T.C.
RADYO VE TELEVİZYON ÜST KURULU

# KARASAL SAYISAL RADYO YAYINCILIĞI VE AVRUPA'DAKİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

**UZMANLIK TEZİ**

**Hilal GÜNGÖR**

**ANKARA**

**TEMMUZ, 2023**


RTÜK
RADYO VE TELEVİZYON ÜST KURULU

**T.C**
**RADYO VE TELEVİZYON ÜST KURULU**

# KARASAL SAYISAL RADYO YAYINCILIĞI VE AVRUPA'DAKİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

**UZMANLIK TEZİ**

**Hilal GÜNGÖR**

**DANIŞMAN: DAİRE BAŞKAN YARDIMCISI V. YASİN YİĞİT**

**ANKARA**

**TEMMUZ 2023**

Radyo ve Televizyon Üst Kurulu Başkanlığına

Hilal Güngör adlı Üst Kurul Uzman Yardımcısının hazırladığı "Karasal Sayısal Radyo Yayıncılığı ve Avrupa'daki Uygulama Örnekleri" başlıklı bu çalışma, Tez Değerlendirme Komisyonu tarafından oy birliği/oy çokluğu ile **Uzmanlık Tezi** olarak kabul edilmiştir.

| | Komisyon Üyeleri | İmza |
|---|---|---|
| Başkan: | …… | …… |
| Üye: | …… | …… |
| Üye: | …… | …… |
| Üye: | …… | …… |
| Üye: | …… | …… |

ONAY

Bu tez Radyo ve Televizyon Üst Kurulu Uzmanlığı Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca …/…./2023 tarihinde kabul edilmiştir.

Ebubekir ŞAHİN
Üst Kurul Başkanı

## ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

Bu tez çalışmasında;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,

Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,

Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,

Sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. …/…./2023

Hilal GÜNGÖR
Üst Kurul Uzman Yardımcısı

## TEŞEKKÜR

"Karasal Sayısal Radyo Yayıncılığı ve Avrupa'daki Uygulama Örnekleri" isimli bu tezin hazırlanması sürecine ilişkin olarak; yol gösterici tutumuyla bana destek olan tez danışmanım İzin ve Tahsisler Dairesi Başkan Yardımcısı V. Yasin YİĞİT'e, beni motive eden ve destekleyen kıymetli arkadaşlarım Emre OZAN, Pelin SAYICI GÜLER, Yusuf ÇAKIR, S.Başar ALLIOĞLU ve değerli mesai arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca her daim iyi dilek ve temennileriyle yanımda olan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen canım annem Aynur GÜNGÖR, babam Halil GÜNGÖR ve kardeşlerim B.Ödül, Bahadır ve S.Ahmet GÜNGÖR'e teşekkür ederim.

.

# ÖZET

## KARASAL SAYISAL RADYO YAYINCILIĞI VE AVRUPA'DAKİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

GÜNGÖR, Hilal
Uzmanlık Tezi
Tez Danışmanı: Daire Başkan Yardımcısı V. Yasin YİĞİT
Temmuz, 2023, 93

Karasal sayısal radyo yayını (DAB/DAB+), sayısal ses sinyallerini elektromanyetik dalgaları üzerinden iletmenin bir yolu olarak 1980'lerde geliştirilen bir teknolojidir. DAB ilk olarak 1990'ların ortalarında Avrupa'da tanıtıldı ve o zamandan beri kıtada popüler bir yayın teknolojisi haline geldi.

Bu tez, Avrupa'da sayısal radyo yayıncılığının tarihçesi, uygulaması, avantajları, dezavantajları, kapsamı ve kullanımına ilişkin kapsamlı bir analiz sunmaktadır. Çalışma, DAB/DAB+ teknolojisinin başlangıcından Avrupa'da yaygın olarak benimsenmesine kadar olan gelişiminin izini sürerek başlar. Tez, DAB'ın gelişimini ve farklı özellik ve yeteneklere sahip DAB, DAB+ ve DMB dahil olmak üzere çeşitli sürümlerini incelemektedir. Ayrıca, bu çalışmada DAB teknolojisinin sayısal radyo yayıncılığı, veri yayını ve acil durum mesajlaşmasındaki kullanımı da dahil olmak üzere Avrupa'daki uygulamalarını incelemektedir. Geliştirilmiş ses kalitesi, spektrumun daha verimli kullanımı ve ek veri hizmetleri potansiyeli dahil olmak üzere DAB'ın avantajları da tartışılmaktadır. Öte yandan tez, DAB teknolojisine yükseltmenin yüksek maliyeti, kırsal alanlardaki sınırlı kapsama alanı ve diğer elektronik cihazlardan kaynaklanan girişim potansiyeli gibi DAB'ın dezavantajlarını da araştırmaktadır. Çalışma daha sonra DAB kapsamının çeşitli ülkelerdeki mevcut durumu ve gelecekteki genişleme planları dahil olmak üzere Avrupa genelindeki DAB kapsamını analiz eder. Tez, aynı zamanda, geleneksel FM radyo yerine DAB tercihleri de dahil olmak üzere, Avrupalı tüketiciler arasında DAB kullanımını incelemektedir.

Genel olarak, bu tez Avrupa'da sayısal radyo yayıncılığının tarihçesi, uygulaması, avantajları, dezavantajları, kapsamı ve kullanımına ilişkin kapsamlı bir analiz sunmaktadır. Çalışmanın bulguları, politika yapıcılar, yayıncılar ve diğer paydaşlar tarafından Avrupa'da sayısal radyo yayıncılığının geleceği hakkında bilinçli kararlar almak için kullanılabilir.

**Anahtar Sözcükler:** Karasal Radyo yayını, DAB, Avrupa ülkeleri

## ABSTRACT

### TERRESTRIAL DIGITAL RADIO BROADCASTING AND APPLICATION EXAMPLES IN EUROPE

GUNGOR, Hilal

Specialization Thesis

Thesis Advisor: Vice Head of Department Yasin YİĞİT

July, 2023, 93

Digital Audio Broadcasting (DAB) is a technology that was developed in the 1980s as a way of transmitting digital audio signals over the airwaves. DAB was first introduced in Europe in the mid-1990s, and it has since become a popular broadcasting technology across the continent. This thesis provides a comprehensive analysis of the history, application, advantages, disadvantages, coverage, and usage of digital audio broadcasting in Europe. The study starts by tracing the development of DAB technology from its inception to its widespread adoption in Europe. The thesis explores the evolution of DAB and its various versions, including DAB, DAB+, and DMB, which have different features and capabilities. The thesis then examines the applications of DAB technology in Europe, including its use in digital radio broadcasting, datacasting, and emergency messaging. The advantages of DAB are also discussed, including improved sound quality, more efficient use of spectrum, and the potential for additional data services. On the other hand, the thesis also investigates the disadvantages of DAB, such as the high cost of upgrading to DAB technology, the limited coverage in rural areas, and the potential for interference from other electronic devices. The study then analyzes the coverage of DAB across Europe, including the current state of DAB coverage in various countries and the plans for future expansion. The thesis also examines the usage of DAB among European consumers, including their preferences for DAB over traditional FM radio. Overall, this thesis provides a comprehensive analysis of the history, application, advantages, disadvantages, coverage, and usage of digital audio broadcasting in Europe. The findings of the study

can be used by policymakers, broadcasters, and other stakeholders to make informed decisions about the future of digital radio broadcasting in Europe.

**Key Words:** Digital Audio Broadcasting, DAB, European countries

# İÇİNDEKİLER

**Sayfa**

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI ..... iii
TEŞEKKÜR ..... iv
ÖZET ..... v
ABSTRACT ..... vii
İÇİNDEKİLER ..... ix
TABLOLAR LİSTESİ ..... xii
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... xiv
KISALTMALAR ..... xv
BÖLÜM 1
GİRİŞ ..... 1
Problem ..... 1
Amaç ..... 1
Önem ..... 2
Sınırlılıklar ..... 2
Tanımlar ..... 3
Yöntem ..... 4
Verilerin Toplanması ..... 4
Verilen Çözümlenmesi ..... 5
BÖLÜM 2
RADYO'NUN TARİHÇESİ VE KARASAL SAYISAL RADYO YAYINCILIĞINA GİRİŞ ..... 6
2.1. Radyo'nun Tarihçesi ..... 6
2.2. Türkiye'de Radyo Yayıncılığının Tarihi ..... 8
2.3. Sayısal Radyo Teknolojisi Olarak DAB/DAB+ Tarihçesi ..... 10
2.4. Karasal Sayısal Yayıncılığın Önemi ..... 12
BÖLÜM 3
KARASAL SAYISAL RADYO YAYINCILIĞI ..... 15
3.1. Sayısal Radyo Sistemleri ..... 15
3.2. EUREKA 147 ..... 18
3.3. DAB ve DAB+ Standardı ve Aralarındaki Farklar ..... 19

3.4. Sayısal Radyo Yayını (DAB) Nasıl Çalışır? ..... 22
3.4.1. DAB Sinyal Yapısı ..... 23
3.4.2. DAB frekansları ..... 24
3.4.3. FM ve AM Yayıncılığı ve DAB ile Farkları ..... 26
3.4.4. DAB/DAB+'nın Avantajları ve Dezavantajları ..... 29
3.5. DAB (Sayısal Radyo Yayını) Kodlama Standartları ..... 31
3.5.1. MPEG-1 Ses Katmanı II (MP2) ..... 31
3.5.2. MPEG-1 Ses Katmanı III (MP3) ..... 32
3.5.3. Gelişmiş Ses Kodlaması (AAC) ..... 33
3.5.4. HE-AAC (Yüksek Verimli AAC) ..... 33
3.6. DAB Sistemleri ..... 34
3.7. DAB Modları ..... 36
3.8. Sayısal Ses Yayıncılığı Teknikleri ..... 37
3.8.1. MUSICAM ..... 37
3.8.2. Sayısal Sıkıştırma ..... 38
3.8.3. Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama (OFDM) ..... 39
3.8.3.1. Kodlanmış Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama (COFDM) ..... 40
3.8.4. İleri Hata Düzeltme (FEC) ..... 42
3.8.5. SFN (Single Frequency Network/Tek Frekans Ağı) ..... 44
3.8.6. Çoğullama (Multiplexing) ..... 46
BÖLÜM 4
KARASAL SAYISAL RADYO YAYINCILIĞININ AVRUPA VE TÜRKİYE'DEKİ UYGULAMALARI ..... 47
4.1. Karasal Sayısal Radyo Yayıncılığının Avrupa'daki Durumu ve Düzenlemeleri ..... 47
4.1.1. Kullanımı Yaygınlaşmış Ülkeler ..... 48
4.1.1.1. Almanya ..... 48
4.1.1.2. Norveç ..... 51
4.1.1.3. Hollanda ..... 54
4.1.1.4. İngiltere ..... 55
4.1.1.4.1. Avrupa Elektronik İletişim Kodu (EECC) ..... 57
4.1.1.4.2. İletişim Ofisi- OFCOM ..... 58
4.1.1.5. Fransa ..... 58
4.1.1.5.1. Conseil Supérieur de l'Audiovisuel (CSA) ..... 61
4.1.1.6. İsviçre ..... 62

4.1.1.7. İsveç ..... 63
4.1.1.8. Malta ..... 65
4.1.1.9. Çek Cumhuriyeti ..... 66
4.1.1.10. Danimarka ..... 68
4.1.1.10.1. Gatekeeper Model ..... 69
4.1.1.11. Belçika ..... 70
4.1.1.12. İtalya ..... 72
4.1.2. Deneme Sürecinde Olan Ülkeler ..... 73
4.1.2.1. Sırbistan ..... 73
4.1.2.2. Slovakya ..... 74
4.1.2.3. Belarus ..... 76
4.1.2.4. Estonya ..... 77
4.1.2.5. İrlanda ..... 78
4.1.2.6. Lüksemburg ..... 79
4.1.2.7. Kuzey Makedonya ..... 80
4.2. Karasal Sayısal Radyo Yayıncılığı ve Türkiye ..... 81
4.2.1. DAB'ın Türkiye'deki Gelişimi ve Tarihi ..... 81
4.2.2. DAB'ın Türkiye'deki Gelişimi ve etkileyen Faktörler ..... 82
4.2.3. Türkiye Sayısal Radyo Yayını Hakkında Yapılan Düzenlemeler ..... 85
BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER ..... 87
Sonuçlar ..... 87
Öneriler ..... 88
KAYNAKLAR ..... 91
ÖZGEÇMİŞ ..... 95

## TABLOLAR LİSTESİ

**Tablo** **Sayfa**

Tablo 1. VHF Band I için DAB frekans blokları ..... 26
Tablo 2. 2021 yılı itibariyle Almanya'da bulunan toplam DAB ve DAB+ radyo istasyonu sayısı..... 51
Tablo 3. 2022 yılı itibariyle Norveç'te bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı..... 54
Tablo 4. 2022 yılı itibariyle Hollanda'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı..... 55
Tablo 5. 2022 yılı itibariyle İngiltere'de bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı..... 57
Tablo 6. 2022 yılı itibariyle Fransa'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı..... 61
Tablo 7. 2022 yılı itibariyle İsviçre'de bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı..... 63
Tablo 8. 2022 yılı itibariyle İsveç'de bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı ..... 65
Tablo 9. 2022 yılı itibariyle Malta'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı..... 66
Tablo 10. 2022 yılı itibariyle Çek Cumhuriyeti'nde bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı..... 67
Tablo 11. 2022 yılı itibariyle Danimarka'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı..... 69
Tablo 12. 2022 yılı itibariyle Belçika'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı..... 72
Tablo 13. 2022 yılı itibariyle İtalya'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı..... 73
Tablo 14. 2022 yılı itibariyle Sırbistan'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı..... 74
Tablo 15. 2022 yılı itibariyle Slovakya'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı..... 76
Tablo 16. 2022 yılı itibariyle Estonya'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı..... 78

Tablo 17. 2019 yılı itibariyle Lüksemburg'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı..... 80
Tablo 18. 2022 yılı itibariyle Türkiye'de bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı..... 82

# ŞEKİLLER LİSTESİ

**Şekil** **Sayfa**

Şekil 1. DAB iletim ağı ..... 23
Şekil 2. FM ve DAB Frekans Aralıkları..... 28

## KISALTMALAR

| | |
|---|---|
| AB | Avrupa Birliği |
| ADR | Astra Digital Radio |
| AM | Amplitude Modulation |
| ATSC | Advanced Television Systems Committee |
| BBC | British Broadcasting Company |
| CA | Conditional Access |
| CD | Compact Disk |
| CEPT | European Conference of Postal and Telecommunications Administrations |
| CODEC | Compression-Decompression |
| COFDM | Coded Orthogonal Frequency Division Çoklayıcıing |
| DAB | Digital Audio Broadcasting |
| DSR | Digital Satellite Radio |
| DVB-T2 | Digital Video Broadcasting - Second Generation Terrestrial |
| DVD | Digital Versatile Disc |
| EBU | European Broadcasting Union |
| EECC | European Electronic Communications Code |
| ETSI | European Telecommunications and Standards Institute |
| FEC | Forward Error Correction |
| FM | Frequency Modulation |
| GHz | Giga Hertz |
| HE-AAC | High Efficiency Advanced Audio Coding |
| ICI | Inter Carrier Interconnect |
| ICT | Information and Communications Technology |
| ISDB-T | Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial |
| ITU | International Telecommunications Union |
| kW | Kilowatt |
| LDPC | Low-density parity-check |
| MHz | Mega Hertz |
| MPEG | Moving Picture Experts Group |
| MP3 | MPEG-1 Audio Layer 3. |
| MUSICAM | Masking pattern Universal Sub-band Integrated Coding and Multiplexing |
| OFCOM | Office of Communications |

| | |
|---|---|
| OFDM | Orthogonal Frequency Division Çoklayıcıing |
| PAD | Program Associated Data |
| PAPR | Peak-to-average power ratio |
| SFN | Single Frequency Networking |
| S-DAB | Satellite Digital Audio Broadcasting |
| TCRB | Transmitter and Coverage Research Bureau |
| TRT | Türkiye Radyo Televizyon Kurumu |
| UHF | Ultra High Frequency |
| VHF | Very High Frequency |

# BÖLÜM 1

# GİRİŞ

Bu bölümde; problem, amaç, önem, sınırlılıklar, çalışmada geçen kavramların tanımları, verilerin toplanması ve çözümlenmesi yer almaktadır.

## Problem

Bu tezin ele almaya çalıştığı sorun, tüketicilere yüksek kaliteli ses içeriği sağlamanın verimli ve güvenilir yoluna duyulan ihtiyacı baz almıştır. Ses içeriğine olan talep artmaya devam ettikçe, bu içeriği tüketicilere ulaştırmanın daha etkili ve verimli bir yoluna ihtiyaç duyulmuştur. Sayısal ses yayıncılığının (DAB) ortaya çıkmasından önce, geleneksel analog radyo yayını norm olarak kabul görmekteydi. Geleneksel analog yayın yöntemlerinin, ses içeriğinin iletimini ve kalitesini etkileyebilecek düşük ses kalitesi, sınırlı bant genişliği ve parazite yatkınlık gibi sınırlamaları vardır. Örneğin, analog sinyaller, düşük ses kalitesine veya sinyal kaybına neden olabilecek girişime duyarlıydı. Ek olarak, analog yayın sistemlerinin kanal mevcudiyeti sınırlıydı, bu da birçok istasyonun frekansları paylaşmak zorunda kalması ve aynı anda yayın yapamaması anlamına geliyordu. Bu nedenle daha verimli ve güvenilir bir yayın sistemine ihtiyaç doğmuştur. Sonuç olarak Sayısal Radyo yayını (DAB), son yıllarda yaygın olarak benimsenen nispeten yeni bir teknoloji haline gelmiş ve bu araştırmanın problemi olarak ele alınmıştır.

## Amaç

Bu tezin amacı, tüketicilere yüksek kaliteli ses içeriği sağlamanın bir yolu olarak Sayısal Radyo yayınının (DAB) etkinliğini araştırmaktır. DAB, gelişmiş ses kalitesi, azaltılmış parazit ve artırılmış kanal kullanılabilirliği sunan bir sayısal radyo teknolojisidir. Bu çalışmanın amacı, sayısal ses yayıncılığının Avrupa'daki radyo endüstrisi üzerindeki etkisini incelemektir. Bu çalışma, DAB'ın Avrupa ülkelerinde benimsenmesini ve uygulanmasını değerlendirmeyi, DAB'ın yararlarını ve dezavantajlarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, DAB teknolojisinin nasıl çalıştığını ve modülasyon teknikleri ve sayısal kodlama yöntemleri dahil olmak üzere DAB'ın altında yatan kavramları keşfetmeyi

amaçlamaktadır. Çalışma, ekipman maliyeti ve bazı DAB yayınlarının sınırlı kapsama alanı dahil olmak üzere DAB'ın sınırlamalarını da değerlendirecektir.

## Önem

Sayısal ses yayıncılığı, Avrupa'daki radyo endüstrisinde devrim yaratma potansiyeline sahiptir. DAB, gelişmiş ses kalitesi, azaltılmış parazit ve artırılmış kanal kullanılabilirliği dahil olmak üzere geleneksel analog yayın sistemlerine göre birçok avantaj sunar. Ayrıca, geliştirilmiş ses kalitesi ve artırılmış kanal kullanılabilirliği ile daha verimli ve güvenilir bir yayın sistemi sağlar. Ancak, DAB'ın benimsenmesi ve uygulanması Avrupa'da tam olarak yaygınlaşamamıştır ve hala üstesinden gelinmesi gereken birçok zorluk vardır. Bununla birlikte, DAB'ın uygulanması Avrupa genelinde tek tip olmamıştır ve teknolojinin benimsenmesi, tüketici eğitimi ve düzenleyici politikalar açısından aşılması gereken birçok zorluk vardır. Bu nedenle, DAB'ın Avrupa'daki radyo endüstrisi üzerindeki etkisini değerlendirmek ve benimsenmesini ve uygulanmasını teşvik edecek stratejileri belirlemek önemlidir. Bu çalışma, DAB'ın Avrupa'daki yayılma ve benimsenme hızını değerlendirerek, benimsenmesini ve uygulanmasını teşvik etmek ve kalan zorlukları ele almayı amaçlamaktadır.

## Sınırlılıklar

Bu çalışma gerçekleştirilirken karşılaşılan bazı sınırlılıklar mevcuttur. Bu sınırlılıklarından biri, verilerin mevcudiyeti olabilir. DAB konusu ve Avrupa'da benimsenmesi nispeten yenidir ve sürekli gelişmektedir, bu da kapsamlı ve güvenilir veri kaynakları bulmayı zorlaştırmaktadır. Ek olarak, mevcut veriler farklı ülkeler ve bölgeler arasında her zaman tutarlı olmayabilir, bu da doğru karşılaştırmalar ve sonuçlar çıkarmayı zorlaştırır. Teknik, ekonomik ve düzenleyici faktörler dahil olmak üzere DAB'ın keşfedilebilecek birçok farklı yönü olduğundan, başka bir sınırlama çalışmanın kapsamı olabilir. Bu nedenle, araştırmanın belirli bir zaman çerçevesi içinde yönetilebilir ve uygulanabilir kalmasını sağlamak için çalışmanın odak noktasını DAB'ın belirli bir yönüne daraltmak gerekebilir.

## Tanımlar

**Sayısal radyo yayını (DAB/DAB+):** geleneksel analog sinyallerin kullanılmasının aksine, ses sinyallerinin sayısal formatta iletilmesini ifade eder. Sayısal ses sinyalleri, daha yüksek kaliteli ses ve daha fazla güvenilirlik sağlayan sürekli bir dalga yerine ayrık veri yığınları halinde iletilir.

**Çoğullama:** Bu, iletim için birden çok sinyali tek bir akışta birleştirme sürecini ifade eder. DAB durumunda, farklı ses hizmetlerini ve veri akışlarını elektromanyetik dalgalar üzerinden iletilebilen tek bir sayısal sinyalde birleştirmek için çoklama kullanılır.

**Bit hızı:** Sayısal radyo yayınındaki bit hızı, saniyede iletilen veri miktarını ifade eder. Saniyedeki bit (bps) cinsinden ölçülür ve ses sinyalinin kalitesini belirler. Daha yüksek bit hızları, daha iyi ses kalitesi sağlar, ancak aynı zamanda daha fazla bant genişliği gerektirir.

**Çoklayıcı:** Sayısal radyo yayınında çoklayıcı, birden çok ses akışını taşıyan tek bir iletim kanalıdır. Bu, birkaç radyo istasyonunun tek bir frekansta yayınlanmasına izin verir.

**Codec:** "Kodlayıcı-kod çözücü"nün kısaltması olan kodek, ses verilerini kodlamak ve kodunu çözmek için kullanılan yazılımdır. Ses sinyalini iletim için sıkıştırmaktan ve oynatmak için sıkıştırmayı açmaktan sorumludur.

**Topluluk:** Bir topluluk, tek bir frekansta iletilen radyo istasyonları topluluğudur. Her topluluk birkaç hizmet bileşeni içerir.

**Hata düzeltme:** Sayısal ses yayınlarında, iletim sırasında oluşabilecek hataları azaltmak için hata düzeltme teknikleri kullanılır. Bu teknikler ara belleğe alma ve ileri hata düzeltmeyi içerir.

**Meta veriler:** Sayısal radyo yayınındaki meta veriler, sanatçı adı, şarkı adı ve albüm kapağı gibi ses içeriği hakkındaki bilgileri ifade eder. Bu bilgi ses sinyali ile birlikte iletilir ve alıcıda görüntülenir.

**Sinyal gücü:** Bir alıcı tarafından alınan radyo sinyalinin gücünü ifade eder. Daha güçlü sinyaller daha iyi ses kalitesi ve daha az parazit sağlar.

**Ses sıkıştırma:** Ses verilerinin boyutunu azaltmak için sayısal radyo yayınında ses sıkıştırma teknikleri kullanılır. Yaygın ses sıkıştırma formatları arasında MP3 ve AAC bulunur.

**Frekans bandı:** Sayısal radyo yayınındaki frekans bandı, iletim için kullanılan frekans aralığını ifade eder. Avrupa'da DAB için tipik olarak VHF bandı kullanılırken, dünyanın diğer bölgelerinde UHF bandı kullanılır.

**Karıştırma:** Karıştırma, yetkisiz alımı önlemek için sayısal radyo yayınında ses sinyalini şifrelemek için kullanılan bir tekniktir.

**Parazit:** Sayısal radyo yayınındaki parazit, ses kalitesi sorunlarına neden olabilecek radyo sinyalindeki bozulmaları ifade eder. Girişime, fiziksel engeller ve diğer radyo sinyalleri dahil olmak üzere çeşitli faktörler neden olabilir.

**RDS:** RDS veya Radyo Veri Sistemi, ses sinyaliyle birlikte istasyon adı ve şarkı adı gibi ek verileri iletmek için sayısal radyo yayınında kullanılan bir sistemdir.

**DRM:** DRM veya Digital Radio Mondiale, hem ses hem de veri iletimini destekleyen bir sayısal yayın standardıdır. Öncelikle Avrupa dışındaki ülkelerde kullanılmaktadır.

**TPEG:** TPEG veya Aktarım Protokolü Uzmanları Grubu, ses sinyaliyle birlikte trafik ve seyahat bilgilerini iletmek için sayısal radyo yayınında kullanılan bir veri protokolüdür. Bu bilgiler, gerçek zamanlı trafik güncellemelerini ve hava durumu raporlarını içerebilir.

## Yöntem

Bu tez, en uygun ve uygun maliyetli yaklaşım olarak kabul edilen nitel araştırma yöntemlerini kullanmıştır. Bu yöntem uygulanarak konuyla ilgili çeşitli belgelerden bilgi toplanmış, çeşitli belgeler (literatürde yer alan makaleler, tezler, dergiler, kitaplar, yayımlanmış konferans özetleri, teknik raporlar vs.) incelenmiş ve konu bir bütün olarak yorumlanarak analiz edilmiştir. Bu metodoloji aracılığıyla ve kaynakların araştırılması ve analizinin ardından tez bu doğrultuda yapılandırılmış ve başlıklandırılmıştır.

### Verilerin Toplanması

Sayısal ses yayıncılığı ve Avrupa'daki durumu için veri toplama, endüstri raporları, akademik çalışmalar, hükümet istatistikleri gibi çeşitli kaynaklardan bilgi veya veri toplanmıştır. Ek olarak, mevcut literatürden, veri tabanlarından veya çevrimiçi kaynaklardan da ikincil veriler toplanmıştır. Ayrıca ITU, OFCOM, BTK tarafından yayımlanan teknik raporlardan alınan bilgiler ve sonuçlar da araştırmanın önemli bir kısmını oluşturmaktadır.

**Verilen Çözümlenmesi**

Veriler toplandıktan sonra, veri analizi aşamasına geçilmiştir. Avrupa'da DAB'ın benimsenme oranı, DAB'ın benimsenmesini etkileyen faktörleri ve DAB'ın radyo endüstrisi üzerindeki etkisini anlamak için analiz yapılmıştır ve genel olarak bu başlıklar çerçevesinde kategorizasyon yapılmış ve tezde anlatılmıştır. Veri analizinin amacı, toplanan verilerden anlamlı sonuçlar çıkarmak ve tezde formüle edilen araştırma sorularına veya hipotezlere yanıtlar sağlamak olmuştur.

# BÖLÜM 2

# RADYO'NUN TARİHÇESİ VE KARASAL SAYISAL RADYO YAYINCILIĞINA GİRİŞ

## 2.1. Radyo'nun Tarihçesi

Radyo kök olarak "ışıma" anlamına gelen ve Latince bir kelime olan "Radius" tan gelmektedir (Beutler, 2017). Ayrıca, dalgalarla enerji göndermek anlamına da gelmektedir. Doğrudan veya kablolu bağlantı kullanmadan elektrik enerjisini bir yerden başka bir yere iletme yöntemidir.

Bütün toplumlarda, radyolar yaygın bir teknolojidir. Aslında, bugünün dünyasında kaç yaşında olursa olsun yaşamı boyunca radyoyu duymamış, görmemiş veya kullanmamış birini bulmak çok zor gibi görünse de bu her zaman böyle değildi. 19. yüzyıldan önce günlük yaşamında kablosuz radyo iletişimi bir hayal ürünüydü. 1800'lerin sonlarında radyonun geliştirilmesinden sonra bile, radyoların ana akım ve bir ev eşyası haline gelmesi uzun yıllar almıştır. Radyonun tarihi, dünyanın hem uzak hem yakın mesafelerden nasıl bağlandığını ve iletişim kurduğunu değiştiren ilginç bir tarihtir. İlk yıllarda şebeke elektriği ile çalışan ve sabit bir yerde duran radyo, aile bireylerinin birlikte dinlediği bir iletişim aracı konumundayken, transistörün icat edilmesi ile radyo taşınabilen ve ayrı ayrı bireylerce dinlenebilen bir kitle iletişim aracı olmuştur.

Radyonun tarihi, bilim adamlarının kablosuz iletişim ile ilk kez deneyler yapmaya başladıkları 19. yüzyılın sonlarına kadar izlenebilmektedir. İlk radyo cihazını kimin bir araya getirdiği kesin olarak bilinmese de radyo tekniği ile ilgili ilk buluş 1860 yılında James Maxwell tarafından elektromanyetik dalgaların varlığının bulunmasıdır (Aziz, 2013). 1865 yılında da bu dalgaların boşlukta ışık hızıyla hareket etmesi gerektiğini ileri sürmüştür. 1886 yılında elektromanyetik dalgaların varlığı ve elektromanyetik dalgaların ışık hızıyla hareket ettiği Heinrich Hertz tarafından kanıtlanmıştır. 1893 yılında Nikolai Tesla'nın St. Louis, Missouri'de bir kablosuz radyo sergilediği bilinmektedir. Buna rağmen, Guglielmo Marconi, radyonun mucidi olarak en çok kabul gören olarak bilinmektedir. 1895 yılında İtalyan fizikçi ve mucit Guglielmo Marconi, radyo çağının başlangıcını belirleyen ilk kablosuz telgraf mesajını başarıyla göndermiştir. 1896 yılında İngiltere'de ilk kablosuz telgraf patentini alan ve radyo tarihindeki yerini koruyan Marconi olmuştur. Ancak bir yıl sonra Tesla, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki temel radyosu için patent başvurusunda bulunmuştur. Patent talebi,

Marconi'nin patentinin verilmesinden dört yıl sonra 1900 yılında kabul edilmiştir. İlk radyoyu kimin icat ettiğine bakılmaksızın, 12 Aralık 1901 yılında Marconi'nin yeri, Atlantik Okyanusu boyunca sinyal ileten ilk kişi olduğu sonsuza dek mühürlenmiştir (Garratt, 1994).

20. yüzyılın başlarında radyo teknolojisi hızla gelişmiş ve ticari radyo yayıncılığı şekillenmeye başlamıştır. I. Dünya Savaşı sırasında ve öncesinde (1920 ve öncesi) ise radyo özellikle denizde olan gemilerle iletişim kurmak için kullanılmıştır. Telsiz iletişiminin çok net olmamasından dolayı, operatörler genellikle Mors kodu ile mesajlarının kullanımına güvenmekteydi. Bu, özellikle acil durumlarda sudaki gemilere büyük fayda sağlamıştır. I. Dünya Savaşı ile birlikte radyonun önemi ortaya çıkmış ve kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Savaş sırasında, ordu neredeyse yalnızca radyoyu kullanmış ve fiziksel bir haberciye ihtiyaç duymadan orduya gerçek zamanlı mesaj gönderip almak için paha biçilmez bir araç haline gelmiştir. 1920'lerde savaşın ardından özel kullanım için radyo satın alınmaya başlanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde ilk ticari radyo istasyonu olan Pittsburgh'daki KDKA 1920'de yayına başlamıştır (Kılıç, 2020). ABD ve Avrupa genelinde Pittsburgh, Pennsylvania'daki KDKA ve İngiltere'deki British Broadcasting Company (BBC) gibi yayın istasyonları yüzeye çıkmaya başlamıştır. 1920'de Westinghause Şirketi, KDKA'nın kurulmasına izin veren bir radyo lisansı için başvurmuş ve lisansını almıştır. KDKA daha sonra ABD hükümeti tarafından resmi olarak lisanslanan ilk radyo istasyonu olmuştur. İlk programlı radyo yayını Kasım 1920'de Amerika Birleşik Devletleri Pittsburgh'da gerçekleşmiştir. Ardından İngiltere'de sürekli radyo yayınları Kasım 1922'de Londra'daki British Broadcasting Company (BBC) ile başlamıştır (Rudin, 2006). Sırasıyla Fransa, Sovyetler Birliği, Almanya takip etmiş 1927 yılında Arjantin, İtalya, Avusturalya, Japonya, Norveç, Yeni Zelanda, Hollanda, İsveç, Çekoslovakya, İsviçre, Güney Afrika gibi ülkelerde yayına başlamıştır. Bugün radyo, Tesla veya Marconi'nin hayal edebileceğinden çok daha fazlası olmuştur. Geleneksel radyo ve radyo yayıncılığı geçmişte kalmış olup, bunun yerine radyo, uydu ve akışlı internet istasyonlarının popüler olması ve güncel teknolojiye ayak uydurmak için sürekli gelişmiştir.

Ses sinyallerinin yayın amaçlı iletilmesi 1923 yılında orta dalga yayıncılığı (AM) ile başlamıştır. 1948 yılında Avrupa'daki ilk FM vericisi devreye alınmış, Rohde&Schwartz tarafından geliştirilmiş ve üretilmiştir. 1982 yılı, kompakt disk olarak bilinen CD'nin piyasaya çıkmasıyla insanların analog sesten sayısal sese adım attığı yıl olmuştur (Shibata, 1993).1993 yılında Analog TV programlarının yayınlandığı ASTRA uydu sisteminin alt taşıyıcılarından yayın yapan ADR (Astra Sayısal Radyo) faaliyete başladı. Bugüne kadar ise

EUREKA147 kapsamında geliştirilen MPEG-1 ve MPEG-2 katman II'de ses sıkıştırması kullanan MUSICAM yöntemi ortaya çıkmıştır (O'Neill, 2009).

Sonraki on yıllarda, 1930'larda FM yayını ve 1940'larda renkli televizyon gibi yeni teknolojilerin piyasaya sürülmesiyle radyo teknolojisi gelişmeye devam etmiştir (Frost, 2010). 1950'ler ve 1960'lar, rock and roll müziğin yükselişine ve Top 40 radyosunun doğuşuna tanık olmuştur. 1970'lerde ve 1980'lerde, FM radyo popülaritesinde AM radyoyu geride bırakmış ve birçok AM istasyonu FM'e geçmiş veya formatını değiştirmiştir. 21. yüzyılda, sayısal radyo yayıncılığı ve internet radyosunun ortaya çıkmasıyla birlikte, sayısal teknolojilerin radyo üzerinde önemli bir etkisi olmuştur. Bu teknolojilerin gelişmesiyle birlikte, radyo daha taşınabilir ve erişilebilir hale gelmiş ve dinleyiciler, dinledikleri üzerinde daha fazla seçeneğe ve kontrole sahip olmuştur

Genel olarak, radyonun tarihine hızlı teknolojik gelişmeler ve değişen dinleyici tercihleri damgasını vurmuştur. Başlarda sadece haber almak ve haber vermek için kullanılan radyo, daha sonra eğlence için de kullanılmaya başlanmıştır. Bu sebeple zamanla radyo dinleyici sayısı ve radyo istasyonu sayısı da artış göstermiştir. Dinleyici sayısının artmasıyla başlarda bilgilendirme amacıyla yapılan radyo programı türleri de değişiklik göstermiştir. Müzik, Haber, Eğlence, Eğitim gibi değişik konseptlerde yapılan yayınları radyoya olan talebi arttırmıştır. Radyo yayınlarının artış hızıyla paralel olarak dinleyici sayısı da artmış, bu da radyo alıcılarının daha küçük ve portatif olmasına neden olmuştur.

