

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

SAMSUN İLİ TELEVİZYON BEYAZ BOŞLUKLARININ
ÖLÇÜLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ



YÜKSEK LİSANS TEZİ
ZAFER EMRE ALBAYRAK

Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

OCAK 2016

SAMSUN



T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ELEKTRİK –ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SAMSUN İLİ TELEVİZYON BEYAZ BOŞLUKLARININ
ÖLÇÜLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ZAFER EMRE ALBAYRAK
11210373**

Tezin Savuma Tarihi : 21 Ocak 2016

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Çetin KURNAZ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında
Zafer Emre ALBAYRAK Tarafından Hazırlanan

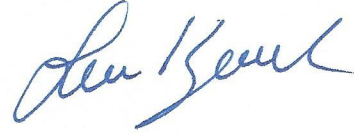
SAMSUN İLİ TELEVİZYON BEYAZ BOŞLUKLARIN
ÖLÇÜLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından 21/01/2016 tarihinde yapılan sınav ile
YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Çetin KURNAZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi



Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Serap KARAGÖL
Ondokuz Mayıs Üniversitesi



Yrd. Doç. Dr. Canan ORAL
Amasya Üniversitesi



.../.../2016

Prof. Dr. Hüseyin DEMİR

Enstitü Müdürü



Hayatımdaki en kıymetli insan anneme ,



ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında şahsıma katkılarından dolayı başta yüksek lisans sürecinde tanıdığım danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Çetin KURNAZ olmak üzere, babam Ömer ALBAYRAK, annem Nilgün ALBAYRAK, ablam Elif ALBAYRAK KOCABAŞ, nişanlım Duygu DİNÇER, dostum Gökhan SÖNMEZ, hocam Yrd.Doç.Dr. Begüm KORUNUR ve TRT Samsun Temsilciliğinden Müh. Hasan AYDIN'a ve ekibine teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2016

Zafer Emre ALBAYRAK
Elektrik- Elektronik Mühendisi





İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	VII
İÇİNDEKİLER	IX
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	XI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XIII
KISALTMALAR	XV
SAMSUN İLİ TELEVİZYON BEYAZ BOŞLUKLARININ ÖLÇÜLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	XVII
ÖZET.....	XVII
MEASURING AND EVALUATING THE TELEVISION WHITE SPACES IN SAMSUN	XIX
ABSTRACT	XIX
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Elektromanyetik Spektrum	3
2.1.1 Elektromanyetik dalga	4
2.1.2 Elektromanyetik radyo dalgalarının yapısı.....	5
2.1.3 Radyo sinyal iletimi	7
2.1.4 Radyo sinyalinin modülasyonu.....	9
2.1.4 Genlik modülasyonu	9
2.1.4 Frekans modülasyonu	10
2.2 Bilişsel Radyo	11
2.2.1 Bilişsel radyo yapısı.....	11
2.2.2 Yazılım tabanlı radyo	12
2.2.3 Bilişsel radyo çalışma prensibi	13
2.2.4 Bilişsel radyo standartları ve wide range area network.....	15
2.3 Televizyon Beyaz Boşluklar	17
2.3.1 Dinamik spektrum erişimi	17
2.3.2 Türkiye’de televizyon beyaz boşluk kavramı.....	18
2.3.3 Televizyon beyaz boşluk haberleşmesine ilişkin standartlar.....	19
2.3.4 Televizyon beyaz boşluk şebeke yapısı	19
2.3.5 Televizyon alıcıları	22
2.3.6 Televizyon renk kodlama sistemleri	24
2.4 Literatürdeki Çalışmalar	25
2.4.1 Bilişsel radyo üzerine literatürde yapılan çalışmalar.....	25
2.4.2 Televizyon beyaz boşluklar üzerine literatürde yapılan çalışmalar.....	26
3. MATERYAL VE METHOD.....	33
4. BULGULAR.....	49
4.1 Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirmeler	49
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	69
KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ.....	73



ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Yazılım tabanlı radyolar	13
Çizelge 3.1. UHF bandı frekans tahsis listesi	33
Çizelge 3.2. Ölçüm yapılan konumlar	34
Çizelge 3.3. Televizyon beyaz boşluk kanal listesi	39
Çizelge 4.1. 73 farklı konumda yapılan ölçüm sonucu kullanılabilir kanal sayıları	53
Çizelge 4.2. Radyo ve Televizyon Üst Kurulu tarafından yayınlanan Samsun ili kullanılabilir kanal sayıları.....	56





ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Elektromanyetik spektrum.....	4
Şekil 2.2. Elektromanyetik dalga gösterilimi.....	4
Şekil 2.3. Elektromanyetik spektrum.....	5
Şekil 2.4. Bir elektromanyetik dalga yapısı.....	6
Şekil 2.5. Radyo iletim sisteminin bileşenlerinin gösterimi.....	7
Şekil 2.6. Modülasyon çeşitleri.....	9
Şekil 2.7. Genlik modülasyonu gösterimi.....	10
Şekil 2.8. Frekans modülasyonu gösterimi.....	11
Şekil 2.9. Bilişsel radyo ve yazılım tabanlı radyo yapısı.....	12
Şekil 2.10. Bilişsel radyo çalışma alanları.....	14
Şekil 2.11. Bilişsel radyo yapısı.....	15
Şekil 2.12. The Institute of Elektrical and Electronics Engineering standart şeması	16
Şekil 2.13. Spektrum kullanım yoğunluğu.....	18
Şekil 2.14. Dinamik spektrum erişimi.....	18
Şekil 2.15. Televizyon beyaz boşluk haberleşme şebeke yapısı.....	20
Şekil 2.16. Televizyon spektrumunda bir kanala ait parlaklık ve ses taşıyıcı yerleşimi.	23
Şekil 2.17. Televizyon spektrumunda görüntü renk ve ses taşıyıcı gösterimi.....	23
Şekil 2.18. Renkli televizyon sistemleri kullanımının dünya üzerindeki dağılımı ...	24
Şekil 2.19. Japonya spektrum haritası.....	27
Şekil 2.20. Japonya kanal boşluk grafikleri.....	28
Şekil 2.21. İngiltere ve kısmen avrupaya ait televizyon beyaz boşluk haritası.....	29
Şekil 2.22. İngiltere televizyon verici yerleri.....	30
Şekil 2.23. Finlandiya için televizyon beyaz boşluk çalışması.....	30
Şekil 2.24. Amerika Birleşik Devletleri televizyon beyaz boşluk çalışması.....	31
Şekil 2.25. Hindistan televizyon beyaz boşluk çalışması.....	31
Şekil 3.1. Atakum ölçüm yerleri.....	36
Şekil 3.2. Alaçam ve Yakakent ölçüm yerleri.....	36
Şekil 3.3. Bafra ve 19 Mayıs ölçüm yerleri.....	36
Şekil 3.4. Ayvacık ve Salıpazarı ölçüm yerleri.....	37
Şekil 3.5. Tekkeköy, Çarşamba ve Terme ölçüm yerleri.....	37
Şekil 3.6. İlkadım ve Canik ölçüm yerleri.....	37
Şekil 3.7. Kavak ve Asarcık ölçüm yerleri.....	38
Şekil 3.8. Vezirköprü, Havza ve Ladik ölçüm yerleri.....	38
Şekil 3.9. RTL2832U R820T spektrum analizörü.....	42
Şekil 3.10. Konum 71 için ölçüm fotoğrafları.....	43
Şekil 3.11. Konum 24 için ölçüm fotoğrafları.....	43
Şekil 3.12. Atakum Alaçam Caddesi ölçüm grafiği.....	44
Şekil 3.13. Atakum Alaçam Caddesi plot çizim grafiği.....	44
Şekil 3.14. TV spektrumunda bir kanala ait parlaklık ve ses taşıyıcıların yerleşimi.....	45
Şekil 3.15. TV spektrum doluluk değerlerinin değerlendirilmesi.....	45
Şekil 3.16. RTL2832U R820T ve Aritsu ölçüm cihazı ile yapılan ölçümler.....	46
Şekil 3.17. RTL2832U R820T ve Aritsu Ölçüm cihazı ile yapılan ölçümler.....	46
Şekil 3.18. Tekel Kavşağı RTL2832U R820T ölçüm sonuçları.....	47
Şekil 3.19. Tekel Kavşağı Aritsu ölçüm sonuçlarının Anritsu ekran görüntüsü.....	47
Şekil 3.20. QGIS programı ekran görüntüsü.....	48
Şekil 4.1. -40 dB için Samsun ili spektrum haritası.....	50

Şekil 4.2. -45 dB için Samsun ili spektrum haritası.....	51
Şekil 4.3. Samsun ili en yoğun TV spektrum Atakum Alaçam Caddesi	52
Şekil 4.4. Samsun ili TV spektrumunda 73 ölçüm konumundaki kullanılan kanal sayıları karşılaştırması.....	57
Şekil 4.5. Ölçüm konumu için istatistiksel değerlendirmeler.....	58
Şekil 4.6. Samsun ili spektrumu televizyon beyaz boşluk kanalları karşılaştırması..	59
Şekil 4.7. Kilometrik bazlı TV spektrum kanal sayısı değişimi	60
Şekil 4.8. Kilometrik ölçümler ve kullanılabilir kanal sayıları.....	61
Şekil 4.9. Kilometrik bazlı TV spektrum kanal sayısı değişimi	63
Şekil 4.10. Kilometrik ölçümler ve kullanılabilir kanal sayıları.....	64
Şekil 4.11. Canik Belediye Evleri Kavşağı farklı zaman ölçümleri	66
Şekil 4.12. Canik Koçtaş önü farklı zaman ölçümleri	66
Şekil 4.13. İlkadım Cumhuriyet Meydanı farklı zaman ölçümleri	67
Şekil 4.14. İlkadım Tekel Kavşağı farklı zaman ölçümleri	67



KISALTMALAR

TV	: Televizyon
EMD	: Elektromanyetik Dalga
TVBB	: Televizyon Beyaz Boşluklar
YTR	: Yazılım Tabanlı Radyo
BR	: Bilişsel Radyo
DSE	: Dinamik Spektrum Erişimi
IEEE	: The Institute of Electrical and Electronics Engineering
RTÜK	: Radyo ve Televizyon Üst Kurulu
BR	: Birincil Kullanıcı
İK	: İkincil Kullanıcı
WRAN	: Wide Range Area Network
AM	: Genlik Modülasyonu
FM	: Frekans Modülasyonu





SAMSUN İLİ TELEVİZYON BEYAZ BOŞLUKLARININ ÖLÇÜLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Bu tezde Samsun ili ve ilçelerinde belirlenen 73 farklı konumda ölçümler yapılarak Samsun ili Televizyon Beyaz Boşlukları tespit edilmiştir. Ölçümler RTL2832U R820T frekans analizörü ile yapılmıştır. Ölçüm cihazının ölçüm doğruluğunun kontrol edilmesi için TRT Samsun Temsilciliği'nin kullandığı Anritsu S332E frekans analizörü ile 5 farklı noktada ölçümler yapılmıştır. Ölçüm yerleri koordinatları ile birlikte listelenmiştir ve Google Earth haritası üzerine aktarılmıştır. Ölçümlerden elde edilen veriler ile Samsun ili TV spektrumu kullanılabilir kanal sayıları tespit edilmiştir. Bu veriler Radyo Televizyon Üst Kurulu tarafından yayınlanan kullanılabilir kanal sayıları ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca kilometrik bazlı ve zamansal bazlı ölçümler yapılarak kullanılabilir kanal sayılarının değişimi üzerinde durulmuştur.

Çalışmanın sonraki aşamasında alınan veriler ile QGIS programı kullanılarak Samsun ili televizyon beyaz boşluk spektrum haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan harita televizyon beyaz boşlukların yoğun olduğu bölgelere göre renklendirilmiştir. Sonuçlar bölümünde ise oluşturulan Samsun ili televizyon beyaz boşluk haritasının Bilişsel Radyo teknolojisi ile kullanımı, Televizyon Beyaz Boşluklar kullanılarak internet yayını yapılması ve bu boşlukların değerlendirilmesi yönünde bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Televizyon Beyaz Boşluklar; Spektrum Haritası; RTL2832U R820T frekans analizörü; Bilişsel Radyo; QGIS Programı



MEASURING AND EVALUATING TV WHITE SPACES IN SAMSUN

ABSTRACT

In this thesis, Samsun province television white spaces were determined by the measurements in 73 different locations identified in districts and province of Samsun. The measurements were performed by RTL283U R820T frequency detection device. To confirm the accuracy of measurement device, measurements have performed in 5 different points with Anritsu measurement device which TRT Samsun representative has used. The measurement locations have listed with the coordinates and transferred to Google earth map. By the data obtained from the measurements, Samsun province TV spectrum the number of available channels has determined. This data has compared with the number of available channels published by the Radio and Television Supreme Council. In addition, kilometer-based and time-based measurements have performed and the alteration of the number of available channels has emphasized.

Finally, Samsun province television white spaces spectrum map has generated by using QGIS program with the obtained data. The map has colored according to the intensity of the television white spaces of the regions. In conclusion part knowledge about the usage of generated Samsun province map with Cognitive Radio technology, webcast using television white spaces and evaluation of this spaces have provided.

Key Words : Television White Spaces; Spectrum Map; RTL2832U R820T Frequency Analyzer; Cognitive Radio; QGIS Program



1. GİRİŞ

Gün geçtikçe teknolojinin gelişmesi ile mobil hizmetlerdeki kullanıcı sayısının artması, kablosuz iletişim cihazlarının yaygınlaşması ve akıllı telefonlarda veri alışverişindeki büyük artışlar elektromanyetik spektrumda kıtlığa neden olmaktadır. Spektrumdaki daralma ileride daha da büyük bir problem olacağından bu problemin çözümü için birçok araştırma yapılmaktadır.

