

**TÜRKÇE'DEKİ NAZAL (/m, n/) SESLERİN
AKUSTİK ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

Cemil Yılmaz

Yüksek Lisans Tezi

**TÜRKÇE'DEKİ NAZAL (/m, n/) SESLERİN
AKUSTİK ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

Cemil Yılmaz

Yüksek Lisans Tezi

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ

Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Dil ve Konuşma Terapistliği Anabilim Dalı

Eskişehir, Temmuz 2015

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Handan Yavuz

JÜRİ ve ENSTİTÜ ONAYI

Cemil YILMAZ'ın "Türkçe'deki Nazal (/m, n/) Seslerin Akustik Özelliklerinin İncelenmesi" başlıklı, Dil ve Konuşma Terapistliği Anabilim Dalı'ndaki Yüksek Lisans tezi, 02.07.2015 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	Prof. Dr. Handan YAVUZ Anadolu Üniversitesi	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Esra ERTAN Üsküdar Üniversitesi	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Özlem ÜNAL-LOGACEV Anadolu Üniversitesi	

Anadolu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Dilek AK

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu tezi hazırlayabilmemi ve tamamlayabilmemi mümkün kılan; bilgisini ve desteğini benden esirgemeyip bana her zaman güvenen, ilgisi sayesinde çalışmadan hiç kopmadan düzenli ve disiplinli bir çalışma yürütebilmemi sağlayan, ihtiyacım olduğunda bana her zaman vakit ayıran tez danışmanım Prof. Dr. Handan Yavuz'a,

Bu tez konusunu seçmemde bana fikir ve pek çok bilgi veren, akustik ve ses-bilim alanlarını bana sevdiren, kendi ilgi alanlarına ve mesleğine karşı olan sevgisini, saygısını, heyecanını, merakını hiç kaybetmeyen, öğrencilerine ve hastalarına karşı olan sevgi ve saygı dolu duruşunu her zaman kendime örnek aldığım Yrd. Doç. Dr. Esra Ertan'a,

Verdiği geri dönütlerle bana yol gösteren, bilgisi sayesinde bu teze sayısız katkısı olan ve değerli zamanını bana ayıran Yrd. Doç. Dr. Özlem Ünal-Logacev'e

Üç sene boyunca pek çok farklı zamanda aynı ortamı paylaştığım için kendimi şanslı hissettiğim DİLKOM'daki hocalarıma ve sınıf arkadaşlarıma,

Bu süreç boyunca halimi sık sık sorup bana moral veren anneme teşekkür ederim.

TÜRKÇE'DEKİ NAZAL (/m, n/) SESLERİN AKUSTİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmanın amacı Türkçe'deki nazal (geniz) sesleri olan /m/ ve /n/ seslerinin bazı akustik özelliklerini incelemektir. Anadilleri Türkçe olan altı katılımcıya içinde nazal seslerin olduğu kelimeler okutulmuş ve ses kayıtları alınmıştır. /m/ ve /n/ için sesin süresi, formant (nazal rezonans) bölgeleri ve nazal sestem ünlüye geçişteki formant başlangıç bölgeleri incelenecek akustik parametreler olarak belirlenmiştir. Bu akustik parametreler, farklı sözcük-hece konumlarında ve farklı ünlü ortamlarında karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Bulgulara göre, ortalama süre değerleri /m/ sesi için 78 ms ve /n/ sesi için 63 ms'dir. Ortalama nazal rezonans değerleri /m/ için sırasıyla 243 Hz, 1051 Hz ve 2197 Hz, /n/ için sırasıyla 248 Hz, 1113 Hz ve 2255 Hz'dir. Formant başlangıç değerleri /m/ için sırasıyla 357 Hz, 1262 Hz ve 2587 Hz'dir. Aynı değerler /n/ sesi için sırasıyla 361 Hz, 1501 Hz ve 2782 Hz'dir.

/m/ ve /n/ seslerinin süreleri, sözcük-hece konumuna göre farklılık göstermekte olup tüm sözcük-hece konumlarında /m/ sesinin süresi /n/ sesinin süresinden fazladır. /m/ ve /n/ seslerinin birinci ve üçüncü nazal rezonansları sınırlı ortamlarda farklılık gösterirken ikinci nazal rezonansları sözcük-başı-hece-başı ile sözcük-sonu-hece-sonu ortamlarında ve art ünlü bağlamında anlamlı bir farklılık göstermektedir. /m/ ve /n/ seslerinin birinci formant başlangıç değeri (F1) sınırlı ortamlarda farklılık göstermiştir. /m/ ve /n/ seslerinin F2 değerleri ise tüm sözcük-hece konumlarında ve tüm ünlü ortamlarında farklılık göstermiştir. /m/ ve /n/ seslerinin F3 değerleri tüm sözcük-hece konumlarının yanı sıra ön-ünlüler ile /Λ/ ünlü ortamında farklılık göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: nazal sesler, geniz sesleri, akustik analiz, formant, rezonans

AN ACOUSTIC ANALYSIS OF NASAL SOUNDS (/m, n/) IN TURKISH

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the acoustic properties of nasal sounds in Turkish. Words containing nasal sounds read by six monolingual Turkish speakers were analyzed. For each token, the duration of the nasal, nasal resonance frequencies, and the frequencies of the formant transition onsets were measured.

The findings showed that the mean durations were 78 ms for /m/ and 63 ms for /n/. Nasal resonance frequencies for /m/ were 243 Hz, 1051 Hz and 2197 Hz, respectively. For /n/, nasal resonance values were 248 Hz, 1113 Hz and 2255 Hz, respectively. The formant transition onsets for /m/ were 357 Hz, 1262 Hz and 2587 Hz, respectively, for /n/ were 361 Hz, 1501 Hz and 2782 Hz.

The results also showed that the position within a word has an effect on the duration of the nasal sound; the duration of /m/ was significantly higher than that of /n/ in all of the positions within a word. First and third nasal resonances were significantly lower for /m/ than for /n/ in certain contexts. Second nasal resonance values, on the other hand, were significantly lower for /m/ and /n/ at word-initial syllable-initial and word-final syllable-final positions as well as in back vowel contexts. F2 transition was significantly lower for /m/ than /n/ in all of the positions within a word and in all of the vowel contexts. Similarly, F3 transition was significantly lower for /m/ than for /n/ in all of the positions within a word and in front-vowel contexts.

Key words: nasal sounds, acoustic analysis, formants, resonances

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖZGEÇMİŞ	i
ÖNSÖZ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
GİRİŞ ve AMAÇ	1
KAYNAK BİLGİSİ	4
Giriş	4
Nazal Seslerin Üretimi	4
Nazal Seslerin Üretimini Etkileyen Faktörler	7
Nazal Seslerin Dil ve Konuşma Bozukluklarındaki Yeri	10
Nazal Seslerin Akustik Özellikleri	14
GEREÇ ve YÖNTEM	19
Araştırmanın Modeli	19
Katılımcılar	19
Veri Toplama Araçları	19
Ses Kayıtlarının Alınma Prosedürü	21
Akustik Ölçümler	21
Nazal Seslerin Sürelerinin Ölçümü	22
Nazal Rezonansların Ölçümü	23

Formant Başlangıç Değerlerinin Ölçümü	27
LPC Analizi, Cepstral Smoothing ve Gaussian Window	29
Veri Analizleri	33
BULGULAR ve TARTIşMA	34
Bulgular	34
Süre ölçümlerinin analizi	34
Farklı hece konumlarındaki ortalama /m/ ve /n/ sesi süreleri	34
Farklı hece konumlarında /m/ sesi süreleri	34
Farklı hece konumlarında /n/ sesi süreleri	35
Farklı hece konumlarında /m/ ve /n/ seslerinin süre özelliklerinin karşılaştırılması	35
Farklı ünlü ortamlarındaki ortalama /m/ ve /n/ süreleri	36
Farklı ünlü ortamlarında /m/ süreleri	37
Farklı ünlü ortamlarında /n/ süreleri	37
Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ sürelerinin karşılaştırılması	38
F1 ölçümlerinin analizi	38
Farklı hece konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama F1 değerleri	38
Farklı hece konumlarında /m/ sesinin F1 değerleri	39
Farklı hece konumlarında /n/ sesinin F1 değerleri	40
Farklı hece konumlarında /m/ ve /n/ seslerinin F1 değerlerinin karşılaştırılması	40
Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F1 ortalamaları	41
Farklı ünlü ortamlarında /m/ sesinin F1 değerleri	41
Farklı ünlü ortamlarında /n/ sesinin F1 değerleri	42
Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F1	42

değerlerinin karşılaştırılması	
F2 ölçümlerinin analizi	43
Farklı hece konumlarında /m/ ve /n/ seslerinin ortalama F2 değerleri	43
Farklı hece konumlarında /m/ sesinin F2 değerleri	44
Farklı hece konumlarında /n/ sesinin F2 değerleri	44
Farklı hece konumlarında /m/ ve /n/ seslerinin F2 değerlerinin karşılaştırılması	45
Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama F2 değerleri	45
Farklı ünlü ortamlarında /m/ sesinin F2 değerleri	45
Farklı ünlü ortamlarında /n/ sesinin F2 değerleri	46
Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F2 değerlerinin karşılaştırılması	47
F3 ölçümlerinin analizi	47
Farklı hece konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama F3 değerleri	47
Farklı hece konumlarında /m/ sesinin F3 değerleri	48
Farklı hece konumlarında /n/ sesinin F3 değerleri	49
Farklı hece konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F3 değerlerinin karşılaştırılması	49
Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama F3 değerleri	50
Farklı ünlü ortamlarında /m/ sesinin ortalama F3 değerleri	50
Farklı ünlü ortamlarında /n/ sesinin ortalama F3 değerleri	51
Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F3 değerlerinin karşılaştırılması	51
NR1 ölçümlerinin analizi	52
Farklı hece konumlarında /m/ ve /n/ seslerinin ortalama NR1 değerleri	52

Farklı hece konumlarında /m/ sesinin NR1 değerleri	53
Farklı hece konumlarında /n/ sesinin NR1 değerleri	53
Farklı hece konumlarında /m/ ve /n/ seslerinin NR1 değerlerinin karşılaştırılması	54
Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama NR1 değerleri	54
Farklı ünlü ortamlarında /m/ sesinin ortalama NR1 değerleri	55
Farklı ünlü ortamlarında /n/ sesinin ortalama NR1 değerleri	56
Farklı ünlü ortamlarında /m/ ve /n/ seslerinin NR1 değerlerinin karşılaştırılması	56
NR2 ölçümlerinin analizi	57
Farklı hece konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama NR2 değerleri	57
Farklı hece konumlarında /m/ sesinin NR2 değerleri	57
Farklı hece konumlarında /n/ sesinin NR2 değerleri	58
Farklı hece konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin NR2 değerlerinin karşılaştırılması	58
Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama NR2 değerleri	59
Farklı ünlü ortamlarında /m/ sesinin ortalama NR2 değerleri	60
Farklı ünlü ortamlarında /n/ sesinin ortalama NR2 değerleri	60
Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin NR2 değerlerinin karşılaştırılması	61
NR3 ölçümlerinin analizi	61
Farklı hece konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama NR3 değerleri	61
Farklı hece konumlarında /m/ sesinin NR3 değerleri	62
Farklı hece konumlarında /n/ sesinin NR3 değerleri	63
Farklı hece konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin NR3 değerlerinin karşılaştırılması	63

Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama NR3 değerleri	64
Farklı ünlü ortamlarında /m/ sesinin ortalama NR3 değerleri	64
Farklı ünlü ortamlarında /n/ sesinin ortalama NR3 değerleri	65
Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin NR3 değerlerinin karşılaştırılması	65
Bulguların Özeti	66
Tartışma	68
Süre	68
Formant başlangıç değerleri	69
Nazal rezonanslar	71
SONUÇ ve ÖNERİLER	77
Sonuç	77
Öneriler	79
KAYNAKLAR	80
EKLER	85
EK 1. Hedef ve Çeldirici Sözcükler	85
EK 2. Örnek Sözcük Okuma Listesi	86
EK 3. Anadolu Üniversitesi Etik Kurul Onayı	87
EK 4. Katılımcı Onam Formu	88
EK 5. Katılımcı Bilgi Formu	89

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL NO ve ADI	SAYFA
Şekil 1 /m/ sesinin üretimi	4
Şekil 2 Nazal sesler ve aynı üretim yerine sahip durak sesleri	5
Şekil 3 /hΛmΛk/ sözcüğündeki nazal sesin başlangıç-bitim noktalarının belirlenmesi	22
Şekil 4 /hΛmΛk/ sözcüğündeki değişim noktası olduğu düşünülen bölgenin öncesindeki ve sonrasındaki 2 şer tam periyotluk ses dalgasının seçimi	23
Şekil 5 /hΛmΛk/ sözcüğündeki nazal ses ile ünlü arasındaki değişim noktasının spektral yöntemle belirlenmesi	23
Şekil 6 /hΛmΛk/ sözcüğünün spektrogram görüntüsü ve ortadaki nazal ses (murmur) bölgesi	24
Şekil 7 /hΛmΛk/ sözcüğünün ses dalgası görüntüsü ve ortadaki nazal ses (murmur) bölgesi	24
Şekil 8 /hΛmΛk/ sözcüğünün ortadaki nazal ses bölgesine, süre olarak aynı uzunluktaki Gaussian Window uygulanması	25
Şekil 9 /hΛmΛk/ sözcüğünün ortasındaki nazal ses bölgesinden Gaussian Window ile alınan FFT spektrumu	26
Şekil 10 /hΛmΛk/ sözcüğündeki nazal sesin FFT spektrumunun “cepstral smoothing” yöntemiyle ortalamasının alınması ve belirlenen bazı tepe noktaları	26
Şekil 11 /hΛmΛk/ sözcüğünün spektrogram görüntüsü ve ortalaması alınmış FFT spektrumuyla karşılaştırmalı formant bölgelerinin belirlenmesi	27
Şekil 12 /hΛmΛk/ sözcüğündeki nazal sestən ünlüye geçişteki, ünlünün ilk dalga formuna Gaussian Window yerleştirilmesi	28
Şekil 13 /hΛmΛk/ sözcüğündeki nazal sestən ünlüye geçişteki ünlünün ilk dalga formuna Gaussian Window yerleştirilmesiyle elde edilen FFT spektrumundaki formant başlangıç tepe noktaları	29
Şekil 14 /hΛmΛk/ sözcüğündeki nazal sestən ünlüye geçişteki ünlünün formant başlangıç bölgelerinin spektrogram	29

üzerinden takibi

Şekil 15	Cepstral ortalamanın aşamaları: Ses sinyalinin fourier dönüşümü (DFT), logaritmasının alınması, ters-fourier dönüşümü (inverse DFT) ile cepstrumun elde edilmesi, ağırlıklandırılması (Weight), fourier dönüşümüyle birlikte ortalaması alınmış bir spektrumun elde edilmesi	30
Şekil 16	/hΛmΛk/ sözcüğünde formant başlangıcına yerleştirilen Gaussian window özellikleri	31
Şekil 17	/hΛmΛk/ sözcüğündeki nazal rezonans bölgesine yerleştirilen Gaussian window özellikleri	32
Şekil 18	SBHB konumundaki /m/ seslerinin nazal rezonans spektral dağılımlarının tüm katılımcılardan ve sadece 2.listelerden alınmış görüntüleri	72
Şekil 19	SBHB konumundaki /n/ seslerinin nazal rezonans spektral dağılımlarının tüm katılımcılardan ve sadece 2.listelerden alınmış görüntüleri	72
Şekil 20	SBHB konumunda ve /Λ/ ünlü ortamındaki /m/ spektral görüntüleri	74
Şekil 21	SBHB konumunda ve /Λ/ ünlü ortamındaki /n/ spektral görüntüleri	74
Şekil 22	SBHB konumunda ve sadece /Λ/ ünlü ortamındaki tüm katılımcılardan alınan /m/ spektral görüntüleri	75
Şekil 23	SBHB konumunda ve tüm ünlü ortamlarındaki, sadece 1. katılımcıdan alınan /m/ spektral görüntüleri	76
Şekil 24	SBHB konumunda ve tüm ünlü ortamlarındaki, sadece 1. katılımcıdan alınan /n/ spektral görüntüleri	76

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE NO ve ADI	SAYFA
Çizelge 1 /m/ ve /n/ seslerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki süre değerleri	34
Çizelge 2 /m/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki süre değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	35
Çizelge 3 /n/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki süre değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	35
Çizelge 4 /m/ ve /n/ seslerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki süre değerlerinin karşılaştırılmasının sonuçları	36
Çizelge 5 /m/ ve /n/ seslerinin süre değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları	36
Çizelge 6 /m/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki süre değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	37
Çizelge 7 /n/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki süre değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	37
Çizelge 8 /m/ ve /n/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki süre değerlerinin karşılaştırılmasının sonuçları	38
Çizelge 9 SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin Hz biçimindeki ortalama F1 değerleri	39
Çizelge 10 /m/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki F1 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	39
Çizelge 11 /n/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki F1 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	40
Çizelge 12 SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F1 değerlerinin karşılaştırılması	40
Çizelge 13 /m/ ve /n/ seslerinin F1 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları	41

Çizelge 14	/m/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki F1 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	41
Çizelge 15	/n/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki F1 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	42
Çizelge 16	/m/ ve /n/ seslerinin F1 değerlerinin farklı ünlü ortamlarında karşılaştırılması	42
Çizelge 17	HBSB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama F2 değerleri	43
Çizelge 18	/m/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki F2 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	44
Çizelge 19	/n/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki F2 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	44
Çizelge 20	SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F2 değerlerinin karşılaştırılması	45
Çizelge 21	/m/ ve /n/ seslerinin F2 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları	45
Çizelge 22	/m/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki F2 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	46
Çizelge 23	/n/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki F2 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	46
Çizelge 24	/m/ ve /n/ seslerinin F2 değerlerinin farklı ünlü ortamlarında karşılaştırılması	47
Çizelge 25	/m/ ve /n/ seslerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalama F3 değerleri	48
Çizelge 26	/m/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki F3 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	48
Çizelge 27	/n/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki F3 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	49
Çizelge 28	SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F3 değerlerinin karşılaştırılması	49

Çizelge 29	/m/ ve /n/ seslerinin F3 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları	50
Çizelge 30	/m/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki F3 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	51
Çizelge 31	/n/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki F3 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	51
Çizelge 32	/m/ ve /n/ seslerinin F3 değerlerinin farklı ünlü ortamlarında karşılaştırılması	52
Çizelge 33	/m/ ve /n/ seslerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalama NR1 değerleri	52
Çizelge 34	/m/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki NR1 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	53
Çizelge 35	/n/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki NR1 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	53
Çizelge 36	SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin NR1 değerlerinin karşılaştırılması	54
Çizelge 37	/m/ ve /n/ seslerinin NR1 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları	55
Çizelge 38	/m/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki NR1 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	55
Çizelge 39	/n/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki NR1 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	56
Çizelge 40	/m/ ve /n/ seslerinin NR1 değerlerinin farklı ünlü ortamlarında karşılaştırılması	56
Çizelge 41	/m/ ve /n/ seslerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalama NR2 değerleri	57
Çizelge 42	/m/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki NR2 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	58
Çizelge 43	/n/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki NR2 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	58

Çizelge 44	SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin NR2 değerlerinin karşılaştırılması	59
Çizelge 45	/m/ ve /n/ seslerinin NR2 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları	59
Çizelge 46	/m/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki NR2 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	60
Çizelge 47	/n/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki NR2 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	60
Çizelge 48	/m/ ve /n/ seslerinin NR2 değerlerinin farklı ünlü ortamlarında karşılaştırılması	61
Çizelge 49	/m/ ve /n/ seslerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalama NR3 değerleri	62
Çizelge 50	/m/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki NR3 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	62
Çizelge 51	/n/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki NR3 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	63
Çizelge 52	SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin NR3 değerlerinin karşılaştırılması	63
Çizelge 53	/m/ ve /n/ seslerinin NR3 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları	64
Çizelge 54	/m/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki NR3 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	65
Çizelge 55	/n/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki NR3 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları	65
Çizelge 56	/m/ ve /n/ seslerinin NR3 değerlerinin farklı ünlü ortamlarında karşılaştırılması	66
Çizelge 57	/m/ ve /n/ seslerinin tüm ortamlardaki ölçüm parametreleri değerlerinin ortalamaları	67

SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

F1	Birinci Formant Başlangıcı
F2	İkinci Formant Başlangıcı
F3	Üçüncü Formant Başlangıcı
NR1	Birinci Nazal Rezonans
NR2	İkinci Nazal Rezonans
NR3	Üçüncü Nazal Rezonans
FFT	Fast Fourier Transformation
DFT	Discrete Fourier Transformation
Hz	Hertz
SBHB	Sözcük Başı Hece Başı
SİHB	Sözcük İçi Hece Başı
SİHS	Sözcük İçi Hece Sonu
SSHS	Sözcük Sonu Hece Sonu
LPC	Linear Predictive Coding
ms	Milisaniye
Ort.	Aritmetik Ortalama
SS	Standart Sapma (Standart Deviation)
V	Ünlü Ses
C	Ünsüz Ses
N	Nazal Ses

GİRİŞ ve AMAC

İletişim sağlamak için kullandığımız dilin özelliklerinden biri farklı yollarla iletebiliyor olmasıdır. Burada bahsedilen konuda ise ağırlıklı olarak dilin sözel ve işitsel iletim yolu kastedilmektedir. Sözel olarak bir üretimde bulunabilmemiz için öncelikle bazı fiziksel olayların başarılı bir biçimde gerçekleşebiliyor olması gerekmektedir. Bir konuşma sesinin üretilebilmesi ağız ve burun boşluğundaki havanın, dilimiz, yumuşak damağımız, dudaklarımız gibi konuşma organlarıyla değişime uğratılmasına bağlıdır. Her konuşma sesinin üretimi için farklı konuşma organlarının hareket etmesi veya aynı konuşma organlarının farklı biçimlerde ve farklı hızlarda hareket etmesi gerekmektedir. Böylece farklı yollarla değişime uğratılan ses dalgalarının hava ortamında yayılması sonucu iletim gerçekleşir.

Ses dalgaları biçiminde ürettiğimiz kelimeler, sözcükler, cümleler; fiziksel olarak ölçülebilir özelliklere (akustik özelliklere) sahip olmaktadır. Ses dalgalarının titreşim büyüklüğü (şiddeti) ve titreşim sıklığı (frekansı) başlıca ölçülebilir özelliklerdendir. Bu sayede bir dilde yer alan konuşma sesleri, akustik analiz yardımıyla bazı fiziksel özellikleri ölçülerek analiz edilebilmektedir. Örneğin, bir ses dalgasının belirli bir veya birkaç frekanstaki şiddet büyüklüğünün değişimi, bir konuşma sesini diğer konuşma seslerinden ayırt edilebilmemizi sağlamaktadır. Fakat, bu akustik özelliklerden hangilerinin, bir konuşma sesinin diğerlerinden ayırt edilebilmesini sağladığı daha karmaşık bir konudur. Çünkü işitsel olarak bir konuşma sesini algılayan kişinin “ayırt edici (distinctive) fonetik özelliklere” dikkat ederken ayırt edici olmayan fonetik özellikleri önemsemediği düşünülmektedir (Ingram, 2007).

Konuşma seslerinden bir grubu, Türkçe’de “geniz sesleri” olarak bilinen, nazal sesler oluşturmaktadır. Nazal seslerin üretim biçimi açısından diğer konuşma seslerinden en belirgin farkı, üretimleri sırasında ağız boşluğunun kapanıp burun boşluğunun açılarak havanın burun boşluğundan çıkması ile oluşmasıdır. Nazal sesler, dünya dillerinde en sık görülen sesler arasındadır (Narayan, 2008).

Bu çalışmada nazal seslerin akustik özellikleri incelenmektedir. Türkçede iki nazal sesbirimi vardır. Bunlar üretim yerine göre çift-dudak /m/ sesi ile diş-ardı /n/ sesidir (Kopkallı-Yavuz, 2010). Bu iki nazal ses de Türkçede en erken edinilen konuşma sesleri içinde yer alır (Topbaş, 1997). Türkçedeki bu iki nazal ses; hece başı, hece sonu ve iki ünlü arası konumlarda bulunabilmektedirler. Ayrıca, Türkçede /n/ sesinin ardından art-damak sesi geldiğinde /n/ sesi /ŋ/ sesine ve çift-dudak sesi geldiğinde de /n/ sesi /m/ sesine dönüşebilmektedir (Kopkallı-Yavuz, 2010).

Nazal sesler konuşma bozukluklarında büyük öneme sahiptir. Çünkü afazide, aprakside, çeşitli motor konuşma bozukluklarında, işitme engellilerde nazal seslerin üretimi bozulmaktadır (Kurowski ve ark., 2007; Itoh ve ark. 1997; Katz ve ark., 1990; Bouton ve ark., 2012; Skoruppo ve Rosen, 2014). Dudak damak yarığı vakalarında görüldüğü üzere nazal seslerin üretim mekanizmasının bozulması sonucunda diğer konuşma seslerinin üretiminde de sorunlar görülebilmektedir (Dalston ve ark., 1990; Gaylord, 2006). Nazal seslerin önemi, bu sesleri diğer konuşma seslerinden ayıran üretim biçiminden kaynaklanır. Ağız boşluğunun kapanırken burun boşluğunun açılması, yumuşak damağın hareketi sayesinde olmaktadır. Yumuşak damak yukarıda iken hava ağızdan; yumuşak

damak aşığıya indiğinde hava burundan çıkar. Yumuşak damak burun boşluğunu sürekli olarak kapattığında nazal sesler üretilemeyecektir. Tersı durumda, yumuşak damak sürekli aşığıda kalacak ve havanın burundan kaçması sonucunda oral sesler üretilemeyecek ve anlaşılrlık son derece düşecektir. Ayrıca, burun boşluğunun nazal seslerin üretimindeki rolünden başka solunumda ve rezonansa da rolü vardır. Burun boşluğunun sağlıklı bir şekilde kullanılamaması, konuşma seslerinin üretiminden farklı olarak konuşmanın başka yönlerinde de bozulmalara neden olacaktır.

Nazal sesin üretim biçimini belirleyen başlıca konuşma organı yumuşak damaktır. Nazal sestem diğerkonuşma seslerine geçişler ile yumuşak damağın hareketleri eş zamanlı gerçekleşir. Bu nedenle nazal seslerin akustik analizinden yumuşak damağın çalışmasına ve yumuşak damakla koordineli çalışan diğerkonuşma organlarına dair bilgiler edinilebilir. Nörolojik bozukluklardan birisi olan afazideki nazal seslerin üretiminin bozulduğu, akustik veriler elde edilerek gösterilmiştir (Kurowski ve ark., 2007)). Bilinen başka nörolojik bozukluklarda, örneğın Miller-Fisher Sendromunda, Myasthenia Gravis'te erken dönemde hipernazal bir konuşma biçiminin ortaya çıktığı durumlar görülmüştür (Howell ve ark., 210; Wolski, 1967). Ayrıca "myotonic dystrophy" gibi diğerkonuşma bozuklukta da erken dönemde velofarengyal yetersizliğe (incompetence) rastlanılmıştır (Salomonson, 1988). Görüldüğü gibi bazı nörolojik bozukluklarda erken dönemde yumuşak damağın çalışmasında bozulmalar görülebilmektedir. Nazal seslerin üretiminin de yumuşak damağın çalışmasına dair bilgiler verdiği düşünülürse; nazal seslerin akustik analizi yardımıyla erken dönemde bazı nörolojik bozuklukları tanılamak veya bu bozukluklarda yumuşak damağın sağlıklı çalışıp çalışmadığına dair veriler elde edebilmek mümkün olacaktır.

Türkçe'deki nazal seslerin akustik analizine dair bir çalışma bulunmamaktadır. Bu ve bahsedilen diğerkonuşma nedenlerinden ötürü, bu çalışmada nazal seslerin akustik özellikleri incelenmiştir. Öncelikle Türkçe'deki nazal seslerin süre, nazal rezonans ve formant başlangıç değerleri ölçülmüş ve ölçülen bu parametrelerin Türkçedeki nazal seslerin arasında farklı olup olmadığı da incelenmiştir. Diğerkonuşma yapıları yapılan çalışmalar nazal seslerin sürelerinin sesletim yerine göre farklılık göstermediğini ortaya koymuştur. Ancak henüz Türkçe'nin nazal sesleri bu anlamda incelenmediği için nazal sesler için sürenin sesletim yerini belirlemede etken olup olmadığı bilinmemektedir. Diğerkonuşma parametre olan nazal rezonans, nazal sesin üretimi sırasında ağız yolunun kapalı ve nazal yolun açık olduğu durumdaki akustik bilgidir. Bu akustik bilgi bir sesin nazal olup olmasını belirlemektedir. Üçüncü parametre olan nazal sestem ünlüye geçişteki formant başlangıç değerleri hem nazal sesin sesletim yerini belirlemede hem de nazal ses algısında rol oynamaktadır. Bu üç parametre de farklı sözcük konumlarında – sözcük başı hece başı (SBHB), sözcük içi hece başı (SİHB), sözcük içi hece sonu (SİHS), sözcük sonu hece sonu (SSHS) – konumlarında ve farklı ünlü ortamlarında ayrı ayrı incelenmiştir. Bu amaçla yanıt aranılan araştırma soruları şunlardır:

1. Türkçedeki nazal seslerin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarında ve farklı ünlü ortamlarındaki (/ı/, /y/, /e/, /u/, /o/, /Λ/) süre değerleri nedir?

2. Türkçedeki nazal seslerin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarında ve farklı ünlü ortamlarındaki (/ı/, /y/, /ε/, /u/, /ö/, /Λ/) süre değerleri; /m/ ve /n/ sesleri için farklı mıdır?
3. Türkçedeki nazal seslerin formant başlangıç değerleri (F1, F2, F3) SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarında ve farklı ünlü ortamlarında (/ı/, /y/, /ε/, /u/, /ö/, /Λ/) nedir?
4. Türkçedeki nazal seslerin formant başlangıç değerleri (F1, F2, F3) SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarında ve farklı ünlü ortamlarında (/ı/, /y/, /ε/, /u/, /ö/, /Λ/); /m/ ve /n/ sesleri için farklı mıdır?
5. Türkçedeki nazal seslerin nazal rezonans değerleri (NR1, NR2, NR3) SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarında ve farklı ünlü ortamlarında (/ı/, /y/, /ε/, /u/, /ö/, /Λ/) nedir?
6. Türkçedeki nazal seslerin nazal rezonans değerleri (NR1, NR2, NR3) SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarında ve farklı ünlü ortamlarında (/ı/, /y/, /ε/, /u/, /ö/, /Λ/); /m/ ve /n/ sesleri için farklı mıdır?

KAYNAK BİLGİSİ

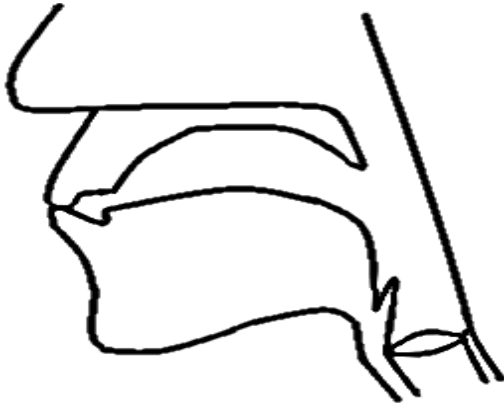
Giriş

Türkçedeki konuşma seslerinin akustik analizini konu edinen çalışmalardan bazıları ünlüleri (Kopkallı-Yavuz, 2010; Türk, 2005; Kılıç, 2003), sürtünmeli sesleri (Ertan, 2011) ve daralmalı sesleri (Dikmen, 2010) kapsamaktadır. Nazal seslerle ilgili ise akustik bir çalışma bulunmamaktadır. Halbuki bir dildeki konuşma seslerinin akustik analizinin yapılmasıyla o dile ait bilgiler edinilir. Analizi yapılan seslerin bazı fiziksel özelliklerine dair somut veriler elde edilir. Daha sonra bu somut veriler diğer dillerdeki konuşma sesleriyle arasındaki farkları bulmada kullanılabilir ya da konuşma bozukluklarındaki rolü araştırılabilir. Bu gibi nedenlerden ötürü bir dildeki konuşma seslerinin analizinin yapılması önemlidir. Bu çalışmada Türkçedeki nazal seslerin akustik analizi yapılmıştır.

Nazal sesler dünya dillerindeki konuşma seslerinin içinde en sık rastlanılan sesler arasındadır (Narayan, 2008). Mcleod (2006), /n/ sesinin tek başına evrensel bir ses olduğunu, gelişimde ilk üretilen ünsüzler ile ilk edinilen sesbirimler arasında yer aldığına değinmiştir. Nazal sesler üretim biçimiyle diğer konuşma seslerinden ayrılırken dünya dillerinin çoğunda kullanılması ve en erken edinilen sesler olması gibi özellikleriyle de dikkati çekmektedir. Türkçede kullanılan nazal seslerin de Türkçede en erken edinilen konuşma sesleri arasında olduğu bilinmektedir (Topbaş, 1997).

Nazal Seslerin Üretimi

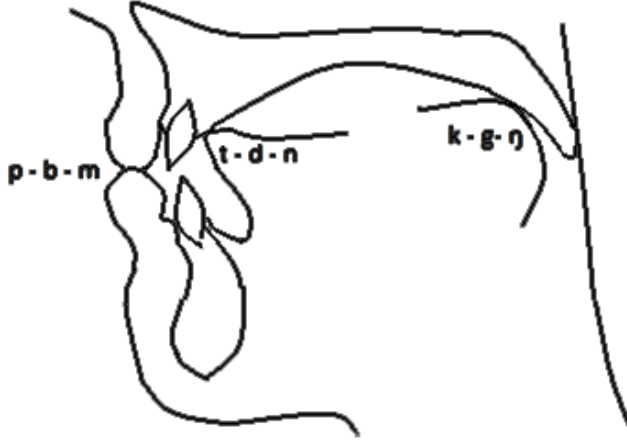
Nazal seslerin üretim biçimi, diğer konuşma seslerinden farklıdır. Nazal ünsüz seslerinin üretimi için ağız yolunun bir noktadan kapalı ve geniz yolunun açık olması gerekmektedir (Şekil 1). Nazal sesler ötümlü seslerdir ve ses kıvrımlarında üretilip akustik enerjiyi taşıyan ses dalgaları ağız boşluğu yerine burun boşluğundan yayılmaktadır. Nazal ünsüzler, üretim biçiminde sadece burun boşluğunun kullanılması nedeniyle de ünlü ve ünsüz konuşma seslerinden ayrılmaktadır.



