye sahip bireylerde zorlu dinleme koşullarında gösterilen dinleme çabasının EEG ve ERP(OİP) ölçütlerine yansımalarının araştırılması, söz konusu ölçütlerin, dinleme çabasının değerlendirilmesinde kullanılabilecek objektif bir ölçüt olup olmadığının belirlenmesidir.

Çalışmanın hipotezleri;

H0 : Farklı dinleme koşullarında işitme kaybı olan bireylerden kaydedilen ERP yanıtlarının N1,P3 ve N4 bileşenlerinin genlik ve latans değerlerinde değişim gözlenmez.

H1 : Farklı dinleme koşullarında işitme kaybı olan bireylerden kaydedilen ERP yanıtlarının N1,P3 ve N4 bileşenlerinin genlik ve latans değerlerinde değişim gözlenir.

## 2. GENEL BİLGİLER

İşitme, kulak tarafından alınan sesin pasif işleme sürecini ifade ederken dinleme, belirli bir ses kaynağına doğrudan dikkat gösterilmesini gerektiren ve birey tarafından istemli olarak gerçekleştirilen bir eylemdir. İşitme, çevremizdeki seslere erişim sağlayan pasif bir işlemdir ve istemsiz olarak gerçekleşen otomatik bir süreçtir. Dinleme ise işitmenin aksine istemli bir işlemdir. Yani dinleme, duymanın temel işlevlerinin ötesinde bilişsel süreçleri içerir ve bu bilişsel süreçler bireyin duyduğunu anlaması için belirli bir çaba harcamasını gerektirebilir(1). Dinleme çabası ise konuşulan dilin anlaşılması ile ilişkili olarak günlük dinlemenin önemli bir boyutudur. Dinleme eylemi sırasında harcanan çabanın düzeyi dinleyiciler ve içinde buldukları koşullar arasında değişkenlik göstermektedir. İşitme kaybı, işitsel bir mesaja katılmak ve anlamak için gereken bilişsel talepleri arttıran en önemli etkidir.

Anlamanın ve iletişim kurmanın yalnızca duymaktan çok daha fazla süreci içerdiği açıktır. Konuşulan kompleks dilin anlaşılması ve farklı bir çok dinleme eylemi esnasında bilişsel ve işitsel işleme süreçlerinin birbirine bağlı ve bir bütün olduğunun anlaşılmasının ardından bilişsel işitme bilimine gösterilen ilgi artmıştır(2). İşitmenin işleme sürecinde *bottom-up* süreçler baskındır, öte yandan sesi algılama ve anlama kabiliyetinin işleme sürecinde ise daha çok *bottom-up* işleme süreçleri baskın hale gelir. *Top-down işleme* özellikle gürültülü ve zorlu dinleme durumlarında konuşma anlaşılabilirliğine katkı sağlar. (1)

### 2.1. Zorlu Dinleme Koşulları

Günlük hayatta en ideal ve kolay dinleme ortamı, tamamen sessiz bir koşulda, işitsel uyarının tek bir kaynaktan geldiği ve dinleyicinin normal işitmeye sahip olduğu durumdur. Ancak, çoğu dinleme koşulu ve dinleyicilerin içinde buldukları çevre günlük hayatta çoğu zaman ideal değildir ve dinlemeyi güçleştirecek zorlu koşullar yaratır. Mattys (2012), dinleyici-içi ve dinleyici-dışı faktörlere bağlı olarak olumsuz/zorlu dinleme koşullarının bir tanımlamasını yapmıştır (3). Zorlu dinleme koşullarının oluşmasına neden olan ve dinleyiciden bağımsız dış faktörler şunlardır;

- a) Konuşma uyarandaki tipik olmayan telaffuz şekli,
- b) Arka plan gürültüsü varlığı
- c) Yankı

Bu dinleyici-dış faktörlerin fiziksel özellikleri; sesin düzeyi ve hedef kaynağın sayısı, hedef ses kaynaklarının frekans spektrumu ve zamansal yapısı, bulunulan ortamın akustik özelliği ve hem dinleyiciye hem de birbirlerine göre ses kaynaklarının mekansal konfigürasyonudur.

Dış etkenler, sinyali kaynağında veya aktarım sırasında değiştiren faktörlerdir. İç faktörler ise dinleyici ile ilgilidir dinleyiciye bağlı faktörlerdir. Bunlar;

- a) Bilişsel yük
- b) İşitme kaybının varlığı
- c) Eksik veya yanlış dil bilgisidir.

Dinleyiciye bağlı ve işitsel bilginin bozulmasına neden olan en önemli iç faktör sensörinöral tip bir işitme kaybının varlığıdır. İşitsel bilginin bozulmasını azaltmak için işitme kaybı olan bireylere işitme cihazı uygulanır. İşitme cihazının amacı, sesleri duyulabilir hale getirmek için işitsel bilgi girişini yükseltmek ve teorik olarak çalışan bellek kaynaklarını serbest bırakması gereken işitsel bozulmayı azaltmaktır(4). Mattys ve arkadaşları(2012) yaptığı sınıflandırmada, konuşulan dilin ya da işitsel uyarıların iyi anlaşılmasını sağlayan işitme cihazının etkilerini iç faktörler arasına almaktadır. Öte yandan işitme cihazları, özellikle yüksek arka plan gürültüsü varlığında, konuşma anlaşılabilirliğine her zaman katkı sağlamaz ve bu durumda dinleyicilerin bilişsel düzeydeki bireysel farklılıkları konuşmayı anlama becerisinde önemli rol almış olur(5). Ek olarak, işitme cihazlarının periferik işleme olmadan önce işitsel uyarıların akustik özelliklerini değiştirdiği için dinleyici-dış faktör olarak düşünülmektedir. Bu nedenle işitme cihazlarının zorlu dinleme koşullarına katkıda bulunan iç ve dış faktörler konusunda özel bir konuma sahip olduğu söylenebilir. Herhangi bir işitsel uyarı ile bağlantılı akustik zorluk, dinleyicinin yeteneklerine, gelen işitsel sinyalin netliğine ve dinleyicinin içinde bulunduğu ortamın akustik özelliğine bağlıdır.

Dinlemenin nasıl çaba harcanması gereken bir hale geldiğini anlamak için, zorluk kavramını dikkate almak gerekir. Gürültü varlığı ve yankılanma gibi birçok dinleyici-

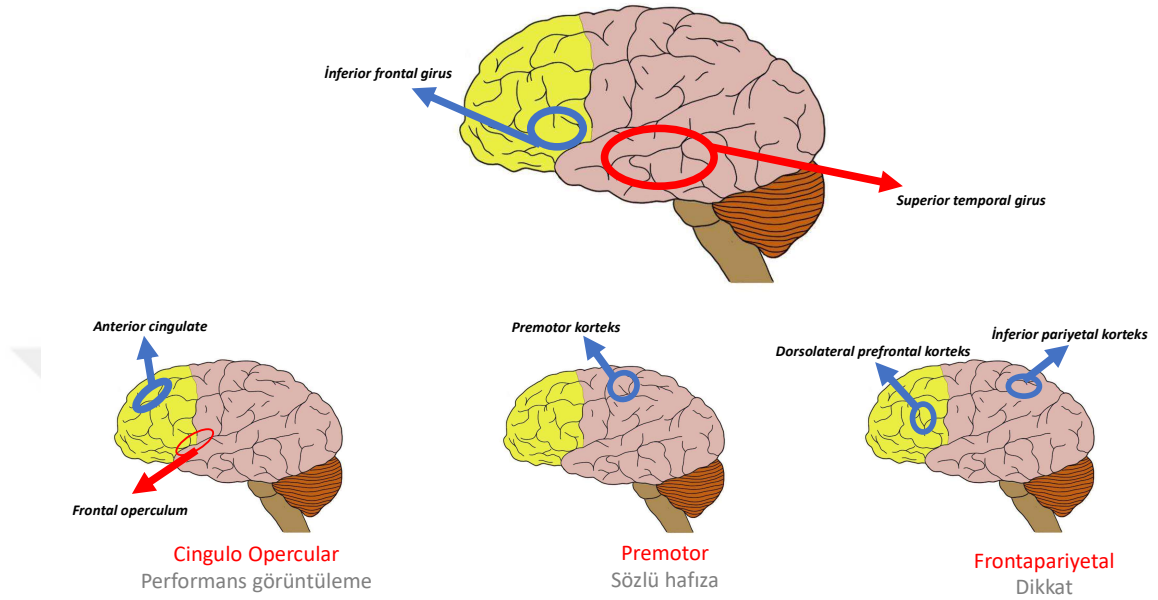
dış faktör belirli bir dinleme koşulunu tüm dinleyiciler için daha zor hale getirirse de, bu dış faktörler ile dinleyiciye bağlı iç faktörler birleşince zorluk artmış olur. Hedef işitsel uyaran, dinleyicinin işitme eşiklerinden çok düşük seviyede veya olumsuz bir şiddet seviyesinde sunulduğunda zorluk hissi yaratır. Benzer şekilde, belirli bir iletişim dili ve dinleyicinin o dildeki yeterlilikler de dinleyici için bir zorluk yaratabilir (5).

## 2.2. İdeal ve Zorlu Dinleme Koşullarında İşitsel Bilişsel İşleme

Dinleyiciler işitsel uyarınları duyduklarında, işitsel bilgiden anlamlı bir sonuç çıkarmak için gelen akustik bilgiyi hızlı bir şekilde kelimelerin ve fonemlerin kortekste kayıtlı gösterimleriyle eşleştirmeleri gerekir. İdeal, zorlu olmayan dinleme koşullarında bile, dilin kendine özgü karmaşıklığı bilişsel işlemlerin artmasına neden olur. Kompleks işitsel bilgiyi doğru tanımlama işlemi, konuşma uyarını akustik olarak bozulduğunda daha zor hale gelir. İşitsel uyaran herhangi bir nedenle bozulmaya uğradığında dinleyiciye daha az bilgi gelir ve bu durum konuşma uyarınındaki ipuçların kalitesini azaltır ve böylece dinleyicinin hata yapma olasılığını artırabilir.

Fonksiyonel beyin görüntüleme çalışmaları, bozulmaya uğramış anlaşılması zorlaşan konuşma uyarınlarını anlamak için gerekli olan nöral bağlantılarının çoğunlukla prefrontal korteks, premotor korteks ve cinguloopercular bağlantı bölgeleri dahil olmak üzere geleneksel perisylvian dil ağlarının ötesine uzandığını ortaya koymaktadır(6). Belirli bir görev sırasında nörobilişsel kaynakları esnek ve hızlı bir şekilde tahsis etme yeteneği, dinleyicinin farklı dinleme koşulları altında konuşma işleme hızına adapte olmalarını sağlar. Bu bilişsel işleme sürecine en iyi örnek cinguloopercular bağlantılarında bulunur. İşitsel sinyalin net ve anlaşılabilirliğinin kolay olduğu durumlarda bu bölgeler nadiren *baseline* seviyelerinin üstüne çıkan bir aktivite gösterir. Eğer işitsel uyaran dinleyiciyi zorlayacak bozulmalara uğrar ise cinguloopercular ağı olarak devreye girer(2). Bu ağın işleme katılıma geçicidir ve farklı bir bilişsel kaynağın dinamik bir şekilde düzenlenmesini yansıtan hedef konuşmanın akustik netliğine bağlıdır. Esnek kaynak tahsisi ilkesi, Şekil 2.1.'de gösterilmektedir. Kompleks konuşma sinyalinin akustik olarak netliği bozulduğunda ve uyarını anlama güçleştiğinde cingulo-opercular ağına ek olarak ilave korteks bölgeleri devreye girer. Kompleks işitsel uyarınları anlamak için gerekli korteks kaynakları sadece uyarının

akustik olarak net olmasına değil, hedef uyarının dilsel olarak zorlu olmasına da bağlıdır.



**Şekil 2.1.** Düzgün ve bozulmaya uğramış konuşma uyarısının işlenmesinde rol alan korteks bağlantılarının gösterimi (6).

Sözel dilin anlaşılmasında dinleyiciye bağlı faktörler işitsel işleme ve bilişsel işleme yeteneklerini içerir. İşitsel işlemenin en önemli yönleri, frekans seçiciliği, eşik üstü temporal ipuçlarını işleme yeteneği, zaman zarfı, periyodisite, kulaklar arası zaman ve şiddet farklılıklarının binaural işlenmesini içerir. Konuşulan dili anlamada yer alan bilişsel işleme, hem uyarana özgü dilsel yetenekleri hem de genel bilişsel işlevleri içerir. Konuşma uyarısındaki cümlenin bütününe anlamak, uyarı tek bir kelimeyi içerdiğinde anlamaya kıyasla anlamsal olarak bütünleştirme ve söz dizimsel ayrıştırma işlemlerini gerektirir. Bu anlamsal bütünleştirme işlemi basit cümleler için nispeten kolaydır. Fakat cümlelerin içindeki kelimelerde anlamsal olarak belirsizlik var ise ya da cümle gramer olarak karmaşık ise anlamsal bütünleştirme ve söz dizimsel ayrıştırma işlemleri zorlaşacaktır. Şekil 2.1’de gösterilen beyin bağlantıları, bu farklı zorluk türlerini göstermektedir. Şekilde de

gösterildiği gibi konuşmanın uyarının bozulduğu ve anlamının zorlaştığı durumlarda cingulo-opercular bağlantılar aktif hale gelir. Konuşmanın bozulmasına rağmen halen zor da olsa anlaşılır durumda ise premotor ve prefrontal korteks aktivasyonu söz konusudur(6). Kompleks konuşma uyarılarının anlaşılmasını desteklemek için gerekli olan bu kortikal bağlantılar statik değildir. Yani belirli görevlere ve işitsel uyarının durumuna göre değişen dinamik bir yapıdır.

Dinleyiciler akustik olarak bozulmuş işitsel uyarı duyduğunda, işitsel uyarının doğru tanımlamanın azalmasının yanında tepki sürelerinde de uzama olur. Konuşma uyarını anlaşılır durumda olsa bile, akustik olarak bozulmuş kelimeler veya hecelerın hatırlanması güçleşir. Konuşma uyarılarından bileşenleri işleme etkilenir ve işitme kaybına sahip bireyler söz dizimsel olarak karmaşık olan cümle yapılarının hatırlamada zorlanır. Bozulmaya uğramış konuşma uyarısını hatırlamak zorlaştığında, işitme normal olsa bile dinleyicinin algısal düzeyde zorluk yaşama olasılığı artmış olur. Bir işitsel uyarı doğru duyulmazsa hatırlanmaz ve bu durum işitsel bilginin işleme süresinin artmasına neden olur. Bu işleme sırasında normal işiten bireylere kıyasla, işitme kaybı olan bireylerin daha çok zorlanması, işitme kaybına sahip bireylerin daha fazla bilişsel zorluk çektiğini göstermektedir (7).

### **2.3. Gürültüde Dinleme**

Hedef veya belirli bir sese sinyal, istenmeyen ve hedef sinyali maskeleyici özelliği olan seslere ise gürültü denir. İşitsel bir sinyal, arka plan gürültü varlığı gibi dinleyiciden bağımsız bir dış faktör yüzünden bozulmaya uğrayabilir. Bu nedenle arka plan gürültüsü varlığında belirli bir işitsel uyarı dinlerken, bu uyarı zorlu bir koşulda dinlenmiş oluruz. Gürültü varlığındaki bu zorlu veya olumsuz koşullar önceki bölümde de belirtildiği gibi, sadece arka plan gürültüsü varlığı nedeniyle değil, aynı zamanda yankı, yabancı bir aksan veya lehçe varlığı ve işitme kaybı gibi durumlar nedeniyle de oluşabilir (3).

Zorlu olmayan dinleme durumlarında, konuşma sinyali açık anlaşılır ve net olduğu için duyulan sinyali anlama kolaydır. Gürültünün var olduğu zorlu dinleme

koşullarında ise gürültü, sinyali kısmen gizlemiş yani maskeleymiş olur ve sinyalin akustik bilgisinin doğru ve net anlaşılmasını güçleştirir. Gürültünün var olduğu bu dinleme durumunun varlığı algısal düzeyde daha yüksek derecede dikkat ve daha fazla *top-down* işlemelemeyi beraberinde getirir (8). Bu nedenle, belirli bir işitsel bilgiyi gürültü varlığında dinlemek, sessiz bir ortamda dinlemekten daha fazla bilişsel sürecin aktif olmasına yol açar. Böylece bireyler gürültülü ortamlarda işitsel uyarınları dinlerken bu uyarınları anlamak için normalden daha fazla çaba sarf etmeleri gerekir (9).

Dinleyicinin daha fazla çaba sarf etmesi gereken gürültülü koşullarda dinlemeye katılan bilişsel süreçler çalışan bellek işlevlerini içerir. Çalışan bellek, “anlama, öğrenme ve akıl yürütme gibi karmaşık bilişsel görevleri gerçekleştirmek için gereken, bilgileri geçici olarak depolamak ve işlemek için sınırlı bir kapasite sistemi” olarak tanımlanmaktadır(10). Yani kısaca çalışan bellek, geçici olarak bilgiyi saklama ve işleme yeteneğidir. Çalışan bellek, konuşma algılama modellerine entegre edilmiştir çünkü konuşmaların anlaşılması için çok önemli olan iki unsur olan konuşma öğelerinin işlenmesi ve saklanması gibi görevleri yerine getirmekten sorumludur. Çalışan belleğin, zorlu dinleme koşullarında bozulmuş işitsel bilginin belirginleştirilmesinde ve eksik işitsel bilgiden anlam çıkarımında rol oynadığı öne sürülmüştür. İşitsel bilgide herhangi bir bozulmanın meydana gelmesi, dinleyicinin bu işitsel girdiyi başarılı bir şekilde yorumlamak için artan dikkat ve çalışan bellek katılımını gerektirir (4).

Arka plan gürültüsü dil bilgisi içerdiğinde daha fazla dikkat dağıtıcı olur ve konuşmayı anlamayı daha da güçleştirir. Arka plan gürültüsündeki dil bilgisi, hedef konuşmayı ayırmayı zorlaştırır ve bilişsel olarak zorlayıcı olur. Bu durumda dinleyicinin leksikal-semantik bilgiyi anlaması için daha fazla bilişsel kaynak ve nöral bağlantı kullanması gerekir. Arka plan gürültüsünün varlığı, özellikle işitme kaybına sahip bireyler için konuşmayı daha zahmetli kılar(4). Arka plan gürültünün olduğu dinleme ortamlarında bulunan işitme kaybına sahip bireylerin genel yakınmaları çoğunlukla onları normale göre daha stresli ve yorgun yaptığı yönündedir. Bu nedenle işitme kaybı olan bireylerin yaşadıkları en büyük sorun, gürültülü ortamlardaki konuşma uyarınları nu anlamaktan kaynaklanır. Gürültülü dinleme koşullarında, işitme kaybı olanlar, normal işitmeye sahip bireylere göre işitsel bilgiyi tanımlamak

için çok daha fazla işleme çabası harcarlar(11). İşitme kaybın varlığı, konuşma sinyallerinin anlaşılmasında azalmayla bağlantılı olduğu için, arka plandaki gürültü varlığı da bu yeteneği daha fazla azaltmış olur. Normal işitmeye sahip bireylere kıyasla işitme kaybına sahip bireylerde daha kötü konuşmayı anlama skorları mevcutken, gürültülü dinleme koşullarında bu fark daha da artmış olur. İşitme kayıplı bireyler, konuşma uyarısının daha zayıf temsil edilmesinin yanı sıra, normal işitenlere kıyasla daha fazla *top-down* işlemeyle dolayısıyla daha büyük bilişsel yüke sahip olacak ve bu da gürültüde konuşmayı anlamaya çalışma esnasında işitme kayıplı bireylerin daha fazla dinleme çabası göstermelerine neden olacaktır.

#### **2.4. Dinleme Çabası**

Dinleme çabası, 1980'lerin başından bu yana işitme bilimi araştırmalarında kullanılmaya başlamış ve bu konuya olan ilgi son 10-15 yıl içinde artmıştır(12). Tanım olarak dinleme çabası, belirli bir dinleme görevi gerçekleştirirken kişiye ve/veya işitsel uyarının özelliğine bağlı engellerin üstesinden gelmek için bilişsel kaynakların tahsis edilmesi olarak ifade edilir(1). Kısaca dinleme çabası, dinleyicinin işitsel sinyali anlamak için gösterdiği bilişsel gayret anlamına gelir ve görev taleplerinin yüksek olduğu olumsuz ve zorlu dinleme koşullarında dinleyicinin yüksek bir performans seviyesine ulaşmaya çalıştığı zamanları ifade eder. Günlük hayatta gürültü ortamlarda ve zorlu dinlemek koşullarında bulunduğumuz göz önüne alındığında dinleme eforu, günlük dinleme görevlerinin önemli bir boyutudur.

Konuşma uyarısının net bir şekilde duyulabilir ve anlaşılabilir olduğu ideal ortamlarda, normal işiten yetişkinler için dinleme eylemi zahmetsizdir ve dinleyicilerin işitsel uyarını doğru anlamak için ekstra bir çaba sarf etmesi gerekli değildir. Zorlu dinleme koşullarındaki işitsel uyarılar dinlenirken harcanan çaba sırasında iki faktör önemli rol oynar.

1-İnsan bilişsel sisteminde işleme kaynakları, farklı bilişsel görevler arasında paylaşılmaktadır.

2-Görevler genellikle, hedef kaynağa doğrudan müdahale, dikkat dağıtıcı faktörler veya hedef bilginin ulaşmasını engelleyen çevresel faktörler nedeniyle karmaşıklaşır (13).

Akustik zorlu durumlar, sinyal bozulmasının neden olduğu ideal olmayan dinleme ortamlarında ortaya çıkabilir. Bu bozulma, arka plan gürültüsünden veya işitme kaybı varlığında kaynaklanabilir ve artabilir. Bu zorlu durumlarda, bireyler bozulmuş işitsel sinyalleri doğru şekilde işlemlemek için arttırılmış bir dinleme çabası harcamak zorundadır(14). Dinleme ortamlarının ideal olmadığı durumlarda, dinleyicinin işitsel uyarıyı anlamak için daha fazla çaba göstermesi gerekir. Zorlu dinleme koşullarında, bireyler işitsel sinyalleri doğru bir şekilde işlemlemek için arttırılmış bir dinleme çabası harcamak zorundadır. Özellikle işitme kaybı olan insanlar bu durumdan daha çok etkilenir ve sesleri tanımlamak için normal işitmeye sahip bireylere kıyasla daha fazla çaba harcar. Aynı şekilde, işitme kaybı olan kişiler de bazı ortamlarda (özellikle arka plan gürültüsü varlığında) dinlemenin ideal (sessiz) ortamlarda dinlemekten çok daha fazla konsantrasyon ve dikkat gerektirdiğini bildirmektedir.