Bu araştırmalardan bir tanesi Bilişsel Radyo (BR) teknolojisidir. BR, spektrumda lisans alarak kullanım hakkının kazanmış birincil kullanıcılara zarar vermeden diğer kablosuz iletişim cihazları ile spektrumu paylaşma teknolojisidir. Bu teknolojiye birincil kullanıcılara zarar verilmeden ikincil kullanıcıların spektrumu kullanması önem taşımaktadır. Bu nedenle BR'de spektrumun iyi algılanması gerekmektedir.

Spektrumdaki kıtlığın çözülmesine yönelik diğer bir çözüm olarak da hali hazırda verimsiz veya kullanılmayan bantların kullanılması üzerine yapılan araştırmalardır. Kullanılmayan frekans bantları üzerinden yapılan haberleşmeye TV beyaz boşluk haberleşmesi adı verilir. Bazı ülkelerde hâlihazırda bu haberleşme sistemi kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada Samsun ilinde Ultra High Frequency (UHF) bandının nasıl ve hangi verimlilikte kullanıldığının ölçülmesi hedeflenmiştir. Samsun ilindeki UHF bandındaki (470 MHz ile 800 MHz arası) kanalların ne kadar verimlilik ile çalıştığını veya kullanılmayan kanallar ölçümler yapılarak tespit edilmiştir. Ölçümler RTL2832U R820T frekans analizörü ile 73 farklı konumdan alınarak Samsun ili frekans beyaz boşlukları tespit edilmiştir. Alınan saha ölçüm verileri Radyo ve Televizyon Üst Kurulu (RTÜK) tarafından yayınlanan veriler ile karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak Samsun ili frekans spektrum haritası çıkartılmış, Samsun merkez ve ilçelerinde televizyon (TV) kanal boşlukları belirlenmiştir. Bununla birlikte diğer ülkelerde bu alanlarda yapılan çalışmalara benzer olarak Bilişsel Radyonun ve TV beyaz boşluk haberleşmesinin Samsun ili özelinde ne kadar uygulanabilir olduğunun tespiti yapılmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1 Elektromanyetik Spektrum

1666 yılına kadar beyaz ışığın sadece bir renk oluşuna inanılırken Newton'un 1666 yılında karanlık bir odada güneş ışığını küçük bir delikten geçirerek yaptığı prizma deneyiyle, beyaz ışığın tüm renklerin bir karışımı olduğu tespit edildi. 1801 yılında ise Young'ın yaptığı araştırmalar ile ışığın prizmadan geçerken dalga boyuna göre değişik kırılmalar oluşturarak farklı renklere ayrıştığı ortaya çıkmıştır.

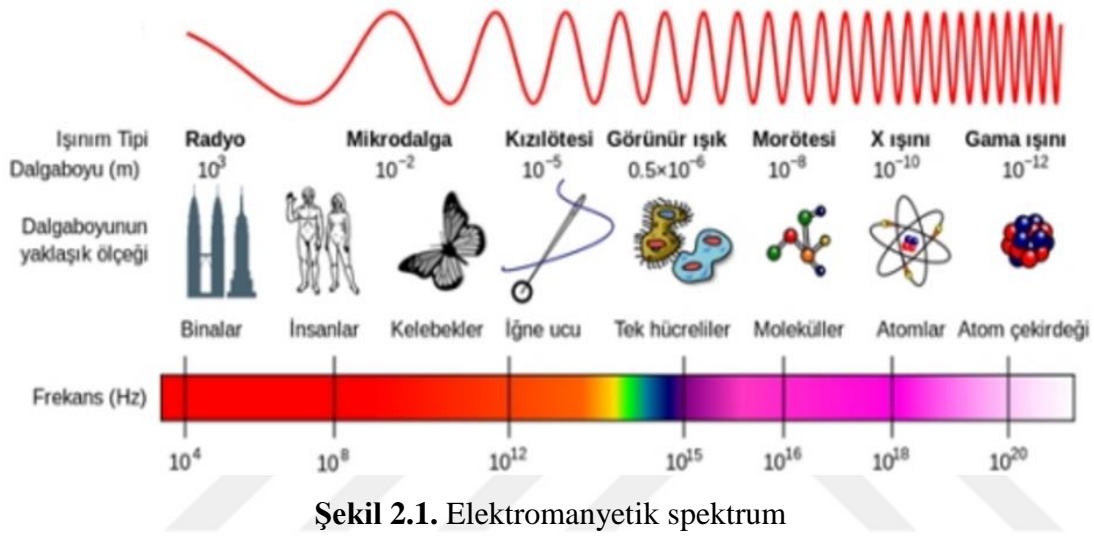
1800'de Herschel, prizmada kırılan ışıkların sıcaklıkları üzerine yaptığı çalışmalar ile kızılötesi ışınları, 1801'de Alman fizikçi Johann Wilhelm de renklerin enerjileri ile gümüş klorürün kararma sürelerini karşılaştırarak mor ötesi ışınları keşfetti.

Faraday'ın 1845 yılında yaptığı "Faraday etkisi" ismiyle bilinen çalışma, ışığın elektromanyetizmayla ilişkili olduğuna dair ilk çalışma oldu ve 1860'lı yıllarda James Clerk Maxwell'in matematiksel zeminde yaptığı çalışmalar ile ışığın boşluktaki hızı bulundu. 1865'de de Maxwell, ışığın bir elektromanyetik dalga olduğuna dair yaptığı deneysel çalışmalar ile ışığın elektrik ve manyetik alan salınımları özelliklerini ortaya çıkardı. 1895'de Wilhelm Röntgen, Crookes tüpüyle deneyler geliştirip X-ışınlarını buldu ve 1901 yılında bu buluş ile ilk Nobel Fizik ödülünü kazandı.

1900'de Paul Villard tarafından radyoaktif bir çekirdek içeren radyum atomunun yaydığı radyasyon üzerine yaptığı araştırmalar ile elektromanyetik spektrumun son parçası olan gama ışınları bulundu [1].

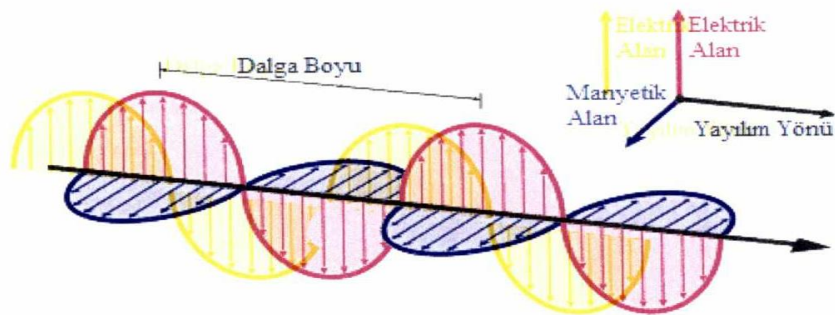
Güneş ışınımının farklı dalga boyları ile birlikte yayılmasıyla oluşan, gama ışınlarından radyo ışınlarına kadar uzanan tüm elektromanyetik dalga boylarının sıralı görünümüne elektromanyetik spektrum denir. Farklı bir deyişle güneşten yayılan farklı dalga boylarındaki tüm elektromanyetik radyasyonun bütünü elektromanyetik spektrum olarak isimlendirilir. Elektromanyetik spektrum dalga boylarına göre farklı kategorilere ayrılırlar. Bu kategoriler **Şekil 2.1**'de görüldüğü gibi sıralanmaktadır [2].

- Gama ışınları
- X- ışınları
- Ultraviyole ışık
- Görünür (Visible) ışık
- Kızılötesi (Infrared) ışık
- Radyo dalgaları



2.1.1 Elektromanyetik dalga

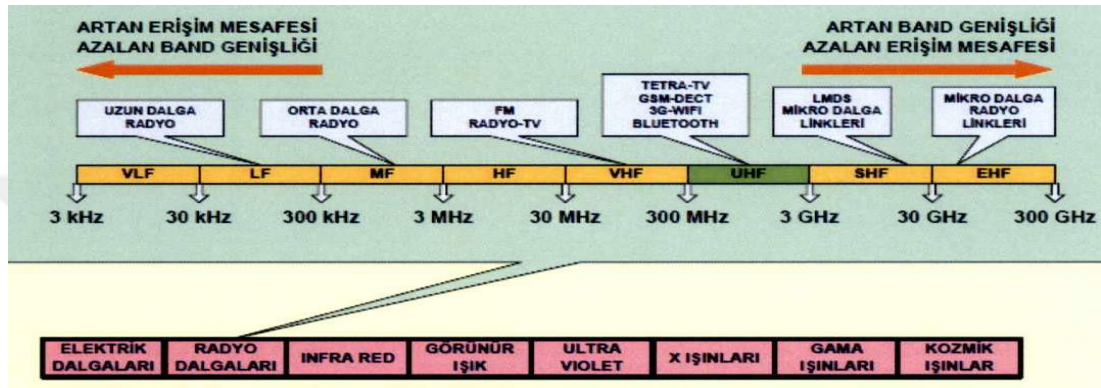
Herhangi bir ortama gerek duymadan ışık hızı ile yayılabilen, elektrik ve manyetik alanlardan oluşan dalgalara elektromanyetik dalga denir. Elektromanyetik dalga (EMD) bileşenleri **Şekil 2.2**'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Elektromanyetik dalga gösterilimi

EM dalgalar daha önce belirtildiği gibi boşlukta düz bir şekilde ışık hızı ile yayılırlar. Yayıldıkları yerlerde ortamın yoğunluğuna göre kırılmalara ve yansımalara uğradıklarından hızları ve yönleri değişebilir.

Haberleşmenin temeli olan EM spektrumu 3 KHz ile 300 GHz frekansları arasındadır. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) tarafından bu spektrum dokuz ana frekans bölgesine ayrılmıştır. Şekil 2.3'de elektromanyetik spektruma ilişkin sınıflandırma yer almaktadır [3].

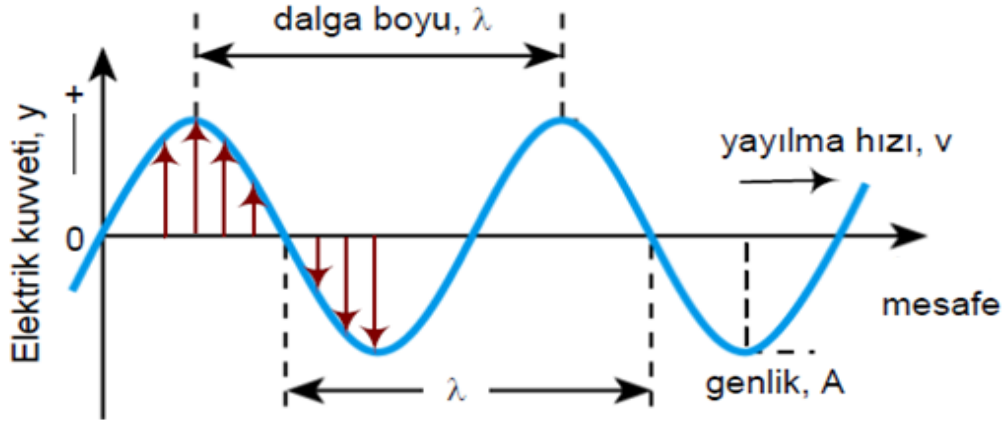


Şekil 2.3. Elektromanyetik spektrum

2.1.2 Elektromanyetik radyo dalgalarının yapısı

Radyo dalgaları dalga boyu en büyük olan elektromanyetik dalgalardır. Sinyalleri çok geniş ve uzak alanlara iletebilirler. Elektromanyetik spektrumda da en geniş alanda yer almaktadırlar. Televizyon sinyallerinin iletiminde de radyo sinyalleri kullanılmaktadır. Televizyon ses iletimi için kısa radyo dalgaları, görüntü iletimi için uzun radyo dalgaları kullanılır.

Tüm elektromanyetik dalgalar için geniş bir alanda kullanılan dalga yapısı Şekil 2.4'de görülmektedir [4].



Şekil 2.4. Bir EM dalga yapısı

Dalga boyları aşağıdaki özellikleri taşırlar:

- $A = \text{Genlik (Amplitude)}$

Genlik dalganın referans alınan noktadan çıktığı yüksekliktir. Ölçü birimi genellikle Volt veya Watt'tır.

- $v = \text{Yayımlama Hızı (Velocity of Propagation)}$

Yayımlama hızı, dalganın kendi ekseninde aldığı yoldur ve genellikle saniyede gidilen metre cinsinden mesafe olarak ölçülür.

- $T = \text{Periyot (Period)}$

Dalganın periyodu dalganın belirli bir dönüşü için geçen zamandır ve ölçü birimi genellikle saniyedir.

- $\lambda = \text{Dalgaboyu (Wavelength)}$

Dalgaboyu dalganın art arda geçtiği anda iki tepesinin veya iki çukurunun arasındaki mesafeye denir. Genellikle metre cinsinden ölçülür.

- $f = \text{Frekans (Frequency)}$

Bir dalganın frekansı dalganın saniyede yaptığı salınım sayısıdır. Genellikle birimi Hertz (Hz) olarak adlandırılır.

Dalga boyunun hızı frekans ile dalga boyunun çarpımına eşittir.