## 2.2. Türkiye'de Radyo Yayıncılığının Tarihi

Radyo, toplumun bir parçasıdır ve tarih boyunca toplumsal yapıda meydana gelen değişimlerle birlikte önemli bir iletişim aracı olarak toplumsal unsurları etkilemiştir. Radyo yayıncılığı aynı zamanda dünyanın gelişmiş ülkeleriyle paralel bir şekilde Türkiye'de 6 Mayıs 1927'de (AM bandında) İstanbul Büyük Postane'de yapılmış ve sadece cılız bir ses olarak duyulmuştu (Akçakaya, 2020). Genç Cumhuriyetimiz, ekonomik zorluklara rağmen bu yeni teknolojiyi hayata geçirmiştir. Ancak, bu ilk yayın bugün için eski ve antikacılarda bile bulunamayan teknoloji kullanılarak yapılmıştı ve günümüzde bine yakın kamusal ve özel radyonun temelini oluşturmuştur.

Hükümet, haberleşme sistemini tekelinde bulundurduğu için, 1926 yılında İstanbul ve Ankara'da küçük iki radyo vericisi kurulmasını ve işletme hakkının yabancı bir firmaya 10 yıllık bir sözleşme ile verilmesini kararlaştırmıştır. Bu ortaklık, "Telsiz Telefon Türk

Anonim Şirketi" adını taşıyordu ve 1927 yılında İstanbul radyosunu, kısa bir süre sonra da Ankara radyosunu kurmuştur.

1933 yılında, Ankara ve İstanbul'da yetersiz radyo vericileri olduğu tespit edildiğinden, daha güçlü üç verici inşa etme kararı alındı. Bu vericiler "Marconi" tarafından yapılmış ve ikisi 1938 yılında tamamlanmış ve yayın hayatına başlamıştır. Ankara'daki 120 kW gücündeki uzun dalga vericisi ve 20 kW gücündeki kısa dalga vericisi Temmuz 1938'de deneme yayınlarına başlamıştır. Ancak İstanbul'daki 150 kW gücündeki orta dalga vericisi II. Dünya Savaşı nedeniyle 1949 yılında yayına başlayabilmiştir (Kuruoğlu, 2008).

İlk olarak Türk Telsiz Telefon A.Ş. tarafından yayın yapılmış olan radyo, 8 Eylül 1936'da PTT'ye devredildi. İstanbul Radyosu'nun 6 Mayıs 1927'de yayına başlamasının ardından, 1928 yılında Ankara Radyosu yayın yaptı. PTT'ye devredildikten sonra vericisi güçlendirilen Ankara Radyosu, 28 Ekim 1938'de resmen işletmeye açıldı. İstanbul Radyosu, Ekim 1938'de yayınlarına ara verdiyse de 19 Kasım 1949'da yayın hayatına geri döndü. İkinci Dünya Savaşı sırasında radyolar, yeni kurulan Matbuat Umum Müdürlüğü'ne bağlandı (Aziz, 2013).

Türkiye'de yayınlar 1949 yılına kadar sadece Ankara'daki iki verici ile yapılmıştı ve yayınların yalnızca %20,5 izlenebiliyordu. 1949 yılında önceden ihale edilen 150 kW gücündeki İstanbul orta dalga radyosu yayına başlamış ve bu sayede yayın kapsama alanı %25.3'e yükselmiştir. 1950 yılında Ankara'da 100 kW gücünde yurt dışına yayın yapan kısa dalga vericisi de yayına başlamıştır. Radyo yayınlarında teknolojik olarak on yıl boyunca herhangi bir ilerleme kaydedilememiş ve bazı planlar sonuçsuz kalmıştır (Aziz, 1981).

Bu yönüyle bakıldığında ülkemizde radyoculuk alanında ikinci büyük bir değişim ve atılım süreci 1961 Anayasası ile gerçekleşmiştir. Bu Anayasası'nın hükümleri çerçevesinde, 1 Mayıs 1964 tarihinde Türkiye Radyo Televizyon Kurumu (TRT) devlet adına radyo ve televizyon yayınlarını gerçekleştirmek amacıyla özerk bir tüzel kişiliğe sahip olarak kurulmuştur. 1972 yılındaki anayasa değişiklikleriyle Kurum tarafsız bir kamu iktisadi kuruluşu olarak tanımlanmıştır. 1984 yılında Türkiye Radyo ve Televizyon Kanunu yeniden düzenlenmiştir. 1986 yılından sonra uydu yayınlarının başlamasıyla, Türkiye'de özel radyo ve televizyonların ortaya çıkması, bu alanda yeni bir düzenleme yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu nedenle, 1993 yılında Anayasanın 133. maddesinin değiştirilmesiyle özel radyo ve televizyon yayınları serbest bırakılmış, TRT'nin özerkliği yeniden tesis edilmiştir. TRT bugün, tarafsızlığı Anayasada hükme bağlı olarak, radyo ve televizyondan tüm medya araçlarına yayın yaparak "kamu hizmeti yayıncısı" olarak hizmet vermektedir. TRT, kamu yayıncılığı sorumluluğu ile hareket ederek ülkemizin kültür, sanat ve eğitimine önemli

destek sağlarken, anında ve güvenilir haberciliğin adresi olarak, farklı dillerde yaptığı uluslararası yayınlarla Türkiye'nin sesini dünyaya duyurmaktadır (Kıyık Kıcır & Tonus, 2020).

TRT-1, TRT-2 ve TRT-3 radyo kanalları 1974 yılında kurulmuştur. Bu kanallar, toplumun ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla oluşturulmuştur. Bu uygulama ile ülkemizde "Tematik Radyo" yayıncılığının temelleri atılmıştır. Bugün, TRT Radyo Dairesi Başkanlığı'na bağlı beş ulusal (Radyo-1, Radyo-2 (TRT FM), Radyo-3, TRT Nağme ve TRT Türkü) ve beş bölgesel (Antalya, Çukurova, GAP Diyarbakır, Erzurum ve Trabzon) radyo kanalı mevcuttur. Ayrıca, TRT Radyo Haber, TRT Kürdi Radyo, TRT Arapça Radyo, TRT World Radyo kanalları ile Yurt Dışı Yayınları Dairesi Başkanlığı'na bağlı Türkiye'nin Sesi (TSR) ve Memleketim FM radyo kanalları da mevcuttur. Bu radyo kanallarının program içerikleri ve kanal kimliklerine bakıldığında, kamu hizmeti yayıncılığı ilkesi çerçevesinde, her ihtiyaca cevap veren bir yapıda oldukları görülür.

1980 yılı sonunda, Türkiye'deki radyo istasyonlarının toplam verici gücü 5148 kW, istasyon sayısı ise 22'dir. Bu istasyonlardan, Ankara ve İstanbul vericileri 1200 kW, diğer 8 verici de 100 kW'dan daha yüksek güçtedir. Bu vericiler, 1974 yılının Eylül ayına kadar sadece haber yayını ve naklen yayınlarla ilgili olarak kullanılmıştır ancak bu tarihten sonra TRT I, TRT II ve TRT III adı altında kesintili yayınlar yapmaya başlamışlardır. TRT I adı altında yayın yapan istasyonlar arasında ulusal çaptaki Ankara (120 kW), İstanbul (1200 kW) ile bölgesel nitelikteki İzmir (200 kW), Antalya (600 kW), Diyarbakır (300 kW), Erzurum (200 kW) ve Çukurova (300 kW) radyoları bulunmaktadır. Toplam verici gücü 2920 kW'dır (Aziz, 1981).

### 2.3. Sayısal Radyo Teknolojisi Olarak DAB/DAB+ Tarihçesi

DAB'ın tarihi, Avrupa Birliği'nin sayısal radyo yayıncılığı olasılığını ilk kez keşfetmeye başladığı 1980'lerin sonlarına kadar izlenebilir. DAB, 1981 yılında gelişmeye başlamış ve 2000 yılından bu yana bağımsız uluslararası kuruluş olan "World DAB Forum"un yetkisi altındadır (Jakšić vd., 2019) . DAB teknolojisi, ilk olarak 1980'lerde radyo hizmetlerinin kalitesini ve çeşitliliğini iyileştirmenin bir yolu olarak önerilmiştir. O zamanlar, analog FM radyo, radyo yayıncılığı için baskın teknolojiydi. Ancak sınırlı FM frekans spektrumu ve zayıf sinyallerin olduğu alanlarda düşük ses kalitesi gibi çeşitli sınırlamaları vardı. 1990'ların başında, bilgi ve iletişim teknolojileri (ICT) için küresel olarak uygulanabilir standartlar geliştiren, merkezi Fransa'nın Sophia Antipolis kentinde bulunan

bağımsız bir kuruluş olan Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (ETSI), analog FM radyonun yerini alması için tasarlanan DAB standardını geliştirmeye başlamıştır. Aslında burada amaç, ses sinyallerini sıkıştırmak ve iletmek için sayısal sinyal işlemeyi kullanmaktı; böylece, daha fazla sayıda radyo istasyonunun tek bir frekans üzerinden yayınlanmasına izin vermek ve diğer kullanımlar için radyo spektrumunun daha fazlasını serbest bırakmak ayrıca gelişmiş ses kalitesi ve alımı sağlamaktı. DAB, aslında radyo hizmetlerinin sunumu için bir teknoloji olsa da, aslında multimedya bilgilerini de içeren ve radyonun grafik, bilgi ve yetenek alabilen daha karmaşık bir teknolojidir. Yayın sesini saklamak ve yeniden oynatmak için radyonun sayısallaştırılması, hizmetin genişletilmesi ve hatta "radyo" teriminin anlamına meydan okumak için yeni olasılıklar sunmaktaydı. Ancak, bu avantajlar dinleyiciler için ikna edici olamamıştır. DAB alıcılarının satışları yavaş olmuştur. Birkaç yıl öncesine göre daha ucuz olmalarına rağmen, analog alıcılara göre fiyat açısından yüksek olmasından dolayı, dinleyicilerin satın alma kararı vermek için açıkça bir teşvike ihtiyacı vardır. Bu yavaş büyüme aynı zamanda bazı yayıncıları ve hükümetleri DAB sistemine yatırım yapma konusunda daha temkinli hale getirmiştir. Çünkü DAB, yeni frekans alanının tahsis edilmesini ve yayın sisteminin belirli frekans kanallarında ayrı istasyonlara dayalı olandan, geniş bir frekans kanalının 'çoklu operatöre' tahsis edilmesini ve daha sonra yayın sisteminin yeniden düzenlenmesini gerektirir. Dolayısıyla yasal ve düzenleyici süreçler söz konusudur. Yayın için DAB'ın tanıtılması, verici ağının mevcut hizmetleri eşzamanlı olarak yayınlamak için dönüştürülmesi veya bu tür hizmetlerin çoklayıcı operatörleri ile taşınması için müzakere edilmesi gereklidir. Aynı zamanda DAB'ın artan kapasitesi, aynı servislerin çeşitli çoklayıcılar üzerinden taşınan bir dizi yeni istasyonlarla rekabet edebileceği anlamına gelir. Bu nedenle mevcut radyo yayıncılığı ortamının özelliklerine bağlı olarak, yayıncıların ve hükümetlerinin DAB'ı benimsemeleri için teşvikler ülkeden ülkeye farklılık gösterebilir.

Teknolojiyi geliştirmek için, Avrupalı yayıncılar ve üreticilerden oluşan bir konsorsiyum, 1986'da EBU(Avrupa Yayın Birliği) TCRB'yi(Radyo Yayıncılığı Teknik Komitesini) kurmuştur. TCRB, farklı DAB iletim yöntemlerini ve alıcı tasarımlarını test etmek için bir dizi saha denemesi yürüterek teknolojiyi araştırmak ve geliştirmek için birkaç yıl çalışmalar yapmıştır. 1990'ların başında TCRB, DAB Eureka 147 adlı özel bir DAB yayın iletim yöntemi üzerinde karar kılmıştır. Bu yöntem, birkaç ses akışının tek bir sayısal sinyalde birleştirildiği ve daha sonra belirli bir frekans bandı kullanılarak iletildiği bir çoğullama sistemi kullanmaktadır ve bu da daha fazla sayıda radyo istasyonunun tek bir frekans üzerinden yayınlanmasına izin vermektedir. İlk DAB yayınları, 1995 yılında

BBC'nin DAB hizmetinin başlatılmasıyla Birleşik Krallık'ta başlamıştır. Diğer Avrupa ülkeleri hızla aynı şeyi yapmış olup DAB, tercih edilen sayısal radyo teknolojisi olarak geniş çapta kabul görmeye başlamıştır. Ancak teknoloji, uyumlu alıcıların olmaması ve sınırlı programlama seçenekleri nedeniyle ivme kazanmakta zorlanmıştır. Yerel yayınlar Eylül 1995 de böylece başlamıştır. İlk DAB iletimi 1995 yılında Birleşik Krallık'ta gerçekleşmiş olup o zamandan beri bu teknoloji, dünya çapında birçok ülke tarafından benimsenmiştir. 2000'lerin başında ETSI (European Telecommunications and Standards Institute), orijinal DAB standardına göre gelişmiş ses kalitesi, mevcut spektrumun daha verimli kullanımı dahil olmak üzere çeşitli avantajlar sunan ve DAB+ olarak bilinen, DAB standardının geliştirilmiş bir sürümünü piyasaya sürmüştür. DAB+ (Digital Audio Broadcasting Plus), son yıllarda dünya çapında popülerlik kazanan bir sayısal radyo teknolojisidir. Sonraki yıllarda DAB+, Avrupa ve Asya'daki birçok ülkenin teknolojiyi benimsemeye başlamasıyla ivme kazanmaya başlamıştır. DAB+'nın benimsenmesinde kaydedilen ilerlemeye rağmen, teknoloji hala bazı zorluklarla karşı karşıyadır. Bazı ülkelerde DAB+ kapsama alanı FM radyo kadar yaygın değildir ve tüm cihazlar bu teknolojiyle uyumlu değildir. Ek olarak, ekipmanlarını ve altyapılarını yükseltmeleri gerektiğinden, DAB+'ya geçiş, yayıncılar için maliyetli olabilmektedir. Bu zorluklara rağmen bugün, Avrupa ve Asya'daki birçok ülke DAB+'yı sayısal radyo yayıncılığı standardı olarak benimsemiştir ve dünya çapında popülerlik kazanmaya devam etmektedir. Birçok yayıncı karasal sayısal radyo teknolojisini, gelişmiş ses kalitesi, daha fazla istasyon, spektrumun daha verimli kullanımı ve acil durum uyarı özellikleri sunan ve FM radyodan daha gelişmiş, daha verimli bir teknoloji olarak görmektedir. Sonuç olarak, DAB+'nın önümüzdeki yıllarda gelişmeye ve daha da fazla popülerlik kazanmaya devam etmesi muhtemeldir.

### 2.4. Karasal Sayısal Yayıncılığın Önemi

Sayısal radyo, ilk olarak 1980'lerde radyo yayınının kalitesini ve aralığını iyileştirmenin bir yolu olarak önerilen bir sayısal radyo teknolojisidir. Analog yayından sayısal yayın teknolojisine geçiş, daha verimli spektrum kullanımına giden yolu açmış olur. Analogdan sayısal karasal yayıncılığa geçiş, spektrum yönetimi alanındaki son yılların en ünlü terimlerinden olan Digital Dividend (Sayısal Tahsis)'in tanımlanmasına yol açmıştır. İlk olarak, Digital Dividend (Sayısal Tahsis) UHF bantlarında karasal televizyon yayınları hizmetine tahsis edilen spektrumun serbest bırakılması anlamına gelmektedir (Beutler, 2012b). Bir başka deyişle Digital Dividend (Sayısal Tahsis), analog yayın için ayrılmış radyo

frekanslarının sayısal yayın için kullanılabilir hale getirilmesi sonucu ortaya çıkan boşalan spektrumun kullanımına verilen isimdir. Bu boşalan spektrum, yüksek bant genişliği sağladığından, mobil geniş bant servisleri ve kablosuz iletişim için kullanılmaktadır. Sayısal karasal yayın teknolojilerinin tanıtılmasının bahsi geçen spektrumun daha verimli kullanılmasına imkân sağlayacağına hiç şüphe yoktur. Sonuç olarak spektrumun bir kısmı serbest bırakılacaktır. Serbest bırakılan spektrum miktarı, ülkeden ülkeye farklılık gösteren mevcut yayın kapsama türleri ve son olarak kullanılan sayısal yayın teknolojisi gibi parametrelere bağlıdır. Dolayısı ile bu konudaki en önemli soru, analogdan sayısal karasal yayıncılığa geçişten sonra Digital Dividend (Sayısal Tahsis)'in olup olmadığı değil hangi hizmetin bunu ne kadar ve hangi koşullarda kullanacağıdır.

Radyo ve televizyonun başarı öyküsü aslında karasal yayınlara dayanmaktadır. Uygun bir yerde ilgili ekipman ve antenler kullanılarak radyo ve televizyonun sinyallerini yayınlayacak vericiler kurulmuştur. Dinleyicinin veya izleyicinin belirli bir alımlama çabası göstermesi bekleniyordu. Televizyon söz konusu olduğunda evinin çatısında yeterince yüksekte bir anten dikilmeliydi. Sabit alıcıların çoğu uygun şekilde benimsenen anten sistemiyle beslenmekteydi. 20. Yüzyılın sonunda karasal yayıncılığın diğer dağıtım yolları üzerindeki üstünlüğü kayboldu. Kablo ve diğer dağıtım biçimleri birçok ülkede karasal yayın platformunun önemli ölçüde önüne geçti. Ayrıca internet üzerinden ses ve video içeriğinin tüketimi zemin kazandı. Fakat bununla birlikte dünya çapında radyo ve televizyon programlarını dinleyicilere ve izleyicilere ulaştırmanın birincil yolunu karasal yayıncılığın oluşturduğu pek çok bölge hala mevcuttur. Zaman içerisinde hem radyo hem de televizyon hizmetlerinin analog karasal yayıncılığı iki temel sorun nedeniyle baskı altına girmiştir. İlk olarak CD gibi sayısal medyanın ortaya çıkmasıyla dinleyiciler yüksek ses ve görüntü kalitesine alışmışlardı. Bu kalite karasal dağıtım platformlarda her zaman sağlanamamıştır. Ayrıca spektrum eksikliği daha fazla program çeşitliliği sağlamaya izin vermemiştir. Bu nedenle daha verimli spektrum kullanımları önemli bir konu haline gelmiştir. Bu durum sayısal karasal yayın sistemlerinin gelişmesinin önünü açmıştır. Sayısal yayıncılıkla birlikte öncelikli hedefler, radyo frekanslarının kaynak tasarruflu kullanımı, yüksek iletim kalitesi ve yeterli sayıda programa izin verecek kadar büyük bir veri kapasitesi olmuştur.

Son yirmi yılda birkaç sayısal karasal yayın sistemi geliştirilmiştir. Farklı koşullar altında farklı hizmetleri hedefleyebilseler de birçok ortak teknik özellik sergilerler. Genellikle çoklu taşıyıcı teknolojisi kullanılır ve ses veya video sinyallerinin kalitesini korumak için iletilmesi gereken veri miktarını önemli ölçüde azaltmak için psiko-akustik

veya psiko-görsel efektlerden yararlanırlar. Ayrıca iletim, karmaşık hata koruma mekanizmalarının uygulanmasıyla bozulmaya karşı korunur.

Ses içeriği yalnızca 48 ile 192 kBits/s arasında sınırlı bir veri hızı gerektiğinden yedek veri hızı mevcut ise radyo içeriği genellikle televizyon sistemlerinde sırtlanmıştır. Bununla birlikte radyo ve televizyon programları sıklıkla farklı kapsama ve alım hedeflerine sahiptir. Bu nedenle radyo programlarının dağıtımı için optimize edilmiş yayın sistemleri geliştirmek daha mantıklıdır. Halihazırda uygulanmakta olan veya faaliyette olan en önemli üç sistem aşağıdaki alt bölümlerde kısaca özetlenmiştir.

# BÖLÜM 3

# KARASAL SAYISAL RADYO YAYINCILIĞI

## 3.1. Sayısal Radyo Sistemleri

DAB (Digital Audio Broadcasting), HD Radio (Hybrid Digital Radio), DRM (Digital Radio Mondiale), Sirius XM Radio, S-DAB (Satellite Digital Audio Broadcasting) ve diğerleri olarak da bilinen sayısal radyo sistemleri, radyo frekansı bandı üzerinden sayısal veri iletebilir. Bu sistemler analog telsiz sistemlerine göre daha kaliteli ve daha kararlı iletim sağlar. Ek olarak, sayısal radyo sistemleri daha fazla veri taşıyarak şarkı adları, sanatçı bilgileri, trafik koşulları ve daha fazlası gibi ek bilgilerin iletilmesini sağlar. Sayısal radyo sistemleri, üstün ses kalitesi, radyo spektrumunun daha verimli kullanımı ve ses sinyaliyle birlikte ek bilgi iletme yeteneği dahil olmak üzere analog radyoya göre birçok avantaj sunar. Sayısal radyo sistemleri daha yaygın hale geldikçe, yayıncıların dinleyicilere daha geniş bir yelpazede programlama seçenekleri sunmasını sağlayarak ve dinleyicilere daha ilgi çekici ve sürükleyici bir dinleme deneyimi sunarak, birçok bölgede radyo iletiminin birincil yolu haline gelmeleri muhtemeldir (W. Fischer, 2020).

DAB (Digital Audio Broadcasting): DAB, Avrupa'da ve dünyanın diğer bazı bölgelerinde yaygın olarak kullanılan bir sayısal radyo sistemidir. Geleneksel analog radyodan daha iyi ses kalitesi sağlar ve şarkı ve sanatçı bilgileri, haberler, hava durumu ve trafik güncellemeleri gibi ek bilgilerin iletilmesine izin verir. DAB, sinyalini yayınlamak için karasal vericilerden oluşan bir ağ kullanır ve sinyalini almak için özel DAB alıcısı gerektirir (Beutler, 2008).

DRM (Digital Radio Mondiale): DRM, alımın zayıf olduğu alanlarda bile yüksek kaliteli ses sağlamak için tasarlanmış bir sayısal radyo sistemidir. Ses ve verileri karasal radyo frekansları üzerinden iletmek için sayısal bir sinyal kullanır ve şarkı ve sanatçı bilgileri, haberler, hava durumu ve trafik güncellemeleri gibi ek bilgilerin iletilmesine izin verir. DRM, sinyalini almak için özel bir DRM alıcısı gerektirir ve bu, geleneksel analog radyo alıcıları kadar yaygın olarak bulunmaz (Varlamov vd., 2019).

DRM ve DAB iki önemli sayısal radyo sistemi, geleneksel analog radyoya göre çeşitli avantajlar sunarken, birkaç önemli yönden farklılık gösterir. İlk olarak, DRM kısa dalga, orta dalga ve uzun dalga frekans bantlarında, DAB ise VHF bandında çalışır. Bu, DRM'nin uzun mesafelerde ve zayıf alım olan alanlarda kapsama alanı sağlayabildiği

anlamına gelir ve bu da onu uzak veya kırsal alanlarda radyo kapsama alanı sağlamak için ideal bir seçim haline getirir. Öte yandan DAB, kentsel alanlarda iyi bir kapsama alanı sağlar, ancak uzak veya kırsal alanlarda daha zayıf olabilir. İkincisi, DRM, DAB'dan daha yüksek ses kalitesi sunar. DRM, özellikle düşük bit hızlarında DAB'dan daha yüksek ses kalitesi sağlamak üzere tasarlanmıştır. Bunun nedeni, DRM'nin iletim sırasında ses sinyalini bozabilecek gürültü, solma ve girişimin etkilerini azaltabilen bir dizi gelişmiş sinyal işleme teknikleri ve hata düzeltme algoritmaları kullanmasıdır. Ayrıca DRM, AAC-HEv2 codec bileşeninin verimliliği ve DRM tarafından kullanılan diğer gelişmiş teknikler sayesinde yüksek ses kalitesini korurken DAB'dan daha düşük bit hızlarında çalışabilir. DRM, yüksek ses kalitesini 20 kbps'ye kadar bit hızlarında iletebilirken, DAB tipik olarak yaklaşık 160 kbps'lik bit hızlarında iletir (Hofmann vd., 2003). Bu, DRM'nin daha yüksek kaliteli ses sunarak en sevdikleri melodileri aslına uygun olarak duymak isteyen müzik tutkunları için çekici bir seçenek haline getirdiği anlamına gelir. Üçüncüsü, DRM, analog radyodan sayısal radyoya kademeli geçişe izin veren mevcut analog radyo sistemleriyle geriye dönük uyumludur. Öte yandan DAB, sinyalini almak için yeni sayısal alıcılar gerektirir ve geleneksel analog radyo alıcılarıyla uyumlu değildir. Dördüncüsü hem DRM hem de DAB, şarkı ve sanatçı bilgileri, haberler, hava durumu ve trafik güncellemeleri gibi ek bilgilerin iletilmesine izin verir. Ancak, iletilebilen bilgilerin türü ve miktarı iki sistem arasında farklılık gösterebilir. Örneğin, DRM görüntüleri ve metni iletebilirken, DAB trafik verilerini gerçek zamanlı olarak iletebilir (Rathore, 2015).

HD (Hybrid Digital) Radyo: HD Radyo, iBiquity Digital Corporation tarafından geliştirilmiş bir sayısal radyo teknolojisidir. Hem analog hem de sayısal içeriği geleneksel AM ve FM radyo frekansları üzerinden iletmek için bir sayısal sinyal kullanır. HD Radyo, daha yüksek kaliteli sese ve şarkı ve sanatçı bilgileri ile trafik verileri gibi ek bilgilerin iletilmesine olanak tanır. HD Radyo, sinyalini almak için özel bir HD Radyo alıcısı gerektirir ve bu, geleneksel analog radyo alıcıları kadar yaygın olarak bulunmaz (Dumiak, 2006).

Sirius XM Radyo: Sirius XM, abonelere yüksek kaliteli, reklamsız programlama sağlamak için sayısal teknolojiyi kullanan bir uydu radyo hizmetidir. Müzik, haberler, spor ve konuşma radyosu dahil olmak üzere çok çeşitli programlama seçenekleri sunar. Sirius XM Radyo, sinyalini almak için özel bir uydu radyo alıcısı gerektirir ve aboneler programlarına erişim için aylık bir ücret öderler.

S-DAB (Satellite Digital Audio Broadcasting): Uydu Sayısal Radyo yayını anlamına gelir ve sayısal radyo sinyallerini yayınlamak için uydu teknolojisini kullanan bir sayısal radyo sistemidir. Sinyalini almak için özel bir uydu radyo alıcısı gerektirmesi açısından

Sirius XM Radyo'ya benzer, ancak Sirius XM Radyo'dan farklı bölgelerde çalışmak üzere tasarlanmıştır. S-DAB'ın avantajlarından biri, karasal vericilerin bulunmadığı veya arazinin veya diğer engellerin karasal sinyalleri engelleyebileceği alanlarda daha iyi kapsama sunabilmesidir. Bu, onu kırsal alanlarda veya zorlu arazi koşullarına sahip alanlarda radyo kapsama alanı sağlamak için iyi bir seçenek haline getirir. S-DAB'ın diğer bir avantajı da geleneksel analog telsiz sistemlerinden daha geniş bir yelpazede programlama seçenekleri sunabilmesidir. Şarkı ve sanatçı bilgileri, haberler, hava durumu ve trafik güncellemeleri gibi ek bilgilerin iletilmesine izin vererek hem ses hem de veri iletebilir. Ancak, Sirius XM Radyo gibi, S-DAB'da sinyalini almak için özel bir uydu radyo alıcısı gerektirir ve abonelerin programlarına erişim için aylık bir abonelik ücreti ödemeleri gerekebilir. Ek olarak, S-DAB bölgeye bağlı olarak diğer bazı sayısal radyo sistemleri kadar yaygın veya yerleşik olmayabilir(Barboutis, 1997).

Genel olarak, dört sayısal radyo sisteminin tümü, geleneksel analog radyo sistemlerine kıyasla daha yüksek kaliteli ses ve ses sinyaliyle birlikte ek bilgi iletme yeteneği sunar. Bununla birlikte, her sistemin kendi güçlü ve zayıf yönleri vardır. Örneğin; DAB, Avrupa'da yaygın olarak kullanılmaktadır ve kentsel alanlarda iyi bir kapsama alanı sunarken, HD Radyo esas olarak Kuzey Amerika'da kullanılmaktadır ve geleneksel AM ve FM radyo frekansları üzerinden hem analog hem de sayısal içerik iletme yeteneği sunmaktadır. DRM, alımın zayıf olduğu alanlarda bile yüksek kaliteli ses sağlamak üzere tasarlanmıştır ve Sirius XM Radyo, çok çeşitli programlama seçenekleri sunar, ancak aylık abonelik ücreti gerektirir. Hangi sistemin kullanılacağı, coğrafi konum, alıcıların mevcudiyeti ve iletilen programlama türü gibi faktörlere bağlı olabilir.

Tablo 1. Analog Radyo, DAB, DAB+, HD Radio, DRM, Sirius XM Radio, S-DAB sayisal radyo sistemlerine ait frekans aralıkları, avantajları ve dezavantajları

| **Radyo Sistemi** | **Frekans Aralığı** | **Avantajlar** | **Dezavantajlar** |
|---|---|---|---|
| Analog FM | 88 MHz - 108 MHz | Basit altyapı, yaygın kabul görmüş | Düşük veri aktarımı, sınırlı bilgi iletimi, sınırlı çeşitlilik |
| DAB (Digital Audio Broadcasting) | VHF veya L-band bölgesine bağlı olarak | Yüksek ses kalitesi, çoklu kanallar, ek bilgi iletimi | Altyapı yatırımı gerektirir, mevcut alıcılara uyumsuz |
| DAB+ (Digital Audio Broadcasting Plus) | Aynı frekansta DAB ile uyumlu | Dijital ses kalitesi, daha verimli | Mevcut alıcılara uyumsuz |
| HD Radio (Hybrid Digital Radio) | 88 MHz - 108 MHz (Analog FM ile aynı frekansta) | İlerletilmiş ses kalitesi, geriye dönük uyumluluk | Dönüşüm maliyeti, yaygınlık eksikliği, sınırlı çeşitlilik |

| | | | |
|---|---|---|---|
| DRM (Digital Radio Mondiale) | Kısa dalga, orta dalga, uzun dalga frekansları | Yüksek ses kalitesi, kapsama alanı, veri iletimi | Altyapı yatırımı gerektirir, yaygınlık eksikliği, özel alıcı gerektirir |
| Sirius XM Radio | Ku-band (11.7 GHz - 12.7 GHz), S-band (2.3 GHz - 2.4 GHz) | Geniş kapsama alanı, çeşitli içerikler, kalite | Abonelik ücreti, özel alıcı gerektirir, sınırlı veri iletimi |
| S-DAB (Satellite Digital Audio Broadcasting) | Uydu tabanlı (bölgeye bağlı olarak) | Geniş kapsama alanı, ek bilgi iletimi, taşınabilirlik | Özel alıcı gerektirir, abonelik ücreti, yaygınlık eksikliği |

### 3.2. EUREKA 147

EUREKA, 1985 yılında Avrupa Birliği'nde yenilikçiliği ve rekabet edebilirliği teşvik etmek için kurulmuş bir Avrupa araştırma ve geliştirme programıdır. EUREKA, endüstri ve araştırma enstitüleri tarafından proje tekliflerinin başlatıldığı bir programdır. Programın ana hedefi, AB'deki şirketler, araştırma kurumları ve diğer kuruluşlar arasındaki işbirlikçi araştırma ve geliştirme projelerini desteklemektir. Bilgi ve iletişim teknolojileri, enerji, çevre, sağlık, ulaşım, sanayi, güvenlik gibi farklı alanlardaki projelere destek vermektedir. Program, ekonominin tüm sektörlerine açıktır ve Avrupa Birliği'nde yenilikçiliği ve rekabet edebilirliği desteklemeyi amaçlamaktadır.

En bilinen EUREKA projelerinden biri, sayısal ses yayın sistemi geliştirmeyi amaçlayan bir araştırma projesi olan EUREKA 147'dir (O'Neill, 2009). Proje, bir sayısal ses sıkıştırma algoritması olan MUSICAM ve DAB standardının kendisi dahil olmak üzere birkaç temel teknoloji geliştirmiştir. EUREKA 147 projesi, 1980'lerin sonunda başlamıştır. Analog FM radyonun yerini alması ve gelişmiş ses kalitesi, daha fazla istasyon ve mevcut spektrumun daha verimli kullanımını sağlaması amaçlanan DAB standardını geliştirmek için Avrupa'nın dört bir yanından uzmanları bir araya getirmiştir. Ancak, orijinal DAB standardının sınırlı kapsama alanı ve sınırlı cihaz uyumluluğu gibi bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Bu sınırlamaları gidermek ve orijinal DAB standardının performansını artırmak için EUREKA 147 projesi, DAB+ olarak bilinen DAB standardının geliştirilmiş bir sürümünü tanıtmıştır. DAB+, gelişmiş ses kalitesi ve mevcut spektrumun daha verimli kullanımını sağlayan Gelişmiş Ses Kodlaması (AAC+) olarak bilinen daha verimli bir ses sıkıştırma algoritmasını kullanmaktadır. Ayrıca DAB+, COFDM (Kodlu Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama) olarak bilinen farklı bir modülasyon şeması kullanır ve çok yollu sinyal

zayıflaması (multiple fading) ve girişime karşı geliştirilmiş direnç sağlayarak daha sağlam bir sinyal ve iyileştirilmiş alım kalitesi sağlar.

### 3.3. DAB ve DAB+ Standardı ve Aralarındaki Farklar

DAB (Digital Audio Broadcasting), teorik olarak 30 MHz ila 3 GHz frekans aralığında çalışabilen, 1980'lerde geliştirilen bir sayısal radyo yayını standardıdır (Kozamernik, 1995). DAB, analog radyo yayınından çok daha yüksek bir ses kalitesi sağlar. Karasal versiyonun eskiden adı T-DAB olarak adlandırılmış olsa da artık DAB olarak da isimlendirilirken, uydu versiyonunun adı ise S-DAB'dır.

Bununla birlikte, DAB'ın, yüksek kaliteli ses iletmemesi ve çok yollu yayılıma duyarlılığı gibi sinyal zayıflamasına neden olabilecek bazı sınırlamaları vardır. Bu sınırlamaların üstesinden gelmek için 2006 yılında DAB+ (Digital Audio Broadcasting Plus) piyasaya sürülmüştür. DAB+ ise orijinal DAB standardının yükseltilmiş bir versiyonudur ve gelişmiş ses kalitesi ve bant genişliği kullanımı açısından artırılmış verimlilik sunar. DAB ve DAB+, nitekim yüksek kaliteli ses ve metin, resim ve program bilgileri gibi ek verileri elektromanyetik dalgalar üzerinden iletmek için geliştirilmiş sayısal radyo yayın standartlarıdır. Hem DAB hem de DAB+, ses sinyallerini sıkıştırmak ve geleneksel analog FM radyoya kıyasla daha geniş bir radyo istasyonu yelpazesi ve daha iyi ses kalitesi sağlamak için sayısal sinyal işlemeyi kullanır (Gilski, 2017). DAB+ ayrıca, araç içi veya taşınabilir radyolar gibi zor koşullarda alımı iyileştiren "Hiyerarşik modülasyon" adı verilen daha sağlam bir hata düzeltme yöntemi kullanır. Bu yöntem, alıcının sinyal kalitesine bağlı olarak farklı hata düzeltme seviyeleri arasında geçiş yapmasına izin vererek daha sağlam ve güvenilir bir alım sağlar.

DAB ve DAB+, iyileştirilmiş ses kalitesi ve artan istasyon sayısına ek olarak, alıcının ekranında görüntülenebilen metin, resim ve program bilgileri gibi ek verilerin iletilmesine de olanak tanır. Bu özellik "veri hizmetleri" olarak bilinir ve şarkı adları, sanatçı adları, trafik güncellemeleri ve hava durumu tahminleri gibi bilgileri içerebilir. DAB+, Avustralya, Norveç, İsviçre ve Hollanda gibi dünyanın birçok ülkesinde kullanılırken, DAB İngiltere'de bazı bölgelerde hala kullanılmaktadır. Ancak bazı ülkeler, DAB'a göre birçok avantajı olduğu için gelecekte DAB+'ya geçmeyi planlamaktadır fakat DAB+ alıcıları DAB ile uyumlu olmadığından bazı sorunlar yaşanabilmektedir (Gilski, 2017).