Şekil 1. /m/ sesinin üretimi (Ladefoged, 1996)

Şekil 2’de görüldüğü gibi /n/ sesinin üretiminde kullanılan artikülasyon yeri tanımlanırken dilin /t/ ve /d/ seslerinde olduğu gibi dış-ardıyla temasının olduğu

ve nazal yolun açık olduğu söylenmektedir (McLeod, 2006). /m/ sesinin üretim yeri de /p/ ve /b/ seslerinin üretim yeri olan çift-dudak üretim yeriyle aynıdır. Art-damakta üretilen nazal ses de /k/ ve /g/ durak sesleriyle benzer üretim yerine sahiptir. Bu durumla paralel biçimde, nazal seslerin ve durak seslerin formant geçişleri gibi bazı akustik özellikleri benzerdir (Delattre, 1955). Ancak üretim biçimi yönünden karşılaştırıldığında nazal seslerde nazal yol açık kalırken; durak seslerin üretilmesi için nazal yolun mutlaka kapalı olduğu bir süre olmalıdır.



Şekil 2. Nazal sesler ve aynı üretim yerine sahip durak sesleri (Raphael ve ark., 2011)

Nazal ünsüzün başarılı bir şekilde üretilmesi için ağız yolunun dudakların kapanmasıyla veya dilin ağız yolunu bir noktadan kapamasıyla; yumuşak damağın aşağı inerek geniz yolunu açması arasında bir koordinasyon olmalıdır. Nazal ünsüzün üretiminin bitmesi sırasında da ağız yolunun açılmasını sağlayan konuşma organlarıyla geniz yolunun kapanmasını sağlayan yumuşak damak arasında yine doğru bir zamanlama gerekmektedir. Ayrıca nazal ünsüzün üretimi sırasında ses kıvrımlarının başarılı bir şekilde titreşimini sürdürmesi gerekmektedir. Nazal seslerin üretimi sırasında ağız yolunun kapalı olduğu ve geniz yolunun açık olduğu bu süre “murmur” olarak adlandırılmaktadır (Fujimura, 1962). Diğer konuşma sesleri sırasında hem ağız yolunun hem de geniz yolunun açık olmasıyla nazallık algısı taşıyan konuşma sesleri üretilmiş olur.

Nazal ünlü üretimi için ünlü sesin üretimi sırasında nazal yolun açılması gerekir. Böylece nazal ünlü üretimi sırasında burun boşluğundaki rezonans bölgeleri de aktif hale gelmektedir. Türkçede ünlülerin nazal hale gelmesiyle oluşan nazal ünlüler birer sesbirim değildir ancak örneğin Fransızcada, nazal ünlüler birer sesbirim olup anlam ayırt etme özellikleri vardır. Ancak Fransızcada sesbirim olarak kullanılan nazal ünlülerin üretiminde nazal yolun açılmasının yanı sıra pek çok artikülasyon faktörünün, nazal ünlünün üretiminde kullanıldığı da görülmüştür (Carignan, 2013).

Nazal sesler öncesindeki ve sonrasındaki sesleri kendi özellikleriyle etkilemekte veya bu seslerden etkilenmektedir. Örneğin, nazal ünsüzlerin yanındaki ünlüler nazal hale gelmektedir. Bu durum koartikülasyonun sonucudur. Nazal seslerin üretim biçimi, üretimi sırasında görev alan artikülatörlerin hareketleri; koartikülasyonun incelenmesi açısından önemlidir. Çünkü nazal sesler koartikülasyona en yakın konuşma seslerindedir.

Nazal seslerin üretimi için yumuşak damağın geniz yolunu açıp kapamasını sağlayan konuşma organlarının işleyişi “velofarengal mekanizma” olarak da bilinmektedir. Moll ve Daniloff, (1971) konuşma sırasındaki velum hareketlerinin zamanlamasını inceleyerek yumuşak damağın koartikülasyon davranışını belirlemeye çalışmışlardır. CVN (ünsüz-ünlü-nazal) ve CVVN yapılarında yumuşak damak hareketleri ileriye dönük (anticipatory) koartikülasyon göstermektedir ve velofarengal açılma, sesletimin ilk ünlüye yaklaşmasıyla başlamaktadır. Bu yapılardaki tüm ünlülerin süresi içinde daima bir miktar velofarengal açıklık gözlenmiştir. NC ve NCN dizilerinde ise velofarengal kapanmanın nazal ses üretimi sırasında gerçekleştiği ve patlamalı ile sürtünmeli ünsüz üretimi sırasında velofarengal açıklığın daima tamamen kapalı bir anının olduğu gözlenmiştir.

Moll ve Daniloff (1971) diğer hece pozisyonlarına ek olarak /CN/ ve /CCN/ pozisyonlarındaki velum hareketlerini de incelemişlerdir. Bu ortamlardaki velumun açılma hareketleri, nazal sesi oluşturacak artikülasyon hareketlerinin başlamasından hemen önce veya o anda oluşmaktadır (%73’ünde). Velumun kapanması ise ünsüzün artikülasyon hareketinin başlama sırasında veya hemen öncesinde gerçekleşmektedir (%98’inde). Her durumda da ünsüzün artikülasyonunun bitiminden en az 15 ms öncesinde velumun kapanması gerçekleşmektedir ve bu durum ünsüzün artikülasyonu sırasında velumun daima kapalı olduğu bir süre olduğunu göstermektedir. /NVC/ durumların da ise bazı farklılıklar bulunmaktadır. %90’ında velumun kapanması nazal ünsüz sırasında, ünlüye yaklaşırken veya ünlünün sabit durum frekansı süresinde gerçekleşmektedir. Daha önemlisi 3 durumda velumun kapanma hareketleri gözlenmemiştir:

- i. ünlüden sonra ünsüz olarak /w/ veya /l/ sesleri olduğunda,
- ii. nazal ünsüz geldiğinde,
- iii. ünlüyü cümle sonu izlediğinde.

/CVN/ ve /CVVN/ durumlarında ise ünsüz, durak veya sürtünmeli olduğunda velumun açılması ünlüye geçişteki artikülasyon sırasında olmaktadır. Ünsüzün /w/ olduğu durumda ise velumun açılması çok daha önce ve her zaman ünsüzün artikülasyonu bitmeden başlamaktadır. Ünsüzün /w/ olduğu bazı durumlarda ise başlangıçta hiçbir velum kapanması olmamıştır.

Ushisima ve Sawasima (1972), konuşma sırasındaki velum hareketlerini fiberoskopik yöntemle inceledikleri çalışmalarında, anlamsız hecelerle anlamlı Japonca kelimeleri kullanmışlardır. Soyutlanmış ünlü sesletiminde velum /i/ ve /u/ sesleri için en yüksekken /a/ sesi için en alçak ve /e, o/ sesleri için orta yükseklikte bulunmaktadır. Bu bilgi diğer yayınlarla tutarlılık açısından önemlidir. /CVCVCVCV/ tekrarındaki ünsüzler ise /t, d, s, z/ sesleridir. Bu seslerden durak ve sürtünmeli seslerde bir farklılık gözlenmediği gibi ötümlü ve ötümsüz seslerde de velum yüksekliği açısından herhangi bir farklılık bulunmamıştır. Ushijima ve Sawashima’nın (1972) bu bulgularını destekleyen, Subtelny ve ark. (1969) tarafından yapılmış, bir çalışma daha bulunmaktadır. Ushijima ve Sawashima’nın (1972) bu çalışmasının diğer önemli bir bulgusu ise velumun açılma ve kapanma hızlarının farklı ortamlarda da neredeyse eşit olduğunun görülmesidir. Anlamlı sözcüklerin sesletiminde durak, sürtünmeli, ötümlü, ötümsüz durumları içindeki

velum yüksekliğinde bir fark görülmemiştir. Durak veya sürtünmeli ünsüzde, velum en yüksek konumundayken nazal seste en alçak konumundadır ve velumun bu geçişi büyük oranda aradaki ünlü süresince gerçekleşmektedir. Bu çalışmalar, nazal seslerin çevresindeki seslerin durak veya sürtünmeli seslerden olması durumunda velum yüksekliğinin benzer biçimlerde olacağını önermektedir. Böylece nazal seslerin koartikülasyon etkisi de benzer olacaktır. Ayrıca ötümlülüğün değişmesi de bu durumu etkilemeyecektir. Bu çalışmadaki hedef sözcüklerin seçiminde bu bilgiler göz önünde tutulmuştur.

Hon (2003), İngilizcede dış-ardı nazal ünsüzün dudaksıllaşmasını incelediği çalışmasında dış-ardı nazal sestem sonra gelen çift-dudak üretim yerine sahip sesin nazal seste dudaksıllaşmaya neden olduğuna dair sonuçlar almakla birlikte bu dudaksıllaşmanın derecesi katılımcılar arasında farklılıklar gösterdiğini bulmuştur. Hon (2003), sözcük sonundaki dış-ardı nazal sesi, dudaksıl bir durak ünsüzü takip ettiğinde nazal ses üzerinde belirgin ve ölçülebilir bir dudaksıllaşma görüldüğü sonucuna varmıştır. Kopkallı-Yavuz (2010), Tükçede nazal seslerin benzeşmeye açık olduğuna, kendinden sonra gelen sesin özelliklerinden etkilendiğine değinmiştir.

Ali ve ark. (1971) nazal seslerin koartikülasyonunun algısal değerlendirmesi için CVC ve CVVC hece yapılarında ve sondaki ünsüzün nazal ses veya nazal olmayan ses olduğu kelimeler hazırlamışlardır. Bu kelimelerin sondaki ünsüzü ve hemen öncesindeki ünlüden formant geçişleri (formant transition) silinmiş ve sesbilim dersi alan lisans öğrencilerine sunulmuştur. Bu çalışma sonucunda, nazal seslerin kayıp olduğu kelimelerin nazal ses olarak doğru tahmin edilmesi anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. /n/ ve /m/ seslerinin doğru algılanmasında kendi aralarında bir fark görülmezken açık-arka ünlüler diğer ünlülerden daha fazla oranda nazal olarak algılanmıştır. Ayrıca gerçekte ötümlü çift dudak /b/ durak sesiyle biten kelimelerin, gerçekte ötümsüz dış-ardı /s/ sürtünmeli sesiyle biten kelimelere göre daha fazla nazal olarak algılandığı görülmüştür. Durak sesleriyle, aynı üretim yerine sahip nazal seslerin formant geçişlerinin oldukça benzer olduğu düşünüldüğünde bu durum oldukça anlamlıdır (Delattre ve ark., 1995).

Nazal seslerin yüksek koartikülasyon özelliği diğer konuşma seslerine göre dikkat çekici özelliktedir. Bu nedenle nazal seslerin akustik özelliklerini belirli veya soyutlanmış durumlarda araştırmak; pek çok akustik özelliği göz ardı etmek olacaktır. Nazal ünlülerin araştırılması bu sebeplerden ötürü önemlidir.

Yumuşak damağın hareketleri sadece nazal seslerin üretiminde rol almamaktadır. Velofarengal mekanizmanın en önemli işlevlerinden birisi de soluk alıp-vermedeki rolüdür. Vejetatif soluk alıp-vermedeki rolü yanında konuşma sırasındaki soluk alıp-vermede de velofarengal mekanizma aktif rol oynamaktadır. Lester ve Hoit (2014) doğal konuşma sırasındaki soluk alıp vermeyi inceledikleri araştırmalarında katılımcılara farklı okuma, konuşma görevleri yaptırmışlar ve tüm konuşma görevlerinde ağırlıklı olarak görülen nefes alma biçiminin ağız ve geniz yolunun birlikte kullanıldığı nefes alma biçimi olduğunu göstermişlerdir.

Nazal Seslerin Üretimini Etkileyen Faktörler

Nazal seslerin oluşumu için geniz boşluğunun açılarak buradan geçen bir hava akımının olması gerekir. Geniz boşluğundan geçerek burun boşluğunu takip eden

bu hava akımı, kişinin ses kıvrımlarında oluşturduğu titreşimi taşıdığına da nazal seslerin oluştuğundan bahsedebiliriz. Bu nazal seslerin ne kadar “nazal” olduğunu belirlemenin çeşitli yolları bulunmaktadır. Oral yoldan ve nazal yoldan geçen hava akımlarının ölçülmesine dayalı aerodinamik ölçümlerin yanı sıra burun ve ağızdan yayılan hava basınçlarının ölçülmesine de dayalı akustik yöntemler bulunmaktadır. Ayrıca kaydedilen ses dalgalarının analizi yoluyla elde edilen verilerin bazı spektral yöntemlerle incelenmesi sonucu da nazallığın derecesine dair fikir edinilebilmektedir.

Yaygın bir biçimde nazallığın derecesi, nazometre yoluyla ölçülür. Bu ölçümde burun boşluğundan gelen akustik enerji, ağız ve burun boşluğundan gelen toplam akustik enerjiye bölünüp yüz ile çarpılarak bir “nazalans” değeri elde edilir ve göreceli olarak bir nazallık değeri belirlenir. Nazal ünsüzlerin üretimi sırasında nazalans değerleri en yüksek değeri alırken diğer konuşma sesleri için daha düşük değerler alır. /s/ gibi ötümsüz sürtünmeli bir ses uzatılarak söylendiğinde nazalans değeri sıfırdır ve bu sırada burun boşluğundan yayılan ölçülebilir bir akustik enerji yoktur. Ünlü seslerin üretimi sırasında geniz yolundan gelen akustik enerjinin miktarını SPL (sound pressure level), temel frekans (fo), hangi ünlü sesin olduğu, cinsiyet gibi faktörler etkilemektedir. Örneğin, kapalı ünlülerin açık ünlülerden daha yüksek nazalans değerleri bulunmaktadır (Mandulak ve Zajac, 2006). Bu parametreler nazal ünsüz seslerin nasıl üretildiğinden çok geniz yolundan ölçülen akustik enerjinin miktarının değişmesiyle ilgilidir. Geniz yolunun tam olarak kapalı olduğu durumlarda dahi konuşma seslerinden bir miktar akustik enerjinin alınabildiği görülmüştür (Mandulak ve Zajac, 2006). Bu duruma geniz yolunu kapatan yumuşak damağın ve sert damağın, ağız içindeki titreşimi burun boşluğuna iletmesi neden olmaktadır (transpalatal acoustic transmission of sound). Görülüyor ki, burun boşluğundan akustik enerjinin alınabilmesi için geniz yolunun açık olması her zaman gerekmemektedir. Yumuşak damağın geniz yolunu farklı derecelerde kapaması sonucunda da burun boşluğundan gelen akustik enerji değişebilmektedir. Örneğin yumuşak damağın daha yukarı bir konuma gelmesi nazallığı düşürücü etki yapmaktadır (Fowler, 2004). Nazal ünsüzler ve nazal ünlüler gibi bazı konuşma seslerinin nazallığı (burun boşluğundan gelen akustik enerji) doğrudan velofarengal kapanma dereceleriyle bağlantılıdır. Demek ki nazallık, nazal seslerin üretim biçimi temelde aynı olmak kaydıyla (yumuşak damağın geniz yolunu açması) bu üretim biçimini sağlayan konuşma organlarının hareketlerinin ranjından etkilenmektedir.

Nazal sesler, bahsedilen değişikliklerin yanında kişilerin burun boşluğu ve sinüs boşluğu özelliklerine ve bu boşlukların büyüklük ve şekil gibi özelliklerine bağlı olarak bireysel farklılıklar da göstermektedir (Fujimura, 1962; Glass, 1984). Çünkü akustik enerji burun boşluğundan geçerken bu rezonans bölgelerinden etkilenecektir ve spektral özellikleri değişecektir. Burun boşluğunun ve sinüslerin büyüklüğü, burun boşluğundaki konkaların yapısı gibi faktörler her birey için farklı olacaktır. Sonuçta da nazal seslerle ilgili çalışmalarda her nazal sesin, kişilerin kendi içinde oldukça benzer spektral özelliklere sahip olduğu görülmüştür. (Fujimura, 1962; Glass 1984). Amino ve Arai (2009) bazı konuşma seslerinin kişinin kimliğini belirlemede ne kadar etkili olduğuna bakmışlardır. Durak sesleri, sürtünmeli sesler ve nazal seslerin zamana göre belirlenen enerji dağılımları açısından incelendiği bu çalışmada nazal seslerin diğer seslere göre

kişi içinde (intra-speaker) daha az değişkenlik gösterirken kişiler arasında (inter-speaker) daha fazla değişkenlik gösterdiği bulunmuştur. Sonuçta nazal sesler, kişiyi akustik ses analizi yoluyla belirlemede durak ve sürtünmeli seslerden daha etkili bulunmuştur.

Yaşın nazal seslerin üretimini veya nazal rezonansı nasıl etkilediğini inceleyen çalışma azdır. Bu çalışmaların çoğunda da nazometreyle alınan ölçümler kullanılmıştır ve ölçülen nazalans değerlerinin yaşa bağlı olarak anlamlı bir fark göstermediği görülmüştür (D'haeseleer ve ark., 2011).

Konuşma üretimi sırasında yaşın velofarenksi nasıl etkilediğine bakan Hoit ve Watson (1994) 4 yaş grubu (20-30, 40-50, 60-70, 80+) oluşturmuştur. 40 erkek ve 40 kadının katıldığı çalışmada ölçümler, nazometre yerine nazal ses üretimi sırasında burundan gelen hava akımının miktarının ölçülmesiyle (aerodinamik) alınmıştır ve çalışma sonucunda nazal hava akışında yaşa bağlı farklılıklar gözlenmemiştir. Ancak tüm nazal ünsüzlerin üretimi sırasında cinsiyete bağlı farklılıklar gözlenmiştir ve hava akımının büyüklüğü genellikle kadınlarda daha düşük bulunmuştur.

Nazal seslerin üretimini sağlayan velofarengeal mekanizmanın çalışmasında ilerleyen yaşa bağlı olarak çok fazla değişim görülmediğine yönelik bazı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak yaşlı popülasyonda bu sonuçların spektral ölçümler gibi farklı akustik analizlerin yapılmasıyla veya velofarenksle birlikte diğer konuşma organlarının koordinasyonlu çalışıp çalışmadığına bakılarak kinezyoloji alanında da desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca, sağlıklı çocuklarda nazal hava akımının gelişimini inceleyen çalışmalar da gerekmektedir çünkü literatür taramalarında bu tür çalışmalar bulunamamıştır.

Ünlülerin üretim yeri özellikleri, nazalite değerlerini etkilemektedir. Yüksek ünlülerin üretimi sırasında ölçülen nazalans değerlerinin yüksek olması yanında farklı ünlülerin algılanan nazallıklarının derecesi de hem soyutlanmış ortamda hem de cümle içinde değişebilmektedir (Berg, 2002). Yapılan aerodinamik ölçümlerdeyse konuşma şiddetinin artmasıyla nazal hava akımının arttığı ve yüksek ünlülerde hem erkeklerde hem de kadınlarda daha yüksek nazal hava akımı oranları olduğu tespit edilmiştir (Young ve ark., 2001).

Nazal ünlülerin ayırt edici akustik özelliklerini belirlemeye çalışan çalışmalar da bulunmaktadır. Chen (1995) nazal ünlülerin akustik parametrelerini hem işitme engellilerde hem de işitmesi normal olan bireylerde incelemiştir. İşitme engellilerin nazal ünlü üretimlerinin incelenmesinin öncelikli motivasyonu ise işitme engellilerde nazallığın uygun olmayan ortamlarda da görülmesi ve nazallıkla ilgili geri-dönüt verilememesidir. Nazallığı sağlayan bir bağlamda (iki nazal ünsüz arasında) hem işitme engellilerin hem de işitmesi normal olan bireylerin ürettiği ünlüler spektral yöntemle araştırılmıştır. Nazal ünlülerde nazallık sonucu teorik olarak 910Hz'de görülmesi beklenen ekstra spektral tepe noktası yanında ünlünün birinci formantının şiddeti de incelenmiştir. Birinci formantın şiddetinin ölçülmesiyle bir bakıma nazallığın ünlünün formantlarında neden olduğu bant-genişliğinin artışı hakkında bilgi edinilmiştir. Ayrıca işitme engellilerin ve işitmesi normal olan bireylerin ürettiği bu ünlüler nazallık açısından algısal olarak da derecelendirilmiştir. Bu algısal derecelendirme ile spektral ölçümden elde edilen birinci formantın şiddetiyle ekstra harmoniğin

şiddetinin farkı arasındaki korelasyona bakılmış ve 0.82'lik bir korelasyon katsayısı bulunmuştur. Ünlülerin, nazallığın derecesini belirlemede etkili bir araç olduğu görülmüştür.

Nazallığın ölçülmesinde kullanılan bir diğer spektral yöntem de, dudak-damak yarığı olan çocuklarda hipernazallığın incelenmesinde kullanılmıştır. Vogel ve ark. (2009) hipernazallığın ölçülmesinde kullanılan iki spektral yöntemi - "1/3 octave analysis" ve "voice low tone high tone ratio" (VLHR) – dudak-damak yarığı olan çocukların konuşma seslerinde incelemiştir. İki yöntem de; birinci, ikinci, üçüncü formant frekanslarındaki şiddet (intensity) değişimlerini incelemektedir. Çünkü bu bölgelerde ünlülerin nazal hale gelmesi sonucunda değişiklikler oluşmaktadır (Dickson, 1961). VLHR yönteminde bir sınır (cutoff) frekansı belirlenir ve düşük-frekans enerjisi ile yüksek-frekans enerjisi birbirine oranlanır. "One third octave" spektral analizinde ise düşük ve yüksek frekanslar arasındaki bölgede pek çok frekans filtrelenir ve filtrelenen bu frekansların şiddetindeki (intensity) değişimler ölçülür. Elde edilen sonuçlarda ise "1/3 octave analysis" spektral yöntemiyle elde edilen verilerin orta derecede güvenilir olduğu ve dudak-damak-yarığı olan çocuklarda hipernazallığın derecesini değerlendirmede hala algısal analiz yönteminin birincil olduğu belirlenmiştir.

Konuşma hızının artmasıyla birlikte konuşma organlarının çalışma hızları da artmaktadır. Gauster ve arkadaşlarının (2010) sağlıklı kişilerde velofarengeal fonksiyonu inceledikleri çalışmada, velofarenksin çalışma hızının hem hızlı konuşmada hem de yavaş konuşmada benzer olduğu görülmüştür. Çalışmada alınan akustik ve aerodinamik ölçümlerin ikisi de bu sonuçları desteklemektedir. Velofarenksin çalışmasının bu denli tutarlı olması, oral ve nazal seslerde tutarlı olarak inip kalkma hareketini sürdürmesi ve konuşma hızının artmasıyla birlikte diğer konuşma organlarının hızı arttığı halde velofarenksle koordinasyonun bozulmaması önemlidir.

Nazal Seslerin Dil ve Konuşma Bozukluklarındaki Yeri

Yumuşak damağın açılıp kapanma hareketleri, nazal sesin üretiminde aktif bir rol oynar ve diğer konuşma organlarıyla koordineli bir biçimde çalışır. Nazal ünsüz seslerin kendine özgü bu üretim özellikleriyle de ilgili olarak nazal seslerin üretimi çeşitli organik ve nörolojik bozukluklarda; örneğin kraniofasiyel anomalilerden yarık dudak-damakta ve velokardiofasiyel sendromda, işitme kaybında, dizartride, TBI'da, Parkinson'da ve çeşitli diğer kalıtsal sendromlarda farklılıklar göstermektedir (Mcleod, 2006).

Velofarenksin çalışması, nazal ve oral ses üretimi açısından karşılaştırıldığında; nazal ses üretimi sırasında daha çok aktif rol aldığı görülmektedir. Velofarenksin üstlendiği bu görev, ses üretiminin zaten zor olduğu bilinen apraksi gibi çeşitli bozukluklarda nazal ses üretimini çok daha karmaşık hale getirmektedir. Apraksidede artikülasyonun sağlanmasının zor olmasının yanı sıra bir de yumuşak damak gibi koartikülasyona bu kadar yatkın bir konuşma organının da devreye girmesinin, ses üretimini çeşitli açılardan zorlaştıracağı düşünülebilir. Konuşma sesi üretiminde belirgin farklılıklar oluşturan yumuşak damağın açılıp kapanmasının, nazal ses üretimi yoluyla apraksi gibi çeşitli konuşma bozukluklarında tanımlayıcı veya tanılayıcı özellikler göstermesi, çeşitli çalışmalarda araştırılmıştır.

Kurowski ve ark. (2007) nazal ünsüzlerin üretiminin Broca afazilerinde değiştiğini tespit etmiştir. Bu çalışmada alınan akustik ölçümler, nazal ünsüz üretimi için gerekli olan 3 artikülasyon parametresini göstermektedir: zamanlama, konuşma organlarının koordinasyonu ve larenks kontrolü. Zamanlamadan kastedilen, nazal ünsüz üretimindeki murmurun üretimine başlamada ve sonlandırmada doğru bir zamanlamanın olup olmadığıdır. Ayrıca ağız yolunun kapanma ve açılma hareketleriyle yumuşak damağın alçalma ve yükselme hareketleri, konuşma organlarının koordinasyonunu gerektiren durumlardır. Son olarak larenks kontrolünden kastedilen, ötümlülük özelliğinin hem murmurda hem de ünlüde korunmasıdır. Sonuçlara bakıldığında; Broca afazili bireylerde bir kişi hariç (en az hasar gören) hepsinde hem zamanlamada (murmur süresi) hem de ünsüz sonundaki enerjiyi kontrol etmede bozulmalar görülmüştür. Enerjideki bu sorun oral kapanmanın açılmasıyla yumuşak damağın yükselmesi arasındaki koordinasyonun bozulmasından kaynaklanmaktadır; oluşan enerji kaybından dolayı da nazal sesteki diğer sese geçişte şiddet (amplitude) değişikliğinin büyüklüğü azalmaktadır. Ayrıca nazal seslerin üretimi sırasında maksimum şiddet değişikliklerinin artması, larenks kontrolünde de bir bozulmanın olduğunu göstermektedir.

Itoh ve ark. (1979) anterior lezyonu sonucu konuşma apraksisi olan bir hastada, konuşma sırasındaki yumuşak damak hareketlerini incelemiştir. Fiberoskopik gözlem yoluyla yumuşak damak yükseklikleri, konuşma ile eş zamanlı olarak filme alınmıştır ve konuşma apraksisi olan hastada, yumuşak damakta normalde görülmeyen sesletim hareketleri gözlenmiştir. Yumuşak damağın düzensiz açılıp-kapanma hareketlerinin yanında yükseklik ve süre bakımından da farklılıklar gösterdiği bulunmuştur. Örneğin aynı sözcükte bulunan /n/ sesi, süre farklılıklarının yanı sıra yumuşak damağın yükseklik farklılıkları da göstermesi bazen fonetik değişime neden olmuştur (/n/ sesi yerine /d/ sesinin üretilmesi). Apraksili bireyde gözlenen yumuşak damak hareketlerinin ikinci belirgin özelliği ise yumuşak damağın nazal ve nazal-olmayan seslerin üretimi sırasında nötr bir pozisyonda (ne yüksek ne alçak) kalmasıdır.

Itoh ve ark. (1980) aynı hasta üzerinde yaptıkları başka bir çalışmada yumuşak damağın hareketleriyle dil, dudak gibi diğer konuşma organlarının hareketlerini eş zamanlı inceleyerek aralarındaki koordinasyonu araştırmışlardır. Bu konuşma organlarının aralarındaki koordinasyonun bozulması sonucunda bazen /n/ sesi üretiminin /d/ sesine dönüştüğü durumlar gözlenmiştir. Burada da görüldüğü üzere nazal seslerin üretiminde sadece yumuşak damağın açılıp kapanması gibi bir durum söz konusu değildir. Yumuşak damağın açılıp kapanması yanında diğer konuşma organlarıyla yüksek düzeyde koordinasyonu şarttır. Öncelikli olarak sağlanması gereken bu koordinasyonun sağlanmasına rağmen yine de nazal sesin üretiminde bozulmalar görülebilir. Bu durumun bir örneği olarak Katz ve ark. (1990) anterior lezyonu olan afazili bireylerdeki yumuşak damak hareketlerinde kontrol grubuna göre anlamlı derecede çeşitlilik gözlemiştir. Bu bireylerdeki yumuşak damak hareketlerinin zamanlamasında bozulma azdır ve diğer konuşma organlarıyla koordinasyonu nispeten korunmuştur. Fakat yumuşak damağın ilergeri, yukarı-aşağı hareketlerinde normale göre çok değişkenlik görülürken uygun olmayan ortamlarda (nazal sesin olmadığı) yumuşak damağın alçalması da gözlenmiştir.

Yukarıda sözü edilen çalışmalardan da anlaşılacağı üzere nazal seslerin koartikülasyon özelliklerinden kaynaklanan kendine özgü farklılıkları vardır. Motor planlamaya bağlı özellikler, nazal seslerin üretiminde en önemli rolü oynayan yumuşak damağın diğer konuşma organlarıyla olan koordinasyonuna dikkati çekmektedir. Koordinasyonun korunduğu durumlarda da velumun tek başına hareket ranj özellikleri önem kazanmaktadır. Fakat bu durumun tamamen konuşmanın motor (konuşma kaslarının inervasyonunu ilgilendiren) özelliklerine bağlı olduğu da kesin değildir. Buchwold ve Miozzo (2012) afazisi olan bireylerde nazal seslerin üretiminde görülen bozulmaların fonolojik kökenli olabileceğini de hesaba katarak nazal ses üretimlerini incelemiştir. Ağır apraksi özellikleri gösteren bireydeki nazal ses üretim hatalarının motor planlamadan kaynaklandığı görülmüştür.

Nazal seslerin üretimi, literatürde ağırlıklı olarak Broca afazili bireylerde süre gibi temel özellikleri açısından değerlendirilmiştir. Anterior lezyonlar sonucunda gözlenen konuşma apraksisinin eşlik ettiği durumlarda, Broca afazilerinde nazal seslerin üretiminde belirgin farklılıklar görülmektedir. Bu durumun ana nedeni olarak ise nazal seslerin üretimi için gerekli olan velofarengal hareketlerin ve bu hareketlerin diğer konuşma organlarıyla olan koordinasyonunun bozulmasının neden olduğu bulunmuştur.

Nazal sesleri oluşturan mekanizmanın doğru çalışıp çalışmaması çok önemlidir. Velofarengal mekanizmanın solunum, yutma, koku alma gibi fonksiyonları da bulunmaktadır. Ancak velofarengal mekanizması sadece konuşma sesleri üretimi açısından değerlendirildiğinde ve yumuşak damağın nazal geçişi sürekli olarak kapalı tuttuğunda nazal sesler üretilmeyecektir. Sonuç hiponazal bir konuşma olacak ve diğer konuşma seslerini üretmede çok sorun yaşanılmayacaktır. Fakat yumuşak damağın aşağı inerek nazal geçişi sürekli açık bıraktığı durumda nazal sesler üretilirken durak, sürtünmeli, durak-sürtünmeli ünsüzleri gibi pek çok ses üretilmeyecektir. Bu durum anlaşılabilirliği düşürmektedir. Dudak-damak yarığı olan bireyler, bu durumdan en fazla etkilenen kişiler arasındadır.

Dudak-damak yarığının görüldüğü çocuklar doğumdan itibaren velofarengal mekanizmanın çalışmamasından veya yetersiz çalışmasından ve buna bağlı olarak diğer konuşma organlarının çalışma biçimlerinin değişmesinden dolayı farklı fonolojik gelişim göstermektedirler. Dudak-damak yarığı olan bireyler cerrahi müdahale sonucunda velofarengal kapanmayı sağlayabilmektedirler. Fakat cerrahi müdahaleyle nazal geçişin kapanması sağlanamadığında veya hiçbir müdahale yapılmadığı durumlarda, /m/ ve /n/ nazal sesleri; /b/ ve /d/ seslerinin yerine de kullanılmaktadırlar (Kummer, 2008). Bu durum, fonolojik ve artikülasyon gelişiminin yanında anlaşılabilirliğin gelişiminin de bozulması ile sonuçlanmaktadır.

Dudak-damak yarığı olan bireylerde küçük yaşta cerrahi müdahaleyle velofarengal mekanizmanın yeniden işler hale getirilmesi amaçlanır. Fakat her ne kadar velofarengal kapanma sağlansa da bazı konuşma seslerinin üretiminde görülen sorunlar devam etmektedir (Dalston ve ark., 1990). Ayrıca çeşitli derecelerde velofarengal disfonksiyonu olan çocuklarda yapılan bir çalışmada velofarengal kapanma süresi arttıkça diş-ardı ünsüzlerin üretimindeki VOT

(voice onset time) değerinin düştüğü gözlenmiştir (Gaylord, 2006). Nazal yolun, oral yola eşlik etmesi aerodinamik açıdan önemli farklar oluşturmaktadır.

Dudak-damak yarığı olan çocuklarda görölen sorunlardan biri de nazal hava kaçağıdır (nasal emission). Nazal hava kaçağının en belirgin olarak göröldüğü durum ise basınca-duyarlı sesbirimlerin (durak sesleri, sürtünmeli sesler, durak-sürtünmeli sesler) üretimindedir (Chapman, 1991). Çünkü bu seslerin üretiminde ağız-içi basıncın yüksek olması gerekmektedir; bunu sağlamak için de velofarengal kapanma tam olmalıdır. Ünlü seslerin üretiminde benzer bir durum gözlenmez çünkü bu seslerin üretimi için yukarıda sözü edilen ünsüzlerdeki kadar yüksek basınca ihtiyaç duyulmaz. Burada da görölüyor ki nazal seslerin üretimini sağlayan mekanizmanın çalışmaması pek çok ünsüz sesin üretiminde bozulmaya neden olmaktadır.

Foneme özel nazal hava kaçışı (PSNAE – Phoneme Specific Nasal Air Emission); dudak-damak yarığı olan bireylerde görölen farklı bir durumdur. Bu bireylerde velofarengal mekanizmanın sağlıklı çalışmasının yanında anatomik ve fizyolojik yapılar da normaldir. Velofarengal mekanizmanın çalışmasının “yanlış öğrenilmesine bağlı” olarak sadece sürtünmeli ve sürtünmeli-durak seslerde (sibilant sounds) nazal hava kaçağı olmaktadır (Kummer, 2008). Bu bireylerde görölen bu yanlış öğrenme kısa bir terapi süreci sonunda düzeltilebilmektedir. Asıl dikkati çeken nokta ise yumuşak damağın hareketlerinin diğer konuşma organlarıyla alişılmışın dışında ve tam tersi olabilecek koordineli hareketler gösterebilmesidir. Çünkü ağız içi basıncın oluşabilmesi için tam bir velofarengal kapanma, öncelikli şartlardan biridir.

Dudak-damak yarığı olan bireylerdeki asıl sorun nazal ünsüzlerin üretilmemesinde değildir. Sorun nazal ünsüzlerin üretiminden sorumlu velofarengal kapanmayı sağlayıcı mekanizmanın bozulmasıdır. Velofarengal mekanizmanın ne kadar iyi işlediğine dair önemli akustik bilgileri barındırabilecek konuşma sesleri ise yine nazal seslerin kendisidir. Bu nedenle hiçbir konuşma problemi olmayan bir bireyin ürettiği nazal sesler, aynı zamanda normal çalışan bir velofarengal mekanizmaya dair de önemli bilgiler vermektedir.