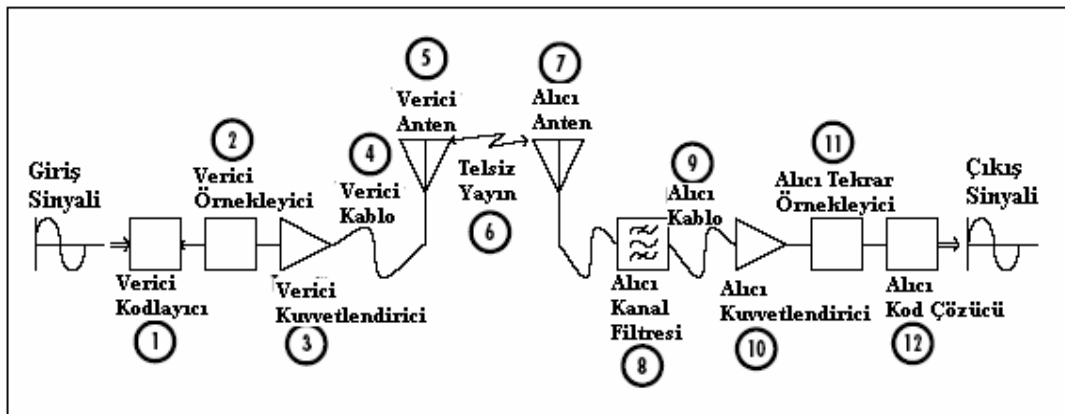
$$v = f \lambda \quad (2.1)$$

Bir elektromanyetik dalganın yayılma pratikte ışık hızına eşittir (3×10^8 m/s) ve (2.1) eşitliğinin yeni şekli aşağıdaki gibi olur [4]:

$$f = \frac{3 \times 10^8}{\lambda} \quad (2.2)$$

2.1.3 Radyo sinyali iletimi

Radyo ve televizyon yayınının izleyiciye ulaşması, yayının EM radyo dalgaları kullanılarak güçlü vericiler ve alıcılar yardımıyla verici istasyonlarına iletilmesi ile başlar. Daha sonra ses ve görüntü yüksek taşıyıcı frekanslar kullanılarak modülasyona uğrarlar ve verici antene iletilirler. Radyo sesi iletimi için tek bir taşıyıcı dalga kullanılırken, televizyon sinyalinin iletiminde ses ve görüntü iletimi yapılacağından iki ayrı taşıyıcıya ihtiyaç vardır. Şekil 2.5’de radyo iletim sisteminin bileşenleri gösterilmektedir [5].



Şekil 2.5. Radyo iletim sisteminin bileşenlerinin gösterimi

Şekilde her bir blok basite indirgenmiştir ve işlevleri kısaca aşağıdaki gibi açıklanabilir [4].

- **Verici Kodlayıcı (Şifreleyici) :** Giriş sinyali kodlayıcıya gelerek analog ses sinyali analog elektriksel sinyale çevrilir ve kodlanır.
- **Verici Örnekleyici:** Sinyalin taşıyıcı dalgalar ile modülasyonunu bu bölümde yapılır.
- **Verici Kuvvetlendirici:** Bu bölümde giriş sinyali iletişim ortamına aktarılır. Modülasyon işlemi sonrasında sinyal kuvvetlendirilir. Böylece verici antene erişebilmesi için yeterli güce erişmiş olur.
- **Verici Anten:** Elektrik sinyali radyo dalgalarına çevrilir.
- **Telsiz Yayın:** EM dalgalar yardımı ile sinyal iletimi yapılır.
- **Alıcı Anten:** Alıcı anten radyo dalgalarını elektrik sinyaline dönüştürür.
- **Alıcı Kanal Filtresi:** Antenler belirli bir frekans için dizayn edilse de spektrumdaki tüm elektromanyetik enerjileri alabilirler. Alıcı kanal filtresi istenilen frekans sinyalini geçirmesi için dizayn edilir ve geri kalan tüm sinyalleri söndürür.
- **Alıcı Kuvvetlendirici:** Alınan sinyalin diğer işlemlerden geçmeden önce kuvvetlenmesi gerekir. Bu bölümde sinyal kuvvetlendirilir.
- **Alıcı Tekrar Örnekleyici:** Orijinal kodlanmış sinyali taşıyıcı sinyalden ayırır.
- **Alıcı Kod Çözücü:** Sinyal taşıyıcısından ayrıldıktan sonra bu bölümde şifresi çözülür.

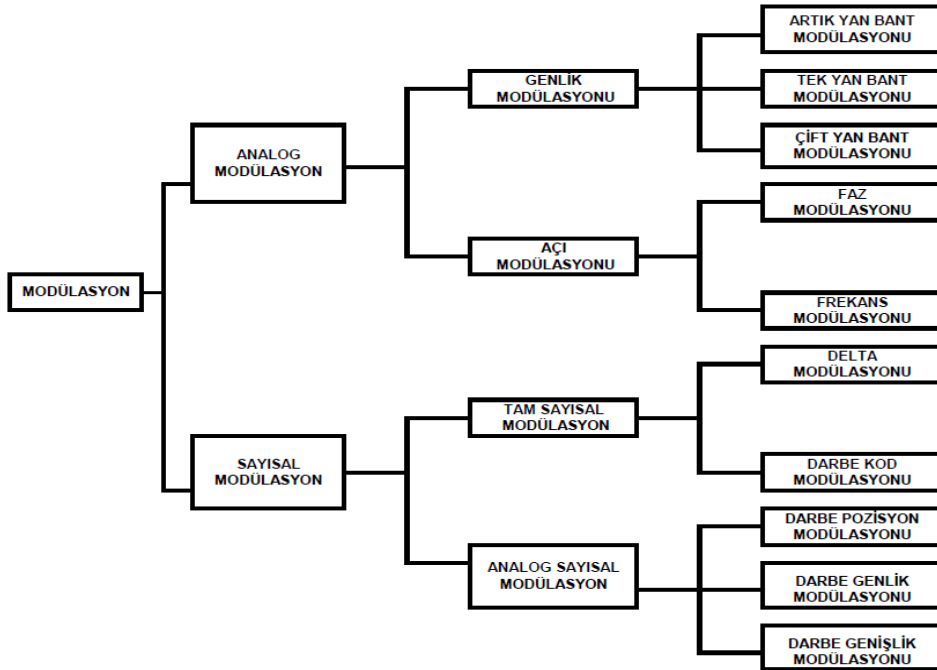
2.1.4 Radyo sinyalinin modülasyonu

Düşük frekanslı bir sinyalin yüksek frekanslı bir taşıyıcı sinyal üzerine bindirilmesine modülasyon denir. Bu sinyalin modüle edilmesi için başlıca nedenler vardır.

Modülasyon ile gönderilmek istenilen sinyal diğer sinyaller ile karışmadan belirli bir frekans aralığında iletim yapılır. Böylece dinleyiciler istediği frekans aralığını seçerek iletilen sinyalleri duyabilirler.

Diğer bir modülasyon gerekliliği ise anten boylarıdır. Genellikle anten boyları gönderilmek istenilen sinyal dalga boyunun yarısı veya dörtte biri kadardır. Gönderilmek istenilen sinyal düşük frekanslı olduğundan dalga boyları yüksektir. Bu nedenle yüksek boylu anten seçimleri yapılması gerekmektedir. Gönderilmek istenilen düşük frekanslı sinyal yüksek frekanslı bir taşıyıcı ile modüle edilerek dalga boyları kısalmış ve daha kısa anten boyu seçilir.

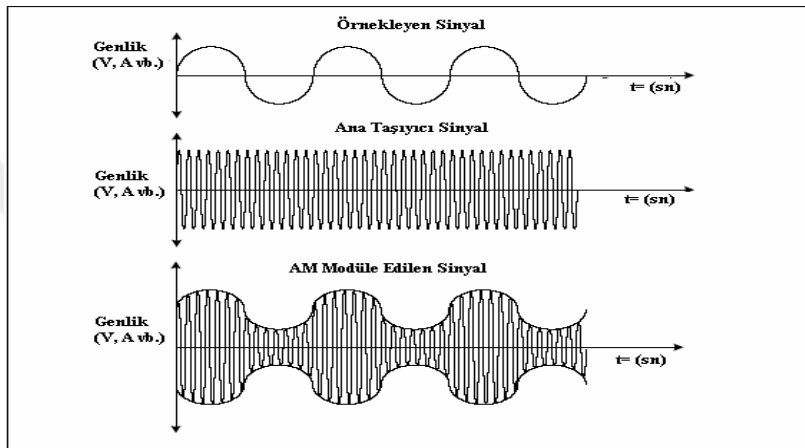
Modülasyon analog modülasyon sistemleri ve sayısal modülasyon sistemleri olmak üzere temel iki grup halinde sınıflandırılır. Bu modülasyon türleri kendi içlerinde çeşitlendirilirler. Televizyon iletim sisteminde görüntü sinyalinin taşınması genlik modülasyonu ile ses sinyalinin taşınması ise frekans modülasyonu ile yapılır. Modülasyon çeşitleri Şekil 2.6'da gösterilmektedir [6].



Şekil 2.6. Modülasyon çeşitleri

2.1.5 Genlik modülasyonu

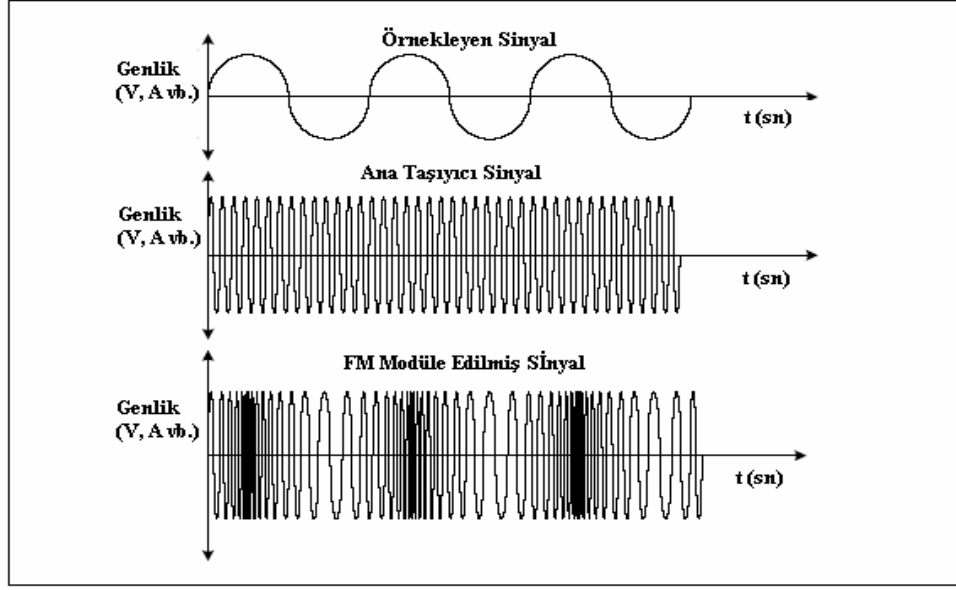
Genlik modülasyonu uluslararası literatürde AM kısaltması ile ifade edilir. 1906 yılında Kanadalı mühendis Reginald Fessenden tarafından ortaya çıkarılmıştır. Genlik modülasyonunda, taşıyıcı sinyal genliği iletilen sinyalin genliğine göre değişir. İletilen sinyal genliği azaldıkça taşıyıcı sinyal genliği de azalır. Televizyon iletim sisteminde görüntünün iletimi genlik modülasyonu ile yapılır. **Şekil 2.7**'de genlik modülasyonu gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Genlik modülasyonu gösterimi

2.1.6 Frekans modülasyonu

Frekans modülasyonu uluslararası literatürde FM kısaltması ile ifade edilir. ABD'li mühendis Edwin Howard Armstrong tarafından 1933 yılında bulunmuştur. Frekans Modülasyonunda, taşıyıcı sinyalin frekansı gönderilen sinyalin frekansına göre değişir. Genlik modülasyonunda genlik değişkenlik gösterir iken frekans modülasyonunda frekans değişkenlik gösterir. Televizyonda ses bilgisi iletimi frekans modülasyonu ile yapılır. **Şekil 2.8**'de frekans modülasyonu gösterilmektedir [6].



Şekil 2.8. Frekans modülasyonu gösterimi

2.2 Bilişsel Radyo

Günümüzde birçok kablosuz iletişim teknolojilerini kullanan cihazlar (cep telefonu, WiFi, GPS vb) birbirlerine etkileşim yaratmadan çalışırlar. Bu cihazların birbirlerine etki yaratmadan işlem görmesi her birinin farklı frekans aralıklarında çalışma prensibine dayanmaktadır. Teknolojinin gelişmesi ile bu cihazlar her geçen gün daha fazla özellik kazanmakta bu da daha fazla veri alışverişi gereksinimi yaratmaktadır. Bu taleplerin sürekli artması spektrumda sıkışıklığa neden olurken spektrumda kullanılmayan boş frekans bantlarını da değerli hale getirmektedir. Kullanıcılar tarafından oluşan taleplerin artması ve gelecekte yeni teknolojilerin oluşması ile daha da daralacak olan spektrumun, daha verimli ve aktif kullanılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Spektrum kıtlığının çözülmesine yönelik bu çalışmalardan biri de 1998 yılında Joseph Mitola tarafından ortaya çıkarılan Bilişsel Radyo (BR) teknolojisidir [7,8].

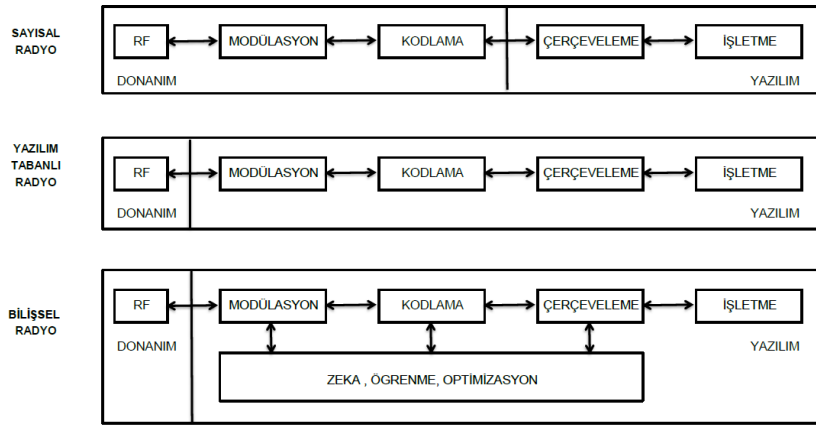
2.2.1 Bilişsel radyo yapısı

Bilişsel radyo, çevresindeki EM spektrumu algılayan, kullanılmayan boş frekansları ve asıl frekans sahibi birincil kullanıcıların zamansal olarak spektrumu aktif olarak kullanmadığı anları tespit eden ve bu kullanılmayan frekansların içerisinde uygun yayın ortamı yaratan teknolojidir.