DAB, ses sinyallerinin iletimi olan temel işlevin yanı sıra aşağıdaki ek hizmetleri destekler:

1. EPG (Elektronik Program Rehberi), TV EPG'ye benzer hizmetler sunmak için tasarlanmıştır, ancak radyo ve ilgili veri aktarım hizmetleri için kullanılır.
2. Slayt gösterisi, radyo programını geliştirmek ve görselleştirmek için standart Web görüntüleri formatlarını ve standart Web yayınlama araçlarını kullanır. JPEG, PNG veya APNG (Animed PNG) gibi tüm standart formatlar, ses ve video senkronizasyonunu kaybetmeden DAB tarafından yayınlanabilir.
3. TCM / TPEG (Traffic and Travel Information/Transport Protocol Experts Group), daha doğru ve zamanında trafik ve seyahat bilgilerine olan talebin artması nedeniyle oluşturulmuştur ve trafik ve yollar hakkında bilgi göndermek için hizmet vermektedir. RDS/TMC (Radyo Veri Sistemi/Trafik Mesaj Kanalı) teknolojisi çeşitli Avrupa ülkelerinde oldukça başarılı olmasına rağmen, sınırlı RDS bant genişliği nedeniyle sınırlamalarını kesinlikle göstermiştir. DAB'ın ve daha sonra DMB standardının uygulanması, trafik olayları/haberleri, trafikteki hava durumu, sürücü yardımı, park bilgileri, yerel tehlike uyarıları, trafik yoğunluğu gibi iyileştirilmiş trafik ve seyahat hizmetleri için vs. bir taşıyıcı olarak muazzam fırsatlar sunar.

DAB ve DAB+ her ikisi de ses içeriğini iletmek için sayısal teknoloji kullanmasına rağmen, iki standart arasında birkaç önemli fark vardır. Bu farklılıklar arasında ses kodlama formatı, bant genişliği verimliliği, hata düzeltme ve uyumluluk yer alır.

DAB standardı, halen yayıncılıkta kullanılan MPEG Ses Katmanı 2 kodlamasına dayanmaktadır (Stoll, 1995). Bu kodlamanın geliştirilmiş bir versiyonu MPEG Layer 3'tür. DAB+ standardı, DAB standardından daha etkilidir. MPEG-4 Yüksek Verimli AAC v2 profilini (HE-AAC v2 olarak bilinen codec bileşeni) kullanır ve dünyadaki en verimli ses sıkıştırma şemasıdır ve orijinal DAB'dan üç kata kadar daha fazla çoklama hizmetine izin verir (Ulovec & Smutny, 2018). HE-AAC v2 kullanan radyo hizmetlerinin coğrafi kapsama alanı, MPEG Ses Katmanı 2 kullanan radyo hizmetlerinden daha geniştir. HE-AAC v2 radyo hizmeti aracılığıyla iletilen multimedya bilgileri, iletim hatalarına karşı MPEG Ses Katmanı 3 codec'i kullanan radyo hizmetinden çok daha iyi korunur. Ses bit hızı aralığı 32 kb/s ile 384 kb/s arasındadır. AAC codec bileşeni, MP2'nin bit hızının yarısı olan 64 kbps'lik bir bit hızına sahiptir (Gilski & Stefański, 2017). Bu, aynı kanal bant genişliğinde daha fazla istasyonun yayınlanmasına olanak tanır ve iyileştirilmiş ses kalitesi, ses kalitesini daha düşük bit hızlarında daha iyi koruyabilen daha gelişmiş bir kodlama algoritması kullanılarak elde edilir.

İki standart arasındaki bir diğer önemli fark, bant genişliğini kullanmadaki etkinlikleridir. DAB+, bant genişliğini DAB'dan daha verimli kullanabilir, bu da aynı bant genişliğinde daha fazla istasyonun yayınlanabileceği anlamına gelir. Bu, özellikle birçok istasyonun sınırlı bant genişliği için rekabet ettiği kalabalık radyo pazarlarında kritik bir faktördür. Geliştirilmiş bant genişliği verimliliği ile DAB+, yayıncıların daha geniş bir içerik yelpazesiyle daha fazla dinleyiciye ulaşmasını sağlar.

Hata düzeltme, DAB ve DAB+'nın farklı olduğu başka bir alandır. Her iki standart da ses verilerinin güvenilir bir şekilde iletilmesini sağlamak için FEC (Forward Error Correction/İleri Hata Düzeltme) kullanır. FEC, daha sonra iletim sırasında meydana gelen hataları tespit etmek ve düzeltmek için kullanılabilen orijinal sinyale yedek veri eklemeyi içerir. Bununla birlikte, DAB+'da kullanılan gelişmiş ses kodlaması, ses kalitesinin iyileştirilmesine ve hata düzeltme ihtiyacının azalmasına neden olabilir. Bu, hataların varlığında bile ses kalitesinin DAB'dan daha yüksek bir seviyede tutulduğu anlamına gelir.

DAB, Evrişimli Kodlama adı verilen bir tür FEC kodlaması, kısıtlama uzunluğu 7 ve özellikle oranı 1/2 olan evrişimli kod kullanır. Kısıtlama uzunluğu 7 olan evrişimli kodlar, yedi bitlik bir veri bloğunu, yedi bitlik bir kod bloğuna dönüştüren hata düzeltici kodlardır. Oranı 1/2 olan bir kod, veri bloğunun kod bloğuna dönüştürülürken, her bir 2 bit veriye karşılık 1 bit ekstra hata düzeltme kodu ekler. Bu durumda, 7 bitlik bir veri bloğunu kodlamak için 7 + 3 = 10 bit kullanılacaktır. Dolayısıyla, oranı 1/2 olan 7 evrişimli kodlar, 7 bitlik bir veri bloğunu 10 bitlik bir kod bloğuna dönüştürürler ve her 2 bit veriye karşılık 1 bit ekstra hata düzeltme kodu eklerler. Evrişimli kod, alıcının iletim sırasında ortaya çıkmış olabilecek hataları algılamasını ve düzeltmesini sağlamak için iletilen verilere fazlalık ekler. Bu, radyo iletiminin güvenilirliğini artırmaya ve gürültü ve parazitin alınan sinyal üzerindeki etkisini azaltmaya yardımcı olur. DAB+, LDPC (Low-Density Parity-Check/Düşük Yoğunluklu Eşlik Kontrolü) denilen bir tür FEC kodlaması kullanır. LDPC, nispeten düşük bir kod çözme karmaşıklığını korurken yüksek düzeyde hata düzeltme verimliliği sağlayabilen bir FEC kodu türüdür. DAB+, normal LDPC kodunun bir çeşidi olan ve LDPC-Staircase olarak bilinen belirli bir LDPC kodunu kullanır. DAB+'da LDPC kodlamasının kullanılması, radyo iletiminin güvenilirliğini artırmaya ve alınan sinyal üzerindeki parazit ve girişimin etkisini azaltmaya yardımcı olarak, orijinal DAB standardına kıyasla daha iyi ses kalitesi ve alım performansı sağlar (Beutler, 2012a).

Son olarak uyumluluk, DAB ve DAB+ arasındaki diğer bir farktır. DAB+'nın dezavantajlarından biri, mevcut DAB alıcılarıyla uyumlu olmamasıdır. Bu, DAB alıcılarına sahip kullanıcıların DAB+ yayınlarını alamayacakları ve bu istasyonları alabilmek için

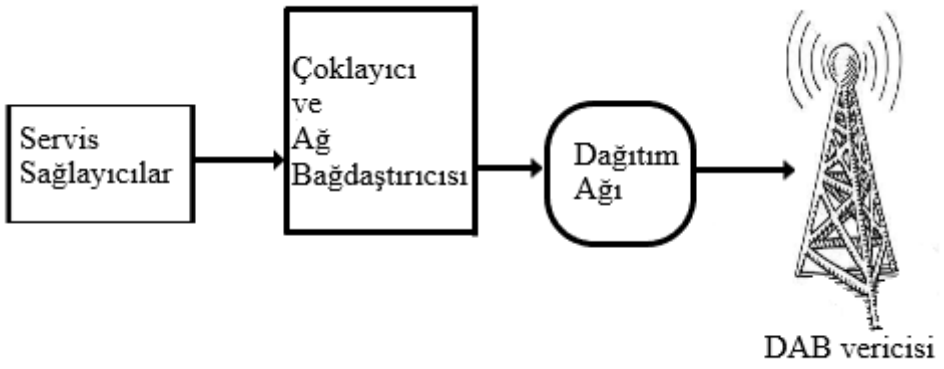
ekipmanlarını yükseltmeleri gerekeceği anlamına gelir. Bu, yeni ekipmana önemli bir yatırım gerektirdiğinden, DAB+'nın benimsenmesinin önünde önemli bir engel olabilir.

### 3.4. Sayısal Radyo Yayını (DAB) Nasıl Çalışır?

DAB, radyo sinyallerinin iletilme ve alınma biçiminde devrim yaratan bir sayısal radyo teknolojisidir. Ses verilerini radyo frekansları üzerinden sıkıştırmak ve iletmek için sayısal sinyal işleme tekniklerini kullanır, dinleyicilere gelişmiş ses kalitesi, daha fazla kapsama alanı ve analog yayına kıyasla daha geniş bir hizmet yelpazesi sunar. DAB iletim sürecindeki ilk adım, ses sıkıştırmadır. Ses verileri, boyutunu azaltmak için sayısal sinyal işleme teknikleri kullanılarak sıkıştırılır ve elektromanyetik dalgalar üzerinden iletmeyi daha verimli hale getirir. Bu sıkıştırma işlemi, MPEG-1 Ses Katmanı II (MP2) veya Advanced Audio Coding (AAC) gibi çeşitli ses sıkıştırma algoritmalarını kullanır. Sıkıştırılmış ses verileri daha sonra bir tür sayısal modülasyon tekniği olan Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama (OFDM) kullanılarak modüle edilir. OFDM, verileri birkaç alt taşıyıcıya bölen ve her bir alt taşıyıcıyı belirli bir frekansa atayan oldukça verimli bir modülasyon yöntemidir (Narasimhamurthy vd., 2010). Bu, birden fazla alt taşıyıcının aynı anda iletilmesine izin vererek, gelişmiş spektral verimlilik ve çok yollu sönümleme nedeniyle azaltılmış hatalar sağlar. Modüle edilmiş sinyal daha sonra tipik olarak VHF (Bant III) veya L-Band (1452-1492 MHz) frekans aralığında bir anten kullanılarak elektromanyetik dalgalar üzerinden iletilir. Alıcı tarafında, alınan sinyal, orijinal ses verilerini alan bir DAB alıcısı kullanılarak demodüle edilir. Alıcı, orijinal verileri kurtarmak için alt taşıyıcıları birleştirerek modülasyon işleminin tersini gerçekleştirir. Son olarak, ses verilerinin sıkıştırılmış hali açılır ve DAB alıcısının hoparlörleri aracılığıyla oynatılarak dinleyicilere yüksek kaliteli ses sağlanır.

Şekil 1'de karasal bir DAB ağının önemli yönlerinden bazıları detaylandırılmaktadır (ITU-R, 2022). Ses ve bir veri sinyali içerebilen DAB çoklayıcısına dahil edilmek üzere sinyal sağlayan DAB hizmet sağlayıcısı konseptini göstermektedir. Aynı zamanda, birçok hizmet sağlayıcıdan gelen hizmetleri bir araya toplayan ve topluluğu tipik olarak bir sayısal telekomünikasyon ağı üzerinden verici bölgelerine taşıyan grup çoklayıcı da bulunmaktadır. DAB sinyali daha sonra kanal kodlanarak alıcılara iletilir.

**Şekil 1.** DAB iletim ağı




### 3.4.1. DAB Sinyal Yapısı

DAB sistemi, internet sayfaları ve sayısal resimler dahil olmak üzere birçok ses hizmetinin veri hizmetleriyle birlikte eşzamanlı olarak taşınmasına olanak tanır. DAB'ın karasal yayın için kullanılan Mod I-DAB sinyali, her biri 96 µs süreye sahip ve toplam 77 sembol içeren çerçevelerden oluşur. DAB sinyal çoklayıcısıyla ilişkili Ana Hizmet Kanalı, Hızlı Bilgi Kanalı ve Senkronizasyon Kanalı olmak üzere üç kanal vardır. Ayrıca her DAB çerçevesinin başında yayınlanan boş bir sembol vardır. Boş sembol, herhangi bir iletim çerçevesinin ilk OFDM sembolüdür ve seçilen iletim moduna bağlı olarak uzunluğu 168–1.297 µs arasında değişebilir.

DAB sinyalinin radyo iletimi için iki frekans bandı sağlanır:

- VHF-III bandı (Bant III) (174-230 MHz / 240 MHz), DAB için tasarlanmış ve kullanılan çekirdek banttır. Alıcılar, kaliteli alım için harici bir antene ihtiyaç duyar, ancak bant, geniş bir alanı kapsamaya izin verir ve binalara iyi bir şekilde nüfuz etmeyi sağlar (ITU-R, 2015).
- L-bandı, 1452 ila 1492 MHz aralığında, VHF-III bandının (Band III) henüz mevcut olmadığı ülkelerde veya 1,5 MHz'lik tek bir çoklayıcı kanal genişliği ile ek bir dağıtım bandı olarak kullanılır. Özellikle cep telefonu gibi ahizeler için bir avantaj olan harici antene ihtiyaç duymaz. L bandı, caddelerin her iki tarafında yüksek binaların olduğu kentsel alanlarda frekansları yansıtabilmesinden dolayı çok kullanışlıdır. Bu şekilde, vericinin görüş alanında olmasa bile iyi bir sinyal alışı olur. Bununla birlikte, sinyalin bina içi yayılımı sınırlı ve dolayısıyla bina içinde sinyal alışı zayıftır. Bir yönüyle dezavantaj olmakla birlikte, çok katlı

mağazalar, tren istasyonları gibi binaların içindeki yerel bilgi dağıtım sistemleri gibi bazı uygulamalarda kullanılabilir (ITU-R, 2015).

DAB iletim sinyali tarafından taşınan çok sayıda sayısal hizmet vardır. DAB, ortalama 1,5 Mbit/s'lik bir bit hızı kapasitesi sağlayan 1.536 MHz'lik bir bant genişliğine sahiptir. Bu, ses programlarını, ses programlarıyla bağlantılı verileri ve diğer veri hizmetlerini kapsar. Bu servislerin paralel bir şekilde çözülmesi bu alıcılar için oldukça gereklidir. Ayrıca DAB'ın diğer ana özellikleri aşağıda sıralanmıştır (Kuyucu, 2019).

- Esnek ses bit hızı: Esnek ses bit hızı 8 kbit/s'den 384 kbit/s'ye çıkar (Narasimhamurthy vd., 2010). Çoklayıcı konfigürasyonlarının, provizyonu yaklaşık 5 ila 6 olan stereo ses programlarını deşifre edecek şekilde yerleştirilmesini sağlar. Alternatif olarak, sınırlı kaliteye sahip 20 mono programın varlığı olabilir.
- Veri servisleri: Veri hizmetlerinin her birinin bölünmesi ve ayrılmasında yararlı olan bir paket yapısının katılımı vardır. Bir paket yapısı olmasa bile, bu veri servislerinin her biri ayrı tanımlanmış bir akış olarak görünür.
- Program İlişkili Veriler (PAD/Programme Associated Data ): PAD, ses bit akışının bir bileşenidir ve temel olarak ses programıyla (şarkı sözleri gibi) iletilen verilerle bağlantılıdır. PAD miktarı ayarlanabilir; ancak, kodlanmış ses sinyali kapasitesi tehlikede kalır. Çoğu zaman, bu kodlanmış ses sinyali, tercih edilen ses bit hızına yerleştirilir.
- Koşullu Erişim (CA/CONDITIONAL ACCESS): CA, bireysel veya paket modu hizmetleri için geçerlidir. DAB varlığı, "gerçek sinyal karıştırma mekanizmaları" sağlayarak CA bilgilerini kolaylaştırma rolüne sahiptir. Bu noktada, DAB'ın bir bileşeni olmayan spesifik abone yönetimine bakılması gerekmektedir.
- Servis Bilgileri (SI/Service Information): Alıcıları çalıştırma ve kontrol etmenin yanı sıra SI, kullanıcılar için bilgi sağlamaya yönelik çalışır. Ayrıca çoklayıcıdaki belirli hizmetler, DAB varlıkları ve toplulukları ile FM/AM yayın platformları arasında bir bağlantı oluşturulmasını sağlar.

### 3.4.2. DAB frekansları

Temmuz 1995'te Wiesbaden'de CEPT'in (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations-Avrupa Posta ve Telekomünikasyon İdareleri Konferansı) himayesinde karasal sayısal radyo yayını için bir planlama toplantısı

düzenlenmiş ve DAB'ın tanıtılmasını kolaylaştırmak için bir frekans tahsis planı ve ilgili prosedürler kararlaştırılmıştır. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği'ne (ITU) üye ülkeleri temsilen ve tüm Avrupa Birliği (AB) üye ülkeleri ile Rusya Federasyonu'nu kapsayan 35 CEPT yönetiminden delegeler katılmıştır. Bu toplantıda, diğer radyo frekansı kullanıcılarına müdahaleyi en aza indirirken farklı bantlarda DAB'ın kullanılmasına izin vermek için farklı ülkeler için frekans tahsisleri üzerinde anlaşmaya varılmıştır. Genel olarak bu toplantının, DAB'ın gelişiminde önemli bir kilometre taşı olduğu kabul edilir ve anlaşma Wiesbaden anlaşması olarak anılır (Kozamernik, 1995). Anlaşma, bant I (47-68 MHz), bant II (87.5-108 MHz), bant III (174-240 MHz) ve L bandı (1452-1492 MHz) dahil olmak üzere farklı frekans bantlarında DAB için kanallar tahsis etmiştir (O'Leary, 2006).

Anlaşma dahilinde, her bir DAB sinyalinin birkaç bant için frekans blokları halinde düzenlendiği uyumlaştırılmış bir yönlendirme planı oluşturuldu. Seçilen bir bant içindeki belirli bir frekansta, Her DAB bloğuna bir atama verildi. Belirlenen her bloğun bir referans numarası vardır ve 1.536 MHz'lik ortak bir bant genişliğine sahiptir (O'Leary, 2006). Diğer bitişik DAB hizmetleriyle girişimi en aza indirmek için her bir DAB bloğunun her iki yanında koruyucu bantlar vardır ve bunlar tipik olarak 176 kHz genişliğindedir. Bazı koruma bantları daha büyük bir bant genişliğine sahiptir, örneğin diğer hizmetlere ekstra korumanın gerekli olduğu bir bandın kenarında 336 kHz genişliğe kadar bant genişliği olabilir.

DAB frekans bloklarından bazıları aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir. (Tablo 2) Daha yaygın olarak kullanılan frekanslar hem L-bandı frekans bloklarında hem de VHF (band III) frekans bloklarında bulunur. Tüm bu tablolarda, her kanalla (7 MHz genişliğinde) ilişkili 4 frekans bloğu vardır, örneğin 5. kanalda 5A, 5B, 5C ve 5D blokları standart bir 7 MHz televizyon kanalı (174-181 MHz) içinde yer alır. Koruma bantları, tipik olarak, 176 kHz'lik tipik bir bant genişliği ile T-DAB kanalının her iki tarafında kullanılır. Ancak tablo 2'deki kanal 13 ile ilişkili 6 frekans bloğu vardır, bu durumda 10 MHz genişliğindedir ve 13 C ve 13 D blokları arasında dar koruma bantlarına (32 kHz genişliğinde) sahiptir.

Tablolarda yer alan frekans bloklarının tümü 1.536 MHz genişliğindedir. En yaygın uygulamalar, karasal tek frekanslı ağları uygulamak için kullanılan VHF bandı III ve yerelleştirilmiş ağlar ve bölgeselleştirilmiş tek frekanslı ağlar için kullanılan L-bandı içindedir.

**Tablo 1.** VHF Band I için DAB frekans blokları

| T-DAB blok numarası | Merkez Frekansı (MHz) | Bant genişliği (MHz) | T-DAB blok numarası | Merkez Frekansı (MHz) | Bant genişliği (MHz) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2A | 47.936 | 1.536 | 8A | 195.936 | 1.536 |
| 2B | 49.648 | 1.536 | 8B | 197.648 | 1.536 |
| 2C | 51.36 | 1.536 | 8C | 199.36 | 1.536 |
| 2D | 53.072 | 1.536 | 8D | 201.072 | 1.536 |
| 3A | 54.928 | 1.536 | 9A | 202.928 | 1.536 |
| 3B | 56.64 | 1.536 | 9B | 204.64 | 1.536 |
| 3C | 58.352 | 1.536 | 9C | 205.352 | 1.536 |
| 3D | 60.064 | 1.536 | 9D | 208.064 | 1.536 |
| 4A | 61.936 | 1.536 | 10A | 209.936 | 1.536 |
| 4B | 63.648 | 1.536 | 10B | 211.648 | 1.536 |
| 4C | 65.36 | 1.536 | 10C | 213.36 | 1.536 |
| 4D | 67.072 | 1.536 | 10D | 215.072 | 1.536 |
| 5A | 174.928 | 1.536 | 11A | 216.928 | 1.536 |
| 5B | 176.64 | 1.536 | 11B | 218.64 | 1.536 |
| 5C | 178.352 | 1.536 | 11C | 220.352 | 1.536 |
| 5D | 180.064 | 1.536 | 11D | 222.064 | 1.536 |
| 6A | 181.936 | 1.536 | 12A | 223.936 | 1.536 |
| 6B | 183.648 | 1.536 | 12B | 225.648 | 1.536 |
| 6C | 185.36 | 1.536 | 12C | 227.36 | 1.536 |
| 6D | 187.072 | 1.536 | 12D | 229.072 | 1.536 |
| 7A | 188.928 | 1.536 | 13A | 230.784 | 1.536 |
| 7B | 190.64 | 1.536 | 13B | 232.496 | 1.536 |
| 7C | 192.352 | 1.536 | 13C | 234.208 | 1.536 |
| 7D | 194.064 | 1.536 | 13D | 235.776 | 1.536 |
| | | | 13E | 237.488 | 1.536 |
| | | | 13F | 239.2 | 1.536 |

### 3.4.3. FM ve AM Yayıncılığı ve DAB ile Farkları

Geleneksel radyo yayıncılığı iki tür bant kullanır: Genlik modülasyonu (AM/Ampltitude Modulation) ve frekans modülasyonu (FM/Frequency Modulation). AM ve FM'in her ikisi de analog radyo teknolojileridir, yani ses sinyallerini analog bir elektromanyetik dalga olarak iletirler. AM, FM ve DAB, ses sinyallerini iletmenin farklı yollarıdır, ancak farklı teknolojiler kullanırlar ve farklı özelliklere sahiptirler. AM radyo, taşıyıcı radyo dalgalarının genliğini değiştirerek ses sinyallerini iletirken, FM radyo, taşıyıcı radyo dalgalarının frekansını değiştirerek ses sinyallerini iletir. Genlik modülasyonlu radyonun ana dezavantajlarından biri, ses kalitesinin elektriksel gürültü, sönümleme ve statik gibi parazitlerden etkilenmesidir. Frekans modülasyonlu radyo, ses sinyallerini

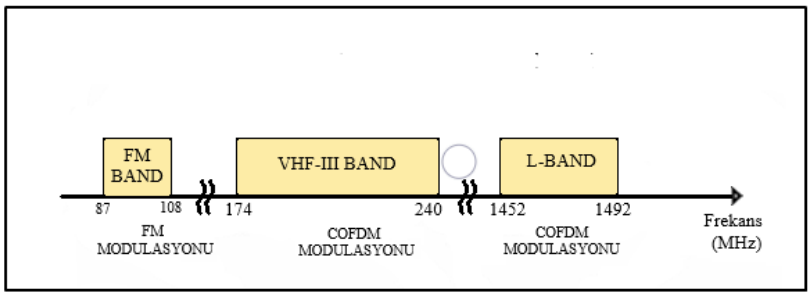
girişime ve statik elektriğe karşı daha maruz kalabilen bir analog dalga olarak iletir. Frekans modülasyonlu radyo sinyalleri ise girişime ve statik elektriğe karşı daha dayanıklıdır.

Yayın iletim sistemi, Alıcı ve verici olmak üzere iki kısımdan oluşur. Verici, AM ve FM olmak üzere iki tür modülasyon kullanarak sürekli sinüs dalgaları olarak bilinen radyo dalgalarını yayınlamak için kullanılır. Alıcı, elektromanyetik dalgaları yakalamak ve oynatmayı mümkün kılmak için kullanılır. Sesli radyo yayını yapmak için geliştirilen ilk teknik olan AM iletimi, halen orta dalga ve uzun dalga radyo iletimi için kullanılmaktadır. AM iletimi, gönderilen verilere bağlı olarak iletilen sinyalin genliğinin sabit kalan frekansla modüle edilmesiyle sağlanır. Bununla birlikte, daha düşük bir ses uyumuna sahip olduklarından, sayısal ve FM sinyallerle karşılaştırıldığında parazite büyük ölçüde yatkındır (Gazi vd., 2011). Bu faktörler nedeniyle, genlik modülasyonlu radyo yayıncıları çoğunlukla talk radyo, haber ve spor yayınlarına odaklanmaktadır. Müzik yayını daha çok frekans modülasyonlu ve sayısal istasyonlara bırakılmıştır. Düşük ses kalitesine rağmen, genlik modülasyonlu radyo yayını çok daha ucuzdur ve uzun mesafelerde iletim sağlanabilir. Ek olarak, düşük bant genişliği, herhangi bir frekans aralığında erişilebilen daha fazla radyo istasyonuna sahip olmasını sağlar.

FM yayın bandı, 87.5 ila 108 MHz bant genişliklerini kullanarak, radyo spektrumunun VHF kategorisinde çalışır. FM frekansı normalde 100 KHz'in tam katıdır ve farklı ülkelerde tek veya çift katlar kullanılır. Aynı veya komşu verici konumlarında çalışan kanallar arasındaki frekans iletim kesintilerini azaltmak için bir manevra olarak, 500 kHz'den az olmayan frekans ayrımı yapılır (Kuyucu, 2019).

**Şekil 2.**

*FM ve DAB Frekans Aralıkları*




DAB, sayısal bir radyo teknolojisidir, yani ses sinyallerini sayısal formatta iletir. DAB, tek amacı çok kanallı yayın olan aynı yayın frekansında yoğunlaşan senkronize çoklama, sıkıştırma ve çoklu ses akışının bir kombinasyonunu kullanır. Bu, her bir kanalın farklı bir bit hızıyla seçici olarak iletilmesine izin verir; bu sayede, bit hızı ne kadar düşükse, düşük ses kalitesi dezavantajı ile tek bir frekansta o kadar çok kanal iletilebilir (W. Fischer, 2010). Bu durum, DAB/DAB+ sinyallerinin girişime parazite ve statik elektriğe daha az eğilimli olduğu ve ses kalitesinin genellikle AM ve FM'den daha iyi olduğu anlamına gelir. Ek olarak, DAB/DAB+ daha küçük bir bant genişliğinde daha fazla istasyonu ve şarkı adları, trafik güncellemeleri hatta görüntüler gibi ek bilgileri de iletebilir. Diğer bir fark ise sayısal radyo yayınının geleneksel yayına göre daha az güç tüketmesidir.

DAB/DAB+, başlangıçtan itibaren analog FM radyonun potansiyel bir alternatifi olarak tanımlanmıştır. FM gibi hem ulusal hem de yerel veya bölgesel istasyonlarla yüksek kaliteli ses sunabilmektedir. Sayısallaştırmanın FM'ye göre sağlayacağı avantajlar arasında daha fazla sayıda istasyon, radyo setlerinin daha kolay ayarlanması ve alıcı ekranında metin hizmetlerinin görüntülenebilmesi hizmetleri yer almaktadır. AM, FM ve DAB/DAB+ arasındaki diğer bir önemli fark, AM ve FM'nin daha eski teknolojiler olması, DAB/DAB+'nın ise daha yeni ve daha gelişmiş olmasıdır. AM ve FM hala dünya çapında yaygın olarak kullanılsa da gelişmiş ses kalitesi, daha küçük bir bant genişliğinde daha fazla istasyon ve ek bilgi iletme yeteneği gibi çeşitli avantajlar sunduğu için birçok ülke DAB/DAB+'yı benimsemeye doğru ilerlemektedir.

### 3.4.4. DAB/DAB+'nın Avantajları ve Dezavantajları

DAB/DAB+, radyo yayıncılığında devrim yaratan bir teknolojidir. Yüzyılı aşkın bir süredir var olan geleneksel analog radyonun aksine, DAB/DAB+, kristal netliğinde ses kalitesi ve daha fazla kanal seçeneği ile üstün bir dinleme deneyimi sunar.

- Geliştirilmiş Ses Kalitesi

DAB/DAB+'nın geleneksel analog radyoya göre en önemli avantajlarından biri, geliştirilmiş ses kalitesidir. DAB/DAB+, parazit olmadan yüksek kaliteli ses sağlamak için MPEG-1 Ses Katmanı II ve MPEG-4 HE-AAC v2 gibi gelişmiş ses codec bileşenlerini kullanır. Bu, dinleyicilerin sinyallerin zayıf olduğu alanlarda bile herhangi bir bozulma veya arka plan gürültüsü olmadan en sevdikleri radyo programlarının keyfini çıkarabilecekleri anlamına gelir.

- Daha Fazla Kanal Seçimi

DAB, geleneksel analog radyoya kıyasla daha geniş bir kanal yelpazesi sunar. DAB, FM ve AM istasyonlarına ek olarak, analog radyoda bulunmayan yalnızca sayısal istasyonları da içerir. Bu, yayıncıların birden fazla kanalı tek bir frekansta iletmesine olanak tanıyarak dinleyicilerin ilgi alanlarına uygun içeriği bulmasını kolaylaştırır. Ayrıca daha küçük istasyonların, daha geniş bir kitleye ulaşmasını sağlar ki bu analog radyo ile her zaman mümkün değildir.

- Tuning

Bir DAB radyo istasyonunu ayarlamak, analog radyodan çok daha kolaydır. Analog radyo ile, dinleyicilerin doğru frekansı araması ve en iyi alım için radyoda ince ayar yapması gerekir. Ancak DAB ile, mevcut tüm kanallar alıcının ekranında listelenir ve dinleyicilerin sadece birkaç tıklamayla en sevdikleri istasyonu seçmelerini kolaylaştırır. Bu aynı zamanda farklı bölgeler veya ülkeler arasında seyahat ederken manuel yeniden ayarlama ihtiyacını da ortadan kaldırır.

- Bilgi Ekranı

DAB'ın bir başka avantajı da ses sinyaliyle birlikte ek bilgi sağlamasıdır. Alıcının ekranı radyo istasyonunun adını, geçerli programı veya şarkıyı, sanatçının adını ve diğer ayrıntıları görüntüler. Bu, dinleyicilerin ne dinlediklerini belirlemelerini ve yeni içerik keşfetmelerini kolaylaştırır.

- Düşük Güç Tüketimi

DAB vericileri, analog radyo vericilerinden daha az güç kullanır, bu da onları daha enerji verimli hale getirir. Bu, yayıncıların enerji maliyetlerinden tasarruf ederken aynı

zamanda karbon ayak izlerini de azaltabilecekleri anlamına gelir. Dinleyiciler için DAB alıcıları ayrıca analog radyolardan daha az güç tüketir, bu da pillerle daha uzun süre kullanılabilmeleri anlamına gelir.

- Coğrafi Sınırlama

Sınırlı kapsama alanına sahip analog radyonun aksine, DAB çok daha geniş bir alan üzerinden alınabilir. Bunun nedeni, DAB'ın sinyalleri yayınlamak için bir verici ağı kullanması ve dinleyicilerin kapsama alanı içindeki herhangi bir yerden dinleme yapmasına izin vermesidir. Bu, DAB'ı kırsal alanlardaki dinleyiciler veya sık sık farklı bölgelere seyahat edenler için ideal bir seçenek haline getirir.

- Spektrumun Daha Verimli Kullanımı

DAB, radyo sinyallerini iletmek için daha verimli bir yol kullanır; bu, aynı miktarda spektrum içinde daha fazla kanalın iletilebileceği anlamına gelir. Bu, mobil geniş bant gibi diğer kullanımlar için değerli spektrum alanını boşaltır. Bu durum, giderek daha fazla cihazın kablosuz bağlantıya güvendiği günümüzün sayısal çağında özellikle önemlidir.

- Daha iyi Alış

DAB, analog radyodan daha sağlam bir sinyale sahiptir, bu da parazitten daha az etkilenmesi ve zayıf sinyalli alanlarda bile daha iyi alış sağlayabilmesi anlamına gelir. Binalarda veya çok fazla parazit olan alanlarda kullanım için idealdir.

- Geliştirilmiş Acil Durum Yayını

DAB, acil durum mesajlarını halka hızlı ve verimli bir şekilde iletmek için kullanılabilir. Hayati bilgileri halka gerçek zamanlı olarak yaymak için kullanılabileceğinden, acil servisler için önemli bir araç haline gelebilir.

DAB'ın bu avantajlarına karşın bazı dezavantajları da mevcuttur. Bunlardan bazıları şöyle sıralanabilir:

- Yüksek başlangıç maliyeti: DAB alıcıların başlangıç maliyeti genellikle geleneksel analog alıcılardan daha yüksektir. Bunun nedeni, DAB alıcılarının daha karmaşık olması ve sayısal sinyalleri alıp çözmek için daha ileri teknoloji gerektirmesidir.
- Bazı alanlarda sınırlı kapsama alanı: DAB, analog radyodan daha geniş bir kapsama alanına sahip olsa da DAB sinyallerinin mevcut olmadığı bazı alanlar vardır. Bunun nedeni, dinleyicinin konumu, arazi ve bölgedeki DAB vericilerinin mevcudiyeti gibi çeşitli faktörler olabilir.

- Alış sorunları: DAB sinyallerinde bazen, özellikle arabada seyahat ederken kesintiler veya sinyal kaybı gibi alım sorunları olabilir. Bunun nedeni, DAB alıcısının kalitesi ve bölgedeki DAB sinyalinin gücü gibi çeşitli faktörler olabilir. Bu nedenle, DAB, analog radyoya göre girişime karşı daha az duyarlı olsa da özellikle zayıf sinyal gücüne sahip alanlarda veya alıcı iyi kalitede değilse alış sorunları yaşayabilir.
- Karmaşıklık: DAB alıcılarının kullanımı, gezinmek için daha fazla düğme ve menü ile geleneksel analog telsizlerden daha karmaşık olabilir. Bu, daha basit, daha sezgisel bir arayüzü tercih eden bazı kullanıcılar için bir dezavantaj olabilir.

## 3.5. DAB (Sayısal Radyo Yayını) Kodlama Standartları

DAB (Sayısal Radyo yayını) için kullanılan en yaygın ses kodlama standartları şunları içerir:

- MPEG-1 Ses Katmanı II (MP2)
- MPEG-1 Ses Katmanı III (MP3)
- Gelişmiş Ses Kodlaması (AAC)
- HE-AAC (Yüksek Verimli AAC)

Bu standartlar, ses sinyalini sıkıştırmak için kullanılır ve sınırlı bir bant genişliğinde daha fazla istasyonun yayınlanmasına olanak tanır. DAB için en yaygın kullanılan ses kodlama standardı HE-AAC'dir.

### 3.5.1. MPEG-1 Ses Katmanı II (MP2)

MPEG-1 Ses Katmanı II (MP2), ilk olarak 1993 yılında MPEG-1 standardının bir parçası olarak geliştirilen bir sayısal ses kodlama standardıdır. Kabul edilebilir ses kalitesini korurken, ses sinyallerinin verimli bir şekilde sıkıştırılmasını sağlamak üzere tasarlanmıştır.