Konuşma bozukluklarının sıklıkla göröldüğü gruplardan birisi de işitme engellilerdir. Bu grup ile yapılan çalışmalarda da genellikle nazometrik ölçümlerden faydalanılmıştır. Fletcher ve Dally (1976) işitme engellilerin konuşmasında herhangi bir nazallık değişimi olup olmadığını incelemek için işitme kaybı olan bireylerle işitmesi normal bireyleri karşılaştırmıştır ve işitme engellilerin %54’ünde anlamlı derecede yüksek nazalans değerleri ölçölmüştür. Tatchell ve ark. (1991) ise işitme engelli çocuklarda nazalans değerleriyle yaş ve işitme kaybının derecesi arasında bir ilişki bulamamıştır. Dwyer ve ark. (2009) ileri derecede işitme kaybı olan çocuklarda konuşma hızının nazallığı nasıl etkilediğine akustik analiz ile bakılmıştır. Akustik analizde hedef cümledeki bütün ünlülerin birinci, ikinci formant değerleri ile bu formantların bant-geyişliklerine bakılmış ve konuşma hızının artmasıyla ikinci formantın bant-geyişliğinde anlamlı bir azalma bulunmuştur

Bouton ve ark. (2012) Fransızca konuşan koklear-implantlı çocukların konuşma özelliklerini nasıl algılandığını ünsüz özelliklerinin (ötümlölük, biçim, üretim

yeri, nazallık) ve ünlü özelliklerinin (nazallık, yükseklik, önde-arkada olma) ayırt edilmesi (discrimination) ve tanınmasıyla (identification) araştırmıştır. Koklear implantlı çocuklarda ünsüz seslerde nazal sesin ve ünsüz üretim yerinin algılanmasının, üretim biçimi ve ötümlülüğe göre; ünlü seslerde ise nazallığın algılanmasının, yükseklik ve önde olma özelliklerine göre daha zor olduğu görülmektedir. Bu durum ayrıca nazallığın işitme yoluyla fark edilebilmesinin, konuşma seslerinin diğer pek çok özelliğinden daha zor ayırt edilebilir bir özellik olduğunu göstermektedir.

Guillot ve ark. (2013) nazal ünsüzlerin algısal gelişimini, işitmesi normal olan ve koklear implant kullanan çocuklarda incelemiş ve bu dinleyici grupları arasında gelişimsel farklılıklar gözlenmiştir. Araştırmada nazal ünsüz ve ünlünün (CV) bulunduğu 4 farklı konuşma parçasının – (a) 50 ms murmur, (b) 25 ms murmur + 25 ms geçiş, (c) 50 ms geçiş, (d) bütün hece – algılanması analiz edilmiştir. Bütün çocuklar 25 ms murmur ve 25 ms geçişin olduğu parçalarda, bütün hecenin dinlendiği durum haricinde daha çok başarılı olmuşlardır. Sonuçta farklı algısal parçaların birlikte olmasının, en güçlü algısal ipuçlarını sunduğu söylenebilir. Koklear implantlı çocuklar ise bütün parçalarda, işitmesi normal olanlardan daha kötü performans göstermişlerdir. Koklear implantlı çocukların nazal sesleri algılamalarının daha zayıf olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarını destekleyen başka çalışmalar da bulunmaktadır. Örneğin, İngilizcede dış-ardı ünsüzlerin (/t, d/) sesletim yeri; bu sesleri takip eden dudaksılların (/p, m/) sesletim yerine asimile olabilmektedir. Skoruppo ve Rosen (2014) işitme engelli çocuklarda bu asimilasyonun algısını araştırmış ve kelime sonundaki asimilasyona karşı duyarlılığın işitme engelli çocuklarda anlamlı bir biçimde azaldığını görmüştür.

Nazal seslerin üretimi nedeniyle oluşan nazalans değeri değişimlerinin, işitme engellilerde normalden farklı olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Ayrıca işitme engelli bireylerde nazal seslerin algılanmasının diğer seslere oranla daha zor olduğu ve nazal seslere olan duyarlılığın azaldığı görülmektedir. Sonuçta işitme engelli bireylerde nazal seslere dair konuşma sesi bozuklukları görülmektedir. Diğer yandan nazal seslerin üretiminin herhangi bir şekilde olumsuz yönde etkilenmesi, sadece nazal seslerin üretiminin bozulduğunu göstermez çünkü bu durum aynı zamanda velofarengal mekanizmanın çalışmasında da sorunlar olduğunu gösterir. Sonuçta hiper-nazalite veya hiponazaliteye bağlı olarak nazal seslerin yanında diğer oral seslerin üretiminde de sorunlar görülebilmektedir.

Nazal Seslerin Akustik Özellikleri

Nazal seslerin spektral analizlerinin yapıldığı ilk çalışmalardan bazıları Fujimura (1962) tarafından yapılmıştır ve nazal sesler açısından günümüzde de başlıca referans gösterilen kaynaklar arasındadır. Fujimura (1962) “analysis by synthesis” yöntemini kullanarak sentetik nazal sesleri üretmiş ve hangi özelliklerinin nazal sesler için önemli olduğunu belirlemiştir. Daha sonra bunları gerçek ses üretimi üzerinden aldığı akustik sonuçlarla karşılaştırmıştır. Fujimura’nın (1962) nazal sesler için bulduğu genel özellikler şunlardır:

- i. Diğer formantlardan belirgin bir şekilde ayrılmış, oldukça düşük frekansta 300Hz seviyesinde nazal murmur olarak adlandırılan ek bir

- formantın olması (bu formantın varlığı ayrıca üzerindeki 600Hz seviyesinde tutarlı bir enerji yokluğuna neden olur),
- ii. Formantlar üzerinde yüksek bir sönüm (damping) etkisinin (artmış bant genişliği ve düşük enerji) varlığı,
 - iii. Yüksek yoğunlukta formantların (ve antiformantın) varlığı,
 - iv. Orta frekans bölgesinde (800-2300Hz) enerjinin yoğunlaştığı belirgin bir formant bölgesinin olmaması.

Nazal seslerde, yaklaşık 250-300 Hz'deki düşük frekans bölgesinde bir formant olması ve 600-700 Hz üzerindeki yüksek frekanslarda zayıf formantların olması diğer çalışmalarla da desteklenmiştir (Fant, 20005; Stevens, 2000a). Bu düşük birinci nazal rezonansın formant geçişlerinde bulunması üretim yerinden bağımsız olarak nazal ses algısı için yeterlidir (Liebermann and Blumstein, 1988). Bu özellikle birlikte orta frekans bölgesinde enerjinin yoğunlaştığı belirgin bir formant bölgesinin olmaması özelliği, ünlülerin hiçbirinde yoktur. Glass (1984) yaptığı bir çalışmada 200-350 Hz aralığındaki birinci formantın yanında 1000 Hz üzerindeki spektral özelliklerin oldukça sabit olduğunu söylemektedir. Stevens (2000b) düşük frekanstaki birinci formanttan sonra 1000 Hz'e yakın bir bölgede başka bir rezonans bölgesinin daha bulunduğunu ve bu rezonans bölgesinin nazal sesi takip eden ünlüye de taşındığından bahsetmektedir. Ayrıca her zaman görülmesi de 2200 Hz'e yakın bir bölgede zayıf bir rezonans bölgesinin olduğundan söz edilmiştir (Fant, 2005). Bazen 1000 Hz seviyesinde zayıf bir formant görülebilmektedir (Glass, 1984). Örneğin, ünlü bağlamında, nazal seslerin 2. formantı ön-ünlülerle birlikte çok daha yüksek bir frekans seviyesindedir (Harding ve Meyer, 2003). Nazal sesler diğer konuşma seslerinden ayıran başlıca özelliklerden olması nedeniyle ilk üç nazal rezonans bölgesi bu çalışmada ölçülmüştür.

Nazal seslerin diğer bir belirgin özelliği ise anti-formantların varlığıdır. Anti-formantlar buldukları frekans bölgesindeki akustik enerjiyi ortadan kaldırırlar. Nazal yolun açık olduğu sürede oral yolun kapalı olması nedeniyle üretilen sese göre büyüklüğü değişen ağız boşluğu, anti-formantların oluşmasına neden olur. Fujimura (1962) anti-formantların /m/ için 750-1250Hz arasında; /n/ için 1450-2200 arasında; /ŋ/ için 3000Hz üzerinde görüleceğini belirtmiştir. Steven (2000) anti-formantların üretim yerine göre değiştiğini ifade eder. Bu çalışmada anti-formantlar için bir ölçüm alınmamış ancak spektral görüntüler üzerinden olası anti-formant bölgeleri ayrıca incelenmiştir.

Nazal ünsüzler, anti-formantın frekans bölgelerinin farkından yararlanılarak ayrılabilir. Basit bir hesaplamayla oral boşluk uzunluğu 8 cm olarak kabul edilirse burada oluşacak en büyük formant değeri yaklaşık 1000 Hz civarındadır; oral boşluk kapandığında ve nazal boşluk açıldığında bu frekans anti-formant olacaktır. /n/ için 5 cm alınırsa 1750 Hz; /ŋ/ için ise 3 cm alınırsa yaklaşık 3000 Hz'de bir anti-formant görülecektir. /n/ sesinin üretiminde oral boşluğun aldığı şekil ön kısımda daraldığı için (wedge shape) daha fazla enerji kaybına neden olmaktadır; bu nedenle anti-formantın bant genişliği daha büyüktür (Fujimura, 1962). Ayrıca nazal sesi bir ön ünlü takip ettiğinde anti-formantın frekans değeri de artmaktadır (Fujimura, 1962). Ön ünlüde oral boşluk daraldığı ve dil öne

geldiği için oral boşluğun boyunu kısaltacak ve anti-formant daha yüksek frekanslarda görülebilecektir.

Formant ve anti-formant bölgelerinde bir sönüm etkisi (damping effect) olmakta; sonuçta frekans bölgeleri değişebilmektedir (Fujimura, 1962). Bu sönüm etkisi nazal boşluğun yapısından kaynaklanmaktadır. Nazal boşluk gerçekte iki ayrı tüpten oluşmakta ve bu tüplerin her birinin iç yüzeyi konkalar nedeniyle değişmektedir. Bu iki tüpün simetrik olmadığı durumlarda yüksek frekanslarda ek formant ve anti-formant bölgeleri oluşabilir (Fujimura, 1962). Burun boşluğundaki dokuların geniş yüzey alanları ve pek çok rezonans bölgesi, üretilen sesin spektral tepe noktalarını düşürmekte ve bant-genişliklerini arttırmaktadır. Bu nedenle nazal sesler çevrelerindeki ünlülerden daha düşük enerji seviyelerine sahip olmaktadır.

Nazal seslerin akustik analizinde görülen oldukça karmaşık rezonans ve anti-rezonans bölgelerini etkileyen pek çok faktörden birisi de nazal boşluğa açılan sinüslerdir. Lindqvist-Gauffin ve Sundberg (1972) özellikle frontal ve maksiller sinüslerin nazal rezonanslara etkilerini analiz etmiştir. Bu sinüslerin burun boşluğuna açıldıkları kanallarla birlikte birer Helmholtz rezonatörü gibi davrandıkları varsayılmış ve frontal sinüs için tahmini 500 Hz ile 2 kHz arasında; maksiller sinüs için 200 ila 800 Hz aralığında rezonans oluşturabilecekleri hesaplanmıştır. Etmoid sinüs gibi başka rezonatör bölgelerinin de burun boşluğunda bulunduğu göz önüne alındığında, nazal rezonansların bu kadar karmaşık olması ve sönüm etkisi daha iyi anlaşılmaktadır.

Nazal sesler ve bu nazal seslerin yanlarında bulunan ünlülerin ortalama şiddet değerleri birbirinden farklı bulunmuştur (Glass, 1984). Nazal seslerin şiddeti tutarlı bir şekilde yanındaki ünlüden daha azdır. Bu duruma nazal seslerin 2. ve 3. formant bölgelerinde bulunan anti-formantın etkileri yanı sıra burun boşluğunun yarattığı sönüm etkisi neden olmaktadır (Glass, 1984; Harding ve Meyer, 2003; Fujimura, 1962). Glass (1984) bu şiddet farkının ünlünün üretim yerine göre oldukça az değişkenlik gösterdiğini ve en büyük farklılığın alçak-arka ünlülerle (11 dB fark) yüksek-ön ünlüler (7 dB) arasında olduğunu belirtmiştir. Alçak-arka ünlülerin daha yüksek şiddete sahip olması bu durumun muhtemel nedeni olarak gösterilmiştir. Her ne kadar Glass (1984), nazal sesler ile komşu ünlüler arasında bir şiddet farkı olduğunu görse de bu şiddet farkı, farklı nazal sesler için de benzerdir. Fakat nazal seslerin spektral analizi yapıldığında bu şiddet farklarının farklı nazal sesler için farklı frekanslarda yoğunlaştığı görülmektedir.

Kurowski ve Blumstein (1987), nazal seslerin çevresindeki ünlülerden belirgin şekilde daha az enerji taşımlarından yola çıkarak iki farklı frekans aralığındaki enerjileri ölçmüşlerdir (Bark 5-7: 395-770Hz arası; Bark 11-14: 1265-2310Hz arası). Bu bantlardaki enerjilerin dudaksıl ve dış-ardı nazallarını %89 oranında ayırt edebildiğini bulmuşlardır. Daha sonraki çalışmalarda da nazal sesleri belirlemede bu parametrelerin etkili olduğu görülmüştür (Narayan, 2007; Kurowski ve Blumstein, 2007). Nazal rezonanstaki ünlüye geçişteki spektral değişimler analiz edildiğinde özellikle Bark 5-7 bölgesinde dudaksıl nazallardan, Bark 11-14 bölgesinde ise dış-ardı nazallardan ünlüye geçerken belirgin bir şekilde enerji değişimi gözlenmektedir. Bu frekans bölgeleri ayrıca anti-formantlar için belirtilen frekans bölgeleriyle tutarlıdır. Araştırmacılar, nazal

seslerin enerji değişimlerinin farklı frekanslarda olmasına dayalı bu analiz yöntemini farklı sözcük-hece konumlarında denemişler ve ayırım oranının düştüğünü görmüşlerdir. Bu bulgular nazal seslerin bazı özelliklerinin, farklı sözcük-hece konumlarında değişebildiğine işaret etmektedir.

Pek çok diğer ünsüzde olduğu gibi formant geçişlerinin nazal seslerin üretim yerini, nazal murmurun ise sesletim biçimini belirleyen ana faktör olduğu düşünölmektedir. Ancak, nazal seslerin sesletim yerinin algısal olarak belirlenmesinde nazal murmurun, formant geçişleri kadar etkili olduğu görölmüştür (Kurowski ve Blumstein, 1984; Malecot, 1956; Ohde, 1994). Nazal seslerin üretim yerinin farklı ünlülerde doğru algılanmasında nazal murmur en az formant geçişleri kadar etkilidir. Ancak ikisi de tek başına yeterli değildir. Farklı ünlü ortamları gibi farklı bağlamlarda nazal murmurun ve formant geçişlerinin üretim yerini doğru algılamadaki etkililiği değişse de ikisi birlikteyken bağlam farklılıkları görölmemekte; bu nedenle de en doğru algıyı ikisi birlikteyken oluşturmaktadır (Kurowski ve Blumstein, 1984).

Malecot'un (1956) çalışmasında formant geçişlerinin silinmesiyle nazal seslerin üretim yerini algılamada ciddi bir düşüş yaşandığı görölmüş ancak özellikle sözcük sonunda nazal rezonansın algısal rolü olduğu görölmüştür. Ohde'nin 1994'deki çalışmasında da nazal murmurun, sesletim yerini belirlemede etkili olduğu görölmüştür. Bu nedenle nazal rezonans sadece sesletim biçimini belirleyen akustik bilgi değildir.

Harding ve Meyer (2003) sentezlenmiş ünlü ve nazal heceleri kullanarak ünlü formant frekanslarının algıda ne kadar etkili olduğunu incelemiştir. Bu çalışmada ünlü sesin nazal sesi takip ettiği durumda ünlü sesin sadece F2 formantını değiştirmişler ve F2 değeri arttıkça nazal algısının /m/ sesinden /n/ sesine değiştiniğini gözlemlemişlerdir. Nazal ses ile formant geçişleri uyumlu olmadığında ise hangi nazal sesin algılandığını belirleyen etkenin, formant geçişleri olduğunu bulmuşlardır. Ünlü sestem nazala geçişi gösteren F2 formant frekansı ve değişimi, algıda belirleyici etken olarak görölmektedir fakat sentetik nazal seslerin anti-rezonanslarının olmaması gibi etkenler unutulmamalıdır.

Hece başlarında bulunan nazal seslerin karakteristik özelliklerinin, aynı sesletim yerinden olan durak sesleriyle (homorganik oral eşlenikleriyle) benzer olduğu literatürde belirtilmiştir (Delattre ve ark. 1995; Stevens, 2000a; Narayan, 2008; Hon, 2003). Çift-dudak nazal seslerinden ve durak seslerinden ünlüye geçişteki F2 başlangıç değerleri, diğerlerine göre çok daha düşüktür. Diş-ardı nazal seslerde ise F2 frekansı daha yüksektir; art-damak için F2 frekansı ünlü bağlamına göre değişkenlik gösterir (Hon, 2003). Art-damak nazal sesin hece başındaki akustik özellikleri /g/ sesi ile benzerdir; ünlüye geçişteki F2 değerleri diş-ardı seslerdekine benzer fakat F3 değerleri diş-ardındakinden düşüktür (Narayan, 2008). F3 frekansları ünlü ortamına göre çok fazla değişkenlik gösterdiğinden analiz edilmeleri oldukça zordur; F2 frekansları ise hem sabit durum frekansı bölgeleri için hem de formant geçişleri için daha güvenilir analiz imkanı sunmaktadır (Hon, 2003). Bu nedenlerden ötürü bu çalışmada nazal sestem ünlüye geçişteki formant başlangıç değerleri ölçölmüştür.

Kurowski ve Blumstein (1984) nazal seslerin algısal özelliklerini araştırırken nazal seslerin süre, temel frekans ve şiddet farklarını farklı nazal seslerde

karşılaştırmış fakat bu parametreler arasında sistemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. Stevens'ın (2000a) nazal sesler ile aynı üretim yerine sahip durak seslerinin oldukça benzer olduğunu açıklaması; farklı dillerde VOT değerleri arasında farklılıkların olması gibi nazal seslerin süreleri arasında da farklılıkların görülebileceğine işaret etmektedir. Nazal seslerle ilgili başka bir çalışmada nazal sesin süresinin nazal sesleri ayırt etmede etkili olduğu fakat bu etkinin çok az olduğu görülmüştür (Narayan, 2008). Algısal yönden ise bu akustik bilginin nazal sesleri ayırt etmede kullanılıp kullanılmadığı bilinmemektedir. Özellikle sözcük sonunda nazal rezonansın belli bir algısal rolü olduğunun görülmesi; farklı sözcük-hece ortamlarında nazal seslerin özelliklerinin değişebildiğini göstermektedir (Malecot, 1956). Bu değişen özelliklerden birisinin de nazal rezonansın süresinin olabileceği düşünülmüştür. Bu çalışmada da nazal seslerin süreleri farklı bağlamlarda ölçülmüştür.

GEREÇ ve YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Türkçedeki nazal seslerin akustik özelliklerini betimleyici bir araştırma modeli kullanılmıştır.

Katılımcılar

Bu çalışmanın katılımcıları Anadolu Üniversitesinde okuyan lisans öğrencilerinden oluşmaktadır. 19-21 (ortalama 20) yaşlarında 3 erkek 3 kadın katılımcı çalışmada yer almıştır. Katılımcıların ana dilleri Türkçe olup tek dillilerdir. Ayrıca, katılımcılar evde Türkçeden başka bir dil konuşmadığını ve yurt dışında yaşamadıklarını belirtmişlerdir. Katılımcılar uzman bir dil ve konuşma terapisti tarafından değerlendirilmiş ve herhangi bir dil ve konuşma bozukluğu olmadığı saptanmıştır. Katılımcıların baş-boyun bölgesinden herhangi bir operasyon geçirip geçirmediğine dair bilgileri alınmıştır çünkü katılımcı olarak kabul edilmeye bu bir etken olarak görülmüştür. Katılımcıların hiçbirinin sesbilim (fonetik) ve sesbilgisi (fonoloji) alanlarıyla ilgili bilgilerinin olmamalarına dikkat edilmiştir.

Veri Toplama Araçları

Bu çalışmada içinde /m/ ve /n/ sesleri bulunan sözcükler hedef sözcükler olarak belirlenmiştir. Hedef sözcükler için Türk Dil Kurumu'na ait 75000 sözcüklük Büyük Türkçe Sözlük taranmış ve araştırmanın amacına uygun olan sözcükler seçilmiştir. Hedef sözcüklerin seçiminde kullanılan kriterler aşağıda belirtilmiştir.

Hedef sözcükler, /m/ ve /n/ seslerini, SBHB (Sözcük-Başı-Hece-Başı), SİHB (Sözcük-İçi-Hece-Başı), SİHB (Sözcük-İçi-Hece-Sonu) ve SSHS (Sözcük-Sonu-Hece-Sonu) pozisyonlarında ve /ı/, /e/, /y/, /a/, /ö/, /u/ ünlü ortamlarında içeren sözcüklerden oluşturulmuştur. Ünlünün nazal seslere olası etkisini önlemek için /m/ ve /n/ seslerinin hemen öncesindeki ve sonrasındaki ünlünün aynı olmasına dikkat edilmiştir. Türkçede son hecede /o/ ve /œ/ ünlülerin bulunmaması/kısıtlı olarak bulunması nedeniyle bu ünlü ortamları hedef sözcük listesine dahil edilmemiştir.

Moll ve Daniloff'un (1971), Ushisima ve Sawasima'nın (1972) çalışmalarında, nazal sesin çevresinde durak veya sürtünmeli bir ses olduğunda velumun açılıp kapanma zamanlaması açısından da benzer etkiye neden oldukları görülmüştür. Bu ve daha önceki çalışmaların verdiği bilgilere dayanarak seçilen hedef sözcüklerdeki nazal sesin çevresinde ötümlü/ötümsüz durak/sürtünmeli seslerin bulunmasına dikkat edilmiştir. Böylece velumun açılıp-kapanma zamanlaması ve yükseklik pozisyonları açısından olabildiğince homojenlik sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca, nazal sesin çevresinde akıcı veya kayıcı ses olduğu bazı durumlarda velumun kapanmadığı gözlemlendiği için bu sesleri içeren sözcükler seçilmemiştir.

Nazal sesin SİHS pozisyonunda olduğu durumda nazal sesi bir ünsüz ses takip etmektedir. Sesletim yeri açısından homojenliğin sağlanması için bu ünsüz sesin nazal sesle aynı sesletim yerine sahip olan bir ses olmasına dikkat edilmiştir. Çünkü nazal ses, ardından gelen sesin üretim yerinden etkilenmektedir (Hon, 2013; Kopkallı-Yavuz, 2010). Yukarıdaki sözü edilen çalışmalar çerçevesinde

nazaldan sonra gelen sesin ötümlü/ötümsüz durak/sürtünmeli sesi olabileceği çıkarımı yapılmıştır. Bu çalışmada ise /m/ sesini takiben /b/ sesi; /n/ sesini takiben /d/ sesi seçilmiştir. Bugüne dek yapılan çalışmalar, aleyhine bir etken olduğunu göstermediği için /b/ ve /d/ yerine ötümsüz eşleri /p/ ve /t/ sesleri de kullanılabilirdi. Ancak ötümlü seslerin ötümlü sürekliliği sağlaması açısından daha uygun olacağı düşünülmüştür.

Özetle, hedef sözcüklerin seçimi aşağıdaki kriterler göre yapılmıştır:

- i. Nazal seslerin her sözcük konumundaki özelliklerinden veriler toplanacağı için seçilen sözcüklerde nazal sesler; sözcük-başı için NV-CVC, sözcük-içi-hece-başı için CV-NVC, sözcük-içi-hece-sonu için CVN-CV, sözcük-sonu için CV-CVN hece yapılarında olacak şekilde dağılım göstermektedir.
- ii. İki heceli hedef sözcüklerin ilk ve ikinci hecesindeki ünlü aynıdır ve Türkçedeki /a, e, u, ı, o, y/ ünlüleri kullanılmıştır.
- iii. Sözcük-içi-hece-sonu (CVN-CV) durumuna özel olarak nazal sesi takip eden ünsüz daima aynı üretim yerine sahip olan ötümlü-durak ünsüzü olmuştur; /m/ sesini /b/ sesi ve /n/ sesini de /d/ sesi takip etmektedir.
- iv. Seçilen sözcüklerdeki nazal ses haricindeki diğer ünsüz sesler daima ötümlü/ötümsüz durak/sürtünmeli ünsüz sesler olmuştur. Nazal sesin sözcük-başı, sözcük-sonundaki ünsüz ve nazal sesin sözcük-sonu ve sözcük-başındaki ünsüz olduğu durumlarda istisnalar olmuştur. Bunun nedeni nazal sesteki 4 ses uzaklıktaki bu ünsüzün nazala etkisi olmayacağı düşünülmüş ve anlamlı sözcük olmasını sağlaması nedeniyle diğer akıcı, kayıcı, durak-sürtünmeli ünsüzler içinden seçilmiştir.
- v. Sözcük-Başı için **NV-CVC**; Sözcük-İçi-Hece-Başı için **CV-NVC** biçiminde olmasının yanında koyu harflerle yazılan heceler, içerdiği sesler ve seslerin sıralaması açısından tamamen aynıdır (örnek; **MA-KAS** → **HA-MAK**). Sözcük-İçi-Hece-Sonu için **CVN-CV**, Sözcük-Sonu için **CV-CVN** verilen hece yapılarında da koyu harflerle yazılan heceler tamamen aynıdır (örnek; **PAN-DA** → **SA-PAN**).

Yukarıda belirtilen kriterlere uygun anlamlı sözcük bulunamadığı durumlarda Türkçenin hece yapısına ve sesbilgisi kurallarına uyan anlamsız sözcükler de oluşturulmuştur.

Bu çalışmada her sözcük ve ünlü ortamı için 2 farklı sözcük dahil edilmiş ve böylece /m/ ve /n/ sesleri için 48 sözcükten toplamda 96 hedef sözcük seçilmiştir. Çalışmanın nazal sesler üzerine odaklandığını gizlemek amacıyla 24 adet çeldirici sözcükler eklenmiştir. (Çalışmanın amacını gizlemenin nedeni, katılımcıların incelenecek sesleri normal konuşmadan daha fazla vurgulamalarını önlemektir.) Çeldirici sözcüklerin hepsi anlamlı olup günlük hayatta kullanılan Türkçe sözcükler içinden seçilmiştir. Çeldirici sözcüklerin hedef sözcükler ile aynı hece sayısı ve aynı hece yapılarında olmalarına özen gösterilmiştir. Çeldirici sözcükler hece yapıları bakımından hedef sözcüklerdekine benzer oranda olmasının yanında /o/ ve /ö/ ünlü seslerini içermesi açısından da belirleyici özelliklere sahiptir. Çeldiriciler bir sözcük haricinde nazal ses içermemekte ve böylece katılımcıların çalışmanın amacını anlamalarını engellemektedir.

Günlük hayattaki sesletime en yakın sesletimi sağlama amacıyla sözcükler “Okulda ----- açıklandı.” taşıyıcı cümle içerisine yerleştirilmiştir. Taşıyıcı cümledeki seçil bağlamı sabit tutmak amacıyla ortadaki hedef sözcüğün öncesinde ve sonrasında sadece ve daima /Λ/ sesi bulunmaktadır. Ayrıca /Λ/ seslerinden önce gelen ve takip eden sesler /d/ ve /f/ ünsüzleri olan durak ve durak sürtünmeli seslerdir. Bunun nedeni ise yumuşak damağın açılma-kapanma hareketinin tutarlılığı ve homojenliği sürdürmektir.

96 hedef ve 24 çeldirici sözcükten oluşan 120 sözcüklü bir liste hazırlanmıştır. Bu listenin rastlantısal olarak karıştırılmasıyla 7 farklı liste oluşturulmuştur. Bu listeler ayrı sayfalara 4 sütun ve 30 sıra halinde sıralanmanın yanında her sayfa başında liste numarası ve taşıyıcı cümle belirgin bir şekilde yazılmıştır. Listelerdeki ilk ve son iki kelimenin yanında her sütun sonunun ve aralardaki sütun başlarının da en az bir çeldirici sözcük içermesine dikkat edilmiştir. Bu uyarılama için rastgele dağılım sağlandıktan sonra bu zorunlu pozisyonlara en yakın çeldirici sözcükler kaydırılmıştır.

Bütün katılımcıların 2., 3. ve 4. listelerinden alınan ses kayıtları analiz edilmiştir. Toplamda 2 nazal ses x 6 ünlü x 4 pozisyon x 2 hedef sözcük x 3 tekrar x 6 katılımcıdan toplam 1728 kelimedeki nazal ses incelenmiştir.

Ses Kayıtlarının Alınma Prosedürü

Kayıt öncesinde katılımcılara öncelikle ‘Katılımcı Bilgi Formu’ doldurtulmuş ve çalışmaya katılım kriterlerini taşıyıp taşımadıkları belirlenmiştir (EK-5). Ardından katılımcılara ‘Katılımcı Onam Formu’ doldurtularak çalışmaya katılım koşullarını kabul ettikleri ve çalışma hakkında bilgilendirildikleri teyit edilmiştir (EK-4). Katılımcılardan listeleri sırayla okumaları istenmiştir. Her liste değişiminde kısa aralar verilmiş ve bu araların süreleri katılımcıların ihtiyaçları doğrultusunda ayarlanmıştır. Katılımcılardan listelerde yer alan sözcükleri taşıyıcı cümle içinde normal konuşmalarındaki hız ve tonda okumaları istenmiştir. Hata yaptıklarında sadece hata yaptıkları sözcüğü tekrar etmek yerine cümleyi en baştan tekrar etmeleri istenmiş ve istedikleri zaman ara verebilecekleri belirtilmiştir.

Araştırmanın verileri Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Dil ve Konuşma Bozuklukları Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezi’ndeki sessiz bir odada KayPentax Computerized Speech Lab (CSL) Model 4500, Shure SM48 (dynamic ve cardioid) mikrofon kullanılarak IBMA40 P Interl masaüstü bilgisayarına kaydedilmiştir. Mikrofon-ağız mesafesi 8-10 cm olarak belirlenmiş ve mikrofon 45°’lik açıyla sandalyede oturan katılımcının tam olarak karşısına yerleştirilmiştir. Ses kayıtları 11.025 Hz’de ve 24 bits çözünürlükte örneklenecek wav ses dosyası formatında bilgisayara kaydedilmiştir. Bilgisayar kasasından gelebilecek gürültülerin en aza indirilmesi amacıyla bilgisayar kasası mikrofonun tam olarak 180° hizasına ve mikrofonun üzerinde bulunduğu masanın arkasına koyulmuştur. Kayıt sırasında odada sadece katılımcı ve araştırmacı bulunmuştur.

Akustik Ölçümler

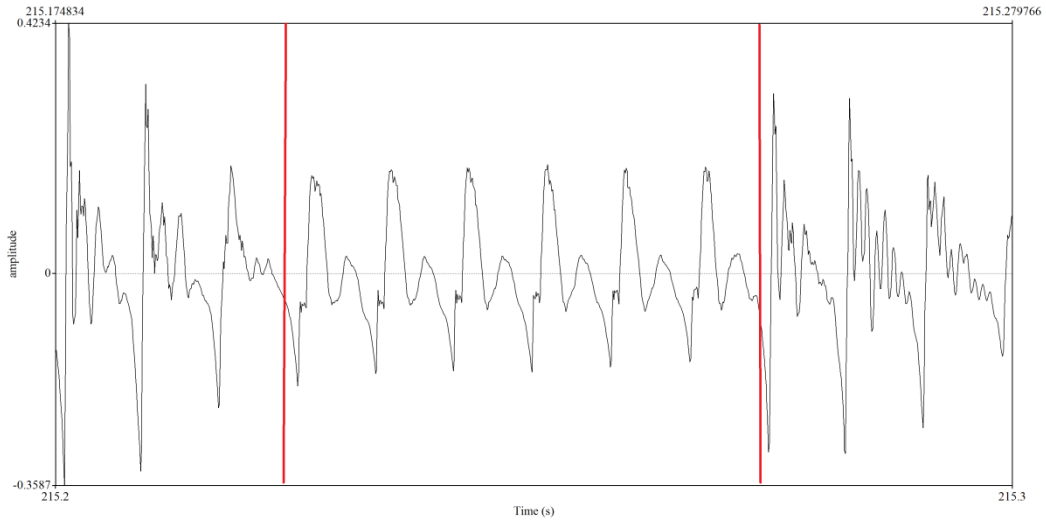
Bu çalışmada ölçülen parametreleri şunlardır:

- i. Nazal seslerin süreleri,
- ii. Nazal rezonanslar (NR1, NR2, NR3),
- iii. Nazal sesle ünlü geçişi arasındaki F1, F2, F3 formant başlangıç değerleri.

Kaydedilen ses dosyalarının analiziyle alınan bütün ölçümler Praat (5.4.03) ses analiz programı ile analiz edilmiştir (Boersma ve Weenink, 2014).

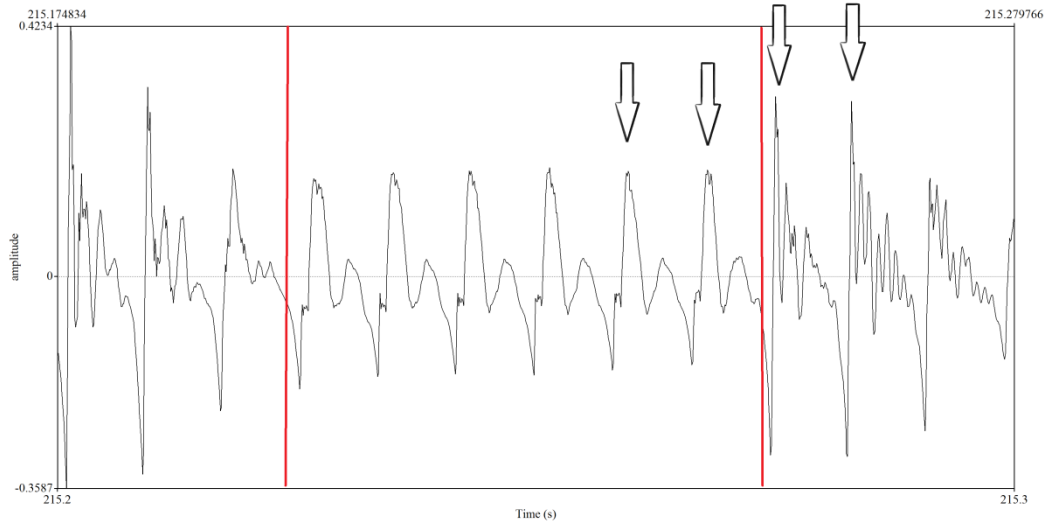
Nazal Seslerin Sürelerinin Ölçümü

Nazal ses sürelerinin bitim ve başlangıç noktalarını belirlemede (nazal rezonanstaki ünlüye ve ünlüden nazal rezonansa geçiş noktasını belirlemede) Kurowski ve Blumstein'in 1984 ve 1987 yıllarında yaptıkları çalışmalarda kullandıkları yöntem kullanılmıştır. Nazalın başlama ve bitim noktaları konuşma dalga formu üzerinden gözlenerek belirlenmektedir (**Şekil 3**). Bu durumun nedeni ise oldukça sade görünümlü dalga kalitesi olan nazal dalga formlarının bitip, yüksek frekanslı dalga formlarının başlamasının, kendine özgü bir görünümünün bulunmasıdır (**Şekil 3**).