Bu teknolojide birincil kullanıcıların frekans alanları kullanıldığından birincil kullanıcılara zarar verilmeden yayın yapılması en önemli kriterdir. Bu nedenle spektrumun iyi sezilmesi büyük önem taşımaktadır.

BR yazılım tabanlı radyo (YTR) alt yapısını kullanarak spektrumun dinamik kullanılmasını sağlar. Sayısal radyo haberleşme sisteminde, iletilmek istenen veri daha yüksek taşıyıcı bir frekans kullanılarak modülasyon işlemi yapılır ve anten yardımı ile elektromanyetik dalgalar halinde yayılır. Alıcı bu sinyali yine bir anten vasıtası ile alır ve taşıyıcı dalgadan bu sinyali ayırarak duyulabilir hale getirir. Bu işlemlerin modülasyon ve radyo frekans işlemleri donanımla sağlanır. BR da ise yazılım tabanlı radyo teknolojisi kullanılarak tüm işlemler yazılımla yapılmaktadır.

Böylece haberleşme bilgisayar üzerinden kontrol edilebilir. YTR ve BR cihaz yapılarına ilişkin durumları **Şekil 2.9**'da yer almaktadır [3].



Şekil 2.9. Bilişsel radyo ve YTR yapısı

2.2.2 Yazılım tabanlı radyo

Bilişsel radyo sistemini yazılım tabanlı radyo sistemi üzerine kurulu olduğu için ilk olarak Yazılım Tabanlı Radyo sistemini tanımlamak gerekir. YTR iletilmek istenilen bilginin elektromanyetik dalgalar yoluyla en kısa ve basit yoldan iletilme teknolojisidir. Bu iletim sisteminde modülasyon, demodülasyon, filtreleme, kodlama, haberleşme protokolleri gibi işlemler dinamik spektrum erişimini hedefleyen bir yazılım ile kontrol edilir. Klasik radyoda analog modülasyon kullanılırken YTR da sayısal modülasyon kullanılır.

YTR herhangi bir frekans aralığında çalışabilir. Çalıştığı ortamdaki sinyalleri donanım üzerinden bir yazılım ile alabilir ve iletebilir. Bu sistem hakkında internet

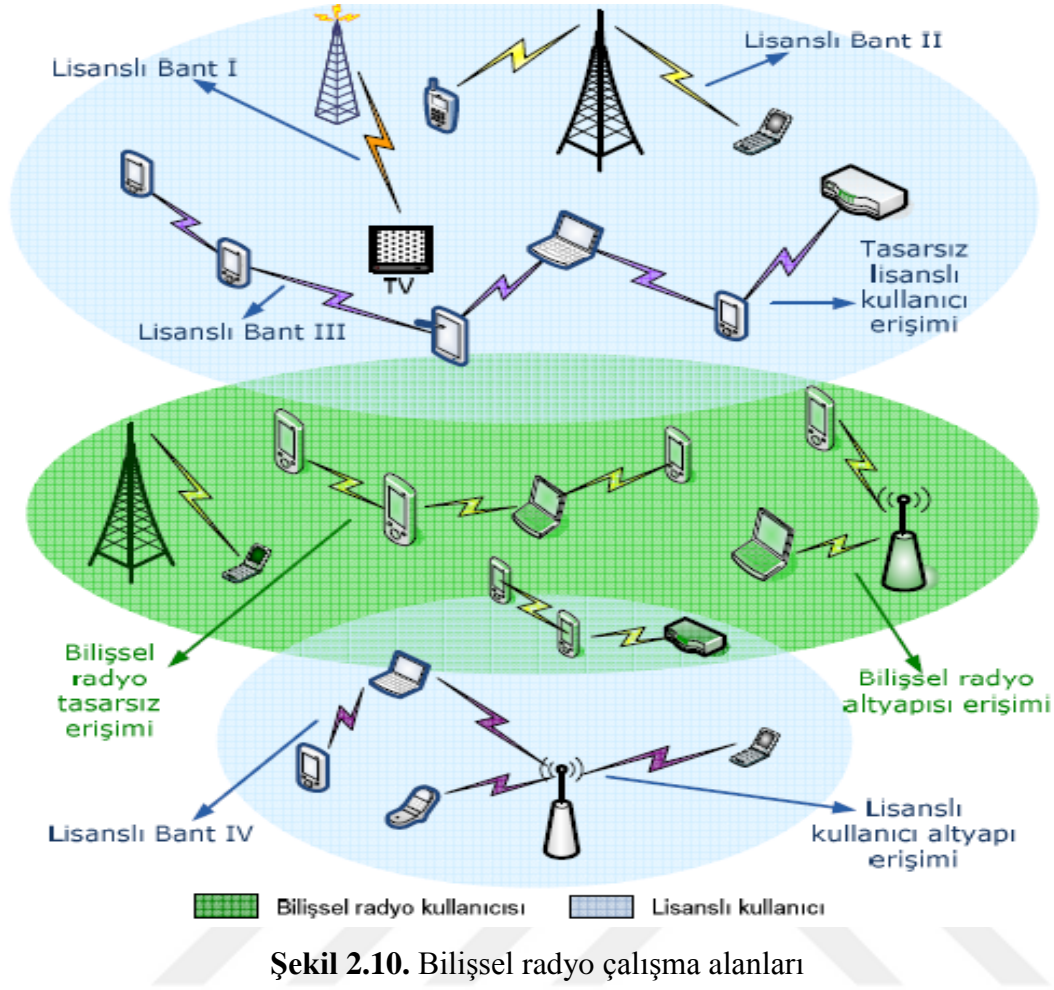
üzerinde birçok devre vardır. Son zamanlarda, DVB-T denilen oldukça makul fiyatlara satılan alıcı modüller, karasal sayısal televizyon yayını bilgisayar üzerinden tarayabilecek bir YTR olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yazılım Tabanlı Radyolar hakkında internette birçok devre yer almaktadır. Bunların bir kısmı **Çizelge 2.1**'de gösterilmektedir [9].

Çizelge 2.1. Yazılım tabanlı radyolar

İsim	Tip	Frekans aralığı	Örnekleme oranı	Ayar şekli	Windows?	Linux?	Mac?	Fiyatı (US\$)	Web sitesi
ADAT ADT-200A	Monte edilmiş	10 kHz – 30MHz, 160–10 metre (2 m, 4 m, 6 m modülleri plânlanıyor)	?	Gömülü sistem (PC gerekmez), USB, Uzaktan internet	Evet R-1 & ADAT Commander seçeneği ile	?	?	\$5,447 US (yakl. Haziran 2012) (5,220.00 CHF)	http://adat.ch/index_e.html
Elecraft KX3	Monte edilmiş veya kit	0.5 – 30 MHz, 160–6 metre (2 metre bandı seçimlik)	?	USB veya gömülü sistem (PC gerekmez)	Evet	Evet	Evet	\$900	http://www.elecraft.com/KX3/kx3.htm
FLEX-5000A	Monte edilmiş	0.01 – 65 MHz	48, 96, 192 kHz (alıcı-verici)	1394a Firewire	Evet	Hayır	Hayır	\$2800	http://www.flexradio.com/Products.aspx?topic=F5Ka_details
FLEX-3000	Monte edilmiş	0.01 – 65 MHz	48, 96 kHz (alıcı-verici)	1394a Firewire	Evet	Hayır	Hayır	\$1700	http://www.flexradio.com/Products.aspx?topic=F3k_features
FLEX-1500	Monte edilmiş	0.01 – 54 MHz	48 kHz (alıcı-verici)	USB	Evet	Hayır	Hayır	\$650	http://www.flexradio.com/Products.aspx?topic=F1.5k_features

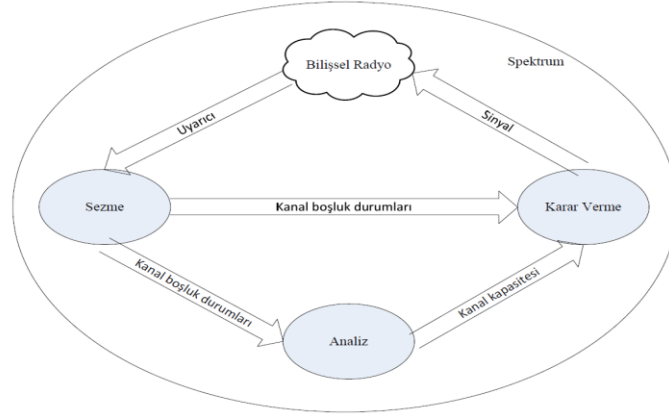
2.2.3 Bilişsel radyo çalışma prensibi

BR'nun öncelikli hedefi frekans sahibi birincil kullanıcılara zarar vermeden spektrumunu verimli, güvenli ve esnek olarak kullanmaktır. Bu nedenle spektrumun iyi algılanması büyük önem taşımaktadır. **Şekil 2.10**'da BR teknolojisinin çalışma prensibi gösterilmektedir.



Bilişsel radyonun esas fonksiyonları aşağıdaki gibi özetlenebilir ve Şekil 2.11’de BR yapısı gösterilmektedir.

- Spektrum algılama: Spektrumun kullanılmayan frekansları tespit etmek ve spektrumu diğer kullanıcılara zarar vermeden paylaşmak,
- Spektrum yönetimi: Bantların kalitesini ve verimliliğini değerlendirerek kullanılacak banda karar vermek,
- Spektrum mobilitesi: Daha uygun bir banda geçilmesi gerektiğinde iletişimin kesintisiz olarak sürdürülebilirliğini sağlamak,
- Spektrum paylaşımı: Diğer radyolar ile ortama erişim protokollerinin düzenlenleyerek verimli bir spektrum paylaşımı sağlamak [8].



Şekil 2.11. Bilişsel radyo yapısı

BR çalışma prensibi ile spektrumu daha etkin ve verimli kullanılması yansıra band aralıklarının yüksek maliyetlere sahip olması BR'nun kullanıcılar bakımından maliyet giderlerini düşürülmesinde büyük rol oynamaktadır. Diğer bir avantajı ise BR teknolojisi ile aynı band aralıklarında birden fazla kullanıcı için alan açılmasıdır. Bu da BR'nun spektrumun gelecekte daha da çok yaşanacak olan katlılığın çözümü için en önemli avantajıdır.

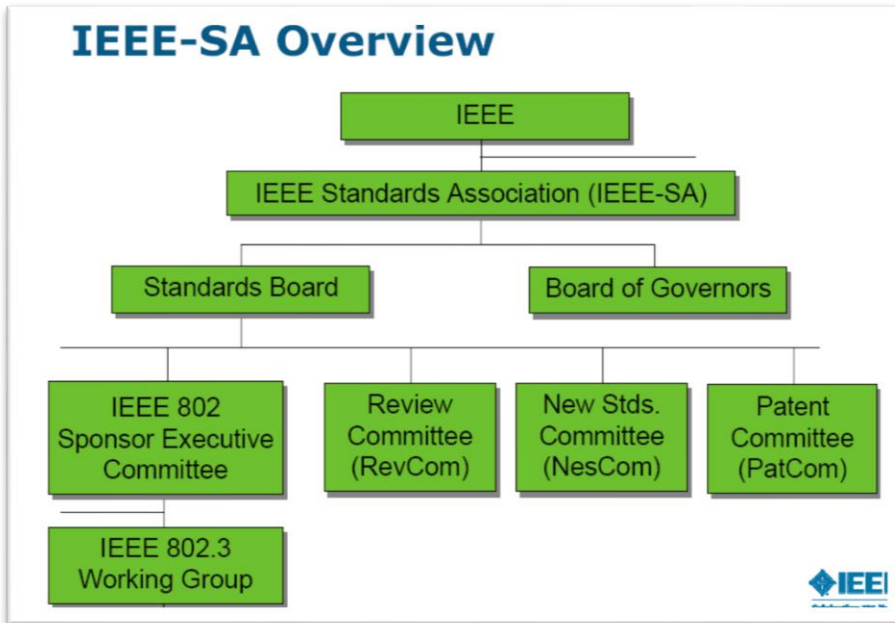
2.2.4 Bilişsel radyo standartları ve WRAN

The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), boş TV bantlarını (54 MHz ile 862 MHz arasında) kullanmak için, IEEE 802.22 Wireless Regional Area Network (WRAN) adlı uluslararası bir standart oluşturmuştur. BR teknolojisi bu standartları kullanarak spektrum paylaşımı yapılması planlanmaktadır. IEEE 802 standartları incelendiğinde baz istasyonu kapsama alanı en geniş olan sistemdir. Sınırlama gerekmediği sürece kapsama alanı 100 km civarındadır. Kırsal ve uzak bölgedeki kullanıcılara veri akışını sağlamak amacı ile planlanmıştır. Veri iletimi mobil telekomünikasyon teknolojisi ve diğer kablosuz şebekelere oranla çok daha yüksektir. WRAN teknolojisinin avantajları ise VHF ve düşük UHF frekans bandında kullanılmayan TV kanallarının kullanımı, spektrumun etkin kullanılması, geniş kaplama alanı, basit kurulum ve hızlı olmasıdır. **Şekil 2.12**'de IEEE standart şeması yer almaktadır [10].