Gelen konuşma sinyali bozulduğunda, bu sinyali yorumlamak için artan bir bilişsel işlem gerekir. Bununla birlikte, cümle, söylem veya ortamdaki bağlamsal ipuçları konuşmanın anlamı hakkında tahmin yürütmeye yardımcı olabilir ve böylece işlemlemeyi kolaylaştırır. Öte yandan, konuşma anlayışı ve çaba, dinleyiciyle ilgili, bireysel bilişsel kapasite ve dilsel yetenekler (örneğin, kelime bilgisi, gramer bilgisi) gibi faktörlere de bağlıdır. Dinleyicinin, daha büyük bilişsel kapasiteye sahip olması, bozulmuş konuşma uyarısını işlemlemesi ve böylelikle yorumlaması için daha fazla bilişsel kaynak tahsis etmesini ve daha iyi konuşma anlayışını sağlar. Araştırmalar, daha iyi olan çalışan bellek kapasitesinin, gürültülü ortamlarda konuşmayı anlamının daha iyi olmasını sağlamasının yanında, konuşma anlayışını kolaylaştırmak için bağlamsal ipuçlarından yararlanma becerisiyle ilişkili olduğunu göstermektedir. İyi bir çalışan bellek, gürültülü dinleme ortamlarında işitsel uyarıyı anlamak için daha az çaba harcanmasıyla bağlantılıdır ve düşük çalışan bellek kapasitesi, işitsel uyarıyı yorumlarken artan dinleme çabası ile sonuçlanır(15).

Zorlu dinleme koşulları bilişsel süreçleri de etkiler. Bozulmuş bir işitsel sinyal nedeniyle konuşma anlayışı için artan bilişsel işlem yükü, eşzamanlı görevler için kullanılabilir bilişsel kaynakları azaltır. Örneğin, gürültü varlığında duyulan kelimeler, duyuldukları anda doğru bir şekilde tekrar edilebilirken, daha sonrasında belli bir süre geçince dinleyici duyulan kelimelerin daha azını az doğru olarak hatırlanırlar(16). Bunun nedeni konuşma uyarısını gürültü varlığında yorumlama çabası olabilir ve bu durum da kelimelerin hafızaya kaydedilmesi için mevcut bilişsel kaynakları azaltmış olur. Dinleme çabasının bellek üzerindeki bu etkisi belki de kısmen yaşlılığa bağlı görünen unutkanlığı açıklayabilir. Yaşa bağlı işitme kaybı arttıkça, bireyin dinleme çabası ve eşzamanlı görevler için tahsis edilen bilişsel kaynaklarda ortaya çıkan azalma, doğru anlaşılacak konuşmayı bile daha sonrasında hatırlama problemlerine yol açar(1). Bellek üzerindeki etkilere ek olarak, bozulmuş konuşmanın daha yavaş işlenmesi, birden fazla konuşmacı varlığında seçici dikkatin bir konuşmacıdan diğerine geçişini azaltabilir (17).

Sözlü-dili anlamak, dili işleme yeteneklerine ek olarak, dikkatle dinlemeyi ve dolayısıyla daha üst düzey bilişsel işlevleri de gerektirir. Dinleyici, zorlu dinleme koşullarından olan arka plan gürültüsü varlığında konuşulan mesajı tam olarak anlayabilir, ancak kişinin bu uyarıyı doğru anlaması, mesajı işlemek için gereken dinleme çabasının miktarı, aynı işitsel bilginin sessiz bir dinleme durumunda işlenmesine göre önemli ölçüde daha büyük olabilir. Bu duruma ek olarak yapılan çalışmalarda, dinleme çabasının tahmin edilebilirliği düşük cümleler için, tahmin edilebilirliği yüksek olan kolay cümlelere kıyasla daha büyük olduğunu göstermiştir (17).

Günlük hayatta dinleyiciyi etkileyen dış faktörler hızlıca değişkenlik gösterebilmektedir. Bu dış faktörlere ek olarak konuşulan dilin anlaşılması için gerekli olan dinleyiciye bağlı iç faktörlerden olan işitsel ve bilişsel işleme kaynaklarının birçoğu, yaş ilerledikçe değişkenlik gösterebilmektedir. Daha önceki bölümde de anlatıldığı gibi konuşulan dilin dinlenmesi ve anlaşılması, hem dinleyiciden bağımsız dış çevresel faktörlerden hem de dinleyiciye bağlı iç faktörler tarafından etkilenir. Hedef işitsel bilginin görsel veya dokunsal herhangi başka ipuçlarıyla desteklenip desteklenmediği ve çevredeki işitsel sahnede dikkat dağıtıcı başka duyuusal bilgilerin varlığı da önemlidir (18).

Dinleme çabası kavramı, işitsel bilgiyi dinlemenin durumsal sıkıntısı kavramıyla yakından ilgilidir. Dinleme eylemi zorlu ya da ideal bir koşulda olması farketmeksizin belirli bir miktar işleme ve bu nedenle kortikal düzeydeki kaynakların işleme için tahsis edilmesini gerektirir. Dinleme, zorlu olmayan koşullarda, uzun süre boyunca yorgunluk olmadan gerçekleştirilebilir. Öte yandan, uzun süre boyunca olumsuz ve zorlu bir dinleme durumunda sıklıkla yorgunluk hali meydana gelir (2). Buna bağlı olarak dinleyicinin yorulması, çaba harcanmasının orta veya uzun vadeli bir sonucu olarak ortaya çıkabilir ve artan dinleme çabasının sonuçları zihinsel yorgunluk ve streştir(14). Arka plan gürültü varlığında konuşma uyarısını dinlemek, özellikle işitme kaybına sahip bireyler için çok zahmetlidir. İşitme kaybı olup, işitme cihazı veya koklear implant kullanan kişiler, özellikle gürültülü ortamlarda veya birden fazla konuşmacının varlığında, dinlemekten yoruldukları konusunda şikayet ederler. Dinleyicinin belirli bir işitsel görevi başarıyla tamamlama motivasyonu, dinleyicinin göreve katılımını, bilişsel kaynakların harcanmasını ve işleminin hızını etkiler. Dinleyicinin duyduklarını anlamak için motivasyonu az ise, bilişsel taleplerin artması, dinleme çabasının az olmasına veya hiç değişmemesine neden olabilir. Bunun etkili iletişimi her zaman etkilediği söylenemez ancak anlamayı zorlaştırabilir. Örneğin, gürültünün yoğun olduğu bir restoranda konuşma uyarısının her kelimesini yakalayamayabiliriz, ancak bu konuşma uyarısını genel olarak takip edebilir ve sohbete katılmak için yeterince anlamış oluruz. Eğer dinleyiciler, yüksek akustik zorluk seviyelerinde başarılı olamayacaklarını tespit ederse, sarf edecekleri çaba azalabilir.

Dinleyicinin bilişsel kontrol sistemini, özellikle dikkat kontrolünü ve diğer bilişsel yürütme işlevlerini etkileyen stres ve endişe gibi duygusal durumlar, dinleme çabasını etkileyebilecek faktörlerdir. Örneğin, artan stres seviyesi, genel bir bilişsel aktivite seviyesine ve dolayısıyla herhangi bir özel işlem yapılmadan kaynak tahsisine yol açabilir(19). Dinleyicilerin işitme kaybına sahip olması aynı zamanda bu bireylerin diğer insanlarla sözlü iletişim ve sosyal aktivitelerden kaçınmasına ve uzun vadede sosyal ve kültürel izolasyona sebep olmaktadır (1).

Dinleme çabasının yüksek olması böylece kısır bir döngü haline gelebilir; Artan dinleme çabası, dinleyicinin, konuşma devam ettikçe konuşma uyarısının bir sonraki bölümünü yorumlamaya yardımcı olmak için dilsel bağlamın kullanma

yeteneğini sınırlar. Ek bilişsel süreçlerin tahsis edilmesi belirgin düzeyde bir dikkat gerektirir ve dinleme çabasını artırır.

Özetle, bozulmuş bir sinyali dinlerken, dinleyici konuşmayı tamamen anlayabilir. Bununla birlikte, konuşmanın anlaşılabilirliğini sağlamak, bilişsel işlemlerin artmasını, yani dinleme çabalarının arttırılmasını gerektirebilir. Artan bilişsel işlem yükü, eşzamanlı görevler için mevcut bilişsel kaynakları azaltır ve konuşma sinyalinin anlamını çözmek için gereken işlem süresini artırabilir. Bu nedenle, artan dinleme çabası, örneğin, duyulan konuşmanın hatırlanmasını olumsuz yönde etkileyebilir. Dinleme çabasının uzun süre devam etmesi yorgunluk ve strese yol açabilir. Artan dinleme çabası ve yorgunluk yaşam kalitesini olumsuz etkileyebilir(20). Bu dinleme çabasını değerlendirmek için kişisel raporlamalar, davranışsal ve fizyolojik ölçümler kullanılmıştır. Ancak, araştırma veya klinik amaçlar için en uygun dinleme çabası ölçümü konusunda bir fikir birliği yoktur.

## 2.5. Ölçüm Yöntemleri

İşitme kaybına sahip bireyler tarafından deneyimlenen dinleme çabasını rutin odyolojik değerlendirmeler ile ölçmek mümkün değildir. Klinikte kullanılan mevcut konuşma algısı değerlendirmeleri, sadece işitme kaybının tipi ve derecesi hakkında bir bilgi sağlar ve genellikle dinleme çabası ile ilgili bilişsel etkileri, yaş ve bilişsel faktörler arasındaki ilişkiyi değerlendirmez(9). Dinleme çabasının değerlendirmesi ancak ileri odyolojik ve elektrofizyolojik ölçüm yöntemleri ile mümkün olabilir. Günlük hayatta işitme kaybına sahip bireyleri oldukça zorlayan dinleme çabasının ölçülmesinin klinikte birçok önemli etkisi olacaktır. En önemli iki etkisi şunlardır:

- İşitme kaybı için en uygun yöntemin belirlenmesinde klinisyenlere yardımcı olacaktır.
- Özellikle asimetrik işitme kaybı veya tek taraflı total işitme kaybı gibi durumlarda uygulanan işitme protezi ve rehabilitasyonunun işitsel işlemlemeyi restore etmeyi hedeflediğinde elde edilen fonksiyonel sonuçların daha kapsamlı değerlendirilmesini sağlayabilecektir(19).

Bu konunun artan önemine rağmen, dinleme çabasının değerlendirilmesi hala birtakım nedenlerden dolayı zorluk teşkil etmektedir. Bunlar; dinleme çabası kavramının hala netlik kazanmamış olması, hangi ölçüm yöntemlerinin kullanılması konusunda fikir birliğinin olmaması, önerilen ölçüm yöntemlerinin yaşa bağlı farklılıkları ve daha spesifik olarak çocuklarda nasıl uygulanmaları gerektiği hakkında çok az şey bilinmektedir.

Dinleme çabasının, *bottom-up* ve *top-down* süreçler arasındaki etkileşimlerle bağlantılı olduğu biliniyor olsa da dinleme çabasına katkıda bulunana bilişsel ve nörofizyolojik mekanizmalar hakkında günümüzde çok az bilgi mevcuttur. Bu nedenle, dinleme çabasını değerlendirmek için güvenilir bir fizyolojik ölçüm yöntemi hala belirsizliğini korumaktadır. Arka plan gürültü varlığında konuşmayı dinlemek ve anlamak için gereken çaba, şu anda standart klinik konuşma testlerinde ölçülememesine rağmen bu durum işitme kaybına sahip bireyler tarafından bildirilen en önemli yakınmalardan biridir.

Dinleme çabasını değerlendirmenin birçok faydası vardır. İşitme kaybına sahip bireylerin zorlu dinleme koşullarında harcadıkları çabayı anlamak; klinisyeni rehabilitasyon süreci konusunda bilgilendirir, kullanılan müdahale stratejilerini hasta ile birlikte belirlemek (örneğin, farklı işitme cihazlarını karşılaştırmak) müdahalenin gerekli olduğuna dair kanıt sağlama (örneğin, sınırda işitme kaybı olan bireyler için yardımcı dinleme cihazlarının kullanılması.) konusunda faydalıdır.

Daha önce yapılmış çalışmalarda, işitme kayıplı bireylerin kullandıkları işitme cihazının faydalarını değerlendirmek ve ikinci bir işitme cihazının etkili olup olmayacağını değerlendirmek için öznel dinleme çabası ölçümleri kullanılmıştır(21). Günümüzde de işitme cihazı ayar prosedürlerinde veya dinleme çabasının değerlendirilmesiyle ilgili çalışmalarda işitme kaybına sahip bireylerin konuşma uyarılarını dinlerken harcadıkları çabayı ölçmek için yalnızca öznel derecelendirme ölçekleri, anketler ya da ikili görev paradigmaları kullanılmaktadır. Kullanılan davranışsal ölçüm yöntemlerinin en önemli dezavantajları, öznel olması ve kişinin yargısına bağlı olarak değişmesidir.

Özellikle arka plan gürültüsü varlığındaki zorlu koşullarda harcanan dinleme çabası için, işitme kaybına sahip bireyler bu koşullarda çok yorulduklarını hatta bazen

bu dinleme çabasının bireyleri günlük aktivitelerden uzak tuttuğunu böylelikle sosyal izolasyon yaşadıklarını bildirmişlerdir. İşitme kaybına sahip çocuklar ise akustik olarak zorlu sınıf içi ortamlarda öğretmenlerini ve sınıf arkadaşlarını dinlemek ve onlarla etkileşimde bulunmak için harcamaları gereken dinleme çabası nedeniyle normal işiten yaşlılarına kıyasla daha fazla yorulduklarını belirtmektedirler. Yine de bu dinleme çabasının olumsuz sosyal sonuçlarına rağmen dinleme çabasının güvenilir objektif bir ölçütü konusunda fikir birliği yoktur (7).

Konuşmayı anlama, günlük dinleme ortamlarında konuşma sinyalini yorumlamak için gerekli bilişsel işlemeyle bağlıdır. Bu durum işitme kayıplı bireyler için bilişsel işlemeyle önemi daha da arttırmaktadır. Bu nedenle, dinleme çabasının ölçüm yöntemleri, dinleme deneyimi hakkında klinisyenlere ek bilgi sağlayarak günlük konuşma dilinin anlaşılabilirlik ölçütlerini tamamlayabilir (22). İşitme kaybına sahip bireylerin günlük dinleme ortamlarında yaşadıkları bilişsel zorlukları daha iyi anlayabilmek için çok çeşitli ölçüm yöntemleri kullanılmıştır. Bu ölçüm yöntemleri arasında öznel değerlendirmeler (ölçekler ve anketler), ikili görevler (eşzamanlı bir görevin zorluğu değişirken diğer görevdeki performans ölçütleri) ve beyin salınımlarındaki değişiklikler, pupillometri, cilt iletkenliği ve kortizol seviyelerinde değişiklikler gibi fizyolojik ölçüm yöntemleri bulunmaktadır.

**Tablo 2.1.** Geçmişten günümüze kadar kullanılan farklı dinleme çabası ölçütlerine örnekler vermektedir.

<b><i>Davranışsal Ölçüm Yöntemleri</i></b>	<b><i>Fizyolojik Ölçüm Yöntemleri</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Öznel raporlar ( eforu değerlendirmek için kullanılmış anketler)</li> <li>• Tekli görevler (görsel, işitsel veya dokunsal uyarıları verilen yanıt zamanları)</li> <li>• İkili görevler (birinci görevde cümle tekrarlama, ikincil görevde görsel uyarıyı takip etme)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pupillometri               <ul style="list-style-type: none"> <li>• EEG</li> <li>• fMRI</li> <li>• MEG</li> </ul> </li> </ul>

### **2.5.1. Dinleme Çabasının Davranışsal Ölçüm Yöntemleri**

#### **Öznel Raporlama Ölçütleri**

Öznel raporlama ölçütleri, işitme kaybı olan hastaların rapor ettikleri dinleme çabası yakınmalarına dayanır. Öznel raporlama ölçütlerinin değeri göz ardı edilmemelidir, çünkü dinleme çabası öznel olarak bildirilmez ise dinleme çabasının diğer davranışsal veya fizyolojik ölçümlerinin pratik önemi azalacaktır. Öte yandan diğer davranışsal ve fizyolojik ölçümler göz ardı edilirse öznel raporların tek başına değeri kalmayacaktır. Çünkü öznel raporlama ölçümlerinin tamamen subjektif olmasından dolayı bireyin ifadelerine bağlı olarak değişebilmektedir.

Günlük yaşamda dinleme çabasını ölçmek için kullanılan öznel raporlama ölçütleri, SSQ İşitme Ölçeğindeki efor ile ilgili sorularla değerlendirilebilir. Bu sorular şu şekildedir:

- i) Başkaları ile iletişim halindeyken ne söylendiğini anlamak için çok çaba sarf etmeniz gerekiyor mu?
- ii) Birini dinlerken ne kadar konsantre olmalısınız?
- iii) Belirli bir konuşmayı dinlemeye çalışırken diğer sesleri ne kadar kolay görmezden gelebilirsiniz?

Daha önce yapılmış birkaç çalışmada, dinleme çabasının öz-raporlama ölçütleri, işitme kaybı olan yetişkinlerin günlük yaşamındaki dinleme çabalarını değerlendirmek için zorlu bir dinleme görevinin yerine getirilmesi sırasında rapor edilmiş dinleme çabaları araştırılmış, işitme cihazı kazançları değerlendirilmiş normal işitmeye sahip ve işitme kaybına sahip bireyler gibi farklı birey gruplarındaki dinleme çabaları karşılaştırılmıştır (23).

Dinleme çabasının öznel raporlama ölçütleri, dinleme çabasının diğer davranışsal / fizyolojik ölçümleriyle her zaman tipik olarak ilişkili değildir. Zekveld ve arkadaşları (2011), farklı seviyelerdeki arka plan gürültüsü varlığında bireylere cümleler sunulduğunda, pupil büyüklüğündeki değişiklikler ile öznel raporlama ölçütleri arasında dinleme çabası ile ilgili bir ilişki olmadığını bildirmişlerdir. Zekveld ve arkadaşlarının bulguları, pupillometri ve öznel raporlama ölçütlerinin birbirlerinin yerine kullanılamayacağını göstermektedir. Aynı çalışmadaki bulgular ek olarak, dinleme çabasının ölçülmesinde birden fazla boyutun dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır (23).

### **Görev Paradigmaları**

Görev paradigmatları, zorlu dinleme koşullarında artan dinleme çabasının, işlemlenin doğruluğu ve hızı gibi görev performansının boyutlarına etkisini değerlendirir. Kelime tanımanın odyolojik ölçütlerinden farklı olarak, dinleme çabasının davranışsal ölçütleri, görev zorluğu performansın doğruluğunu etkilemeden önce artan dinleme talebini gösterebilir. Artan dinleme taleplerinin performans üzerindeki etkisi dinleme çabasının dolaylı bir göstergesidir (24).

Dinleme çabasını objektif olarak değerlendirmek için farklı yaklaşımlar kullanılmıştır. Daha önce yapılmış çalışmalarda hem tek hem de ikili görev

paradigmaları, dinleme çabasını ölçmek için kullanılan yöntemlerden biridir. İkili görev paradigmaları bilişsel kaynakların sınırlı kapasite teorisine dayanmaktadır(25). Bu ikili görev paradigmaları ölçümlerinde bireyler iki rakip görevi yerine getirmek zorundadır. Birincil görev bir dinleme sürecini ve ikincil görev ise çoğunlukla görsel veya hafıza ile ilgili bir görevden oluşmaktadır. Dinleme çabasının ölçülmesinde kullanılan bu yöntemdeki genel varsayım, sınırlı kaynaklar için bir rekabetin olduğu, ikincil görevin performansının birincil görevin zorluk seviyesi arttıkça azaldığıdır. İkincil görev verimliliğindeki bu azalma, dinleme çabasının ölçüsü olarak kabul edilir. Yani birey birincil dinleme görevinde çok fazla çaba harcadı ise ikincil görevdeki performansının düşmesi beklenir. Eğer birey birincil görevde çok fazla çaba harcamaz ise, ikincil görevdeki performansının düşmeyeceği beklenir.

### **2.5.2. Dinleme Çabasının Fizyolojik Ölçüm Yöntemleri**

Dinleme çabasının fizyolojik ölçümleri, merkezi sinir sistemindeki (MSS) ve otonom sinir sistemi (OSS) üzerindeki değişikliklerin ölçümlerini içerir. MSS' deki değişikliklerin ölçütleri:

- i) İşlevsel Manyetik Rezonans Görüntüleme (fMRI) (26)
- ii) Elektroensefalografi (EEG) (27)
- iii) Olaya İlişkin Potansiyeller (OİP-ERP) (28)

OSS' deki değişikliklerin ölçütleri:

- i) Pupil Genişlemesi (23)
- ii) Cilt İletkenliği
- iii) Cilt Sıcaklığı
- iv) Kalp Atışı
- v) Elektromiyografik Aktivite.

Fizyolojik ölçüm yöntemleri, zorlu dinleme koşullarında dinleme çabasını ölçmek için bir dizi fizyolojik tepkileri gerçek zamanlı olarak değerlendirir. Bu ölçümler objektiftir ve bireyin öznel yargılamalarından etkilenmeden klinisyene doğrudan kişinin harcadığı dinleme çabası hakkında bilgi sunar.

Pupil dilatasyonu ve kalp hızındaki değişikliklerin gibi otonom sinir sistemi aktivitesi göstergelerinin yanında, elektroensefalografik (EEG) aktivite de dinleme eforu ile ilişkili olarak incelenmiştir. Özellikle arka plan gürültüsünün yüksek olduğu zorlu dinleme koşullarında parietal kortekste teta dalgalarında ve frontal kortekste alfa dalgalarının genlik değişimlerinin bilişsel performanslardan etkilendiği ve spesifik olarak da zorlu dinleme görevleri sırasında arttığı bulunmuştur(19). Dinleme çabasının diğer ölçütleri olarak, pupil tepkisi ve galvanik deri tepkisi de incelenmiştir. Zekveld ve arkadaşları pupilin, bilişsel yük ve dinleme çabasının artışı ile birlikte genişlediğini gösterdiler (23).

### **Pupillometri**

Pupillometri, gözbebeğinin boyutunu, gözlere ışık yansıtmasını sağlayan pencereler yardımıyla ölçülür. Pupillerin tam açık olmasını sağlamak amacıyla pupil büyüklüğünün ölçümü karanlık bir odada gerçekleştirilir. Dikkat gibi bilişsel süreçler ile gözbebeği tepkisi arasında bir ilişki vardır. Artan bilişsel görev talepleri daha büyük bir pupil genişliği yanıtını indükleyerek bilişsel işlem yükünün ve çabanın güvenilir bir ölçüsü olarak kullanılmasına izin verir Pupil tepkisi işitsel görevlerde dinleme çabasını ölçmek için yaygın olarak kullanılmaktadır Genel olarak, bir görev aynı zaman aralığında daha fazla işlem yükü gerektirdiğinde, görev yapılırken ortalama pupil genişlemesi daha büyük hale gelir(29). Gözlerdeki pupil büyüklüğündeki bu değişim, artan dikkat, uyanıklık veya uyarılma gibi durumlarında otonom sinir sistemindeki etkinliğin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Arka plan gürültüsünün varlığı gibi zorlu dinleme koşullarında artan pupil büyüklüğü, harcanan dinleme çabasındaki artışın göstergesi olarak yorumlanmıştır(23). Yapılan çalışmalarda arka plan gürültüsü varlığında sunulan cümleleri bireylerin tekrar etmesini istenmiştir. Pupil büyüklüğündeki artış, arka plan gürültüsü seviyesi artışıyla körele gözlenmiş gözlerdeki pupillerin bu değişiminin artan dinleme çabasının bir işareti olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Koelewijn ve arkadaşları(2012) da konuşma uyarılarından elde edilmiş arka plan gürültüsü varlığında ve konuşma içermeyen arka plan gürültüsü varlığında bireylere uyarı sunmuş ve arka plan gürültü seviyesi arttıkça bireylerin pupil

büyükliğinde artma gözlemlenmişlerdir(29). Pupil büyüklüğündeki bu artışın genellikle artan görev zorluğu ile birlikte olumsuz bir deneyimin göstergesi olarak kabul edilir. Gürültü seviyesi arttıkça, performans düşer ve performanstaki bu düşüşe, pupil çapındaki sistematik bir artış eşlik eder, bu durum da dinleyicinin konuşma uyarısını dinlerken daha fazla dinleme çabası harcadığının göstergesidir. Kuchinsky ve arkadaşları (2014), konuşma uyarısını dinleme eğitimi ile ilgili dinleme çabasındaki değişiklikleri ölçmek için pupillometri kullanmıştır. Yapılan çalışmanın hipotezi işitme kayıplı bireye verilen eğitim programının harcanan dinleme çabalarını azaltmasına ve dolayısıyla pupil büyüklüğünün azalmasına yol açtıydı. Çalışmanın sonucunda konuşmayı dinleme eğitimi, konuşma testindeki performans artışı ile birlikte ortalama pupil büyüklüğündeki artış ile sonuçlanmıştır (30).