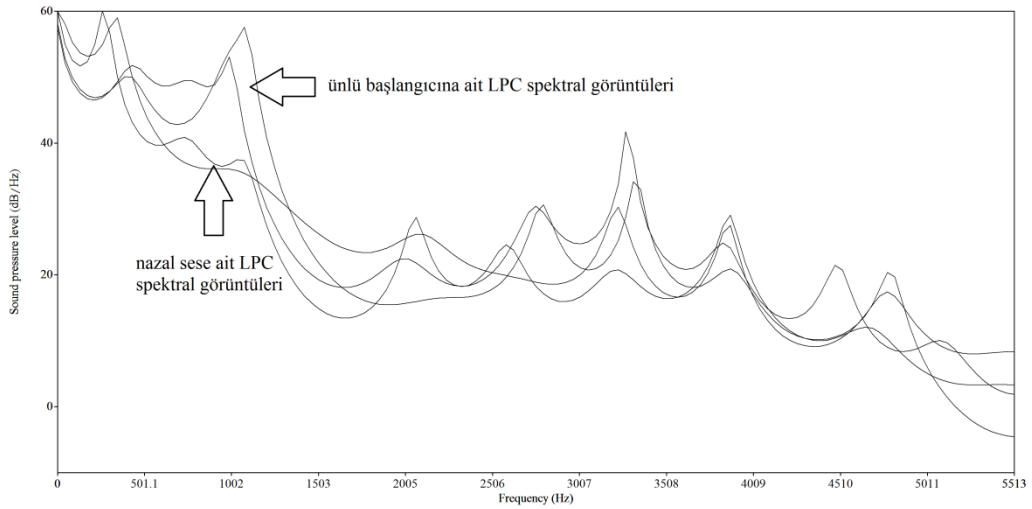


Şekil 3. /hAMAK/ sözcüğündeki nazal sesin başlangıç-bitim noktalarının belirlenmesi

Görsel analizin yanında nazal sesin başlangıç ve bitim noktalarını bulmada bir belirsizlik yaşandığında yine Kurowski ve Blumstein'in 1984 ve 1987 yıllarında yaptıkları çalışmalarda kullandıkları yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemde nazal-ünlü geçişi arasında değişim noktası olduğu düşünülen bölgenin (discontinuity pulse); öncesindeki ve sonrasındaki birkaç glottal pulse" öncelikle ayrı ayrı analiz edilmiştir (**Şekil 4**). Kişilerin temel frekans (pitch pulse) periyotları uzunluğundaki Gaussian Window kullanılarak FFT (Fast Fourier Transformantion) ve LPC analizi (LPC smoothing, prediction order 10, pre-emphasis 50Hz) yardımıyla analiz edilen bu tam periyotluk ses dalgaları daha sonra birlikte görüntülenmiştir. Çünkü oluşturulan spektral görüntülerde, değişim noktasının birkaç pulse öncesinden ve sonrasından alınan spektral görüntüler farklı gruplar oluşturmaktadır (**Şekil 5**). Değişim noktasının spektral görüntüsü ise bu iki ayrı gruptan ya belirgin şekilde farklı olacak ya da iki gruptan birine katılacaktır. Bu durum, sesleticilerin hareketiyle ses kıvrımlarının açılıp kapanma hareketlerinin arasındaki zaman farklarından doğmaktadır. Bu yöntem, nazal seslerin başlangıç ve bitiş bölgelerini belirlemede sorun yaşandığı durumlarda kullanılmıştır. Nazal ses bölgesini ayırt etmekte yine zorluk yaşandığında analiz edilen ses yedek listelerden alınmıştır.



Şekil 4. /hAMAk/ sözcüğündeki değişim noktası olduğu düşünülen bölgenin öncesindeki ve sonrasındaki 2 şer tam periyotluk ses dalgasının seçimi

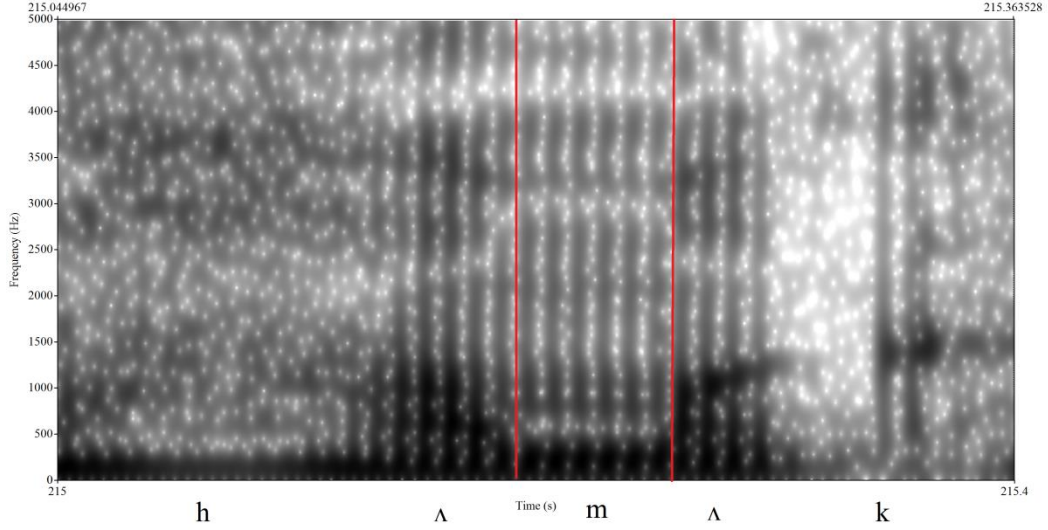


Şekil 5. /hAMAk/ sözcüğündeki nazal ses ile ünlü arasındaki değişim noktasının spektral yöntemle belirlenmesi (geçiş bölgesinin hemen öncesindeki ve sonrasındaki ses dalgasının iki glottal pulse spektral görüntüsü)

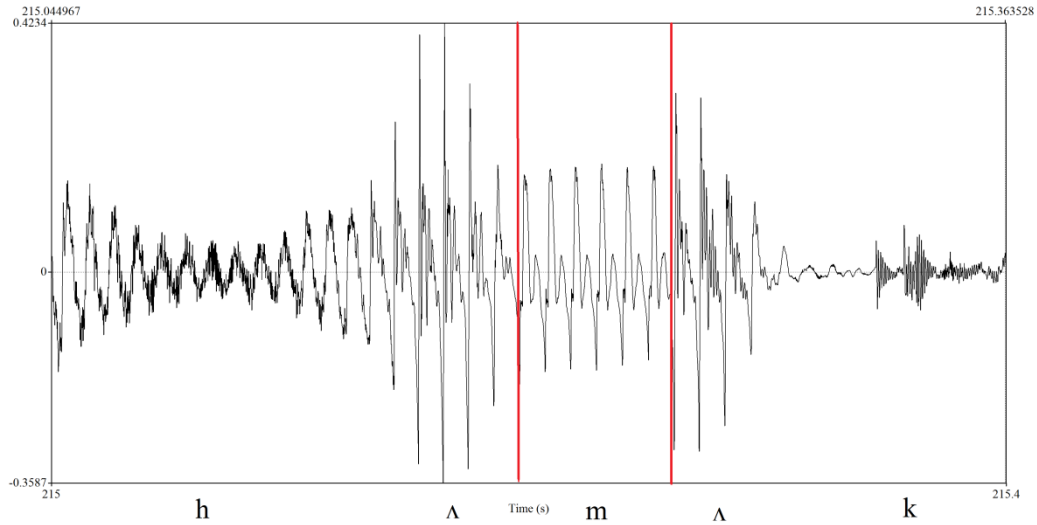
Nazal Rezonansların Ölçümü

Nazal sesin üretimi sırasında oral yolun kapalı olduğu süre boyunca sesleticilerin hareketleri kısıtlanmış olduğu için rezonansın bu süre boyunca sabit bir görüntü vermesi gerekir. Nazal murmurun üretimi sırasında gerçekten böyle bir görüntü bulunmaktadır (Şekil 6 ve Şekil 7). Bu kapanmanın olduğu süre boyunca, ani değişimler göstermeyen bir spektrogram görüntüsünün üzerinde; uzun bir Gaussian Window alınması spektral çözünürlüğü yeterli bir detayda verecektir. Kapanma süresi içinde zaman çözünürlüğünün yüksek olması gerekmediği için spektrogramlarda gözlenen zaman-frekans çözünürlüklerinin ters orantılı olmasından kaynaklanan sorunlar gözlenmeyecektir. Bu yöntemin temel dayanağı, nazal sesin üretimi sırasında oral yolun kapalı olduğu bölgede formantları değişmeyen bir spektrogram görüntüsünün olmasıdır. Diğer önemli nokta ise

nazal rezonans bölgesinin başlangıç ve bitiş bölgelerinin belirlenmesidir. Ayrıca, nazal formantların belirlenmesinde de diğer formant belirleme prosedürlerinde de yüksek frekansların görüntü iyileştirilmesi (pre-emphasis) kullanılmamış ve gerektiğinde maksimum enerji farkları aralığı (dynamic range) artırılarak görüntü iyileştirilmesi yapılmıştır.



Şekil 6. /hΛmΛk/ sözcüğünün spektrogram görüntüsü ve ortadaki nazal ses (murmur) bölgesi

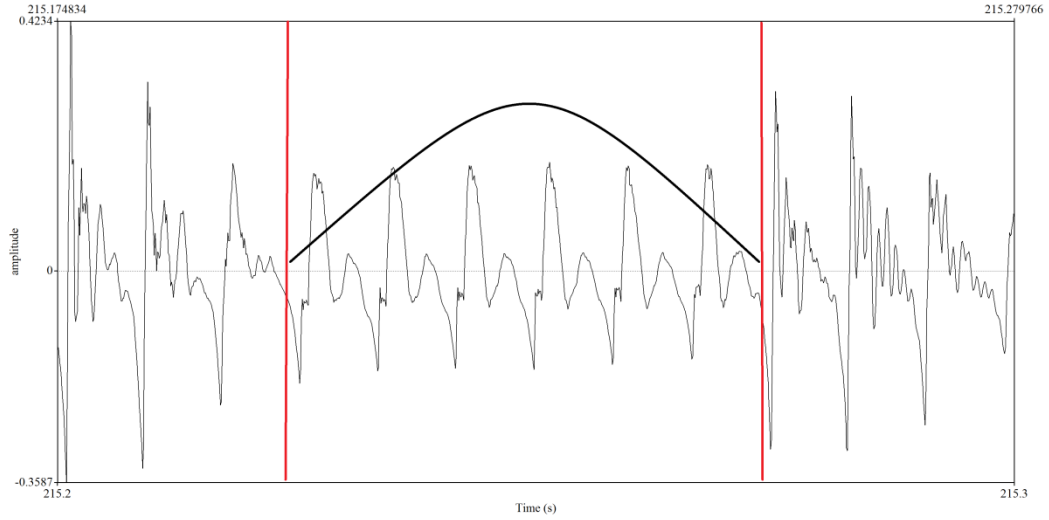


Şekil 7. /hΛmΛk/ sözcüğünün ses dalgası görüntüsü ve ortadaki nazal ses (murmur) bölgesi

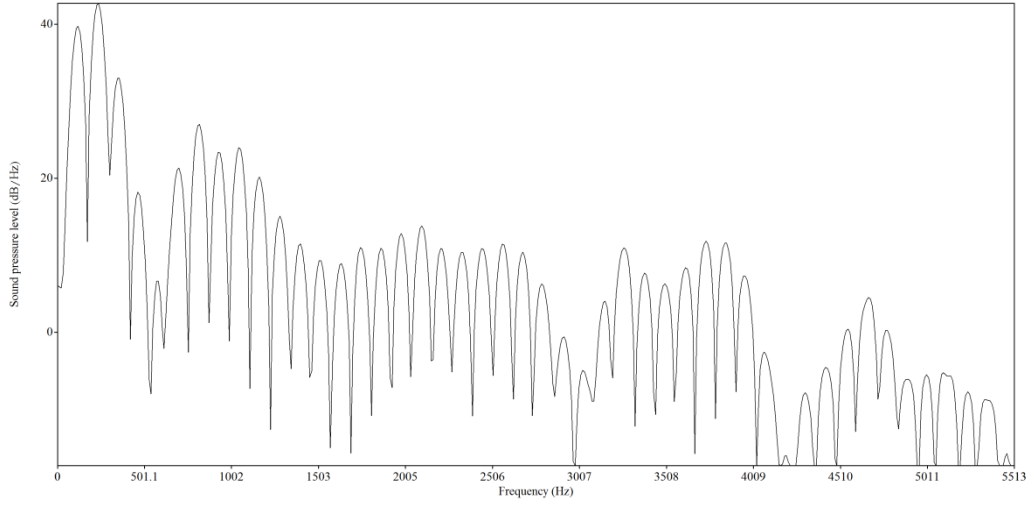
Ölçümlerin temelde nasıl yapılacağı Dickson'ın (1961) çalışmasında kullandığı yöntemeye dayanmaktadır. Formantlar, genel olarak spektrogramlardan elde edilen spektral görüntülerde harmonik yapıların çözümlenmesine dayanır. Bu noktada oluşan formantların konuşma düzeneğindeki yapıların rezonans faktörlerini yansıttığı unutulmamalıdır. Dickson'ın (1961) ifade ettiği gibi, formant frekanslarını belirtecek birden çok harmonik görüntüsü olacaktır. Bu durumda formant frekansı olarak en güçlü harmoniğin ya da aralarındaki ortalama frekansın alınmasına dair farklı görüşler bulunmaktadır. Harmonik çözümlemenin 45Hz'e kadar artırılması (narrow-band) ile elde edilecek harmonikler ise algı kapasitesini

aşan bir durum olarak görülmüştür (Dickson, 1961). Ancak spektrogramdan alınan spektral görüntüler, ne kadar narrow-band spektral görüntülere yaklaşırsa, harmoniklerin çözülmesi o kadar azalacak ve genel bir konuşma düzeneği rezonans görüntüsü oluşacaktır.

Nazal rezonansların belirlenmesinde daha çok Hon'un (2003) çalışmasında kullandığı yöntem yol gösterici olmuştur. Nazal rezonansların ölçümünde Gaussian Window ile ses dosyasında alınan bölgenin FFT (Fast Fourier Transformation) analizinden elde edilen veriler kullanılmıştır. Öncelikle Gaussian Window uzunluğu olarak nazal sesin üretimi için oral yolun kapalı ve nazal yolun açık olduğu süre olan nazal sesin uzunluğu olarak belirlenmiştir. **Şekil 8**'de görüldüğü gibi başlangıç ve bitiş noktaları belirlenen nazal sesin olduğu bölgeyi kapsayacak biçimde Gaussian Window yerleştirilmiştir. Gaussian Window ile nazal sesin FFT spektrumu alınmıştır (**Şekil 9**). Daha sonra FFT spektrumu "cepstral smoothing" (ağırlıklandırılması 500Hz) yöntemiyle ortalaması alınmıştır.

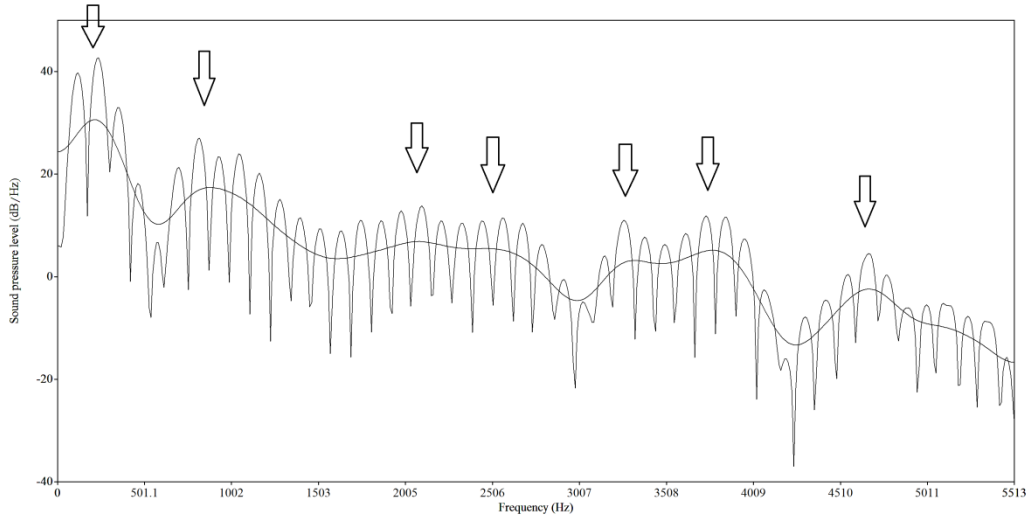


Şekil 8. /hAMAK/ sözcüğünün ortadaki nazal ses bölgesine, süre olarak aynı uzunluktaki Gaussian Window uygulanması

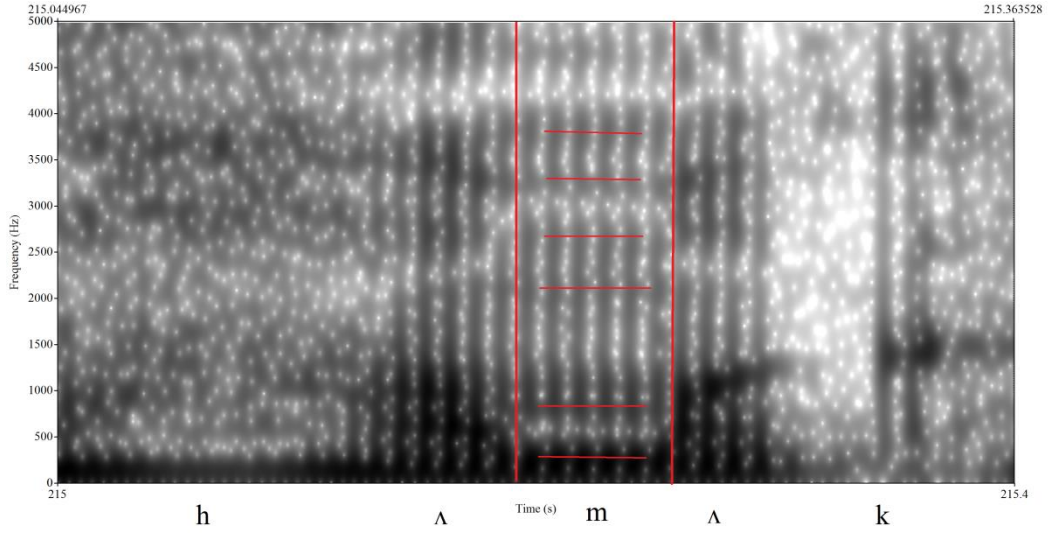


Şekil 9. /HAMAK/ sözcüğünün ortasındaki nazal ses bölgesinden Gaussian Window ile alınan FFT spektrumu

Cepstral yöntemiyle ortalaması alınan bu spektral görüntülerde ilk üç formant tepe noktaları belirlenip ölçümler alınmıştır (Şekil 10). Formant bölgeleri belirlenirken güvenilirliği arttırmak amacıyla, ortalaması alınan FFT spektrumundaki görülebilir tepe noktalarıyla spektrogram görüntüsü karşılaştırılmıştır (Şekil 11). Bu ölçüm yöntemi nazal rezonansların belirlenmesinde temel olmuştur. Tepe noktası biçiminde nazal rezonans bölgeleri spektrogramdan ve spektral görüntülerden seçilemediğinde ölçümler alınamamıştır. NR1 değerleri için 13, NR2 değerleri için 56, NR3 değerleri için 20 tane ölçüm alınamamıştır. “Cepstral smoothing” bu bölümünün sonunda daha ayrıntılı olarak açıklanmıştır.



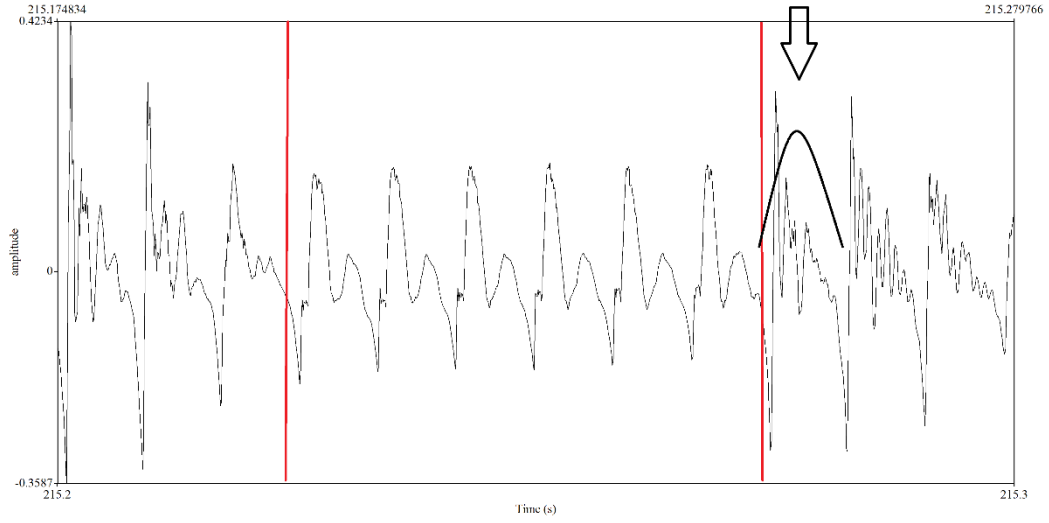
Şekil 10. /HAMAK/ sözcüğündeki nazal sesin FFT spektrumunun “cepstral smoothing” yöntemiyle ortalamasının alınması ve belirlenen bazı tepe noktaları



Şekil 11. /hama:k/ sözcüğünün spektrogram görüntüsü ve ortalaması alınmış FFT spektrumuyla karşılaştırmalı formant bölgelerinin belirlenmesi

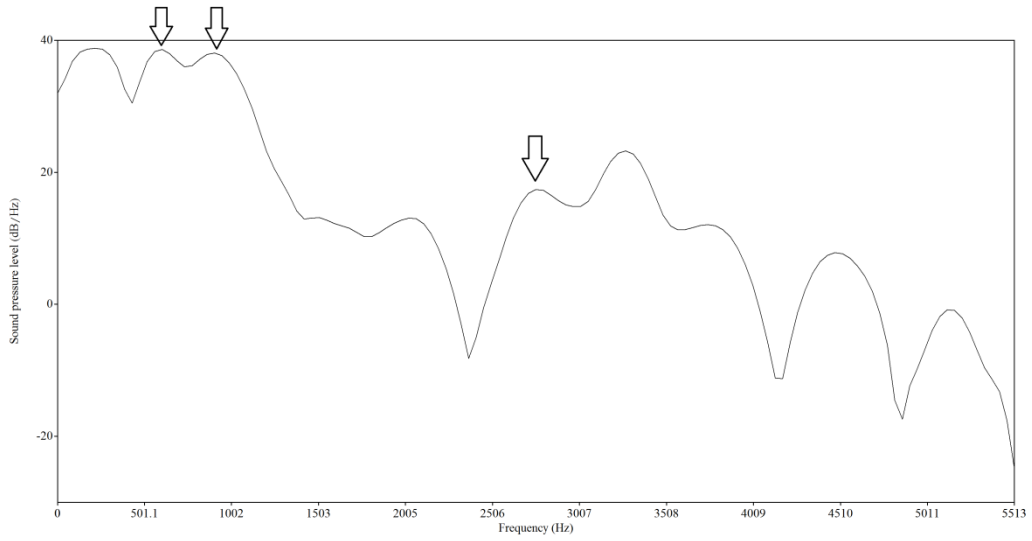
Formant Başlangıç Değerlerinin Ölçümü

Narayan'ın (2007) çalışmasında kullandığı yöntemin benzeri, nazal ses ile ünlü geçişindeki formantların belirlenmesinde kullanılmıştır. NV (veya VN) geçişindeki F1, F2, F3 değerleri konuşucuların temel frekanslarına uygun uzunluktaki (pitch pulse period) Gaussian Window'un NV geçişindeki ünlünün ilk dalga formunun ilk tepe noktasına yakın bölgeye yerleştirilmesi ile elde edilmiştir (Şekil 12). Her hedef sözcük için nazal rezonans bölgesindeki ortalama periyot uzunluğu ölçülmüş ve bu süre o hedef sözcük için kullanılmıştır. Katılımcılar için periyot ve aynı zamanda Gaussian Window uzunlukları birinci katılımcı için 3.45 – 5.31 ms; ikinci katılımcı için 3.44 – 4.69 ms; üçüncü katılımcı için 3.34 – 4.27; dördüncü katılımcı için 4.82 – 8.14 ms; beşinci katılımcı için 6.7 – 10.22 ms; altıncı katılımcı için 7.07 – 10.54 ms arasındadır. NV ve VN geçiş bölgesinin belirlenmesi ise sürenin belirlenmesiyle ilgili kısımda detaylı bir biçimde açıklanmıştır.

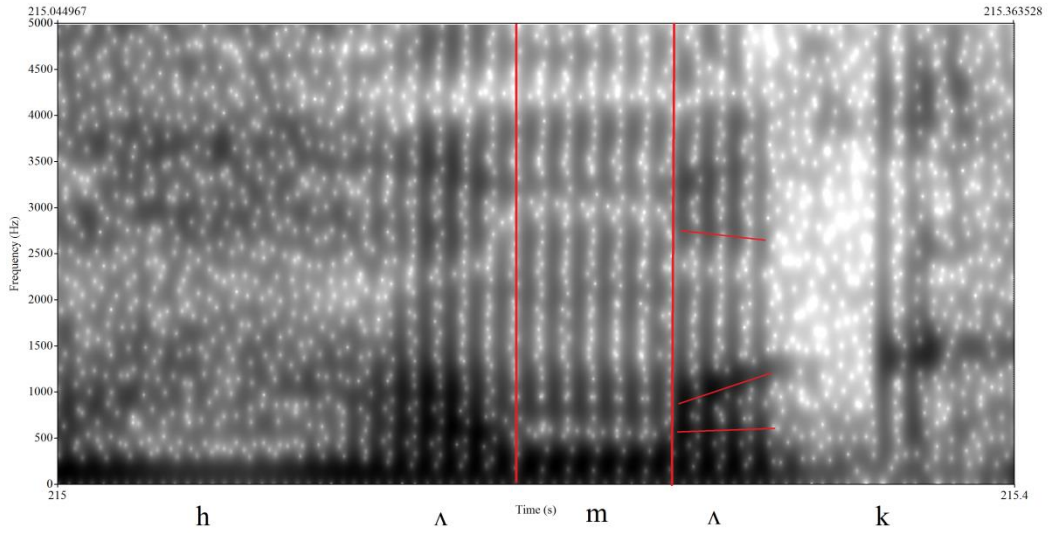


Şekil 12. /hAMAK/ sözcüğündeki nazal sestem ünlüye geçişteki, ünlünün ilk dalga formuna Gaussian Window yerleştirilmesi

Formant değerleri, ünlünün ilk dalga formuna Gaussian Window yerleştirilmesiyle elde edilen FFT spektrumundaki tepe noktalarından doğrudan alınmış, ortalamasının alınmasına gerek duyulmamıştır (**Şekil 13**). Ayrıca bu formant başlangıç noktaları spektrogram görüntüsüyle karşılaştırmalı olarak değerlendirilerek bulunmuştur (**Şekil 14**). Nazal sesin hemen arkasından gelen ünlü kendi formantlarının yanında ek olarak nazal formantları da taşımakta olması nedeniyle spektrogramdan formantların takibi önem kazanmaktadır. Daha önce temel frekansa uygun Gaussian window uzunluğunun kullanılmasıyla sadece NV geçişine dair bilgi alınması, murmurdan ve ünlüden bir etki olmaması amaçlanmıştır. Bunun nedeni, formant geçiş aşamasında sesleticilerin çok hızlı hareket etmesinden dolayı birbirini takip eden periyotlarda dahi formant frekanslarının çok fazla değişkenlik göstermesidir. Formant başlangıç değerleri spektrumdan ve spektrogramdan belirlenemediği durumlarda ölçüm alınamamıştır. F1 değerleri için 33, F2 değerleri için 1, F3 değerleri için 34 adet ölçüm alınamamıştır.



Şekil 13. /hamak/ sözcüğündeki nazal sestem ünlüye geçişteki ünlünün ilk dalga formuna Gaussian Window yerleştirilmesiyle elde edilen FFT spektrumundaki formant başlangıç tepe noktaları

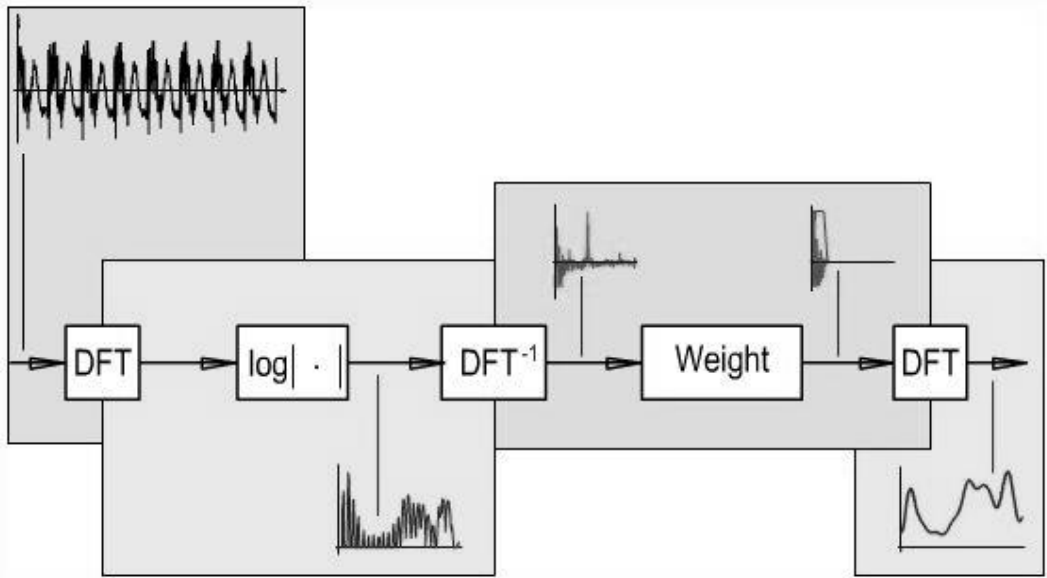


Şekil 14. /hamak/ sözcüğündeki nazal sestem ünlüye geçişteki ünlünün formant başlangıç bölgelerinin spektrogram üzerinden takibi

LPC Analizi, Cepstral Smoothing ve Gaussian Window

LPC (Linear Predictive Coding), bir çeşit filtreleme biçimidir. Konuşma seslerinin içindeki akustik bilgiler, frekans (harmonik) çözümlemesi yoluyla analiz edilmek istendiğinde öncelikle Fourier analizi yapılır. Fourier çözümlemesiyle, örnek konuşma sesini oluşturan farklı frekans bileşenlerini şiddet (amplitüd) farklarıyla birlikte elde edilir. Belirli frekansların diğer frekanslara ve çevresindeki harmoniklere oranla tepe noktası verdiği yerlerde rezonans bölgelerini (formantları) görmüş oluruz. Fakat Fourier analiziyle frekans çözümlemesi ne kadar iyi olursa harmonikleri görebilme şansımız o kadar artar. Temel frekansın

katları biçiminde artan harmoniklerle değil de formant bölgeleriyle ilgileniyorsak bir ortalama almamız (bir çeşit filtreleme de denilebilir) gerekecektir (Glass, 1984). Bu işlem için en çok tercih edilen yöntem LPC analizidir. LPC analizinin temel görevi ise, bazı frekanslarda farklı şiddetlerde rezonans özellikleri gösteren bir ses örneğini en iyi şekilde filtrelemeye çalışmaktır. Bu filtrenin de, elimizdeki ses örneğiyle tutarlı bir biçimde aynı rezonanslarda tepe noktaları olan bir filtre olması gerekir. LPC analizi ile konuşma üretiminin tersi bir işlem yapıldığı düşünülebilir (Ladefoged, 1996). Bu sayede formant frekansları LPC analizinde elde edilir fakat LPC analizinin uygulama biçimindeki en önemli varsayımlardan birisi, incelenen sesin kalitesinin değişmesinde sadece rezonans bölgelerinin etkisinin (poles) olduğunun düşünülmesidir (Ladefoged, 1996). Ancak üretilen konuşma sesinde rezonans bölgelerinin yanında antirezonans bölgeleri de bulunmaktadır ve bu antirezonans bölgeleri nazal ünlüler ile nazal seslerde çok belirgindir. Bu nedenle LPC analizi bazı seslerdeki rezonans bölgelerini belirlemek için uygun değildir. Nazal ünsüzlerin ve nazal ünlülerin akustik özelliklerini araştıran Glass (1984), LPC analizi yerine “cepstral smoothing” ile spektral özelliklerin bir oranda ortalamasını almış ve rezonans bölgelerini belirlemiştir. Cepstral analizi periyodik bir sesin harmonik düzeninin ne kadar iyi olduğunu ölçmek için yapılır ve “cepstral peak prominence” değeri ile belirlenir (Brinca ve ark., 2014). **Şekil 15**'te görüldüğü gibi Cepstral analizle elde edilen veriler tekrar Fourier analizine tabi tutulduğunda ise ortalaması alınmış bir spektrum elde edilir (http-1).