MP2, algısal ses kodlamasına dayalıdır; bu, sıkıştırma sürecini optimize etmek için insan işitsel sisteminin sesi nasıl algıladığını hesaba kattığı anlamına gelir. Sıkıştırmasını gerçekleştirmek için zaman ve frekans analizi, niceleme ve entropi kodlamasının bir kombinasyonunu kullanır.

MP2, DAB, sayısal televizyon ve video sıkıştırma dahil çok çeşitli uygulamalar için uygun olan 384 kbps'ye kadar bir bit hızı sağlar. MP2, uygulanmasını ve kodunu çözmeyi

kolaylaştıran nispeten basit ve anlaşılır bir standarttır. Ayrıca çeşitli donanım ve yazılım platformlarıyla uyumludur.

MP2'nin yerini büyük ölçüde AAC ve HE-AAC gibi daha yeni ses kodlama standartları almış olsa da hala bazı eski sistemlerde kullanılmaktadır ve birçok müzik OYNATICI ve cihaz tarafından desteklenmeye devam etmektedir.

### 3.5.2. MPEG-1 Ses Katmanı III (MP3)

Genel olarak MP3 olarak anılan MPEG-1 Ses Katmanı III, 1990'ların ortalarında piyasaya sürülmesinden bu yana müzik endüstrisinde devrim yaratan bir sayısal ses sıkıştırma formatıdır. Makul düzeyde algılanan ses kalitesini korurken dosya boyutunda önemli ölçüde azalma sağlayan kayıplı bir sıkıştırma biçimidir. MPEG-1 Ses Katmanı III'ün (MP3) mekanizması, kayıplı sıkıştırma adı verilen bir işlemi içerir. Bu süreç, dinleyici için daha az önemli olarak algılanan orijinal ses sinyalinden verileri kaldırarak çalışır. Bunu yaparak, ortaya çıkan sıkıştırılmış ses dosyası daha az depolama alanı kaplar ve iletmek için daha az bant genişliği gerektirir. MP3 söz konusu olduğunda, sıkıştırma işlemi, orijinal ses sinyalinin "çerçeveler" adı verilen küçük, örtüşen zaman dilimlerine bölünmesini içerir. Her kare, ses sinyalinin belirli sayıda örneğini içerir ve MP3 kodlayıcı, her kareyi analiz eder. Sesin, algılanan ses kalitesini önemli ölçüde etkilemeden çıkarılabilecek kısımlarını belirler. Kodlayıcı bunu, insan kulağının sesi işleme biçimini simüle eden psiko-akustik bir model kullanarak başarır. Sinyalin hangi bölümlerinin dinleyici tarafından işitilebilir olduğunu ve hangi bölümlerinin duyulmadığını belirlemek için ses sinyalini analiz eder. Bu analize dayanarak kodlayıcı, diğer seslerle maskelenen yüksek frekanslı sesler gibi sinyalin daha az duyulabilir olduğu düşünülen kısımlarını seçerek kaldırabilir. Kodlama işlemi tamamlandıktan sonra, ortaya çıkan MP3 dosyası, orijinal ses dosyasından çok daha az veri ile iletilebilir veya saklanabilir. Ancak, sıkıştırma işlemi "kayıplı" olduğundan, orijinal ses sinyalinden bazı bilgiler sıkıştırma işleminde kalıcı olarak kaybolur. Bu, sıkıştırılmış dosyanın hiçbir zaman orijinal, sıkıştırılmamış ses sinyaliyle aynı olmayacağı anlamına gelir.

MP3 teknolojisi, sayısal ses yayıncılığının büyümesinde önemli bir rol oynamıştır. Bant genişliği kullanımını en aza indirirken yüksek kaliteli ses sağlama yeteneği nedeniyle genellikle DAB iletimleri için bir sıkıştırma formatı olarak kullanılır. Bu özellikle DAB yayınları için önemlidir, çünkü radyo spektrumu sınırlı bir kaynaktır ve bant genişliğinin

verimli kullanımı, yayınlanabilecek istasyon sayısını en üst düzeye çıkarmak için kritik öneme sahiptir.

### 3.5.3. Gelişmiş Ses Kodlaması (AAC)

Advanced Audio Coding (AAC), ilk olarak MPEG-2 standardının bir parçası olarak geliştirilen ve daha sonra MPEG-4 standardının bir parçası olarak rafine edilen bir sayısal ses kodlama standardıdır. Sayısal radyo ve televizyon yayıncılığı, sayısal ses depolama ve akış ve multimedya içeriği dahil olmak üzere çok çeşitli uygulamalar için yüksek kaliteli ses sıkıştırma sağlamak üzere tasarlanmıştır.

AAC, sıkıştırmasını gerçekleştirmek için spektral analiz, niceleme ve entropi kodlamasının bir kombinasyonunu kullanır (Wang vd., 2014) . Ayrıca, geliştirilmiş frekans ve zaman çözünürlüğü, esnek blok boyutları ve çok çeşitli örnekleme hızlarını ve bit derinliklerini işleme yeteneği gibi birçok gelişmiş özelliği bünyesinde barındırır.

AAC, selefi MP2 ile karşılaştırıldığında, daha düşük bit hızında gelişmiş ses kalitesi sağlayarak, yüksek kaliteli ses sıkıştırması gerektiren uygulamalar için daha uygun hale getirir. AAC ayrıca mono, stereo ve çok kanallı ses dahil olmak üzere çok çeşitli ses kanalı yapılandırmalarını destekler.

AAC, birçok sayısal ses uygulamasında yaygın olarak kullanılmaktadır ve çok sayıda donanım ve yazılım platformu tarafından desteklenmektedir. Ayrıca, Apple'ın, iTunes ve iOS cihazlarının yanı sıra diğer birçok popüler müzik ve video formatı için varsayılan ses codec'i olarak kullanılır.

Genel olarak AAC, yüksek düzeyde ses kalitesi ve esnekliği sunarak onu çok çeşitli sayısal ses uygulamaları için popüler bir seçim haline getirir (Falkowski-Gilski, 2021).

### 3.5.4. HE-AAC (Yüksek Verimli AAC)

Yüksek Verimli Gelişmiş Ses Kodlaması (HE-AAC), Gelişmiş Ses Kodlamasına (AAC) dayalı bir sayısal ses kodlama standardıdır. Geleneksel AAC'ye kıyasla daha düşük bit hızıyla yüksek kaliteli ses sıkıştırması sağlamak üzere tasarlanmıştır. Bu, HE-AAC'yi özellikle sayısal radyo ve televizyon yayıncılığı gibi sınırlı bir bant genişliğinde yüksek kaliteli ses gerektiren uygulamalar için uygun hale getirir.

HE-AAC, AAC standardını temel alır, ancak ses sinyaline ekstra yüksek frekans bilgisi ekleyerek ses kalitesini artıran ek bir spektral bant genişliği genişletme adımı ekler.

Bu uzantı, geleneksel AAC'ye kıyasla daha verimli sıkıştırmaya izin veren bir parametrik kodlama yöntemi kullanılarak gerçekleştirilir.

HE-AAC, yüksek ses kalitesini korurken 24 kbps kadar düşük bit hızları sağlayarak DAB radyo ve sayısal televizyon yayıncılığı gibi düşük bant genişliğine sahip uygulamalar için idealdir. Ayrıca çok çeşitli ses kanalı yapılandırmalarını ve örnekleme hızlarını destekleyerek çok çeşitli uygulamalar için esnek ve uygun hale getirir.

HE-AAC, birçok sayısal ses uygulamasında yaygın olarak kullanılmaktadır ve mobil cihazlar ve multimedya oynatıcılar dahil olmak üzere çok sayıda donanım ve yazılım platformu tarafından desteklenmektedir. DAB ve DRM gibi birçok sayısal radyo ve televizyon yayın standardı için de tercih edilen ses codec bileşenidir.

Genel olarak HE-AAC, yüksek düzeyde ses kalitesi ve verimliliği sağlayarak, sınırlı bir bant genişliğinde yüksek kaliteli ses sıkıştırması gerektiren sayısal ses uygulamaları için popüler bir alternatif haline gelir.

### 3.6. DAB Sistemleri

Sayısal Sistem A olarak da adlandırılan Eureka 147 sayısal radyo yayını (DAB) sistemi hem uydu hem de karasal yayın için geliştirildi. Bu sistem ile asıl amaçlanan, düşük maliyetli alıcının kullanılmasını sağlamaktı. Bu sistem, yerden 1,5 metre yüksekliğe yerleştirilmiş çok yönlü alıcı antenlere sahip araçlarda, taşınabilir cihazlarda ve sabit konumlarda alım sağlamak üzere tasarlanmıştır. DAB, esas olarak karasal tekrarlayıcılar yardımıyla kentsel alım koşullarında daha iyi performans sağlamak için karasal yayın için kullanılır. Sistem, farklı düzeylerde koşullu erişimle yüksek kaliteli ses ve çeşitli veri hizmetleri sağlayabilir. Sistemin ses kanalları 8 ila 384 kbit/s aralığındadır ve her artış 8 kbit/s'dir. Bir gruba en fazla 64 hizmet dahil edilebilir, ancak genellikle 10 ile 20 arasında hizmet vardır. Alıcılar genellikle 32 ile 192 kbit/s arasında çalışan bir MPEG-2 Katman II veya MPEG-4 HE-AACv2 ses kod çözücüye sahiptir (ITU, 2022).

Sayısal Sistem F aynı zamanda ISDB-TSB sistemi olarak da bilinir. Bu sistem mobil alımda bile yüksek güvenilirlikle yüksek kaliteli ses ve veri yayını sağlamak üzere tasarlanmıştır. Sistem aynı zamanda karasal ağlar kullanılarak multimedya yayıncılığı için esneklik, genişletilebilirlik ve ortak kullanım sağlamak üzere tasarlanmıştır. Sistem, OFDM modülasyonu, iki boyutlu frekans-zaman serpiştirme ve birleştirilmiş hata düzeltme kodlarını kullanan dayanıklı bir sistemdir. Sistemde kullanılan OFDM modülasyonuna bant bölümlü iletim (BST)-OFDM denir. Sistem, fiziksel katmanda sayısal karasal televizyon

yayıncılığı için ISDB-T sistemi ile ortak özelliklere sahiptir. Sistem, taşıyıcı modülasyon şeması, iç hata düzeltme kodunun kodlama oranları ve serpiştirme süresinin uzunluğu gibi çok çeşitli iletim parametrelerine sahiptir. Bazı taşıyıcılar, alıcı kontrolü için iletim parametreleri hakkındaki bilgileri ileten TMCC taşıyıcılarına atanır. Sayısal Sistem F, MPEG-2 AAC gibi yüksek sıkıştırmalı ses kodlama yöntemlerini kullanabilir. Ayrıca sistem MPEG-2 sistemlerini benimser. ISDB-S, ISDB-T, DVB-S ve DVB-T gibi MPEG-2 sistemlerini benimseyen diğer birçok sistemle ortak ve birlikte çalışabilirliğe sahiptir. Sistemin ses kalitesi telefondan CD'ye kadar değişir ve ayrıca çok kanallı ses üretebilir. Alıcılar genellikle, stereo için 144 kbit/s'de çalışan bir MPEG-2 gelişmiş ses kodlama (AAC) kod çözücüye sahiptir. Sistem, araçlarda, taşınabilir cihazlarda ve sabit konumlarda alım için tasarlanmıştır (ITU, 2022).

Sayısal Sistem C, aynı zamanda IBOC DSB olarak da adlandırılmaktadır. Karasal vericiler aracılığıyla araçlar, taşınabilir cihazlar, cep telefonları ve sabit alıcılar dahil olmak üzere çeşitli cihazlarda alım sağlamak için oluşturulmuş ve iyi geliştirilmiş bir sistemdir. Önemli özelliklerinden biri, mevcut FM yayın bandında hem analog hem de sayısal sinyalleri aynı anda yayınlayabilmesidir, bu da onu analogdan sayısal yayına geçmek isteyen FM yayıncıları için mükemmel bir seçenek haline getirir. Bu sistem, analog FM işlemlerine kıyasla güvenilirliğini artıran çok yollu ortamlarda gelişmiş performans sağlar. Ayrıca, dijital kayıtlı medyaya benzer daha iyi ses kalitesi ve yayıncılara gelişmiş ses programlamaya ek olarak yeni veri yayınlama hizmetleri sunma esnekliği sunar. Ayrıca sistem, veri yayınlama yeteneklerini optimize etmek için ses ve veri yayınlama kapasitesi arasında bitlerin tahsis edilmesini sağlar. Sistem 12 ila 96 kbit/sn aralığındadır ve çeşitli çok kanallı ses formatlarını işleyebilen HD Codec kod çözücüyü kullanır. Sistem araçlarda, taşınabilir cihazlarda ve sabit yerlerde kullanılmak üzere tasarlanmıştır (ITU, 2022).

Sayısal Sistem G olarak da bilinen Digital Radio Mondiale (DRM) sistemi, analog ses yayını için küresel olarak ayrılan tüm frekans bantlarını kullanarak karasal yayın amaçları için oluşturulmuştur. Sistem, ITU spektrum standartlarına uygundur ve analogdan sayısal yayına sorunsuz bir geçiş sağlar. Tamamen sayısal bir sistem olarak tasarlanmıştır ve 30 MHz'in üzerindeki frekanslar için Sağlamlık Modu E'yi (DRM+ olarak da adlandırılır) içerir ve dijital kayıtlı ortamdan alacağınız ses kalitesine benzer bir ses kalitesi sağlar. Ayrıca Sayısal Sistem G, elektronik program kılavuzları ve görüntüler gibi farklı veri hizmetleri sunar ve çoklayıcıdaki hizmetleri ses kaybı olmadan dinamik olarak yeniden düzenleyebilir. Sistemin içerik bit hızı, tüm modlarda maksimum dört hizmet olmak üzere, tüm çoklayıcı topluluğu için 37 ila 186 kbit/s arasında değişmektedir. Sistem, MPEG-4 HE-AAC v2 ses

kod çözücüyü kullanırken CD kalitesine ulaşabilir ve ayrıca çok kanallı ses üretebilir. Sistem araçlarda, taşınabilir cihazlarda ve sabit lokasyonlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır (ITU, 2022).

Sayısal Sistem H olarak da bilinen Convergent Digital Radio (CDR) sistemi, analog FM'den sayısal radyoya geçişi kolaylaştırmak için oluşturulmuştur. Karasal vericiler aracılığıyla araçlarda, taşınabilir cihazlarda ve sabit yerlerde alım sağlama yeteneğine sahiptir. Eş zamanlı yayın aşaması sırasında bu sistem, ek sayısal radyo hizmetleri sağlamak için FM kanalındaki boş spektrumu kullanabilir. Çok yollu ortamlarda daha iyi performans gösterir ve analog FM'den daha güvenilirdir. Sayısala geçiş tamamlandığında Sayısal Sistem H, çeşitli veri hizmetlerinin yanı sıra CD kalitesinde veya 5.1 çok kanallı hizmetler gibi daha yüksek kaliteli sayısal ses hizmetleri sunabilir. Ayrıca, tek bir frekans ağı (SFN) kullanılarak ülke çapında kapsama alanı sağlayabilir. Sistemin ses kalitesi 16 kbit/s (FM kalitesine eşdeğer) ile 320 kbit/s (CD kalitesine eşdeğer ve gelecekte potansiyel olarak 5.1 çok kanallı ses) arasında değişir. DRA+ (GD/J 058-2014) ses kod çözücü kullanılarak, 96 kbit/s bit hızında CD kalitesi elde edilebilir. Sistem araçlarda, taşınabilir cihazlarda ve sabit lokasyonlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır(ITU, 2022).

RAVIS sistemi olarak da adlandırılan Sayısal Sistem I, karasal yayın amaçları için oluşturulmuştur ve dünya genelinde analog FM ses yayını için belirlenmiş tüm frekans bantlarında kullanılabilir. Sistem, ITU'nun analog yayından sayısal yayına sorunsuz geçişi sağlayan spektrum maskesi standartlarını karşılar. Sistem tamamen sayısaldır ve tüketiciler tarafından yaygın olarak kullanılan sayısal ortama eşdeğer veya ondan üstün ses kalitesi sağlar. Ek olarak Sayısal Sistem I, video hizmetleri, görüntüler ve elektronik program kılavuzları gibi farklı türde veri hizmetleri sunabilir. Ayrıca çoklayıcı içindeki çeşitli servisleri dinamik olarak yeniden düzenleyebilir. Tüm çoklayıcılar için yararlı bit hızı aralığı 52 ile 800 kbit/s arasındadır. Bu sistem, MPEG-4 HE-AAC v2 ses kod çözücüyü kullanarak CD kalitesine ulaşabilir ve ayrıca çok kanallı ve sürükleyici ses üretebilir. Sistem araçlarda, taşınabilir cihazlarda ve sabit lokasyonlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır (ITU, 2022).

### 3.7. DAB Modları

DAB, sayısal radyo sinyallerini yayınlamak için kullanılan çeşitli iletim modlarını tanımlar. Bu modlar, DAB standardının fiziksel katman protokolü tarafından tanımlanır ve ses verilerinin elektromanyetik dalga üzerinden nasıl kodlandığını, modüle edildiğini ve iletildiğini belirler. Farklı modlar, mevcut bant genişliği, sinyal kalitesi ve güç

gereksinimleri gibi faktörlere bağlı olarak farklı iletim senaryolarını destekleyecek şekilde tasarlanmıştır. DAB standardı tarafından tanımlanan farklı modlar şunlardır (Gilski, 2017; Maddocks vd., 1994):

Mod I: DAB için en basit ve en sık kullanılan moddur. Tek bir taşıyıcı frekansı ve 1.536 MHz bant genişliği kullanır, bu da maksimum 192 kbps bit hızına izin verir. Bu mod tipik olarak açık alanlar ve kırsal bölgeler gibi iyi sinyal kalitesine sahip alanlarda kullanılır.

Mod II: Maksimum 192 kbps bit hızına izin veren iki taşıyıcı frekansı ve 1.536 MHz bant genişliği kullanır. Kentsel veya dağlık bölgeler gibi sinyal kalitesinin zayıf olduğu alanlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır. İki taşıyıcı frekansın kullanılması, yansıma veya parazit bulunan alanlarda daha sağlam iletim ve daha iyi sinyal alımı sağlar.

Mod III: Maksimum 384 kbps bit hızına izin veren dört taşıyıcı frekansı ve 1.536 MHz bant genişliği kullanır. Yoğun nüfuslu kentsel alanlar veya engebeli araziler gibi sinyal kalitesinin daha da zayıf olduğu alanlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Dört taşıyıcı frekansın kullanılması, yansıma veya parazit bulunan alanlarda daha güçlü iletim ve daha iyi sinyal alımı sağlar.

Mod IV: Tek bir taşıyıcı frekansı ve 864 kHz'lik azaltılmış bir bant genişliği kullanır, bu da maksimum 96 kbps bit hızına izin verir. Tüneller, yer altı veya önemli sinyal zayıflaması olan diğer yerler gibi sinyal kalitesinin çok düşük olduğu alanlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

## 3.8. Sayısal Radyo Yayıncılığı Teknikleri

Sayısal radyo, ses içeriğini elektromanyetik dalgalar üzerinden iletmek için gelişmiş teknikler kullanan bir teknolojidir. Sayısal radyo yayınında kullanılan çeşitli teknikler vardır, bunlardan bazıları MUSICAM, Sayısal Sıkıştırma, Sayısal Modülasyon, Hata Düzeltme, Çoğullama(multiplexing), Hizmet Bilgileri, Frekans Atlama sıralanabilir. Birleştirilen bu teknikler, DAB'ın yüksek düzeyde güvenilirlik ve sağlamlıkla yüksek kaliteli sayısal radyo yayını sağlamasına olanak tanır.

### 3.8.1. MUSICAM

MUSICAM (Masking pattern Universal Subband Integrated Coding And Multiplexing), EUREKA 147 DAB projesinin bir parçası olarak 1980'lerin sonunda geliştirilen bir sayısal ses sıkıştırma algoritmasıdır. Sayısal radyo yayıncılığı için

kullanılmak üzere tasarlanmıştır ve bir kompakt diske (CD) benzer yüksek kaliteli ses sağlaması amaçlanmıştır. MUSICAM, ses verilerini sıkıştırmak için alt bant kodlaması ve psiko-akustik maskeleme kullanır. Alt bant kodlaması, ses spektrumunun çok sayıda dar frekans bandına bölünmesini ve ardından her banda farklı bir sıkıştırma algoritmasının uygulanmasını içerir. Psiko-akustik maskeleme, sesi temsil etmek için gereken veri miktarını azaltmak için insan kulağının belirli frekanslara duyarlılığını kullanan bir tekniktir.

MUSICAM, MPEG-1 Ses Katmanı II (MP2) standardı ile uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır ve daha sonra EUREKA 147, DAB sistemi için ses kodlama algoritması olarak benimsenmiştir. Gelişmiş Ses Kodlama (AAC) standardı gibi diğer sayısal ses sıkıştırma algoritmalarının geliştirilmesinde de temel olarak kullanılmıştır. MUSICAM, AAC+ gibi daha gelişmiş ve verimli codec'lerle değiştirildiği için artık yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bununla birlikte, sayısal ses sıkıştırma algoritmalarının ve sayısal radyo yayıncılığının geliştirilmesinde temel ve önemli bir adım olarak bilinmektedir.

### 3.8.2. Sayısal Sıkıştırma

Sayısal sıkıştırma, ses içeriğini iletmek için iletilmesi gereken veri miktarını azaltmak için kullanılan bir tekniktir. Bir başka deyişle sayısal ses sinyallerini iletmek için gereken veri miktarını azaltma sürecini ifade eder. Sayısal sıkıştırma, ses kalitesi kaybını en aza indirirken, ses verilerini verimli bir şekilde sıkıştırmak için tasarlanan gelişmiş ses kodlama algoritmaları kullanılarak yapılır. DAB ve DAB+, ses sinyallerini iletmek için sayısal sıkıştırma teknikleri kullanan sayısal radyo standartlarıdır. Bununla birlikte, kullanılan sıkıştırma algoritmaları açısından ikisi arasında bazı önemli farklılıklar vardır.

DAB, ses verilerini sıkıştırmak için MPEG-1 Katman II ses codec'ini kullanır. Bu codec bileşeni, algılanan ses kalitesi kaybını en aza indirirken ses sinyalini iletmek için gereken veri miktarını azaltmayı amaçlayan, algısal ses kodlama adı verilen bir tekniğe dayalıdır. Codec, bunu başarmak için frekans maskeleme, zamansal maskeleme ve psiko-akustik modelleme gibi tekniklerin bir kombinasyonunu kullanır. Ayrıca mono ses için 128 kbps ve stereo ses için 256 kbps bit hızı kullanır. Fakat DAB'ın ses codec'i iyi bir ses kalitesi düzeyi elde edebilmesine rağmen daha yeni codec'lerden daha az verimlidir, bu da DAB+ ile aynı kalitede ses iletmek için daha yüksek bir bit hızı gerektirdiği anlamına gelir.

DAB+ ise ses verilerini sıkıştırmak için daha gelişmiş MPEG-4 HE-AAC v2 (Yüksek Verimli Gelişmiş Ses Kodlama-sürüm 2) codec bileşenini kullanır. Bu codec bileşeni, MPEG-1 Katman II'den daha düşük bir bit hızında daha yüksek bir ses kalitesi

düzeyi elde edebilir. Bu codec bileşeni, MP3 dosyaları gibi sayısal ortamlarda ve Spotify gibi akış hizmetlerinde yaygın olarak kullanılan AAC (Advanced Audio Coding) standardını temel alır. HE-AAC v2, düşük bit hızlarında ses kalitesini artıran bir Spektral Bant Çoğaltma (SBR) algoritması içeren orijinal AAC codec bileşeninin bir uzantısıdır. HE-AAC v2 codec bileşeni, 24 kbps ila 64 kbps arasında bir bit hızı kullanır; bu, DAB codec bileşeninin gerektirdiğinden çok daha düşük bir bit hızıdır. Bu durum, DAB+'nın sayısal radyo yayını için mevcut olan sınırlı bant genişliğini daha verimli bir şekilde kullanmasını sağlar.

Özet olarak, DAB+, DAB'dan daha gelişmiş ve verimli bir sayısal sıkıştırma tekniği kullanır, HE-AAC v2 codec bileşeninin kullanımı, daha yüksek düzeyde ses kalitesi ve mevcut bant genişliğinin daha verimli kullanımına olanak tanır, böylece ses kalitesi iyileşir ve birçok istasyon aynı spektrum içinde iletilebilir.

### 3.8.3. Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama (OFDM)

Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama (OFDM), sayısal verileri çoklu taşıyıcı frekanslarda kodlama yöntemidir. Yüksek bant genişliğine sahip bir kanalı birkaç daha dar alt taşıyıcıya böler ve ardından her bir alt taşıyıcıyı ayrı ayrı modüle eder. Bu sayede, mevcut bant genişliğinin daha verimli kullanımını sağlar.

OFDM, Wi-Fi (IEEE 802.11a, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n, IEEE 802.11ac), sayısal televizyon (DVB-T, DVB-T2, ISDB-T, ATSC) ve 4G mobil ağlar (LTE, WiMAX) dahil olmak üzere birçok iletişim sisteminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca 5G mobil ağlarda ve gelecekteki kablosuz iletişim sistemlerinde kullanılması düşünülmektedir. OFDM'nin en belirgin uygulamalarından biri, sayısal ses yayıncılığı alanında, özellikle DAB ve DAB+'dadır.

DAB ve DAB+, ses ve diğer verileri iletmek için Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullamayı (OFDM) kullanan sayısal yayın sistemleridir. DAB, standardın orijinal versiyonudur, DAB+ ise daha iyi ses kalitesi için daha gelişmiş bir ses codec'i (HE-AAC v2) kullanan yükseltilmiş bir versiyondur. DAB ve DAB+'da sayısal ses ve diğer verileri iletmek için çok sayıda birbirine yakın alt taşıyıcı kullanılır. Her alt taşıyıcı ayrı ayrı modüle edilir ve daha sonra OFDM sinyalini oluşturmak için birleştirilir. OFDM'nin kullanılması, DAB ve DAB+'nın çok sayıda ses kanalını tek bir frekans bandında iletmesine izin vererek yüksek bir spektral verimlilik sağlar.

OFDM ayrıca, DAB ve DAB+'nın sayısal yayıncılıkta yaygın bir sorun olan çok yollu bozulmaya karşı dayanıklı olmasını sağlar. Çok yollu bozulma, bir sinyal, alıcıya

birden çok yoldan ulaştığında meydana gelir ve bu da sinyalin gelişinde bir gecikmeye neden olur. Bu, semboller arası girişime yol açabilir ve sinyal kalitesini düşürebilen yayılmayı geciktirebilir. OFDM, çok sayıda yakın aralıklı alt taşıyıcı kullanarak ve ortogonal modülasyon kullanarak bu etkileri hafifletir.

DAB ve DAB+, Avrupa, Avustralya ve Kanada da dahil olmak üzere birçok ülkede sayısal radyo yayıncılığı için yaygın olarak kullanılmaktadır. DAB ve DAB+'da OFDM'nin kullanılması, yüksek spektral verimlilik ve çok yollu bozulmaya karşı sağlamlık sağlayarak OFDM'yi sayısal radyo yayıncılığı için çekici bir seçenek haline getiriyor.

Genel olarak, OFDM'nin avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Çok yollu bozulmaya karşı sağlamlık: OFDM'nin ana avantajlarından biri, sinyal solmasına ve gecikmeli yayılmaya neden olabilen çok yollu bozulmaya karşı sağlam olmasıdır. Bu, OFDM'yi kablosuz iletişim gibi yüksek derecede çok yollu bozulmanın olduğu ortamlarda kullanım için çok uygun hale getirir.
- Yüksek spektral verimlilik: OFDM, spektral olarak oldukça verimli bir tekniktir, yani nispeten düşük güçle geniş bir frekans bandı üzerinden büyük miktarda veri iletebilir.
- Alıcının düşük karmaşıklığı: Bir OFDM sistemi için alıcı nispeten düşük karmaşıklığa sahiptir, bu da onu uygulamayı kolay ve düşük maliyetli hale getirir.

Dezavantajları ise şöyle sıralanabilir:

- Frekans kaymasına duyarlı: OFDM'nin ana dezavantajlarından biri, taşıyıcılar arası girişime (ICI) neden olabilen ve genel sistem performansını azaltabilen frekans kaymasına duyarlı olmasıdır.
- Yüksek tepe-ortalama güç oranı (PAPR): OFDM'nin diğer bir dezavantajı, güç amplifikatöründe doğrusal olmayan bozulmalara neden olabilen ve genel sistem performansını azaltabilen yüksek tepe-ortalama güç oranına sahip olmasıdır.

#### 3.8.3.1. Kodlanmış Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama (COFDM)

COFDM, sayısal iletişimde kullanılan popüler bir modülasyon tekniği olan OFDM'nin (Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama) bir çeşididir. COFDM, Kodlanmış Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama anlamına gelir. Alt taşıyıcılara bir hata düzeltme kodu ekleyen bir OFDM (Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama) varyasyonudur. Bu, çok yollu distorsiyonun etkilerini daha da azaltmaya ve sinyalin sağlamlığını artırmaya yardımcı olur. OFDM, Wi-Fi, sayısal televizyon ve sayısal radyo yayını dahil olmak üzere birçok

uygulamada kullanılmaktadır. Bununla birlikte, orijinal haliyle OFDM, özellikle radyo yayınlarında karşılaşılanlar gibi gürültülü ortamlarda girişime karşı savunmasızdır. Bu sorunun üstesinden gelmek için, veri iletimine hata düzeltme kodlaması eklenerek COFDM geliştirilmiştir, bu da girişimin etkisini azaltmaya ve sinyalin güvenilirliğini artırmaya yardımcı olur. COFDM'de, veriler önce Evrişimli kod veya Reed-Solomon kodu gibi bir hata düzeltme kodu kullanılarak kodlanır. Bu kodlanmış veriler daha sonra, COFDM sinyalini oluşturmak için modüle edilen ve birleştirilen bir dizi alt taşıyıcı arasında bölünür. Bir hata düzeltme kodunun kullanılması, COFDM'nin çok yollu bozulma veya diğer iletim hataları nedeniyle oluşabilecek hataları tespit etmesine ve düzeltmesine olanak tanır.

DAB, sayısal ses sinyallerini iletmek için sayısal modülasyon tekniklerini kullanır. DAB'da kullanılan en yaygın sayısal modülasyon tekniği COFDM'dir (Kodlu Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama).

DAB ve COFDM, sayısal radyo yayıncılığının gelişimi ve evrimi için kritik öneme sahip iki teknolojidir. DAB, elektromanyetik dalgalar üzerinden ses, metin ve veri iletmek için COFDM kullanan bir sayısal radyo yayın standardı iken, COFDM, sınırlı bir bant genişliği kanalı üzerinden veri iletmek için sayısal yayında kullanılan bir modülasyon tekniğidir. Avrupa, Avustralya ve Kanada da dahil olmak üzere birçok ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır. DAB'da OFDM'nin kullanılması, yüksek spektral verimlilik ve çok yollu bozulmaya karşı sağlamlık sağlayarak onu sayısal radyo yayıncılığı için çekici bir seçenek haline getirirken, COFDM kullanılması, geleneksel analog radyoya kıyasla gelişmiş güvenilirlik ve alım ile sınırlı bir bant genişliği kanalı üzerinden yüksek kaliteli sayısal ses sağlayabilir. Bu sayede dinleyicilerin, sinyallerin zayıf veya gürültülü olduğu alanlarda bile net, parazitsiz radyo hizmetlerinin keyfini çıkarmasını sağlar. Ek olarak DAB ve COFDM, metin ve veri hizmetleri gibi etkileşimli içeriğin iletilmesine izin vererek, dinleyicilerin çok sayıda ek bilgi ve özelliğe erişmesini sağlar.

COFDM ayrıca sayısal televizyon yayıncılığında, özellikle DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial) ve ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial) standartlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kablosuz ağ ve sayısal radyo yayını gibi diğer uygulamalarda da kullanılır. Sayısal televizyon yayıncılığında COFDM kullanımı, video ve ses sinyallerinin sağlam ve verimli bir şekilde iletilmesini sağlar. Bir hata düzeltme kodunun kullanılması, COFDM'nin çok yollu bozulma nedeniyle meydana gelebilecek hataları tespit etmesine ve düzeltmesine izin vererek onu sayısal televizyon yayıncılığı için çekici bir seçenek haline getirir.

### 3.8.4. İleri Hata Düzeltme (FEC)

DAB ve DAB+, analog FM radyoya kıyasla gelişmiş ses kalitesi ve daha geniş bir hizmet yelpazesi sunan sayısal radyo yayın teknolojileridir. Bu teknolojileri güvenilir kılan temel özelliklerden biri de İleri Hata Düzeltme (FEC) kullanılmasıdır.

FEC, iletişim kanalları üzerinden veri iletiminin güvenilirliğini artırmak için kullanılan bir tekniktir. Bir iletişim sisteminde gürültü, parazit veya veri kaybı gibi çeşitli nedenlerle hatalar meydana gelebilir. Bu hatalar, alıcı uçta yanlış verilerin alınmasına neden olarak iletişimin genel kalitesinin düşmesine neden olabilir. Bu sorunla mücadele etmek için, iletimden önce orijinal verilere fazladan bilgi eklemek için FEC kullanılır. FEC kodları olarak da bilinen gereksiz bilgiler, belirli bir algoritma kullanılarak üretilir ve orijinal verilere eklenir. Bu sayede, iletişim kanalı üzerinden iletilen kodlanmış bir veri akışı oluşturur. Alıcı tarafında, alınan verilerin kodu aynı algoritma kullanılarak çözülür ve FEC kodları, alınan verilerdeki hataları tespit etmek ve düzeltmek için kullanılır.

Aşağıdakiler dahil birkaç farklı FEC algoritması türü vardır (Mizuochi, 2006; O'Leary, 2006):

Evrişimli Kodlar: Evrişimli kodlar, iletilen verileri bir kaydırma yazmacından geçirerek ve ardından her bir kaydırma yazmacı aşamasında veri bitlerine bir dizi önceden belirlenmiş katsayı uygulayarak fazlalık ekleyen bir tür hata düzeltme kodudur. Evrişimli kodlar, kaydırma yazmacındaki bit sayısı olan sınırlama uzunluğu ve çıkış biti sayısının giriş biti sayısına oranı olan kod hızı ile karakterize edilir. Evrişimli kodların kodu, en olası veri biti dizisini bulmak için dinamik bir programlama yaklaşımı kullanan Viterbi algoritması gibi çeşitli algoritmalar kullanılarak çözülebilir.

Reed-Solomon Kodları: Reed-Solomon kodları, orijinal verilere dayalı ek hata düzeltme sembolleri üreterek iletilen verilere fazlalık ekleyen bir blok kod türüdür. Reed-Solomon kodları, bitişik bir bit dizisini etkileyen bir hata türü olan patlama hatalarını düzeltmede özellikle etkilidir. Reed-Solomon kodları, CD, DVD, Blu-ray gibi sayısal iletişim sistemleri ile uydu ve kablosuz iletişim sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Turbo Kodlar: Turbo kodlar, yüksek düzeyde hata düzeltme performansı elde etmek için aralarında bir serpiştirici bulunan iki veya daha fazla evrişimli kodu paralel olarak kullanan bir tür hata düzeltme kodudur. Turbo kodlar, optimuma yakın hata düzeltme performansı sağlayabilir, ancak bunların kodunu çözmek, diğer FEC kod türlerine göre daha

karmaşıktır. Turbo kodlar, 3G ve 4G kablosuz sistemler gibi çeşitli iletişim sistemlerinde kullanılmaktadır.

LDPC (Low-Density Parity-Check/ Düşük Yoğunluklu Eşlik Kontrolü) Kodları: LDPC kodları, verilere fazlalık eklemek için seyrek bir eşlik denetimi matrisi kullanan bir tür doğrusal blok kodudur ve yinelemeli algoritmalar kullanılarak çözülebilir. LDPC kodları, nispeten düşük kod çözme karmaşıklığıyla yüksek düzeyde hata düzeltme performansı sağlayabilir. LDPC kodları, DVB-S2, Wi-Fi ve 5G kablosuz sistemler gibi birçok modern iletişim sisteminde kullanılmaktadır.