### **Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme (fMRI)**

Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme (fMRI), beyin metabolizmasında bölgesel, zamanla değişen farklılıkları göstermek için geliştirilen bir görüntüleme ölçümüdür ve beyin aktivitesinin artışı ile kan akışındaki küçük değişiklikleri ölçer. Bu ölçüm yöntemi, kanda hemoglobindeki oksijen miktarındaki değişimleri değerlendirmesine dayandığı için fMRI sinyalleri, kan oksijen düzeyine bağımlı sinyal BOLD (Blood Oxygenation Level Dependent) olarak isimlendirilir (31).

Nöronlarda bir aktivasyonun meydana gelmesi ile kortekste aktivasyon olan bölgelerde enerji artışına bağlı olarak o bölgede bulunan hücrelerin oksijen tüketiminde artış meydana gelir. Bu durum kortekste aktivasyonun yoğunlaştığı bölgenin kan akımındaki artış, ilgili bölgedeki oksijen tüketiminden fazla olduğunda hemoglobinlerdeki oksijen seviyesinde artış meydana. Oksijeni yüksek olan hemoglobin yanioksi-hemoglobin seviyesi arttığında sinyal büyüklüğünde yükselmeler gözlenir. Artanoksi-hemoglobin kortekste hangi bölgede aktivasyonun olduğunun yükseldiği konusunda bilgi verir. Beynin hangi bölgesinin ne zaman veya hangi uyarın ile aktif olduğunu gözlemlmek için yapılmış ilk fMRI çalışmalarında daha çok görsel ve bedensel araştırmalara ağırlık verilmişken günümüzde daha detaylı

araştırmalar yapılmaktadır. fMRI ölçümünün uzaysal çözünürlüğünün yüksek olmasına rağmen zamansal çözünürlüğü EEG ölçümlerine kıyasla düşüktür (32).

fMRI ölçümleri, zorlu koşullardaki dinleme çabasına bağlı olarak artan dikkat düzeyinin bir sonucu olarak beyinde kan akışındaki değişiklikleri, tespit etmek için kullanılabilir. Wild ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, toplamda dört farklı dinleme ortamı oluşturmak için gürültü *vocoding* tekniği kullanılarak bozulmuş konuşma uyarıları bireylere sunulmuştur. Yaratılan bu uyarılar farklı zorluk seviyelerindeki konuşma sinyallerinin filtrelenmesiyle oluşturulmuştur. Çalışmaya katılan bireylere her test bloğunda aynı anda konuşma uyarısı, işitsel dikkat dağıtıcı uyarılar ve görsel bir dikkat dağıtıcı (siyah zemin üzerine çapraz çizgili beyaz elips dizisi) sunulmuştur. Bireylere dikkatlerini konuşma uyarılarına vermeleri talimat edildiğinde sol inferior frontal girus dahil olmak frontal kortikal bölgelerde kan akışında artış ölçülmüştür. Net ve dinleyiciye zorluk yaratmayacak konuşma ile karşılaştırıldığında bozulmuş konuşma uyarıları zorlu bir dinleme koşulu oluşturmuştur. Wild ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda konuşma uyarısının bozulması arttıkça frontal bölgelerdeki kan akışında artış tespit edilmiştir. Yapılan görüntüleme çalışmasında gözlenen frontal korteksteki kan akımı artışı, dinleme çabasının nöral bir göstergesi olarak yorumlanmıştır (26).

Yapılan başka görüntüleme çalışmaları da dinleme çabasına bağlı olarak beyinde özellikle frontal bölgelerdeki artan kan akışını kanıtlar niteliktedir. Araştırmacılar, dikkat fonksiyonunun zorlu dinleme ortamlarında duyulan konuşma sinyalini işlemek için gerekli olduğu sonucuna varmışlardır. Zorlu bir dinleme ortamında ekstra dinleme çabası harcayarak işitsel uyarana verilen dikkatin sonucunda ise frontal korteksteki nöronlarda aktivasyon artışı gözlenir. fMRI ölçüm yönteminin en önemli özelliği görev performansı ile bağlantılı olarak artan aktivasyonların beyindeki konumları hakkında bilgi sağlamasıdır.

fMRI' nin dinleme çabası çalışmalarında da bazı sınırlamalar mevcuttur. Manyetik rezonans cihazlarının ölçüm sırasında oluşturduğu bir gürültü vardır. Bu gürültü görsel veya fizyolojik alanda yapılan çalışmaları anlamlı olarak etkilemese de işitsel çalışmalarda işitsel uyarının algılanmasını etkileyebilecek düzeydedir. fMRI yöntemlerinin bu olumsuz özelliğini minimuma indirmenin en etkili yolu, gürültü

baskılama özelliği yüksek ve aynı zamanda manyetik ölçümlere uygun olabilecek kulaklıkların kullanılmasıdır. İşitsel çalışmaları etkileyebilecek bir gürültü seviyesine sahip olmasına ek olarak fMRI ölçümleri, göreve bağlı olarak oluşan bireylerin verdiği hızlı yanıtları ölçme yeteneğini sınırlayan düşük bir zamansal çözünürlüğe sahiptir(33). fMRI ölçümlerindeki zamansal çözünürlüğün düşük olması durumu, ek olarak başka ölçümlerin (EEG-fMRI ) yapılmasını gerektirmektedir.

### **Elektroensefalografi (EEG)**

Beyin-bilgisayar arayüzü çalışmaları (BCI), elektroensefalografi (EEG) rehabilitasyon ve tıbbi amaçlar için çeşitli yaklaşımlar ve uygulamalar tanımlamıştır. BCI teknolojilerinin en önemli özelliği, beyindeki sinirsel cevabı harici bir cihaza göndermek ve böylece araştırmacıya/klinisyene geri bildirim sağlamasıdır(34). Belli özelliklere sahip hassas sensörler, beyinden gelen sinyalleri kaydetmek amacıyla, kullanılan ölçüm yöntemi için anlamlı özellikler çıkarabilmesinde büyük önem taşımaktadır. Beyinden gelen sinyalleri ölçmek için kullanılan bu yöntemlerde verimin yüksek olması için sensör üniteleri küçük ve basit yapılı olmalıdır. İkinci olarak, sensörlerden kaydedilen sinirsel yanıtlar, geri bildirim sağlamak değerli bilgiler içermelidir. Günümüzde, klinik ve araştırma laboratuvarlarından en çok kullanılan ölçüm yöntemlerinden biri olan EEG ölçümleri, beyinden gelen sinyalleri kaydetmek için kullanılan önemli yöntemlerdendir. EEG özellikle sinirbilimde beyin davranış ilişkisini incelemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (35).

EEG, nöral aktivite ile ilişkili elektrik dalgalanmalarının doğrudan kafa derisine yerleştirilmiş bir dizi elektrot aracılığıyla ölçülmesini içerir. EEG aktivitesi genellikle belirli salınımların (düzenli dalga şekli dalgalanmalarının) ait olduğu frekans bandında kategorize edilir. Bunlar arasında; delta (0.3-4 Hz), teta (4-8 Hz), alfa (8 -12 Hz), beta (14 - 30 Hz) ve gama (40 Hz) bantları bulunur. Yapılan önceki çalışmalarda, belirli bilişsel süreçlerin potansiyel sinirsel bağıntıları için her bir frekans bandını ayrı ayrı incelemişlerdir. Teta aktivitesinin hafıza işleme hakkında bilgi verdiği beta dalgalarındaki aktivite artışının ise motor yanıtlarla ilişkili olduğu düşünülmüştür. Alfa bandındaki aktivite, konuşmanın olumsuz koşullarda nasıl işlendiği ile ilgilenen araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Yapılan birçok

çalışmada, artan alfa gücünün çaba gerektiren dinleme durumlarıyla ilişkili fonksiyonel inhibisyonu yansıttığı düşünülmüştür. Bu inhibisyon etkisi beynin işlevsel olarak uyarın işlemlerinde görev almadığı bölgelerdeki faaliyetlerin bastırılması olarak tanımlanmıştır(22).

Klinikte EEG, nörolojik bozuklukların, tümörlerin, felçlerin ve beyin ölümünün teşhisi için kullanılan önemli ve değerli bir ölçüm yöntemidir. EEG ayrıca sinirbilimin yanı sıra bilişsel bilim ve bilişsel psikoloji alanlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Kafa derisinden kaydedilen EEG sinyallerinin özellikleri, elektrotların konumuna, beynin durumuna ve beynin periferik sinir sistemi (işitsel veya görsel sistemler) yoluyla uyarılmasına bağlıdır. EEG aktivitesindeki değişiklikler indüklenmiş ve uyarılmış aktivite olarak sınıflandırılmaktadır. İndüklenmiş ve uyarılmış EEG aktivitesi arasındaki temel fark, yanıt süresi ile ilgilidir. İndüklenmiş EEG aktivitesi, belirli bir uyarının sunumundan sonra herhangi bir noktada meydana gelir. Uyarılmış EEG aktivitesinde ise, Uyarının belirli bir zaman diliminde tetik verilmesi ile elde edilen cevap ile karakterize edilir (36).

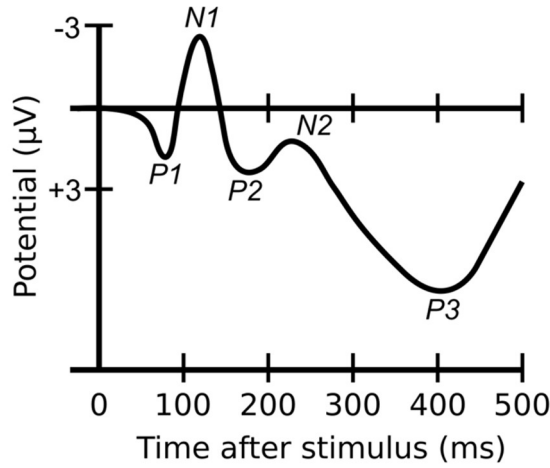
Sinir bilim ve nöroloji çalışmalarının yanı sıra EEG, işitme kaybının dinleme çabası üzerindeki etkisini değerlendirmek için de kullanılmıştır(4). Zorlu koşullardaki dinleme çabası araştırmalarında, alfa (8-12 Hz) ve teta (4-8 Hz) bant aktivitesindeki değişiklikler dinleme çabasının bir göstergesi olarak kabul edilmiştir. İnhibisyon teorisine göre, belli bir süre boyunca öğrenilen bilgiyi ezberlemeye çalışırken senkronize alfa aktivitesinin ortaya çıkması muhtemeldir. Alfa aktivitesindeki artış, çaba gerektiren dinleme sırasında arka plan gürültüsü ya da herhangi bir çevresel uyarın etkeninin bastırılmasının bir göstergesidir. Obleser ve arkadaşları(2015) ayrıca, artan alfa gücünün işitme kaybının derecesiyle korele olabileceğini belirtmişlerdir. Yani işitme kaybının derecesi ne kadar yüksek ise bireyde gözlenecek alfanın gücü harcanacak dinleme çabasının artmasına bağlı olarak o kadar fazla olabilecektir(37).

Öte yandan, her ne kadar alfa gücündeki artışlar dinleme çabasının göstergesi olabileceği şeklinde açıklamalar yapılsa da alfa gücünde meydana gelecek bir azalmanın ne anlama geldiğini yorumlamak zordur. Petersen (2015), bilişsel kapasitedeki bireysel farklılıkların ve alfa gücünde meydana gelen düşüşlerin, dinleme çabasının azalmasından mı ya da kullanılan bilişsel ek kaynakların tükenmiş

olmasından mı kaynaklandığını tespit etmenin zorlaştırdığını ileri sürmüştür. Petersen ve arkadaşları, orta derecede sensörinöral işitme kaybı olan bireylerin zorlu dinleme koşullarındaki bilişsel çabalarının çok yüksek olduğunu, bu durumda da alfa gücündeki artışın daha fazla mümkün olmadığını öne sürmektedir (4).

### **Olaya İlişkin Potansiyeller (ERP)**

Olaya ilişkin potansiyeller (OİP) veya Event Related Potentials (ERPs), EEG ölçümlerinde belirli bir uyarana bağlı olarak korteksteki nöronların zamana spesifik olarak oluşan elektriksel voltaj değişimleridir. Nöronlarda meydana gelen bu voltaj değişimleri, bilişsel işleme süreçleri ile ilgili fizyoloji bağlantıları hakkında bilgi veren noninvaziv ve güvenli bir ölçüm tekniğidir. ERP' nin kortekste işitsel veya görsel bilgilerin işlenmesi esnasında milyonlarca nöronun senkronize bir şekilde aktive olmasıyla oluşan postsinaptik elektriksel potansiyellerin yüzey elektrotlarına ulaşmasıyla meydana geldiğine inanılmaktadır(38). ERP yanıtları elde edebilmek için uyarının gönderiliş zamanını göre EEG kaydına belirli işaretler konulması gerekir. Elde edilen bu veriler analiz aşamasına gelindiğinde, EEG kaydında uyarının sunulma zamanına göre konulmuş işaretler belirli bir zaman alanı içine alınır. Daha sonra kaydedilen verilerde gözlemlenen göz kırpmasına, test edilen kişinin hareket etmesine veya kayıt ile ilgili faktörlere bağlı olarak oluşan gürültüler çıkartılır. Gürültüden ayıklanmış EEG dilimlerinin genel ortalaması alınarak elde edilen verilerden ERP yanıtları incelenir (Şekil 2.2.). ERP dalga formundaki bileşenler genliklerinin yönüne ve oluşma zamanına göre (latans) adlandırılmaktadır. ERP bileşenlerindeki dalga formları pozitif veya negatif olmalarına göre P veya N ile isimlendirilirler ve bu harflerin yanındaki sayılar ise oluşum zamanını milisaniye olarak ifade etmektedir. ERP' de ilk 100 milisaniyede meydana gelen yanıtlar eksojen yani duyuşsal, 100 milisaniyeden sonra meydana gelenler ise endojen yani bilişsel yanıtlardır (39).



**Şekil 2.2.** Örnek ERP bileşenleri. X eksenini milisaniye olarak zamanı, Y eksenini elektriksel voltajı ifade eder (37).

ERP'nin uyarandan sonra 100 milisaniyede oluşan ilk negatif voltajlı dalgası olan N1 yanıtları uyarana bağlı olarak oluşan eksojen bir yanıttır. Yapılan çalışmalarda N1 yanıtlarının erken dikkatin tetiklenmesini ifade ettiği bulunmuştur. N1 bileşenlerinin oluşmasından sunulan uyarının spektrot temporal karakterinin etkisi yüksektir. N1 dalgasının başlıca 3 komponenti vardır: yaklaşık 75 milisaniyede oluşan işitsel korteksten kaynaklanan frontosentral komponent, 100 milisaniyede tepe noktasına ulaşan verteks cevabı ve 150 milisaniyede oluşan temporal girustan kaynak alan komponenttir (37).

P3 yanıtları ise yaklaşık 300 milisaniyeden sonra oluşan pozitif voltajlı bir dalgadır. Yapılan araştırmalar P3 yanıtının birden fazla kortikal alandaki aktivasyona bağlı olarak oluşabildiğini göstermektedir. İşitsel uyarının sunumundan sonra elde edilmiş P3 yanıtlarının bireyin işitsel bilgiyi ayırt etme becerisini yansıttığından dolayı pariyetal ve prefrontal korteks bölgelerindeki işitme ile ilgili mekanizmaların etkileşimine bağlı olarak oluştuğuna inanılmaktadır. P3 yanıtlarının kaynağının işitsel korteks, işitsel korteks ya da pariyetal korteks olduğu düşünülmektedir (40).

N4 yanıtları ise P3 yanıtını takiben yaklaşık 400 milisaniyede oluşan endojen ERP bileşenlerinden biridir ve sunulan uyarının parametrelerinden bağımsız olarak bilişsel işlemlerin yönlerini yansıtır. N4'ün semantik işlemleri ifade ettiği düşünülmektedir. Bir sözcüğü işlemlere verilen dikkatin miktarı ve otomatik işlev bu ERP bileşeni tarafından da yansıtılabilir. N4 bileşenleri cümle uyarılarının

içindeki kelimelerdeki semantik farklılıkların ayırt edilmesiyle belirginleşir. Kortekste Parahippocampal anterior fusiform girustan kaynak aldığı tahmin edilmektedir (41).

Yapılan çalışmalarda gözlenen ERP' de görevdeki değişikliklere bağlı olarak ERP aktivitesinin büyüklüğünün değişmesi, bu değişimlerin dinleme çabasının bir göstergesi olabileceğini düşündürmüştür. Obleser ve Kotz (2011), ERP yöntemini kullanarak, bozulmuş konuşma sinyalinin N100 ve N400 bileşenlerinin konuşma genliği üzerindeki etkisini araştırmıştır. N100 ve N400 yanıtları, belirli bir işitsel sinyal sunumundan sonra normal olarak sırasıyla 100 ve 400 ms'de gözlemlenmesi gereken negatif potansiyellerdir. Araştırmacılar, bozulmaya uğramış konuşma uyaranları kullanılarak oluşturulan zorlu dinleme koşullarında kaydedilen ERP yanıtlarının latanslarında uzama ve N100 potansiyelinin genliğinde artış olduğunu bulmuşlardır. Obleser ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, N100 amplitüdü ve latansındaki bu değişiklikler, konuşma uyaranındaki akustik bozulma miktarıyla ilgili olduğu belirtilmiştir. Uyarandaki akustik bozulmalardaki artış, genliğin artmasına ve latansın gecikmesine neden olmuştur. N100 deki bu değişikliklerin muhtemel bir “nöral çaba” göstergesi olabileceği düşünülmüştür (28).

ERP genliklerindeki değişiklikler, zorlu koşullardaki dinleme çabasının bir göstergesi olabilir. Çünkü görev zorluğunda meydana gelen farklılıklar ERP aktivitesinin büyüklüğünde değişimle sonuçlanabilmektedir. Konuşma uyaranları kullanılarak yapılan başka çalışmalarda N400 yanıtlarının genliğinde artış bildirilmiş ve bu sonucun dinleme çabası ile bağlantılı olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Faz karakteristikleri ve N1 bileşeninin genliği gibi ERP yanıtları, dinleme çabasında yer alabilecek bilişsel işlemlenin yönleri hakkında fikir verebilir. Yapılan bir çok çalışma, arka plan gürültüsü veya bozulmuş konuşma uyaranlarının varlığına bağlı olarak ortaya çıkan zorlu dinleme koşullarında bireylerin harcadığı çabanın artmasına ile ilişkili olarak ERP yanıtlarında meydana gelen değişimleri kanıtlamış olsa da, artan dinleme çabasının diğer ölçüm yöntemleriyle de nasıl ilişkili olduğunu anlamak için örneklem büyüklüğünün daha fazla olduğu çok sayıda araştırma yapılması gerekmektedir.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmaya katılan normal işitmeye sahip ve bilateral sensörinöral işitme kaybı tanısı almış bireylerin EEG kayıtları Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Anabilim Dalı, Odyoloji Bölümü Elektrofizyoloji laboratuvarında yapılmıştır. GO 18/862 kayıt numarası ile 09.10.2018 tarihinde Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu onayı alınmıştır. Çalışmaya katılmayı onaylayan normal işitmeye sahip ve işitme kayıplı bireylere çalışmanın içeriği ve amacı anlatılmış olup yazılı izinleri alınmıştır.

#### 3.1. Bireyler

Çalışmaya Hacettepe Üniversitesi Erişkin Hastanesi Odyoloji Ünitesi'nde bilateral hafif ve orta derecede sensörinöral tip işitme kaybı tanısı alan 10 işitme kayıplı birey ve Hacettepe Üniversitesi Erişkin Hastanesi Odyoloji Ünitesi'nde bilateral normal işitme tanısı alan 12 birey kontrol grubu olmak üzere toplam 22 birey gönüllülük esasına göre çalışmaya dahil edilmiştir. Araştırma grubundaki 10 işitme kayıplı bireyin 5'i erkek, 5'i kadın idi. Kontrol grubundaki 12 normal işitmeye sahip bireyin 6'sı kadın, diğer yarısı ise erkek idi. İşitme kaybına sahip bireylerin oluşturduğu araştırma grubunun yaş ortalaması 40'dır. Araştırma grubundaki 10 işitme kayıplı bireyin yaşları 30-45 aralığında idi. Kontrol grubundaki normal işitmeye sahip bireylerin yaş ortalaması 25'dir ve bu gruptaki bireylerin yaşları 22-30 aralığındadır.

Normal işitmeye sahip bireyler, her iki kulaktaki hava yolu işitme eşikleri 125, 250, 500, 1k, 2k, 4k, 6k ve 8k Hz'de 15dB HL'in altında olması esasına göre çalışmaya dahil edilmiştir. Araştırma grubunu oluşturan bilateral hafif ve orta derece sensörinöral işitme kayıplı bireylerin tanıları dosya bilgisinden alınmıştır. Her iki grup için de çalışmaya katılan bireylerin hiçbiri mental, nörolojik ve metabolik herhangi bir hastalığa sahip değildi. Tez çalışmasına katılan her birey araştırma hakkında aydınlatılmış onam formu ile bilgilendirilmiştir.