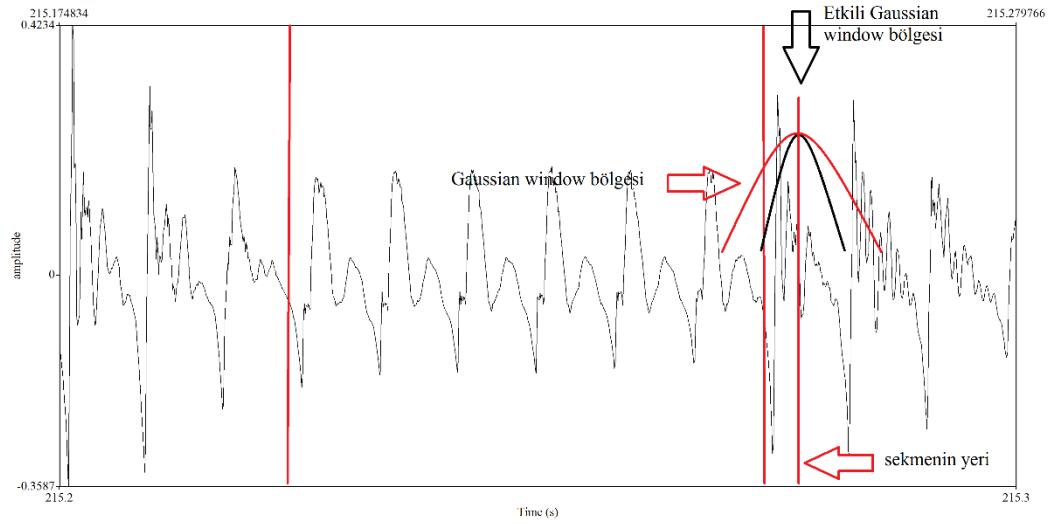


Şekil 15. Cepstral ortalamamanın aşamaları: Ses sinyalinin fourier dönüşümü (DFT), logaritmasının alınması, ters-fourier dönüşümü (inverse DFT) ile cepstrumun elde edilmesi, ağırlıklandırılması (Weight), fourier dönüşümüyle birlikte ortalaması alınmış bir spektrumun elde edilmesi (http-1)

Fourier analizinin bir ses parçası üzerinde uygulanabilmesi için öncelikle seçilen bu ses parçasının komşu bölgelerden soyutlanması gerekmektedir. Bu işlem için çeşitli pencere (window) fonksiyonları kullanılmaktadır. Konuşma sesleri üzerinde kullanılanlardan bazıları Hann, Hamming, Gaussian window

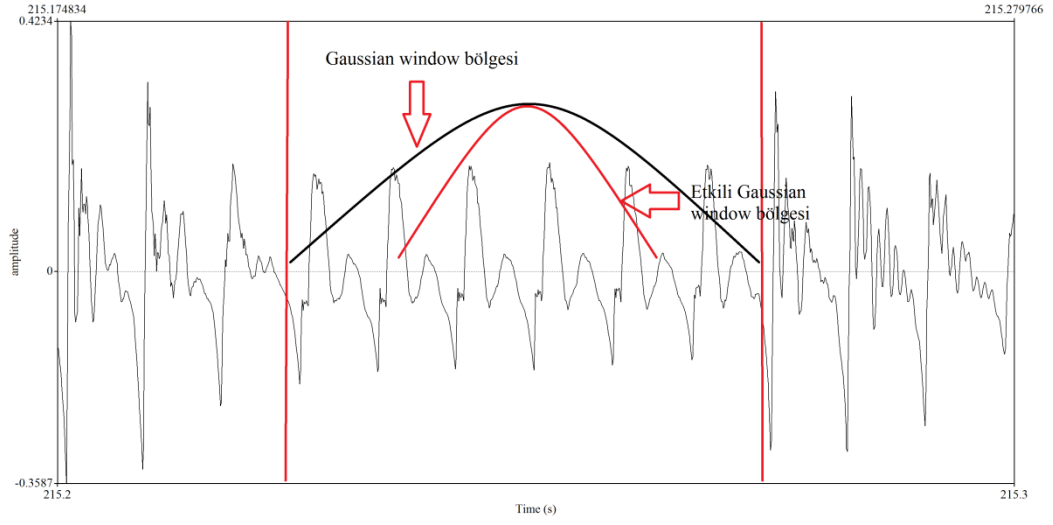
fonksiyonlarıdır. Bütün bu fonksiyonların diğerlerinden daha güçlü olduğu noktalar bulunmaktadır. Geleneksel olarak ses analizinde en çok kullanılan Hamming window olsa da son zamanlarda Gaussian window frekans çözümlemedeki gücü ve daha az gürültü oluşturması nedeniyle daha çok tercih edilmekte ve kullanılması önerilmektedir (Fulop, 2011). Bu nedenle bu çalışmada Gaussian window kullanılmıştır.

Bu çalışmada ses sinyallerinin analizinde, Gaussian window nazal ses ile ünlü geçişi arasındaki formantların ölçümünde kullanılan sekmenin bulunduğu yerden alınmıştır (Şekil 16). Daha önce bahsedildiği üzere kişinin, örneğin 5 ms kadar olan temel frekans periyot uzunluğu, window uzunluğu olarak belirlenmiştir. Gaussian window'un diğerlerinden farklı bir özelliği olarak analiz edilen bölgenin uzunluğu, belirlenen window uzunluğunun 2 katıdır. Sekmenin bulunduğu yerin 5 ms öncesi ve 5 ms sonrası biçimindedir. Fakat "etkili window uzunluğu", yine diğer fonksiyonlardaki gibi ortadaki 5 ms'lik analiz bölgesidir.



Şekil 16. /hAMAK/ sözcüğünde formant başlangıcına yerleştirilen Gaussian window özellikleri (sağdaki ok sekmenin yerini, üstteki ok "etkili gaussian window" bölgesini, soldaki ok ise "etkili gaussian window" uzunluğunun 2 katı uzunluğundaki "gaussian window" bölgesini göstermektedir)

Bu çalışmada nazal rezonans bölgesindeki formantların analizi için kullanılan Gaussian window uzunluğu ise belirlenen nazal rezonans sekmesinin uzunluğu olarak alınmıştır. Fakat "etkili gaussian window" uzunluğu bu bölgenin tam ortasında kalan kısımdır (Şekil 17).



Şekil 17. /hΛmΛk/ sözcüğündeki nazal rezonans bölgesine yerleştirilen Gaussian window özellikleri (üstteki ok nazal rezonans bölgesinin içine yerleştirilen Gaussian window'u, sağdaki ok ise "etkili analiz bölgesi" olan tam olarak orta bölgede ve Gaussian window uzunluğunun yarı uzunluğundaki bölgeyi gösteriyor)

Veri Analizleri

Bu çalışmada, 2 nazal ses x 6 ünlü x 4 pozisyon x 2 hedef sözcük x 3 tekrar x 6 katılımcı olmak üzere toplam 1728 sözcükteki nazal ses incelenmiştir. Her bir nazal ses için, her sözcük ve hece pozisyonunda 216 veri analiz edilmiştir.

Her bir nazal ses için ölçülen akustik değerlerin sözcük-hece konumuna, komşu olduğu ünlüye göre ortalama değerleri hesaplanmıştır.

Her bir nazal ses için ölçülen akustik değerlerin, sözcük-hece konumuna, komşu olduğu ünlüye göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için yapılan çoklu karşılaştırmalarda tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır.

/m/ ve /n/ seslerine dair iki veri grubunun karşılaştırılmasında öncelikle varyansların eşit olup olmadığı Levene Testi ile incelenmiş ve varyanslar arasında anlamlı fark bulunmadığında Bağımsız Örneklem t-Testi; anlamlı fark bulunduğu da Mann-Whitney Testi uygulanmıştır.

/m/ ve /n/ sesleri için ölçülen üç parametre SBHB, SİHB, SİHS, SSSH konumlarında ve farklı ünlü ortamları bağlamında karşılaştırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bulgular

Bu bölümde, Türkçedeki nazal seslerin akustik özelliklerini belirlemeyi amaçlayan araştırma sorularının bulguları yer almaktadır. Yapılan veri analizleriyle nazal seslerin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ve farklı ünlü ortamlarındaki süre, nazal rezonans ve formant başlangıç değerlerinin ortalamaları öncelikli olarak belirlenmiştir. Daha sonra /m/ ve /n/ sesleri için bulunan bu değerler SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarına ve farklı ünlü ortamlarına göre değişip değişmediği incelenmiştir. Son olarak da SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ve farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ sesleri için ortalama süre, nazal rezonans ve formant başlangıç değerleri karşılaştırılmıştır.

Süre ölçümlerinin analizi

Farklı hece konumlarındaki ortalama /m/ ve /n/ sesi süreleri

Çizelge 1’de nazal seslerin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalama süre değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 1. /m/ ve /n/ seslerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki süre değerleri

	/m/			/n/		
	N	Ort. (ms)	SS	N	Ort. (ms)	SS
SBHB	216	85.13	18.07	216	67.93	21.21
SİHB	216	65.17	18.84	216	47.57	16.76
SİHS	216	100.47	22.53	216	92.08	25.88
SSHS	216	61.80	17.57	216	45.48	17.21

Çizelge 1’de görüldüğü üzere /m/ sesinin süresi SİHS konumunda 100.47 ms ile en uzun süreye sahiptir. SBHB konumunda /m/ sesinin süresi 85.13 ms ile ikinci en uzun süredir. SİHB konumunda 65.17 ms ve SSHS konumunda 61.80 ms ile /m/ en kısa süreye sahiptir.

/m/ gibi, /n/ sesinin süresi, SİHS konumunda 92.08 ms ile en uzun, SBHB konumunda 67.93 ms ile ikinci en uzun süreye sahiptir. Yine /m/’ye benzer şekilde, /n/ SİHB konumunda 47.57 ms ve SSHS konumunda 45.48 ms ile en kısa süreye sahiptir.

Farklı hece konumlarında /m/ sesi süreleri

/m/ sesinin süresinin dört farklı sözcük-hece konumuna göre değişip değişmediğini belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır.

Çizelge 2. /m/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki süre değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	212258.8	3	71752.941	188.938	0.000
Gruplar içi	322050.4	860	374.477		
Toplam	534309.2	863			

Çizelge 2'de görüldüğü gibi, tek yönlü ANOVA /m/ sesinin süre değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalamalar arasında anlamlı farklılık olduğunu göstermiştir ($F(3, 860) = 188.938, p < 0.001$). Buna göre, /m/ sesinin süresi, farklı sözcük-hece konumlarında farklıdır.

Farklı hece konumlarında /n/ sesi süreleri

/n/ sesinin süresinin dört farklı sözcük-hece konumundaki farklılığın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan tek yönlü ANOVA testinin sonucu **Çizelge 3'**te verilmiştir.

Çizelge 3. /n/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki süre değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	305581.1	3	101860.360	240.142	0,000
Gruplar içi	364784.3	860	424.168		
Toplam	670365.3	863			

Çizelge 3'te görüldüğü gibi /n/ sesinin süre değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumları arasında anlamlı bir farklılık saptanmıştır ($F(3, 860) = 240.142, p < 0.001$). Bu bulgu, /n/ sesinin süresinin farklı sözcük-hece konumlarında farklı olduğunu göstermektedir.

Farklı hece konumlarında /m/ ve /n/ seslerinin süre özelliklerinin karşılaştırılması

/m/ ve /n/ seslerinin farklı sözcük-hece konumlarındaki sürelerinin farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla iki sesin süreleri karşılaştırılmıştır. Bu değerler **Çizelge 4'**te verilmiştir.

Çizelge 4. /m/ ve /n/ seslerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki süre değerlerinin karşılaştırılmasının sonuçları

	/m/	/n/				
	Ort. (ms)	Ort. (ms)	Fark (ms)	df	t	p
SBHB	85.13	67.93	17.20	430	9.072	<0.001
SİHB	65.17	47.57	17.60	430	10.261	<0.001
SİHS	100.47	92.08	8.39	430	3.593	<0.001
SSHS	61.80	45.48	16.32	430	9.753	<0.001

Çizelge 4'te görüldüğü gibi, /m/ ve /n/ seslerinin ortalama süreleri arasında tüm konumlarda anlamlı fark olduğu ve /m/'nin süresinin /n/ süresine göre daha uzun olduğu saptanmıştır. SBHB konumunda /m/ ve /n/ sesleri arasındaki fark 17.20 ms olup bu farkın anlamlı olduğu bulunmuştur ($p < 0.001$). Benzer şekilde, /m/ ve /n/ seslerinin SİHB konumundaki süreleri karşılaştırıldığında aralarındaki fark (17.60 ms) anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$). /m/ ve /n/ sesleri arasındaki fark SİHS konumunda 8.39 ms ($p < 0.001$) ve SSHS konumunda 16.32 ms ($p < 0.001$) olup aradaki fark anlamlı bulunmuştur.

Farklı ünlü ortamlarındaki ortalama /m/ ve /n/ süreleri

Ortalama /m/ ve /n/ sürelerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları **Çizelge 5'**te gösterilmiştir.

Çizelge 5. /m/ ve /n/ seslerinin süre değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları

	/m/			/n/		
	N	Ort. (ms)	SS	N	Ort. (ms)	SS
/i/	144	80.10	25.10	144	66.70	30.04
/y/	144	77.78	26.58	144	66.88	29.52
/ε/	144	73.33	22.23	144	56.68	24.54
/u/	144	82.71	26.03	144	66.68	27.57
/o/	144	80.86	26.31	144	64.42	28.25
/Λ/	144	74.07	21.53	144	58.21	25.42

Çizelge 5'te görüldüğü gibi, /m/ sesinin ortalama süresi /i/ ortamında 80.10 ms; /y/ ortamında 77.78 ms; /ε/ ortamında 73.33 ms; /u/ ortamında 82.71 ms; /o/ ortamında 80.86 ms; /Λ/ ortamında 74.07 ms'dir.

/n/ sesinin ortalama süresi ise /ı/ ortamında 66.70 ms; /y/ ortamında 66.88 ms; /ε/ ortamında 56.68 ms; /u/ ortamında 66.68 ms; /o/ ortamında 64.42 ms; /Λ/ ortamında 58.21 ms'dir.

Farklı ünlü ortamlarında /m/ süreleri

/m/ sesinin süresinin farklı ünlü ortamlarına göre değişip değişmediğini belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır.

Çizelge 6. /m/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki süre değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	13758.866	5	2751.773	1.913	0.090
Gruplar içi	1234169	858	1438.425		
Toplam	1247927	863			

Çizelge 6'da görüldüğü gibi, /m/ sesinin süre değerlerinin ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($F(5, 858) = 1.913, p > 0.05$). Buna göre, /m/ sesinin süresi tüm ünlü ortamlarında benzerdir.

Farklı ünlü ortamlarında /n/ süreleri

/n/ sesinin süresinin farklı ünlü ortamlarına göre değişip değişmediğini belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır.

Çizelge 7. /n/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki süre değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	15375.366	5	3075.073	4.028	0.001
Gruplar içi	654990	858	763.392		
Toplam	670.365	863			

Çizelge 7'de görüldüğü gibi, tek yönlü ANOVA'nın sonucuna göre /n/ sesinin süresinin farklı ünlü ortamlarına göre değiştiği ve aradaki farkların anlamlı olduğu saptanmıştır ($F(5, 858) = 4.028, p < 0.001$). Buna göre, /n/ sesinin süresi, farklı ünlü ortamlarına göre değişiklik gösterdiği görülmektedir.

Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ sürelerinin karşılaştırılması

/m/ ve /n/ seslerinin farklı ünlü ortamlarındaki sürelerinin farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla iki sesin süreleri karşılaştırılmıştır. **Çizelge 8**'de görüldüğü üzere /m/ ve /n/ seslerinin sürelerinin tüm ünlü ortamlarında anlamlı farklılık gösterdiği saptanmıştır.

Çizelge 8. /m/ ve /n/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki süre değerlerinin karşılaştırılmasının sonuçları

	/m/	/n/				
	Ort. (ms)	Ort. (ms)	Fark (ms)			p
/ı/	80.10	66.70	13.40	U=6943	z=-4.847	<0.001
/y/	77.78	66.88	10.90	df=286	t=2.535	<0.05
/ε/	73.33	56.68	16.65	U=628	z=-5.783	<0.001
/u/	82.71	66.68	16.03	df=286	t=5.073	<0.001
/o/	80.86	64.42	16.44	df=286	t=5.110	<0.001
/Λ/	74.07	58.21	15.86	U=647	z=-5.515	<0.001

/m/ ve /n/ seslerinin sürelerinin arasında anlamlı bir fark olduğu ($p < 0.001$) ve bu farkın ortalamalar arasında 13.40 ms olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde, /y/ ortamındaki fark (10.90 ms) anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). /m/ ve /n/ sesleri arasındaki fark /u/ ortamında 16.03 ms ve /o/ ortamında 16.44 ms olup bu farklar anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$). /m/ ve /n/ seslerinin süreleri arasında /Λ/ ortamında ve /ε/ ortamında da anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0.001$) ve bu ortamlardaki ortalamaları arasındaki farklar sırasıyla 15.86 ms ve 16.65 ms'dir.

Buna göre, /m/ sesinin süresi /n/ sesinin süresinden daha uzun olup /m/ ve /n/ seslerinin süreleri arasındaki fark anlamlıdır.

F1 ölçümlerinin analizi

Farklı hece konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama F1 değerleri

Birinci formant başlangıç (F1) değerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalamaları **Çizelge 9**'da gösterilmiştir.

Çizelge 9. SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin Hz biçimindeki ortalama F1 değerleri

	/m/			/n/		
	N	Ort. (Hz)	SS	N	Ort. (Hz)	SS
SBHB	213	360.54	174.17	216	343.79	179.83
SİHB	212	354.04	172.12	216	351.58	179.42
SİHS	207	332.64	175.77	216	373.26	214.28
SSHS	210	357.56	179.83	215	374.82	190.89

Çizelge 9'da görüldüğü üzere /m/ sesinin F1 değeri için aritmetik ortalamaları SBHB konumunda 360.54 Hz ile en yüksektir. SİHB konumunda 354.04 Hz ve SSHS konumunda 357.56 Hz olup, SİHS konumunda 332.64 Hz ile en düşük değere sahiptir.

/n/ sesinin dört ayrı sözcük-hece konumundaki F1 değerleri /m/ sesinden farklıdır. /n/ sesinin F1 değeri SSHS konumunda 374.82 Hz ile en yüksek değere sahiptir. F1 değerleri SİHS konumunda 373.26 Hz ve SİHB konumunda 351.58 Hz'dir. F1 değeri SBHB konumunda 343.79 Hz ile en düşük değere sahiptir.

Farklı hece konumlarında /m/ sesinin F1 değerleri

/m/ sesinin F1 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki farklılığın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır.

Çizelge 10. /m/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki F1 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	100023.9	3	33341.313	1.094	0.351
Gruplar içi	25542575	838	30480.4		
Toplam	25642599	841			

Çizelge 10'da görüldüğü üzere /m/ sesinin F1 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarının ortalamaları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($F(3, 838) = 1.094, p > 0.05$). Buna göre, /m/ sesinin F1 değerleri, sözcük-hece konumuna göre değişmemektedir.

Farklı hece konumlarında /n/ sesinin F1 değerleri

/n/ sesinin F1 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarına göre farklılığın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır.

Çizelge 11. /n/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki F1 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	156679.3	3	52226.421	1.422	0.235
Gruplar içi	31543469	859	36721.151		
Toplam	31700148	862			

Çizelge 11'de görüldüğü gibi, /n/ sesinin F1 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumları arasında anlamlı bir farklılık göstermediği saptanmıştır ($F(3, 859) = 1.422, p > 0.05$). Buna göre, /n/ sesinin F1 değerlerinin farklı sözcük-hece konumlarına göre değişmediği söylenebilir.

Farklı hece konumlarında /m/ ve /n/ seslerinin F1 değerlerinin karşılaştırılması

SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F1 değerlerinin birbirinden farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için karşılaştırma yapılmıştır.

Çizelge 12. SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F1 değerlerinin karşılaştırılması

	/m/	/n/				
	Ort. (Hz)	Ort. (Hz)	Fark (Hz)			p
SBHB	360.54	343.79	16.75	df=427	t=-0.980	>0.05
SİHB	354.04	351.58	2.46	df=426	t=0.144	>0.05
SİHS	332.64	373.26	40.62	U=20788	z=-1.247	>0.05
SSHS	357.56	374.82	17.26	df=423	t=-0.968	>0.05

Çizelge 12'de görüldüğü üzere /m/ ve /n/ seslerinin SBHB, SİHB ve SSHS konumlarındaki ortalama F1 değerleri arasındaki farklar 2.46 – 17.26 Hz arasında olup bu farklar anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$). SİHS konumundaki /m/ ve /n/ seslerinin F1 değerleri arasındaki fark 40.62 Hz ile diğerlerine göre yüksek olmakla birlikte aradaki fark anlamlı değildir ($p > 0.05$).

Bu bulgu, SBHB, SİHB, SİHS, SŞHS konumlarındaki /m/ sesinin F1 değerleri ile /n/ sesinin değerlerinin benzer olduğunu göstermektedir.

Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F1 ortalamaları

/m/ ve /n/ seslerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalama F1 değerleri **Çizelge 13**'de gösterilmiştir

Çizelge 13. /m/ ve /n/ seslerinin F1 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları

	/m/			/n/		
	N	Ort. (Hz)	SS	N	Ort. (Hz)	SS
/ı/	144	236.08	64.17	143	224.51	47.84
/y/	143	244.28	72.88	144	241.91	76.99
/ε/	143	533.62	172.60	144	544.17	195.31
/u/	144	277.47	101.69	144	275.67	105.58
/o/	138	296.78	106.56	144	293.16	115.39
/Λ/	130	535.84	155.36	144	584.72	147.68

Çizelge 13'te görüldüğü üzere /m/ sesinin ortalama F1 değerleri /Λ/ için 535.84 Hz ve /ε/ için 533.62 Hz ile en yüksek değerlere sahiptir. /m/ sesinin F1 değerleri /ı/ için 236.08 Hz; /y/ için 244.28 Hz; /u/ için 277.47 Hz ve /o/ için 296.78 Hz'dir.

/m/'ye benzer şekilde, /n/ sesinin ortalama F1 değerleri /Λ/ için 584.72 Hz ve /ε/ için 544.17 Hz ile en yüksek değerlere sahiptir. /n/ sesinin F1 değerleri /ı/ için 224.51; /y/ için 241.91 Hz; /u/ için 275.67 Hz ve /o/ için 293.16 Hz'dir.

Farklı ünlü ortamlarında /m/ sesinin F1 değerleri

/m/ sesinin F1 değerlerinin farklı ünlü ortamlarında değişip değişmediğini belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır.

Çizelge 14. /m/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki F1 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	13920031	5	2784006.237	198.543	0.000
Gruplar içi	11722568	836	14022		
Toplam	25642599	841			

Çizelge 14'te görüldüğü üzere, /m/ sesinin F1 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ($F(5, 836) = 198.543, p < 0.001$). Bu bulgu, /m/ sesinin F1 değerlerinin farklı ünlü ortamlarına göre değiştiğini göstermektedir.

Farklı ünlü ortamlarında /n/ sesinin F1 değerleri

Farklı ünlü ortamlarında /n/ sesinin F1 değerlerini arasındaki farkın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır.

Çizelge 15. /n/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki F1 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	18455680	5	3691136.057	238.840	0.001
Gruplar içi	13244468	857	15454.455		
Toplam	31700148	862			

Çizelge 15'te görüldüğü gibi, /n/ sesi için F1 değerlerinin ortamlarını arasında anlamlı fark bulunmuştur ($F(5, 857) = 238.840, p < 0.001$). Buna göre, /n/ sesinin F1 değerlerinin farklı ünlü ortamlarına göre değiştiği söylenebilir.

Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F1 değerlerinin karşılaştırılması

/m/ ve /n/ seslerinin farklı ünlü ortamlarındaki F1 değerlerinin farklılık gösterip göstermediği belirlemek için yapılan karşılaştırmanın bulguları **Çizelge 16**'da verilmiştir.

Çizelge 16. /m/ ve /n/ seslerinin F1 değerlerinin farklı ünlü ortamlarında karşılaştırılması

	/m/	/n/				
	Ort. (Hz)	Ort. (Hz)	Fark (Hz)			p
/i/	236.08	224.51	11.57	U=950	z=-1.122	>0.05
/y/	244.28	241.91	2.36	df=285	t=0.267	>0.05
/ε/	533.62	544.17	10.55	df=285	t=-0.484	>0.05
/u/	277.47	275.67	1.80	df=286	t=0.148	>0.05
/o/	296.78	293.16	3.62	df=280	t=0.273	>0.05
/Λ/	535.84	584.72	48.88	df=272	t=-2.661	<0.01

Çizelge 16'da görüldüğü üzere, /m/ ve /n/ seslerinin F1 değerleri arasında sadece /Λ/ ünlü ortamında anlamlı bir fark olduğu görülmüş, diğer ünlü ortamlarında anlamlı fark saptanmamıştır. /Λ/ ortamındaki ortalama F1 değerleri farkı 48.88 Hz olup, /n/ sesi için daha yüksektir ($p < 0.01$). /y/, /ε/, /u/ ve /o/ ortamlarındaki F1 ortalamaları arasındaki farklar 2.36 – 10.55 Hz arasında olup anlamlı değildir ($p > 0.05$). Benzer şekilde, /ı/ ortamındaki F1 değerleri için /m/ ve /n/ sesleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0.05$) ve aralarındaki ortalama fark 11.57 Hz'dir.

F2 ölçümlerinin analizi

Farklı hece konumlarında /m/ ve /n/ seslerinin ortalama F2 değerleri

F2 değerinin HBSB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalamaları **Çizelge 17**'de gösterilmiştir

Çizelge 17. HBSB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama F2 değerleri

	/m/			/n/		
	N	Ort. (Hz)	SS	N	Ort. (Hz)	SS
SBHB	216	1367.54	431.02	216	1550.24	351.53
SİHB	216	1292.15	372.85	216	1527.78	384.10
SİHS	216	1262.19	382.88	216	1486.16	377.11
SSHS	216	1127.17	254.88	215	1439.69	297.63

Çizelge 17'de görüldüğü üzere /m/ sesi için F2 değerlerinin aritmetik ortalamaları SBHB konumunda 1367.54 Hz ile en yüksektir. SİHB konumunda 1292.15 Hz ve SİHS konumunda 1262.19 Hz olup, SSHS konumunda 1127.17 Hz ile en düşük değere sahiptir.

/n/ sesinin dört ayrı sözcük-hece konumundaki F2 değerleri /m/ sesinden farklıdır. /n/ sesinin F2 değeri SBHB konumunda 1550.24 Hz ile en yüksek değere sahiptir. F2 değerleri SİHB konumunda 1527.78 Hz ve SİHS konumunda 1486.16 Hz'dir. F2 değeri SSHS konumunda 1439.69 Hz ile en düşük değere sahiptir.

Farklı hece konumlarında /m/ sesinin F2 değerleri

/m/ sesinin F2 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki farklılığın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır.

Çizelge 18. /m/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki F2 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	6529125	3	2176374.851	16.231	0.000
Gruplar içi	1,2E+008	860	134089.445		
Toplam	1,2E+008	863			

Çizelge 18'de görüldüğü üzere /m/ sesinin F2 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($F(3, 860) = 16.231$, $p < 0.001$). Buna göre, /m/ sesinin F2 değerlerinin, farklı sözcük-hece konumuna göre değiştiği söylenebilir.

Farklı hece konumlarında /n/ sesinin F2 değerleri

/n/ sesinin F2 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarına göre farklılığın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır.

Çizelge 19. /n/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki F2 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	1534240	3	511413.327	4.074	0.007
Gruplar içi	1,1E+008	859	125517.6		
Toplam	1,1E+008	862			

Çizelge 19'da görüldüğü gibi /n/ sesi için F2 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumları arasında anlamlı fark saptanmıştır ($F(3, 859) = 4.074$, $p < 0.01$). Bu bulgu, /m/ için olduğu gibi, /n/ sesinin F2 değerlerinin, farklı sözcük-hece konumuna göre değiştiğini göstermektedir.

Farklı hece konumlarında /m/ ve /n/ seslerinin F2 değerlerinin karşılaştırılması

/m/ ve /n/ seslerinin HBSB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki F2 değerlerinin birbirinden farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yapılan karşılaştırmanın bulguları **Çizelge 20'**de verilmiştir.

Çizelge 20. SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F2 değerlerinin karşılaştırılması

	/m/	/n/				
	Ort. (Hz)	Ort. (Hz)	Fark (Hz)			p
SBHB	1367.54	1550.24	182.70	U=16539	z=-5.232	<0.001
SİHB	1292.15	1527.78	235.63	df=430	t=-6.469	<0.001
SİHS	1262.19	1486.16	223.97	df=430	t=-6.125	<0.001
SSHS	1127.17	1439.69	312.52	U=9490	z=-10.618	<0.001

Çizelge 20'de görüldüğü gibi, /m/ ve /n/ seslerinin F2 değerleri arasında tüm konumlarda anlamlı fark olduğu ve /m/ sesinin F2 değerlerinin /n/ değerlerine göre daha düşük olduğu saptanmıştır.

/m/ sesi ile /n/ sesinin SBHB ve SSHS konumlarındaki F2 değeri arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0.001$) ve bu ortamlardaki ortalamalar arasındaki farklar sırasıyla 182.70 Hz ve 312.52 Hz'dir. Benzer şekilde /m/ ve /n/ seslerinin ortalama F2 değerleri arasındaki fark SİHB konumunda 235.63 Hz ve SİHS konumunda 223.97 Hz olup bu farklar anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$).

Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama F2 değerleri

F2 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları **Çizelge 21**'de gösterilmiştir

Çizelge 21. /m/ ve /n/ seslerinin F2 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları

	/m/			/n/		
	N	Ort. (Hz)	SS	N	Ort. (Hz)	SS
/ı/	144	1798.52	314.10	143	2080.40	220.71
/y/	144	1441.32	180.83	144	1675.54	132.57
/ε/	144	1381.15	263.53	144	1579.88	160.55
/u/	144	1076.32	147.96	144	1337.02	139.52
/o/	144	943.37	134.89	144	1133.12	124.28
/Λ/	144	932.90	169.16	144	1204.31	115.90

Çizelge 21'de görüldüğü üzere /m/ sesi için ortalama F2 değerleri /ı/ ortamında 1798.52 Hz ile en yüksek değere sahiptir. F2 değerleri /y/ ortamında 1441.32 Hz;

/ε/ ortamında 1381.15 Hz; /u/ ortamında 1076.32 Hz; /o/ ortamında 943.37 Hz'dir. F2 değeri /Λ/ ortamında 932.90 Hz ile en düşük değere sahiptir.

/m/'ye benzer şekilde, /n/ sesinin ortalama F2 değerleri /ı/ ortamında 2080.40 Hz ile en yüksek değere sahiptir. F2 değerleri /y/ ortamında 1675.54 Hz; /ε/ ortamında 1579.88 Hz; /u/ ortamında 1337.02 Hz; /o/ ortamında 1133.12 Hz'dir. F2 değeri /Λ/ ortamında 1204.31 Hz ile en düşük değere sahiptir.

Farklı ünlü ortamlarında /m/ sesinin F2 değerleri

/m/ sesinin F2 değerlerinin değişik ünlü ortamlarında anlamlı farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır.

Çizelge 22. /m/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki F2 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	83305553	5	16661110.69	370.915	0.000
Gruplar içi	38540494	858	44918.99		
Toplam	1.2E+008	863			

Çizelge 22'de görüldüğü üzere /m/ sesinin F2 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($F(5, 858) = 370.915, p < 0.001$). Bu bulgu, /m/ sesinin F2 değerlerinin farklı ünlü ortamına göre değiştiğini göstermektedir.

Farklı ünlü ortamlarında /n/ sesinin F2 değerleri

/n/ sesinin F2 değerlerinin değişik ünlü ortamlarında anlamlı farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır.

Çizelge 23. /n/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki F2 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	89323998	5	17864799.56	764.365	0.000
Gruplar içi	20029861	857	23372.066		
Toplam	1.1E+008	862			

Çizelge 23'te görüldüğü üzere, /n/ sesinin F2 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($F(5, 857) = 764.3655, p < 0.001$). Buna göre, /n/ sesinin F2 değerlerinin farklı ünlü ortamına göre değiştiği söylenebilir.

Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F2 değerlerinin karşılaştırılması

/m/ ve /n/ seslerinin, farklı ünlü ortamlarındaki F2 değerlerinin farklılık gösterip göstermediği belirlemek için yapılan karşılaştırmanın bulguları **Çizelge 24**'te verilmiştir.

Çizelge 24. /m/ ve /n/ seslerinin F2 değerlerinin farklı ünlü ortamlarında karşılaştırılması

	/m/	/n/				
	Ort. (Hz)	Ort. (Hz)	Fark (Hz)			p
/ı/	1798.52	2080.40	281.88	U=3002	t=-10.423	<0.001
/y/	1441.32	1675.54	234.22	U=4694	t=-7.969	<0.001
/ε/	1381.15	1579.88	198.73	U=5609	t=-6.734	<0.001
/u/	1076.32	1337.02	260.70	df=286	z=-15.383	<0.001
/o/	943.37	1133.12	189.75	df=286	z=-12.414	<0.001
/Λ/	932.90	1204.31	271.41	U=1745	t=-12.202	<0.001

Çizelge 24'te görüldüğü üzere /m/ ve /n/ seslerinin F2 değerleri arasında /ı/, /y/, /ε/ ve /Λ/ ortamlarında anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0.001$). Ortalama F2 değerleri arasındaki farklar /ı/ ortamında 281.88 Hz, /y/ ortamında 234.22 Hz, /ε/ ortamında 198.73 Hz ve /Λ/ ortamında 271.41 Hz'dir. /m/ ve /n/ seslerinin F2 değerleri arasındaki farklar /u/ ortamında 260.70 Hz ve /o/ ortamında 189.75 Hz olup bu farklar anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$).

Tüm ünlü ortamlarındaki /m/ sesinin F2 değerleri ile /n/ sesinin değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ve /m/ sesinin F2 değerleri daha düşüktür.

F3 ölçümlerinin analizi

Farklı hece konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama F3 değerleri

F3 değerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki değerlerinin ortalamaları **Çizelge 25**'te gösterilmiştir.

Çizelge 25. /m/ ve /n/ seslerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalama F3 değerleri

	/m/			/n/		
	N	Ort. (Hz)	SS	N	Ort. (Hz)	SS
SBHB	212	2622.93	357.43	210	2835.69	325.75
SİHB	210	2549.31	359.99	216	2741.16	310.99
SİHS	212	2596.60	327.52	213	2774.94	326.62
SSHS	208	2581.11	308.96	213	2774.43	306.18

Çizelge 25'te görüldüğü üzere /m/ sesi için F3 değerinin aritmetik ortalamaları SBHB konumunda 2622.93 Hz ile en yüksek değere sahiptir. F3 değeri SİHB konumunda 2549.31 Hz; SİHS konumunda 2596.60 Hz ve SSHS konumunda 2581.11 Hz'dir.

/m/ gibi, /n/ sesinin ortalama F3 değeri SBHB konumunda 2835.69 Hz ile en yüksek değere sahiptir. F3 değerleri SİHB konumunda 2741.16 Hz; SİHS konumunda 2774.94 Hz ve SSHS konumunda 2774.43 Hz'dir.

Farklı hece konumlarında /m/ sesinin F3 değerleri

/m/ sesinin F3 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki farklılığın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır.