Kutup Kodları: Kutup kodları, ilk güvenilmez bit kümesini daha güvenilir bit kümesine dönüştürmek için yinelemeli bir yapı kullanan bir tür hata düzeltme kodudur. Kutupsal kodlar, kanalın kapasitesini asimptotik limitte elde edebilir, bu da büyük blok boyutları için optimum hata düzeltme performansı sağlayabilecekleri anlamına gelir. Polar kodlar, 5G kablosuz sistemler gibi bazı modern iletişim sistemlerinde kullanılmaktadır.

Sayısal radyo yayınında kullanılan FEC türü Konvolüsyonel FEC'dir (J. Fischer & Van Ginkel, 2017). Konvolüsyonel FEC, kablosuz iletişim sistemlerinde yaygın bir sorun olan patlama hata düzeltmesi için çok uygun olduğu için DAB'da kullanılır. DAB'da girişim, sönümleme ve çok yollu yayılma gibi çeşitli nedenlerle hatalar oluşabilir. Konvolüsyonel FEC, orijinal verinin her bir bitini çok sayıda gereksiz bilgi ile kodlayarak alınan verilerdeki hataları düzeltebilir. DAB'da, Konvolüsyonel FEC kodu, modüle edildikten ve serpiştirildikten sonra verilere uygulanır. Serpiştirme işlemi, alınan verilerdeki hataları birkaç zaman dilimine yayarak Konvolüsyonel FEC'in bunları düzeltmesini kolaylaştırır. Alıcı tarafında, kod çözücü, alınan verilerin kodunu çözmek ve iletim sırasında meydana gelmiş olabilecek hataları düzeltmek için aynı algoritmayı kullanır.

DAB ve DAB+'da FEC, Reed-Solomon kodlaması olarak bilinen güçlü bir kodlama şeması kullanılarak ses sinyaline uygulanır. Reed-Solomon kodlama şeması, iletim sırasında solma, çoklu yol ve parazitten kaynaklanan hataları tespit edip düzeltebilir. DAB'da bir veri bloğu 188 sembole bölünür ve ardından 196 sembol oluşturmak için bloğa 8 sembol eklenir. Reed-Solomon kodlama algoritması daha sonra 196 sembolü 200 sembolden oluşan yeni bir bloğa kodlar. 200 sembolden oluşan bu yeni blok daha sonra havadan iletilir ve alıcı, iletim sırasında meydana gelebilecek hataları tespit etmek ve düzeltmek için fazlalık verileri kullanabilir. DAB+'da aynı temel ilke geçerlidir, ancak Reed-Solomon kodlama şeması daha da fazla hata düzeltme yeteneği sağlayacak şekilde geliştirilmiştir. DAB+'da bir veri bloğu 208 sembole bölünür ve ardından bloğa 12 sembol eklenerek 220 sembol oluşturulur. Reed-Solomon kodlama algoritması daha sonra 220 sembolü 224 sembolden oluşan yeni bir bloğa

kodlar. 224 sembolden oluşan bu yeni blok daha sonra havadan iletilerek hatalara karşı daha da fazla koruma sağlar (Mizuochi, 2006; Yuan & Zhao, 2012). Fazladan bilgi ekleyerek FEC, iletişim sistemlerinin sağlamlığını artırabilir ve aksi takdirde alınan verilerde hatalara neden olabilecek veri kaybı, bozulma veya gürültü ile etkin bir şekilde başa çıkmalarına olanak tanır. Bu da, geliştirilmiş hata düzeltme performansı ve daha düşük hata oranları ile daha güvenilir bir iletişim sistemi sağlar. Reed-Solomon (RS) kodları, hem DAB hem de DAB+ standartlarında hata düzeltme şemasının bir parçası olarak kullanılır. DAB'da, evrişimli kodlamadan sonra uygulanan dış hata düzeltme katmanında RS kodları kullanılır. RS kodları, alıcının iletim sırasında ortaya çıkmış olabilecek hataları tespit etmesine ve düzeltmesine izin vermek için verilere ek hata düzeltme sembolleri ekler. DAB+'da, LDPC kodlamasından önce uygulanan iç hata düzeltme katmanında RS kodları kullanılır. RS kodları birinci düzeyde hata düzeltme sağlar ve LDPC kodlarının düzeltemediği hataları düzeltebilir. DAB+'da LDPC kodlamasıyla birlikte RS kodlarının kullanılması, yüksek düzeyde hata düzeltme verimliliği sağlamaya yardımcı olur, bu da alım performansını ve ses kalitesini iyileştirir.

### 3.8.5. SFN (Single Frequency Network/Tek Frekans Ağı)

SFN, aynı sinyali aynı frekansta yayınlamak için birlikte çalışan birden fazla sayısal radyo yayını vericisinden oluşan bir ağdır. SFN'nin amacı, birden fazla vericiyi koordineli bir şekilde kullanarak DAB iletiminin kapsamını, güvenilirliğini ve genel verimliliğini iyileştirmektir.

SFN, daha sonra senkronize edilen ve SFN'deki tüm vericilere dağıtılan tek bir sayısal ses sinyali üreterek çalışır. Her verici daha sonra aynı sinyali aynı anda, aynı frekans ve fazda yayınlar. Farklı vericilerden gelen sinyaller birbiriyle karışır, ancak alıcının sayısal sinyal işleme algoritmaları, çoklu sinyalleri tek bir yüksek kaliteli sinyalde birleştirmek için tasarlanmıştır. Bu, daha az kesinti veya zayıf sinyalli alanlar ile daha tutarlı ve güvenilir bir sinyalle sonuçlanır (Staniec, 2021).

SFN'nin en önemli faydalarından biri, mevcut spektrum kaynaklarının daha verimli kullanılmasına izin vermesidir. Ayrı, koordine olmayan vericiler tarafından kullanılan birkaç frekans yerine geniş bir alanı kapsamak için yalnızca bir frekans kullanan SFN, belirli bir coğrafi alanı kapsamak için gereken spektrum miktarını azaltır. Bu, mevcut spektrum kaynaklarının kullanımının en üst düzeye çıkarılmasına yardımcı olur ve DAB sisteminin genel verimliliğini artırır.

SFN'nin diğer bir avantajı, zorlu arazi veya diğer engellerin olduğu alanlarda bile daha tutarlı ve güvenilir bir sinyal sağlamasıdır. Aynı sinyali yayınlamak için birden fazla vericinin kullanılması, sinyalin geniş bir alanda hiç veya minimum parazitle alınmasını sağlamaya yardımcı olarak, iletimin genel kapsamını ve güvenilirliğini artırır.

SFN sistemlerinde iki ana çalışma modu vardır: homojen SFN ve heterojen SFN. Homojen SFN, tüm SFN alanına eşit kapsama alanı sağlamak için aynı güç ve anten yüksekliğine sahip vericiler kullanırken, heterojen SFN, SFN içindeki belirli alanlarda gelişmiş kapsama alanı sağlamak için farklı güçlere ve anten yüksekliklerine sahip vericiler kullanır (Varlamov vd., 2019).

*1. Homojen SFN:* Bu modda, SFN'deki tüm vericiler aynı gücü ve anten yüksekliğini kullanır ve tüm SFN alanını eşit kapsama sağlayacak şekilde konumlandırılır. Bu tür SFN, tipik olarak bir şehir veya metropol alanı gibi geniş bir coğrafi alanda tek tip kapsama sağlamak için kullanılır.

*2. Heterojen SFN:* Bu modda, SFN'deki vericiler farklı güçlere ve anten yüksekliklerine sahiptir ve SFN içindeki belirli alanları kapsama sağlayacak şekilde konumlandırılmıştır. Bu tip SFN tipik olarak, homojen bir SFN ile tek tip kapsama ulaşmanın zor olduğu, zorlu arazi veya diğer engellerin olduğu alanlarda kullanılır. Heterojen SFN, farklı güç ve yüksekliklere sahip vericiler kullanarak bu alanlarda iyileştirilmiş kapsama alanı ve sinyal kalitesi sağlayabilir.

Hem homojen hem de heterojen SFN modlarında, iletiminin tutarlı ve güvenilir olmasını sağlamak için vericiler birkaç mikrosaniye içinde senkronize edilir ve sayısal ses sinyali aynı frekans ve fazda yayınlanır. Alıcının sayısal sinyal işleme algoritmaları daha sonra tüm vericilerden gelen sinyalleri birleştirerek tek, yüksek kaliteli bir sinyal üretir.

Sayısal radyo yayını sistemlerinde kullanılan Tek Frekanslı Ağ (SFN) modunun türü, sistemin özel gereksinimlerine ve kapsanan coğrafi alana bağlı olarak değişebilir. Bazı durumlarda homojen SFN, şehir veya metropol alanı gibi geniş bir coğrafi alanda tek tip kapsama sağlamak için kullanılabilir. Diğer durumlarda, zorlu arazi veya diğer engellerin olduğu alanlarda gelişmiş kapsama alanı ve sinyal kalitesi sağlamak için heterojen SFN kullanılabilir.

### 3.8.6. Çoğullama (Multiplexing)

Karasal sayısal radyoda çoğullama, birden çok ses ve veri akışının tek bir sayısal sinyalde birleştirilmesine izin verdiği için yayın sürecinin önemli bir yönüdür. Bu, her ses ve veri akışının çoğullanmış sinyal içinde farklı bir alt kanala kodlanmasıyla gerçekleştirilir.

Çoğullanan sinyal daha sonra tek bir frekans kanalı üzerinden iletilerek mevcut bant genişliğinin verimli bir şekilde kullanılması sağlanır. Bu, birden çok ses ve veri hizmetinin aynı anda yayınlanmasına izin vererek dinleyicilere çok çeşitli programlama seçenekleri sunar. Örneğin, tek bir DAB frekans kanalında, her biri kendi ses ve veri akışlarına sahip çok sayıda radyo istasyonu iletilebilir. Çoğullama ayrıca sesin yanı sıra hizmet bilgileri ve etkileşimli hizmetler gibi ek verilerin iletilmesi için araçlar sağlar. Bu, program bilgilerini, trafik güncellemelerini, hava durumu tahminlerini ve sesli programlamayı tamamlayan diğer veri hizmetlerini içerebilir.

DAB/DAB+'da çoğullamanın rolü, dinleyicilere tek bir alıcı aracılığıyla çeşitli ses ve veri hizmetlerine erişmenin verimli ve kolay bir yolunu sağlamaktır. Bu, dinleyicilerin farklı bir frekansa ayarlamak zorunda kalmadan farklı hizmetler arasında kolayca geçiş yapmasına olanak tanır ve bir dizi programlama seçeneğine erişmek için uygun bir yol sağlar.

# BÖLÜM 4

# KARASAL SAYISAL RADYO YAYINCILIĞININ AVRUPA VE TÜRKİYE'DEKİ UYGULAMALARI

## 4.1. Karasal Sayısal Radyo Yayıncılığının Avrupa'daki Durumu ve Düzenlemeleri

DAB/DAB+ olarak da bilinen sayısal radyo yayını, daha önce de açıklandığı üzere sayısal teknoloji kullanılarak radyo sinyallerinin iletilmesi yöntemidir. Avrupa'da, bölgedeki birçok ülkenin geçiş yapması veya yapma sürecinde olması nedeniyle, analog FM radyonun yerini alması için geniş çapta benimsenmeye başlanmıştır. Sayısal radyo yayıncılığının ana avantajı, belirli bir alanda daha yüksek kaliteli ses ve daha geniş bir istasyon yelpazesinin iletilmesine izin vermesidir. DAB/DAB+ ayrıca, sesin yanı sıra metin ve görüntüler gibi ek veri hizmetlerinin iletilmesine izin vererek, dinleyicilere o anda çalmakta olan şarkı veya program hakkında daha fazla bilgi sağlar. Bu avantajlara rağmen, Avrupa'da sayısal radyo yayıncılığına geçiş zorluklarla dolu olmaktadır. Bu sorunlardan bir tanesi birçok eski radyonun sayısal sinyalleri alamamasıdır, bu da dinleyicilerin en sevdikleri istasyonları dinlemeye devam etmek için yeni radyolar satın almaları gerektirmesidir. Ayrıca, FM radyonun ses kalitesini ve yerleşik dinleyici kitlesini tercih eden bazı dinleyiciler ve yayıncılar analogdan sayısala geçişe karşı bir miktar direnç göstermiştir. Diğer bir zorluk ise Avrupa'daki farklı ülkelerin sayısal radyoya geçiş konusunda farklı yaklaşımlar benimsemesidir. İngiltere ve Norveç gibi bazı ülkeler FM radyonun tamamen kapatılması için bir tarih belirlerken, Almanya ve İtalya gibi diğerleri bunu yapmakta daha tereddütlü davranmaktadır. Bu, kıta genelinde farklı sayısal radyo sistemlerinin bir araya gelmesine sebep olmakla beraber kullanıcıların diğer ülkelerdeki istasyonları dinlemesini zorlaştırabilir. Yine de bu zorluklara rağmen, sayısal radyo yayıncılığının Avrupa'da ve tüm dünyada benimsenmeye devam etmesi muhtemeldir. Avrupa'da ülkeler bu konuda kullanımı yaygınlaşmış ülkeler ve deneme sürüşünde olan ülkeler olmak üzere iki sınıfta değerlendirilebilir.

Nüfusun DAB/DAB+ sinyali ile en geniş kapsamı, nüfusun neredeyse %100'ünü kapsayan Malta, Norveç, İsviçre, Danimarka, Almanya ve Birleşik Krallık'ta sağlanmıştır.

DAB/DAB+ çoklayıcıları (MUX), hava dalgaları üzerinden iletim için tek bir sayısal akışta birleştirilen birden çok sayısal radyo kanalının toplanması anlamına gelmektedir. Bu anlamda, bir DAB/DAB+ çoklayıcı, diğer birçok radyo istasyonuna erişim sağlayan bir

radyo kanalı olarak düşünülebilir. Bu, birden fazla radyo istasyonunun tek bir frekans kanalı kullanılarak iletilmesine izin vererek, belirli bir alanda yayınlanabilecek istasyonların sayısını artırır. Bir DAB/DAB+ çoklayıcı tipik olarak ulusal ve yerel istasyonların yanı sıra müzik, spor ve haber kanallarının bir karışımını içerir.

Ulusal Çoklayıcı: Bu, tüm ülke için çok çeşitli ulusal ve bölgesel istasyonları taşır.

Bölgesel Çoklayıcı: Bu, bir ülke içindeki belirli bir alan için bir dizi bölgesel istasyon taşır.

Yerel Çoklayıcı: Bu, bir bölge içinde çok özel bir konum için az sayıda yerel istasyon taşır.

### 4.1.1. Kullanımı Yaygınlaşmış Ülkeler

#### 4.1.1.1. Almanya

İlk DAB pilot testi 1995 yılında Almanya'nın Münih kentinde gerçekleştirilmiştir. Almanya'da DAB, 174 MHz - 230 MHz ve sıkışık kentsel alanlarda 1,452 GHz - 1,492 GHz frekanslarını kullanır. 1999 yılında düzenli yayına geçen Almanya'nın DAB+ kapsamı, 2011 yılından sonra DAB+ ile yeniden başlatılmadan önce özellikle Band III'te yaklaşık olarak %80 seviyelerindeydi. Ayrıca yerel programlar için kullanılan L-Band'ta bazı DAB+ vericileri de bulunuyordu.

Alman hükümeti DAB+'ya geçişi çok uzun zamandır desteklemekte ve analogdan sayısala geçişi teşvik etmek için çaba sarf etmektedir. Hatta Alman hükümeti, henüz net bir tarih belirlemese de en sonunda analog radyoyu tamamen ortadan kaldırmayı planlamaktadır. Bu durum şu anda DAB+ aracılığıyla kullanılabilen radyo istasyonlarının sayısında bir artışa yol açmıştır. Eylül 2019'da Alman federal parlamentosu, Telekom Yasasında bir revizyon geçirerek DAB+'ya olan bağlılığını yineledi. Bu kanun daha sonra onaylandı ve Kasım 2019'da resmiyet kazandı. Revize edilen kanuna göre, yeni araçlardaki tüm telsizler, Avrupa Elektronik İletişim Kanunu'nun gerektirdiği şekilde 21 Aralık 2020'den itibaren sayısal karasal radyoyu alabilecek durumda olmalıdır. Diğer şeylerin yanı sıra sayısal radyo kullanma zorunluluğunun getirdiği avantajla, özellikle araba radyolarında FM payı önemli ölçüde düşerek %78,8 gibi yeni bir düşük seviyeye ulaştı. Yaklaşık her beş araba radyosu artık DAB+ alımı ile donatılmıştır.

Almanya'da sayısal radyo endüstrisinde önemli roller oynayan çeşitli kuruluşlar ve organlar bulunmaktadır. Bunlar aşağıda sıralanmıştır.

1. ARD (Arbeitsgemeinschaft der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten der Bundesrepublik Deutschland): ARD, Almanya'daki kamu yayıncılarından oluşan bir konsorsiyumdur. Deutschlandradio ve birçok bölgesel istasyon dahil olmak üzere çeşitli radyo ağlarını işletmektedir. ARD, Almanya'da sayısal radyo ve DAB'ın tanıtımına aktif olarak katılmaktadır.
2. Deutschlandradio: Deutschlandradio, Almanya'da ulusal bir kamu radyo yayıncısıdır. Deutschlandfunk ve Deutschlandfunk Kultur dahil olmak üzere birçok radyo kanalını işletmektedir. Deutschlandradio, Almanya'daki sayısal radyo ve DAB endüstrisinde önemli bir oyuncudur.
3. Digitalradio Büro Deutschland: Digitalradio Büro Deutschland, Almanya'da sayısal radyo için bir bilgi ve koordinasyon merkezidir. ARD, Deutschlandradio ve özel yayıncılar tarafından desteklenmektedir. Kuruluş, sayısal radyo ve DAB'ı teşvik eder ve tüketicilere ve paydaşlara bilgi sağlar.
4. Deutsche TV-Plattform: Deutsche TV-Plattform, Almanya'da sayısal televizyon ve medyanın gelişimini destekleyen bir endüstri derneğidir. Medya endüstrisindeki yayıncılardan, ağ operatörlerinden, üreticilerden ve diğer paydaşlardan temsilciler içerir. Organizasyon ayrıca Almanya'da sayısal radyo ve DAB'ın gelişimini desteklemektedir.
5. Bundesnetzagentur: Bundesnetzagentur veya Federal Ağ Ajansı, Almanya'da Sayısal radyo teknolojisinin uygulanmasında ve Ülkenin telekomünikasyon, posta ve enerji piyasalarındaki düzenleyici otoritesi olarak ajans, radyo frekansı spektrumunu yönetmekten ve yayıncılık endüstrisinde adil rekabeti sağlamaktan sorumludur. Sayısal radyo için radyo frekanslarının tahsisi dahil olmak üzere Almanya'daki telekomünikasyon endüstrisini düzenlemekten sorumludur. Ajans, radyo frekanslarının adil ve verimli bir şekilde tahsis edilmesini ve parazitin en aza indirilmesini sağlar. DAB+ söz konusu olduğunda, Federal Ağ Ajansı, frekansların radyo istasyonlarına lisanslanmasını ve tahsis edilmesini denetleyerek, bunların teknik ve düzenleyici gerekliliklere uymasını sağlar. Ajans ayrıca DAB+ sinyallerinin kalitesini izler ve ortaya çıkabilecek parazit sorunlarını çözer. Ayrıca Bundesnetzagentur, DAB+ standartlarını uyumlu hale getirmek ve Almanya ve ötesinde sayısal radyonun gelişimini desteklemek için diğer Avrupa düzenleyici kurumlarıyla yakın iş birliği içinde çalışır. Genel olarak, dinleyicilere yüksek kaliteli, güvenilir ve çeşitli bir radyo deneyimi sunan DAB+'nın

Almanya'da başarılı bir şekilde uygulanması ve büyümesinde ajansın rolü kritik öneme sahiptir (*Bundesnetzagentur - Broadcasting*, 2023).

2019 yılında piyasada oldukça makul sayıda DAB+ alıcısı mevcut durumda olup birçok radyo istasyonu DAB+ alıcısı ile eşzamanlı olarak yayında bulunmaktadır. Sayısal radyo, tüm büyükşehir bölgelerinde mevcuttur. Toplam kapsama alanı (ARD çoklayıcıları ve ulusal çoklayıcıların birleşik kapsamı) nüfusun %98'ini oluşturmaktadır. Nüfusa göre kapsama yüksek olmasına rağmen, Hanehalkı tarafından penetrasyon sadece %28 civarındadır. DAB+ alım düzeyi tüm federal eyaletlerde artmaktadır. Eyalet düzeyinde, Bavyera (%34,8) ve Saksonya-Anhalt (%34) DAB+'lı hanehalklarının açık ara en yüksek oranına sahiptir; Baden-Württemberg (%29,5) ve Saksonya (%30,2) da ulusal ortalamanın üzerindedir. Baden-Württemberg, bir önceki yıla göre en büyük artışı kaydetmiştir. 2020'ye kıyasla göreli büyüme oranı da %22'dedir. Mutlak rakamlarla, her biri iki milyondan fazla DAB+ hane ile kalabalık Kuzey Ren-Vestfalya (2,1 milyon) ve Bavyera (2,2 milyon) eyaletleri önde, ardından 1,5 milyondan fazla DAB+ hane ile Baden-Württemberg geliyor. 2020'de Almanya'da 1,83 milyondan fazla DAB+ alıcısı satılmıştır. Bu, 2019'a kıyasla %15,2'lik bir büyümeyi temsil etmektedir (Worlddab, 2023a).

Almanya'da yayında 3 çeşit çoklayıcı bulunmaktadır:

1. Ulusal çoklayıcılar: 2 Normal
2. Bölgesel çoklayıcılar: 50 Normal
3. Yerel çoklayıcılar: 8 Normal

İlk ulusal çoklayıcı: Ocak 2021 itibariyle yayın yapan 147 verici bulunmaktadır. Ayrıca Almanya bir DSO stratejisi geliştirmektedir. Bu strateji bir ülkenin yayın altyapısını analog teknolojiden sayısal teknolojiye geçirmeyi amaçlayan bir plan veya bir dizi eylem anlamına gelir. Temel amacı, kullanıcılara daha fazla kanal ve hizmet sunarken, mevcut radyo spektrumunun daha kaliteli ve daha verimli kullanılmasını sağlamaktır. Bu, tipik olarak, analog vericilerin sayısal olanlarla değiştirilmesi ve sonunda analog yayının kapatılması ile analog iletimin aşamalı olarak kapatılmasını içerir. DSO stratejisi ayrıca bilgi ve desteğin sağlanması ve sayısal alıcıların ihtiyaç duyabilecek kişilere dağıtılması gibi genel halkın bilgilendirilmesi ve geçiş için hazırlanmasını sağlamaya yönelik önlemleri de içerir. Ocak 2021 itibariyle bu ilk çoklayıcı tüm popülasyonun %98'i kapsamaktadır.

Ocak 2020'de, Antenne Deutschland GmbH ve diğer ortakların 16 adede kadar yeni ulusal radyo programıyla ikinci bir DAB+ çoklayıcısını başlatması kararlaştırıldı. Antenne Deutschland, kendi programlarını dağıtmanın yanı sıra üçüncü taraflara istasyonlar sunmayı da planlıyor.

Almanya'nın sayısal radyoyla ilgili yeni ulusal mevzuatına göre, Avrupa Elektronik İletişim Yasası'nın gerektirdiği şekilde, yeni araçlardaki tüm radyolar 21 Aralık 2020'den itibaren sayısal karasal radyoyu alabiliyor olmalıdır. Almanya'da 2021'in ikinci yarısından itibaren yeni arabaların %94'ü standart olarak sayısal radyoyla satılmıştır (JATO Dynamics, 2022).

**Tablo 2.** *2021 yılı itibariyle Almanya'da bulunan toplam DAB ve DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | TOPLAM |
| - | - | - | 200 | 70 | 270 | 270 |

(Worlddab, 2023a)

#### 4.1.1.2. Norveç

1997, Norveç Kültür ve Yayın Bakanlığı'nın ülkede DAB/DAB+ başlatma planlarını duyurmasıyla, Norveç'te karasal sayısal radyo için önemli bir yıl olmuştur. Karasal sayısal radyo, o zamanlar nispeten yeni bir teknoloji olduğundan ve Norveç dünyada karasal sayısal radyo teknolojisini benimseyen ilk ülkelerden biri olduğundan, bu cesur bir adımdı. Norveç'te ilk DAB/DAB+ test yayınları 1999'da başlamıştır ve 2000'de ülke resmi olarak ilk DAB/DAB+ istasyonlarını başlatmıştır.

DAB+'nın Norveç'te benimsenmesi, hükümetin vatandaşlarına mümkün olan en iyi hizmeti sağlama taahhüdünden kaynaklanmıştır. 2002'de Norveç hükümeti, ülkede satılan tüm yeni araba radyolarının DAB+ sinyallerini alabilmesi gerektiğini duyurmuş ve aldığı bu kararla insanların hareket halindeyken sayısal radyo dinlemesini kolaylaştırmıştır. Devamında Norveç'teki DAB+ istasyonlarının sayısında hızlı bir artış olmuş ve 2005 yılına kadar karasal sayısal radyo istasyonu sayısı 40'a ulaşmıştır.

Norveç hükümetinin sayısal radyoya olan bağlılığı, 2006 yılında ülkedeki FM radyo yayınını 2017'de kapatmayı planladığını açıkladığında yeni bir düzeye ulaşmıştır. Norveç, dünyada bunu yapan ilk ülke olduğu için bu cesur hamle ile ülkenin radyo teknolojisinde ön saflarda yer almasını sağlamıştır. DAB'+'ya geçiş, daha fazla radyo istasyonuna,

iyileştirilmiş ses kalitesine ve dinleyiciler için daha fazla kapsama alanına izin vererek, radyoyu Norveçliler için daha erişilebilir hale getirmiştir.

2011'de Norveç'te ilk DAB radyo istasyonunun lansmanı yapılmış ve böylece ülkenin sayısal radyoya geçişte lider konumu daha da sağlamlaşmıştır. Son olarak, 2017'de, planlandığı gibi, Norveç hükümeti FM radyo yayınını kapatarak Norveç'i, birincil radyo yayın teknolojisi olarak DAB+'ya geçen dünyadaki ilk ülke yapmıştır. Bugün DAB+, Norveç'teki ana radyo yayın biçimidir ve ülke, sayısal radyoya geçişte yaygın olarak lider olarak görülmektedir.

Norveç Medya Kurumu (Medietilsynet), DAB'ın faydalarını halka tanıtmada ve sayısal radyo yayınına geçiş sürecinde çok önemli bir rol oynamıştır (*Medietilsynet | The Norwegian Media Authority*, 2023). DAB+'nın FM radyo yayınına göre avantajları hakkında bilgi sağlamanın yanı sıra, halkı DAB+'ya geçiş konusunda eğitmek için hükümet ve medya kuruluşlarıyla birlikte çalışmalar yapmıştır.

Ülkedeki medya hizmetlerinin düzenleyicisi olarak, Norveç Medya Otoritesi, FM'den DAB+ radyo yayınına geçiş sürecinden, geçiş için gerekli düzenlemelerin ve yönergelerin belirlenmesinden, bu düzenlemelere uygunluğun izlenmesinden ve denetlenmesinden sorumluydu. DAB+'a geçiş sırasında Norveç Medya Otoritesinin temel sorumluluklarından biri, geçişin adil ve şeffaf bir şekilde yapılmasını sağlamaktı.

RIKS (Riksdekkende Interaktivt Kringkastings System), Norveç'te ülkenin ulusal sayısal radyo yayıncılığı ağı için kullanılan bir terimdir. RIKS, özel ve kamu yayıncılarından oluşan bir konsorsiyum tarafından işletilmektedir ve nerede yaşarlarsa yaşasınlar Norveç'teki tüm dinleyicilerin aynı yüksek kaliteli radyo hizmetlerine erişimini sağlamak için tasarlanmıştır. RIKS, dinleyicilere ulusal ve bölgesel istasyonların yanı sıra yerel istasyonlar da dahil olmak üzere çok sayıda radyo istasyonuna erişim sağlamaktadır.

Norveç'in sayısal radyo ortamındaki en etkili kuruluşlardan biri de DRN (Digital Radio Norway)'dir. DRN, sayısal radyo ekosistemindeki yayıncıları, teknoloji sağlayıcıları ve diğer paydaşları temsil eden sayısal radyo endüstri derneğidir. DRN, sayısal radyonun faydalarını tüketicilere ve sektöre tanıtmak için çalışmaktadır. Norveç'te DAB+'ın benimsenmesinde etkili olmuştur ve teknolojinin devam eden gelişiminde önemli bir rol oynamaya devam etmektedir.

Norveç Posta ve Telekomünikasyon Kurumu (NPT), Norveç'te telekomünikasyonu düzenlemekten sorumlu devlet kurumudur. NPT, DAB dahil olmak üzere sayısal radyo için radyo frekanslarının tahsisini denetler ve teknik standartlar ve düzenlemelere uygunluğu sağlar. Ajans, sayısal radyonun ülke çapında güvenli ve verimli bir şekilde çalışmasını

sağlamada çok önemli bir rol oynamaktadır. NPT'nin çalışmaları, Norveç'in sayısal radyo altyapısının en yüksek kalitede olmasını sağlamak ve dinleyicilere mümkün olan en iyi deneyimi sağlamak için hayati önem taşımaktadır.

NRK (Norsk Rikskringkasting), nüfusun %99,8'ine ulaşan ulusal bir kapsama ağına ek olarak 7 bölgesel çoklayıcıya sahip bir kamu hizmeti yayıncısı olan Norveç Yayın Kuruluşudur. Norveç halkına radyo ve televizyon hizmetleri sağlamaktan sorumludur ve bir dizi televizyon ve radyo kanalının yanı sıra sayısal hizmetleri de işletmektedir. NRK'nin toplamda 15 servisi bulunmaktadır. NRK, nüfusun %99,8'ine ulaşan ulusal bir kapsama ağına ek olarak 7 bölgesel çoklayıcıya sahiptir. NRK'nin toplamda 15 servisi vardır. Ana kanal olan NRK P1, günün belirli saatlerinde her bölgede yerelleştirilmiş içeriğe sahiptir.

DRNAS (Digital Radio Norway AS), ülke çapında bir dizi sayısal radyo istasyonu taşıyan Norveç'in ulusal DAB+ çoklayıcısını işletmekten sorumlu şirkettir. DRNAS, Norveç'teki diğer DAB/DAB+ operatörlerine de teknik destek sağlamaktadır. Şirket, Norveç'in sayısal radyo altyapısının sürdürülmesinde ve sayısal radyo teknolojisinin ülke genelinde sorunsuz bir şekilde çalışmasının sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır.

Ekim 2022'de toplamda 145 vericiye sahip 33 aktif yerel DAB+ ağı vardı. Yerel DAB+ ağları için lisanslar 31 Aralık 2031'e kadar verilmiştir.

Sayısal radyo, artık tüm hanelerin yüzde 74'ünün bir DAB+ radyosuna sahip olmasıyla ana akım halindedir. Nüfusun %99,7'sinin DAB+'ya erişimi bulunmakta olup bugüne kadar 6 milyon alıcı satılmıştır. Norveç'te yayında 3 farklı çoklayıcı bulunmaktadır.

Ulusal çoklayıcı: 1 Normal

Bölgesel çoklayıcılar: 7 Normal

Yerel çoklayıcılar: 7 Normal

Yeni arabaların %100'ünde standart olarak DAB+ bulunmaktadır. TPEG (Transport Protocol Expert Group), gerçek zamanlı trafik bilgilerinin iletilmesi için kullanılan bir sayısal veri iletim protokolüdür. TPEG, trafik bilgilerinin radyo, mobil ve çevrimiçi hizmetler dahil olmak üzere çeşitli platformlar üzerinden dağıtılması için Norveç başta olmak üzere Avrupa'da yaygın olarak kullanılmaktadır. Norveç'teki TPEG tabanlı trafik bilgi hizmetleri, dinleyicilere yolculuklarını daha etkili bir şekilde planlamalarına yardımcı olabilecek yol koşulları, trafik olayları ve diğer ilgili bilgiler hakkında güncel bilgiler sağlar. Bu bilgiler, sürücülerin trafik sıkışıklığından kaçınmasına, en hızlı rotaları bulmasına ve ne zaman ve nereye seyahat edecekleri konusunda daha bilinçli kararlar almasına yardımcı olmak için kullanılabilir. TPEG trafik bilgi hizmetleri, devlet kurumları, özel şirketler ve medya kuruluşları dahil olmak üzere çeşitli kuruluşlar tarafından sağlanmaktadır. TPEG'nin

kullanılması, bu kuruluşların trafik bilgilerini dinleyicilere hızlı, verimli ve yüksek derecede doğrulukla iletmelerini sağlar.

**Tablo 3.** *2022 yılı itibariyle Norveç'te bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | TOPLAM |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | |
| 1 | 1 | 2 | 20 | 193 | 213 | 215 |

(Worlddab, 2023a)

#### 4.1.1.3. Hollanda

2000'lerin başında, Hollanda hükümeti FM radyonun sınırlarını fark etmiş ve alternatif teknolojileri keşfetmeye başlamıştır. 2003 yılında Ekonomi Bakanlığı, karasal sayısal radyo teknolojisini ülkede tanıtma planını açıklamasından sonra DAB+, geleneksel FM radyoya alternatif olarak ilk kez 2004 yılında Hollanda'da tanıtıldı. Bu teknoloji, ticari olarak piyasaya sürülmeden önce ilk olarak Amsterdam bölgesinde 2006 yılında bir pilot programda başlatıldı. O zamandan beri sayısal radyo teknolojisi, gelişmiş ses kalitesi, daha geniş radyo istasyonu yelpazesi ve program bilgileri ile şarkı adları gibi ek veri hizmetleri sunarak Hollanda'daki radyo dinleyicileri için popüler bir tercih haline geldi.

Başlangıçtaki bazı şüphelere rağmen DAB+, Hollanda'da hızla popülerlik kazandı. 2008 yılı itibariyle de deneme süreci tamamlanmış olup tamamen karasal sayısal radyo teknolojisi kullanımına geçildi. Yıllar geçtikçe, Hollanda'daki karasal sayısal radyo istasyonlarının ve dinleyicilerinin sayısı artmaya devam etti. Ekonomi İşleri ve İklim Politikası Bakanlığı (EZK) tarafından yaptırılan "FM Radyonun Kapatılmasına İlişkin Argümanlar ve FM Radyonun Kapatılmasının Etkisi" adlı rapora göre Hollanda'da FM'nin 2027 ile 2032 arasında tamamen kapatılması öngörülüyor (*Worlddab,* 2023b).

Hollanda'daki resmi DAB+ düzenleyicisi, Agentschap Telecom'dur (*Dutch Authority for Digital Infrastructure | (RDI),* 2023). Ülkede radyo frekanslarının kullanımını yönetmek ve düzenlemekten sorumlu olan Hollanda Ekonomi İşleri ve İklim Politikası Bakanlığı'nın bir kurumudur. Görevleri, frekansları tahsis etmek ve izlemek, düzenlemeleri uygulamak ve radyo spektrumunun verimli kullanımını teşvik etmektir.

Hollanda'da devlet tarafından işletilen karasal sayısal radyo istasyonları bulunmaktadır. Hollanda kamu yayıncısı NPO (Nederlandse Publieke Omroep), DAB+ üzerinden erişilebilen Radio 1, Radio 2, Radio 3, Radio 4 ve Radio 5 gibi çeşitli radyo istasyonlarını işletmektedir. NPO, Hollanda hükümeti tarafından finanse edilmektedir ve Hollanda halkına kamu hizmeti yayını sağlamakla görevlidir. Bu nedenle, DAB+ radyo istasyonları, kamu sektörü tarafından finanse edilmeleri ve yönetilmeleri anlamında devlet tarafından işletilmektedir.