### 3.1.1. Bireylerin Çalışmaya Dahil Edilme ve Dışlanma Kriterleri

#### *Araştırmanın dahil edilme kriterleri*

- 18-45 yaş aralığında olmak
- Herhangi bir dış kulak ya da orta kulak patolojisi olmamak
- Bilinen nörolojik ve psikiyatrik bir hastalığı olmamak
- Testi alabilecek fiziksel ve zihinsel becerilere sahip olmak
- Bireylerin anadilinin Türkçe olması
- Araştırmaya katılmaya gönüllü olmak

#### *Araştırmanın dışlama kriterleri*

- 18 yaşından küçük veya 45 yaşından büyük olmak
- Herhangi bir dış kulak ya da orta kulak patolojisi bulunmak
- Bilinen nörolojik ve psikiyatrik bir hastalığı olmak
- Testi alabilecek fiziksel ve zihinsel becerilere sahip olmak
- Bireylerin anadilinin Türkçe olmaması
- Araştırmaya katılmaya gönüllü olmamak

## 3.2. Yöntem

### Uyaranların Oluşturulması ve Özellikleri

Konuşma uyararı olarak kullanılan cümleler, temel olarak konuşma anlaşılabilirlik eşiğinin tespiti için klinikte kullanılan Türkçe Matriks testini oluşturan cümlelerden uyarlanarak oluşturulmuştur. Her cümle tahmin edilebilirliği zor olan isim, sayı, sıfat, nesne ve yüklem olmak üzere beş kelimedenden oluşmaktadır. Türkçe Matriks Testi'ni oluşturan kelimeler Tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.1.** Türkçe Matriks Testi'ni oluşturan kelimeler

<i>İsim</i>	<i>Sayı</i>	<i>Sıfat</i>	<i>Nesne</i>	<i>Yüklem</i>
Gönül	yedi	mavi	sepet	haketmiş
Zuhal	bir	yeni	kilim	verdi
Fırat	sekiz	beyaz	yatak	satmış
Hikmet	üç	küçük	çatal	getirdi
Tuncay	altı	yeşil	cımbız	bulmuş
Nurşen	beş	temiz	gömlek	çizdi
Poyraz	dokuz	renkli	balon	fırlatmış
Seyhan	on	bordo	minder	gördü
Meltem	iki	güzel	terlik	kazanmış
Dilek	dört	siyah	fincan	yolladı

Bu tez çalışması için toplamda 60 tane birbirinden farklı cümle seçilmiş ve bu cümleler profesyonel kadın seslendirme tarafından ses stüdyosunda kaydedilmiştir. Farklı ve zorlu dinleme koşulları oluşturmak için kaydedilen cümlelerin gürültü varlığında sunulması hedeflenmiştir. Bu zorlu koşul, MATLAB programı üzerinden konuşma şeklindeki durağan gürültü (*stationary noise*) kullanılarak kaydedilen cümleler ile birleştirilmiştir. Bu konuşma uyaranları Hacettepe Üniversitesi Biyofizik Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Dr. Nurhan Erbil tarafından oluşturulmuştur.

Türkçe Matriks testine ait her bir cümlenin başlangıcı EEG kayıt sistemine tetik olarak gönderilmiştir. Uyarı sistemi oluşturulurken, cümlenin bireylere gönderilmesi ve EEG sistemine tetiğin gönderilmesi işlemleri arasındaki zamansal farkı en düşük düzeye indirebilmek amacıyla işletim sistemi olarak Debian 10.1.0 amd64 sürümü üzerinde kullanılan GNU Octave 5.1.0 yazılımı ve Psychtoolbox 3 paketi tercih edilmiştir (42).

Türkçe Matriks testine ait 60 cümle farklı gürültü düzeylerine yeniden üretilerek kontrol ve çalışma gruplarına zorlu dinleme koşulları yaratmak için dört farklı sinyal gürültü oranı (SGO) kullanılmıştır. Bu SGO'lar +3, 0, -3, -6 dB SBS'den oluşmaktadır. Matriks cümlelerin seviyesi 65 dB SBS'de sabit tutulmuş, gürültü ise dört farklı SGO doğrultusunda değiştirilmiştir. Her bir gürültü düzeyi ayrı oturumlarda kaydedilmiştir. İşitme kayıplı ve normal işitmeye sahip bireylere her SGO için 60 cümle olmak üzere toplamda 240 konuşma uyarını, MATLAB programında düzenlenmiş, binaural olarak Sennheiser 200 HD kulaklığı ile kontrol ve araştırma grubuna sunulmuştur. Gürültü düzeyi sıralaması araştırma grubunda +3, 0, -3 ve -6 dB kontrol grubunda ise 0, -6, +3 ve -3dB olarak seçilmiştir. Cümle sıralaması her bir gürültü düzeyi için farklı şekilde yapılmış, tüm bireylerde oluşturulan bu seri kullanılmıştır. Tüm konuşma uyarıları ortalama olarak 3sn'den oluşmaktadır. Kontrol ve araştırma grubunun dikkatini konuşma uyarısından ayırmaması ve gelen uyarını sürekli olarak takip etmesi için uyarı bireylere sunulduktan sonra tekrar etmeleri istenmiştir. Birbirini takip eden cümle uyarıları arasında 7sn bulunmaktadır. Bu süre bireylerin duyduğu cümleyi tekrar etmesi için yeterli olmuştur.

### **3.2.1. Elektrofizyolojik Değerlendirmeler**

#### **EEG Kayıtları**

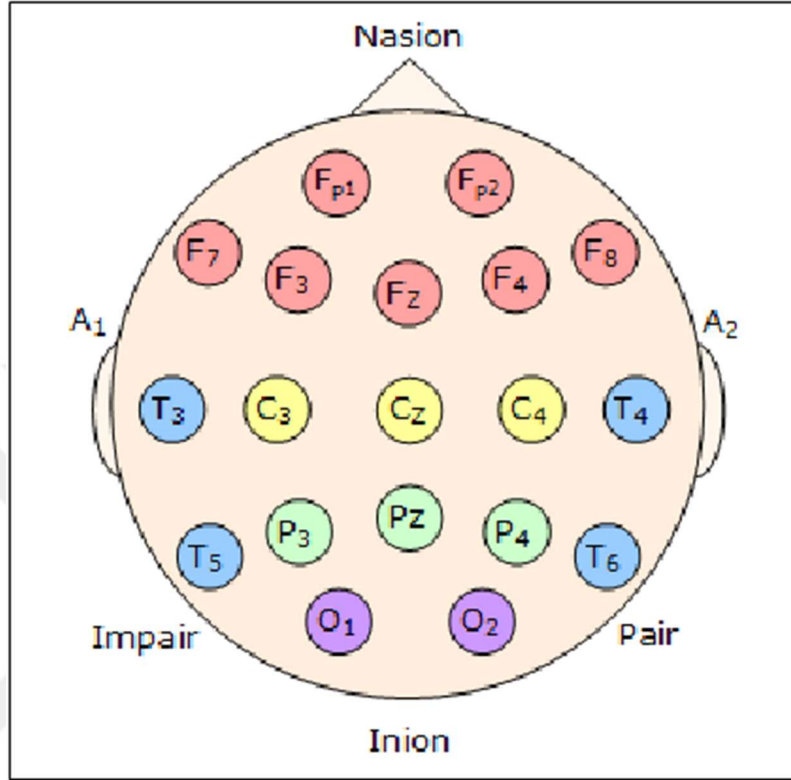
Normal işitmeye sahip ve işitme kaybı olan bireylerin farklı dinleme koşullarında dinleme çabasını objektif olarak değerlendirmek için EEG kayıtları alınmıştır. EEG verilerinin kayıtlarında, NuAmps2 EEG amplifikatörü ve sisteme ait Scan 4.2 yazılımı (Compumedics, NC, ABD) ve 20 elektrotlu Electro-Cap (Electro Cap, OH, ABD) EEG başlığı kullanılmıştır. EEG kayıt parametreleri ise şu şekilde belirlenmiştir:

Bant aralığı: 0.01-40 Hz

Örnekleme frekansı: 500Hz

Referans: Sağ kulak

Kayıtlar sırasında elektrotların empedanslarının  $15k\Omega$ 'un altında olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 3.2. Elektrot yerleşiminde kullanılan uluslararası 10-20 sistemi.

### EEG Verilerinin Analizi

Analizler 'MATLAB 2015b' (MathWorks, ABD) ortamında hazırlanan rutinler ve EEGLAB 13 (Delorme, Makeig, 2004) paketi kullanılarak yapılmıştır(42). Her bir birey ve gürültü düzeyi için ayrı ayrı uygulanan veri analiz basamakları aşağıdaki gibidir:

- i. 0.1-30 Hz aralığında FIR (*Finite Impulse Response*) filtre uygulaması
- ii. Tetik öncesi 500ms, tetik sonrası 1000ms aralığında EEG parçalarının oluşturulması
- iii. Her bir EEG parçasının *offset* değerinin çıkartılması
- iv. Cz elektrotunda  $\pm 80\mu V$  eşik değerini geçen EEG parçalarının elenmesi

Yukarıda özetlenen şekilde elde edilen EEG parçalarının ortalaması alınarak kişilere ait ERP verileri, kişiler üzerinden alınan ortalamalar ile ise grup ERP verileri elde edildi.

### **ERP Genlik ve Latans Değerlerinin Belirlenmesi:**

Kişilere özgü N1, P3 ve N4 dalgalarına ait genlik ve latans değerlerinin belirlenmesinde GFP (*Global Field Power*) yöntemi kullanıldı. N1 için; 75-200 aralığında, P3 için 280-375 aralığında, N4 için ise 380 -650 ms aralığında en yüksek GFP değerine ait olan zaman ‘latans’, söz konusu anda ölçülen değer ise ‘genlik’ olarak kabul edilmiştir .

### **3.2.2. Davranışsal Ölçüm Yöntemi**

Öznel dinleme çabası, temel olarak “Konuşma uyarısını takip etmeniz ve anlayabilmeniz için ne kadar çaba harcadınız? diye sorularak her SGO’ da bireylere sorularak ölçülmüştür. EEG kaydı yapılırken her bir sinyal gürültü oranı koşulunda konuşma uyarısının sunumu sonrasında kontrol ve araştırma grubundaki bireylere, farklı seviyelerde gürültü varlığında konuşma uyarılarını anlamak için ne kadar çaba sarf ettikleri sorulmuş ve zorlanma seviyelerine göre 1-9 aralığında bir puan vermeleri istenmiştir. Yapılan çalışmada +3, 0, -3, -6 dB SGO olmak üzere dört farklı gürültü koşulundan oluştuğu için bireyler kendilerini öznel olarak toplamda dört kere değerlendirilmiştir. Bireylere her defasında 3 soru sorulmuştur. Bu sorular ;

1. Konuşma uyarısını anlamak için ne kadar çaba sarfettiniz?  
(Burada önemli olan bireylerin kaç kelimeyi doğru bildiği değil de uyarıyı anlama için ne kadar çaba harcamasıdır.)
2. Durumu iyileştirmek için başka bir şey yapmaya çalışmak ister misiniz?
3. Farklı gürültü koşullarında konuşma uyarılarını dinlemek sizi ne kadar yordu?

1’den 9’a kadar olan puan skalasında, 1 “çaba yok” ve 9 “çaba düzeyi çok yüksek” anlamına gelmektedir. Bu öznel derecelendirme soruları Picou (2014) tarafından geliştirilmiştir ve Konuşma, Mekânsal ve İşitme Kalitesi Ölçeği’ndeki bir kısım soru

temel alınmıştır(43). Spesifik olarak, bu çalışmada kullanılan üç soru, dinleme çabasının öznel derecelendirmelerini değerlendirmek için kullanılmıştır.

### 3.3. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizlerde, SPSS 24 (IBM SPSS, Chicago, IL, ABD) paket programı kullanılmıştır. Farklı gürültü tipleri ve gruplar arasındaki latans ve genlik farkları ek değişkenli ANOVA (*Univariate ANOVA*) kullanılarak karşılaştırılmıştır. Grup içi karşılaştırmalarda kişiler arası değişken olarak farklı gürültü düzeyleri (+3, 0, -3, -6dB), gruplar arası karşılaştırmalarda ise grup (AG, KG) değişkeni kişiler arası değişken olarak kullanılmıştır. Levene testi kullanılarak, varyansların homojenliği kontrol edildi ( $p < .001$ ). Post hoc karşılaştırmalarda ise t-testi kullanıldı. Tanımlayıcı istatistik olarak da ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir.  $p < .05$  olduğunda istatistiksel açıdan anlamlı kabul edilmiştir.

## 4. BULGULAR

### 4.1 Bireylerin Demografik Özelliklerinin ve İşitme Kaybı Derecelerinin İstatistikleri

Çalışmaya bilateral normal işitmeye sahip 12 birey kontrol grubuna, bilateral hafif ve orta derecede sensörinöral tip işitme kaybı tanısı alan 10 işitme kayıplı birey araştırma grubuna dahil edilmek üzere toplam 22 birey gönüllülük esasına göre dahil edilmiştir.

Araştırma grubundaki 10 işitme kayıplı bireyin 5'i (%50) erkek, 5'i (%50) kadın, kontrol grubundaki 12 normal işitmeye sahip bireyin 6'sı kadın (%50), 6'sı erkek (%50) bireyden oluşmaktadır.

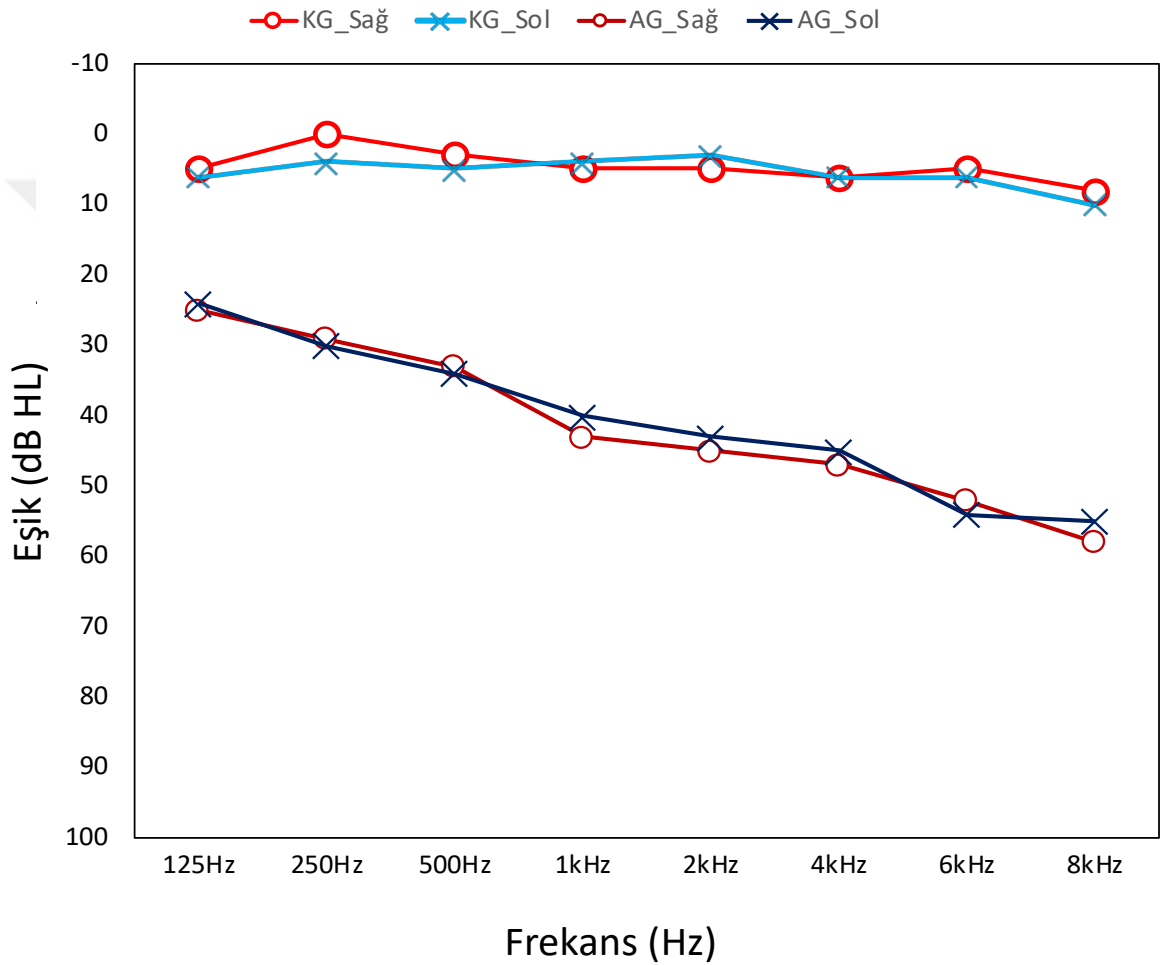
İşitme kaybına sahip bireylerin oluşturduğu araştırma grubunun yaş ortalaması 40 olup bu bireylerin yaş aralığı 30-45'dir. Kontrol grubundaki normal işitmeye sahip bireylerin yaş ortalaması 25'dir ve bu gruptaki bireylerin yaşları 22-30 aralığındadır. Kontrol ve araştırma grubunda çalışmaya katılan bireylerin demografik bilgileri Tablo 4.1.'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.1.** Çalışmaya dahil olan tüm bireylerin demografik bilgileri

Gruplar	Sayı	Cinsiyet				Yaş Ortalaması	Yaş Aralığı
		<u>Erkek</u>		<u>Kadın</u>			
	n	n	%	n	%		
Araştırma Grubu	10	5	50%	5	50%	40	30-45
Kontrol Grubu	12	6	50%	6	50%	25	22-30

n=Birey sayısı

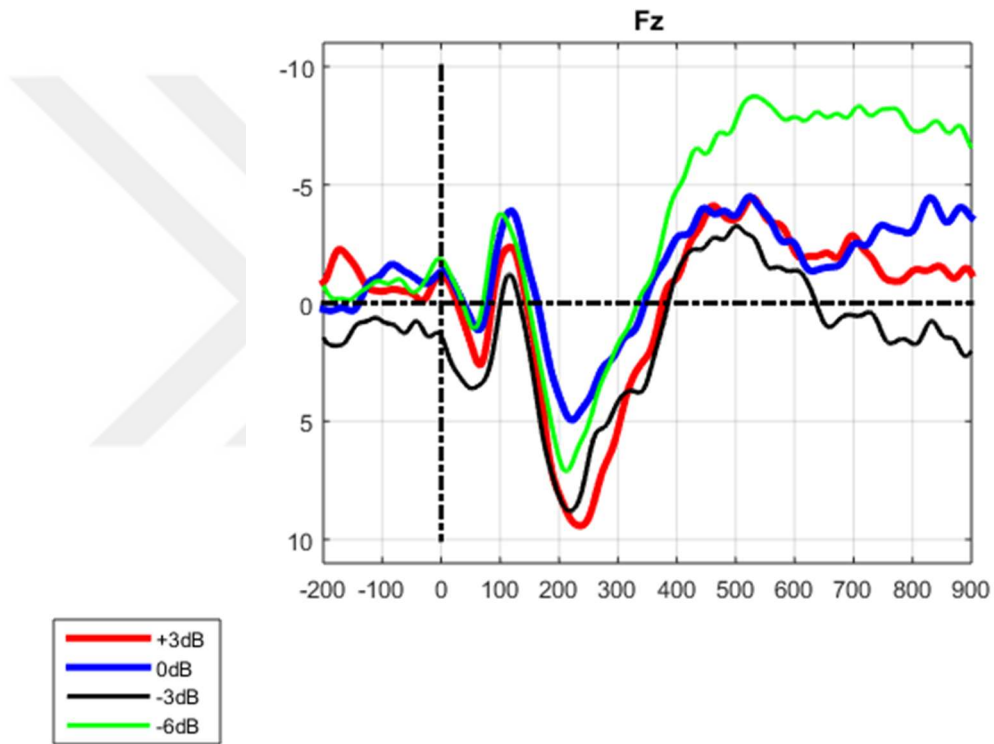
Çalışmaya katılan kontrol grubundaki normal işitmeye sahip 12 bireyin sağ kulak için hava yolu eşik ortalaması 5 dB HL, sol kulak için 4 dB HL olarak değerlendirilmiştir. Araştırma grubundaki 10 bireyin sağ kulak için hava yolu eşik ortalaması 40 dB HL, sol kulak için 41 dB HL olarak değerlendirilmiştir. Araştırma ve kontrol grubunun sağ ve sol kulakta her frekans için işitme eşiği ortalamaları Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.

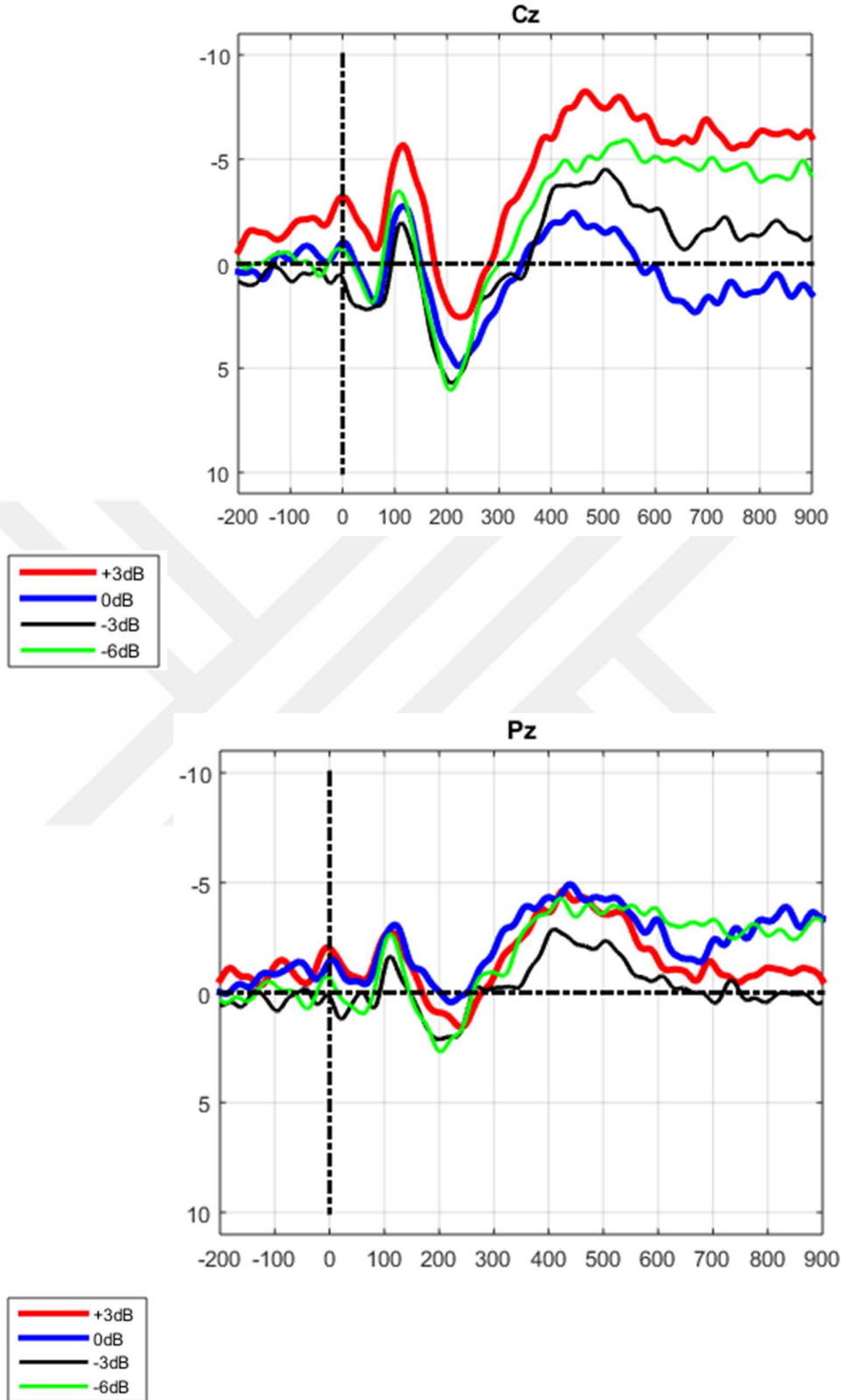


**Şekil 4.1.** Araştırma ve kontrol grubunun sağ ve sol kulakta her frekans değeri için hava yolu işitme eşikleri ortalamaları.