Çizelge 26. /m/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki F3 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	598363.1	3	199454.354	1.733	0.159
Gruplar içi	96435299	838	115077.923		
Toplam	97033662	841			

Çizelge 26'da görüldüğü üzere /m/ sesinin F3 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarının ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($F(3, 838) = 1.733, p > 0.05$). Buna göre, /m/ sesinin F3 değerlerinin tüm sözcük-hece konumları için benzer olduğu söylenebilir.

Farklı hece konumlarında /n/ sesinin F3 değerleri

/n/ sesinin F3 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki farklılığın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır.

Çizelge 27. /n/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki F3 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	987893.6	3	329297.853	3.267	0.021
Gruplar içi	85462442	848	100781.182		
Toplam	86450336	851			

Çizelge 27'de görüldüğü gibi, /n/ sesinin F3 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($F(3, 848) = 3.267$, $p < 0.05$). Bu bulgu, /m/ sesinden farklı olarak, /n/ sesi için F3 değerlerinin farklı sözcük-hece konumuna göre değiştiğini göstermektedir.

Farklı hece konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F3 değerlerinin karşılaştırılması

/m/ ve /n/ seslerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki F3 değerlerinin farklılık gösterip göstermediği belirlemek için yapılan karşılaştırmanın bulguları **Çizelge 28'**de verilmiştir.

Çizelge 28. SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F3 değerlerinin karşılaştırılması

	/m/	/n/				
	Ort. (Hz)	Ort. (Hz)	Fark (Hz)			p
SBHB	2622.93	2835.69	212.76	df=420	t=-6.389	<0.001
SİHB	2549.31	2741.16	191.85	U=15275.5	z=-5.828	<0.001
SİHS	2596.60	2774.94	178.34	df=423	t=-5.621	<0.001
SSHS	2581.11	2774.43	193.32	df=419	t=-6.448	<0.001

Çizelge 28'de görüldüğü üzere, /m/ ve /n/ seslerinin F3 değerleri arasında tüm konumlarda anlamlı fark olduğu ve /m/ sesinin F3 değerlerinin /n/ değerlerine göre daha düşük olduğu saptanmıştır. /m/ sesinin F3 değeri ile /n/ sesinin değeri arasındaki fark SBHB konumunda 212.76 Hz, SİHS konumunda 178.34 Hz ve SSHS konumunda 193.32 Hz olup bu farkların anlamlı oldukları bulunmuştur.

Aynı şekilde, /m/ ve /n/ seslerinin arasında SİHB konumunda anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0.001$). Bu konumdaki ortalama değerler arasındaki fark ise 191.85 Hz'dir.

Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama F3 değerleri

/m/ ve /n/ sesleri için F3 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalamaları Çizelge 29'da gösterilmektedir.

Çizelge 29. /m/ ve /n/ seslerinin F3 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları

	/m/			/n/		
	N	Ort. (Hz)	SS	N	Ort. (Hz)	SS
/ı/	143	2500.15	278.80	143	2796.63	211.97
/y/	144	2330.63	226.97	144	2652.04	307.88
/ε/	142	2562.07	276.33	141	2715.70	239.35
/u/	142	2714.26	351.42	143	2754.58	341.35
/o/	140	2720.96	357.25	144	2790.92	377.63
/Λ/	131	2713.45	341.63	137	2985.97	305.05

Çizelge 29'da görüldüğü üzere /m/ sesi için ortalama F3 değerleri /u/ ortamında 2714.26 Hz; /o/ ortamında 2720.96 Hz ve /Λ/ ortamında 2713.45 Hz ile en yüksek değerlere sahiptir. F3 değerleri /ı/ ortamında 2500.15 Hz ve /ε/ ortamında 2562.07 Hz'dir. F3 değerleri /y/ ortamında 2330.63 Hz ile en düşük değere sahiptir.

/n/ sesi için ortalama F3 değeri /Λ/ ortamında 2985.97 Hz ile en yüksek değere sahiptir. F3 değerleri /ı/ ortamında 2796.63 Hz; /ε/ ortamında 2715.70 Hz; /u/ ortamında 2754.58 Hz ve /o/ ortamında 2790.92 Hz'dir. F3 değerleri /y/ ortamında 2652.04 Hz ile en düşük değere sahiptir.

Farklı ünlü ortamlarında /m/ sesinin ortalama F3 değerleri

/m/ sesinin F3 değerlerinin değişik ünlü ortamlarında anlamlı farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır.

Çizelge 30. /m/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki F3 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	17537383	5	3507476.686	36.885	0.000
Gruplar içi	79496279	836	95091.243		
Toplam	97033662	841			

Çizelge 30'da görüldüğü üzere /m/ sesinin F3 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($F(5, 836) = 36.885$, $p < 0.001$). Bu bulgu, /m/ sesinin F3 değerlerinin farklı ünlü ortamına göre değiştiğini göstermektedir.

Farklı ünlü ortamlarında /n/ sesinin ortalama F3 değerleri

/n/ sesinin F3 değerlerinin değişik ünlü ortamlarında anlamlı farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır.

Çizelge 31. /n/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki F3 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	8900683	5	1780136.644	19.420	0.000
Gruplar içi	77549653	846	91666.256		
Toplam	86450336	851			

Çizelge 31'de görüldüğü üzere, /n/ sesinin F3 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($F(5, 846) = 19.420$, $p < 0.001$). /n/ sesinin F3 değerleri, farklı ünlü ortamlarına göre değişiklik göstermektedir.

Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin F3 değerlerinin karşılaştırılması

/m/ ve /n/ seslerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS ortamlarındaki F3 değerlerinin farklılık gösterip göstermediği belirlemek için yapılan karşılaştırmanın bulguları **Çizelge 32'**de verilmiştir.

Çizelge 32. /m/ ve /n/ seslerinin F3 değerlerinin farklı ünlü ortamlarında karşılaştırılması

	/m/	/n/				
	Ort. (Hz)	Ort. (Hz)	Fark (Hz)			p
/ı/	2500.15	2796.63	296.48	U=4077	z=-8.790	<0.001
/y/	2330.63	2652.04	321.41	U=4342	z=-8.669	<0.001
/ε/	2562.07	2715.70	153.63	df=281	t=-4.997	<0.001
/u/	2714.26	2754.58	40.32	df=283	t=-0.983	>0.05
/o/	2720.96	2790.92	69.96	df=282	t=-1.603	>0.05
/Λ/	2713.45	2985.97	272.52	df=266	t=-6.895	<0.001

Çizelge 32'de görüldüğü üzere, /m/ ve /n/ seslerinin F3 değerleri arasında /ı/ ve /y/ ortamlarında anlamlı fark saptanmıştır ($p < 0.001$) ve bu ünlü ortamlarındaki ortalamalar arası farklar sırasıyla 296.48 Hz ve 321.41 Hz'dir. Benzer şekilde /m/ ve /n/ seslerinin ortalama F3 değerleri arasındaki farklar /ε/ ortamında 153.63 Hz ve /Λ/ ortamındaki 272.52 Hz olup bu farklar anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$). /u/ ve /o/ ortamlarındaki ortalama F3 değerleri arasındaki farklar 40.32 Hz ile 69.96 Hz olup bu farklar anlamlı değildir ($p > 0.05$).

/ı/, /y/, /ε/ ve /Λ/ ortamlarındaki /m/ sesinin F3 değerlerinin /n/ sesinin F3 değerlerine göre daha düşük olduğu bulunmuştur.

NR1 ölçümlerinin analizi

Farklı hece konumlarında /m/ ve /n/ seslerinin ortalama NR1 değerleri

Birinci nazal rezonansın (NR1) SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki değerlerinin ortalamaları **Çizelge 33'**te gösterilmiştir.

Çizelge 33. /m/ ve /n/ seslerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalama NR1 değerleri

	/m/			/n/		
	N	Ort. (Hz)	SS	N	Ort. (Hz)	SS
SBHB	216	246.13	29.87	215	252.50	29.40
SİHB	216	239.77	32.48	214	243.71	36.07
SİHS	216	242.10	31.84	216	245.32	31.80
SSHS	213	244.28	31.84	209	249.59	38.24

Çizelge 33'te görüldüğü üzere /m/ sesinin NR1 değerleri SBHB konumunda 246.13 Hz ile en yüksek değere sahiptir. NR1 değerleri SİHB konumunda 239.77 Hz; SİHS konumunda 242.10 Hz ve SSHS konumunda 244.28 Hz'dir.

/m/ gibi, /n/ sesinin NR1 değerleri SBHB konumunda 252.50 Hz ile en yüksek değere sahiptir. NR1 değerleri SİHB konumunda 243.71 Hz; SİHS konumunda 245.32 Hz ve SSHS konumunda 249.59 Hz'dir.

Farklı hece konumlarında /m/ sesinin NR1 değerleri

/m/ sesinin NR1 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki farklılığın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır.

Çizelge 34. /m/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki NR1 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	4886.5	3	1628.833	1.523	0.207
Gruplar içi	916255.4	857	1069.143		
Toplam	921141.9	860			

Çizelge 34'te görüldüğü üzere /m/ sesinin NR1 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($F(3, 857) = 1.523, p > 0.05$). Buna göre, /m/ sesi için NR1 değerlerinin farklı sözcük-hece konumlarında benzer olduğu söylenebilir.

Farklı hece konumlarında /n/ sesinin NR1 değerleri

/n/ sesinin NR1 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki farklılığın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır.

Çizelge 35. /n/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki NR1 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	10324.165	3	3441.388	2.974	0.031
Gruplar içi	983629	850	1157.211		
Toplam	993953.2	853			

Çizelge 35'te görüldüğü gibi /n/ sesinin NR1 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalamaları arasında anlamlı fark olduğu saptanmıştır ($F(3, 850) = 2.974, p < 0.031$). Bu bulguya göre, /n/ sesinin NR1 değerlerinin, farklı sözcük-hece konumlarında değişiklik gösterdiği söylenebilir.

Farklı hece konumlarında /m/ ve /n/ seslerinin NR1 değerlerinin karşılaştırılması

/m/ ve /n/ seslerinin farklı sözcük-hece konumlarındaki NR1 değerlerinin farklılık gösterip göstermediği belirlemek için yapılan karşılaştırmanın sonuçları **Çizelge 36'**da verilmiştir.

Çizelge 36. SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin NR1 değerlerinin karşılaştırılması

	/m/	/n/				
	Ort. (Hz)	Ort. (Hz)	Fark (Hz)			p
SBHB	246.13	252.50	6.37	df=429	t=2.230	p<0.05
SİHB	239.77	243.71	3.94	df=428	t=-1.189	p>0.05
SİHS	242.10	245.32	3.22	U=22246	z=-0.0834	p>0.05
SSHS	244.28	249.59	5.31	U=19446	z=-2.245	p<0.05

Çizelge 36'da görüldüğü üzere, /m/ ve /n/ seslerinin ortalama NR1 değerleri arasındaki fark SBHB konumunda 6.37 Hz olup anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Benzer şekilde SSHS konumunda /m/ ve /n/ seslerinin NR1 değerleri arasındaki fark 5.31 Hz olup anlamlıdır ($p < 0.05$). /m/ ve /n/ seslerinin NR1 ortalamaları arasındaki farklar SİHB konumu için 3.94 Hz'dir ve anlamlı değildir ($p > 0.05$). Yine, SİHS konumunda /m/ ve /n/ sesleri arasındaki fark 3.22 Hz olup anlamlı değildir ($p > 0.05$).

Özetle, /m/ sesinin ortalama NR1 değerleri ile /n/ sesinin ortalama değerleri arasındaki fark sadece SBHB ve SSHS konumlarında anlamlıdır.

Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama NR1 değerleri

/m/ ve /n/ seslerinin farklı ünlü ortamlarındaki NR1 değerlerinin ortalamaları **Çizelge 37'**de gösterilmektedir.

Çizelge 37. /m/ ve /n/ seslerinin NR1 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları

	/m/			/n/		
	N	Ort. (Hz)	SS	N	Ort. (Hz)	SS
/ı/	144	244.86	34.54	144	247.22	35.35
/y/	143	242.31	38.85	142	247.60	34.65
/ε/	143	245.34	29.59	140	247.91	37.26
/u/	144	244.60	29.84	142	250.43	26.35
/o/	143	237.51	35.10	143	244.42	34.86
/Λ/	144	243.73	26.92	143	249.06	35.57

Çizelge 37'de görüldüğü üzere /m/ sesinin ortalama NR1 değerleri /ı/ ortamında 244.86 Hz; /y/ ortamında 242.31 Hz; /ε/ ortamında 245.34 Hz; /u/ ortamında 244.60 Hz; /o/ ortamında 237.51 Hz ve /Λ/ ortamında 243.73 Hz'dir.

/n/ sesinin NR1 değerleri ise, /ı/ ortamında 247.22 Hz; /y/ ortamında 247.60 Hz; /ε/ ortamında 247.91 Hz; /u/ ortamında 250.43 Hz; /o/ ortamında 244.42 Hz; /Λ/ ortamında 249.06 Hz'dir.

Farklı ünlü ortamlarında /m/ sesinin ortalama NR1 değerleri

/m/ sesinin NR1 değerlerinin değişik ünlü ortamlarında anlamlı farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır.

Çizelge 38. /m/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki NR1 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	6092.081	5	1218.416	1.138	0.338
Gruplar içi	915049.9	855	1070.234		
Toplam	921141.9	860			

Çizelge 38'de görüldüğü üzere /m/ sesinin NR1 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($F(5, 855) = 1.138$, $p > 0.05$). Buna göre, /m/ sesinin NR1 değerleri farklı ünlü ortamlarına göre değişiklik göstermeyip benzerdir.

Farklı ünlü ortamlarında /n/ sesinin ortalama NR1 değerleri

/n/ sesinin NR1 değerlerinin değişik ünlü ortamlarında anlamlı farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır.

Çizelge 39. /n/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki NR1 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	2901.699	5	580.340	0.497	0.779
Gruplar içi	991051.5	848	1168.693		
Toplam	993953.2	853			

Çizelge 39'da görüldüğü üzere /n/ sesinin NR1 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($F(5, 848) = 0.497, p > 0.05$). Buna göre, /n/ sesinin NR1 değerlerinin farklı ünlü ortamlarında benzer olduğu söylenebilir.

Farklı ünlü ortamlarında /m/ ve /n/ seslerinin NR1 değerlerinin karşılaştırılması

/m/ ve /n/ seslerinin farklı ünlü ortamlarındaki NR1 değerlerinin farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için karşılaştırma yapılmış ve bulgular **Çizelge 40'**da verilmiştir.

Çizelge 40. /m/ ve /n/ seslerinin NR1 değerlerinin farklı ünlü ortamlarında karşılaştırılması

	/m/	/n/				
	Ort. (Hz)	Ort. (Hz)	Fark (Hz)			p
/ı/	244.86	247.22	2.36	df=286	t=-0.573	>0.05
/y/	242.31	247.60	5.29	df=283	t=-1.212	>0.05
/ε/	245.34	247.91	2.57	U=8935.5	z=-1.561	>0.05
/u/	244.60	250.43	5.83	df=284	t=-1.751	>0.05
/o/	237.51	244.42	6.91	df=284	t=-1.668	>0.05
/Λ/	243.73	249.06	5.33	U=8727	z=-2.232	<0.05

Çizelge 40'ta görüldüğü üzere /m/ ve /n/ seslerinin NR1 değerleri arasındaki fark /Λ/ ortamında anlamlıdır ($p < 0.05$) ve bu ortamdaki ortalamalar arasında 5.33 Hz farklılık vardır (ortanca değerleri /m/ için 240.74 Hz ve /n/ için 253.47 Hz olup aralarındaki fark diğerlerinden yüksektir). /ε/ ortamındaki NR1 değerleri arasında

anlamli bir fark bulunmamıştır ve bu ortamdaki ortalamalar arasında 2.57 Hz fark vardır. Diğer ünlü ortamlardaki ortalamalar arasındaki farklar 2.36 Hz – 6.91 Hz aralığındadır ve bu farklar anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Buna göre, /m/ ve /n/ seslerinin NR1 değerlerinin sadece /Δ/ ortamında farklılık gösterdiği görülmektedir.

NR2 ölçümlerinin analizi

Farklı hece konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama NR2 değerleri

İkinci nazal rezonansın (NR2) SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki değerlerinin ortalamaları **Çizelge 41**'de gösterilmiştir.

Çizelge 41. /m/ ve /n/ seslerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalama NR2 değerleri

	/m/			/n/		
	N	Ort. (Hz)	SS	N	Ort. (Hz)	SS
SBHB	211	1077.43	167.29	211	1135.77	192.17
SİHB	205	1052.43	179.17	206	1082.35	146.48
SİHS	211	1065.39	168.26	208	1096.34	166.20
SSHS	214	1008.48	103.90	206	1139.32	190.21

Çizelge 41'de görüldüğü üzere, /m/ sesi için NR2 değerinin aritmetik ortalamaları SBHB konumunda 1077.43 Hz ile en yüksek değere sahiptir. SİHB konumunda 1052.43 Hz ve SİHS konumunda 1065.39 Hz'dir. NR2 değerleri SSHS konumunda 1008.48 Hz ile en düşük değere sahiptir.

/n/ sesinin NR2 değerleri için aritmetik ortalamaları SSHS konumunda 1139.32 Hz ve SBHB konumunda 1135.77 Hz ile en yüksek iki değere sahiptir. NR2 değeri SİHS konumunda 1096.34 Hz'dir. NR2 değeri SİHB konumunda 1082.35 Hz ile en düşük değere sahiptir.

Farklı hece konumlarında /m/ sesinin NR2 değerleri

/m/ sesinin NR2 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki farklılığın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır.

Çizelge 42. /m/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki NR2 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	578365.4	3	192788.455	7.806	0.000
Gruplar içi	20671033	837	24696.575		
Toplam	21249398	840			

Çizelge 42'de görüldüğü gibi /m/ sesinin NR2 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalamaları arasında anlamlı fark saptanmıştır ($F(3, 837) = 7.806$, $p < 0.001$). Bu bulgu, /m/ sesinin NR2 değerlerinin, farklı sözcük-hece konumuna göre değiştiğini göstermektedir.

Farklı hece konumlarında /n/ sesinin NR2 değerleri

/n/ sesinin NR2 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki farklılığın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır.

Çizelge 43. /n/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki NR2 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	503034.4	3	167678.124	5.483	0.001
Gruplar içi	25288559	827	30578.668		
Toplam	25791593	830			

Çizelge 43'te görüldüğü gibi /n/ sesinin NR2 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($F(3, 827) = 5.483$, $p < 0.001$). Bu bulgu, /n/ sesinin NR2 değerlerinin farklı sözcük-hece konumlarına göre değiştiğini göstermektedir.

Farklı hece konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin NR2 değerlerinin karşılaştırılması

/m/ ve /n/ seslerinin farklı sözcük-hece konumlarındaki NR2 değerlerinin farklılık gösterip göstermediği belirlemek için yapılan karşılaştırmanın sonuçları Çizelge 44'te verilmiştir.

Çizelge 44. SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin NR2 değerlerinin karşılaştırılması

	/m/	/n/				
	Ort. (Hz)	Ort. (Hz)	Fark (Hz)			p
SBHB	1077.43	1135.77	58.34	df=420	t=-3.326	<0.001
SİHB	1052.43	1082.35	29.92	U=18851	z=-1.880	>0.05
SİHS	1065.39	1096.34	30.95	df=417	t=-1.894	>0.05
SSHS	1008.48	1139.32	130.84	U=12302	z=-7.832	<0.001

Çizelge 44'te görüldüğü üzere /m/ ve /n/ seslerinin NR2 değerleri arasında sadece SBHB ve SSHS konumlarında anlamlı fark olduğu ve /m/ sesinin NR2 değerlerinin daha düşük olduğu saptanmıştır. /m/ ve /n/ seslerinin ortalama NR2 değerleri arasındaki fark SBHB konumunda 58.34 Hz olup anlamlıdır ($p < 0.001$). Benzer şekilde, /m/ ve /n/ seslerinin NR2 değerleri arasında SSHS konumundaki fark anlamlı olup ($p < 0.001$) ortalamalar arasındaki fark 130.84 Hz'dir. SİHB konumundaki değerler arasında anlamlı bir fark görülmezken ($p > 0.05$) bu konumdaki ortalamalar arasındaki fark 29.92 Hz'dir. SİHS konumları için ortalamalar arasında 30.95 Hz fark olup anlamlı değildir ($p > 0.05$).

Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama NR2 değerleri

NR2 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ sesleri için ortalamaları **Çizelge 45'**te gösterilmiştir

Çizelge 45. /m/ ve /n/ seslerinin NR2 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları

	/m/			/n/		
	N	Ort. (Hz)	SS	N	Ort. (Hz)	SS
/ı/	141	1085.83	156.70	140	1083.42	156.36
/y/	138	1088.18	180.78	136	1087.24	183.27
/ε/	134	1151.16	192.85	136	1135.11	257.11
/u/	142	1025.90	95.09	138	1160.93	173.70
/o/	142	951.14	137.03	143	1094.73	111.85
/Λ/	144	1009.95	84.10	138	1120.85	131.60

Çizelge 45'te görüldüğü üzere /m/ sesi için NR2 değerlerinin aritmetik ortalamaları /ε/ ortamında 1151.16 Hz ile en yüksek değere sahiptir. NR2

değerleri /ı/ ortamında 1085.83 Hz; /y/ ortamında 1088.18 Hz; /u/ ortamında 1025.90 Hz ve /Λ/ ortamında 1009.95 Hz'dir. NR2 değerleri /o/ ortamında 951.14 Hz ile en düşük değere sahiptir.

/n/ sesinin NR2 değerleri için aritmetik ortalamaları /u/ ortamında 1160.93 Hz ve /e/ ortamında 1135.11 Hz ile en yüksek değerlere sahiptir. NR2 değerleri /y/ ortamında 1087.60 Hz; /o/ ortamında 1094.73 Hz ve /Λ/ ortamında 1120.85 Hz'dir. NR2 değerleri /ı/ ortamında 1083.42 Hz ile en düşük değere sahiptir.

Farklı ünlü ortamlarında /m/ sesinin ortalama NR2 değerleri

/m/ sesinin NR2 değerlerinin değişik ünlü ortamlarında anlamlı farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır.

Çizelge 46. /m/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki NR2 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	3454088	5	690817.534	32.415	0.000
Gruplar içi	17795311	835	21311.749		
Toplam	21249398	840			

Çizelge 46'da görüldüğü üzere /m/ sesinin NR2 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($F(5, 835) = 32.415$, $p < 0.001$). Bu bulguya göre, /m/ sesinin NR2 değerleri, farklı ünlü ortamlarında değişmektedir.

Farklı ünlü ortamlarında /n/ sesinin ortalama NR2 değerleri

/n/ sesinin NR2 değerlerinin değişik ünlü ortamlarında anlamlı farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır.

Çizelge 47. /n/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki NR2 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	652237.8	5	130447.551	4.281	0.001
Gruplar içi	25139355	825	30471.946		
Toplam	25791593	830			

Çizelge 47'de görüldüğü gibi /n/ sesinin NR2 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları arasında anlamlı fark olduğu bulunmuştur ($F(5, 825)$

= 4.281, $p < 0.001$). Buna göre, /n/ sesinin NR2 değerlerinin farklı ünlü ortamlarında değiştiği söylenebilir.

Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin NR2 değerlerinin karşılaştırılması

/m/ ve /n/ seslerinin farklı ünlü ortamlarındaki NR2 değerlerinin birbirinden farklılık gösterip göstermediği belirlemek için yapılan karşılaştırmanın bulguları **Çizelge 48**'de verilmiştir.

Çizelge 48. /m/ ve /n/ seslerinin NR2 değerlerinin farklı ünlü ortamlarında karşılaştırılması

	/m/	/n/				
	Ort. (Hz)	Ort. (Hz)	Fark (Hz)			p
/ı/	1085.83	1083.42	2.41	df=279	t=0.129	>0.05
/y/	1088.18	1087.24	0.94	df=272	t=0.042	>0.05
/ε/	1151.16	1135.11	16.5	U=8294	z=-1.275	>0.05
/u/	1025.90	1160.93	135.03	U=4009.5	z=-8.545	<0.001
/o/	951.14	1094.73	143.59	U=4427	z=-8.231	<0.001
/Λ/	1009.95	1120.85	110.90	U=4702	z=-7.646	<0.001

Çizelge 48'de görüldüğü üzere /m/ ve /n/ seslerinin ortalama NR2 değerleri arasındaki farklar /ı/ ve /y/ ortamlarında sırasıyla 2.41 Hz ve 0.94 Hz olup bu farklar anlamlı değildir ($p > 0.05$). Benzer şekilde, /m/ ve /n/ sesleri arasında /ε/ ortamında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$) ve bu ortamdaki ortalamalar arasındaki fark 16.5 Hz'dir. /m/ ve /n/ seslerinin NR2 değerleri arasında /u/, /o/ ve /Λ/ ortamlarında anlamlı farklar olduğu bulunmuştur ($p < 0.001$) ve bu ortamlardaki ortalamalar arasındaki farklar sırasıyla 135.03 Hz, 143.59 Hz ve 110.90 Hz'dir.

Karşılaştırılan /m/ ve /n/ seslerinin NR2 değerlerinin sadece arka ünlü ortamlarında anlamlı bir fark gösterdiği ve /m/ sesinin NR2 değerlerinin arka ünlü ortamlarında daha düşük olduğu saptanmıştır.

NR3 ölçümlerinin analizi

Farklı hece konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin ortalama NR3 değerleri

Üçüncü nazal rezonansın (NR3) farklı sözcük-hece konumlarındaki değerlerinin ortalamaları **Çizelge 49**'da gösterilmektedir.

Çizelge 49. /m/ ve /n/ seslerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalama NR3 değerleri

	/m/			/n/		
	N	Ort. (Hz)	SS	N	Ort. (Hz)	SS
SBHB	216	2180.95	355.60	214	2254.23	434.24
SİHB	215	2158.33	383.26	212	2262.08	394.79
SİHS	215	2192.79	379.79	215	2264.65	422.12
SSHS	213	2254.02	311.32	208	2240.33	429.30

Çizelge 49'da görüldüğü üzere, /m/ sesi için NR3 değerlerinin aritmetik ortalamaları SSHS konumunda 2254.02 Hz ile en yüksek değere sahiptir. NR3 değerleri SBHB konumunda 2180.95 Hz; SİHB konumunda 2158.33 Hz ve SİHS konumunda 2192.79 Hz'dir.

/n/ sesi için NR3 değerlerinin aritmetik ortalamaları SBHB konumunda 2254.23 Hz; SİHB konumunda 2262.08 Hz; SİHB konumunda 2264.65 Hz ve SSHS konumunda 2240.33 Hz'dir.

Farklı hece konumlarında /m/ sesinin NR3 değerleri

/m/ sesinin NR3 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki farklılığın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır.

Çizelge 50. /m/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki NR3 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	1073024	3	357674.616	2.779	0.040
Gruplar içi	1.1E+008	855	128696.509		
Toplam	1.1E+008	858			

Çizelge 50'de görüldüğü gibi SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ sesinin NR3 değerleri arasındaki farkın anlamlı olduğu bulunmuştur ($F(3, 855) = 2.779$, $p < 0.05$). Buna göre, /m/ sesinin NR3 değerleri sözcük-hece konumuna göre değiştiği söylenebilir.

Farklı hece konumlarında /n/ sesinin NR3 değerleri

/n/ sesinin NR3 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki farklılığın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır.

Çizelge 51. /n/ sesinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki NR3 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	75404.110	3	25134.703	0.142	0.935
Gruplar içi	1.5E+008	845	176722.778		
Toplam	1.5E+008	848			

Çizelge 51'de görüldüğü gibi /n/ sesinin NR3 değerlerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ortalamaları arasında anlamlı bir fark yoktur ($F(3, 845) = 0.142$, $p > 0.05$). Bu bulgu, /n/ sesinin NR3 değerleri, farklı sözcük-hece konumlarında benzer olduğunu göstermektedir.

Farklı hece konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin NR3 değerlerinin karşılaştırılması

/m/ ve /n/ seslerinin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki NR3 değerlerinin farklılık gösterip göstermediği belirlemek için yapılan karşılaştırmanın bulguları **Çizelge 52'**de verilmiştir.

Çizelge 52. SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin NR3 değerlerinin karşılaştırılması

	/m/	/n/				
	Ort. (Hz)	Ort. (Hz)	Fark (Hz)			p
SBHB	2180.95	2254.23	73.28	U=21000	z=-1.639	>0.05
SİHB	2158.33	2262.08	103.75	df=425	t=-2.755	<0.01
SİHS	2192.79	2264.65	71.86	df=428	t=-1.856	>0.05
SSHS	2254.02	2240.33	13.69	U=21161.5	z=-0.794	>0.05

Çizelge 52'de görüldüğü üzere, /m/ ve /n/ seslerinin SİHB konumundaki ortalama NR3 değerleri arasındaki fark 103.75 Hz olup bu farkın anlamlı olduğu saptanmıştır ($p < 0.01$). SİHS konumundaki ortalamalar arasındaki farklar 71.86 Hz olup anlamlı değildir ($p > 0.05$). /m/ ve /n/ seslerinin SBHB ve SSHS

konumlarındaki NR3 değerleri arasındaki fark anlamlı olmayıp ($p > 0.05$) ortalamalar arasındaki farklar sırasıyla 73.28 Hz ve 13.69 Hz'dir.

Bu bulguya göre, NR3 değerlerinin sadece SIHB konumunda farklılık gösterdiği, bu ortamda /m/ sesi için NR3 değerinin /n/ sesinden daha düşük olduğu, diğer sözcük-hece ortamlarında ise benzer olduğu söylenebilir.

Farklı ünlü ortamlarında /m/ ve /n/ seslerinin ortalama NR3 değerleri

NR3 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları Çizelge 53'de gösterilmektedir.

Çizelge 53. /m/ ve /n/ seslerinin NR3 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları

	/m/			/n/		
	N	Ort. (Hz)	SS	N	Ort. (Hz)	SS
/ı/	144	2137.15	331.37	140	2291.94	412.03
/y/	142	2061.46	377.40	142	2176.22	471.41
/ε/	143	2096.74	392.31	140	2126.46	452.24
/u/	144	2268.34	336.08	143	2270.60	424.91
/o/	142	2343.69	322.17	141	2357.30	358.93
/Λ/	144	2270.31	307.92	143	2308.96	346.61

Çizelge 53'e göre, /m/ sesi için NR3 değerlerinin aritmetik ortalamaları /o/ ortamında 2343.69 Hz ile en yüksek değere sahiptir. NR3 değerleri /ı/ ortamında 2137.15 Hz; /ε/ ortamında 2096.74 Hz; /u/ ortamında 2268.34 Hz ve /Λ/ ortamında 2270.31 Hz'dir. NR3 değerleri /y/ ortamında ise 2061.46 Hz ile en düşük değere sahiptir.

/m/ gibi, /n/ sesi için NR3 değerlerinin aritmetik ortalamaları /o/ ortamında 2357.30 Hz ile en yüksek değere sahiptir. NR3 değerleri /ı/ ortamında 2291.94 Hz; /y/ ortamında 2176.22 Hz; /u/ ortamında 2270.60 Hz ve /Λ/ ortamında 2308.96 Hz'dir. NR3 değeri /ε/ ortamında 2126 Hz ile en düşük değere sahiptir.

Farklı ünlü ortamlarında /m/ sesinin ortalama NR3 değerleri

/m/ sesinin NR3 değerlerinin farklı ünlü ortamlarında anlamlı farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır.

Çizelge 54. /m/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki NR3 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	9124125	5	1824825.068	15.263	0.000
Gruplar içi	1.0E+008	853	119559.668		
Toplam	1.1E+0.008	858			

Çizelge 54'te görüldüğü gibi /m/ sesinin NR3 değerlerinin değişik ünlü ortamlarındaki ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olduğu bulunmuştur ($F(5, 853) = 15.263$, $p < 0.001$). Bu bulgu, /m/ sesinin NR3 değerlerinin farklı ünlü ortamına göre değiştiğini göstermektedir.

Farklı ünlü ortamlarındaki /n/ sesinin ortalama NR3 değerleri

/n/ sesinin NR3 değerlerinin değişik ünlü ortamlarında anlamlı farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır.

Çizelge 55. /n/ sesinin farklı ünlü ortamlarındaki NR3 değerlerinin tek yönlü ANOVA ile karşılaştırılmasının sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (sd)	Kareler Ortalaması	F	P
Gruplar arası	5312133	5	1062426.533	6.216	0.000
Gruplar içi	1.4E+008	843	170930.035		
Toplam	1.5E+008	848			

Çizelge 55'te görüldüğü üzere, /n/ sesinin NR3 değerlerinin farklı ünlü ortamlarındaki ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($F(5, 843) = 6.216$, $p < 0.001$). Bu bulgu, /n/ sesinin NR3 değerlerinin farklı ünlü ortamlarına göre değiştiğini göstermektedir.

Farklı ünlü ortamlarındaki /m/ ve /n/ seslerinin NR3 değerlerinin karşılaştırılması

/m/ ve /n/ seslerinin farklı ünlü ortamlarındaki NR3 değerlerinin farklılık gösterip göstermediği belirlemek için yapılan karşılaştırmanın sonuçları **Çizelge 56'**da verilmiştir.

Çizelge 56. /m/ ve /n/ seslerinin NR3 değerlerinin farklı ünlü ortamlarında karşılaştırılması

	/m/	/n/				
	Ort. (Hz)	Ort. (Hz)	Fark (Hz)			p
/ı/	2137.15	2291.94	154.79	U=7828	z=-3.255	<0.001
/y/	2061.46	2176.22	114.76	U=8813	z=-1.834	>0.05
/ε/	2096.74	2126.46	129.72	U=9667	z=-0.498	>0.05
/u/	2268.34	2270.60	2.26	U=10157	z=-0.198	>0.05
/o/	2343.69	2357.30	13.61	df=281	t=-0.336	>0.05
/Λ/	2270.31	2308.96	38.65	df=285	t=-0.999	>0.05

Çizelge 56'da görüldüğü gibi, /m/ ve /n/ seslerinin /ı/ ünlü ortamındaki NR3 değerleri arasındaki farkın anlamlı olduğu bulunmuştur ($p < 0.001$). Bu ortamdaki ortalamalar arasındaki fark 154.79 Hz'dir. /m/ ve /n/ seslerinin NR3 değerleri arasında /y/, /ε/ ve /u/ ortamlarında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$) ve bu ortamlardaki ortalamalar arasındaki farklar sırasıyla 114.76 Hz, 129.72 Hz ve 2.26 Hz'dir. Benzer şekilde /o/ ve /Λ/ ünlü ortamlarındaki ortalamalar arasındaki farklar sırasıyla 13.61 Hz ile 38.65 Hz olup anlamlı değildir ($p > 0.05$).