2022 yılı itibariyle ülke genelindeki DAB+ kapsaması %95 seviyelerindedir. Total çoklayıcı sayısı ise 5'i bölgesel olmak üzere 7 tanedir. Şu anda Hollanda'da biri ticari diğeri halka açık olmak üzere 2 ulusal çoklayıcı bulunmaktadır.

Hollanda sadece DAB+ ile yayın yapmakta olup hiçbir DAB servisi bulunmamaktadır.

Son yıllarda, DAB+ alıcılarıyla donatılmış arabaların sayısında da artış vardır. Hollanda'da DAB+'nın arabalarda kullanılmasını zorunlu kılan özel bir mevzuat olmamasına karşın DAB+ standardına sahip otomobiller %95 seviyesinin üstündedir.

**Tablo 4.** *2022 yılı itibariyle Hollanda'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | TOPLAM |
| - | - | - | 94 | 18 | 112 | 112 |

(Worlddab, 2023a)

Ayrıca, Hollanda veri hizmetleri ile de 1 adet tamamen sayısal olan servis sunmaktadır.

#### 4.1.1.4. İngiltere

Birleşik Krallık'ta DAB/DAB+ teknolojisinin ilk denemeleri, 1991-1994 yılları arasında Greater London bölgesindeki bir pilot proje ile gerçekleştirildi. 1995 yılına gelindiğinde İlk ticari DAB/DAB+ hizmeti Oneword Londra'da başlatıldı. Daha sonra 1998 yılında İngiltere hükümeti analog radyoyu 2010'a kadar kapatma planlarını duyurdu.

BBC (British Broadcasting Corporation), ülke genelinde milyonlarca dinleyiciye ulaşan bir dizi ulusal ve yerel DAB/DAB+ istasyonu işletmektedir. Birleşik Krallık'ta DAB/DAB+nın geliştirilmesinde ve tanıtımında önemli bir rol oynamıştır. DAB/DAB+ teknolojisinin öncülerinden biri olmuş ve Birleşik Krallık'ta radyoyu sayısallaştırma çabalarının ön saflarında yer almıştır. Ayrıca yeni sayısal radyo hizmetleri ve teknolojileri geliştirmeye yatırım yapmış ve DAB/DAB+'nın faydalarını kamuya ve sektöre tanıtmada aktif bir rol oynamıştır. 1999 yılında BBC, tüm ulusal radyo istasyonlarını taşıyan ilk ulusal DAB/DAB+ ağını başlattı.

O zamanlar DAB/DAB+, gelişmiş ses kalitesi, daha geniş radyo istasyonu seçimi ve daha geniş kapsama dahil olmak üzere geleneksel FM radyoya göre bir dizi avantaj sunan umut verici yeni bir teknoloji olarak görülüyordu. Sonrasında daha fazla radyo istasyonunun sayısal formata geçmesiyle DAB/DAB+ alımı artmaya başladı. 2000'lerin ortalarına gelindiğinde, Birleşik Krallık'ta satılan yeni radyoların çoğu DAB/DAB+ özellikliydi ve mevcut DAB/DAB+ hizmetlerinin sayısı artmaya devam etti. 2017'de Birleşik Krallık hükümeti, ulusal radyonun 2020'nin sonuna kadar tamamen sayısallaştırılması için bir hedef belirlemişti ve o zamandan beri ülkedeki radyo istasyonlarının çoğu DAB/DAB+'ya geçiş yaptı fakat bugün hala ülke genelde FM radyo kullanımı mevcuttur. COVID-19 salgını, daha fazla insan evde kalıp radyo dinledikçe DAB/DAB+ dinlemede de artışa neden oldu. 2021 yılı eğitim verilerine göre Birleşik Krallık'taki radyo istasyonlarının çoğu DAB/DAB+'ya geçiş yapmış durumda olup ve satılan yeni radyoların çoğu DAB/DAB+ özelliklidir.

Ağustos 2020'de Birleşik Krallık'ta binek araçlara sayısal radyo takılmasının zorunlu kılınmasını desteklemek için gerekli yasal düzenlemeler 7 Ağustos 2020'de Parlamento'ya sunulmuş ve onaylanmıştır (2020 Karayolu Taşıtları Yönetmeliği). Sayısal radyonun binek araçlara, yani otomobillere ve otobüslere zorunlu olarak takılmasını kapsayan 2018/1972 sayılı AB Direktifinin (Avrupa Elektronik İletişim Kodu ("EECC")) 113. Maddesindeki hükümleri uygulamaktadır. Gereklilik 21 Aralık 2020'den itibaren yürürlüğe girmiştir.

Birleşik Krallık'taki otomobil satışlarının sayısındaki düşüşe rağmen, 2019 yılında DAB sayısal radyosunun standart olarak takıldığı 2,38 milyon yeni araba ve ticari araçlar Birleşik Krallık'ta rekor bir yıl olmuştur. Yeni araba tescillerinde DAB, 2019'un 4. çeyreğinde tüm yeni arabaların %95'ine yükselirken, yeni ticari araçlarda DAB %64'ün üzerinde bir rekora yükseldi. Bu, 2019'un tamamı için standart olarak DAB ile donatılmış 2,15 milyon yeni otomobil ve 232.600 yeni ticari araç olduğu anlamına gelmektedir. 2020'nin ilk çeyreğinde, arabada sayısal radyo dinleme, tüm arabada dinlemenin %44,5'i ile

son çeyrekte belirlenen yeni rekoru sürdürmeye devam etti ve 5,5 milyon saat ile %5,5 artmış oldu.

Birleşik Krallık'ta çoklayıcılar, ticari şirketler ve BBC'ye aittir ve bunlar tarafından işletilmektedir ve sayısal radyo istasyonlarının dinleyicilere ulaşmasını sağlayan altyapıyı sağlamaktadırlar. 2020 yılı itibariyle İngiltere'de neredeyse tüm ülkeyi kapsayan ve çok çeşitli ulusal ve yerel sayısal radyo istasyonları sunan 17 ulusal DAB/DAB+ çoklayıcı bulunmaktadır. Bu çoklayıcılar Birleşik Krallık nüfusunun en az %98'ini kapsama sağlamak üzere tasarlanmıştır ve karasal ve uydu iletimlerinin bir kombinasyonuna dayanır. Her çoklayıcı birkaç sayısal radyo istasyonundan oluşur ve tek bir çoklayıcı üzerinde taşınabilecek istasyonların sayısı mevcut bant genişliğine bağlıdır. Bant genişliğinin sayısal radyo istasyonlarına tahsisi, Birleşik Krallık'ın iletişim düzenleyicisi Ofcom tarafından yürütülür ve dinleyici sayısı ve hizmet kalitesi gibi bir dizi faktöre dayanır.

**Tablo 5.** *2022 yılı itibariyle İngiltere'de bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | TOPLAM |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | |
| 335 | 160 | 495 | 9 | 47 | 56 | 551 |

(Worlddab, 2023a)

Bunlara ek olarak, Ofcom'un 10 şehirde küçük ölçekli DAB mini-çoklayıcı denemesinin bir parçası olarak yaklaşık 122 yerel DAB ve DAB+ istasyonu faaliyet göstermektedir.

#### *4.1.1.4.1. Avrupa Elektronik İletişim Kodu (EECC)*

EECC (European Electronic Communications Code/Avrupa Elektronik İletişim Kodu), Avrupa Birliği tarafından Aralık 2018'de kabul edilen ve Aralık 2020'de yürürlüğe giren bir mevzuat parçasıdır. EECC, AB telekom yönetmeliğini modernize etmeyi ve elektronik iletişim hizmetleri için tek bir pazar yaratmayı hedeflemektedir. EECC'nin ana hedeflerinden biri, 5G (5th Generation Mobile Network) ve IoT (Internet of Things/Nesnelerin İnterneti) gibi yeni ve yenilikçi hizmetlerin geliştirilmesini teşvik etmenin yanı sıra tüm Avrupalıların yüksek kaliteli ve uygun fiyatlı geniş bant hizmetlerine erişimini sağlamaktır. Karasal sayısal radyo bağlamında, EECC, tüm vatandaşların yüksek

kaliteli ve uygun fiyatlı sayısal radyo hizmetlerine erişimini sağlayarak, AB çapında sayısal radyo hizmetleri için uyumlaştırılmış bir düzenleyici çerçeve oluşturmayı amaçlamaktadır.

#### *4.1.1.4.2. İletişim Ofisi- OFCOM*

Ofcom (Office of Communications/İletişim Ofisi), Birleşik Krallık'ta iletişim sektörü düzenleyicisidir . 2003 yılında kurulmuş olup, Sayısal, Kültür, Medya ve Spor Daire Başkanlığı'nın yetkisi altında faaliyet gösteren bağımsız bir kamu kuruluşudur. Ofcom'un rolü, vatandaşların ve işletmelerin televizyon, radyo, geniş bant ve mobil hizmetler dahil olmak üzere çok çeşitli iletişim hizmetlerine adil ve uygun fiyatlarla erişmesini sağlamaktır. Operatörlerin lisanslanması ve kural ve standartların uygulanması dahil olmak üzere bu hizmetlerin düzenlenmesi için çerçeve oluşturmaktan sorumludur. Ofcom, tüketicilerin çıkarlarını korurken iletişim sektöründe rekabeti ve yeniliği teşvik etme misyonu da taşımaktadır. Hizmetlerin yüksek bir standartta sunulmasını ve tüketicilerin etkili ve adil şikayetleri ele alma prosedürlerine erişmesini sağlamayı amaçlar. Ofcom, karasal sayısal radyo yayını bağlamında, DAB/DAB+ radyo standartlarının belirlenmesinde ve analogdan sayısal radyoya geçişin sorunsuz ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamada önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca DAB/DAB+ radyo istasyonlarına lisans vermekten ve bunların gerekli teknik ve işletim standartlarına uygun olmasını sağlamaktan da sorumludur (*Ofcom-UK-DAB,* 2023).

### 4.1.1.5. Fransa

Karasal sayısal radyo teknolojisinin Fransa'daki ilk denemeleri ve testleri 1997'de gerçekleşmiştir. O zamanlar, teknoloji henüz gelişiminin ilk aşamalarındaydı ve Fransız hükümeti, radyo yayıncılığının kalitesini ve erişilebilirliğini iyileştirmenin bir yolu olarak potansiyelini değerlendirmekteydi. Bu denemelerin olumlu sonuçlarına rağmen, karasal sayısal radyonun benimsenmesi yavaş gerçekleşti. 2005 yılında, Radio France tarafından işletilen ulusal DAB+ ağı başlatıldı fakat ülkede yaygınlaşması diğer Avrupa ülkeleri kadar hızlı gerçekleşemedi. Bu ağ, ulusal ve yerel istasyonlar da dahil olmak üzere bir dizi radyo istasyonu sağladı ve geleneksel FM radyoya kıyasla daha geniş bir istasyon yelpazesi ve gelişmiş ses kalitesi sunmak için tasarlandı. Ancak, bu ağın kullanılabilirliğine rağmen, DAB+ teknolojisinin benimsenmesi yavaş kaldı ve birçok dinleyici FM radyoya güvenmeye devam etti. 2010'larda Fransız hükümeti, 2022'de FM radyoyu aşamalı olarak kaldırıp

sayısal yayına geçme planlarını duyurdu. Ancak bu plan, DAB+ teknolojisinin Fransa'da yavaş benimsenmesi nedeniyle ertelendi. Buna rağmen bazı Fransız radyo istasyonları DAB+'yı benimsemeye başladı ve teknolojinin popülaritesi artmaya devam etti.

Bugün, DAB+ teknolojisinin Fransa'da benimsenmesi yavaş da olsa artmaktadır. Bunun sebebi, DAB+ uyumlu cihazların artan kullanılabilirliğine ve gelişmiş ses kalitesi, daha geniş istasyon aralığı ve azaltılmış parazit gibi DAB'ın faydalarına ilişkin artan farkındalığa bağlanabilir. Ancak, Fransa'da DAB+'nın potansiyelini tam olarak gerçekleştirmek için yapılması gereken çok iş bulunmaktadır. Öncelikle, DAB+ altyapısının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Şu anda, DAB+ yayını yapan istasyonların sayısı hala sınırlıdır ve çoğu bölgede tam kapsama sağlanmamıştır. Ayrıca, DAB+ alıcılarının yaygınlaştırılması da önemlidir. DAB+ alıcıları hala pahalı olduğundan, çoğu otomobil, ev radyosu ve taşınabilir cihazlar DAB+ ile uyumlu değildir. Bu nedenle, tüketicilerin DAB+ teknolojisi hakkında daha fazla bilinçlendirilmesi ve uyumlu cihazlarının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, DAB+ teknolojisi için özel bir bant ayrılması ve mevcut bantların yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Bu sayede, DAB+ yayınlarının daha iyi kalite ve kapsama alanı sağlamasına yardımcı olacaktır. Son olarak, Fransa'da DAB+'nın potansiyelini gerçekleştirmek için daha fazla içerik üreticisi ve yayıncıya ihtiyaç vardır. DAB+ teknolojisi, yayıncıların daha fazla program türü ve hizmet sunmasına izin verir, ancak bu içeriklerin üretilmesi ve yayınlanması için daha fazla yatırım yapılması gerekmektedir.

DAB+ hizmetlerinin her kategorisinin farklı teknik ve düzenleyici gereklilikleri vardır ve belirli bir hizmetin hangi kategoriye ait olduğunu belirlemekten CSA (Conseil Supérieur de l'Audiovisuel-Görsel İşitsel Üst Kurulu) sorumludur (*CSA-My DAB+ Radio,* 2023). CSA, DAB+ hizmetlerini beş farklı kategoride sınıflandırır: A, B, C, D ve E

Kategori A: Ulusal servisler, Fransa'daki en büyük ve en çok dinlenen radyo istasyonlarıdır. Bu istasyonların ulusal bir erişimi vardır, yani tüm ülkedeki dinleyiciler tarafından alınabilirler. Ulusal servisler genellikle Fransa'daki en popüler ve köklü radyo istasyonlarıdır ve genellikle müzik, haber ve diğer içeriklerin bir karışımını içerir.

Kategori B: Bölgesel hizmetler, Fransa içinde belirli bir bölge veya departman gibi belirli bir coğrafi bölgeye hizmet eder. Bu istasyonlar, dinleyicilerin kendi coğrafi bölgelerindeki özel ilgi alanlarına ve ihtiyaçlarına odaklanan daha yerelleştirilmiş bir programlama sunar. Bölgesel hizmetler ayrıca yerel haberler, hava durumu ve trafik güncellemeleri ile bölgesel müzik veya dil programları gibi daha özel içerikler sağlayabilir.

Kategori C: Yerel hizmetler, şehir veya kasaba gibi daha küçük bir coğrafi alana hizmet eder. Yerel hizmetler, dinleyicilerin kendi küçük coğrafi bölgelerindeki özel ihtiyaçlarına ve ilgi alanlarına odaklanarak en yerelleştirilmiş programlamayı sunar. Ayrıca topluluk haberleri, hava durumu ve trafik güncellemeleri ile yerel spor veya kültürel etkinlikler gibi özel içerikler sağlayabilirler.

Kategori D: Tematik hizmetler, spor, klasik müzik veya caz gibi belirli bir konu veya müzik türüne odaklanır. Bu istasyonlar, belirli bir içerik türüne ayrılmıştır ve genellikle diğer radyo istasyonlarında bulunmayan programlamaya sahip olabilir. Tematik hizmetler, dinleyicilerin belirli bir içerik türüne uyum sağlamasına olanak tanır ve belirli ilgi alanlarına sahip dinleyicilere daha geniş bir içerik yelpazesi sunar.

Kategori E: Deneysel hizmetler, DAB+'daki yeni kavramları veya teknolojileri test etmeye yöneliktir. Bu hizmetler, yeni DAB+ teknolojilerini, yeni içerik türlerini veya içerik sunmanın yeni yollarını test etmek için kullanılabilir. Deneysel hizmetler, DAB+'da yenilik ve deney yapılmasına izin verir ve yeni ve gelişmekte olan teknolojilerin test edilip rafine edilmesi için bir alan sağlar.

Fransa'da DAB+ 31 Aralık 2021 itibarıyla nüfusun %39'unu kapsamaktadır. A kategorisinde 235, B kategorisinde 136, C kategorisinde 86, D kategorisinde 52, E kategorisinde 4 ve 39 kamu radyo istasyonu olmak üzere 552 ayrı servise yetki verilmiştir.

22 Ocak 2020'de CSA, DAB+'nın konuşlandırılması için 2020-2023 yol haritasını kabul etti. DAB+'nın devreye alınması 2021'in sonlarına doğru hızlandı. DAB+ uyumlu alıcıların satış payı, 2019'daki %3,8 ve 2020'deki %7,1'e kıyasla 2021'de %12'ye ulaşmıştır. Ayrıca, 2018 ile 2021 yılları arasında DAB+ uyumlu alıcıların kümülatif satışı yaklaşık 873.000 adettir. 2021'de orijinal araba radyoları hariç 3,2 milyon radyo alıcısı satıldı ve bir önceki yıla göre %5 azaldı. Tüm bu alıcıların 400.000'den fazlası DAB+ ile uyumludur. Fransa'da 2021'in ikinci yarısından itibaren satılan yeni arabaların %90'ı standart olarak DAB+ ile donatılmıştır (*JATO DYNAMICS*, 2022).

2021 yılı itibariyle ülke genelindeki DAB+ kapsaması %42 seviyelerindedir. 12 Ekim 2021'de Fransa, Radio France'ın ulusal hizmetleri ve önde gelen özel yayıncılar da dahil olmak üzere 25 DAB+ istasyonunu yayınlayan iki yeni ulusal çoklayıcı devreye aldı. Yeni çoklayıcılar, Paris-Lyon-Marsilya'nın ana otoyolu güzergahında yayınlanmakta olup, yalnızca üç yeni DAB+ istasyonunu ve FM'de yayınlanan 22 istasyonu içermektedir. Bu 25 radyo, halihazırda bölgesel ve yerel olarak DAB+'da bulunan yüzlerce radyo istasyonuna ek olarak sunulmaktadır. Böylelikle, total çoklayıcı sayısı ise 2 ulusal ve 16 bölgesel olmak üzere 18 tanedir. Ayrıca lokal olarak da 3 tane deneme yayınında olan çoklayıcı

bulunmaktadır. Bu nedenle, Fransız nüfusunun %50'si 2022'de DAB+ kapsama alanında olması beklenmekteydi. Fakat 2023 Şubat ayı itibariyle nüfusun %42'si DAB+ kapsama alanındadır (*Worlddab*, 2023b).

**Tablo 6.** *2022 yılı itibariyle Fransa'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | TOPLAM |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | |
| - | - | - | 76 | 91 | 167 | 167 |

(Worlddab, 2023a)

#### *4.1.1.5.1. Conseil Supérieur de l'Audiovisuel (CSA)*

CSA, DAB+'nın geliştirilmesinde ve düzenlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Fransa'da görsel-işitsel medyayı düzenleyici kurum olarak CSA, DAB teknolojisinin ve hizmetlerinin Fransız hükümeti tarafından belirlenen yasal ve etik standartlara uygun olmasını sağlamaktan sorumludur. CSA'nın DAB+ ile ilgili temel sorumluluklarından biri frekansların tahsisidir. CSA, DAB+ radyo istasyonlarının kullanabileceği frekansları belirler ve bu frekansların verimli ve adil bir şekilde kullanılmasını sağlar. Frekans tahsisine ek olarak, CSA'nın DAB+ içeriğinin düzenlenmesinde de bir rolü vardır. CSA, DAB+ içeriğinin reklamcılık, nefret söylemi ve kamu güvenliği ile ilgili yasalar da dahil olmak üzere Fransız yasalarına uygun olmasını sağlar. CSA ayrıca medya çeşitliliğini teşvik etmek ve siyasi veya ideolojik görüşleri ne olursa olsun tüm seslerin duyulmasını sağlamak için çalışır (*CSA-My DAB+ Radio*, 2023).

#### 4.1.1.6. İsviçre

İsviçre, teknolojiyi erken benimseyen, gelişimini ve dağıtımını destekleyen İsviçre öncü olmuştur. DAB+, ilk test günlerinden ülkedeki birincil radyo biçimi olarak benimsenene kadar, İsviçre'de uzun bir yol kat etmiştir. İsviçre'de karasal sayısal radyoya doğru yolculuk, ilk sayısal radyo denemesinin yapıldığı 1997 yılında başlamıştır. İsviçre Radyo ve Televizyon Kurumu olarak da bilinen SBC (Swiss Broadcasting Corporation), 2002 yılında ilk sayısal radyo test yayınlarını başlatmıştır. 2003 yılında İsviçre, ülke çapındaki sayısal radyo ağını başlatarak Avrupa'da bunu yapan ilk ülkelerden biri oldu. 2005 yılında İsviçre hükümeti, analog radyo hizmetlerinin 2020 yılına kadar kapatılmasını taahhüt ederek sayısal radyoya geçişi desteklediğini duyurdu. 2007 yılına gelindiğinde, İsviçre'deki DAB+ istasyonlarının sayısı 50'ye ulaştı ve dinleyiciler için geniş bir seçenek yelpazesi ve yüksek kaliteli sayısal radyoya erişim sağlanmış oldu. İsviçre, 2009'da nüfusun %90'ından fazlasının sinyali alabilmesiyle ülke çapında en fazla DAB+ kapsama alanı sunan dünyadaki ilk ülke oldu. 2011 yılında SBC, DAB+'nın ilk kez FM'yi geride bırakarak ülkedeki en popüler radyo biçimi haline geldiğini duyurdu. 2012'de İsviçre hükümeti, tüm analog radyo hizmetlerinin kapatılması için 2024'ü son tarih olarak belirledi.

İngiltere, Galler, İskoçya ve Kuzey İrlanda'nın yanı sıra resmi olarak sorumlu olan OFCOM, İsviçre'de radyo frekanslarının tahsisi ve kullanımının düzenlenmesi ve denetlenmesinden de sorumludur (*OFCOM-Switzerland,* 2023).

İsviçre'de DAB+ üzerinden sayısal radyo, nüfusun %99'undan fazlasına ulaşmaktadır. Otoyol, tüneller dahil yolların %99'u kapsama altındadır. Tüm yeni arabaların yüzde 99'u artık standart olarak DAB+ radyo ile donatılmıştır. Araba satışlarında pandemiye bağlı düşüşe rağmen, 2020'de DAB+ ile donatılmış binek otomobil sayısı 275.000 artarak 2 milyonun yaklaşmış durumdadır.

İsviçre'de sadece bölgesel ve yerel çoklayıcılar yayındadır. Ülkede dört farklı dil yapısı bulunmasından dolayı ulusal çoklayıcı bulunmamaktadır. Yedi farklı bölgesel çoklayıcılardan dördü, 1999'dan beri kamu yayıncısı SBC tarafından yürütülmektedir. İlk ticari DAB+ çoklayıcı, SMC (SwissMediaCast AG) tarafından Ekim 2009'da ülkenin Almanya kısmında, ikincisi ise 2013 sonunda Fransızca konuşulan kısımda piyasaya sürüldü. Aralık 2020'den bu yana SMC, İsviçre'nin İtalyanca konuşulan bölümünde ikinci dille bölgesel çoklayıcıyı yürütmektedir. SMC ayrıca Aralık 2012'den bu yana dört bölgesel çoklayıcı işletmektedir. İlk yerel çoklayıcı (Cenevre bölgesi), özellikle kâr amacı gütmeyen radyolar için Mayıs 2014'te başladı.

**Tablo 7.** *2022 yılı itibariyle İsviçre'de bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | TOPLAM |
| - | - | - | 54 | 70 | 124 | 124 |

(Worlddab, 2023a)

Ayrıca, İsviçre veri hizmetleri ile de 1 adet servis sunmaktadır. Veri hizmetleri, DAB+ platformu üzerinden ses içeriğiyle birlikte iletilebilen ek bilgileri ifade eder. Bu bilgiler, dinleyicilere daha kapsamlı ve etkileşimli bir deneyim sağlayan metin, resim ve diğer multimedya içeriğini içerebilir. Veri hizmetleri, parça listeleri, hava durumu güncellemeleri, trafik güncellemeleri ve daha fazlası gibi bilgileri sağlamak için kullanılabilir.

#### 4.1.1.7. İsveç

2000'lerin başında, İsveç hükümeti analog radyo yayınından sayısal radyo yayınına geçişi düşünmeye başladı. 2005 yılında, teknolojiyi test etmek ve DAB+'ya tam ölçekli geçiş için deneyim kazanmak amacıyla İsveç'te ilk DAB+ pilot projeleri başlatıldı. 2005 ve 2011 yılları arasında İsveç'te kademeli olarak analog radyo yayınından sayısal radyo yayınına geçiş uygulandı. Geçiş, mevcut radyo istasyonlarının DAB+'yı destekleyecek şekilde yükseltilmesini ve analog radyo tarafından hizmet verilmeyen alanları kapsayacak şekilde yeni DAB+ vericilerinin konuşlandırılmasını içeriyordu. 2011'de karasal sayısal radyoya geçiş tamamlandı ve İsveç, Avrupa'da sayısal radyoya geçiş yapan ilk ülkelerden biri oldu.

Kasım 2019'da İsveç Radyosu, 2020-2025 dönemi için ulusal DAB+ izni için Kültür Bakanlığı'na başvuruda bulundu. Şubat 2020'de Bauer Media, 2020 yazında İsveç'te DAB+ hizmetlerini başlatacağını ve Stockholm, Gothenburg ve Malmö şehirlerinde çoklayıcıların kullanıma sunulacağını duyurdu. Bauer Media yayınları Temmuz 2020'de başladı ve Kasım 2020'de Gotenburg ve Malmö'de DAB+ hizmetlerinin lansmanı ile arttı.

İsveç'te DAB+ ile ilgili resmi düzenleyici ve kurum, İsveççe'de Post-och Telestyrelsen olarak da bilinen PTS (İsveç Posta ve Telekom Kurumu)'dir (*Post-Och Telestyrelsen | DAB,* 2023). PTS, DAB+ yayınlarının lisanslanması ve düzenlenmesi de

dahil olmak üzere, İsveç'te radyo spektrumunun kullanımının denetlenmesinden sorumludur. PTS, Girişim ve Yenilik Bakanlığı'na rapor veren bağımsız bir devlet kurumudur. İletişim pazarında rekabeti teşvik etmek, iletişim hizmetlerinin devamlılığı ve kalitesini sağlamak, tüketici çıkarlarını korumak PTS sorumluluklarındandır. PTS ayrıca, sınırlar ötesinde spektrum kullanımının uyumlaştırılmasını sağlamak için Avrupa'daki diğer düzenleyici kurumlarla yakın işbirliği içinde çalışır.

İşveç'te ulusal ve bölgesel olmak üzere 2 çeşit çoklayıcı bulunmaktadır. Bugün kamu hizmeti yayıncısı İsveç Radyosu (Swedish Radio-SR) ve ticari radyoların da katkılarıyla DAB+ nüfus kapsamı %43'e ulaştı. İsveç Radyosu, Stockholm'ün başkentinin yanı sıra Södertälje, Uppsala, Gothenburg, Malmö ve Luleå'da nüfusun %42'sini kapsayan bir çoklayıcı işletmektedir. Nordic Entertainment Group'un (NENT) ayrıca Stockholm, Uppsala, Gävle'yi kapsayan bir çoklayıcısı vardır. Bu çoklayıcı daha sonra Göteborg ve Malmö'ye genişletilmiş olup yine nüfusun %43'ünü kapsamaktadır.

İsveç DAB+ ağı (çoklayıcı1-mux1) Teracom AB tarafından işletilmektedir ve 12C ve 12B frekanslarında çok frekanslı bir ağ kullanarak Stockholm, Södertälje, Uppsala, Enköping, Luleå, Malmö ve Göteborg şehirlerini kapsamaktadır. Çoklayıcı 1 kapsamı şu anda nüfusun %41,8'i veya yaklaşık 3 milyon kişidir. Çoklayıcı 1 tümü İsveç Radyosundan olmak üzere 8-10 düzenli ve lisanslı hizmete sahiptir.

İsveç DAB+ ağı (çoklayıcı 2- mux2), Teracom AB tarafından özel bir test lisansı altında işletilir ve 12C ve 12D frekanslarında çok frekanslı bir ağ kullanan Stockholm, Uppsala ve Gävle gibi büyük şehirleri kapsar. Nüfusun %27'sine veya yaklaşık 2,5 milyon kişiye ulaşmaktadır. Çoklayıcı 2 şu anda birkaç büyük yayıncının (MTG radyo ve SBS radyo) yanı sıra bazı yerel topluluk radyolarından 9 pilot hizmete sahiptir.

Bununla birlikte İsveç'te 2021'de satılan yeni arabaların %84'ünde standart olarak DAB+ bulunuyor (*JATO DYNAMICS*, 2022).

**Tablo 8.** *2022 yılı itibariyle İsveç'de bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | TOPLAM |
| - | - | - | 29 | 23 | 52 | 52 |

(Worlddab, 2023a)

Ayrıca, İsveç de İsviçre gibi veri hizmetleri ile de 1 adet sadece sayısalda servis sunmaktadır.

#### 4.1.1.8. Malta

Malta'daki ilk DAB+ hizmeti, 2008'den beri ulusal yayıncı Public Broadcasting Services (PBS) tarafından başlatıldı. PBS, Malta'da DAB+'nın geliştirilmesinde ön saflarda yer almış ve bu teknolojiyi Malta halkına getirmek için Yayın Otoritesi-BA ile yakın bir şekilde çalışmıştır. Malta Yayın Kurumu (MBA) ülkenin yayın sektörünün düzenlenmesinde çok önemli bir rol oynamıştır (*Malta Broadcasting Authority,* 2023). Bununla birlikte, 2011'de MBA'nın yerini, Malta'daki yayıncılık endüstrisinin gelişimini ve düzenlenmesini denetlemekle görevli olan Yayın Otoritesi (BA) almıştır. Ayrıca Malta, bir DAB+ ağı kuran ilk Avrupa ülkesi olmuştur. Malta, bir DAB+ ağı kuran ilk Avrupa ülkesidir.

Malta'nın kapsamı, 2013'ten beri 6A/6C ve 12A blokları üzerinden %100'dür. Malta'da sayısal radyo yayını bağlamında, "6A/6C" ve "12A blokları", Malta Yayın Kurumu (MBA) tarafından DAB+ yayını için atanan frekans bloklarını ifade etmektedir. 6A/6C blokları, Malta'daki DAB+ radyo istasyonları tarafından kullanılmak üzere atanan frekans bloklarıdır; 6A bloğu tipik olarak ulusal ve bölgesel DAB+ hizmetleri için kullanılır ve 6C bloğu yerel ve toplum temelli hizmetler için kullanılmaktadır. 12A bloğu, Malta'daki DAB radyo istasyonları tarafından kullanılmak üzere atanan başka bir frekans bloğudur ve 12A bloğunun kapsama alanı genellikle 6A/6C bloklarından daha geniştir. Malta'nın şebeke operatörü Digi B Network 2020 yılında WorldDAB'ın bir üyesi haline gelmiştir. Adadaki neredeyse tüm yayıncılar, Digi B ağı üzerinden DAB+ üzerinden yayın yapıyor. 2015'ten bu yana yaygın şekilde DAB kullanılsa bile hanehalkı tarafından kullanımı hala %25 seviyelerindedir.

Malta’da iki ulusal çoklayıcı bulunmaktadır. İkinci ulusal çoklayıcı (6A – Digi B2) 2011 yılında başlatılmıştır.

**Tablo 9.** *2022 yılı itibariyle Malta’da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | TOPLAM |
| - | - | - | 53 | 0 | 53 | 53 |

(Worlddab, 2023a)

#### 4.1.1.9. Çek Cumhuriyeti

Çek Cumhuriyeti'nde DAB+ yayın tarihi 1999 yılına kadar dayanmaktadır. 1999 yılında Prag'da ilk deneysel sayısal radyo yayını başlamıştır. 2005- 2007 yılları arasında Prag ve Pribram'da sayısal yayın testleri yapılmıştır. 2008- 2009 yılları arasında DAB+ yayın testleri Pilsen, Brno, Prag, Příbram ve Klínovec şehilerini kapsayacak şekilde genişletilmiştir. 2010 Çek Telekomünikasyon Ofisi bir ihale duyurmuştur. 1 Mart 2011 yılında DAB+ yayını Prag, Pribram, Brno'da başlamıştır. Yine aynı yıl Škoda auto, DAB+ ile araç radyoları sunmaya başlamıştır. 2013 yılında Pilsen, České Budějovice ve Karlovy Vary için vericiler kurulmuştur. 2014 yılında band III’te DAB+ için ilk vericiler piyasaya sürülmüştür. 2015 yılında Czech Radio (Cro) Prag'da kendi çoklayıcısını test etmiştir (20 kW). 2016 yılında Çek hükümeti, Çek Radyosunun karasal sayısal yayınının geliştirilmesine yönelik öneriyi onaylamıştır. 2017 yılında Çek Radyosu, Prag'da düzenli DAB+ yayınına başlamıştır ve kapsamı Pilsen, Brno ve Ostrava'ya genişletilmiştir. 2020 yılına gelindiğinde Çek Cumhuriyeti nüfusunun %95'i DAB+ ile kapsanmıştır. Herkese Açık DAB+ çoklayıcısı 2021 yılında onaylanmıştır. Yine 2021 yılında dördüncü özel çoklayıcı Prag'da açılmıştır. 2022 yılında Çek Radyosu 9 yeni verici başlatmış olup dinleyicilerin yüzde 14'ünden fazlası sayısal radyo dinlemektedir.

Spektrum ve içerik düzenlemesi, Radyo ve Televizyon Yayıncılığı Konseyi (içerik) ve Çek Telekomünikasyon Ofisi (spektrum) arasında bölünmüştür (*Czech Telecommunication Office | Český Telekomunikační Úřad*, 2023)C. Çek Cumhuriyeti'nde

sayısal radyo düzenlemesinin temel özellikleri şunlar olarak belirtilmektedir. Sadece Bant III'te yayın yapılabilecektir. DAB+ Lisansları, bazıları 2022'de verilmek veya yenilenmek üzere, tümü yalnızca III Bandında olmak üzere, maksimum 10 yıla kadar farklı süreler için verilir. Analog radyo kapatma tarihi belirlenmemiştir.

Çek Cumhuriyeti'nde yalnızca bölgesel ve lokal mültipleksler bulunmaktadır. Çek Radyosu, Çek Cumhuriyeti'nde ÇEK ve MORAVYA olarak bölünmüş bir düzenli çoklayıcıya sahiptir. Şu anda 16 Çek Radyo istasyonu yayın yapmaktadır. Ayrıca, TELEKO Digital, Českė Radiokomunikace, RTI cz ve JOE Media tarafından işletilen dört çoklayıcı daha bulunmaktadır. Şebeke operatörü TELEKO DAB, Çek Cumhuriyeti'nde 5,8 milyon nüfusa ulaşan bant III kullanan bir normal yerel DAB+ çoklayıcısını işletmektedir. RTI cz ağının operatörü, çoğu Batı Bohemya'da olmak üzere FM bandında 60 radyo vericisi işletiyor. Českė Radiokomunikace Prag, Pilsen ve Ostava'da 14 radyo istasyonunun yayın yaptığı bir CRA DAB+ çoklayıcı (dört verici) işletmektedir. 2020'nin sonundan itibaren JOE Media, 8 radyo istasyonu yayınlayan COLOR DAB+ çoklayıcısını (Prag'da iki verici) işletmektedir.

Çek Cumhuriyeti'nde 2021'de satılan yeni arabaların %93'ünde standart olarak DAB+ bulunuyor (Kaynak: JATO Dynamics 2022).