## 4.2 Araştırma Grubunda Farklı Sinyal Gürültü Oranlarının ERP Bileşenleri Üzerindeki Etkisi

Farklı ve zorlu dinleme koşulları yaratmak amacıyla oluşturulan 4 farklı sinyal gürültü oranında konuşma sinyallerinin sunumu sırasında araştırma grubundaki işitme kayıplı bireylerden elde edilen ERP dalga formu Fz, Cz ve Pz elektrotları olmak üzere 3 farklı elektrot için Şekil 4.2.'de gösterilmektedir. Şekildeki kırmızı çizgi +3 dB, mavi çizgi 0 dB, siyah çizgi -3 dB ve yeşil çizgi ise -6 dB SGO oranlarında oluşan ERP yanıtlarını göstermektedir.





**Şekil 4.2.** Araştırma grubunda Fz, Cz ve Pz elektrotları için farklı gürültü koşullarındaki ERP yanıtları

Araştırma grubundaki işitme kayıplı bireylerin farklı SGO'ndaki dinleme çabasını değerlendirmek için ERP yanıtlarının N1, P3 ve N4 bileşenlerinin genlik ve latans değerlerindeki değişimler Fz, Cz, ve Pz elektrotlarında incelenmiştir. Yukarıdaki şekil göz önüne alındığında Cz elektrodunda +3 dB SGO'dan -3dB SGO'ya doğru N1 ve N4 yanıtlarının amplitüdlerinde bir miktar düşme, SGO +3dB'den -6 dB'ye düştükçe P3 yanıtının genliğinde artış ve latanslarında kısalma gözlenmektedir.

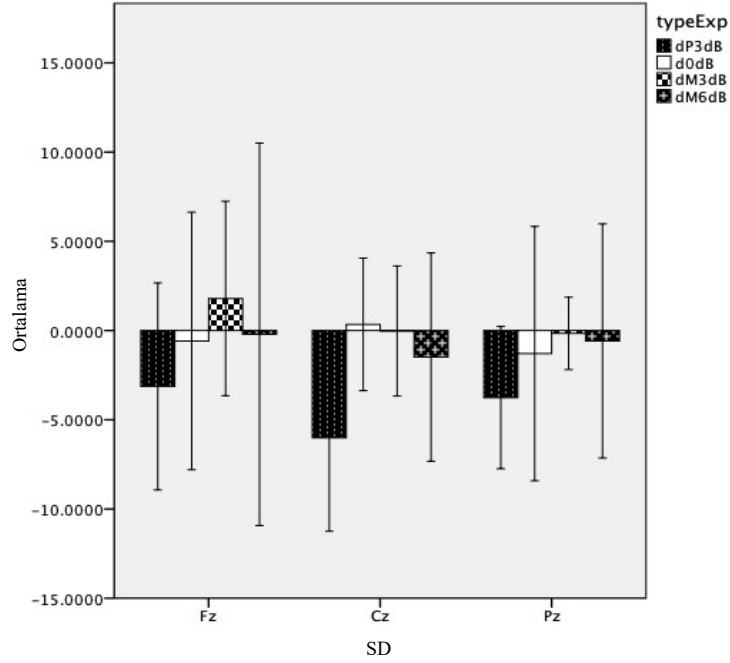
#### **4.2.1. Araştırma Grubunda N1, P3 ve N4 Bileşenlerinin Genliklerinin Karşılaştırılması**

Bilateral sensörinöral tip hafif ve orta derece kadar işitme kaybı olan 10 bireyin farklı SGO düzeylerinde incelenen N1, P3 ve N4 yanıtlarının genlik değerleri istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, grup içinde 4 farklı SGO'nun da oluşan N1 dalga formunun genlikleri karşılaştırıldığında Cz elektrodunda +3 dB SGO'daki N1 genliği ile 0, -3 ve -6 dB SGO'da oluşan N1 dalgasının genlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

+3 dB ve 0, -3, -6 dB koşulları karşılaştırıldığında SGO azaldıkça yani gürültü baskın hale geldikçe N1 genliğinde istatistiksel olarak anlamlı azalma gözlenmiştir. Bu istatistiksel farkın anlamlılık değeri  $p=0.005$ , +3 dB ve -3 dB arasındaki fark  $p=0.008$ , +3 dB ve -6 dB'de oluşan N1 dalga formunun genlikleri arasındaki istatistiksel farkın anlamlılık değeri ise  $p=0.047$  olarak bulunmuştur. Cz elektrodunda diğer SGO oranlarında oluşan N1 dalgasının genlikleri arasında ise anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Fz ve Pz elektrotlarında 4 farklı SGO'nda oluşan N1 genlikleri kıyaslandığında hiçbir değerde anlamlı farklılık bulunmamıştır. Araştırma grubunda farklı gürültü düzeylerindeki N1 dalgasının genlik açısından istatistiksel olarak farklılıkları Tablo 4.2. ve Şekil 4.3.'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.2.** Araştırma grubunda farklı gürültü düzeylerindeki N1 dalga genliklerinin istatistiksel olarak anlamlılık değerleri.

Elektrot	SGO	SGO	Ortalama farklılık	SS	P	%95 Anlamlılık İçin Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Cz	+3 dB	0dB	-6.358*	2.136	.005	-10.699	-2.018
		-3dB	-5.988*	2.136	.008	-10.329	-1.648
		-6dB	-4.527*	2.191	.047	-8.981	-.074
	0dB	+3dB	6.358*	2.136	.005	2.018	10.699
		-3dB	.370	2.079	.860	-3.855	4.595
		-6dB	1.831	2.136	.397	-2.510	6.171
	-3dB	+3dB	5.988*	2.136	.008	1.648	10.329
		0dB	-.370	2.079	.860	-4.595	3.855
		-6dB	1.461	2.136	.499	-2.880	5.801
	-6dB	+3dB	4.527*	2.191	.047	.074	8.981
		0dB	-1.831	2.136	.397	-6.171	2.510
		-3dB	-1.461	2.136	.499	-5.801	2.880



**Şekil 4.3.** Araştırma grubunda farklı gürültü düzeylerindeki N1 dalga genliklerinin karşılaştırılması.

İşitme kayıplı bireylerin oluşturduğu araştırma grubunda +3 dB ve 0, -3, -6 dB SGO varlığında sunulan konuşma uyararı sırasında 10 bireyden kaydedilen OİP yanıtlarından P3 dalga formunun genlikleri kıyaslandığında her ne kadar Şekil 4.2.'de gösterilen Cz elektrodunda oluşan ERP yanıtındaki P3 dalgasının genliğinde SGO azaltıldıkça yani dinleme koşulu zorlaştıkça artma gözlenmiş olsa da, sonuç istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Fz, Cz, Pz olmak üzere hiçbir elektrotta 4 farklı gürültü seviyelerinde P3 genlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir.

Dinleme çabasını değerlendirmek amacıyla incelenen bir diğer dalga formu ise negatif tepeli N4 dalga formudur. Araştırma grubundaki bireylerin farklı SGO varlığında sunulan konuşma uyararı sırasında elde edilen N4 dalgasında ise Fz ve Pz elektrotları için hiçbir SGO koşulunda N4 dalga formu genliğinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Cz elektrodunda elde edilen N4 dalga formunun genlikleri açısından her bir SGO' da grup içi kıyaslama yapıldığında SGO +3 dB'den

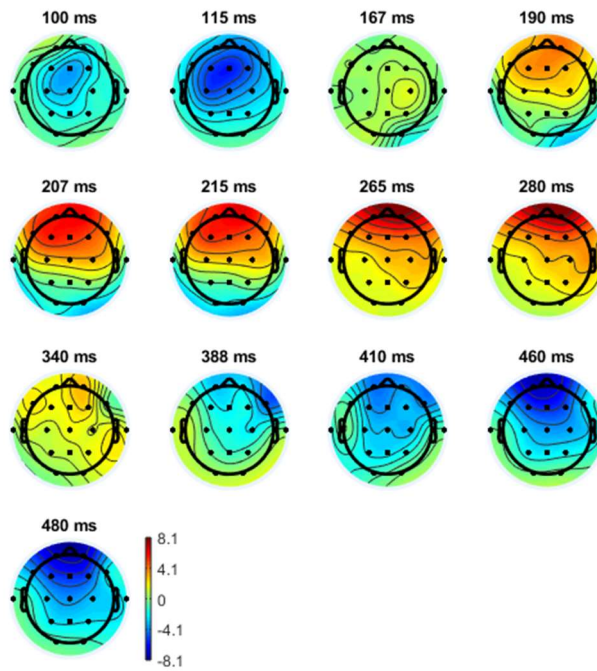
0 dB' ye düştüğünde N4 dalgasının genliğinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma gözlenmiştir. +3 dB ve 0 dB SGO' da konuşma uyarını sunulduğunda elde edilen N4 genliklerinin arasındaki anlamlı istatistiksel farkın değeri **p=0.018** olarak bulunmuştur. Cz elektrodunda diğer SGO oranlarında oluşan N4 dalga formunun genliklerinde ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Tablo 4.3. Cz elektrodu için 4 farklı SGO' da oluşan N4 dalgasının genliklerinin karşılaştırılmasıyla oluşturulmuş istatistiksel sonuç gösterilecektir.

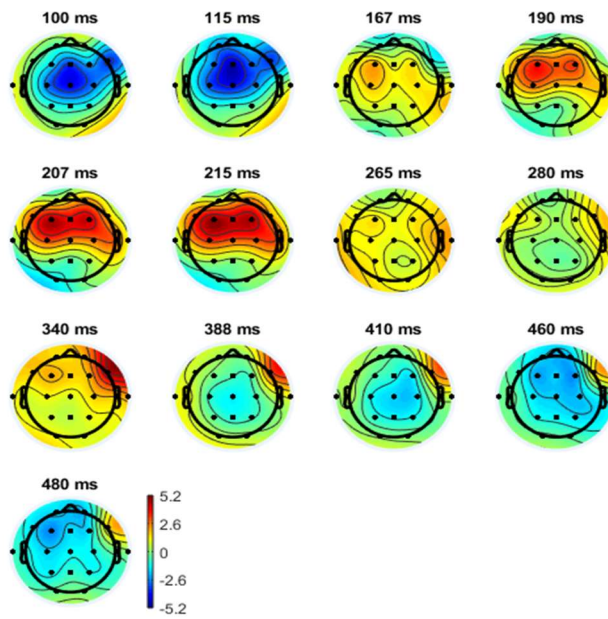
**Tablo 4.3.** Araştırma grubunda farklı gürültü düzeylerindeki N4 dalga genliklerinin istatistiksel analizi.

Elektrot	SGO	SGO	Ortalama farklılık	SS	p	%95 Anlamlılık İçin Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Cz	+3dB	0dB	-5.761*	2.305	.018	-10.456	-1.066
		-3dB	-3.492	2.305	.140	-8.188	1.203
		-6dB	-1.441	2.305	.536	-6.136	3.254
	0dB	+3dB	5.761*	2.305	.018	1.066	10.456
		-3dB	2.269	2.305	.332	-2.426	6.964
		-6dB	4.320	2.305	.070	-.375	9.015
	-3dB	+3dB	3.492	2.305	.140	-1.203	8.188
		0dB	-2.269	2.305	.332	-6.964	2.426
		-6dB	2.051	2.305	.380	-2.644	6.746
	-6dB	+3dB	1.441	2.305	.536	-3.254	6.136
		0dB	-4.320	2.305	.070	-9.015	.375
		-3dB	-2.051	2.305	.380	-6.746	2.644

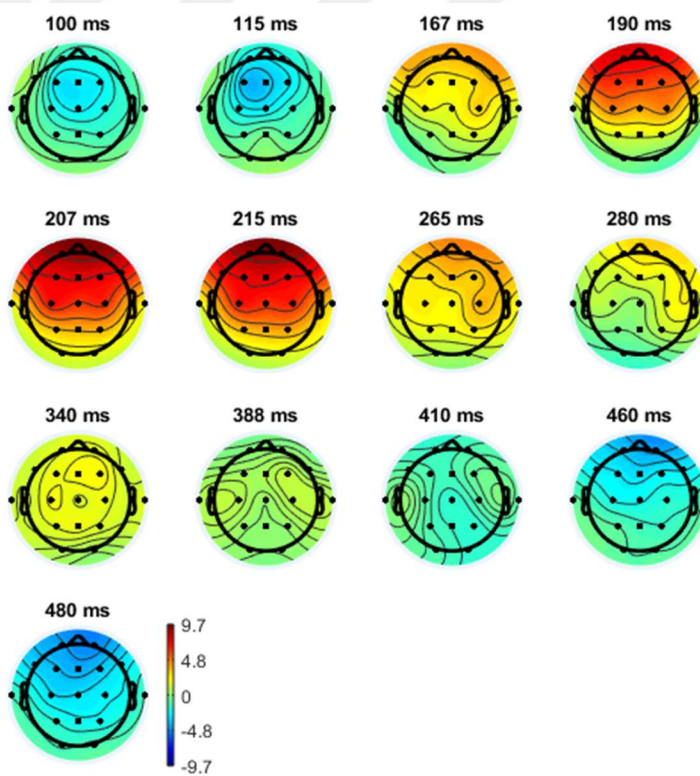
#### 4.2.2. Araştırma Grubunda N1, P3 ve N4 Bileşenlerinin Latanslarının Karşılaştırılması

Bilateral sensörinöral tipte hafif ve orta derece işitme kaybı olan 10 bireyin farklı SGO düzeylerinde incelenen N1, P3 ve N4 yanıtlarının latans değerleri ayrı ayrı istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, +3, 0, -3, -6 dB olmak üzere 4 farklı SGO’ da N1, P3 ve N4 latanslarının hiçbirinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmemiştir. İstatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmemiş olsa da birey bazında 4 farklı SGO’nda elde eden topografik haritalar kıyaslandığında SGO’ da düşme meydana geldikçe yani dinleme koşulu zorlaştıkça N1, P3 ve N4 latanslarında kaymalar meydana geldiği gözlenmektedir. Şekil 4.4., araştırma grubundaki bir bireyin 4 farklı dinleme koşulunda oluşan topografik haritalarını göstermektedir. Topografik haritalar sırasıyla +3, 0, -3, -6 dB SGO varlığında kaydedilen EEG yanıtlarından elde edilmiştir.

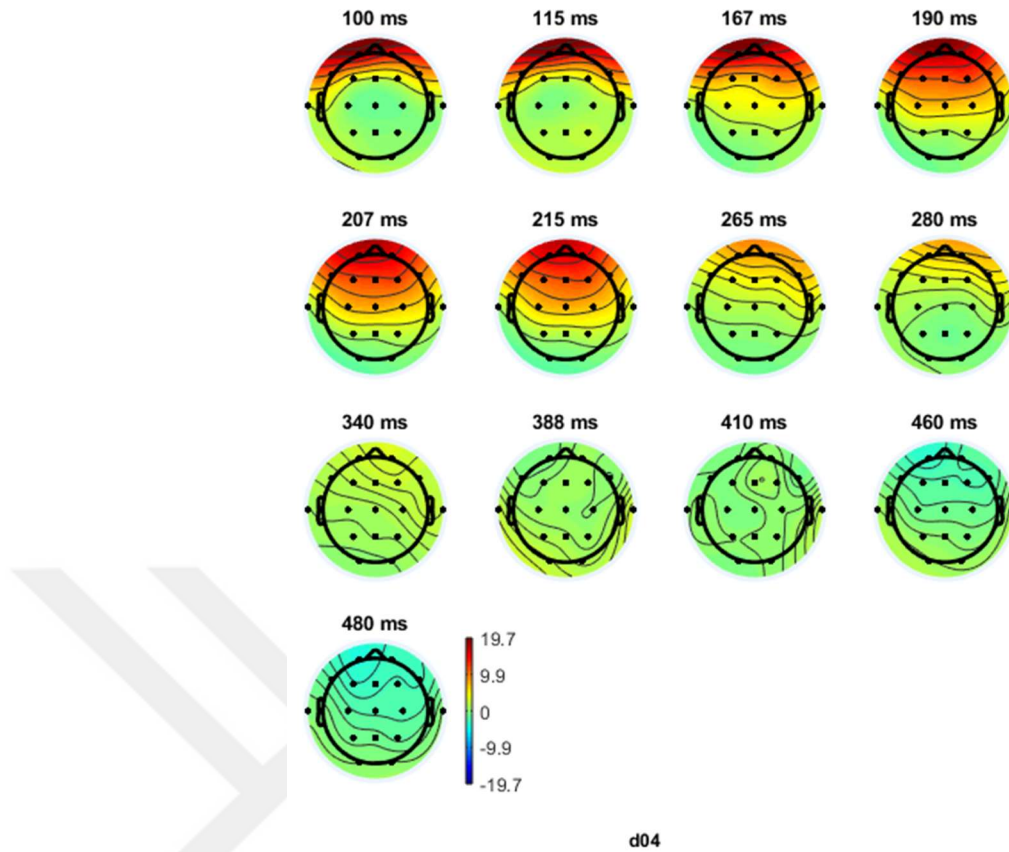




d02



d03



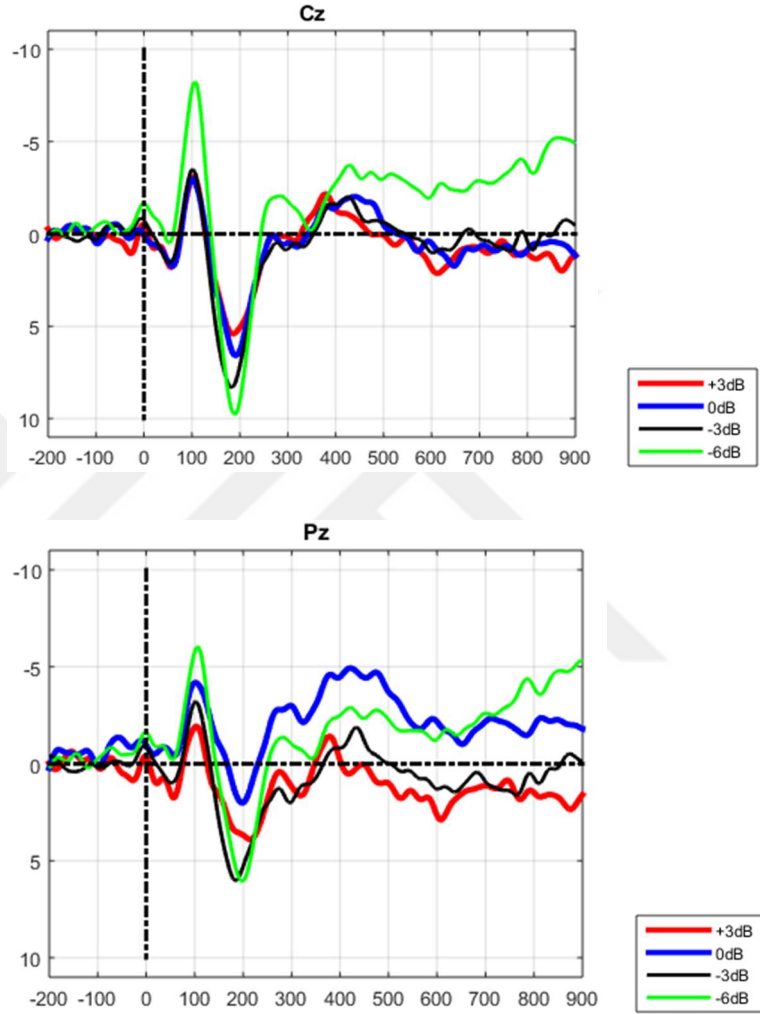
**Şekil 4.4.** Araştırma grubundaki bir bireyin 4 farklı dinleme koşulunda oluşan topografik haritalarının gösterimi

Şekil 4.4.' de gösterilen araştırma grubundaki bireylere ait 4 farklı gürültü koşulundaki EEG kayıtlarından elde edilen topografik haritalar incelendiğinde konuşma uyarınının sunumu sırasındaki bireylerdeki bilişsel aktivitelerin özellikle prefrontal korteks alanlarında yoğunlaştığı gözlenmektedir. Prefrontal korteks alanında lokalize bu aktivite yoğunluğunun bireylerdeki konuşma uyarına karşı oluşturulmuş bilişsel dikkat ve dinleme çabasına bağlı olarak arttığı sonucu düşünülebilir.

### 4.3. Kontrol Grubunda Farklı Sinyal Gürültü Oranlarının ERP Bileşenleri Üzerindeki Etkisi

Farklı ve zorlu dinleme koşulları yaratmak amacıyla oluşturulan +3, 0, -3, -6 dB SGO' ndaki konuşma uyarılarının sunumu sırasında kontrol grubundaki normal işitmeye sahip 12 bireyin EEG kayıtlarından elde edilen OİP dalga formu Fz, Cz ve

Pz elektrotları olmak üzere 3 farklı elektrot için Şekil 4.5.'te gösterilmektedir. Şekildeki kırmızı çizgi +3 dB, mavi çizgi 0 dB, siyah çizgi -3 dB ve yeşil çizgi ise -6 dB SGO oranlarında oluşan ERP yanıtlarını göstermektedir.



**Şekil 4.5.** Kontrol grubunda Cz ve Pz elektrotları için farklı gürültü koşullarındaki ERP yanıtları.

Kontrol grubundaki işitme kayıplı bireylerin 4 farklı SGO' da ki dinleme çabasını değerlendirmek için ERP yanıtlarının N1, P3 ve N4 bileşenlerinin genlik ve latans değerlerindeki değişimler Cz ve Pz elektrotlarında incelenmiştir. Fz elektrodundan elde edilen verilerde çok fazla artifakt olduğu için değerlendirmeye katılmamıştır. Elde edilen OİP yanıtları Cz elektrodu için göz önüne alındığında farklı

gürültü düzeyi karşılaştırmasında -6 dB SGO için N1 ve N4 yanıtlarının genliklerinde diğer gürültü düzeylerine kıyasla artma gözlenmiştir. +3, 0, ve -3 dB SGO' da oluşan N1 ve N4 dalga formlarının genliklerinden belirgin bir değişim gözlenmemiştir. Pozitif tepeli bir ERP bileşeni olan P3 dalga formunda ise +3 dB' den -6 dB' ye doğru sinyal gürültü oranında düşme meydana geldikçe P3 dalgasının genliklerinde yükselme göze çarpmaktadır.