- **Birincil Kullanıcı (Lisanslı Kullanıcı):** Frekansını kullanmak için lisanslı ve öncelikli olan kullanıcıdır. Lisanslı kullanıcı talep edilen frekans bandını kullanmak için Bilişim Teknoloji Kurumu tarafından belirlenen bedeli öder

ve bu frekans aralığı ona tahsis edilir. Başka bir kullanıcı bu bantta kanal boş veya dolu olmasına bakılmaksızın yayın yapamaz. BR teknolojisinin çalışma prensibi ile ikincil kullanıcılar (İK) birincil kullanıcının (BK) frekans bandını kullanmadığı zamanlarda ikincil kullanıcılara bu bandı kullanması için fırsat verir. Ancak önemli nokta birincil kullanıcı kendi bandına dönmesi ile ikincil kullanıcının yayını kesmesi ve BK'nın zarar görmeden yayın yapabilmesidir. Birincil kullanıcılar, ikincil yani lisanssız kullanıcılardan haberdar olmadığından BR, birincil kullanıcı iletim sistemlerine zarar vermeden ve onların yapılarına engel olmadan ilgili frekans aralığını düzenleyen sistemlerdir.

- **İkincil Kullanıcı (Lisanssız Kullanıcı):** Frekans bandını birincil kullanıcıların kullanmadığı zamanlarda kullanabilecek kullanıcılardır. BR sisteminde ikincil kullanıcılar BK tarafından yayının kullanılmadığını fark ettiğinde kullanıma geçer ve BK fark edildiğinde banttan çıkarak kendisine başka bir boş frekans bandı arar. Bandı terk etmesinde kısa zaman içerisinde banttan çıkması önemlidir. IEEE 802.22 standardında “kanal bırakma süresi” olarak adlandırılan bu süreye 2 saniyeden az olmayacak şekilde tasarlanmıştır [10].



Şekil 2.12. IEEE standart şeması

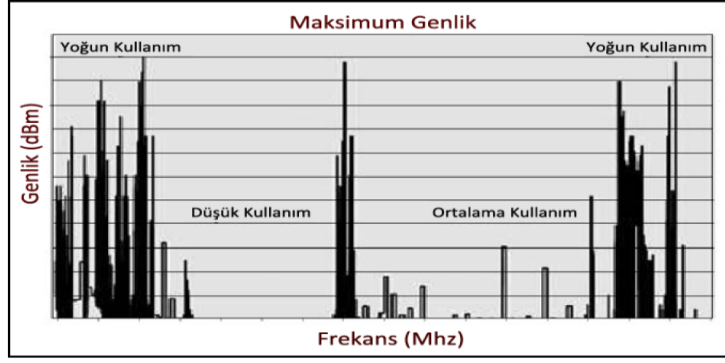
2.3 Televizyon Beyaz Boşluklar

Teknolojinin gelişmesi ile kablosuz iletişim cihazlarına oluşan talebin artması, özellikle mobil geniş bant hizmetlerinin yaygınlaşması ve akıllı cep telefonları kullanımının hızla artması işletmecileri yeni şebeke yatırımları yapmayı zorunlu hale getirmiştir. Şebeke yatırım planlamasının hayata geçirilmesi ile oluşacak maliyet düşünüldüğünde, iyi bir iletim şebekesi olan, kırsal ve uzak bölgelere iletişim sağlayabilen ve daha az baz istasyonuna ihtiyaç duyan UHF bandı işletmeciler için cazip hale gelmektedir.

Televizyon yayıncılığı için ayrılan UHF bandında, sayısal yayıncılıkla beraber boşaltılması planlanan frekanslara ve bu bandın aktif olarak kullanılmadığı bölümlerine “Televizyon Beyaz Boşlukları” ve burada haberleşme için kullanılacak cihazlara da “Televizyon Beyaz Boşluk Cihazları” denilmektedir. Sayısal yayıncılığa geçiş ile beraber karasal yayınların kullanılmaması UHF bandının spektrum kıtlığına çözüm olacağı düşünülmektedir. Dinamik Spektrum Erişimi (DSE) ile bu erişim modelini destekleyen yazılım tanımlı Bilişsel Radyonun birçok ülkede yapılan test çalışmalarına olumlu sonuç vermesi gelecekte bu modelin yaygın olarak kullanılacağına işaret etmektedir.

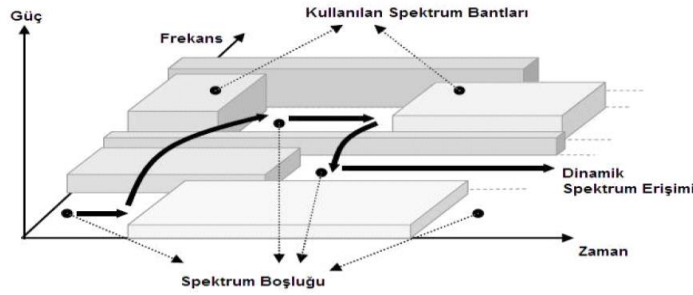
2.3.1 Dinamik spektrum erişimi

Teknolojinin gelişmesi ile mobil hizmetlerdeki artışlar, kullanıcı sayısının ve veri alışverişinin artması, kablosuz iletişim sistemlerine olan talebin fazlalaşması spektrumda sıkışıklığa neden olmaktadır. Bu nedenle mevcut spektrumun ne kadar verimli kullanıldığı üzerine araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Spektrumun tahsisli bölgelerinde yapılan araştırmalar sonucunda lisanslı kanalların aktif veya verimli kullanılmadığı yönünde tespitler yapılmıştır. Spektrum kullanım yoğunluğuna dair örnek **Şekil 2.13**'de gösterilmektedir.



Şekil 2.13. Spektrum kullanım yoğunluğu

Kendi çalışma ortamını algılayabilen bunları çalışma alanları olarak ayırt edebilen BR teknolojisi DSE'yi tanımlayan bir sistemdir. Temel prensip olarak ikincil kullanıcılara birincil kullanıcıların yayınlarına zarar vermeden spektrumun ortak olarak paylaşılmasıdır. Spektrumun ortak kullanımı ile beraber spektrumdaki diğer boş ve kullanılabilir boşlukların belirlenmesi, birincil kullanıcının varlığının hissedilmesi durumunda kanal boşaltılarak başka uygun bir kanala geçilmesidir. DSE modeli Şekil 2.14' de gösterilmektedir [11].



Şekil 2.14. Dinamik spektrum erişimi

2.3.2 Türkiye'de TV beyaz boşluk kavramı

1990 yılında fiili olarak ve 1993'te yasal süreç olarak ülkemizde ticari yayıncılık başlamıştır. ITU 1. bölge için 17 Haziran 2015 olarak sayısal yayıncılığa geçiş tarihi planlamış ancak henüz bu geçiş tamamlanamamıştır. Bu geçişle beraber UHF bantlarında oluşacak boşluklar ile beraber UHF bandında mevcut işletim tesislerin olması bu bantın kullanımında Televizyon Beyaz Boşluk (TVBB) haberleşme sistemini çok daha önemli hale getirmektedir. UHF bandının spektrum kıtlığı ve

kamu maliyet giderleri düşünülduğünde TVBB haberleşmesi için uygun olduğu düşünülmektedir.

TVBB haberleşmesi ile ilgili diğer ülkelerde yeni politikalar izlenmeye başlanmıştır. Buna örnek olarak ABD bazı bölgelerde TVBB haberleşmesinin uygulanabileceği alanlar yaratmıştır. Google Afrika'nın bazı bölgelerinde beyaz boşlukları kullanarak internet yayını yapmaktadır. Ülkemizde ise hâlihazırda TVBB haberleşmesine yönelik bir düzenleme yapılmaya başlanmamıştır. Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı artan spektrum yoğunluğu düşünülduğünde bu alandaki yol haritasını izlerken BTK ve RTÜK ile gerekli koordinasyonu sağlayıp TVBB haberleşme sistemini değerlendirmesi gerekmektedir [11].

2.3.3 TVBB haberleşmesine ilişkin standartlar

TVBB haberleşme için ilk olarak 2009 yılında ECMA-392 standardı oluşturulmuştur. Bu standart özellikle kullanıcıların ev ortamında kullandığı taşınabilir cihazlar üzerine planlanmıştır. 2004 yılında ise WRAN standardı ile uzak ve kırsal bölgelere internet erişimi tasarlanması düşünülmüş ve Temmuz 2011 tarihinde 802.22-2011 WRAN standardını yayınlanmıştır. WRAN standardı uzun mesafede sabit cihazlar ile haberleşme sağlanması için tasarlanmıştır. Yönlü antenler ile bu mesafe 10 ile 30 km arasında olup maximum 100 km mesafeye kadar çıkabilir. WRAN ve ECMA-392 standartlarında 6, 7 ve 8 MHz bant genişliklerini desteklemekte olup birincil kullanıcıların erişiminin düzenlenmesi için 802.22.1 standardı oluşturulmuştur.

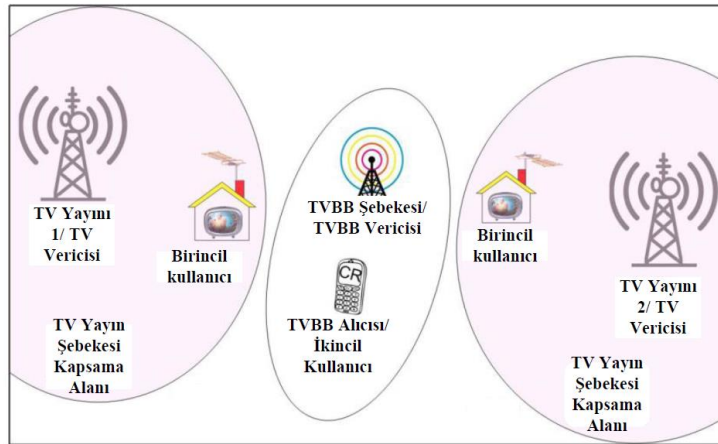
TVBB haberleşmesi sistemi için oluşturulan diğer standartlar ise TVBB haberleşmesinde cihazların birlikte çalışabilirliği için IEEE 802.19.1, spektrum veri tabanına erişim protokolü için Internet Engineering Task Force protokolü (taslak aşamasındadır), dinamik spektrum erişimi için IEEE DySPAN-SC (IEEE Dinamik Spektrum Erişim Ağı Standartlar Komitesi) IEEE 1900, telsiz personel ağı (Wireless Personal Area Networks, WPAN) için IEEE 802.15.4m standartlarıdır [11,12].

2.3.4 TVBB şebeke yapısı

TVBB haberleşmesinde veri alış verişi için kablosuz iletişim kanallarını kullanılmaktadır. WiFi gibi diğer kablosuz iletişim cihazlarına benzer şekilde düşük

güçlerde çalışırlar ancak 470-790 MHz frekans aralığında çalışacağından bu bölgedeki dalga özelliklerinden dolayı duvar ve yükselti gibi engellerden geçebilecek sinyal özellikleri vardır ve geniş frekans aralığında çalışabilirler. TVBB WiFi ye göre kapasite olarak 3 kat, kaplama alanı olarak 10 kat daha fazla alanda iletim yapabilir. TVBB sisteminin baz istasyonu Hızı 1 Gbps'ye çıkabilirken bu sistemin baz istasyonu 100 km çap kadar alanda hizmet verebilir.

TVBB hücresel bir yapısı olduğundan her hücrelerinde bir baz istasyonu vardır. Bu baz istasyonu spektrumu yönetilmesi için planlanmıştır. TVBB haberleşme yönetiminde frekansların düzenlenmesi, erişim olmaksızın birincil ve ikincil kullanıcılar arasında frekansın ortak olarak kullanılmasını sağlamak ve kullanılacak veri tabanına uygulanacak standartların belirlenmesi (WRAN, WLAN, WPAN, sensör ağıda dahil mobil to mobil haberleşme gibi) önemli kriterlerdir. Bu kriterler dikkate alınarak birincil ve ikincil kullanıcıların tamamının veri tabanına erişebilmesini sağlayan temel şebeke yapısı planlanmaktadır. Birincil kullanıcılar yerleşik lisanslı sistemler ile iletim yaparken ve ikincil kullanıcılar beyaz boşluk haberleşmesi ile iletim yaparlar. Ortamdaki birincil kullanıcılar genellikle sabit frekanslı ve yüksek güçte iletim yapan kullanıcılardır. Buldukları coğrafi koşullara göre birincil kullanıcıların spektrumunda var olup olmama durumları zamansal olarak değişiklik gösterebilir. BR teknolojisi ile spektrumun iyi analiz edilmesi önem taşımaktadır. Yapılan testler ile birincil kullanıcıların TVBB haberleşmesinden etkilenmemeleri için jeolojik veritabanı, spektrum dinlemesi ve uyarı işaretleri (beacon) yöntemleri üzerinde durulmaktadır. TVBB haberleşme yapısı **Şekil 2.15**'de gösterilmektedir.



Şekil 2.15. TVBB haberleşme şebeke yapısı

Jeolokasyon veri tabanında birincil kullanıcılara ait konumlar iletim güçleri, kapsama alanları, anten özellikleri gibi bilgiler kullanılır. Bu bilgilerin oluşturduğu bölgesel spektrum haritaları vasıtasıyla dolu ve boş kanal bilgisine erişmek mümkündür. TVBB jeolokasyon veritabanına erişim sağlar ve GPS yardımıyla bulunduğu bölgenin spektrum haritası üzerinden bulunan boş bantlar tespit edilir ve haberleşme yapılıp yapılmayacağına karar verilir. Bu iletim sisteminde veri tabanına erişim sağlayan kontrol kanalı ve yer belirlemede kullanılan GPS sistemleri büyük önem taşımaktadır.

Spektrum dinleme yönteminde alçak güçte yayın yapan cihazların tespiti oldukça güçtür. Beacon (işaret) yönteminde ise düzenli olarak iletilen bir sinyalin, yerleşik bir ağ yardımı ile TVBB cihazlarından alınan verilerle iletimi yapılmaktadır. Jeolokasyon ve beacon veri tabanları ayrı ayrı kullanılabilir. Bu uygulamalardan jeolokasyon veri tabanı ve spektrum dinleme yöntemlerinin birlikte kullanılması birincil kullanıcıların TVBB haberleşmesinden korunmaları için tercih edilmektedir.