**Tablo 10.** *2022 yılı itibariyle Çek Cumhuriyeti'nde bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | TOPLAM |
| - | - | - | 47 | 25 | 72 | 72 |

(Worlddab, 2023a)

#### 4.1.1.10. Danimarka

1990'ların sonları, ülkede ilk DAB/DAB+ denemelerinin yapıldığı Danimarka'da sayısal radyoya doğru yolculuğun başlangıcı olmuştur. Bu, sayısal radyonun benimsenmesine yönelik ilk önemli adımı işaret etmiş olup Danimarka'da radyo yayıncılığının geleceği için zemin hazırlamıştır. 2002 yılında DAB/DAB+, birkaç radyo istasyonunun bu teknolojiyi kullanarak yayın yapmaya başlamasıyla Danimarka'da ticari bir hizmet olarak tanıtılmıştır. 2003 ve 2004 yılları arasında, ilk yalnızca sayısal radyo istasyonlarının piyasaya sürülmesiyle, DAB/DAB+ radyo istasyonlarının sayısı artmaya devam etmiştir. 2005 ve 2010 yılları arasında DAB/DAB+, giderek daha fazla dinleyicinin karasal sayısal radyo istasyonlarını dinlemesiyle Danimarka'da baskın radyo yayın biçimi haline gelmiştir. Bu süre zarfında, Danimarka hükümeti de FM radyo yayınını aşamalı olarak kaldırmayı planlamış ve bu da DAB/DAB+'nın lehine bir gelişme olmuştur. 2011 ve 2015 yılları arasında Danimarka'da sayısal radyo kullanımı hızla artmakta olup, Danimarka Kültür Bakanlığı ve tüm siyasi partiler sayısal radyo yayıncılığına tam geçiş için çalışmaktaydı. 2015 yılında tamamlanan sayısal radyo yol haritası, DAB+ ağındaki kapasiteyi kullanma sürecini hızlandırmak için temel özellikleri vurgulamaktadır. Bunlar yol haritası bazı düzenlemeleri içermekte idi:

- Dinlemenin %50'si sayısal olduğunda FM radyoyu kapatma kararı
- 2016'nın sonunda, MUX1 ve MUX2'de mevcut frekansların kullanılmasını ve MUX1 için ticari bir şebeke operatörüne sahip olma olasılığını sağlayacak içerik değişimi.
- Piyasayı yönlendirmek için şu anda Danish Radio'ya ait olan MUX1 için "Gatekeeper Modeli"nin benimsenmesi .
- 1 Ekim 2017'ye kadar DAB'dan DAB+'ya tam geçiş.
- 2015 yılı sonuna kadar MUX3'te yedek kapasite için yeni lisansların mevcudiyeti.

2015'in sonunda yeni lisanslar başvuru için hazır hale gelmiş olup ve DAB'dan DAB+'ya geçiş başlamıştır. 2016 ve 2020 yılları arasında, sayısal radyo dinlemek için akıllı telefonlar ve akıllı hoparlörler gibi bağlı cihazların kullanımı artmaya devam ederek, dinleyicilerin en sevdikleri istasyonları daha kolay dinlemelerini sağladı. Daha yüksek ses kalitesi ve daha verimli bant genişliği kullanımı sunan DAB+ hizmetlerinin tanıtımı, genel kullanıcı deneyimini daha da iyileştirdi. 2020'den günümüze ise 2002 yılında düzenli hizmet vermeye kamu hizmeti yayıncısı Danimarka Radyosu (DR)'na göre tüm radyo dinlemenin %36'sından fazlası sayısaldır.

Danimarka'daki karasal sayısal radyo yayını kapsamı geniştir ve ülke nüfusunun neredeyse tamamına (yaklaşık %98) ulaşmaktadır. Bunun nedeni, DAB+ teknolojisinin Danimarka'da erken benimsenmesi ve ülkede DAB+ ağının sürekli genişlemesidir.

Danimarka'da şu anda DAB+ radyo yayıncılığı için kullanılabilen üç çoklayıcı (MUX) bulunmaktadır. Danimarka'da DAB+ radyo yayını için üç çoklayıcı (MUX) MUX1, MUX2 ve MUX3'tür.

MUX1: Bu çoklayıcı şu anda kamu hizmeti yayıncısı Danish Radio'ya (DR) aittir. Ülke için birincil DAB+ ağı olarak hizmet verir ve hem ulusal hem de bölgesel istasyonlar dahil olmak üzere dinleyiciler için çok çeşitli programlama seçenekleri sunmaktadır.

MUX2: Bu çoklayıcı hem ticari hem de topluluk istasyonları dahil olmak üzere dinleyiciler için ek programlama seçenekleri sunmaktadır.

MUX3: Bu çoklayıcı, yeni ve gelişmekte olan istasyonlar ile mevcut istasyonların yedek kapasitesi için ayrılmıştır. DAB+'da yeni kanalları teşvik etmek amacıyla bu çoklayıcı için yeni lisanslar 2015 yılı sonunda kullanıma sunulmuştur.

Danimarka'da, sayısal radyoyu "lüks bir ürün" olarak ele alan vergi kurallarındaki bir gevşemenin ardından, standart olarak DAB+ ile donatılmış arabaların oranı, 2015'te %5'ten 2020'nin ikinci yarısında çarpıcı bir şekilde %62'ye yükseldi (Kaynak: JATO Dinamikler 2021).

**Tablo 11.** *2022 yılı itibariyle Danimarka'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | TOPLAM |
| - | - | - | 120 | 63 | 183 | 183 |

(Worlddab, 2023a)

#### *4.1.1.10.1. Gatekeeper Model*

Sayısal radyo yayını bağlamında, kapı bekçisi modeli, tek bir varlığın veya kuruluşun sayısal radyo ağına erişimi ve bunun üzerinden içerik dağıtımını kontrol ettiği bir durumu ifade eder. Genellikle devlet tarafından işletilen bir yayıncı veya özel bir şirket olan bu

varlık, DAB/DAB+ ağı için bir bekçi görevi görür ve hangi içeriğin dağıtılmasına izin verilip verilmeyeceğini belirleme yetkisine sahiptir. Danimarka'da sayısal radyo yayını için bekçi modeli, kamu ve özel kuruluşların bir karışımıdır. Danimarka Yayın Kurumu, ağı işlettiği ve düzenlediği için Danimarka'daki DAB/DAB+ ağının birincil bekçisidir. Bununla birlikte, özel şirketler de kendi içeriklerini yayınlamak için DR'ye lisans başvurusunda bulunabilecekleri için içeriğin DAB/DAB+ ağı üzerinden dağıtımında rol oynarlar.

Bu anlamda, Danimarka'daki DAB/DAB+ için kapı bekçisi modeli, devlet tarafından işletilen bir yayıncı (DR) ile özel şirketlerin bir kombinasyonudur; DR, ağ için birincil bekçi olarak hizmet verir ve özel şirketler dinleyiciler için ek içerik sağlar. Bu sistem, tek bir bekçinin sunduğu kontrol ve güvenlik ile özel şirketlerin sağladığı çeşitlilik ve rekabet arasında bir denge sağlar.

DAB/DAB+ için kapı bekçisi modelinin hem avantajları hem de dezavantajları olabilir. Bir yandan, ağ geçidi bekçisinin ağ üzerinden yalnızca yüksek kaliteli ve uygun içeriğin iletilmesini sağlamasına izin vererek, içeriğin dağıtımı üzerinde daha fazla kontrol ve güvenlik sağlayabilir. Öte yandan, kapı bekçisi modeli, dinleyicilerin kullanımına sunulan içeriği sansürleme veya manipüle etme yeteneğine sahip bekçi ile güç ve etkinin yoğunlaşmasına da neden olabilir (Kultür Styrelsen, 2014).

#### 4.1.1.11. Belçika

Belçika'da DAB+'nın nispeten kısa bir geçmişi vardır. Belçika'daki DAB+ tarihi, gelişimini ve büyümesini belirleyen birkaç önemli dönüm noktasıyla zaman içinde gelişmiştir. DAB+ teknolojisi ilk olarak 2000'lerin başında Belçika'da tanıtıldı. Belçika'daki ilk DAB ağı 2005 yılında başlatıldı. Bu, geleneksel FM radyodan sayısal radyo yayınına geçişin başlangıcı oldu. 2010-2020 arası boyunca, Belçika'daki DAB+ ağı, daha fazla radyo istasyonu ve çoklayıcı eklenerek büyümeye devam etti. DAB+'nın kapsamı da genişleyerek dinleyiciler için daha yaygın bir şekilde kullanılabilir hale geldi. Ayrıca Bölgesel çoklayıcıların tanıtımı gerçekleştirildi. Belirli coğrafi bölgelerdeki dinleyicilere daha iyi hizmet vermek için Belçika'da bölgesel çoklayıcılar başlatıldı. 2010'larda Belçika hükümeti FM'den DAB+'ya geçişi düşünmeye başladı. Amaç, sonunda FM radyoyu aşamalı olarak kaldırmak ve daha kaliteli bir dinleme deneyimi ve dinleyiciler için daha fazla seçenek sunan sayısal radyo yayınına geçmekti. Şu anda, Belçika'da faaliyet gösteren birden fazla DAB+ ağı vardır ve birçok radyo istasyonu artık programlarını geleneksel FM radyo ve internet

akışına ek olarak DAB üzerinden sunmaktadır. Belçika hükümeti, 2025 yılına kadar FM radyoyu aşamalı olarak sonlandırmak ve tamamen DAB+'ya geçmek için bir hedef belirledi.

BIPT (Belgian Institute for Postal Services and Telecommunications/Belçika Posta Hizmetleri ve Telekomünikasyon Enstitüsü), Belçika'da sayısal ses yayıncılığının kapsamının genişletilmesinde ve teşvik edilmesinde önemli bir rol oynamıştır. BIPT, DAB+ ağları için frekans spektrumunun tahsis edilmesinden, DAB+ operatörleri için lisansların verilmesinden, FM'den DAB+'ya sorunsuz bir geçiş sağlanmasından ve teknik standartların oluşturulmasından sorumlu olmuştur. Ayrıca BIPT, DAB+ teknolojisinin ve altyapısının geliştirilmesini teşvik etmek ve radyo istasyonlarını programlarını sunma aracı olarak DAB+'yı benimsemeye teşvik etmek için endüstri paydaşları ve hükümetle birlikte çalıştı. BIPT'nin amacı, halka mümkün olan en iyi radyo dinleme deneyimini sağlamak için DAB+'nın Belçika'daki kapsamını ve kullanılabilirliğini artırmak olmuştur (*DAB Frequency Plan | BIPT*, 2023).

DAB+ artık Belçika'daki yeni binek otomobillerde standart olarak bulunuyor ve 2019'daki %89'a kıyasla 2021'in ikinci yarısında satılan yeni araçların %98'inde DAB+ bulunuyor (*JATO DYNAMICS*, 2022).

Belçika'da DAB+ alıcılarının varlığı, mutfak radyoları, el cihazları ve tunerler de dahil olmak üzere piyasada bulunan bir dizi cihazla büyümeye devam ediyor. Destekleyici pazarlama kampanyalarıyla birlikte daha fazla DAB+ hizmeti kullanıma sunuldukça, satışların önümüzdeki birkaç yıl içinde Belçika genelinde önemli ölçüde artması bekleniyor.

Fransızca konuşulan Belçika'da, DAB+ uyumlu ev alıcılarının satışı 2021'de %13 artarak analog FM alıcılarının satışlarındaki %7'lik düşüşü dengeledi. 2021'de Belçika'da satılan ev alıcılarının ortalama %45'i DAB+ uyumluydu (kaynak: Gfk, Monitoring of Radio Receiver Sales 2021).

DAB+ kapsamı, ülkenin üç ana bölgesi olan Flanders, Wallonia ve Brüksel'de nüfusun %95'inden fazlasına ulaşmaktadır. Belçika'daki tüm otoyollar ve ana yollar DAB+ ile kaplıdır ve mobil kapsama alanı yaklaşık %99'dur. Bir ila üç katman arasında ülke çapında kapsama alanı, Belçika'da yayında olan farklı çoklayıcıların kapsamı birleştirilerek elde edilir:

1. Hollandaca konuşulan Kuzey bölgesi için bir bölgesel halka açık çoklayıcı (Kuzey nüfusunun %95 ve daha fazla DAB+ kapsamı),
2. Güney, Fransızca konuşulan kısım için bir bölgesel halka açık çoklayıcı (Güney nüfusunun %90'ı DAB/DAB+ dış mekân kapsamı)

3. DAB+'da Kuzey kesiminde bir bölgesel ticari çoklayıcı (Kuzey nüfusunun %25'ini kapsıyor).

**Tablo 12.** *2022 yılı itibariyle Belçika'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | TOPLAM |
| - | - | - | 72 | 54 | 126 | 126 |

(Worlddab, 2023a)

Ayrıca, Belçika veri hizmetleri ile de 2 adet servis sunmaktadır.

#### 4.1.1.12. İtalya

İtalya'da karasal sayısal radyo'nun yaygınlaşması başlangıçta yavaştı, ancak 21. yüzyılın ilk on yılının sonunda sayısal radyo istasyonlarının ve dinleyicilerinin sayısı önemli ölçüde arttı. DAB/DAB+ ilk olarak 2003 yılında İtalya'da tanıtıldı ve ilk ülke çapında ağ 2005 yılında başlatıldı. İtalyan hükümeti hem radyo yayıncılarına hem de dinleyicilere sunduğu faydaların farkında olarak teknolojiyi desteklemektedir. DAB+'ya geçiş, radyo istasyonlarının daha fazla programlama seçeneği sunmasına ve sinyallerini daha güvenilir bir şekilde iletmesine izin verirken, dinleyiciler daha geniş bir içerik yelpazesine ve gelişmiş ses kalitesine erişebilir.

İtalya'da sayısal radyo yayınının uygulanmasını ve işleyişini denetlemekten sorumlu düzenleyici AGCOM (Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni/ İtalyan İletişim Kurumu)'dur (*Digital Sound Broadcasting (DAB+) - AGCOM*, 2023). AGCOM, İtalya'da radyo yayıncılığı sektörü de dahil olmak üzere elektronik iletişim sektörünün düzenlenmesinden sorumlu bağımsız bir otoritedir. Kurum, radyo istasyonlarına lisans vermek, DAB+ şebekelerinin işletilmesi için standartlar belirlemek ve analog radyo yayınından sayısal radyo yayınına geçişin sorunsuz ve verimli bir şekilde yapılmasını sağlamaktan sorumludur. AGCOM, İtalyan radyo endüstrisinin rekabetçi kalmasını ve dinleyicilerin çok çeşitli yüksek kaliteli içeriğe erişmesini sağlamada önemli bir rol oynamaktadır.

İtalya'da FM radyo yayını için belirli bir son tarih yoktur. FM, İtalya'da hem ticari hem de kamu yayıncılığı için yaygın olarak kullanılmaya devam etmektedir ve DAB+ gibi sayısal radyo teknolojilerinin lehine FM'nin aşamalı olarak kaldırılmasına yönelik bir plan da bulunmamaktadır.

. İtalya, tüm yeni alıcıların (tüketici ve otomotiv) Ocak 2020'den itibaren DAB+'yı içermesini zorunlu kılan düzenlemeyi getiren ilk ülke olmuştur. Böylelikle, İtalya'da satılan yeni arabaların %100'ü fabrikada DAB+ ile donatılmıştır.

Normal ve deneme yayınlarının birleşik kapsamının İtalyan nüfusunun yaklaşık %86'sı olduğu tahmin edilmektedir (dış mekân kapsama alanı içinde DAB+ yayınlarına erişebilen insanlar). İtalya'da sayısal radyonun piyasaya sürülmesinden önce, FM'de yalnızca 21 ulusal radyo istasyonu bulunmaktaydı. DAB+'nın kullanıma sunulmasının ardından artık DAB+'da 51 ulusal radyo yayını bulunmaktadır. Ocak 2022 itibariyle, yayında 3 ulusal ve 39 yerel çoklayıcı bulunmaktadır.

**Tablo 13.** *2022 yılı itibariyle İtalya'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | TOPLAM |
| - | - | - | 116 | 20 | 136 | 136 |

(Worlddab, 2023a)

### 4.1.2. Deneme Sürecinde Olan Ülkeler

#### 4.1.2.1. Sırbistan

Sırbistan'da, radyo yayıncılığı için karasal sayısal radyo teknolojisinin uygulanması nispeten yenidir. DAB+'nın Sırbistan'da ne zaman kullanılmaya başlandığı kesin olarak bilinmemekle birlikte, 2018 yılında ilk denemelerine başlanmıştır. DAB+, Sırbistan'daki büyük şehirlerde mevcuttur ve kapsama alanının önümüzdeki yıllarda artması beklenmektedir. Sırbistan'da DAB+ hizmetleri sunan popüler radyo istasyonlarından bazıları Radio S, Radio Novosti ve Radio Televizija Srbije'dir.

REM (Regulatory Authority of Electronic Media/Elektronik Medya Düzenleme Kurumu), Sırbistan'da elektronik medya sektörünü düzenlemekten sorumlu bağımsız bir kamu kurumudur (ARCOM, 2023) . Radyo ve televizyon yayın lisanslarının verilmesi ve iptal edilmesi, elektronik medyanın yasal ve düzenleyici gerekliliklere uygunluğunun sağlanması ve medya çoğulculuğunun ve çeşitliliğinin teşvik edilmesi başlıca görevleri arasındadır. REM, DAB+ teknolojisi de dahil olmak üzere elektronik ortamla ilgili politika ve düzenlemelerin etkin bir şekilde uygulanmasını sağlamak için diğer ilgili makam ve kuruluşlarla yakın iş birliği içinde çalışır.

ETV, elektronik iletişim ve yayın sistemlerinin tasarımı, yapımı ve bakımı konusunda uzmanlaşmış bir Sırp şirketidir. ETV, DAB iletim ağlarının tasarımı ve uygulanması, DAB ekipmanının kurulumu ve bakımı ve radyo istasyonlarına teknik destek dahil olmak üzere Sırbistan'da sayısal radyo yayıncılığı sistemlerinin kurulumu ve bakımı ile ilgili hizmetler sağlayabilir.

Sırbistan'da şuan bir tane bölgesel DAB+ çoklayıcı bulunmaktadır. Belgrad ve çevresini kapsayan çoklayıcı, 24 Ekim 2018'de yayına girmiştir. 2 milyondan fazla kişi, Deneme Sürümü olan bu DAB+ çoklayıcının kapsama alanındadır. 2020 yılında ETV, 5 yeni DAB+ vericisini devreye alarak toplam verici sayısını 6'ya çıkardı ve %77,9 nüfus kapsama alanına ulaştı.

**Tablo 14.** *2022 yılı itibariyle Sırbistan'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | TOPLAM |
| - | - | - | 7 | - | 7 | 7 |

(Worlddab, 2023a)

#### 4.1.2.2. Slovakya

Slovakya'daki ilk sayısal radyo yayın teknolojisi, ulusal kamu yayıncısı Slovakya Radyo ve Televizyonu'nun (RTVS) DAB+'yı başlattığı 2005 yılında tanıtıldı. DAB+

teknolojisi, başkent Bratislava ve çevresini kapsıyordu ve analog FM radyoya kıyasla daha iyi ses kalitesi ve daha çeşitli programlama sağlamayı amaçlıyordu. DAB+, 2007-2010 yılları arasında Košice, Banská Bystrica ve Prešov da dahil olmak üzere ülke genelindeki diğer şehirlere genişlemiştir. 2011-2015 yılları arasında özel radyo istasyonları sayısal yayına geçmeye başlamış olup, DAB+'nın kapsama alanı 2015 yılı sonunda nüfusun çoğuna ulaşarak büyümeye devam etmiştir.

Slovakya'da DAB+ yayını, 15 Aralık 2015 tarihinde başkent Bratislava'da deneme olarak başladı. Bu deneme, Slovakya'nın en büyük yayın ağı operatörü olan Towercom şirketi tarafından yürütülmekteydi. 2017'de, Slovakya'da daha da yüksek ses kalitesi ve daha verimli bant genişliği kullanımı sunan ilk DAB+ radyo istasyonu kullanıma sunuldu.

Slovakya'da, yayın sektörünün düzenleyicisi RVR (Rada Pre Vysielanie a Retransmisiu/ Yayın ve Yeniden İletim Konseyi)'dir (*RVR,* 2023). RVR, yayın sektörünün denetlenmesinden, yayın yasalarına ve düzenlemelerine uyulmasını sağlamaktan ve pazarda çeşitliliği ve rekabeti teşvik etmekten sorumlu bağımsız bir düzenleyici kurumdur. RVR, yayıncılar için lisans verilmesi, radyo ve televizyon hizmetleri için frekans tahsisi, yeniden iletim ücretlerinin düzenlenmesi ve içerik standartlarının uygulanması dahil olmak üzere çok çeşitli yetki ve sorumluluklara sahiptir. Konsey ayrıca yayın sektöründe sayısal radyo yayını gibi yeni teknolojilerin ve hizmetlerin geliştirilmesini teşvik etmekten de sorumludur.

Tüm DAB+ vericilerinin hesaplanan kapsama alanının nüfusa oranı %45,7 iken, bölgesel bazda oranı 32.6%'dır. Slovakya'da, 1 yerel ve 1 bölgesel olmak üzere 2 adet çoklayıcı bulunmaktadır. Bölgesel çoklayıcının nüfusa oranı %45,4 iken, yerel çoklayıcının nüfusa oranı %2,7'dir. Aynı şekilde yerel çoklayıcının nüfusa oranı %31,7 iken, yerel mültipleksin nüfusa oranı %2,4'tür.

**Tablo 15.** *2022 yılı itibariyle Slovakya'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | TOPLAM |
| - | - | - | 20 | 6 | 26 | 26 |

(Worlddab, 2023a)

#### 4.1.2.3. Belarus

DAB+, Belarus'ta ilk olarak 2013 yılında, ülkenin başkent Minsk'te sayısal radyo sinyalleri yayınlamaya başlamasıyla tanıtıldı. DAB+'nın deneme yayınları, 7 - 20 Nisan 2019 tarihleri arasında Minsk'te yapılmış olup pilot bölgede başlatılmıştır. 16 radyo istasyonundan oluşan çoklayıcı, çeşitli programlar ve farklı ses kodlama bit hızları ile test edilmesi planlanmıştır. 2020'de Belarus hükümeti, DAB+ kapsamını ülkenin daha fazla bölgesini kapsayacak şekilde genişletme planlarını duyurmuştur. Bu planın bir parçası olarak, Lida, Novopolotsk ve Polotsk dahil olmak üzere çeşitli yerlere yeni vericiler yerleştirilmiştir. Hükümet ayrıca 2025 yılına kadar ülke nüfusunun en az %50'sine DAB+ kapsama alanı sağlama hedefi koymuştur. Eylül 2021 itibarıyla, Belarus'ta hem ulusal hem de yerel yayıncılar dahil olmak üzere birkaç radyo yayını DAB+ üzerinde mevcut durumdadır.

Belarus'ta bir DAB+ çoklayıcı mevcuttur. Bu çoklayıcı, devlete ait BTRC (Belteleradio Company/Belarus Cumhuriyeti Ulusal Devlet Televizyon ve Radyo Şirketi) tarafından işletilmekte olup ve Minsk, Brest, Gomel, Grodno, Mogilev ve Vitebsk dahil olmak üzere ülkenin çeşitli şehirlerini kapsamaktadır. Bu çoklayıcı, hem ulusal hem de yerel radyo istasyonlarını taşımaktadır ve gelecekte daha fazla istasyon ekleme planları mevcuttur. Buna ek olarak, her biri ortalama 18 radyo istasyonuna sahip üç çoklayıcı planlanmaktadır.

Giprosvjaz, Tract ve Tract Media şirketleri, sayısal radyonun piyasaya sürülmesi ve test edilmesi sürecinde aktif rol almaktadır. Sayısal yayın için bir test bölgesinin resmi olarak başlatılmasına adanan 26. Uluslararası Bilgi ve İletişim Teknolojileri Forumu TIBO-2019'da (8-12 Nisan), söz konusu şirketler sayısal DAB+ yayın radyo stüdyosunun mevcut yeteneklerini ve teknolojilerini göstermiştir.

Belarus'ta yayın ve telekomünikasyon düzenleyicisi, İletişim ve Bilişim Bakanlığı'dır. Bakanlık, radyo ve televizyon istasyonlarının lisanslanması ve radyo frekansı spektrumunun yönetimi de dahil olmak üzere, ülkenin yayın ve telekomünikasyon sektörlerini denetlemekten ve düzenlemekten sorumludur. Bakanlık ayrıca DAB+ gibi sayısal yayın teknolojilerinin konuşlandırılması da dahil olmak üzere Belarus'ta bilgi ve iletişim teknolojilerinin (ICT) gelişimini desteklemek için çalışmaktadır.

#### 4.1.2.4. Estonya

DAB+, Estonya'da 1998 yılında tanıtıldı. Estonya'daki ilk DAB+ yayınları Estonya Kamu Yayıncılığı Şirketi (ERR) tarafından deneysel olarak işe başlatıldı. 2004 yılında Estonya hükümeti ticari DAB+ yayıncılarına lisans vermeye başlamış olup ilk ticari DAB+ hizmetleri 2007'de başlatılmıştır. Estonya'da şuan DAB+'nın nüfusa oranla kapsama alanı yaklaşık %50 civarında iken bölgesel anlamda kapsama alanı yalnızca %30 ile sınırlıdır.

Estonya'da çalışan bir adet DAB+ çoklayıcısı bulunmaktadır. Estonyalı sayısal yayın şirketi Levira tarafından işletilen çoklayıcı, ERR'nin Vikerraadio, Klassikaraadio ve Raadio 4 dahil olmak üzere birçok ticari ve halka açık radyo istasyonunun yanı sıra birkaç ticari istasyon taşımaktadır.

Eylül 2021 itibarıyla Estonya'da satılan birçok yeni araba, standart veya isteğe bağlı donanım olarak DAB+ radyolarla donatılmıştır. Bu, özellikle büyük otomobil üreticilerinin üst düzey modelleri için geçerlidir. Bununla birlikte, Estonya'daki otomobillerde DAB+'nın benimsenmesi, ülkede pek çok eski arabanın DAB+ radyosunun olmaması gerçeğiyle bir şekilde sınırlanmak zorunda kalmıştır. Ek olarak, Estonya'da DAB+ kapsama alanının mevcudiyeti, hizmetler öncelikle Tallinn'de ve diğer birkaç alanda mevcut olduğundan, bir şekilde sınırlı kalmıştır.

Estonya'da yayın ve elektronik iletişimin denetlenmesinden sorumlu düzenleyici kurum, TJA(Tehnilise Järelevalve Amet/Estonya Teknik Gözetim Kurumu)'dır. Radyo ve televizyon yayın lisansları vermek, yayın yönetmeliklerine uygunluğu izlemek ve radyo frekanslarının tahsisini yönetmek TJA'nın sorumlulukları arasındadır. TJA, DAB+ ve diğer sayısal radyo teknolojileri dahil olmak üzere Estonya'da sayısal yayıncılık uygulamasının denetlenmesinden de sorumludur.

**Tablo 16.** *2022 yılı itibariyle Estonya'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | TOPLAM |
| - | - | - | 10 | - | 10 | 10 |

(Worlddab, 2023a)

#### 4.1.2.5. İrlanda

Sayısal Radyo yayını, İrlanda'da 2006 yılında Dublin'de bir deneme hizmetinin başlatılmasıyla tanıtılmıştır. Deneme başarılı olmuş ve 2008'de Dublin, Cork, Limerick ve Kuzeydoğu'yu kapsayan dört çoklayıcı ile kalıcı bir ulusal DAB hizmeti başlatılmıtır. Bununla birlikte, İrlanda'da DAB'ın alımı yavaş olduğundan 2019 yılında hükümet, çevrimiçi akış ve diğer sayısal teknolojilerin büyümesi nedeniyle DAB'ın genişletilmesini finanse etmeyeceğini duyurmuştur. Sonuç olarak, DAB'ın yakın gelecekte İrlanda'da geniş çapta kullanılabilir hale gelmesi olası değildir.

RTE (Raidió Teilifís Éireann), İrlanda'nın ulusal kamu yayıncısıdır. Radyo, televizyon ve çevrimiçi içerik dahil olmak üzere bir dizi hizmet sunar ve İrlanda hükümeti tarafından finanse edilir. RTE, RTE One, RTE Two ve RTE News Now dahil olmak üzere çeşitli televizyon kanallarının yanı sıra RTE Radio 1, RTE 2fm ve RTE Lyric FM gibi bir dizi radyo istasyonunu işletmektedir. Programında haberler, güncel olaylar, spor, eğlence ve eğitim içeriği bulunur ve İrlanda'daki ana haber ve bilgi kaynaklarından biridir.

Mart 2021'e kadar ulusal kamu yayıncısı RTÉ, ana şehirlerdeki nüfusun %52'sini kapsayan beş verici ağında tam hizmetli bir Çoklayıcı işletiyordu. 31 Mart 2021'de RTÉ, DAB yayınlarını DAB'ın İrlanda'da en az kullanılan platform olması; RTÉ'nin DAB sistemindeki tek İrlandalı yayıncı olması ve maliyetten kaçınma bu sebeplerden ötürü kapatmıştır.

FreeDAB, karasal sayısal radyo yayın teknolojisinin kullanımını teşvik etmeyi ve desteklemeyi amaçlayan kar amacı gütmeyen bir kuruluştur. FreeDAB, bireylere, yayıncılara ve üreticilere DAB hakkında kaynaklar ve bilgiler sağlar. Özellikle yaygın olarak benimsenmediği ülkelerde, DAB hizmetlerinin kullanılabilirliğini ve erişilebilirliğini

artırmaya odaklanmıştır. FreeDAB ayrıca DAB için açık kaynaklı yazılım geliştirme sürecine de dahil olur ve DAB ürünlerinin herkes tarafından karşılanabilir ve erişilebilir olmasını sağlamak için üreticilerle birlikte çalışır. Kuruluş Birleşik Krallık'ta yerleşiktir, ancak küresel bir erişime sahiptir ve dünya genelindeki ortaklarla çalışır(*FreeDAB - Ireland's Digital Radio*, 2023).

2019 yılında İngiltere'nin Wolverhampton şehrinde kurulan Gorgeous Radio, İrlanda'da DAB+ kullanarak lanse edilmiştir. Hizmet, Cumhuriyet'teki bazı büyük şehirlerde duyulan FreeDAB dizisinin bir parçasıdır. FreeDAB, şu anda bir DAB çoklayıcısında yer sunan tek hizmettir ve Dublin'deki ABC, Fusion Radio, Shine, Release DAB, Angel Vintage, Kream DAB, Juice ve Fire Radio gibi bir dizi istasyonu taşımaktadır.

#### 4.1.2.6. Lüksemburg

1998'de Lüksemburg, ulusal bir DAB radyo ağı başlatan öncü ülkelerden olmuştur. Ağ, Radio Luxembourg tarafından işletilmekte idi. 2006'da Lüksemburg, gelişmiş ses kalitesi ve daha verimli bant genişliği kullanımı sunan daha yeni DAB+ teknolojisini test etmeye başladı. Ülkenin ilk DAB+ yayınları 2018'de başladı ve o zamandan beri DAB+ Lüksemburg'da sayısal radyo standardı haline geldi. Bugün, Lüksemburg'da DAB+ üzerinde RTL Radio Lëtzebuerg, Eldoradio ve DNR (Den Neie Radio) dahil olmak üzere birçok radyo istasyonu bulunmaktadır.

DAB ve DAB+'ya ek olarak Lüksemburg, diğer sayısal radyo teknolojilerini de denenmektedir. Örneğin, 2017'de ülke, geniş bir alanda sayısal radyo kapsama alanı sağlamak için karasal ve uydu iletiminin bir kombinasyonunu kullanan DRM (Digital Radio Mondiale) standardının bir denemesini başlatmıştır ancak DAB+, Lüksemburg'da en yaygın kullanılan sayısal radyo teknolojisi olmaya devam etmektedir.

Lüksemburg'da yayın ve telekomünikasyon için resmi düzenleyici, Institut Luxembourgeois de Régulation (ILR) veya İngilizce Lüksemburg Düzenleme Enstitüsü'dür(*Luxembourg Institute of Regulation*, 2023). ILR, yayın ve telekomünikasyon sektörlerinde rekabeti düzenlemek ve teşvik etmekten sorumludur ve Lüksemburg'da radyo ve televizyon yayın lisanslarının tahsisini denetlemektedir. ILR, DAB ve DAB+ sayısal radyo dahil olmak üzere yeni sayısal teknolojilerin geliştirilmesinde de rol oynamaktadır.

2021 itibariyle, Lüksemburg'da DAB ve DAB+ sayısal radyo kapsama alanı oldukça geniştir. Institut Luxembourgeois de Régulation'a (ILR) göre Lüksemburg'daki DAB ve DAB+ sayısal radyo ağları, nüfusun %99'undan fazlasını kapsıyor. Bu yüksek kapsama

alanı, ülke çapındaki insanların bir DAB veya DAB+ sayısal radyo alıcısı kullanarak çok çeşitli sayısal radyo hizmetlerine erişmesini kolaylaştırır. Ülke, Lüksemburg Şehri, Esch-sur-Alzette ve Dudelange gibi büyük kentsel alanların yanı sıra daha kırsal alanlar da dahil olmak üzere ülkenin büyük bir bölümünde kapsama alanı sağlayan yoğun bir sayısal radyo vericisi ağına sahiptir.

**Tablo 17.** *2019 yılı itibariyle Lüksemburg'da bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | TOPLAM |
| - | - | - | 2 | - | 2 | 2 |

(Worlddab, 2023a)

#### 4.1.2.7. Kuzey Makedonya

Kuzey Makedonya'da Sayısal Radyo yayınının (DAB) tarihi, hükümetin teknolojiyi tanıtma planlarını ilk kez açıkladığı 2011 yılında başladı. Ancak, Ekim 2019'a kadar DAB, toplam 21 radyo istasyonu taşıyan iki çoklayıcı ile ülkede resmi olarak piyasaya sürüldü. Eylül 2021 itibariyle, Kuzey Makedonya'daki DAB kapsamı başkent Üsküp ve çevredeki birkaç bölgeyle sınırlıdır ve başkent Üsküp'teki DAB kapsamı nüfusun yaklaşık %45'ini kapsarken, çevredeki bölgelerde daha düşük kapsama oranları bulunmaktadır.

Eylül 2021 itibariyle Kuzey Makedonya'daki toplam 21 radyo istasyonu taşıyan iki DAB çoklayıcı bulunmaktadır. ONE DAB DOOEL Skopje tarafından işletilen ilk çoklayıcı 11 ulusal ve bölgesel radyo istasyonunu taşırken, Digital Broadcasting DOOEL Skopje tarafından işletilen ikinci çoklayıcı 10 bölgesel ve yerel radyo istasyonunu bulundurmaktadır. Bu DAB hizmetleri başkent Üsküp'te ve çevredeki birkaç bölgede mevcuttur. DAB'ın Kuzey Makedonya'da yavaş benimsenmesi, esasen sınırlı kapsama alanı ve piyasada bulunan nispeten az sayıda DAB alıcısından kaynaklanmaktadır. Ancak hükümet ve yayıncılık sektörü, ülkedeki DAB hizmetlerinin kapsamını ve kullanılabilirliğini genişletmek için çalışmaktadır.

Kuzey Makedonya, sayısal radyo yayıncılığı için Ekim 2019'da başlatılan orijinal DAB standardını kullanmaya devam etmektedir. Şu anda Kuzey Makedonya'da daha yeni DAB+ standardına yükseltme için herhangi bir plan veya duyuru bulunmamaktadır, ancak gelecekte talep olması veya teknolojik gelişmeler nedeniyle gerekli olması halinde bu durum değişebilir. Kuzey Makedonya'da yayın için resmi düzenleyici, Görsel ve İşitsel Medya Hizmetleri Ajansıdır (AAVMS) (*AVMU -DAB*, 2023). AAVMS, hem radyo hem de televizyon da dahil olmak üzere Kuzey Makedonya'daki yayın sektörünü düzenlemek ve denetlemekten sorumlu bağımsız bir düzenleyici kurumdur. Sorumlulukları arasında lisans vermek, yönetmeliklere ve standartlara uygunluğu izlemek ve medyada çeşitliliği ve çoğulculuğu teşvik etmek yer alıyor. AAVMS, 2008 yılında kurulmuştur ve İşitsel ve Görsel-İşitsel Medya Hizmetleri Kanunu'na tabidir.