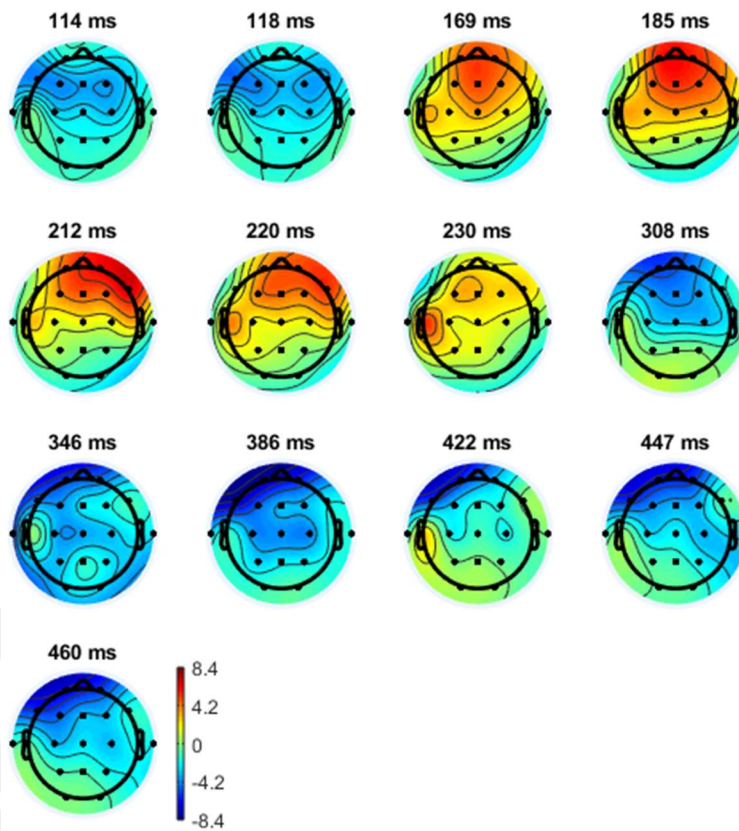
#### **4.3.1. Kontrol Grubunda N1, P3 ve N4 Bileşenlerinin Genliklerinin Karşılaştırılması**

Kontrol grubunda farklı SGO düzeylerinde Cz ve Pz elektrotlarından incelenen N1, P3 ve N4 yanıtlarının genlik değerleri istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, Cz elektrodu için N1, P3 ve N4 dalga formlarının genlik yanıtlarında artmalar gözlenmiş olsa da +3, 0, -3, -6 dB SGO seviyelerinde sunulan konuşma uyarısında elde edilen dalga formlarının hiçbirinin genliklerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma ya da artma gözlenmemiştir.

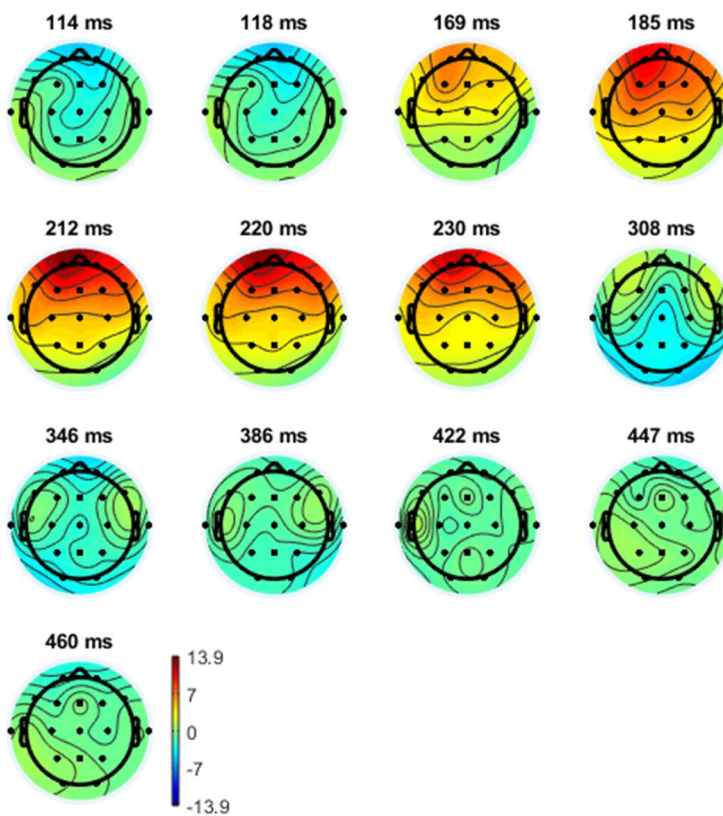
#### **4.3.2. Kontrol Grubunda N1, P3 ve N4 Bileşenlerinin Latanslarının Karşılaştırılması**

Kontrol grubundaki bireylerin, +3, 0, -3, -6 dB olmak üzere 4 farklı sinyal gürültü oranıyla konuşma uyararı sunumu sırasında kaydedilen OİP bileşenlerinin N1, P3 ve N4 dalga formları incelendiğinde her dalga formu ayrı ayrı değerlendirildiğinde farklı gürültü koşullarının hiçbirinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmemiştir.

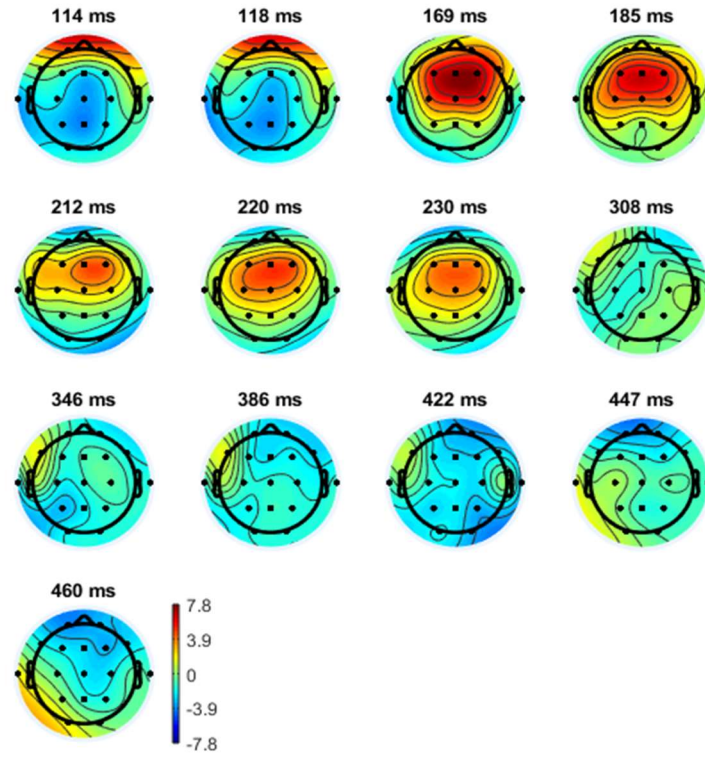
Kontrol grubunun kendi içinde yapılan değerlendirmelerde 4 farklı zorluktaki dinleme koşullarında N1, P3 ve N4 bileşenlerinin genlik ve latans karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunamamıştır. Kontrol grubundaki bireylerin topografik haritaları incelendiğinde SGO azaldıkça ve dinleme koşulu zorlaştıkça bilişsel aktivitenin prefrontal korteks bölgesinde lokalize olduğu gözlenmiştir. Şekil 4.6. kontrol grubundaki bir bireyin 4 farklı dinleme koşulunda oluşan topografik haritalarını göstermektedir. Topografik haritalar sırasıyla +3, 0, -3, -6 dB SGO varlığında kaydedilen EEG yanıtlarından elde edilmiştir.



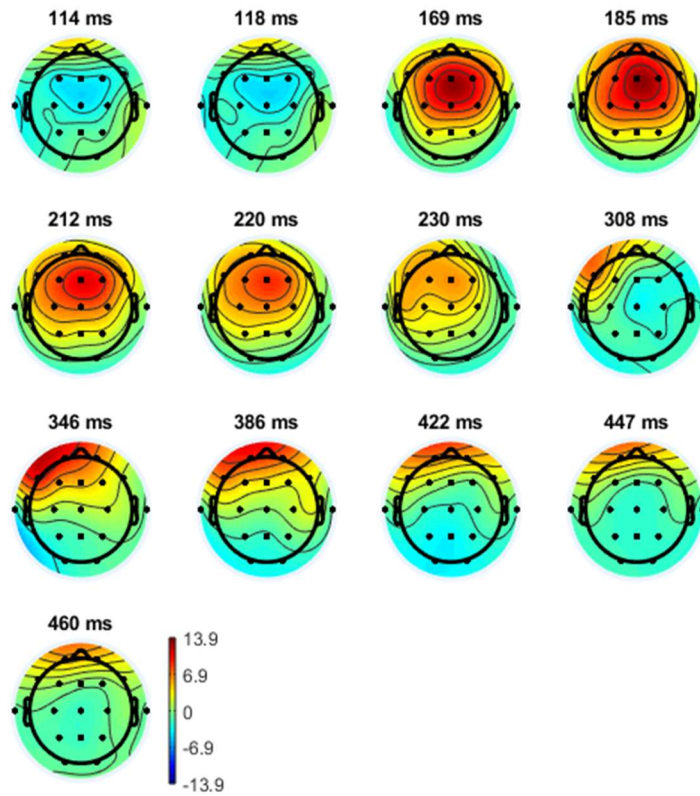
d01



d02



d03

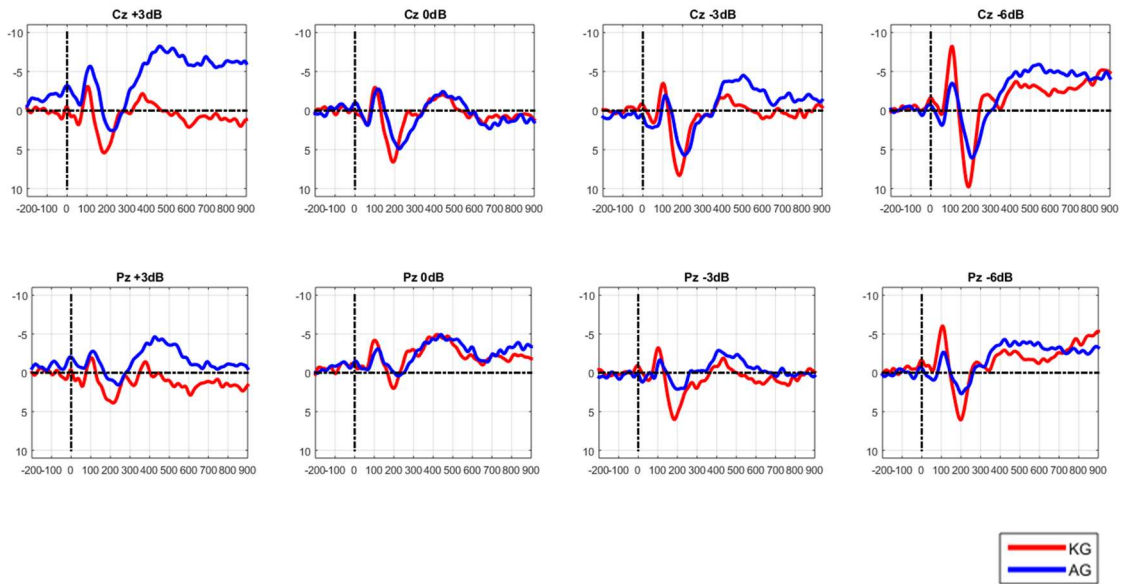


d04

Şekil 4.6. Kontrol grubundaki bir bireyin 4 farklı dinleme koşulunda oluşan topografik haritalarının gösterimi.

#### 4.4. Araştırma ve Kontrol Grubunda Farklı Sinyal Gürültü Oranlarının ERP Bileşenleri Üzerindeki Etkinin Karşılaştırılması

Farklı ve zorlu dinleme koşulları yaratmak amacıyla oluşturulan 4 farklı SGO'daki konuşma sinyallerinin sunumu sırasında kontrol grubundaki normal işitmeye sahip bireyler ve araştırma grubundaki bilateral sensörinöral hafif ve orta derecede işitme kaybına sahip bireylerden elde edilen ERP dalga formları Cz ve Pz elektrotları olmak üzere 2 farklı elektrot için Şekil 4.7.' de gösterilmektedir. Şekilde iki grup arasındaki ERP bileşenlerinin karşılaştırılması her dinleme koşulu için ayrı ayrı gösterilmiş olup kırmızı çizgiler kontrol grubundaki bireylerden elde edilen dalga formlarını, mavi çizgiler ise işitme kayıplı bireylerin oluşturduğu araştırma grubunun verilerini ifade etmektedir.



**Şekil 4.7.** Araştırma ve kontrol grubunda 4 farklı gürültü seviyesinde Cz ve Pz elektrotlarından elde edilen ERP dalga formları.

Araştırma ve kontrol grubundaki bireylerin Cz elektrodundan elde edilen ERP bileşenleri 4 farklı gürültü koşulu için kıyaslandığında N1 dalgasının genliğinin 0 dB sinyal gürültü oranında her iki grupta hemen hemen aynı olduğu, gürültü seviyesi

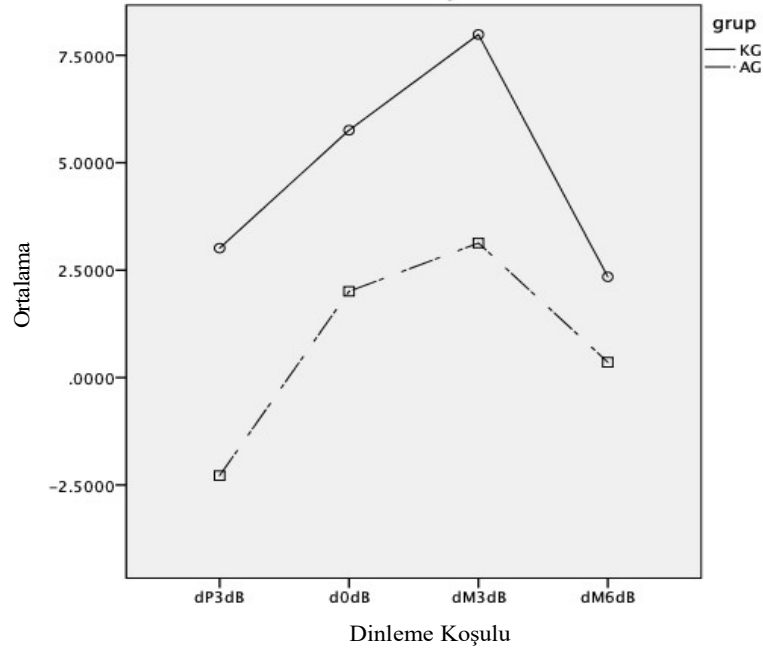
artıkça kontrol grubundaki bireylerde araştırma grubuna kıyasla N1 genliklerinde artış olduğu, sinyal gürültü oranı düştükçe araştırma grubundaki bireylerin P3 dalgasının genliğindeki artışın kontrol grubuna kıyasla daha fazla olduğu, N4 dalgasının genliği ise 0dB sinyal gürültü oranı varlığında her iki grup için yaklaşık olarak aynı, -3 dB ve -6 dB sinyal gürültü oranlarından araştırma grubunun N4 genliklerinin kontrol grubundaki bireylere kıyasla artmış olduğu gözlenmektedir.

#### 4.4.1. Araştırma ve Kontrol Grubunda N1, P3 ve N4 Bileşenlerinin Genliklerinin Karşılaştırılması

Araştırma ve kontrol grubunun Cz elektrodundan 4 farklı dinleme koşullarında oluşan N1 yanıtlarının genlikleri bir bütün olarak değerlendirildiğinde iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. Bu anlamlı farklılık değeri  $p=0.018$  olarak bulunmuş ve değerler tablo ve grafik halinde Tablo 4.4. ve Şekil 4.8.' de gösterilmiştir.

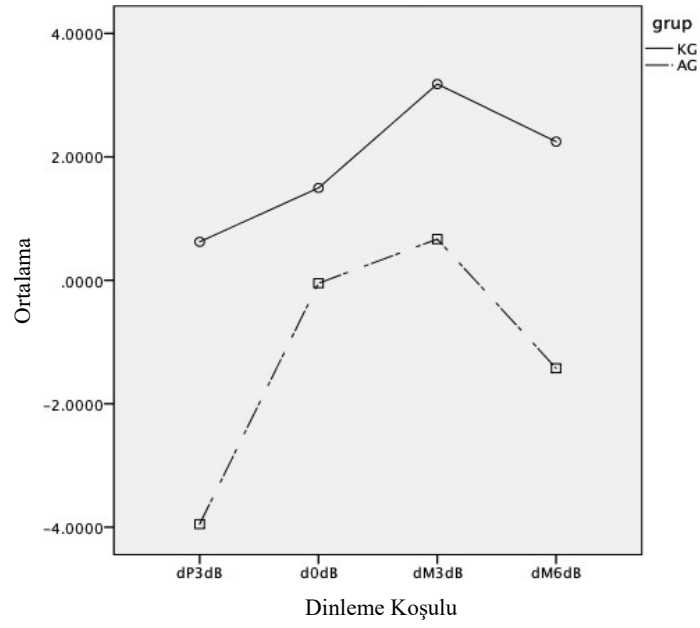
**Tablo 4.4.** Araştırma ve kontrol grubunda N1 dalga genliklerinin istatistiksel analizi.

Eletröt	Grup	Grup	Ortalama farklılık	Standart Sapma	P	95% Anlamlılık İçin Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Cz	KG	AG	3.970*	1.637	.018	.695	7.246
	AG	KG	-3.970*	1.637	.018	-7.246	-.695
Pz	KG	AG	2.171	1.369	.118	-.568	4.910
	AG	KG	-2.171	1.369	.118	-4.910	.568

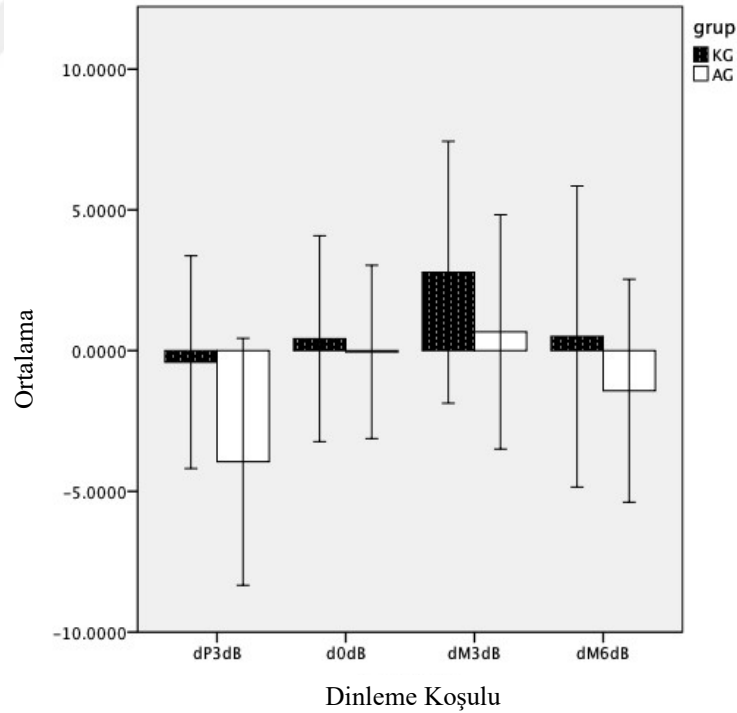


**Şekil 4.8.** Araştırma ve kontrol grubunda N1 dalga genliklerinin grafiği.

Şekil 4.7.' de araştırma grubundaki bireylerin P3 dalgasının genliğindeki artışın kontrol grubuna kıyasla daha fazla olduğu gözlenmiş olsa da araştırma ve kontrol grubunun hem tüm denemeler için hem de SGO'ları ayrı ayrı karşılaştırıldığında P3 dalga genliklerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. İki grupta Cz elektrodundan tüm denemeler için elde edilen P3 yanıtlarının istatistiksel analiz grafikleri Şekil 4.9. ve Şekil 4.10.'da gösterilmiştir.



**Şekil 4.9.** Araştırma ve kontrol grubunda tüm denemeler için Cz elektrodundan elde edilen P3 dalga genliklerinin istatistiksel analiz grafikleri.



**Şekil 4.10.** Araştırma ve kontrol grubunda tüm denemeler için Cz elektrodundan elde edilen P3 dalga genliklerinin istatistiksel analiz grafikleri.

Araştırma grubundaki bilateral sensörinöral tip işitme kaybı olan bireyler ile kontrol grubundaki normal işitmeye sahip bireylerin dört farklı gürültü koşulunda kaydedilen ERP yanıtlarının negatif tepeli bir bileşeni olan N4 dalgalarının genlikleri karşılaştırıldığında Cz elektrotlarından elde edilen yanıtların gürültü koşulları farketmeksizin kontrol grubunda istatistiksel olarak daha büyük olduğu gözlenmiştir. İki grup arasında N4 dalga genliklerinin istatistiksel olarak anlamlılık değeri  $p=0.012$  olarak bulunmuştur ve bu değer tablo 15'te gösterilmiştir.

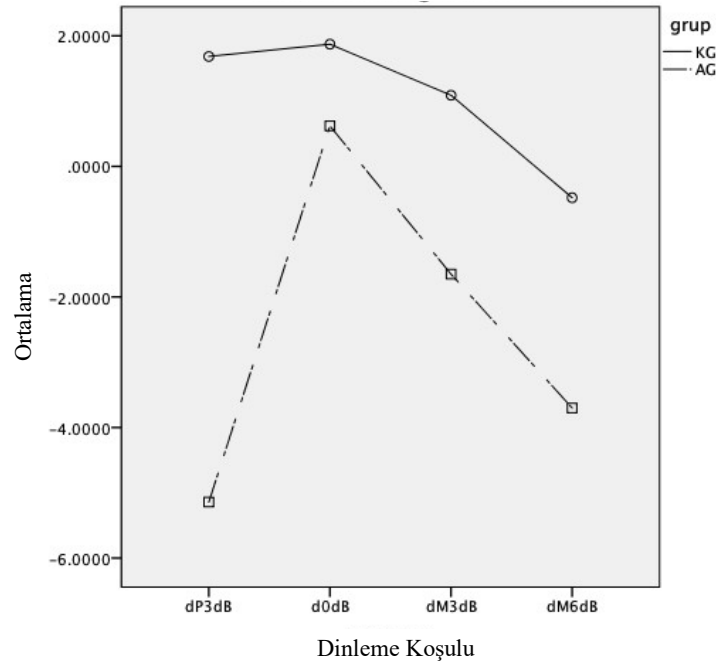
**Tablo 4.5.** Araştırma ve kontrol grubunda Cz elektrodunda elde edilen N4 dalga genliklerinin istatistiksel analizi.

Eletröt	grup	grup	Ortala ma farklılık	SS	p	%95 Anlamlılık İçin Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Cz	KG	AG	3.509*	1.355	.012	.800	6.219
	AG	KG	-3.509*	1.355	.012	-6.219	-.800

Her iki grup için 4 farklı gürültü düzeylerinde sunulan konuşma uyarısına bağlı olarak Cz elektrotlarında toplanan N4 yanıtlarının genlikleri her bir gürültü seviyesi için ayrı ayrı değerlendirildiğinde +3 dB sinyal gürültü oranının varlığında kontrol grubunda elde edilen N4 yanıt genliklerinin araştırma grubuna kıyasla istatistiksel olarak daha büyük olduğu gözlenmiştir. Ancak 0, -3 ve -6 dB sinyal gürültü oranıyla sunulan konuşma uyarıları sırasında kaydedilen N4 yanıtlarının genliklerinde iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. +3 dB sinyal gürültü oranıyla sunulan konuşma uyarısı sırasından elde edilen N4 dalga genliklerinin iki grup arasındaki istatistiksel anlamlılık değeri  $p=0.014$  olarak bulunmuştur ve bu istatistiksel farklılık Tablo 4.6. ve Şekil 4.11.'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.6.** Araştırma ve kontrol grubunda +3 dB sinyal gürültü oranıyla sunulan konuşma uyarısı sırasından elde edilen N4 dalga genliklerinin istatistiksel anlamlılık değerleri.