TVBB haberleşme veri tabanı tasarlanması ve yönetimi için ilk olarak ABD'nde Kasım 2009 yapılan çağrıya firmalar büyük ilgi göstermiş ve 2011 de 5 yıllık 9 veri tabanı yöneticisi ile anlaşılmıştır. Bunlar Google, Telcordia, Comsearch, Frequency Finder Inc., KB Enterprises LLC and LS Telcom, Key Bridge Global LLC, Neustar Inc., Spectrum Bridge Inc. ve WSdb LLC firmalarıdır.

TVBB haberleşmesi için planlanan kullanım şekilleri;

- Orta/uzun mesafe telsiz erişimi: Jeolokasyon bilgisi gerekli, sabit, yarı mobil, mobil ve şebeke temelli düşünülmüştür. Hücreli sistemde her hücrede baz istasyonu ve 10 km'ye kadar mesafede her bir baz istasyonu ile beyaz boşluklar kullanılarak internet erişiminin sağlanması modelidir.
- Kısa mesafe telsiz erişimi: Baz istasyonundan 50m mesafeye kadar üniversite gibi düzenli yerleşim yerlerine beyaz boşluk frekansları ile internet erişimi sağlanması modelidir.

- Geçici şebeke yapısı (Ad-hoc) ile telsiz erişim: Kullanıcılar ile erişim noktaları veya benzer iletişim cihazları arasında geçici şebeke yapısı ile TVBB haberleşme sağlanması modelidir.
- Hücreli sistemlerle fırsatçı erişim: Birincil kullanıcılar ile ikincil kullanıcılar arasında hücreli yapı ile TVBB lar kullanılarak haberleşme yapılması şeklindedir. Bu senaryo da baz istasyonunun zaman limitli anahtarlama özelliği sayesinde lisanslı ve lisanssız bantlar kullanılmaktadır. Böylece işletme ve yatırım masrafı düşüktür. Sinyal yayılım alanı geniş olup düşük güçler ile yüksek iletim kalitesi sağlanır [11,12].

2.3.5 Televizyon alıcıları

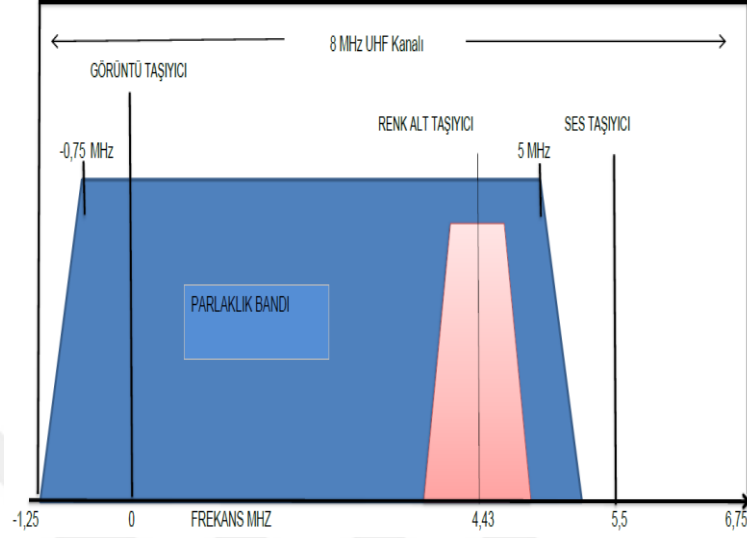
Televizyon, uzak (tele), vision görüntü anlamına gelen iki kelimenin birleşmesinden oluşmuş olup iletilmek istenen ses ve görüntünün EM dalgalar yardımı ile iletilme teknolojisidir. İlk olarak 1870 yılında hareketli resmin iletilmesi çalışmaları başlamıştır. Daha sonra 1884 yılında Paul Nipkow'un döner çarklı tarama çalışmaları 1930'lu yıllara kadar birçok sisteme ışık tutmuştur. Bu sistemde elde edilen görüntünün kalitesi düşük olduğundan daha sonra katot ışınlı lambalar ile görüntü elektriksel sinyale çevrilip tekrar görüntüye çevrilip görüntü kalitesi artırılmıştır.

Televizyon yayın sisteminde görüntü ve ses dalgaların taşınması için iki ayrı taşıyıcı dalga kullanılır. Görüntü genlik modülasyonu ile ses ise frekans modülasyonu ile modüle edilir. Resim satır satır taranarak elektrik sinyaline dönüştürülür. Ses sinyali de yükselteç yardımı ile elektrik sinyaline çevrilir. Daha sonra resim ve ses EMD ile birlikte dalgalar halinde iletilirler. Alıcı anten bu EM dalgayı alır ve tekrar gelen resim ve ses hâline dönüştürür.

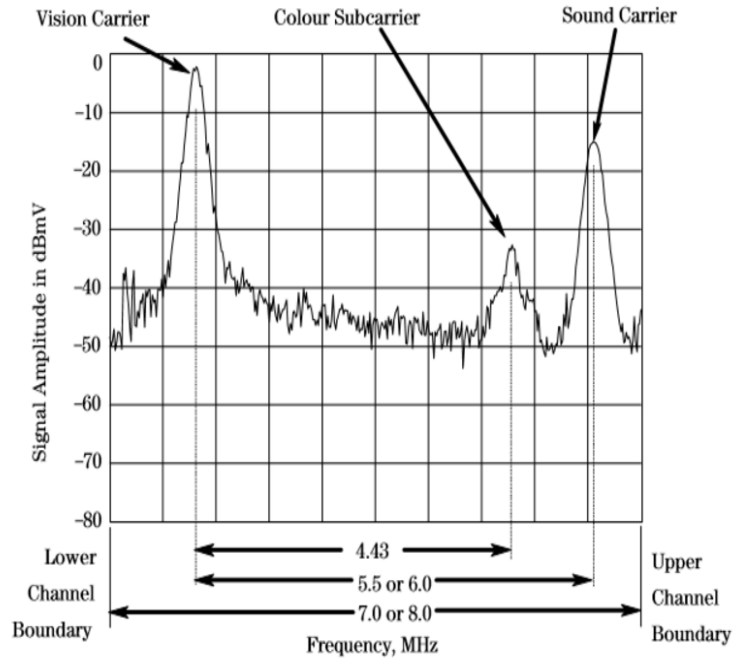
Televizyon alıcısının karıştırıcı bölümünde elde edilen resim ve ses sinyallerinin izledikleri yol bakımından alıcıları içerisinde iki grupta sınıflandırılabilir.

- Ayrık Sesli (Split Sound) Alıcı Sistemleri: Amerika ve Doğu ülkelerinde yaygın olarak kullanılır ve paralel ses işlemi açısından çok kaliteli dirler.
- Ara Taşıyıcılı (Inter Carrier) Alıcı Sistemleri: Bu tip alıcılarda ses ara frekans sinyali 5,5 MHz olup ses ve görüntü sinyali aynı frekansta taşınırlar. Avrupa

ve Türkiye’de yaygın olarak kullanılır. TV Spektrum da bir kanala ait parlaklık ve ses taşıyıcı yerleşimi Şekil 2.16 ve Şekil 2.17’de gösterilmektedir [13,14].



Şekil 2.16. TV spektrum da bir kanala ait parlaklık ve ses taşıyıcı yerleşimi



Şekil 2.17. TV spektrum da görüntü, renk ve ses taşıyıcı Gösterimi

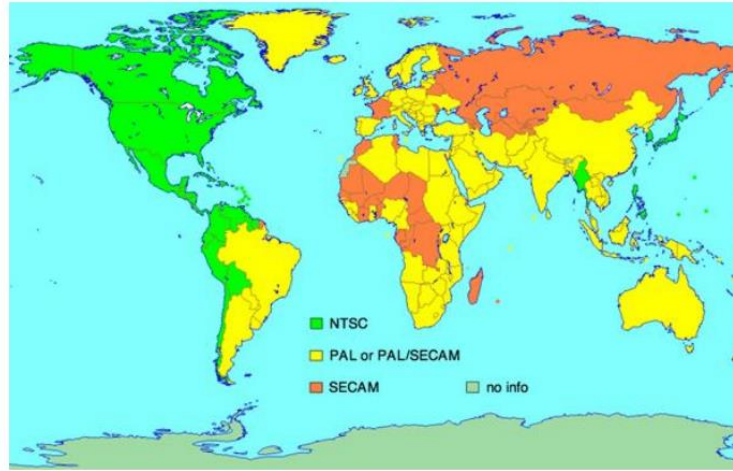
2.3.6 Televizyon renk kodlama sistemleri

1928'de John Logie Baird ile ilk televizyon gösterisi yapılmıştır. Ticari amaçlı renkli televizyon sistemlerinin geliştirilmesi 25 yıl sonra gerçekleşmiştir.

Bunlardan ilki, 1954'de ABD de geliştirilen ve bugün ABD'nin yanı sıra Kanada, Meksika ve Japonya'da hâlâ kullanılmakta olan NTSC'dir (National Television Systems Committee: Ulusal Televizyon Sistemleri Komitesi).

PAL sistemi ise (Phase Alternation Line: Satır Atlamalı Faz) NTSC'nin değişik bir biçimidir ve Almanya Federal Cumhuriyeti'nde geliştirilmiştir. Türkiye'de ve Fransa dışındaki diğer Avrupa ülkeleri ile Avustralya'da bu sistem kullanılmaktadır.

SECAM (SÉquentiel Couleur À Mémoire: Bellekli Elektronik Renk Sistemi) ise Fransa, SSCB, Macaristan ve Cezayir'de kullanılmaktadır. Dünyada kullanılan renk kodlama sistemlerinin durumu Şekil 2.18'de gösterilmektedir.



Şekil 2.18. Renkli televizyon sistemleri kullanımının dünya üzerindeki dağılımı

- **PAL:** Dünyada en çok kullanılan analog bir sistemdir. Bütün renkli bilgiler yardımcı dalga üzerinden iletilir. Fransa, Rusya hariç bütün Avrupa ülkeleri PAL sistemini kullanır. Türkiye'de de bu sistem kullanılmaktadır.
- **NTSC:** Amerika, Kanada ve Japonya'nın kullandığı sistemdir. Renk taşıyıcının fazı ile rengin tonu belirlenir. Fazda yaşanabilecek hata rengin değişmesinde bir hata oluşturabilir.
- **SECAM:** Fransa, SSCB, Macaristan ve Cezayir'de kullanılmaktadır. Bu sistemde iki renk işareti ve bir parlaklık işareti içermektedir [13,14].

2.4 Literatürdeki Çalışmalar

2.4.1 Bilişsel radyo üzerine literatürde yapılan çalışmalar

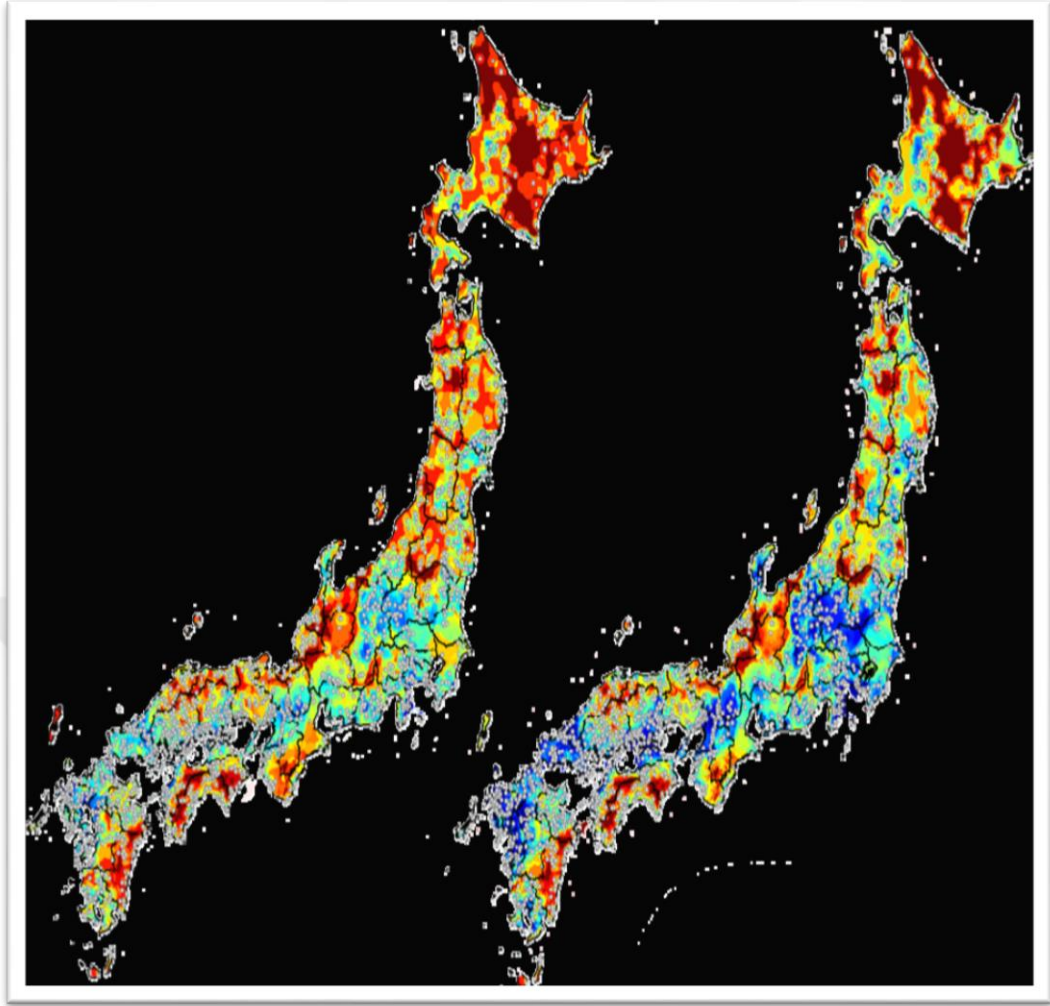
Bilişsel Radyo uygulamaları , kullanılabilirliği ve protokolleri gibi konu başlıkları altında birçok üniversitede araştırmalar yapılmış ve makaleler yazılmıştır.