## 4.2. Karasal Sayısal Radyo Yayıncılığı ve Türkiye

### 4.2.1. DAB'ın Türkiye'deki Gelişimi ve Tarihi

Sayısal Radyo yayını (DAB) birçok ülke tarafından geniş çapta benimsenmiş olsa da Türkiye teknolojiyi henüz benimsememiştir ve analog FM radyoya bağımlı olmaya devam etmektedir. DAB'ın Türkiye'deki tarihi, teknolojinin ilk kez kullanılmaya başlandığı 1990'ların sonu ve 2000'lerin başına kadar izlenebilir. DAB'ın potansiyel faydalarına rağmen, devlet desteği ve yatırım eksikliği nedeniyle teknoloji Türkiye'de fazla ilgi görmemiş olup DAB'a geçişin hükümet tarafından yönlendirildiği diğer ülkelerden farklı bir durum yaratmaktadır.

2000'li yılların başında Türkiye'de birkaç deneysel DAB iletimi gerçekleştirilmiş, ancak bunlar kapsam olarak sınırlı kalmış ve teknolojinin yaygın bir şekilde benimsenmesine yol açmamıştır. Devlet desteği ve yatırımının olmaması, radyo istasyonlarının sınırlı ilgisiyle birleştiğinde, DAB'ın Türkiye'de radyo yayıncılığı için uygun bir seçenek haline gelmediği anlamına gelmektedir.

İlerleyen yıllarda Türkiye'de DAB'ın benimsenmesi konusunda zaman zaman tartışmalar olmuş, ancak bunlar herhangi bir somut eyleme yol açmamıştır. DAB'ın Türkiye'deki geleceği, hükümetin teknolojiyi alıp almama konusunda henüz bir karar vermemesi ve radyo istasyonlarının yeni teknolojiye geçiş konusunda fazla ilgi göstermemesi nedeniyle belirsizliğini korumaktadır.

2017 yılında başlayan deneme DAB+ yayınları şimdilerde Türkiye nüfusunun %30'unu kapsamaktadır.

Türkiye'de şu an 1 tane ulusal çoklayıcı bulunmaktadır ve TRT Radyo tarafından yayın gerçekleştirmektedir. Yayın yapan radyo isimleri şu şekildedir ve tamamı DAB+ üzerinden yayın yapmaktadır: Radyo1, Radyo3, TRT-Arapça, TRT-FM, TRT-HABER, TRT-Nağme, TRT-Türkü, TRT-World. İstanbul Ankara, Bursa ve Kocaeli'nde deneme yayınları aşağıdaki şekilde iletilmektedir.

İletim: Band III - 12B - 225.648MHz - (İstanbul)

İletim: Band III - 12B - 225.648MHz - (Ankara)

İletim: Band III - 12B - 225.648MHz - (Bursa)

İletim: Band III - 12B - 225.648MHz - (Kocaeli)

**Tablo 18.** *2022 yılı itibariyle Türkiye'de bulunan toplam DAB+ radyo istasyonu sayısı*

| **DAB** | | | **DAB+** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Eş zamanlı FM ve DAB | Sadece DAB | Toplam | Eş zamanlı FM ve DAB+ | Sadece DAB+ | Toplam | TOPLAM |
| - | - | - | 8 | 0 | 8 | 8 |

(Worlddab, 2023a)

### 4.2.2. DAB'ın Türkiye'deki Gelişimi ve etkileyen Faktörler

Türkiye'de radyo ve televizyon yayıncılığının resmi düzenleyicisi Radyo ve Televizyon Üst Kurulu'dur (RTÜK). RTÜK, Türkiye'de radyo ve televizyon frekanslarının tarafsız bir şekilde dağıtımını ve kamu yararına kullanılmasını sağlamakla ve radyo ve televizyon yayınlarını denetlemekle yükümlü bağımsız bir kamu kuruluşudur. RTÜK, Sayısal radyo yayıncılığı gibi yeni teknolojilerin benimsenmesi ve uygulanması da dahil olmak üzere, ülkedeki radyo ve televizyon yayıncılığına ilişkin düzenleme ve yönergeleri belirlemekten sorumludur.

DAB teknolojisi, birçok ülke tarafından modern bir radyo yayıncılığı yöntemi olarak benimsenmiştir. Bununla birlikte, ülke DAB'ı henüz geniş çapta benimsemediği veya uygulamadığı ve analog FM radyoya güvenmeye devam ettiği için Türkiye bir istisna

olmaya devam etmektedir. Bu, DAB'ın Türkiye'deki geleceği ve sonunda analog FM'in yerini alıp almayacağı konusunda soruları gündeme getirmektedir.

Devlet desteği ve yatırım eksikliği, Türkiye'deki DAB'ın mevcut durumu için kilit bir faktördür. DAB'a geçişin hükümet tarafından yönlendirildiği diğer ülkelerin aksine, Türkiye teknolojiyi alıp almama konusunda henüz bir karar verememiştir. Bu, DAB altyapısına sınırlı yatırım yapılmasına ve radyo istasyonlarının yeni teknolojiye geçmek için sınırlı ilgi göstermesine neden olmaktadır.

Ancak DAB'ın Türkiye'deki geleceği tamamen belirsiz de değildir. Teknolojinin sonunda benimseneceğini düşündüren birkaç faktör bulunmaktadır. DAB'ın en önemli avantajlarından biri, analog FM'e kıyasla daha iyi ses kalitesi ve daha güvenilir alım sunması olup bu, onu dinleyiciler için çekici bir seçenek haline getirebileceği ve teknolojiye olan talebi artırabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca, sayısal teknolojinin ve internetin gelişmesi radyo yayıncılığı için yeni fırsatlar yaratmıştır. Birçok radyo istasyonu, çevrimiçi yayın hizmetleri sunarak bu fırsatlardan yararlanmaya başlamıştır. Bu eğilimin devam etmesi muhtemel görünmektedir ve sonunda DAB'a geçiş, bu radyo istasyonları için doğal bir ilerleme sağlayabilmektedir.

DAB'ın Türkiye'deki geleceği, hükümet kararları, altyapı yatırımları ve radyo istasyonlarının teknolojiyi benimseme ilgisi gibi çeşitli faktörlere bağlı olacaktır. Bu faktörler uyumlu olursa, DAB Türkiye'de radyo yayıncılığında baskın teknoloji haline gelebilir. Ancak devlet destek vermezse veya radyolar ilgi göstermezse DAB'ın Türkiye'deki geleceği belirsizliğini korumaktadır. Türkiye'de Sayısal Radyo Yayıncılığının (DAB) geleceğini etkileyen faktörler:

- Hükümet kararları: Hükümet, yeni teknolojinin benimsenmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır ve DAB'ı destekleyip desteklememe ve yatırım yapma konusundaki kararları, Türkiye'deki geleceğini büyük ölçüde etkileyecektir.
- Altyapıya yatırım: DAB, vericiler, alıcılar ve yayın ekipmanı dahil olmak üzere önemli bir altyapı yatırımı gerektirir. DAB altyapısına yapılan yatırım düzeyi, kullanılabilirliğini ve halka erişilebilirliğini belirleyecektir.
- Radyo istasyonlarının ilgisi: Radyo istasyonları, radyo içeriğinin birincil sağlayıcıları oldukları için DAB'ın benimsenmesinde önemli bir rol oynayacaktır. Yeni ekipmana yatırım yapma ve teknolojiyi benimseme konusundaki isteklilikleri, başarısında önemli bir faktör olacaktır.

- Tüketici talebi: DAB'ın Türkiye'deki geleceği de tüketicilerden gelen talebe bağlı olacaktır. Tüketiciler, DAB tarafından sunulan gelişmiş ses kalitesini ve daha güvenilir alımı tercih ederse, teknolojiye olan talebi artırabilirler.
- Teknolojik gelişmeler: Teknolojik gelişmeler DAB'ın geleceğini şekillendirmeye devam edecek. Yeni ve geliştirilmiş teknolojinin mevcudiyeti, onu radyo istasyonları ve tüketiciler için daha çekici hale getirerek benimsenmesine yol açabilir.

Bütün bunlarla birlikte DAB'ın ekonomik boyutu Türkiye'deki gelişimini en fazla etkilemektedir. Sayısal Radyo yayını (DAB) teknolojisinin benimsenmesi, önemli ekonomik sonuçları olan önemli bir karardır. DAB'ın uygulanabilirliğini değerlendirirken, altyapıya yapılan yatırım, radyo istasyonları ve tüketiciler için maliyetler, devlet teşvikleri ve pazar rekabeti dahil olmak üzere birkaç temel faktör dikkate alınmalıdır. Altyapıya yatırım, DAB'ın benimsenmesinin kritik bir yönüdür. DAB, güvenilir ve yüksek kaliteli bir hizmet sağlamak için vericilere, alıcılara ve yayın ekipmanına önemli yatırımlar gerektirir. Dağıtımın boyutu ve kapsamı, DAB uygulama maliyetinde rol oynayacak ve bu maliyet, ekonomik olarak uygulanabilirliğinde önemli bir faktör olacaktır. Radyo istasyonları için DAB teknolojisine geçiş, DAB vericileri, alıcıları ve yayın ekipmanı dahil olmak üzere yeni ekipmana önemli bir yatırım gerektirecektir. Bu yatırım ayrıca, radyo istasyonları için DAB'ın ekonomik uygulanabilirliğini değerlendirirken dikkate alınması gereken bakım ve yükseltmeler gibi devam eden maliyetleri de beraberinde getirecektir. Tüketiciler için DAB teknolojisine geçiş, yeni DAB uyumlu alıcıların satın alınmasını gerektirecektir. DAB uyumlu alıcıların maliyeti geleneksel analog FM radyo alıcılarından önemli ölçüde yüksekse, tüketicilerin teknolojiyi benimseme olasılığı daha düşük olabileceğinden, bu alıcıların maliyeti DAB'ın benimsenmesinde önemli bir faktör olacaktır. Hükümet, benimsenmesi için teşvikler sunarak DAB'ın ekonomik uygulanabilirliğinde önemli bir rol oynayabilir. Bu, radyo istasyonları için sübvansiyonları, DAB uyumlu alıcıların üreticilerine yönelik vergi teşviklerini veya DAB altyapısının geliştirilmesi için finansmanı içerebilir. Devlet bu teşvikleri sunarak, DAB'ı benimsemenin maliyetini düşürmeye ve onu ekonomik olarak daha uygun hale getirmeye yardımcı olabilir. Son olarak, piyasa rekabeti, DAB'ın ekonomik uygulanabilirliğini değerlendirirken dikkate alınması gereken bir diğer önemli faktördür. Radyo pazarında yoğun bir rekabet varsa, radyo istasyonları kendilerini farklılaştırmanın ve rakiplerinden sıyrılmanın bir yolu olarak DAB'ı benimseme olasılığı daha yüksek olabilir.

Sonuç olarak, DAB'ın ekonomik uygulanabilirliği, altyapı yatırımı, radyo istasyonları ve tüketiciler için maliyetler, devlet teşvikleri ve pazar rekabeti dahil olmak üzere birkaç temel faktörü içeren karmaşık bir konudur. DAB' ekonomik uygulanabilirliğini belirlemek için, teknolojinin ekonomik olarak uygun ve peşinden gitmeye değer olup olmadığını belirlemek için tüm bu faktörlerin dikkate alınması ve birbirlerine karşı tartılması gerekir.

### 4.2.3. Türkiye Sayısal Radyo Yayını Hakkında Yapılan Düzenlemeler

Türkiye'de sayısal radyo yayını ile ilgili olarak, resmi otoriteler tarafından birçok düzenleme yapılmıştır. Bunlar arasında yayıncıların ve resmi otoritelerin uyması gereken bazı kullar şöyle sıralanabilir:

İçerik denetimi: Türkiye'de sayısal radyo yayını yapan platformlar, yayınladıkları içerikleri denetlemek ve gerektiğinde silmek zorundadır. Bu denetim, yasalara ve yönetmeliklere uygun olmayan içeriklerin yayınlanmasını önlemek amacıyla yapılır.

Kullanıcı gizliliği: Türkiye'de sayısal radyo yayını yapan platformlar, kullanıcılarının gizlilik haklarını korumak zorundadır. Bu haklar arasında, kullanıcıların verilerinin güvenli bir şekilde saklanması ve kullanılması, kullanıcıların verilerine erişimin sınırlandırılması gibi konular bulunur.

Reklam ve pazarlama: Türkiye'de sayısal radyo yayını yapan platformlar, reklam ve pazarlama içeriğini kontrol etmeli ve gerektiğinde sınırlamalar getirmelidir. Bu sınırlamalar, çocuklar ve gençler için uygunsuz reklamları önlemek amacıyla yapılır.

Vergi: Türkiye'de sayısal radyo yayını yapan platformlar, vergi yükümlülüklerini yerine getirmek zorundadır. Bu vergi yükümlülükleri, platformların yarattığı kârların vergilendirilmesi ve platformların yerel ekonomiye katkı sağlaması amacıyla yapılır.

Bu düzenlemelerin amacı, Türkiye'de sayısal radyo yayını yapan platformların yasalara uygun şekilde çalışmasını ve kullanıcıların haklarını koruyabilmelerini sağlamaktır. Bunun sağlanması amacıyla 3/12/2018 tarihinde, 30634 sayılı Resmî Gazete'de "RADYO VE TELEVİZYON ÜST KURULU KARASAL YAYIN LİSANSI VE SIRALAMA İHALESİ USUL VE ESASLARI HAKKINDA YÖNETMELİKTE DEĞİŞİKLİK YAPILMASINA DAİR YÖNETMELİK" isimli yönetmelik yayımlanmıştır ("Radyo Ve Televizyon Üst Kurulu Karasal Yayın Lisansı Ve Sıralama İhalesi Usul Ve Esasları Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik," 2021). Bu yönetmelikte

yayın lisansı, teknik şartlar, frekans ve mültipleks kullanım ücretleri gibi Sayısal radyo yayını ile alakalı birçok bilgi yer almaktadır.

Daha sona 18/05/2021 yılında 31485 sayılı bir yönetmelik yayımlanarak ilk yayımlanan yönetmelik üzerinde bazı değişiklikler gerçekleştirilmiştir.

# BÖLÜM 5

# SONUÇ VE ÖNERİLER

## Sonuçlar

Sayısal radyo yayını (DAB) teknolojisi, radyo dinleyicileri için yeni bir dinleme deneyimi düzeyi sağlayarak Avrupa çapında yaygın bir şekilde benimsenmiştir. Üstün ses kalitesi, daha geniş programlama seçenekleri ve frekans spektrumunun verimli kullanımı ile DAB teknolojisi, radyo yayıncılığı endüstrisinin modernleşmesine ve sayısal çağda rekabetçi kalmasına yardımcı olmuştur. Avrupa, birçok ülkenin DAB teknolojisini aşamalı bir şekilde uygulaması ve analog radyo yayıncılığından uzaklaşmasıyla sayısal radyo devriminin ön saflarında yer almıştır. Bu, devlet desteği, araştırma ve geliştirmeye yapılan yatırım ve radyo yayıncılığı endüstrisi, üreticiler ve tedarikçiler arasındaki kamu-özel sektör ortaklıkları ile kolaylaştırılmıştır. DAB teknolojisinin Avrupa'da başarılı bir şekilde uygulanmasının bir sonucu olarak, radyo dinleyicileri artık yerel ve ulusal istasyonların yanı sıra yalnızca sayısal istasyonlar da dahil olmak üzere daha geniş bir yelpazede programlama seçeneklerine erişebilmektedir. DAB radyonun analog radyoya kıyasla üstün ses kalitesi, daha geniş programlama seçenekleri ve frekans spektrumunun daha verimli kullanımı radyo dinleyicilerinin genel dinleme deneyimini geliştirmeye de yardımcı olmuştur.

Avrupa’da birçok ülke tamamen DAB teknolojisine geçiş yapmış bulunmaktadır. Bu ülkelerde servis kapsama alanı çok yaygın olsa da aslında evlerdeki kullanımı henüz çok yaygın gözükmemektedir. Ayrıca Avrupa’da otoyollarda da geniş bir DAB ağı bulunmaktadır ve üretilen birçok araba için Avrupa ülkeleri DAB ile uyumlu olmasını zorunlu hale getirmiştir. Bütün bunlarla beraber yaygın olmayan ülkeler de mevcuttur. Bu ülkelerde de temel sorun DAB teknolojisinin başlangıç maliyetidir.

Sayısal ses yayıncılığı (DAB) teknolojisi, Türkiye'deki radyo yayıncılığı sektörünü de dönüştürme ve tüketicilere yeni bir dinleme deneyimi sunma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, DAB teknolojisinin benimsenmesi, radyo yayıncılığı endüstrisini modernleştirmeye ve sayısal çağda ilgili ve rekabetçi kalmasına yardımcı olabilir. Türkiye’de DAB henüz çok yaygın değildir ve yaygınlaşması da uzun zaman alacak gibi görünmektedir. Ayrıca Türkiye’de FM radyo yayınlarının sayısı ve çeşitliliği oldukça yüksektir ve FM radyo yayıncı sayısı sürekli artmaktadır. Bunun başlıca sebepleri arasında DAB’ın yatırım maliyetleri, hükümet kararları ve teknik alt yapı olarak gösterilebilir. Bir başka deyişle DAB

teknolojisinin Türkiye'de başarılı bir şekilde uygulanması, hükümet, radyo yayıncılığı endüstrisi, üreticiler ve tedarikçiler ve tüketiciler dahil olmak üzere çeşitli paydaşların ortak çabasını gerektirmektedir ve yakın zamanda çok mümkün gibi görünmemektedir.

## Öneriler

Türkiye'de, hükümet DAB teknolojisine geçiş için mali ve düzenleyici destek sağlayarak hayati bir rol oynayabilir. Radyo yayıncılığı endüstrisi, DAB teknolojisini Türkiye'de ortaklaşa geliştirmek ve tanıtmak için üreticiler ve tedarikçilerle yakın bir şekilde çalışabilir ve aynı zamanda tüketiciler arasında farkındalığı artırmak için halkı bilgilendirme kampanyalarına da katılabilir. Yayıncıların DAB teknolojisini anlamasına ve uygulamasına yardımcı olmak için teknik destek sağlanmalıdır ve araştırma ve geliştirmeye yapılan yatırım, DAB teknolojisinin yeteneklerinin sürekli olarak iyileştirilmesini sağlayabilir.

Aşağıdaki tavsiyeleri uygulayarak, Türkiye'deki ve Avrupa'daki radyo yayıncılığı endüstrisi, radyo dinleyicileri için üstün bir dinleme deneyimi sağlayarak ve endüstrinin modernleşmesine ve güçlendirilmesine yardımcı olarak sayısal radyo devriminde öncülük etmeye devam edebilir.

DAB Benimsenmesini Teşvik Etmek: Hükümet, analogdan sayısal radyo yayıncılığına geçiş için mali ve düzenleyici destek (vergi indirimleri ve sübvansiyonlar gibi mali teşvikler) sağlayarak DAB teknolojisinin benimsenmesini teşvik etmeye devam etmelidir. Bu, DAB teknolojisinin ülke genelinde başarılı bir şekilde kullanıma sunulmasını sağlamaya yardımcı olacaktır.

Endüstri Standardizasyonu: Radyo yayıncılığı endüstrisi, farklı ülkeler ve ekipman arasında uyumluluk, farklı yayıncılar ve cihazlar arasında uyumluluk ve birlikte çalışabilirliği sağlamak için DAB teknolojisini Avrupa ve Türkiye genelinde standartlaştırmaya yönelik çalışmalıdır. Bu, radyo dinleyicileri için kesintisiz ve tutarlı bir dinleme deneyimi sağlamaya yardımcı olacak ve DAB teknolojisinin yaygın başarısını artıracaktır.

Tüketici Eğitimi: Hükümet ve radyo yayıncılığı endüstrisi, halkı DAB teknolojisinin yararları ve buna nasıl erişilip kullanılacağı konusunda eğitmek için halkı bilgilendirme kampanyalarına katılmalıdır. Bu, DAB teknolojisinin benimsenmesini artırmaya ve yaygın başarısını sağlamaya yardımcı olacaktır.

Teknik Yardım: Yayıncıların DAB teknolojisini anlamalarına ve uygulamalarına yardımcı olmak için teknik destek ve eğitim programları sağlanmalıdır. Bu, DAB'a sorunsuz

geçişi sağlamak için sürekli desteğin yanı sıra ekipman kurulumu ve işletimi ile ilgili yardımı içerebilir.

Araştırma ve Geliştirme: DAB teknolojisinin yeteneklerini sürekli iyileştirmek için araştırma ve geliştirmeye yatırım yapılmalıdır. Bu, yeni DAB tabanlı hizmetlerin ve uygulamaların geliştirilmesinin yanı sıra dinleyicilere yüksek kaliteli radyo içeriği sunmanın yenilikçi yollarının keşfedilmesini içerebilir.

Kamu-Özel Ortaklığı: Radyo yayıncılığı endüstrisi, üreticiler ve tedarikçiler, Avrupa'da DAB teknolojisini ortaklaşa geliştirmek ve teşvik etmek için kamu-özel sektör ortaklıkları oluşturmalıdır. Bu, gerekli ekipman ve altyapının hazır olmasını ve DAB'a geçişin sorunsuz olmasını sağlamaya yardımcı olacaktır.

Sayısal Geçiş Planı: Türkiye'de Analog radyo yayınından sayısal radyo yayınına sorunsuz bir geçiş sağlamak için kapsamlı bir sayısal geçiş planı geliştirilmelidir.

DAB/DAB+ Geçiş Yol Haritası aşağıdaki şekilde planlanabilir.

1. Planlama ve Hazırlık Aşaması

a. Kapsamlı Bir Çalışma ve Analiz: İlk adım, Türkiye'deki mevcut FM radyo yayınlarının tam bir değerlendirmesini içermelidir. Yayıncı sayısı, yayın kapsama alanı, frekans kullanımı ve dinleyici istekleri gibi faktörler göz önüne alınmalıdır. Ayrıca, DAB/DAB+ teknolojisinin altyapısının oluşturulması için gereken maliyetler de hesaplanmalıdır.

b. Kamu-Özel İş birliği: Devlet, radyo yayıncıları, üreticiler ve teknoloji sağlayıcıları arasında bir işbirliği platformu oluşturmalıdır. Bu platform, iletişim ve koordinasyonu kolaylaştırmak için düzenli toplantılar ve iletişim kanalları sağlar.

2. Altyapı ve Teknoloji Hazırlığı

a. DAB/DAB+ Altyapısının Kurulması: DAB/DAB+ altyapısının Türkiye genelinde oluşturulması gerekmektedir. Bu, verici kulelerin inşası, yayın ekipmanlarının temini ve teknik testlerin yapılmasını içerir.

b. Teknoloji Uyumluluğu: Yayıncılar, mevcut radyo alıcılarının DAB/DAB+ teknolojisine uyumlu hale getirilmesine yardımcı olmalıdır. Yeni üretilen radyo cihazları DAB/DAB+ ile uyumlu olmalıdır.

3. Yayın Geçişi Süreci

a. Aşamalı Geçiş: FM radyo yayınlarının kademeli olarak DAB/DAB+ teknolojisine dönüştürülmesi planlanmalıdır. Bu, mevcut FM yayınlarının kesintisiz bir şekilde devam etmesini sağlayacaktır.

b. Pilot Proje: İlk etapta, belirli bölgelerde DAB/DAB+ pilot projeleri başlatılmalıdır. Bu pilot projeler, teknolojinin etkisini ve kullanılabilirliğini test etmek için kullanılır.

4. DAB/DAB+ Bilinirliği ve Eğitim

a. Halk Bilinçlendirme: Kamu bilinçlendirme kampanyaları düzenlenmelidir. Halka DAB/DAB+ teknolojisinin avantajları ve kullanımı hakkında bilgi verilmelidir.

b. Teknik Destek ve Eğitim: Yayıncılar ve teknik ekipler, DAB/DAB+ teknolojisinin anlaşılması ve uygulanması konusunda eğitilmelidir. Teknik destek sağlanmalıdır.

5. Yayın Yoluyla Geçişin Tamamlanması

a. Tam Geçiş: FM radyo yayınlarının DAB/DAB+ yayınlara dönüştürülmesi tamamlanmalıdır. Bu, yayıncılar ve dinleyiciler arasında bir geçişin başarıyla tamamlandığını işaret eder.

b. Dijital Hizmetler: DAB/DAB+ teknolojisiyle birlikte sunulan ek dijital hizmetler (örneğin metin bilgileri, sanatçı bilgileri) tanıtılmalıdır.

6. İzleme ve İyileştirme

a. Performans Değerlendirmesi: Geçiş tamamlandıktan sonra DAB/DAB+ yayınların performansı düzenli olarak değerlendirilmelidir. Ses kalitesi, kapsama alanı ve dinleyici memnuniyeti gibi faktörler izlenmelidir.

b. Geliştirme: DAB/DAB+ teknolojisi ve hizmetleri sürekli olarak geliştirilmelidir. Yenilikçi içerikler ve hizmetler sunulmalıdır.

## KAYNAKLAR


Akçakaya, A. (2020). Dünden Yarına Türkiye Radyoları. *TRT Akademi*, *5*(9).

ARCOM. (2023). *Audiovisual and digital communication regulatory authority*. https://www.rirm.org/les-instances-membres-du-rirm/arcom/

*AVMU -DAB.* (2023). Agency for Audio and Audiovisual Media Services. https://www.rirm.org/en/avmu-agency-for-audio-and-audiovisual-media-services-2/

Aziz, A. (1981). *Radyo ve televizyona giriş*. *480*.

Aziz, A. (2013). *Televizyon ve Radyo Yayıncılığı (Giriş)*. Hiperlink eğit. ilet. yay. san. tic. ve ltd. sti..

Barboutis, C. (1997). Digital Audio Broadcasting: The tangled webs of technological welfare. *Media, Culture and Society*, *19*(4), 687–690.

Beutler, R. (2008). *Digital Terrestrial Broadcasting Networks*.

Beutler, R. (2012a). *The digital dividend of terrestrial broadcasting*. Springer Science & Business Media.

Beutler, R. (2012b). *The Digital Dividend of Terrestrial Broadcasting*.

Beutler, R. (2017). *Evolution of broadcast content distribution*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45973-8

*Bundesnetzagentur - Broadcasting*. (2023). https://www.bundesnetzagentur.de/EN/Areas/Telecommunications/Companies/FrequencyManagement/Broadcasting/start.html

*CSA-My DAB+ radio*. (2023). https://www.csa.fr/Ma-radio-DAB-Plus

*Czech Telecommunication Office | Český telekomunikační úřad*. (2023). https://www.ctu.eu/

*DAB Frequency plan | BIPT*. (2023). https://www.bipt.be/operators/frequency-plan

*Digital sound broadcasting (DAB+) - AGCOM*. (2023). https://www.agcom.it/radiodiffusione-sonora-digitale-pnaf-dab-

Dumiak, M. (2006). Europe Dithers Over Digital Radio: Is the continent's digital AM and shortwave system stillborn or still to be born? *IEEE Spectrum*, *43*(10), 20. https://doi.org/10.1109/MSPEC.2006.1705770

*Dutch Authority for Digital Infrastructure | (RDI)*. (2023). https://www.rdi.nl/radiocommunications-agency

Falkowski-Gilski, P. (2021). Digital transformation of terrestrial radio: An analysis of simulcasted broadcasts in fm and dab+ for a smart and successful switchover. *Applied Sciences (Switzerland)*, *11*(23). https://doi.org/10.3390/app112311114

Fischer, J., & Van Ginkel, D. J. (2017). *U.S. Patent No. 9,606,859.* (Patent No. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.). Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Fischer, W. (2010). *Digital Video and Audio Broadcasting Technology*. https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results

Fischer, W. (2020). *Digital Video and Audio Broadcasting Technology* (4th ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-76358-1

*FreeDAB - Ireland's Digital radio*. (2023). https://freedab.ie/

Frost, G. L. (2010). *Early FM Radio: Incremental Technology in Twentieth-Century America - Google Kitaplar*. JHU Press. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=S4etU5b7DZIC&oi=fnd&pg=PP9&dq=fm+radio+history&ots=MYedBYIVp8&sig=KJHnVjDuO7uhXop8p_TebGj6FVg&redir_esc=y#v=onepage&q=fm radio history&f=false

Garratt, G. R. M. (1994). *The Early History of Radio: From Faraday to Marconi*. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=vd90yIE2Ya8C&oi=fnd&pg=PP10&dq=history+of+radio+&ots=LmnW_Q6P-1&sig=LnA_4Wy2IbMV_XoiMggyvaxS44M&redir_esc=y#v=onepage&q=history of radio&f=false

Gazi, A., Starkey, G., & Jedrzejewski, S. (2011). *Radio Content in the Digital Age: The Evolution of a Sound Medium*. Intellect Books. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=Op7LmUGkxsoC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Radio+content+in+the+digital+age:+The+evolution+of+a+sound+medium&ots=hkMotED3wk&sig=_eH21_TB772aQBSkhuDI000TbFw&redir_esc=y#v=onepage&q=Radio content in the digital age%3A The e

Gilski, P. (2017). DAB vs DAB+ Radio Broadcasting: A Subjective Comparative Study. *Archives of Acoustics*, *42*(4), 715–723. https://doi.org/10.1515/aoa-2017-0074

Gilski, P., & Stefański, J. (2017). Subjective and Objective Comparative Study of DAB+ Broadcast System. *Archives of Acoustics*, *42*(1), 3–11. https://doi.org/10.1515/aoa-2017-0001

Hofmann, F., Hansen, C., & Schäfer, W. (2003). Digital radio mondiale (DRM) digital sound broadcasting in the AM bands. *IEEE Transactions on Broadcasting*, *49*(3), 319–328. https://doi.org/10.1109/TBC.2003.818718

ITU-R. (2015). *Technical basis for planning of terrestrial digital sound broadcasting in the VHF band BS Series*.

ITU-R. (2022). *Measuring techniques for digital audio broadcast coverage performance BS Series*. *0*.

ITU. (2022). *Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the frequency range 30-3000 MHz BS Series*.

Jakšić, B., Todorović, J., Maksimović, V., Spalević, P., & Ivković, R. (2019). Terrestrial Digital Radio Services in Europe. *In Sinteza 2019-International Scientific Conference on Information Technology and Data Related Research*, 498–504. https://doi.org/10.15308/sinteza-2019-498-504

*JATO DYNAMICS*. (2022).

Kılıç, N. (2020). Tematik radyo yayıncılığı. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *23*, 281–302. https://dergipark.org.tr/en/pub/igdirsosbilder/issue/66830/1045192

Kıyık Kıcır, G., & Tonus, H. Z. (2020). Türkiye'de Radyo Yayıncılığının Yeni Kurumsal Kuram Bağlamında Değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *20*(1), 191–208.

Kozamernik, F. (1995). Digital audio broadcasting - radio now and for the future. *EBU Technical Review*, *265*, 2–27.

Kuruoğlu, H. (2008). Dünden BugüneTürkiye'De Radyo Yayinciliği. *Ege Üniversitesi İletişim Fakültesi Yeni Düşünceler*, *6*(3), 251–270. https://dergipark.org.tr/tr/pub/euifydhed/issue/45354/568125

Kuyucu, M. (2019). Digital Audio Broadcasting (DAB) as a tool of future radio. In *Research & Reviews in Social , Human and Administrative Sciences* (pp. 23–36).

*Luxembourg Institute of Regulation*. (2023). https://web.ilr.lu/FR/Professionnels/Frequences-radioelectriques/Radiodiffusion

Maddocks, M. C. D., Pullen, I. R., & Green, J. A. (1994). Field trials with a high – power VHF single frequency network for DAB Measurement techniques and network performance. *EBU Technical Review*, 36–55.

*Malta Broadcasting Authority*. (2023). https://ba.org.mt/en/0120-audienceassessmentnovember

*Medietilsynet | The Norwegian Media Authority*. (2023). https://www.medietilsynet.no/skjemaer/kringkasting/soke-dab-konsesjon/

Mizuochi, T. (2006). Recent progress in forward error correction and its interplay with transmission impairments. *IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics*, *12*(4), 544–554. https://doi.org/10.1109/JSTQE.2006.876597

Narasimhamurthy, A. B., Banavar, M. K., & Tepedelenlioglu, C. (2010). *OFDM systems for wireless communications*. San Rafael, Calif.: Morgan & Claypool Publishers. https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results

O'Leary, S. (2006). *Understanding Digital Terrestrial Broadcasting*. Norwood: Artech House. https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results

O'Neill, B. (2009). DAB Eureka-147: A European vision for digital radio. *New Media and Society*, *11*(1–2), 261–278. https://doi.org/10.1177/1461444808099578

*OFCOM-Switzerland*. (2023). https://www.bakom.admin.ch/bakom/en/home.html

*Ofcom-UK-DAB*. (2023). https://www.ofcom.org.uk/tv-radio-and-on-demand/information-for-industry/radio-broadcasters/coverage/dab-coverage-plans

*Post-och Telestyrelsen | DAB*. (2023). https://www.pts.se/sv/Lattlast/Post--och-telestyrelsen/

Radyo Ve Televizyon Üst Kurulu Karasal Yayın Lisansı Ve Sıralama İhalesi Usul Ve Esasları Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. (2021). *Resmî Gazete, 31485*.

Rathore, P. S. (2015). Digital Radio Mondiale: The Global Digital Radio. *International Journal of Advanced in Engineering and Technology*, *8*(1), 2116–2122.

Rudin, R. (2006). The development of DAB digital radio in the UK: The battle for control of a new technology in an old medium. *Convergence*, *12*(2), 163–178. https://doi.org/10.1177/1354856506066115

*RVR*. (2023). https://en.rvr.sk/

Shibata, T. (1993). Sony's successful strategy for compact discs. *Long Range Planning*, *26*(4), 16–21. https://doi.org/10.1016/0024-6301(93)90053-I

Staniec, K. (2021). Analysis of the single frequency network gain in digital audio broadcasting networks†. *Sensors (Switzerland)*, *21*(2), 1–15. https://doi.org/10.3390/s21020569

Stoll, G. (1995). MPEG audio layer II: A generic coding standard for two and multichannel sound for DVB, DAB and computer multimedia. *IEE Conference Publication*, *413*, 136–144. https://doi.org/10.1049/CP:19950942

Styrelsen, K. (2014). *Hoeringsnotat_vedr_DAB-blok* (p. 3).

Ulovec, K., & Smutny, M. (2018). Perceived audio quality analysis in digital audio broadcasting plus system based on PEAQ. *Radioengineering*, *27*(1), 342–352. https://doi.org/10.13164/re.2018.0342

Varlamov, O., Varlamov, V., & Dolgopyatova, A. (2019). Digital radio broadcasting network in the arctic region. *Conference of Open Innovation Association, FRUCT*, 457–462. https://doi.org/10.23919/FRUCT.2019.8711933

Wang, G., Zhang, H., Lu, M., Zhang, C., Jiang, T., & Guo, G. (2014). Low-cost low-power ASIC solution for both DAB+ and DAB audio decoding. *IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems*, *22*(4), 913–921. https://doi.org/10.1109/TVLSI.2013.2253812

Worlddab. (2023a). *DAB DIGITAL RADIO-WORLDWIDE* (Issue January).

*Worlddab*. (2023b). https://www.worlddab.org/countries

Yuan, Z., & Zhao, X. (2012). Introduction of forward error correction and its application. *2012 2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks, CECNet 2012 - Proceedings*, 3288–3291. https://doi.org/10.1109/CECNet.2012.6201904

# ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Hilal GÜNGÖR

E-Posta Adresi :hilalgungor@rtuk.gov.tr

İş Deneyimi :

| Unvan | Görev Yeri | Yıl |
|---|---|---|
| Ar-Ge Mühendisi | EMGE OSTİM/ANKARA | 2017 |
| Üst Kurul Uzman Yardımcısı | RADYO VE TELEVİZYON ÜST KURULU | 2019 |

Akademik Bilgiler

Öğrenim Durumu :Lisans

| Derece | Bölüm/Program | Üniversite | Yıl |
|---|---|---|---|
| 2.46 | Elektrik Elektronik Müh. | Dumlupınar Üniversitesi | 2010-2015 |

RTÜK