Eletrot	SGO	grup	grup	Ortalama farklık	Standart Sapma	p	%95 Anlamlılık İçin Güven Aralığı	
							Alt Sınır	Üst Sınır
Cz	+3 dB	KG	AG	6.825*	2.709	.014	1.405	12.245
		AG	KG	-6.825*	2.709	.014	-12.245	-1.405
	0dB	KG	AG	1.252	2.709	.646	-4.167	6.672
		AG	KG	-1.252	2.709	.646	-6.672	4.167
	-3dB	KG	AG	2.739	2.709	.316	-2.680	8.159
		AG	KG	-2.739	2.709	.316	-8.159	2.680
	+6dB	KG	AG	3.221	2.709	.239	-2.199	8.641
		AG	KG	-3.221	2.709	.239	-8.641	2.199



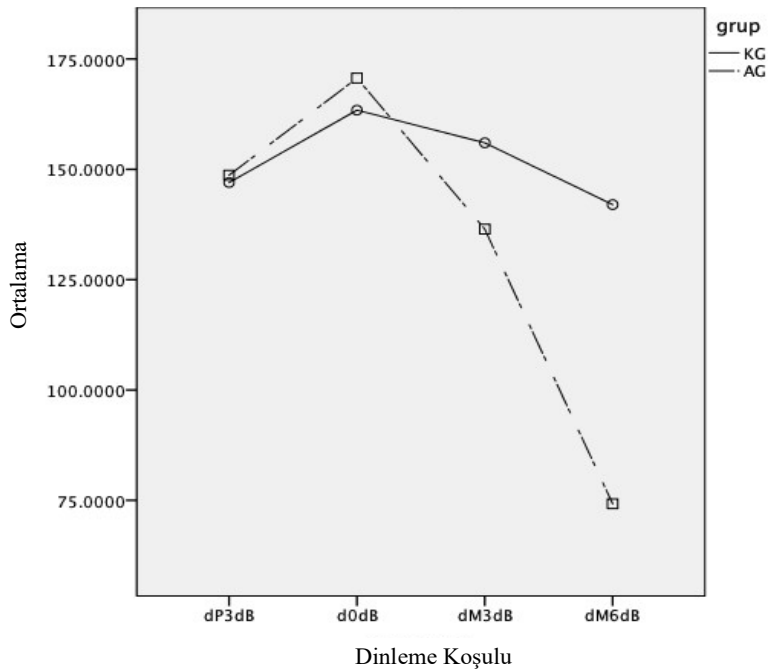
**Şekil 4.11.** Araştırma ve kontrol grubunda farklı gürültü koşullarında elde edilen N4 dalga genliklerinin istatistiksel grafiği.

#### 4.4.2. Araştırma ve Kontrol Grubunda N1, P3 ve N4 Bileşenlerinin Latanslarının Karşılaştırılması

Araştırma ve kontrol grubundaki bireylerden +3, 0, -3, -6 dB olmak üzere 4 farklı sinyal gürültü oranıyla konuşma uyarını sunumu sırasında kaydedilen ERP bileşenlerinin N1, P3 ve N4 dalga formları incelendiğinde iki grup arasında hiçbir dalga formunun latanslarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmemiştir. Gruplar arasındaki dalga formlarının latans değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar elde edilmemesine rağmen -6 dB sinyal gürültü oranıyla sunulan konuşma uyarısının sunumundan sonra elde edilen N1 yanıtlarının latanslarındaki farklılıklar göze çarpmaktadır. Araştırma ve kontrol grubundaki N1 dalga latanslarındaki bu değişim Tablo 4.7. ve Şekil 4.12.' de gösterilmiştir.

**Tablo 4.7.** Araştırma ve kontrol grubunda farklı gürültü koşullarında elde edilen N1 dalga latanslarının istatistiksel analizi.

SGO	Grup	Grup	Ortalama farklılık	Standart Sapma	p	%95 Anlamlılık İçin Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
+3 dB	KG	AG	-1.667	37.805	.965	-77.105	73.771
	AG	KG	1.667	37.805	.965	-73.771	77.105
0 dB	KG	AG	-7.267	37.805	.848	-82.705	68.171
	AG	KG	7.267	37.805	.848	-68.171	82.705
-3 dB	KG	AG	19.556	37.805	.607	-55.882	94.993
	AG	KG	-19.556	37.805	.607	-94.993	55.882
-6 dB	KG	AG	67.778	37.805	<b>.077</b>	-7.660	143.216
	AG	KG	-67.778	37.805	<b>.077</b>	-143.216	7.660



**Şekil 4.12.** Araştırma ve kontrol grubunda farklı gürültü koşullarında elde edilen N1 dalga latanslarının istatistiksel grafiği.

## 5. TARTIŞMA

Günlük hayatta içinde bulunduğumuz ortamların çoğunda, çevremizdeki bireylerle gürültü varlığında iletişim kurmamız gerekebilir. Örneğin, ev gibi sessiz ve gürültünün oldukça az olduğu ortamlarda konuşma uyarıları genellikle arka plan gürültüden 5-20 dB SBS daha yüksek olabilirken, kalabalık restoran, kafe ve alışveriş merkezleri gibi arka plan gürültüsünün yüksek olduğu halka açık yerlerde konuşma uyarıları -5 ve +5 dB sinyal gürültü oranında olabilir(44). Arka plan gürültüsü varlığına bağlı olarak konuşmaların anlaşılmasında yaşanan zorluklar ve artan dinleme çabası normal işitmeye sahip bireylere kıyasla işitme kaybı olan bireyler için daha yaygın bir şikayettir. Sensörinöral işitme kaybına sahip bireylerin gürültü ortamlarda harcadıkları ekstra dinleme çabası, bu bireylerin birçok günlük konuşma ortamından kaçınmasına ve sosyal olarak izolasyon yaşamalarına sebep olabilmektedir.

Arka plan gürültü varlığında konuşmaları dinlemek, bilişsel faktörlere dayanan karmaşık işleme süreçlerini beraberinde getirir. Normal işitmeye sahip bireyler, konuşma uyarılarına odaklanmak bu uyarıları anlamak için konuşma uyarısının ses özelliklerini ses özelliklerini (temel frekans ve tını) ve zamansal ipuçlarını kullanır. Bu işleme süreci, aşağıdan yukarıya (duyusal) ve yukarıdan aşağıya (bilişsel) işleme süreçleri arasında kompleks etkileşimleri içerir(45). Konuşma uyarılarının aşağıdan yukarıya işlenmesi süreci, gürültülü dinleme koşullarından dolayı daha zor hale geldiğinde, algısal başarı elde etmek için ekstra çaba harcamaya ihtiyaç duyulabilir.

Gürültülü ortamlarda konuşma uyarısını tanımayı değerlendirmek, odyolojik değerlendirmenin önemli bir unsurudur. Saf ses ve konuşma odyometrisi gibi odyometrik ölçümler, bireylerin işitme eşitleri ve konuşmayı tanıma skorları hakkında bilgi sağlarken normal işitmeye sahip veya işitme kayıplı bireylerin bu performans sırasında harcadığı çaba ile ilgili bilgi vermez (13). Bu nedenle rutin odyolojik değerlendirmeleri destekleyen dinleme çabasının objektif bir ölçümü oldukça faydalı olacaktır. Dinleme çabasını değerlendirebilecek objektif bir ölçüm yönteminin varlığı, işitme kaybına sahip bireylerin işitme cihazından gördüğü faydayı değerlendirmede ve bazı işitme kayıplı bireylerde rehabilitasyonun neden başarısız olduğunu anlamaya yardımcı olabilecektir.

Literatürün, dinleme çabası ile ilgili yapılmış çalışmaların son on yılda çarpıcı bir şekilde arttığını göstermektedir. İşitme kaybı varlığının veya zorlu dinleme koşullarının neden olduğu dinleme çabasını değerlendirmek için davranışsal ve elektrofizyolojik ölçüm yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler, davranışsal ikili görev paradigmaları, pupillometri, fMRI ve EEG ölçümlerini içermektedir. Zorlu koşullarda artan dinleme çabası otonom sinir sistemini harekete geçirerek artan uyarılmaya ve oryantasyon yanıtına yol açar. Böyle durumlarda artan otonom sinir sistemi aktivasyonunun sonucunda, elektrofizyolojik ölçüm yöntemleri bireylerin harcadıkları dinleme çabasını yakalayabilir. Elektrofizyolojik ölçüm yöntemlerinden biri olan EEG kayıtları duyuşsal ve bilişsel süreçler ile ilişkili senkron nöronal aktiviteyi yansıtır. MEG ve fMRI gibi nöral görüntüleme yöntemlerinin aksine EEG, belirli bir uyarana bağılı olarak kortekste meydana gelen aktivasyonların görüntülenmesi ile ilgili yüksek zamansal çözünürlüğe sahiptir.

Bireylerin farklı dinleme ortamlarında etkili iletişimi sağlamak için var olan arka plan gürültüsünden hedef konuşma uyarısını çıkarmasını sağlayan mekanizmaların anlaşılması için kullanılan beyin elektriksel aktivitesi ölçütleri, klinisyenlere normal ve işitme kayıplı bireylerin harcadıkları dinleme çabasının objektif olarak belirlenmesini sağlaması açısından önemli olmuştur. Buna rağmen, EEG'nin önemli bileşenlerinden olan ERP ölçümleri ile dinleme çabasının değerlendirmesi ile alakalı literatürde çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Zamansal çözünürlüğü yüksek olan ERP ölçümleri, konuşma uyarılarının anlaşılmasının altında yatan karmaşık süreçleri aydınlatmak için değerli bir yöntem olabilir (46).

P1 ve N1 yanıtları gibi erken ERP bileşenleri temel olarak işitsel uyarılara bağılıdır ve duyuşsal girdilerin dikkat gerektirmeden otomatik olarak işlenmesini yansıtır. N1 cevapları, konuşma uyarısının anlaşılıp anlaşılmadığı hakkında sunmamaktadır. Öte yandan, P1 ve N1'den sonra oluşan ERP bileşenleri ise dinleyicinin dikkatine bağılıdır ve daha yüksek algısal ve bilişsel işleme hakkında bilgi verir(47). Örneğin, P2 dikkat ile P3 dalga formu ise çalışan bellek ve işlemeleme katılan korteksteki kaynaklarının tahsisi ile bağılantılı olarak meydana gelir. ERP'nin daha gecikmeli olarak ortaya çıkan negatif tepeli N4 yanıtı ise semantik işlemeleme hakkında bilgi verir. P3 yanıtları gibi N4 yanıtı da konuşma uyarılarının anlaşılmasını yansıtmaktadır(44).

Yapılan bu tez çalışmasında, yetişkin bir örnekleme, +3, 0, -3 ve -6 dB sinyal gürültü oranı ile sunulan konuşma uyarısıyla oluşturulmuş dört farklı dinleme koşulunda normal işitmeye sahip ve bilateral hafiften orta dereceye kadar sensörinöral işitme kaybı olan bireylerde, harcanan dinleme çabasının EEG ve ERP(OİP) ölçütlerine yansımaları araştırılmıştır. ERP yanıtlarının N1, P3 ve N4 bileşenlerindeki genlik ve latans değişimleri incelenmiştir. Çalışmamız ulusal olarak EEG ölçüm yöntemi kullanılarak dinleme çabasını objektif olarak inceleyen ilk çalışmadır. Bu çalışmada N1, P3 ve N4 bileşenlerinin genlik ve latans değerlendirmesinde ilk olarak grup içi farklılıklara bakılmış daha sonra ise araştırma ve kontrol grubundaki bireyler arasındaki farklılıklar incelenmiştir.

Bertoli ve arkadaşlarının (2014) +10, +2 ve 0 dB olmak üzere üç farklı sinyal gürültü oranı ile çevre seslerinin sunumu sırasında normal işitmeye sahip ve hafiften orta dereceye kadar işitme kaybı olan bireylerden kaydettiği ERP çalışmasında N1, P3 ve LPP(*Late Positive Potential*) bileşenlerini incelemiştir. İşitme kaybı olan bireylerde sinyal gürültü oranı azaldıkça yani dinleme koşulu zorlaştıkça N1 bileşenlerinin genliklerinde anlamlı olarak azalma gözlemlenmiştir. P3 bileşenlerinde ise işitme kaybı olan grupta dinleme koşulu kolayda orta dereceye doğru gittikçe genliklerde artma gözlemlenmiştir. Bertoli ve arkadaşlarının bu çalışmada işitme kaybı olan bireylerde testteki dinleme koşulu zorlaştıkça N1 ve N2 genliğinde azalma, P3 ve LLP yanıtlarının genliğinde ise dinleme görevi kolaydan orta dereceye kadar zorlaştıkça artma meydana geldiğini orta zorluktaki dinleme koşulundan çok zor dinleme koşuluna geçildiğinde ise ERP bileşenlerinin genliklerinde anlamlı farklılıklar bulmadıklarını bildirmişlerdir (7). Biz de çalışmamızda benzer olarak işitme kaybı olan bireyler arasındaki ERP bileşenlerinin genliklerini değerlendirdiğimizde sinyal gürültü oranı azaldıkça yani dinleme görevi zorlaştıkça N1 genliğinde istatistiksel olarak anlamlı azalmalar gözlemlenmiştir. Fakat Bertoli ve arkadaşları işitme kaybı olan bireylerde dinleme görevi zorlaştıkça P3 genliklerinde artma gözlemlenmiş olsa da yaptığımız çalışmada işitme kaybına sahip bireylerin sinyal gürültü oranının azalması ile birlikte P3 genliklerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlenemedi. Bertoli ve ark. yaptığı çalışmada sinyal gürültü oranı azalıp görev zorluğu arttıkça özellikle kolay ve orta zorluktaki koşullarda P3 ve LPP yanıtlarının genliklerinde anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Ancak orta ve zor dinleme koşulları kıyaslandığında anlamlı bir

fark görememişlerdir. Bunun nedeninin ise orta ve zor şartlar arasında bireylerin harcadığı dinleme çabası miktarının farklı olmadığını ve davranışsal yanıtlardaki farklılıklara rağmen her iki koşul için de benzer olduğunu gösterebileceğini düşünmüşlerdir(46). Biz de yaptığımız bu çalışmada araştırma ve kontrol grubundaki bireylerde dinleme görevi zorlaştıkça P3 yanıtlarının genlik ve latans değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemleyemedik. Ancak, istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunamamasına rağmen araştırma ve kontrol grubundan dinleme görevi zorlaştıkça P3 yanıtının genliğindeki artmalar, yanıtların dalga formlarında açıkça görülebilir.

Korner ve arkadaşlarının (2017) 16 normal işitmeye sahip bireyde, babble gürültü ve (/ba/ to /da/) hecelerini kullanarak sessizlikte ve uyarının -3 dB sinyal gürültü oranıyla sunulduğu koşullarda incelediği P3 yanıtlarının, sinyal gürültü oranındaki azalma yani gürültü seviyesinde artmaya bağlı olarak genliklerin azaldığı, latanslarda ise uzama olduğu gözlenmiştir(48). Korner ve arkadaşlarının çalışmasına ters olarak, yaptığımız çalışmada normal işitmeye sahip bireylerdeki 4 farklı gürültü koşulunda incelenen P3 yanıtlarının genliklerinde sinyal gürültü oranları değiştikçe istatistiksel olarak anlamlı bir azalma bulunmamıştır. Korner ve arkadaşları yaptığı çalışmada babble gürültü biz ise konuşma şeklindeki durağan gürültü kullandık. İki çalışmada kullanılan gürültü tiplerinin farklı olmasının çalışmanın sonuçlarını da farklı şekilde etkilemiş olduğu düşünülmüştür. Farklı maske gürültüleriyle konuşma uyarılarının sunumu sırasında kaydedilen ERP çalışmalarında, babble gürültünün, konuşma şeklindeki gürültü de dahil olmak üzere diğer gürültü türleriyle karşılaştırıldığında P1 ve N1 bileşenlerinin latanslarında uzama olduğu görülmüştür(44). Bu nedenle, kullanılan gürültü tipinin bu farka sebep olabileceği düşünülebilir.

N1 ve N4 yanıtları, belirli bir işitsel sinyal sunumundan sonra normal olarak 100 ve 400 ms'de gözlenmesi gereken negatif potansiyellerdir. Obleser ve Kotz (2011), çalışmalarına dahil ettikleri 30 normal işitmeye sahip bireylerde ERP bileşenlerini inceleyerek bozulmuş konuşma sinyalinin neden olduğu N1 ve N4 bileşenlerinin genliğindeki değişimleri incelemişlerdir. Araştırmacılar, bozulmaya uğramış konuşma uyarılarını kullanarak oluşturulmuş zorlu dinleme koşullarında kaydedilen yanıtların konuşma uyarısındaki bozulmanın artması ile birlikte N1 ve N4

latanslarında uzama ve genliklerinde azalma gözlemlenmiştir ve bu değişimlerin konuşma uyarandaki akustik bozulma miktarı ile ilgili olduğu belirtilmiştir. Obleser ve Kotz, N1 ve N4 dalgalarındaki bu değişikliklerin muhtemel bir nöral çaba göstergesi olabileceğini düşünmüştür(28). Obleser ve Kotz'un yaptıkları çalışmaya tutarlı olarak, yaptığımız çalışmada araştırma grubundaki işitme kaybına sahip bireylerin farklı sinyal gürültü oranlarında sunulan konuşma uyararı sırasında kaydedilen ERP yanıtlarında, sinyal gürültü oranlarının azalması ile birlikte +3 dB 'den 0 dB 'ye geçildikçe N1 ve N4 bileşenlerinin genliklerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma gözlemlenmiştir. Araştırma grubunda N1 ve N4 bileşenlerinin genliklerinde gürültü seviyesinin değişmesine bağlı olarak anlamlı farklılıklar meydana gelmiş olsa da genliklerde ki bu istatistiksel olarak anlamlı azalma kontrol grubundaki normal işitmeye sahip bireylerde gözlenmemiştir. Öte yandan iki grup içinde N1 ve N4 yanıtlarının latans değerlerinde sinyal gürültü oranlarının değişmesine bağlı olarak istatistiksel bir fark gözlenmemiştir.

Papesh ve arkadaşlarının 2015 yılında yaptıkları araştırmaya 16 normal işitmeye sahip birey dahil edilmiştir. Papesh ve ark. bireylerin N1, N2, P1 ve P2 bileşenlerindeki genlik ve latans değişikliklerini /ba/ hecesini sessizlik ve konuşma şeklindeki durağan gürültü kullanarak iki farklı sinyal gürültü oranında sunulması sırasında değerlendirmiş ve yaptığı çalışmada uyarın sessiz koşullara kıyasla arka plan gürültüsü varlığında sunulduğunda N1 ve N2 genliklerinde artma, P1 ve P2 genliklerinde ise azalma gözlenmiştir(49). Fakat bizim yaptığımız çalışmada konuşma uyararı olarak hece yerine 5 kelimelik cümleler kullanılmış ve özellikle araştırma grubunda gürültü seviyesi arttıkça N1 bileşenlerinin genlik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı azalmalar gözlenmiştir. Yaptığımız çalışmanın normal işitmeye sahip bireylerin oluşturduğu kontrol grubundaki bireylerin N1 genliklerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artma ya da azalma gözlenmemiş olmasına rağmen, +3,0 ve -3 dB sinyal gürültü oranına kıyasla -6 dB sinyal gürültü uyarısıyla konuşma uyararı sunumunda N1 genliğinde artış göze çarpmaktadır.

Getzmann ve arkadaşları (2011) zorlu dinleme koşullarında 28 normal işitmeye sahip bireyden kaydedilen EEG yanıtlarında frontal beyin bölgelerindeki aktivasyonun dinleme koşulu zorlaştıkça arttığını bulmuş ve konuşulan dilin anlaşılmasındaki potansiyel düşüşlerin telafi edilmesinin zihinsel kaynakların tahsis edilmesiyle ilişkili

olduğunu bildirmişlerdir (47). Yapılan bu çalışmada ise Getzmann ve arkadaşlarının çalışmasına benzer olarak araştırma ve kontrol grubundaki bireylerin topografik haritaları incelendiğinde EEG yanıtlarında gürültünün artıp dinleme koşulunun zorlaşması ile ilişkili olarak, her iki gruptaki bireylerin de özellikle dikkat ile ilişkili frontal korteks bölgelerinde daha fazla lokalize olmuş aktivasyonlar görülmüştür. Frontal bölgelerde yoğunlaşan bu aktivasyonların, dinleme görevinin zorlaşması ve bireylerin daha fazla dinleme çabası harcaması ile bağlantılı olabileceği düşünülmüştür.

Jamison ve arkadaşları 2016 yılında yaptıkları çalışmada 11 normal işitmeye sahip bireye konuşma şeklindeki durağan gürültü varlığında farklı dinleme koşullarında cümleler sunmuştur. Literatürde yapılmış diğer çalışmalardan farklı olarak Jamison ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada bireylerden tüm duydukları tüm konuşma uyarılarını görmezden gelip araştırmacılar tarafından açılan videoyu izlemeleri istenmiştir. Bireyler, konuşma uyarının geldiği sırada ekrandaki videoya odaklanmış bu esnada ise araştırmacılar bireylerin ERP kaydını yapmışlardır. Çalışmanın istatistiksel analiz bölümünde özellikle N4 yanıtlarını inceleyen Jamison ve arkadaşları, sinyal gürültü oranlarındaki değişimlerin N4 yanıtlarının genliği üzerindeki etkisini sadece +4 ve +1 dB koşulları arasında anlamlı bulmuşlardır. Arka planda konuşma şeklindeki durağan gürültü varlığında N4 bileşeninin genliğinin sinyal gürültü oranı +4 dB'den +1 dB'ye düştükçe azaldığını gözlemlemişlerdir(44). Biz de yaptığımız bu çalışmada Jamison ve arkadaşlarının bulgularına benzer olarak araştırma grubunda sinyal gürültü oranı +3 dB'den 0 dB'ye düştüğünde N4 bileşenin genliğinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğunu gözlemledik. Ancak N4 bileşenin genliğinde -3 ve -6 dB sinyal gürültü oranlarında anlamlı bir farklılık gözlemlemedik. Bu durumun araştırma grubundaki işitme kaybına sahip bireylerin harcadıkları dinleme çabasının 0 dB sinyal gürültü oranından sonraki seviyelerde aynı olabileceğini düşündük. Öte yandan kontrol grubumuzdaki bireylerde ise sinyal gürültü oranı azalıp dinleme koşulu zorlaştığında N4 bileşenin genliklerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir.