Özetle, /m/ ve /n/ sesleri için NR3 değerlerinin sadece /ı/ ortamında anlamlı fark gösterdiği ve /m/ sesinin değerinin daha düşük olduğu bulunmuştur. Diğer tüm ünlü ortamlardaki NR3 değerleri /m/ ve /n/ sesleri için benzerdir.

Bulguların Özeti

Çizelge 57'de /m/ ve /n/ seslerinin tüm ölçülen akustik parametre değerlerinin ortalamaları verilmiştir. SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumları ve farklı ünlü ortamları için yapılan karşılaştırmalardan hatırlanacağı üzere /m/ ve /n/ seslerini ayırt etmede en etkili parametreler olarak süre değerleri, F2 ve F3 değerleri görülmektedir. Bu durum ortalamalarda da kendini göstermektedir.

Çizelge 57. /m/ ve /n/ seslerinin tüm ortamlardaki ölçüm parametreleri değerlerinin ortalamaları

	/m/	/n/	
	Ort.	Ort.	Fark
Süre (ms)	78.14	63.26	14.88
F1 (Hz)	351.30	360.85	-9.55
F2 (Hz)	1262.26	1501.04	-238.78
F3 (Hz)	2587.61	2781.22	-193.61
NR1 (Hz)	243.06	247.77	-4.71
NR2 (Hz)	1050.77	1113.54	-62.77
NR3 (Hz)	2196.37	2255.42	-59.05

Çizelge 57'de görüldüğü üzere /m/ sesinin ortalama süresi 78.14 ms, /n/ sesinin ortalama süresi 63.26 ms'dir. /m/ sesi /n/ sesinden ortalama olarak 14.88 ms daha uzundur.

/m/ sesinin ortalama F1 değeri 351.30 Hz ve /n/ sesinin ortalama değeri 360.85 Hz olup aradaki fark sadece 9.55 Hz'dir. Öte yandan, ortalama F2 değeri /m/ için 1262.26 Hz, /n/ için 1501.04 Hz'dir. Bu da, /m/ sesinin F2 değeri /n/ sesinden 238.78 Hz daha düşük olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, ortalama F3 değeri /m/ için 2587.61 Hz, /n/ sesi için 2781.22 Hz olup /m/ sesinin F3 değerinin /n/ sesinden 193.61 Hz daha düşüktür.

Nazal rezonans değerleri /m/ ve /n/ sesleri için benzer değerler sergilemiştir. Ortalama NR1 değeri /m/ sesi için 243.06 Hz, /n/ sesi için 247.77 Hz olup aradaki fark sadece 4.71 Hz'dir. Benzer şekilde, NR2 değeri /m/ sesi için 1050.77 Hz, /n/ sesi için 1113.54 Hz'dir. Aradaki fark ise 62.77 Hz'dir. Ortalama NR3 değerleri /m/ ve /n/ sesleri için sırasıyla 2196.37 Hz ve 2255.42 Hz olup aradaki fark 59.05 Hz'dir.

Tartışma

Bu çalışmada Türkçedeki nazal sesler olan /m/ ve /n/ seslerinin akustik özellikleri incelenmiştir. Akustik özelliklerden sürenin, formant başlangıç değerlerinin ve nazal rezonans değerlerinin nazal sesler için farklı sözcük-hece konumlarına göre değişip değişmediği ile bu sürelerin /m/ ve /n/ sesleri için farklılık gösterip göstermediği belirlenmiştir.

Süre

Nazal seslerin ölçülen süre özelliklerine baktığımızda iki nazal sese de farklı sözcük-hece konumlarının etkisinin olduğu görülmüştür. /m/ sesi için süre ortalamalarına baktığımızda en uzun süreler 100.47 ms ile SİHS konumunda ve 85.13 ms ile SBHB konumunda, en kısa süreler ise SİHB (64.57 ms) ile SSHS (61.80 ms) konumlarındadır. /n/ sesi için süre ortalamaları, en uzun sürenin 92.08 ms ile SİHS konumunda, ikinci uzun sürenin 66.90 ms ile SBHB konumunda ve en kısa sürelerin SİHB (47.31ms) ve SSHS (45.14ms) konumlarında olmasıyla /m/ sesine benzer bir dağılım göstermektedir.

En uzun süreler nazal seslerin birinci hecede olduğu durumlarda ortaya çıkmıştır. Türkçede vurgunun genelde ikinci hecede olması göz önünde bulundurulduğunda bu çalışmadaki süre uzunluğunun vurgudan kaynaklanmadığı düşünülmektedir. En uzun sürelerin görüldüğü SİHS konumunda, diğer konumlardan farklı olarak nazal sesi, bir ötümlü durak sesi takip etmektedir. Glass (1984) nazal sesleri araştırdığı çalışmasında İngilizcedeki nazal seslerin bir ünsüzle çift oluşturmadığı (singleton) zaman sürelerinin ortalama 65 ms olduğunu, ötümlü bir ünsüzle çift oluşturduğunda ise ortalama sürenin uzadığını (ortalama 75 ms) bulgulamıştır. Bu çalışmada SİHS konumunda nazal sesi ötümlü durak sesi takip etmiştir. Bu nedenle, SİHS konumu için Glass'ın (1984) belirttiği gibi bir etki olduğu düşünülebilir.

Bu çalışmanın bulgularında dikkati çeken nokta, /m/ sesi ile /n/ sesinin, tüm sözcük-hece konumlarında, tüm ünlü ortamlarındaki süre farkının anlamlı olmasıdır. Çünkü, diğer diller için yapılan nazal seslerle ilgili çalışmalarda sesletim yerine göre süre farkı bulunmamıştır. Örneğin, Kurowski ve Blumstein (1984) İngilizcedeki nazal seslerden /m/ ve /n/ sesleri arasında sesletim yerine bağlı olarak sistematik bir süre farkının olmadığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Narayan (2007) Filipin dilindeki /m/ ve /n/ seslerinin süreleri arasında anlamlı bir fark bulamamıştır. Bu çalışmalarda süre özelliklerine bakılan nazal sesler sadece hece-başı konumundadır ve hece-sonu konumlarında bir fark olup olmadığı bilinmemektedir. Ancak, bu çalışmada nazal seslere dört farklı hece konumunda bakılmış ve hece-başı konumu dahil her konumda /m/ ve /n/ sesleri arasında anlamlı fark olduğu görülmüştür.

/m/ ve /n/ seslerinin sürelerinin bir dilde incelenmesi, o dile özgü özelliklerinin belirlenmesini sağlamaktadır. Türkçe için /m/ ve /n/ arasındaki anlamlı süre farklılığı, Türkçeye özgü bir durum olabilir ancak bu süre farklılığının algılamada bir etken olup olmadığı ayrıca araştırılmalıdır. Aynı zamanda, Türkçe için bulunan bu süre farklılığı dil ve konuşma bozukluğu alanında yapılacak araştırmalarda göz önünde bulundurulmalıdır çünkü Wernicke ve Broca afazilerinde nazal seslerin sürelerinin, sağlıklı kontrollere göre anlamlı bir şekilde değiştiği gösterilmiştir (Kurowski ve Blumstein, 2007). Bu nedenle, Türkçede

afazi gibi konuşma bozukluklarında yapılacak çalışmalarda, /m/ ve /n/ arasında anlamlı fark olduğu ve bu sürenin farklı sözcük-hece konumlarından etkilendiği dikkate alınmalıdır.

Formant başlangıç değerleri

/m/ ve /n/ seslerinin formant başlangıç değerleri farklı sözcük-hece konumlarında ve farklı ünlü bağlamında ölçülmüştür. Bu çalışmanın bulguları, /m/ ve /n/ seslerinin F2 başlangıç değerlerinin tüm sözcük-hece konumlarında ve tüm ünlü ortamlarında farklı olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, F3 değerlerinin tüm sözcük-hece konumlarında farklı olduğu bulgulanmıştır. Ancak, ünlü ortamına bakıldığında F3 değeri, /m/ ve /n/ sesleri için yalnız ön ünlü ortamlarında farklılık göstermiştir. F1 değerinin ise /m/ ve /n/ için farklı sözcük-hece konumlarında ve farklı ünlü ortamlarında benzer olduğu, yalnız /ʌ/ ünlü ortamında farklılık gösterdiği saptanmıştır.

Narayan (2007) F1 başlangıç değerinin, /m/ ve /n/ nazal sesleri için /ʌ/ ünlü ortamında anlamlı farklılık gösterdiğini bulmuştur. F1 değerinin üretim yerini belirlemede önemli bir rolü olmaması nedeniyle başka çalışmalar bu konuya değinmemektedir. Bu çalışmada da F1 değerinin üretim yerini belirlemede hece konumlarına göre farklılık göstermediği bulunmuştur. Farklı ünlü ortamlarında ise sadece /ʌ/ ünlü ortamında anlamlı bir farklılık görülmüştür. Farklılığın az olmasının muhtemel nedenlerinden ilki, F1 değerini etkileyen ağız boşluğunun art kısmında kalan boşluğun her iki nazal sesin üretiminde de benzer olmasıdır. Bu nedenle F1 değerleri /m/ ve /n/ sesleri için ünlüye geçişte birbirine yakın değerler almaktadır. F1 değerlerini değiştirebilecek başka bir nedense, koartikülasyondan dolayı nazal sesi takip eden veya öncesindeki ünlünün de nazal hale gelmesidir. 250-300 Hz’de görülen tipik nazal rezonansın önceki veya sonraki ünlüye aktarılması sonucunda, F1 başlangıç değerleri değişmektedir. 250-300 Hz’de temel frekansa yakın bölgede ek bir rezonans bölgesinin oluşması, bu bölgenin üzerinde 600 Hz civarında enerji yokluğuna neden olmaktadır (Fujimura, 1962). Arka ünlülerden /ʌ/ sesinde en yüksek F1 başlangıç değerinin bulunması; /ʌ/ sesinin birinci nazal rezonanstan ön ünlülere göre daha az etkilenmesine neden olmuş olabilir çünkü nazal olmayan arka ünlülerde bu kadar düşük bir rezonans bölgesi bulunmamaktadır. F1 başlangıç bölgesini etkileyecek diğer bir etken ise nazallık etkisinden dolayı artmış bant genişlikleri ve düşük enerji seviyeleridir (Dickson, 1961). Bu etkenler, her iki nazal ses için ortak olup üretim yerinden değil nazallıktan kaynaklanan etkenlerdir. Bu nedenle, F1 değerleri /m/ ve /n/ seslerinin ortak nazal özelliklerinden, /ʌ/ sesi hariç benzer biçimlerde etkilendikleri için farklılık göstermemektedir. Ayrıca, bu çalışmada nazal sesler için birinci nazal rezonans olarak belirlenen formant bölgesinin, her iki nazal ses için de benzer değerlerde olduğu ve aralarında anlamlı bir fark bulunmadığının belirlenmesi, bu varsayımı desteklemektedir. F1 değerlerinin sadece /ʌ/ ortamında ayırt edici etkisinin görülmesi, /ʌ/ sesinin yüksek F1 değerleri sayesinde düşük nazal rezonanstan daha az ve sesin üretim yerinden daha çok etkilenmiş olmasına bağlanabilir.

Bu çalışmanın sonuçlarında /m/ ve /n/ seslerinin F1 başlangıç değerleri /ɛ/ ve /ʌ/ ünlü ortamlarında 533.62 – 584.72 Hz arasında olduğu görülürken bu değerler /ɪ/, /y/, /w/, /u/ ünlü ortamlarında 224.51 – 296.78 Hz arasındadır. Bu durum

Türkçeki ünlülerin birinci formant değerleriyle de uyumludur (Kopkallı-Yavuz, 2010).

Diğer dillerde yapılan çalışmaların sonuçlarında formant başlangıç değerlerinin ve formant geçişlerinin, üretilen sesin üretim yerini belirlemede etkili akustik özelliklerden biri olduğu belirtilmektedir (Stevens, 2000a). Nazal seslerle ilgili algı çalışmaları da formant geçişlerinin nazal seslerin üretim yerini belirlemede en önemli etkenlerden biri olduğunu göstermektedir (Kurowski ve Blumstein, 1984; Harding ve Meyer, 2003; Malecot, 1956). Bu çalışmanın bulguları F2 başlangıç değerinin tüm hece konumlarında ve tüm ünlü ortamlarında /m/ ve /n/ sesleri arasında anlamlı farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Türkçedeki nazal sesler için F2 başlangıç değerinin sesin sesletim yerine göre değişen güçlü bir akustik parametre olduğu söylenebilir.

F2 değerinin ünlüler için dilin konumuna göre ağzın ön kısmındaki boşluğun büyüklüğüyle ters orantılı değişen bir formant değeri olduğu belirtilmektedir (Ladefoged, 1996). /m/ sesinin oluşum biçiminde, kapalı olan dudakların açılmaya başladığı andaki ağzın ön kısmında kalan boşluk, dışı /n/ sesi için dil ile kapalı olan ağız yolunun açılmaya başladığı andaki boşluktan daha büyüktür. Bu nedenle /m/ sesinin gösterdiği rezonans etkisi, daha düşük frekanstaki F2 başlangıç değeri olarak gerçekleşmektedir. Bununla tutarlı bir şekilde, bu çalışmanın sonucunda F2 başlangıç değerlerinin tüm bağlamlarda /m/ sesi için daha düşükken, /n/ sesi için daha yüksek olduğu bulunmuştur.

F2 başlangıç değerinin, sesletim yerinin belirlemedeki rolü durak sesleri için bilinmektedir. Nazal sesler ile homorganik (üretim yeri aynı) seslerin F2 başlangıç değerleri açısından da benzer olduğu daha önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Stevens, 2000a; Delattre, 1955). Nazal seste, oral yolun kapalı ve nazal yolun açık olduğu nazal rezonans bölgesini formant başlangıç değerleri takip ederken, durak sesinde patlama için oral yolun kapalı olduğu durumu formant başlangıç değerleri takip etmektedir. Sonuçta üretim yerlerine göre benzer F2 başlangıç değerleri gözlenmektedir. Türkçedeki durak seslerinin F2 başlangıç değerleri ile ilgili çalışma bulunmadığından durak ve nazal seslerin karşılaştırılması yapılamamaktadır.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, F2 başlangıç değerlerinin /m/ ve /n/ seslerinin /ı/ ünlüsü ortamında en yüksek değerde olduğunu, /o/ ve /a/ ünlüleri ortamında ise en düşük değerde olduğu görülmüştür. Farklı ünlü ortamlarının F2 başlangıç değerlerine anlamlı bir etkisi görülmüştür. Bu durum ünlülerin üretim yerlerinin farklı olmasının kaynaklamaktadır.

F3 başlangıç değerlerinin yerini belirlemenin zor olduğunu, değişkenlik gösterdiğini ve bu değişkenliğin büyüklüğünü daha önceki çalışmalar göstermiştir (Narayan, 2007; Hon, 2003). Bu çalışmada da F3 değerlerinin /m/ ve /n/ sesleri için yüksek standart sapmalara sahip olduğu görülmüştür. Yüksek oranda değişkenlik görülse de F3 başlangıç değerlerinin, /m/ ve /n/ sesleri arasında ve tüm hece konumlarında anlamlı farklılık gösterdiği bulunmuştur. Bu çalışmanın bulgularına göre /m/ sesinin F3 değerleri /n/ sesinin değerlerinden daha düşüktür.

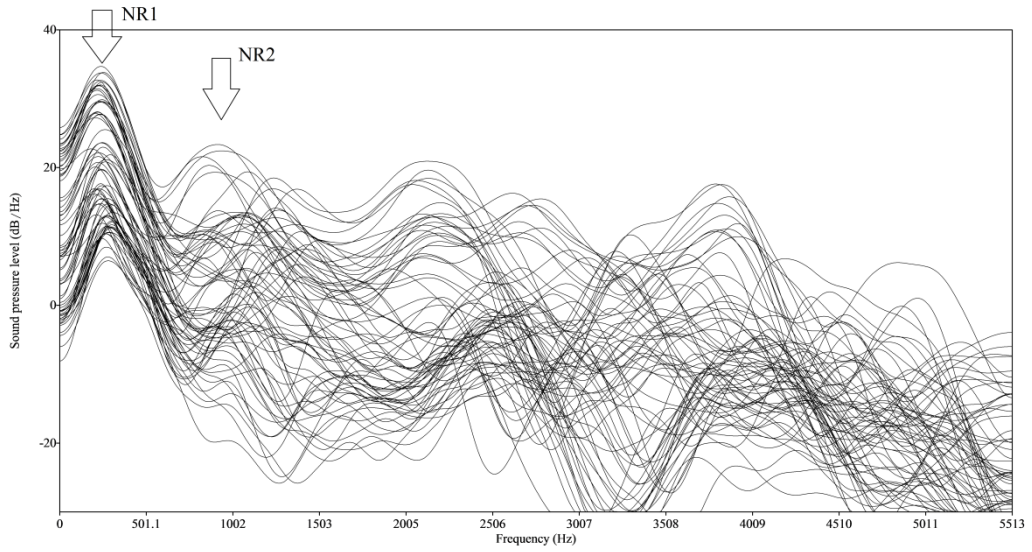
Ağız içi boşluktaki konuşma organlarının durumuna göre F1 ve F2 değerleri için etkili bölgeler tahmin edilebilmektedir ancak F3 değerleri için bu durum karmaşıktır. /m/ sesi için görülen düşük F3 değerleri ile /n/ sesi için görülen

yüksek F3 değerleri sesletim yerleriyle ilişkilendirilebilir. Bu çalışmada bulunan F3 değerlerinin diğer bir özelliği ise sadece ön ünlü ortamlarında ve /ʌ/ ünlü ortamında anlamlı farklılık göstermesidir. /u/ ve /o/ kapalı art ünlü ortamlarında ise anlamlı fark saptanmamıştır. Diş-ardı /n/ sesinin üretiminde F2 ve F3 değerlerinin, sesletim yerine bağlı özellikleri taşıyabilmesi için /m/ sesinden daha yüksek değerlere çıkması gerekmektedir (Stevens ve Keyser, 1989). Zaten yüksek F2 değerlere sahip olan ön ünlü ortamında, /n/ sesinin F2 ve F3 değerlerinin birbirinden ayrılabilmesi ve /m/ sesinden ayırt edebilmesi için F3 değerlerinin daha çok artmasına neden olmuş olabilir. Ön ünlülerin yüksek F2 değerlerinden dolayı /n/ sesinde F3 değerlerinin daha çok yükseltilme ihtiyacı olasılığına karşın /ʌ/ ünlü ortamında da anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Bu çalışmanın bulgularında F3 değerlerinin /n/ sesi için tüm ünlü ortamlarında, ortalama değerlerinin daha yüksek olması yönünde bir eğilim göze çarpmaktadır. /u/ ve /o/ ünlü ortamlarında ise /m/ ve /n/ için F3 değerleri birbirine yakındır. Bu durumun benzerliği diğer çalışmalarda görülmemekte ve F3 değerinin incelendiği çalışmalarda F3 değerlerinin değişkenliğinin güvenilir analiz yapmaya izin vermediği yönündedir (Narayan, 2007; Hon, 2003).

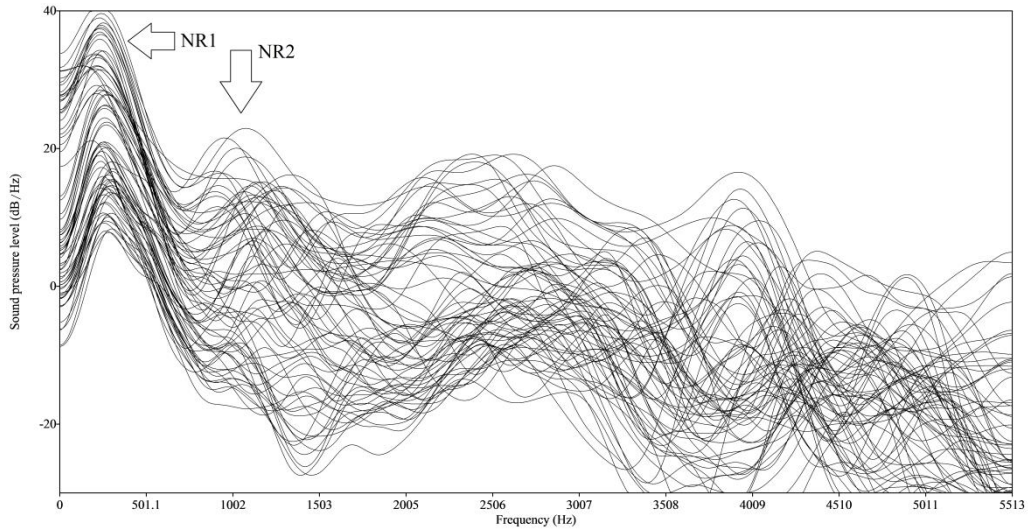
Nazal rezonanslar

Bir sesin nazal ses olup olmadığını belirleyen en önemli akustik özellikler 250-300 Hz dolaylarında görülen birinci nazal rezonans ve 1000 Hz dolaylarında görülen daha zayıf ikinci bir nazal rezonans bölgesinin olmasıdır (Fujimura, 1962; Fant, 2005; Stevens, 2000 a, b). Bu tipik rezonans bölgelerinin varlığı sadece nazal sesler için nazallık algısı oluşturmamakta, ünlüye eklenmesiyle nazal ünlü algısı da oluşturmaktadır (Harding ve Meyer, 2003).

Bu çalışmada birinci nazal rezonans (NR1) her iki nazal ses için de 250 Hz dolaylarındadır. /m/ ile /n/ sesleri karşılaştırıldığında bazı anlamlı farklılıklar görülmüştür. Farklı sözcük-hece konumlarında (SBHB ve SSHS) /m/ ve /n/ sesleri için NR1 değerleri anlamlı farklılıklar göstermiştir. Ancak bu konumlardaki ortalama değerler birbirine çok yakındır. Örneğin SBHB konumunda /m/ sesinin NR1 değeri 246 Hz iken bu değer /n/ sesi için 253 Hz'dir. /m/ ve /n/ sesleri arasındaki fark her ne kadar az da olsa; bütün hece konumlarında ve ünlü ortamlarında, /m/ sesinin NR1 değerleri daha düşük olma eğilimindedir. Oral kavitedeki boşluğun, sesin üretim yeri arkalara doğru gitmesi sonucunda azalması, bir miktar da olsa NR1 değerlerinin /n/ sesi için yükselmesine neden olmaktadır (Raphael ve ark., 2011). **Şekil 18 ve 19**'da görüldüğü gibi NR1 değerleri, en baştaki ve enerjinin en tutarlı biçimde yoğunlaştığı enerji bölgeleri olarak ortaya çıkmaktadır.



Şekil 18. SBHB konumundaki /m/ seslerinin nazal rezonans spektral dağılımlarının tüm katılımcıların 2.listelerinden alınmış görüntüleri



Şekil 19. SBHB konumundaki /n/ seslerinin nazal rezonans spektral dağılımlarının tüm katılımcıların 2.listelerinden alınmış görüntüleri

Bu çalışmada bulunan NR1 değerleri Fujimura'nın (1962) değerleriyle örtüşmektedir. Üretim yerini belirlemeye dair bir etkisi şu ana kadar gösterilmemiştir ancak nazallık algısında büyük öneme sahiptir (Liebermann ve Blumstein, 1988).

İkinci nazal rezonans (NR2) için ölçülen ortalama değerler /m/ sesi için 1051 Hz ve /n/ sesi için 1114 Hz'dir. Bu değerler 1000 Hz seviyesinde görülebilen ikinci nazal rezonans değerleriyle örtüşmektedir (Fujimura, 1962; Glass, 1984). Nazal seslerin 2. formantının ön ünlülerle birlikte çok daha yüksek bir frekans seviyesinde olduğu söylenmektedir (Harding ve Meyer, 2003). Bu çalışmanın sonucunda da ünlü seslerin, /m/ ve /n/ seslerinin NR2 değerlerine anlamlı bir etkisi olduğu görülmüştür. /m/ sesi için NR2 değerlerinin ön ünlü ortamlarında (/i/, /y/, /ε/) daha yüksek değerler aldıkları görülmüştür. Ancak /n/ sesinde aynı eğilim gözlenmemiş, en yüksek NR2 değeri /u/ ünlü ortamında görülmüştür. /m/

sesinin üretiminde, dudakların kapalı olduğu süre içinde dil, /m/ sesinin yanındaki ünlünün pozisyonunu özgürce alabilir. /m/ sesi için dudakların kapalı olduğu bu sürede, ön ünlü için dil öne doğru gelip ağız içi boşluğu daraltarak formantların yükselmesine neden olabilir. Ancak, /n/ sesinin üretim biçimi için benzeri bir durum söz konusu değildir.

Bu çalışmada /m/ ve /n/ sesleri için NR2 değerleri tüm sözcük-hece konumu ve tüm ünlü ortamı için farklılık göstermemiştir. /m/ ve /n/ seslerinin NR2 değerlerinin arasındaki farklılık sadece SBHB ve SSHS ortamlarında anlamlıdır. Ünlü ortamına bakıldığında ise, NR2 değerlerinin sadece art ünlü ortamlarında anlamlı fark gösterdiği görülmüştür. **Şekil 18 ve Şekil 19**'de yaklaşık 250Hz'de görülen NR1 değerleri gibi 1000Hz dolaylarında NR2 değerleri de hem /m/ hem /n/ sesleri için görülmektedir. Ancak NR2 değerlerinin tepe noktalarının, NR1 değerlerinde olduğu gibi belli bir bölgede yoğunlaştığı söylenemez.

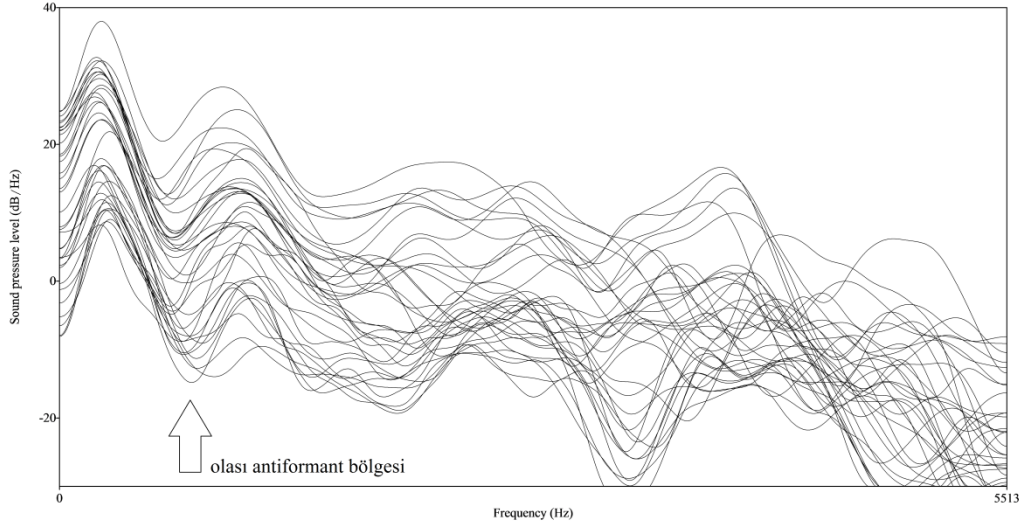
NR1 ve NR2 değerlerinin her ikisi de, hem /m/ hem de /n/ için, aynı sözcük-hece konumlarında (SBHB ve SSHS) anlamlı fark göstermiştir. Formant geçişleri gibi nazal rezonans değerlerinin de sesletim yerine bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Burada dikkati çeken diğer nokta ise NR2 değerlerinin /m/ ve /n/ sesleri için anlamlı farklılık göstermesinin art ünlü ortamıyla sınırlı olmasıdır. Formant başlangıç değerlerinden F3 değerleri ise /m/ ve /n/ seslerinde, sadece ön ünlü ve /ʌ/ ünlü ortamlarında farklılık göstermektedir. Bu iki parametre, çalışmadaki her ünlü ortamı bağlamında, /m/ ve /n/ sesleri arasında farklılık görülebilmesi yönünden birbirini tamamlamaktadır. NR2 ve F3 değerlerinin, ünlülerin ön-arka özelliklerinden benzer biçimlerde etkilendiği görülmektedir. Bu, ünlü ortamının NR2 ve F3 değerlerine anlamlı bir etkisinin olduğu anlamına gelmektedir.

NR3 değerleri diğer dillerde yapılan çalışmaların bir çoğunda incelenmemiştir. Ayrıca, nazal rezonans bölgeleri için, kendine özgü özelliklerinden dolayı, ünlülerdeki gibi belirli formant bölgelerinden bahsedilmemektedir (Fujimura, 1962). Nazal seslerle ilgili çalışmalarda orta frekans bölgesinde (800-2300) enerjinin oldukça yoğunlaştığı bir bölgenin olmadığından ve her zaman görülme de 2200 Hz'e yakın bir bölgede zayıf bir rezonans bölgesinin görülebileceğinden bahsedilmektedir. Bu çalışmada /m/ ve /n/ seslerinin spektral görüntüleri incelendiğinde 1000 Hz yakınlarındaki nazal rezonanstaki sonra yaklaşık 2000 Hz'e kadar enerjinin yoğunlaştığı bir bölgenin olmadığı görülmektedir (**Şekil 18 ve 19**). 2000 Hz'den sonra ise enerjinin yoğunlaştığı belirli bölgeler dağınık haldedir. Bu bilgiler, NR3 için elde edilen değerlerin standart sapma değerlerinin yüksek olmasıyla tutarlıdır. Bu nedenle, bu çalışmada elde edilen /m/ ve /n/ seslerinin NR3 değerleri farklı sözcük hece konumlarından sadece SİHB konumunda, farklı ünlü ortamlarından sadece /ı/ ortamında anlamlı fark göstermiştir.

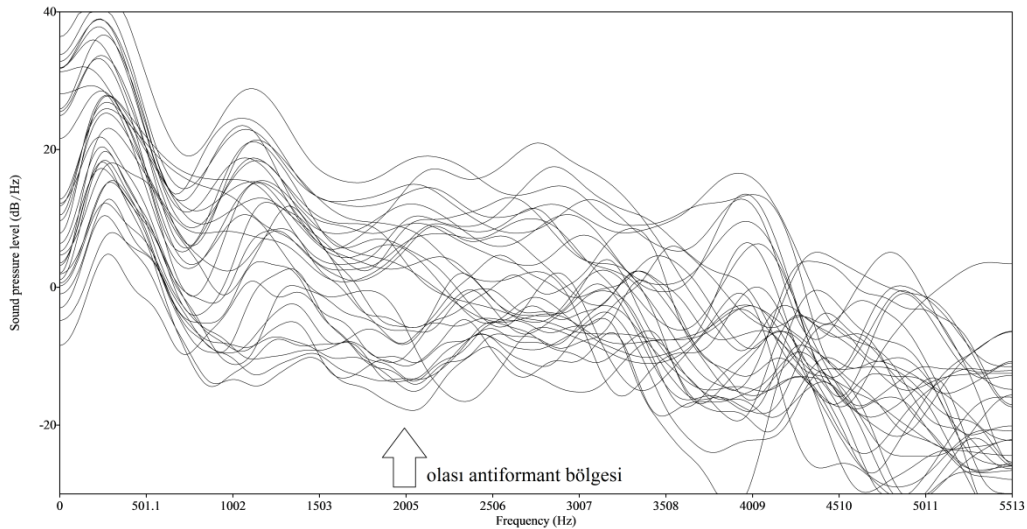
Bu çalışmada elde edilen sonuçlardan NR1, NR2 ve NR3 olarak belirlenen frekans değerlerinin nazal seslerin üretim yerine göre farklı ünlü ortamlarında ve değişik sözcük-hece konumlarının bazılarında farklılık gösterdiği görülmüştür.

Nazal seslerin bir diğer önemli özelliği anti-formantlarıdır. Nazal seslerin üretimi sırasında, ağız-içi boşluğunun neden olduğu ve bu boşluğun büyüklüğüne bağlı olarak sesin belirli frekanslarında enerji yokluğuna neden olan bir durumdur. Bu

nedenle nazal seslerin üretim yerinden doğrudan etkilenmektedir. Anti-formantlar yaklaşık olarak /m/ için 750-1250 Hz arasında; /n/ için 1450-2200 Hz arasındadır (Fujimura, 1962). Bu çalışmada elde edilen nazal rezonans bölgesinin spektral görüntüleri incelendiğinde anti-formant bölgeleri olarak değerlendirilebilecek frekanslar göze çarpmaktadır. **Şekil 20** ve **21**, sırasıyla, /m/ ve /n/ seslerinin /Λ/ ortamı için olası anti-formant bölgelerini göstermektedir.



Şekil 20. SBHB konumunda ve /Λ/ ünlü ortamındaki /m/ spektral görüntüleri



Şekil 21. SBHB konumunda ve /Λ/ ünlü ortamındaki /n/ spektral görüntüleri

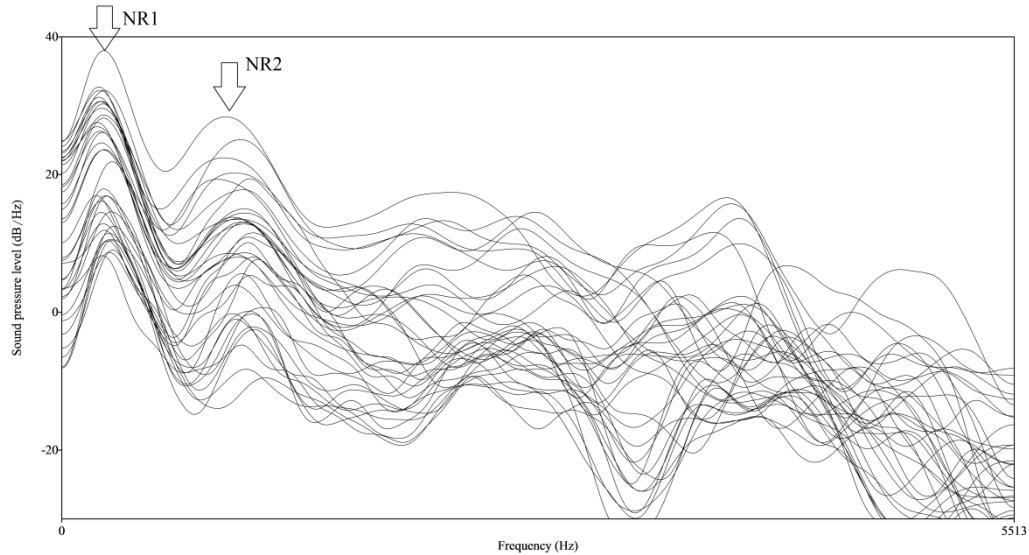
Şekil 20'de görüldüğü üzere, /m/ sesi için muhtemel anti-rezonans bölgesi, 500-1000 Hz arasındaki enerji azlığının olduğu bölge olarak düşünülebilir. Fakat bu bölgedeki enerji azlığının bir diğer sebebi de, yaklaşık 250 Hz'deki güçlü NR1 bölgesinin hemen üzerindeki bölge olan 600 Hz dolaylarında enerji azlığına neden olduğu da unutulmamalıdır (Fujimura, 1962). Çünkü /n/ sesinde de NR1 bölgesinin hemen üzerinde enerjinin azaldığı bir bölge bulunmaktadır.