- Levent Altay'ın araştırmasında Bilişsel Radyo sisteminin çalışabilmesi için yaşamsal önemi olan spektrum sezme mekanizmaları güvenlik açısından araştırılması , bilişsel radyo ağlarında işbirlikçi spektrum sezme sistemine yönelik eşgüdümlü saldırılar tanımlanmakta ve analiz edilmektedir. İşbirlikçi spektrum sezmeye yönelik güven yönetimine dayalı bir adet karşı önlem önerilmektedir. Ayrıca, söz konusu sistemlerin eşgüdümlü saldırılardaki performanslarını göstermek amacıyla deneysel sonuçlar da sağlanmaktadır [15].
- A. Çağatay Talay'ın araştırmasında daha önce önerilmiş olan bir yönlendirme protokolünde yol düzeltmenin başarıma olan etkisi üzerinde durulmuştur. Yönlendirme protokollerinin kullandıkları yol bulma teknikleri yanında bulunan yolun özellikle bilişsel radyo ağları gibi değişken ortamlara uyum sağlamalarının da çok önemli özellik olarak öne çıktığı gözlemlenmiştir [16].
- Cebrail Çiflikli'nin araştırmasında birçok uygulama alanı bulunan BR teknolojisinin paylaşılan ortama düzenli erişim için gereken kuralları belirleyen MAC protokol özellikleri gözden geçirilmiş, son olarak, BR özellikleri ve yeni MAC tasarımında gözetilmesi gereken işlevler tanıtılmıştır [17].
- Didem Çolak'ın araştırmasında yeni nesil akıllı radyolar hakkında genel bilgiler sunulmuş ve WRAN sistemiyle bütünleştirilmesi incelenmiştir [10].
- Serhat Erküçük'ün araştırmasında Ultra Geniş Bant Sistemler ile Bilişsel Radyoların karşılaştırılması üzerinde durulmuştur [8].

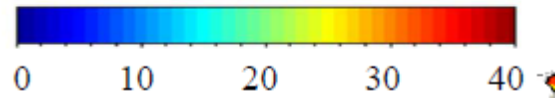
2.4.2 Televizyon beyaz boşluklar literatürdeki çalışmalar

Televizyon beyaz boşluk hakkında birçok ülkede uygulamalar, makaleler ve araştırmalar yapılmıştır.

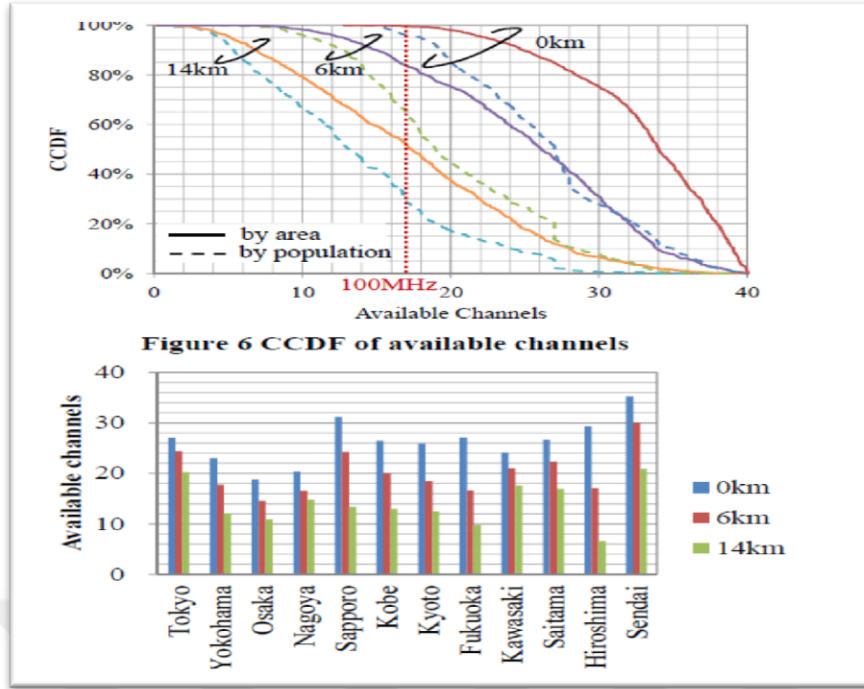
- Liang Yin'in araştırmasında Çin deki kanal frekans boşlukları bilişsel radyo uygulamaları üzerinde durulmuştur [18].
- Ha Noi'nin araştırmasında diğer çalışmalara benzer bir şekilde Vietnam'daki belirli frekans aralıklarındaki yoğunluk tespiti yapılmıştır [19].
- Nan Wang' in araştırmasında Londra spektrum frekanslarının güçleri üzerinde çalışılmıştır [20].
- Tsuyoshi Shimomura'nın araştırmasında Japonya'daki spektrum analizi yapıp, frekans aralıklarının kullanıldığı yerler tespit edilerek ülke haritasına işlenmiştir ve Amerika ile kullanılmayan beyaz boşluk yoğunluğunun karşılaştırılması üzerinde durulmuştur. **Şekil 2.19** ve **Şekil 2.20**'de Japonya ülkesine ait TVBB çalışmaları yer almaktadır [21].



Number of Available TV Channels

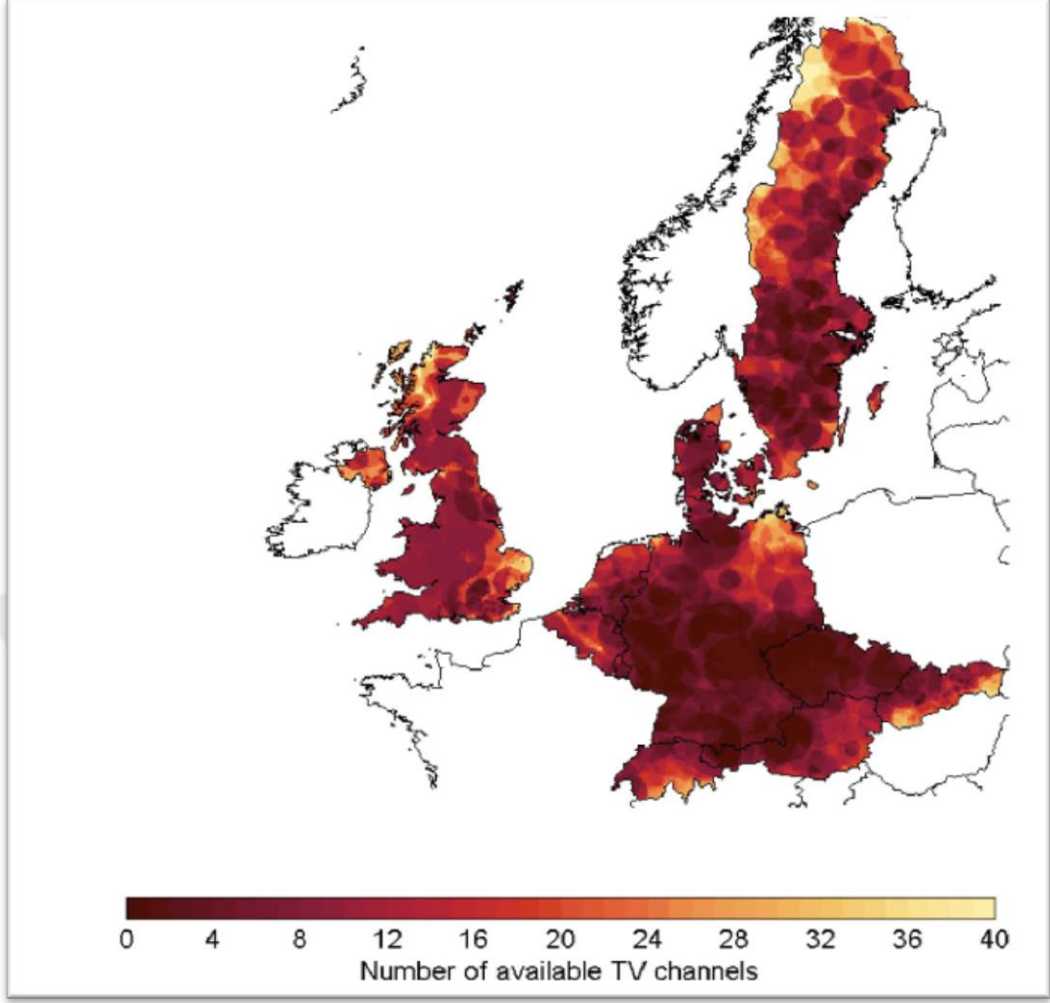


Şekil 2.19. Japonya spektrum haritası

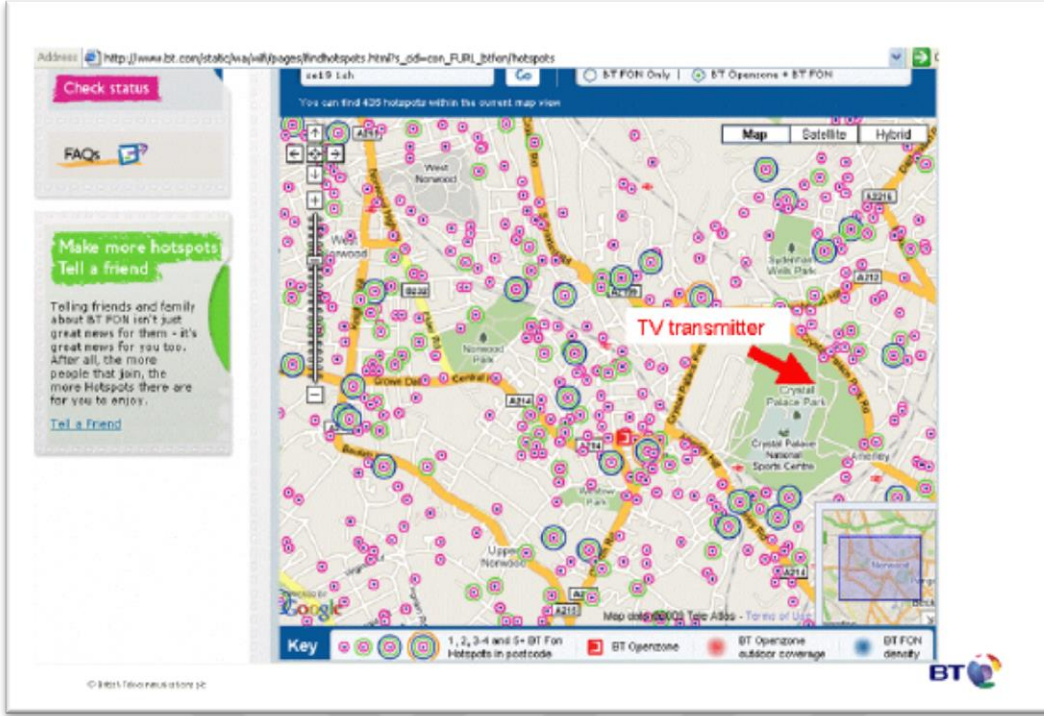


Şekil 2.20. Japonya kanal boşluk grafikleri

- Jaap van de Beek'in araştırmasında Avrupa'daki 470-790 MHz UHF bant aralığındaki frekans spektrumunun yoğunluğu tespit edilerek kullanılmayan frekans boşluklarının modellenmesi üzerinde yapılan bir araştırmadır [22].
- Centre for Computational Science'in araştırmasında İngiltere'de yapılan bu çalışmada ülkenin spektrum frekans yoğunluğunun tespiti üzerinde ölçümler yapıp elde edilen veriler ile birlikte kullanılmayan frekanslar tespit edilmiştir. Beyaz boşluk da denilen bu kullanılmayan veya verimsiz kullanılan frekanslar üzerinden bilişsel radyo kullanımı ile ilişkilendirilmiştir. **Şekil 2.21** ve **Şekil 2.22**'de İngiltere'ye ait TVBB çalışmaları yer almaktadır [23].

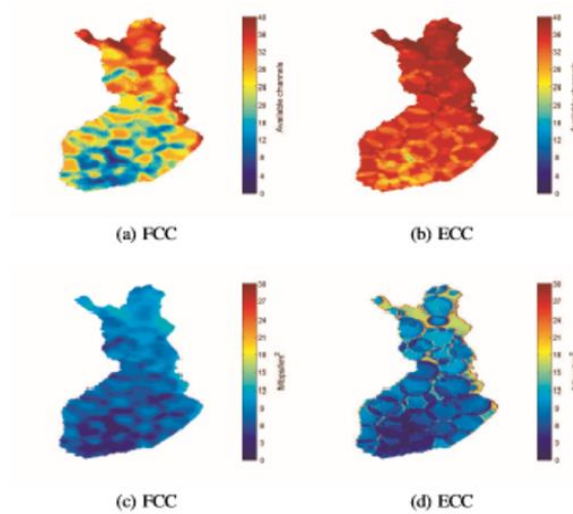


2.21. İngiltere ve kısmen avrupaya ait TVBB Haritası



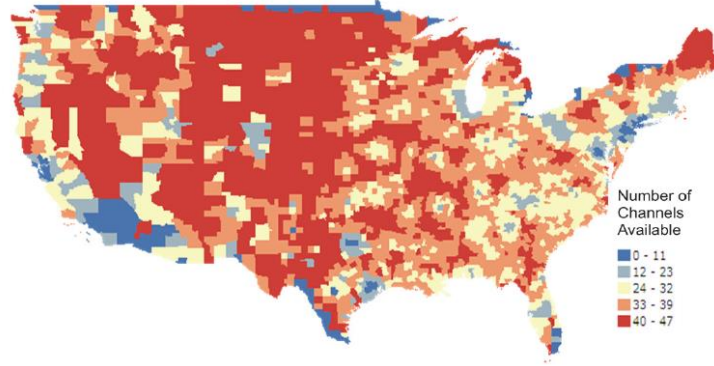
Şekil 2.22. İngiltere TV verici yerleri

- Riku J'antti'nin araştırmasında Finlandiya da yapılan bu çalışma İngiltere de yapılan çalışmaya benzer nitelikte olup beyaz boşlukların tespiti ve bu boşlukların Federal Haberleşme Komisyonu Kuralları ve Avrupa Elektronik Haberleşme Komitesi Kuralları açısından kullanımı hakkında araştırma yapılmıştır. Şekil 2.23'de Finalndiya'da yapılan TVBB çalışması yer almaktadır [24].