Phillips ve arkadaşları, kortikal nöronlar dinamik olarak kendi yanıtlarını arka plan gürültü seviyelerine göre ayarladığını bulmuştur. Bu dinamik olarak değişen yanıtların, kortikal işitsel işlemlerin arka plan gürültüsündeki sesleri ayırt etmede

rol oynadığı fikrini destekleyecek bir kanıt olduğunu düşündüler. N1 bileşenlerinin, çevredeki akustik değişimlere olan duyarlılığı ifade ettiği düşünülmektedir(50). N1, uyarının özelliklerinde (uyaran şiddeti ve frekansı) meydana gelen değişiklikleri ve uyarının fiziksel özelliklerinin işlenmesinin erken duyuşal aşamasını yansıttığından, uzun yıllardır işitme duyarlılığını test etmede fizyolojik bir ölçüm yöntemi olarak kullanılmıştır. Billings ve arkadaşlarının (2009) yaptıkları bir çalışmada ise 15 normal işitmeye sahip bireyden farklı sinyal gürültü oranlarında ve sessizlikte saf ses uyarın göndererek kortikal işitsel uyarılmış potansiyelleri kaydetmişlerdir. Billings ve arkadaşları bu çalışmada 12 farklı sinyal gürültü oranıyla düzenlenmiş gürültü koşulları oluşturmuş ve bu farklı sinyal gürültü oranlarının P1, N1, P2, ve N2 bileşenleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda ise SGO arttıkça yani gürültü oranı azaldıkça genliklerinde azalma ve latanslarda kısalma, SGO azalıp gürültünün arttığı durumlarda ise P1, N1, P2, ve N2 bileşenlerinin genliklerinde azalma görmüşlerdir(51) Biz de yaptığımız bu çalışmada saf ses uyarın yerine konuşma uyarını kullanmış olsak da özellikle araştırma grubundaki bireylerde Billings ve arkadaşlarının bulduğuna benzer olarak SGO 3 dB'den 0 dB'ye azaldığında N1 yanıtlarının genliklerinde istatistiksel olarak anlamlı azalmalar bulduk. Ancak latanslarda herhangi bir değişiklik gözlemedik. Öte yandan kontrol grubundaki bireylerin N1 genlik ve latans değerlerinde sinyal gürültü oranının değişimiyle birlikte istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göremedik.

## 6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Günlük hayatta sık sık kalabalık ve gürültülü ortamlarda bulunmamız nedeniyle çevremizdeki insanlarla iletişim kurarken dinleme çabası harcamamız gerekebilir. Bu durum normal işitmeye sahip bireylerde bile zorlayıcı olabiliyorken, işitme kayıplı bireyler arka plan gürültüsünün olduğu zorlu dinleme koşullarında ekstra dinleme çabası sarfedebilirler. Bilişsel işitsel sinirbilim alanında ise dinleme çabasını araştırmaya olan ilgi son on yılda artmış; ancak günümüze kadar yapılan dinleme çabası araştırmalarında objektif elektrofizyolojik ölçüm yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmaların sayısının az olduğu dikkat çekicidir. Bizim çalışmamız ise ulusal alanda dinleme çabasını elektrofizyolojik ölçüm yöntemlerinden biri olan EEG yöntemiyle değerlendiren ilk çalışma olmaktadır.

Çalışmamızda 12 normal işitmeye sahip kontrol ve 10 bilateral hafif ve orta derece sensörinöral tip işitme kaybına sahip bireylerin oluşturduğu araştırma grubuna zorlu dinleme koşulları oluşturmak amacıyla konuşma şeklindeki durağan gürültü ve Türkçe Matriks testindeki kelimeler kullanılarak kaydedilen 5 kelimelik cümleler ile +3, 0, -3 ve -6 dB sinyal gürültü oranında olmak üzere 4 farklı dinleme koşulu oluşturulmuştur. Araştırma ve kontrol grubundaki bireyler gürültü ile birleştirilmiş cümleleri dinlerken ve tekrar ederken EEG kaydı yapılmış ve bu EEG kayıtlarında ERP bileşenlerinin genlik ve latans değişimleri incelenmiştir. Çalışmamızda, N1, P3 ve N4 yanıtları incelediğimiz başlıca ERP bileşenleridir.

İşitme kayıplı bireylerin oluşturduğu araştırma grubunda, sinyal gürültü oranı azaldıkça ve dinleme görevi zorlaştıkça N1 yanıtlarının genliğinde istatistiksel olarak bir azalma gözlenmiş, P3 yanıtlarının genliğinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmemiş olsa da bireylerin dalga formuna bakıldığında dinleme görevi zorlaştıkça P3 yanıtlarının genliğinde ki artışlar göze çarpmaktadır. N4 yanıtlarının genliğinde, sinyal gürültü oranı +3 dB' den 0 dB' ye düştüğünde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma gözlenmiş ancak bu azalma -3 dB ve -6 dB sinyal gürültü oranlarında gözlenmemiştir. Araştırma grubundaki bireylerin N1, P3 ve N4 bileşenlerinin latans değişiklikleri incelendiğinde hiçbir dinleme koşulunda istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir.

Normal işitmeye sahip bireylerin oluşturduğu kontrol grubunda ise N1 ve N4 bileşenlerinin genlik ve latans değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Kontrol grubunda bu sonuç P3 dalga bileşeninde de benzer olarak bulunmuş olsa da, bireylerin dalga formları incelendiğinde sinyal gürültü oranı azalıp dinleme koşulu zorlaştıkça P3 bileşenin genliğindeki artış göze çarpmaktadır.

Araştırma grubunda farklı sinyal gürültü oranlarındaki dinleme koşullarında N1 ve N4 yanıtlarının genliklerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma meydana gelmesine rağmen, işitme kaybı olmayan bireylerin oluşturduğu kontrol grubunda N1 ve N4 yanıt genliklerinde istatistiksel olarak anlamlı değişimlerin gözlenmemiş olması oluşturulan bu dört farklı dinleme koşulundaki değişimlere bağlı olarak işitme kaybına sahip bireylerin belli bir düzeyde dinleme çabası harcadığı öte yandan normal işitmeye sahip bireylerin ise tüm dinleme koşullarında yaklaşık olarak aynı düzeyde bir dinleme çabası harcadığını düşündürmüştür.

Çalışmamız literatürde az sayıda bulunan dinleme çabasının elektrofizyolojik ölçüm yöntemleriyle değerlendirilmesi ile ilgi araştırmalara bir yenisini ekleyerek katkıda bulunacağı düşünülmüştür. Ancak çalışmamızın en büyük kısıtlılığı araştırma ve kontrol grubundaki EEG yanıtlarının varyasyonunun büyük olmasıdır. Araştırma ve kontrol grubuna çok büyük sayıda örneklemelerin dahil edilmesiyle oluşturulacak bir çalışma bu varyasyonu azaltabileceği düşünülmektedir. Çalışmamızın bir diğer kısıtlılığı ise zorlu dinleme koşulları oluşturulurken farklı gürültü tiplerinin kullanılmamasıdır. Konuşma şeklindeki durağan gürültüye ek olarak kafeterya gürültüsü ve *babble* gürültüsünün de kullanılması yanıt bileşenlerine gürültü tiplerinin etkisinin de incelenmesi açısından faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Araştırma ve kontrol gruplarına daha büyük örneklemelerin dahil edileceği ve diğer nöral görüntüleme yöntemlerinin de karşılaştırılacağı başka araştırmaların yapılması literatüre büyük katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir. Özellikle işitme kaybına sahip bireylerde farklı dinleme koşullarında yaşanan zorlukları değerlendirmek amacı ile ERP bileşenlerinin incelenmesi faydalı olacaktır ancak daha güvenilir sonuçlar elde edilmesi için farklı yaş ve farklı işitme kaybı derecelerinde büyük örneklemelerde çalışmalar yapılması gerekmektedir. İşitme kaybına sahip bireylerde dinleme çabasının değerlendirilmesi bireylerin işitme cihazından ve

rehabilitasyon programlarından gördükleri faydanın değerlendirilmesinde ve bireylerin günlük hayattaki yaşam kalitesinin artırılmasında yararlı olacağına inanılmaktadır.



## 7. KAYNAKLAR

1. Pichora-Fuller MK, Kramer SE, Eckert MA, Edwards B, Hornsby BW, Humes LE, et al. Hearing Impairment and Cognitive Energy: The Framework for Understanding Effortful Listening (FUEL). *Ear Hear.* 2016;37 Suppl 1:5S-27S.
2. Lemke U, Besser J. Cognitive Load and Listening Effort: Concepts and Age-Related Considerations. *Ear Hear.* 2016;37 Suppl 1:77S-84S.
3. Mattys SL, Davis MH, Bradlow AR, Scott SK. Speech recognition in adverse conditions: A review. *Language and Cognitive Processes.* 2012;27(7-8):953-78.
4. Petersen EB, Wostmann M, Obleser J, Stenfelt S, Lunner T. Hearing loss impacts neural alpha oscillations under adverse listening conditions. *Front Psychol.* 2015;6:177.
5. Rudner M. Cognitive Spare Capacity as an Index of Listening Effort. *Ear Hear.* 2016;37 Suppl 1:69S-76S.
6. Peelle JE. Listening Effort: How the Cognitive Consequences of Acoustic Challenge Are Reflected in Brain and Behavior. *Ear Hear.* 2018;39(2):204-14.
7. Miles K, McMahon C, Boisvert I, Ibrahim R, de Lissa P, Graham P, et al. Objective Assessment of Listening Effort: Coregistration of Pupillometry and EEG. *Trends Hear.* 2017;21:2331216517706396.
8. Avivi-Reich M, Daneman M, Schneider BA. How age and linguistic competence alter the interplay of perceptual and cognitive factors when listening to conversations in a noisy environment. *Front Syst Neurosci.* 2014;8:21.
9. Pichora-Fuller, M. K., Schneider, B. A., & Daneman, M. How young and old adults listen to and remember speech in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1995; 97(1), 593-608.
10. Ronnberg J, Lunner T, Zekveld A, Sorqvist P, Danielsson H, Lyxell B, et al. The Ease of Language Understanding (ELU) model: theoretical, empirical, and clinical advances. *Front Syst Neurosci.* 2013;7:31.

11. Morteza pouraghdam Z, Bernarding C, Strauss D,J. Objective Assessment of Perceived Effort in Listening by Employing EEG Feature. IEEE. 2017
12. Downs D.W. Effects of hearing and use on speech discrimination and listening effort. *J Speech Hear Disord.* 1982 May;47(2):189-93.
13. Mackersie CL, Cones H. Subjective and psychophysiological indexes of listening effort in a competing-talker task. *J Am Acad Audiol.* 2011;22(2):113-22.
14. Bernarding C., Corona–Strauss F.I., Hannemann R., Strauss D,J. Objective Assessment of Listening Effort: Effects of an Increased Task Demand. IEEE. 2016
15. Zekveld AA, George ELJ, Houtgast T, Kramer SE. Cognitive Abilities Relate to Self-Reported Hearing Disability. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research.* 2013;56(5):1364-72.
16. Rabbitt, P.M. Errors and error correction in choice-response tasks. *Journal of Experimental Psychology.* 1966; 71(2), 264-272.
17. Shinn-Cunningham BG. Object-based auditory and visual attention. *Trends Cogn Sci.* 2008 May;12(5):182-6.
18. Gordon-Salant S, Fitzgibbons PJ, Yeni-Komshian GH. Auditory temporal processing and aging: implications for speech understanding of older people. *Audiology Research.* 2011;1(1S).
19. Marsella P, Scorpecci A, Cartocci G, Giannantonio S, Maglione AG, Venuti I, et al. EEG activity as an objective measure of cognitive load during effortful listening: A study on pediatric subjects with bilateral, asymmetric sensorineural hearing loss. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2017;99:1-7.
20. N Kraus, T McGee, TD Carrell, C King, K Tremblay, T Nicol. Central auditory system plasticity associated with speech discrimination training. *Journal of cognitive neuroscience.* 1995; 7; 25-32
21. Noble W, Tyler R, Dunn C, Bhullar N. Unilateral and bilateral cochlear implants and the implant-plus-hearing-aid profile: comparing self-assessed and measured abilities. *Int J Audiol.* 2008;47(8):505-14.
22. McGarrigle R, Munro KJ, Dawes P, Stewart AJ, Moore DR, Barry JG, et al. Listening effort and fatigue: what exactly are we measuring? A British

- Society of Audiology Cognition in Hearing Special Interest Group 'white paper'. *Int J Audiol.* 2014;53(7):433-40.
23. Zekveld AA, Kramer SE, Festen JM. Pupil response as an indication of effortful listening: the influence of sentence intelligibility. *Ear Hear.* 2010;31(4):480-90.
  24. Hornsby BWY, Werfel K, Camarata S, Bess FH. Subjective Fatigue in Children With Hearing Loss: Some Preliminary Findings. *American Journal of Audiology.* 2014;23(1):129-34.
  25. Bernarding C., Corona–Strauss F.I., Hannemann R., Strauss D,J. Objective Assessment of Listening Effort: Effects of an Increased Task Demand. *IEEE.* 2016
  26. Wild CJ, Yusuf A, Wilson DE, Peelle JE, Davis MH, Johnsrude IS. Effortful listening: the processing of degraded speech depends critically on attention. *J Neurosci.* 2012;32(40):14010-21.
  27. Goldstein MR, Peterson MJ, Sanguinetti JL, Tononi G, Ferrarelli F. Topographic deficits in alpha-range resting EEG activity and steady state visual evoked responses in schizophrenia. *Schizophr Res.* 2015;168(1-2):145-52.
  28. Obleser J, Kotz SA. Multiple brain signatures of integration in the comprehension of degraded speech. *Neuroimage.* 2011;55(2):713-23.
  29. Koelewijn T, de Kluiver H, Shinn-Cunningham BG, Zekveld AA, Kramer SE. The pupil response reveals increased listening effort when it is difficult to focus attention. *Hear Res.* 2015;323:81-90.
  30. Kuchinsky SE, Vaden KI, Jr., Ahlstrom JB, Cute SL, Humes LE, Dubno JR, et al. Task-Related Vigilance During Word Recognition in Noise for Older Adults with Hearing Loss. *Exp Aging Res.* 2016;42(1):50-66.
  31. Ugurbil K. What is feasible with imaging human brain function and connectivity using functional magnetic resonance imaging. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2016;371(1705).
  32. Glover GH. Overview of functional magnetic resonance imaging. *Neurosurg Clin N Am.* 2011;22(2):133-9, vii.

33. Meyer L, Obleser J, Kiebel SJ, Friederici AD. Spatiotemporal dynamics of argument retrieval and reordering: an fMRI and EEG study on sentence processing. *Front Psychol.* 2012;3:523.
34. Fiedler L., Obleser J., Lunner T., Graversen C. Ear-EEG allows extraction of neural responses in challenging listening scenarios – a future technology for hearing aids. *IEEE.* 2016.
35. Bleichner MG, Mirkovic B, Debener S. Identifying auditory attention with ear-EEG: cEEGrid versus high-density cap-EEG comparison. *J Neural Eng.* 2016;13(6):066004.
36. Cohen MX. Fluctuations in oscillation frequency control spike timing and coordinate neural networks. *J Neurosci.* 2014;34(27):8988-98.
37. Wostmann M, Herrmann B, Wilsch A, Obleser J. Neural alpha dynamics in younger and older listeners reflect acoustic challenges and predictive benefits. *J Neurosci.* 2015;35(4):1458-67.
38. Bayazıt O. Olay İlişkili Potansiyeller. *Tıp Fakültesi Klinikleri Cilt 1 Sayı 1 - 2018 (59 - 65).*
39. Kappenman ES, Luck SJ. Best Practices for Event-Related Potential Research in Clinical Populations. *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging.* 2016;1(2):110-5.
40. Harper J, Malone SM, Bernat EM. Theta and delta band activity explain N2 and P3 ERP component activity in a go/no-go task. *Clin Neurophysiol.* 2014;125(1):124-32.
41. Ceponiene R, Cummings A, Wulfeck B, Ballantyne A, Townsend J. Spectral vs. temporal auditory processing in specific language impairment: a developmental ERP study. *Brain Lang.* 2009;110(3):107-20.
42. Delorme A, Makeig S. EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *J Neurosci Methods.* 2004;134(1):9-21.
43. Picou EM, Ricketts TA. Increasing motivation changes subjective reports of listening effort and choice of coping strategy. *Int J Audiol.* 2014;53(6):418-26.

44. Jamison C, Aiken SJ, Kieft M, Newman AJ, Bance M, Sculthorpe-Petley L. Preliminary Investigation of the Passively Evoked N400 as a Tool for Estimating Speech-in-Noise Thresholds. *Am J Audiol*. 2016;25(4):344-58.
45. Anderson S, Kraus N. Sensory-cognitive interaction in the neural encoding of speech in noise: a review. *J Am Acad Audiol*. 2010;21(9):575-85.
46. Bertoli S. Effects of Age, Age-Related Hearing Loss, and Contralateral Cafeteria Noise on the Discrimination of Small Frequency Changes: Psychoacoustic and Electrophysiological Measures. *JARO*. 2005; 6: 207–222.
47. Getzmann S, Falkenstein M. Understanding of spoken language under challenging listening conditions in younger and older listeners: a combined behavioral and electrophysiological study. *Brain Res*. 2011;1415:8-22.
48. Koerner TK, Zhang Y, Nelson PB, Wang B, Zou H. Neural indices of phonemic discrimination and sentence-level speech intelligibility in quiet and noise: A P3 study. *Hear Res*. 2017;350:58-67.
49. Papesh MA, Billings CJ, Baltzell LS. Background noise can enhance cortical auditory evoked potentials under certain conditions. *Clin Neurophysiol*. 2015;126(7):1319-30.
50. Phillips DP., Semple MN., Calford MB., Kitzes LM. Level-dependent representation of stimulus frequency in cat primary auditory cortex. *Experimental Brain Research*. 1994, Volume 102, Issue 2, pp 210–226.
51. Billings CJ, Tremblay KL, Stecker GC, Tolin WM. Human evoked cortical activity to signal-to-noise ratio and absolute signal level. *Hear Res*. 2009;254(1-2):15-24.

## 8. EKLER

## EK 1. Etik Kurul İzni



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

Sayı : 16969557-1881

Konu : ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

**Toplantı Tarihi** : 09 EKİM 2018 SALI  
**Toplantı No** : 2018/24  
**Proje No** : GO 18/862 (Değerlendirme Tarihi: 18.09.2018)  
**Karar No** : GO 18/862-26

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Odyoloji Bölümü öğretim üyelerinden Doç. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ' ın sorumlu araştırmacı olduğu, Dr. Öğr. Üyesi Nurhan ERBİL, Dr. Ody. Filiz ASLAN ile birlikte çalışacakları ve Ody. Ebru ZEREN'in yüksek lisans tezi olan, GO 18/862 kayıt numaralı ve "İşitme Kaybı Olan Bireylerin Farklı Dinleme Koşullarındaki EEG ve ERP Bulguları" başlıklı proje önerisi araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, 15 Ekim 2018 – 15 Ekim 2019 tarihleri arasında geçerli olmak üzere etik açıdan uygun bulunmuştur.

- |   |   |
|---|---|
| 1. Prof. Dr. Nurten AKARSU (Başkan)     | 10 Doç. Dr. Gözde GİRGİN (Üye)          |
| 2. Prof. Dr. Sevdâ F. MÜFTÜOĞLU (Üye)   | 11 Doç. Dr. Fatma Visal OKUR (Üye)      |
| 3. Prof. Dr. M. Yıldırım SAĞLAM (Üye)   | 12. Doç. Dr. Can Ebru KURT (Üye)        |
| 4. Prof. Dr. Necdet SAĞLAM (Üye)        | 13. Doç. Dr. H. Hüseyin TURNAGÖL (Üye)  |
| 5. Prof. Dr. Hatice Doğan BUZÜĞLÜ (Üye) | 14. Dr. Öğr. Üyesi Özay GÖKÖZ (Üye)     |
| 6. Prof. Dr. R. Köksal ÖZGÜL (Üye)      | 15. Dr. Öğr. Üyesi Müge DEMİR (Üye)     |
| 7. Prof. Dr. Ayşe Lale DOĞAN (Üye)      | 16. Öğr. Gör. Dr. Meltem ŞENGELEN (Üye) |
| 8. Prof. Dr. Mintaze Kerem GÜNEL (Üye)  | 17. Av. Meltem ONURLU (Üye)             |
| 9. Prof. Dr. Oya Nuran EMİROĞLU (Üye)   |   |

**EK-2: Dijital Makbuz****Dijital Makbuz**

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

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen: Ebru Zeren  
Ödev başlığı: Ebru Zeren Tez  
Gönderi Başlığı: İŞİTME KAYBI OLAN BİREYLERİN F.  
Dosya adı: Ebru Zeren Turnitin.docx  
Dosya boyutu: 16.9M  
Sayfa sayısı: 82  
Kelime sayısı: 14,644  
Karakter sayısı: 101,568  
Gönderim Tarihi: 13-Eyl-2019 04:31PM (UTC+0300)  
Gönderim Numarası: 1172071619



## EK-3: Turnitin Ekran Görüntüsü

## İŞİTME KAYBI OLAN BİREYLERİN FARKLI DİNLEME KOŞULLARINDAKİ EEG VE ERP BULGULARI

### ORIJINALLIK RAPORU

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

### BİRİNCİL KAYNAKLAR

<b>1</b>	<b>www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080</b> İnternet Kaynağı	<b>%1</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to TechKnowledge Turkey</b> Öğrenci Ödevi	<b>%1</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Hacettepe University</b> Öğrenci Ödevi	<b>&lt;%1</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Istanbul Aydın University</b> Öğrenci Ödevi	<b>&lt;%1</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Sağlık Bilimleri Üniversitesi</b> Öğrenci Ödevi	<b>&lt;%1</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to The University of Manchester</b> Öğrenci Ödevi	<b>&lt;%1</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Mersin Üniversitesi</b> Öğrenci Ödevi	<b>&lt;%1</b>
<b>8</b>	<b>isfaw2019.isfaw.org</b> İnternet Kaynağı	<b>&lt;%1</b>

## 9. ÖZGEÇMİŞ

### 1. KİŞİSEL BİLGİLER

ADI, SOYADI:	Ebru Zeren
DOĞUM TARİHİ ve YERİ:	23 Mayıs 1994, Elazığ
HALEN GÖREVİ: Yüksek Lisans Öğrencisi YAZIŞMA ADRESİ: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü, Sıhhiye, 06100 Ankara Telefon: 0505 844 97 77 E-MAIL: zerenebru@hotmail.com	

### 2. EĞİTİM

YILI	DERECESİ	ÜNİVERSİTE	ÖĞRENİM ALANI
2012-2017	Lisans	Bezmi Alem Vakıf Üniversitesi	Odyoloji
2017-2019	Yüksek Lisans	Hacettepe Üniversitesi	Odyoloji

### 3. AKADEMİK DENEYİM

GÖREV DÖNEMİ	ÜNVAN	BÖLÜM	ÜNİVERSİTE
Şubat-Nisan 2019	Araştırmacı Öğrenci	Sinirbilim	Newcastle Üniversitesi

### 4. ÇALIŞMA ALANLARI

ÇALIŞMA ALANI	ANAHTAR SÖZCÜKLER
Odyoloji Elektrofizyoloji İşitsel Sinirbilim	

### 5. SON BEŞ YILDAKİ ÖNEMLİ YAYINLAR

Ozbal-Batuk M., Çınar-Çiçek B., **Zeren E.**, Düşünmez İ., Bayülgen TÖ., Sennaroğlu G. (2019). Evaluation of ECAP thresholds, T and C levels in children with sequential bilateral cochlear implants, *Annals of Medical Research*, 26(7):1372-7.