/n/ sesinin anti-formant bölgesinin /m/ sesinden yüksek olduğu ve yaklaşık 1450-2200 Hz arasında olduğundan bahsedilmektedir (Fujimura, 1962). **Şekil 21**'de

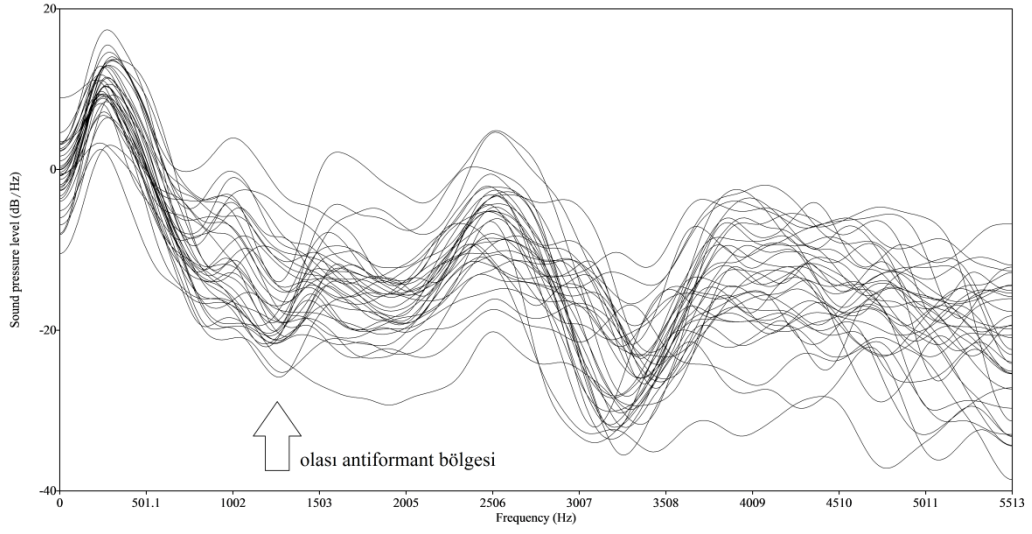
NR1 bölgesinden sonraki bölge incelendiğinde yaklaşık 2000 Hz’de enerjinin azaldığı bir bölge görülmektedir. **Şekil 20** ve **Şekil 21** karşılaştırıldığında /m/ ve /n/ seslerinin benzer bölgelerinde enerjinin azaldığı göze çarpmaktadır.

Her iki nazal sesin grafiklerinde de 600 Hz civarlarında sesletim yerinden bağımsız enerjinin azaldığı bir bölgenin olduğu görülmektedir. Anti-rezonans bölgelerinin nazal seslerin sesletim yerine etkisi, nazal seslerin enerjileri ölçülerek çalışılmaktadır (Glass, 1984; Harding ve Meyer, 2003). Nazal sesler, spektrogram görüntüleri incelendiğinde, çevrelerindeki ünlülerden daha düşük enerjide olmaları nedeniyle hemen fark edilmektelerdir. Nazal seslerin enerji değişimlerinin üretim yerini belirlemedeki etkisi, bu enerji değişimlerinin hangi bant aralıklarında yoğunlaştığıyla ilgilidir. Kurowski ve Blumstein (1987), /m/ sesinin ünlüye geçişteki 395-770 Hz aralığındaki enerji değişiminin /n/ sesinden daha fazla olduğu ve /n/ sesinden ünlüye geçişteki 1265-2310 Hz aralığındaki enerji değişiminin ise daha fazla olduğunu bulmuş ve bu yolla /m/ ve /n/ seslerinin %89 oranında doğru olarak ayırt edilebildiğini belirtmişlerdir.

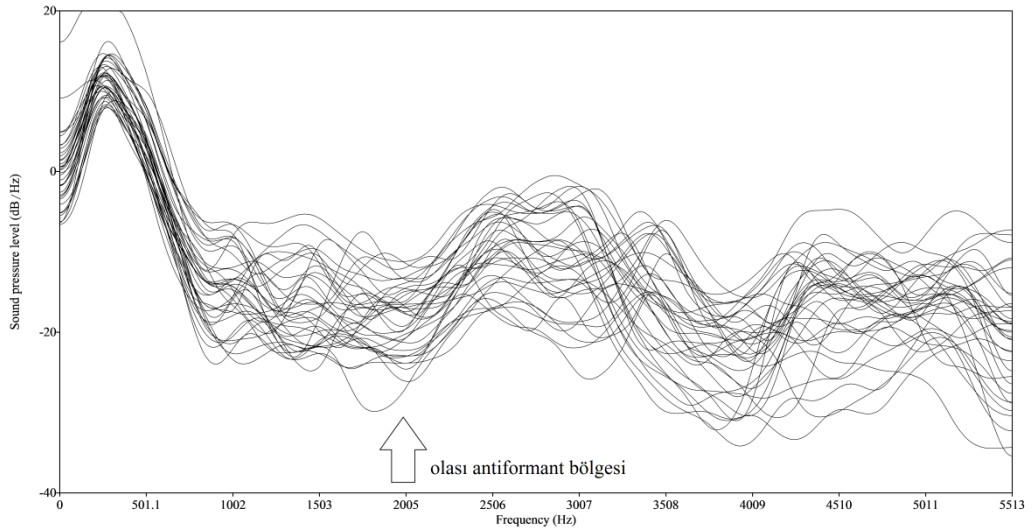
Nazal seslerin bir diğer belirgin özelliği ise bireyler arası değişkenliğinin yüksek olmasıdır (Fujimura, 1962; Glass, 1984; Amino ve Arai, 2009). **Şekil 22**’deki farklı katılımcılardan sadece bir ünlü ortamında alınan /m/ sesinin grafikleri incelendiğinde, NR1 ve NR2 bölgeleri dışında enerjinin yoğunlaştığı bir bölge olmadığı göze çarpmaktadır. Bu da Türkçede nazal seslerin rezonans bölgelerinin bireyler arasında oldukça değişken olduğunu göstermektedir. **Şekil 23** ve **Şekil 24**’deki aynı katılımcının farklı ünlü ortamlarından alınan /m/ ve /n/ rezonans bölgeleri incelendiğinde, enerji bölgelerinin belirli yerlere toplandığı görülmektedir. Nazal seslerin bireyin kendi içinde yüksek oranda tutarlılık sergilediği görülmektedir.



Şekil 22. SBHB konumunda ve sadece /Λ/ ünlü ortamındaki tüm katılımcılardan alınan /m/ spektral görüntüleri



Şekil 23. SBHB konumunda ve tüm ünlü ortamlarındaki, sadece 1. katılımcıdan alınan /m/ spektral görüntüleri



Şekil 24. SBHB konumunda ve tüm ünlü ortamlarındaki, sadece 1. katılımcıdan alınan /n/ spektral görüntüleri

Her ne kadar nazal sesler bireyler arası farklılıklar gösteriyor olsa da, aynı nazal ses algısını sağlayabilecek bazı ortak akustik özelliklerin olması zorunludur. Bu özelliklerin başında NR1 ve NR2 bölgeleri gelmektedir. Ayrıca, aynı katılımcıdan alınan spektral görüntüler incelendiğinde (Şekil 23 ile Şekil 24), oklarla gösterilen olası anti-rezonans bölgeleri daha belirgindir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuç

Araştırmaya üç kadın ve üç erkek olmak üzere altı yetişkin katılmıştır. Türkçedeki /m/ ve /n/ seslerinin her biri için 864 veri olmak üzere toplamda 1728 veride ses süresi, F1 başlangıç frekans değeri, F2 başlangıç frekans değeri, F3 başlangıç frekans değeri, NR1 frekans değeri, NR2 frekans değeri, NR3 frekans değeri olmak üzere 7 akustik ölçüm yapılmıştır. Tüm akustik ölçümlerin SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarındaki ve /ı/, /y/, /ε/, /u/, /o/, /Λ/ ünlü ortamlarındaki ortalamaları alınmıştır. Ortalamaların bahsedilen ortam ve konumlarda /m/ ve /n/ sesleri için fark gösterip göstermediğine bakılmıştır.

Akustik ölçümlerin /m/ ve /n/ sesleri için ortalamaları şunlardır:

- Ortalama süre değeri /m/ için 78.14 ms, /n/ için 63.26 ms'dir.
- Ortalama F1 değeri /m/ için 351.30 Hz, /n/ için 360.85 Hz'dir.
- Ortalama F2 değeri /m/ için 1262.26 Hz, /n/ için 1501.04 Hz'dir.
- Ortalama F3 değeri /m/ için 2587.61 Hz, /n/ için 2781.22 Hz'dir.
- Ortalama NR1 değeri /m/ için 243.06 Hz, /n/ için 247.77 Hz'dir.
- Ortalama NR2 değeri /m/ için 1050.77 Hz, /n/ için 1113.54 Hz'dir.
- Ortalama NR3 değeri /m/ için 2196.37 Hz, /n/ için 2255.42 Hz'dir.

Akustik ölçümler ile farklı ortamların ilişkisi şunlardır:

- /m/ sesinin süresi, F2 değerleri, NR2 değerleri, ve NR3 değerleri SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarında anlamlı farklılık göstermiştir.
- /n/ sesinin süresi, F2 değerleri, F3 değerleri, NR1 değerleri, ve NR2 değerleri, SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarında anlamlı farklılık göstermiştir.
- /m/ sesinin F1 değerleri, F2 değerleri, F3 değerleri, NR2 değerleri, NR3 değerleri /ı/, /y/, /ε/, /u/, /o/, /Λ/ ünlü ortamlarına göre anlamlı farklılık göstermiştir.
- /n/ sesinin süresi, F1 değerleri, F2 değerleri, F3 değerleri, NR2 değerleri, NR3 değerleri /ı/, /y/, /ε/, /u/, /o/, /Λ/ ünlü ortamlarına göre anlamlı farklılık göstermiştir.

Alınan akustik ölçümlerin /m/ ve /n/ seslerinin karşılaştırma sonuçları şöyledir:

- /m/ sesinin süre değerleri SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarında /n/ sesinden anlamlı olarak farklı ve daha uzundur.
- /m/ sesinin süre değerleri tüm ünlü ortamlarında /n/ sesinden anlamlı olarak farklı ve daha uzundur.
- /m/ sesinin F1 değerleri SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarında /n/ sesinin değerleri ile benzerdir.
- /m/ sesinin F1 değerleri sadece /Λ/ ünlü ortamında /n/ sesinin değerlerinden anlamlı olarak farklı ve düşüktür.
- /m/ sesinin F2 değerleri SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarında /n/ sesinin değerlerinden anlamlı olarak farklı ve düşüktür.

- /m/ sesinin F2 değerleri tüm ünlü ortamlarında /n/ sesinin değerlerinden anlamlı olarak farklı ve düşüktür.
- /m/ sesinin F3 değerleri SBHB, SİHB, SİHS, SSHS konumlarında /n/ sesinin değerlerinden anlamlı olarak farklı ve düşüktür.
- /m/ sesinin F3 değerleri /ı/, /y/, /ε/ ve /Λ/ ünlü ortamlarında /n/ sesinin değerlerinden anlamlı olarak farklı ve düşüktür.
- /m/ sesinin NR1 değerleri SBHB ve SSHS konumlarında /n/ sesinin değerlerinden anlamlı olarak farklı ve düşüktür.
- /m/ sesinin NR1 değerleri sadece /Λ/ ünlü ortamında /n/ sesinin değerlerinden anlamlı olarak farklı ve düşüktür.
- /m/ sesinin NR2 değerleri SBHB ve SSHS konumlarında /n/ sesinin değerlerinden anlamlı olarak farklı ve düşüktür.
- /m/ sesinin NR2 değerleri /u/, /o/ ve /Λ/ ünlü ortamlarında /n/ sesinin değerlerinden anlamlı olarak farklı ve düşüktür.
- /m/ sesinin NR3 değerleri sadece SİHB konumunda /n/ sesinin değerlerinden anlamlı olarak farklı ve düşüktür.
- /m/ sesinin NR3 değerleri sadece /ı/ ortamında /n/ sesinin değerlerinden anlamlı olarak farklı ve düşüktür.

Türkçedeki /m/ sesinin süresi benzer sözcük-hece konumunda ve benzer ünlü ortamındaki /n/ sesinin süresinden daima daha uzundur. Diğer dillerde yapılan çalışmalar nazal seslerin süreleri arasında farklılık olmadığını göstermiştir. Bu nedenle üretim yerine göre değişen süre, Türkçeye özgü bir özellik olarak değerlendirilebilir.

F2 değerleri araştırmada kullanılan her sözcük-hece konumu ve ünlü ortamı bağlamında /m/ ve /n/ sesleri arasında farklıdır ve /m/ sesi için daima daha düşük değerdedir. Dış-ardı üretim yerine sahip ünsüzlerin çift-dudak üretim yerinden daha yüksek F2 değerleri olmasıyla tutarlıdır.

NR1 değerleri araştırmada kullanılan sözcük-hece konumlarından ve ünlü ortamlarından en az etkilenen parametrelerdendir. Diğer dillerdeki gibi 250 Hz dolaylarındadır.

Çalışmada ölçülen nazal rezonanslardan /m/ ve /n/ arasında en fazla farklılık göstereni NR2'dir. NR2 özellikle arka-ünlü ortamlarında /m/ ve /n/ arasında farklılık göstermiştir.

NR1 yaklaşık 250 Hz, NR2 yaklaşık 1000 Hz'de görülürken NR3 oldukça değişkenlik göstermiştir.

Bu çalışmanın bulguları, F2 değerlerinin Türkçedeki nazal seslerin sesletim yerini ayırt etmede ana faktör olabileceğine işaret etmekle birlikte nazal rezonansların /m/ ve /n/ arasında gösterdiği farklılıklar, nazal rezonansların da Türkçede sesletim yerini belirlemede rollerinin olabileceğini düşündürmektedir.

Öneriler

1. Nazal seslerin diğer özellikleri olan nazal rezonans bölgelerinin bant-genişlikleri, nazal sesler ile komşu ünlüler arasındaki enerji farkları da araştırılmalıdır.

2. Türkçedeki nazal seslerin farklı fonetik ortamlarda üretim yerlerinin değişmesi akustik yönden incelenmelidir.
3. Türkçedeki nazal seslerle komşu ünlülerin nazallık derecesi akustik olarak incelenmelidir.
4. Nazal ses ile ünlü geçişi arasındaki nazal sesin üretim yerine bağlı olan enerji değişim bölgeleri araştırılmalıdır.
5. Nazal seslerin üretimi dudak-damak yarığı gibi farklı konuşma bozukluklarında incelenmelidir.

KAYNAKLAR

Ali, L., Gallagher, T., Goldstein, J., Daniloff, R., Perception of Coarticulated Nasality, *J. Acoust. Soc. Am.*, 49 (2), 538-540 (1971).

Amino, K., Arai, T., Speaker-Dependent Characteristics of the Nasals, *Forensic Sci. Int.*, 185, 21–28 (2009).

Bell-Berti, F., An Electromyographic Study of Velopharyngeal Function in Speech, *J. Speech Hearing Res.*, 19 (2), 225-240 (1976).

Berg, S.V., The Effect of Vowels on Nasalance Measures and Nasality Judgments, *Doktora Tezi, University of Nevada, Nevada, USA* (2002).

Buchwald, A., Miozzo, M., Phonological and Motor Errors in Individuals with Acquired Sound Production Impairment, *J. Speech Lang. Hear. Res.*, 55, 1573–1586 (2012).

Boersma, P., Weenink, D., Praat: Doing phonetics by computer (Version 5.4.03). (2014).

Bouton, S., Semiclaes, W., Bertoncini, J., Cole, P., Perception of Speech Features by French-Speaking Children with Cochlear Implants, *J. Speech Lang. Hear. Res.*, 55, 139–153 (2012).

Brinca, L.F., Batista, A.P.F., Tavares, A.I., Gonçalves, I.C., Moreno, M.L., Use of Cepstral Analyses for Differentiating Normal From Dysphonic Voices: A Comparative Study of Connected Speech Versus Sustained Vowel in European Portuguese Female Speakers, *J Voice*, 28 (3), 282-286 (2014).

Carignan, C. M., When Nasal is More Than Nasal: The Oral Articulation of Nasal Vowels in Two Dialects of French, *Doktora Tezi, University of Illinois, Illinois, USA* (2013).

Chapman, K.L., Vocalizations of Toddlers with Cleft and Palate, *Cleft Palate Craniofac. J.*, 28 (2), 172-178 (1991).

Chen, M.Y., Acoustic Parameters of Nasalized Vowels in Hearing-Impaired and Normal Hearing Speakers, *J. Acoust. Soc. Am.*, 98 (5), 2443-2453 (1995).

Dalston, R.M., Warren, D.W., Smith, L.R., Aerodynamic Characteristics of the Speech Produced by Normal Speakers and Cleft Palate Speakers with Adequate Velopharyngeal Function, *Cleft Palate J.*, 27 (4), 393-401 (1990).

Delattre, P.C., Liberman, A.M., Cooper, F.S., Acoustic Loci and Transitional Cues for Consonants, *J. Acoust. Soc. Am.*, 27 (4), 769-773 (1995).

D'haeseleer, E., Depypere, H., Claeys, S., Van Lierde K.M., Nasal Resonance in Middle-Aged Women: A Multiparameter Approach, *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 120 (9), 575-580 (2011).

Dickson, D.R., An Acoustic and Radiographic Study of Nasality, *Doktora Tezi, Northwestern University, Illinois, USA* (1961).

Dikmen, İ., Türkçe Sözcük Başı Pozisyonundaki /l,r,j,v/ Daralmalı Seslerinin Akustik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri

- Enstitüsü, Dil ve Konuşma Terapistliği Anabilim Dalı, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir (2010).
- Dwyer, C.H., Robb, M.P., O'Beirne G.A., Gilbert, H.A., The Influence of Speaking Rate on Nasality in the Speech of Hearing Impaired Individuals, *J. Speech Lang. Hear. Res.*, 52, 1321–1333 (2009).
- Ege, P., Türkçe'deki Ünsüzlerin Edinimi: Bir Norm Çalışması, *Türk Psikoloji Dergisi*, 25 (65), 16-34 (2010).
- Ertan, E., Türkçe'deki Sürtünmeli Seslerin Akustik Özelliklerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Dil ve Konuşma Terapistliği Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye (2011).
- Fant, G., *Speech Acoustics and Phonetics*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 156 (2004).
- Fowler, L.P., Comparison of Nasalance Between Trained Singers and Non-Singers, Doktora Tezi, The Florida State University, College of Communication, USA (2004).
- Fletcher, S.G., Daly D.A., Nasalance in Utterances of Hearing Impaired Speakers, *J. Commun. Disord.*, 9, 63-73 (1976).
- Fujimura, O., Analysis of Nasal Consonants, *J. Acoust. Soc. Am.*, 34 (12), 1865-1875 (1962).
- Fulop, S.A., *Speech Spectrum Analysis*, Springer Press, Verlag Berlin Heidelberg, 89 (2011).
- Gauster, A., Yunusova, Y., Zajac, D., The Effect of Speaking Rate on Velopharyngeal Function in Healthy Speakers, *Clin. Linguist. Phonet.*, 24 (7), 576–588 (2010).
- Gaylord, M., Temporal Characteristics of Alveolar Stop Consonants Produced by Children with Varying Levels of Velopharyngeal Dysfunction, Yüksek Lisans Tezi, University of North Carolina, Division of Speech and Hearing Sciences, USA (2006).
- Glass, J. R., Nasal Consonants and Nasalized Vowels: An Acoustic Study and Recognition Experiment, Yüksek Lisans Tezi, Massachusetts Institute of Technology, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Massachusetts, USA (1984).
- Guillot, K. M., Ohde, R. N., Hedrick, M., Perceptual Development of Nasal Consonants in Children with Normal Hearing and in Children Who Use Cochlear Implants, *J. Speech Lang. Hear. Res.*, 56, 1133–1143 (2013).
- Harding, S., Meyer, G., Changes in the Perception of Synthetic Nasal Consonants as a result of Vowel Formant Manipulations, *Speech Commun.*, 39, 173–189 (2003).
- Hoit, J.D., Watson, P.J., Age and Velopharyngeal Function During Speech Production, *J. Speech Hearing Res.*, 37 (2), (1994).

Hon, E.A., An Acoustic Analysis of Labialization of Coronal Nasal Consonants in American English, Yüksek Lisans Tezi, Princeton University, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Princeton University (2003).

Howell, R.J., Davolos, A.G., Clary, M.S., Frake, P.C., Joshi, A.S., Chaboki, H., Miller Fisher Syndrome Presents as an Acute Voice Change to Hypernasal Speech, *Laryngoscope*, 120, 978-980 (2010).

http-1 Smoothing Spectra by the Cepstrum Method http://storage.sk.uni-bonn.de/Milca/ssv/content/ssv_s420_en.xhtml (12.06.2015)

Ingram, J.C.L., *Neurolinguistics: An Introduction to Spoken Language Processing and its Disorders*, Cambridge University Press, Cambridge, 24, (2007).

Itoh, M., Sasanuma, S., Ushijima, T., Velar Movements during Speech in a Patient with Apraxia of Speech, *Brain Lang.*, 7, 227-239 (1979).

Itoh, M., Sasanuma, S., Hirose, H., Yoshioka, H., Ushijima, T., Abnormal Articulatory Dynamics in a Patient with Apraxia Speech, *Brain Lang.*, 11, 66-75 (1980).

Katz, W., Machetanz, J., Orth, U., Schonle, P., A Kinematic Analysis of Anticipatory Coarticulation in the Speech of Anterior Aphasic Subjects, *Brain Lang.*, 38, 555-575 (1990).

Kılıç, M.A., Türkiye Türkçesi'ndeki Ünlülerin Sesbilgisel Özellikleri, A.S. Özsoy, E. Erguvanlı-Taylan, A. Aksu-Koç, D. Akar ve M. Nakipoğlu (eds) *Studies in Turkish Linguistics*, İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi (2003).

Kopkallı-Yavuz, H., The Sound Inventory of Turkish: Consonants and Vowels, S. Topbaş ve M. Yavaş (eds.) *Communication Disorders in Turkish in Monolingual and Multilingual Settings, US: Multilingual Matters.*, Salisbury, UK., 27-47 (2010).

Kummer, A. W., *Cleft Palate and Craniofacial Anomalies: Effects on Speech and Resonance*, Second Edition, Thomson Delmar Learning, New York, 161-162, 183 (2008).

Kurowski, K., Blumstein, S. E., Acoustic Properties for Place of Articulation in Nasal Consonants, *J. Acoust. Soc. Am.*, 81 (6), 1917-1927, (1987).

Kurowski, K.M., Blumstein, S.E., Palumbo, C.E., Waldstein, R.S., Burton, M.W., Nasal consonant production in Broca's and Wernicke's aphasics, *Brain Lang.*, 100, 262-275 (2007).

Kurowski, K., Blumstein, S. E., Perceptual Integration of the Murmur and Formant Transitions for Place of Articulation in Nasal Consonants, *J. Acoust. Soc. Am.*, 76 (2), 383-390 (1984).

Kurowski, K. M., Blumstein, S. E., Palumbo, C. L., Waldstein, R. S., Burton, M. W., Nasal Consonant Production in Broca's and Wernicke's Aphasics: Speech Deficits and Neuroanatomical Correlates, *Brain Lang.*, 100, 262-275 (2007).

Ladefoged, P., *Elements of Acoustic Phonetics*, 2nd Edition, The University of Chicago Press, Chicago, USA, 125 (1996).

- Lester, R. A., Hoit, J. D., Nasal and Oral Inspiration During Natural Speech Breathing, *J. Speech Lang. Hear. Res.*, 57, 734–742 (2014).
- Lieberman, P., Blumstein, S. E., *Speech Physiology, Speech Perception, and Acoustic Phonetics*, Cambridge University Press, Cambridge, 226 (1988).
- Lindqvist-Gauffin, J., Sundberg, J., Acoustic Properties of the Nasal Tract, *Quarterly Progress and Status Report*, 13 (13), 13-17 (1972).
- Malecot, A., Acoustic Cues for Nasal Consonants: An Experimental Study Involving a Tape-Splicing Technique, *Language*, 32 (2), 274-284, (1956).
- Mandulak, K.C., Zajac, D.J., Effects of Altered Fundamental Frequency on Nasalance During Vowel Production by Adult Speakers at Targeted Sound Pressure Levels, *Cleft Palate Craniofac. J.*, 46 (1), 39-46 (2009).
- McLeod, S. Australian Adults' Production of /n/: An EPG Investigation, *Clin. Linguist. Phonet.*, 20 (2/3), 99–107 (2006).
- Moll, K. L., Daniloff, R. G., Investigation of the Timing of Velar Movements during Speech, *J. Acoust. Soc. Am.*, 50 (2), 678-684 (1971).
- Narayan, C. R., The Acoustic–Perceptual Salience of Nasal Place Contrasts, *J. Phonetics*, 36, 191–217 (2008).
- Ohde, R. N., The Development of the Perception of Cues to the [m] – [n] Distinction in CV Syllables, *J. Acoust. Soc. Am.*, 96 (2), 675-686, (1994).
- Raphael L. J., Borden G. J., Harris, K. S., *Speech Science Primer: Physiology, Acoustics, and Perception of Speech*, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia (6th Ed.), 122 (2011).
- Salomonson, J., Kawamoto, H., Wilson, L., Velopharyngeal Incompetence as the Presenting Symptom of Myotonic Dystrophy, *Cleft Palate J.*, 25 (3), 296-300 (1988).
- Skoruppo, K., Rosen, S., Processing of Phonological Variation in Children with Hearing Loss: Compensation for English Place Assimilation in Connected Speech, *J. Speech Lang. Hear. Res.*, 57, 1127–1134 (2014).
- Soquet, D., Discriminant analysis of nasal vs. oral vowels in French, *Eurospeech 2001 Scandinavia, 7th European Conference on Speech Communication and Technology, 2nd Interspeech Event, Aalborg, Denmark, September 3-7, 2001*
- Stevens, K.N., Keyser, S.T., Primary Features and Their Enhancement in Consonants, *Language*, 65 (1), 81-106 (1989).
- Stevens, K.N., *Acoustic Phonetics*, MIT Press, Massachusetts, 490-493 (2000a).
- Stevens, K.N., Diverse Acoustic Cues at Consonantal Landmarks, *Phonetica*, 57, 139-151 (2000b).
- Subtelny, J.D., Kho, G.H., McCormack, R.M., Subtelny, J.D., Multidimensional Analysis of Bilabial Stop and Nasal Consonants: Cineradiographic and Pressure-Flow Analysis, *Cleft Palate J.*, 6, 263-289, (1969).
- Tatchell, J.A., Stewart, M., Lapine, P.R., Nasalance Measurements in Hearing Impaired Children, *J. Commun. Disord.*, 24, 275-285 (1991).

Topbaş, S., Phonological Acquisition of Turkish Children: Implications for Phonological Disorders. *Eur. J. Disorder Comm.*, 32 (4), 377-396 (1997).

Türk, O., şayli, Ö., Özsoy, A.S., Arslan, L.M., Türkçe'de Ünlülerin Formant Frekans İncelemesi, İ. Ergenç, S. İşsever, S. Gökmen ve Ö. Aydın (eds), *Dilbilim İncelemeleri*, Ankara (2005).

Ushisima, T., Sawashima, M., Fiberoptic Observation of Velar Movements During Speech, University of Tokyo, Research Institute of Logopedics and Phoniatics, 6, 25-38 (1972).

Vogel, A.P., Ibrahim, H.M., Reilly, S., Kilpatrick, N., A Comparative Study of Two Acoustic Measures of Hypernasality, *J. Speech Lang. Hear. Res.*, 52, 1640–1651 (2009).

Wolski, W., Hypernasality as the Presenting Symptom of Myasthenia Gravis, *J. Speech Hear. Disord.*, 32, 36-38 (1967).

Young, L.H., Zajac, D.J., Mayo, R., Hooper, C.R., Effects of Vowel Height and Vocal Intensity on Anticipatory Nasal Airflow in Individuals with Normal Speech, *J. Speech Lang. Hear. Res.*, 44, 52-60 (2001).

EKLER

EK 1. Hedef ve Çeldirici Sözcükler

SBHB	mitil	SİHB	simit	SİHS	simbi	SSHS	cisim
	mizip		kimiz		timbi		bitim
	metek		demet		sembe		kesem
	mekek		demek		pembe		tepem
	müküs		sümük		sümbü		küsüm
	müküt		kümük		kümbü		büküm
	makas		hamak		samba		kasam
	makat		damak		kamba		yakam
	muzuk		kumuz		tumbu		tutum
	mutuk		kumut		dumbu		yudum
	mısır		tımıs		kımbı		yıkım
	mızık		kımız		sımbı		kısım
SBHB	nikit	SİHB	sinik	SİHS	sindi	SSHS	pisin
	nikis		binik		bindi		cibin
	netel		senet		sende		desen
	nefes		senef		tende		seten
	nüküs		sünük		sündü		küsün
	nüsük		sünüs		tündü		tütün
	natas		sanat		tanda		satan
	naçar		sanaç		panda		sapan
	nusut		tunus		sundu		kusun
	nuşut		sunuş		dundu		budun
	nıfıs		sınıf		kındı		sıkın
	nıkıs		sınık		tındı		kıtın
Çeldirici Sözcükler:							
	basit		gölge		çakıl		sıcak
	çelik		bölük		çilek		yapıt
	hesap		tablo		balık		yüzük
	yeşil		çorba		sütlü		kolye
	keyif		komik		geyik		şekil
	bahçe		fıkra		köpek		şeker

EK 2. Örnek Sözcük Okuma Listesi

LİSTE 2							
Okulda ----- açıklandı.							
1.	yeşil	31.	basit	61.	çelik	91.	çakıl
2.	sıcak	32.	metek	62.	binik	92.	makat
3.	kümbü	33.	panda	63.	sıkın	93.	simbi
4.	sünük	34.	sembe	64.	yudum	94.	sündü
5.	dumbu	35.	müküt	65.	nuşut	95.	nikis
6.	sınık	36.	büküm	66.	sundu	96.	hamak
7.	tütün	37.	mısır	67.	satan	97.	makas
8.	sende	38.	bölük	68.	kamba	98.	sütlü
9.	cibin	39.	nefes	69.	senef	99.	küsüm
10.	sünüs	40.	yakam	70.	köpek	100.	nusut
11.	kımız	41.	bitim	71.	kusun	101.	sınıf
12.	sapan	42.	nüküs	72.	mitil	102.	yüzük
13.	sımbı	43.	kumut	73.	demek	103.	çilek
14.	nüsük	44.	pisin	74.	seten	104.	tanda
15.	kesem	45.	cisim	75.	küsün	105.	keyif
16.	mızık	46.	kısım	76.	kıtın	106.	nıfis
17.	tutum	47.	demet	77.	sümük	107.	dundu
18.	damak	48.	hesap	78.	gölge	108.	sanaç
19.	kumuz	49.	tumbu	79.	sümbü	109.	geyik
20.	bindi	50.	tımıs	80.	komik	110.	müküs
21.	tündü	51.	netel	81.	timbi	111.	samba
22.	sanat	52.	tende	82.	bahçe	112.	kolye
23.	mizip	53.	kasam	83.	tunus	113.	budun
24.	mekek	54.	mutuk	84.	yıkım	114.	yapıt
25.	desen	55.	sinik	85.	natas	115.	naçar
26.	simit	56.	sindi	86.	şekil	116.	sunuş
27.	tındı	57.	kümük	87.	pembe	117.	kındı
28.	nikit	58.	nikis	88.	kimiz	118.	kımbı
29.	senet	59.	muzuk	89.	tepem	119.	balık
30.	fıkra	60.	tablo	90.	çorba	120.	şeker

EK 3. Anadolu Üniversitesi Etik Kurul Onayı

Cemil Yılmaz

Kayıt Tarihi: 05.01.2015

Protokol No: 78



ANADOLU ÜNİVERSİTESİ ETİK KURULU KARARI

ÇALIŞMANIN TÜRÜ:	Yüksek Lisans Tez Çalışması
KONU:	Sağlık Bilimleri
BAŞLIK:	Türkçe'deki Genizsil Seslerin Akustik Analizi
PROJE/TEZ YÜRÜTÜCÜSÜ:	Prof. Dr. Handan K. YAVUZ
TEZ YAZARI:	Cemil YILMAZ
ALT KOMİSYON GÖRÜŞÜ:	-
KARAR:	Olumlu

ETİK KURUL ÜYELERİ

İMZA/ TARİH

29.01.2015

Prof. Dr. Aydın AYBAR
Rektör Yardımcısı / Etik Kurul Başkanı

Prof. Dr. Hayrettin TÜRK
Fen Bil.(Fen Fak.)

Prof. Dr. Yusuf ÖZTÜRK
Sağlık Bil.(Ecz. Fak.)

Prof. Dr. Esra CEYHAN
Eğitim Bil. (Eğitim Bil. Ens.)

Prof. Dr. Kemal YILDIRIM
Sos. Bil.(İkt. ve İd. Bil. Fak.)

Doç. Dr. Münevver ÇAKI
Güz. San. (Güz. San. Fak.)

EK 4. Katılımcı Onam Formu

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ FAKÜLTESİ
DİL VE KONUŞMA TERAPİSİ BÖLÜMÜ
Katılımcı Onam Formu

Anadolu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dil ve Konuşma Terapisi bölümünde yürütülen çalışmanın içeriği ve amaçları konusunda ve çalışmadan istediğim zaman hiçbir açıklama yapmadan ayrılabilirim konusunda bilgilendirildim.

Bu çalışma boyunca elde edilen verilerin isminin geçmediği yayınlarda kullanılabilirim, sonuçların internet aracılığı ile veya basılı yayın aracılığıyla yayımlanmasını kabul ediyorum.

Çalışma sadece bir kez yapılacaktır.

Bu form araştırmacının ve bir tanığın huzurunda doldurulmuştur.

Tarih:

KATILIMCI

Adı:
Soyadı:

İmza:

ARAŞTIRMACI:

Adı:
Soyadı:

İmza:

TANIK:

Adı:
Soyadı:

İmza:

EK 5. Katılımcı Bilgi Formu

Katılımcı Bilgi Formu

A. Kişisel Bilgiler

1. Tarih:
2. Ad-Soyad:
3. Doğum Tarihi:
4. Doğum Yeri:
5. Büyüdüğünüz yer(ler):
6. Ana diliniz (Varsa birden fazla yazabilirsiniz):
7. Annenizin ana dili:
8. Babanızın ana dili:
9. Büyürken evde konuşulan dil:
10. Bildiğiniz yabancı dil(ler) ve seviyeniz:
11. Fakülte ve Bölümünüz:
12. Türkiye dışında başka ülkede yaşadınız mı? Yanıtınız evetse ne kadar süreyle kaldığınızı belirtiniz.