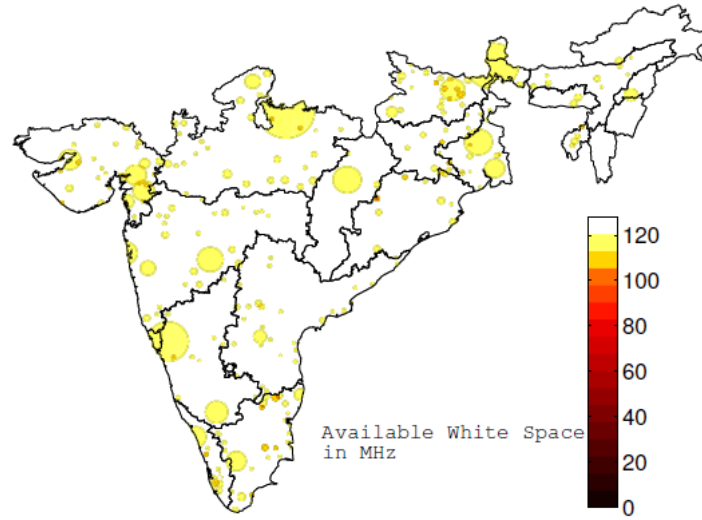
Şekil 2.23. Finlandiya için TVBB çalışması

- Şekil 2.24’de Peter Flynn’nin araştırmasında ABD’ nde yapılan TVBB çalışması yer almaktadır [25].



Şekil 2.24. ABD TVBB çalışması

- Şekil 2.25’de Gaurang Naik’in araştırmasında Hindistan’ da yapılan TVBB çalışması yer almaktadır [26].



Şekil 2.25. Hindistan TVBB çalışması



3. MATERYAL VE METHOD

Bu çalışmada Samsun il merkezi ve ilçelerinde 73 farklı konumda 450 MHz ile 800 MHz frekansları arasında ölçümler yapılarak UHF bandındaki tahsisli kanalların (lisanslı kullanıcılar) tespiti yapılmıştır. UHF bandı B/G PAL sistemine uyumlu kanal tahsisleri **Çizelge 3.1**'de yer almaktadır.

Çizelge 3.1. UHF bandı frekans tahsis listesi

KANAL	KANAL BAŞLANGIÇ	KANAL BİTİŞ	KANAL MERKEZİ	GÖRÜNTÜ TAŞIYICI	SES TAŞIYICI
C21	470	478	474	471,25	476,75
C22	478	486	482	479,25	484,75
C23	486	494	490	487,25	492,75
C24	494	502	498	495,25	500,75
C25	502	510	506	503,25	508,75
C26	510	518	514	511,25	516,75
C27	518	526	522	519,25	524,75
C28	526	534	530	527,25	532,75
C29	534	542	538	535,25	540,75
C30	542	550	546	543,25	548,75
C31	550	558	554	551,25	556,75
C32	558	566	562	559,25	564,75
C33	566	574	570	567,25	572,75
C34	574	582	578	575,25	580,75
C35	582	590	586	583,25	588,75
C36	590	598	594	591,25	596,75
C37	598	606	602	599,25	604,75
C38	606	614	610	607,25	612,75
C39	614	622	618	615,25	620,75
C40	622	630	626	623,25	628,75
C41	630	638	634	631,25	636,75
C42	638	646	642	639,25	644,75
C43	646	654	650	647,25	652,75
C44	654	662	658	655,25	660,75
C45	662	670	666	663,25	668,75
C46	670	678	674	671,25	676,75
C47	678	686	682	679,25	684,75
C48	686	694	690	687,25	692,75
C49	694	702	698	695,25	700,75
C50	702	710	706	703,25	708,75
C51	710	718	714	711,25	716,75
C52	718	726	722	719,25	724,75
C53	726	734	730	727,25	732,75
C54	734	742	738	735,25	740,75

Çizelge 3.1. devamı

C55	742	750	746	743,25	748,75
C56	750	758	754	751,25	756,75
C57	758	766	762	759,25	764,75
C58	766	774	770	767,25	772,75
C59	774	782	778	775,25	780,75
C60	782	790	786	783,25	788,75
C61	790	798	794	791,25	796,75

Ölçüm yapılan konumların koordinatları alınmış olup ölçüm noktaları, mevkiileri ile birlikte listelenmiştir. **Çizelge 3.2'**de ölçüm yapılan konumların listesi yer almaktadır.

Çizelge 3.2 Ölçüm yapılan konumlar

ÖLÇÜM NO	YER	MEVKİİ	KOORDİNANT
1	ALAÇAM	ALAÇAM GİRİŞİ-YEDAŞ DAĞITIM MERKEZİ MEVKİİ	41.616191, 35.619930
2	ALAÇAM	ALAÇAM MERKEZ-ŞEHİR MEZARLIĞI ÖNÜ	41.613955, 35.606455
3	ALAÇAM	ALAÇAM ÇIKIŞI-ÇIKIŞ KÖPRÜSÜ	41.617466, 35.597925
4	ASARCIK	ASARCIK-HÜKÜMET KONAĞI ÖNÜ	41.034598, 36.230669
5	ASARCIK	ASARCIK-ATATÜRK İLKOLU ÖNÜ	41.036683, 36.239746
6	ASARCIK	ASARCIK-ASARCIK ÇIKIŞI	41.039481, 36.231723
7	ATAKUM	ALAÇAM CADDESİ SKY TOWERS ÖNÜ DOĞA KOLEJİ SAPAĞI	41.312813,36.280549
8	ATAKUM	CAGALOĞLU BULVARI TÜRK-İŞ MARKET ÖNÜ	41.329133,36.267726
9	ATAKUM	TAFLAN YALI MESLEK LİSESİ ÖNÜ	41.435454,36.148256
10	ATAKUM	DENİZEVLERİ MEVKİİ KARAYOLLARI ARKASI	41°19'38.92"K, 36°18'17.26"D
11	ATAKUM	TÜRK-İŞ İŞ BANKASI ÖNÜ	41°20'11.29"K, 36°16'21.56"D
12	ATAKUM	VATAN CADDESİ MEVKİİ	41°21'7.26"K, 36°14'20.02"D
13	ATAKUM	ÇAKIRLAR MERKEZ MEZARLIK YANI	41.389572, 36.17488
14	ATAKUM	ALTINKUM DÜĞÜN SALONU YANI	41.400335, 36.187761
15	ATAKUM	TURGUT ÖZAL YURDU YANI	41.379679, 36.217372
16	ATAKUM	PELİTKÖY TOKİ YANI	41.354114, 36.204879
17	AYVACIK	AYVACIK MEYDAN	40.989204, 36.632966
18	AYVACIK	AYVACIK GİRİŞ	40.992783, 36.630514
19	AYVACIK	AYVACIK ÇIKIŞ	40.986841, 36.632811
20	BAFRA	BAFRA GİRİŞİ-MEZARLIK YANI	41.552598, 35.924743
21	BAFRA	BAFRA MERKEZ-ADLİYE MEVKİİ	41.561729, 35.905928
22	BAFRA	BAFRA MERKEZ-ÇELİK PARK AVM	41.557207, 35.909772
23	BAFRA	BAFRA ÇIKIŞI-KOLAY KAVŞAĞI	41.569921, 35.874716
24	CANİK	BELEDİYE EVLERİ KAVŞAĞI	41.27217, 36.36612
25	CANİK	BAŞARI ÜNİVERSİTESİ ÖNÜ	41.23076, 36.36864
26	CANİK	HASKÖY BULVARI MEŞE TESİSLERİ KAVŞAĞI	41.25573, 36.36439
27	CANİK	MEDİCANA HASTANE ÖNÜ	41.26656,36.35094
28	CANİK	MİRA EVLERİ ÖNÜ DÖRT YOL MEVKİİ	41.27022, 36.33249
29	CANİK	POLATLI BULVARI OPET ÖNÜ	41.26114, 36.31551
30	CANİK	KOÇTAŞ ÖNÜ	41°15'48.95"K, 36°20'57.93"D
31	ÇARŞAMBA	ÇARŞAMBA GİRİŞ-SANAYİ KAVŞAĞI	41.205416, 36.695497
32	ÇARŞAMBA	ÇARŞAMBA MERKEZ-BELEDİYE ÖNÜ	41.197050, 36.726381
33	ÇARŞAMBA	ÇARŞAMBA MERKEZ-VEFA AVM ÖNÜ	41.202389, 36.730160

Çizelge 3.2. devamı

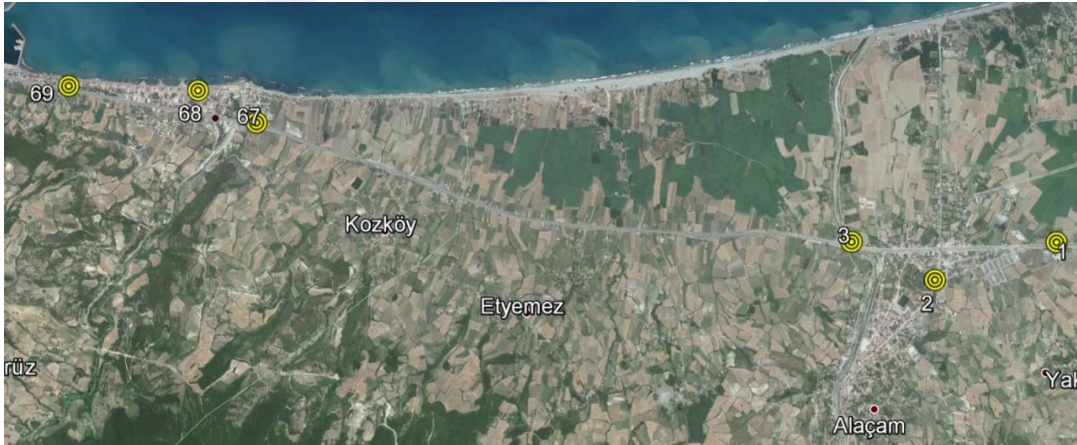
34	ÇARŞAMBA	ÇARŞAMBA ÇIKIŞ-KAVAKDİBİ KAVŞAĞI	41.208881, 36.750082
35	HAVZA	HAVZA GİRİŞİ-ŞEHİTLER ANITI ÖNÜ	40.969799, 35.670490
36	HAVZA	HAVZA SANAYİ SİTESİ	40.978329, 35.683415
37	HAVZA	HAVZA ÇIKIŞ KAVŞAĞI	40.947329, 35.658627
38	İLKADIM	100. YIL BULVARI RASATHANE KAVŞAĞI	41.282871, 36.332344
39	İLKADIM	LİSE CADDESİ ATAÜRK ANADOLU LİSESİ ÖNÜ	41°17'0.43"K, 36°20'22.95"D
40	İLKADIM	CUMHURİYET MEYDANI	41.290416,36.334764
41	İLKADIM	TEKEL KAVŞAĞI MEVKİİ	41.281314,36.349444
42	İLKADIM	ARAŞTIRMA HASTANESİ ÖNÜ	41.273493,36.298215
43	İLKADIM	OTOGAR MEVKİİ	41.286851,36.287635
44	İLKADIM	56 LAR LİNENS ÖNÜ BIBER KAFE SAPAĞI	41.280371,36.341574
45	İLKADIM	LİMAN KAVŞAĞI	41.309530,36.336309
46	KAVAK	ÇAKALLI-DEMİRCİOĞLU MENEMEN ÖNÜ	41.128788, 36.134280
47	KAVAK	KAVAK GİRİŞİ ASARCIK SAPAĞI	41.068585, 36.049119
48	KAVAK	KAVAK ÖĞRETMENEVİ ÖNÜ	41.076308, 36.039077
49	LADİK	LADİK GİRİŞİ JANDARMA ÖNÜ	40.920368, 35.895866
50	LADİK	LADİK MERKEZ-BELEDİYE ÖNÜ	40.909246, 35.894816
51	LADİK	LADİK ÇIKIŞI-ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖNÜ	40.909457, 35.901573
52	ONDOKUZMAYIS	ONDOKUZMAYIS GİRİŞ	41.490503, 36.087082
53	ONDOKUZMAYIS	ONDOKUZMAYIS MERKEZ-İNCİ SİTESİ ÖNÜ	41.497569, 36.083526
54	ONDOKUZMAYIS	ONDOKUZMAYIS ÇIKIŞI-ÇAMLICA MAH.CAMİİ ÖNÜ	41.503957,36.053032
55	SALIPAZARI	BİÇME MEVKİİ	41.087330, 36.804972
56	SALIPAZARI	KALFALI-ÇİÇEKLİ MAHALLESİ	41.085197, 36.858455
57	SALIPAZARI	YEDAŞ ÖNÜ	41° 5'7.60"K, 36°49'35.04"D
58	TEKKEKÖY	SAMSUN CADDESİ MEVKİİ	41°13'24.02"K,36°27'7.50"D
59	TEKKEKÖY	TEKKEKÖY-MERKEZ BELEDİYE ÖNÜ	41.214518,36.458595
60	TEKKEKÖY	TEKKEKÖY-ÇIKIŞ RECEPOĞLU ÖNÜ	41.225345, 36.477525
61	TERME	TERME GİRİŞİ-SOĞANCIPARK ÖNÜ	41.213351, 36.942585
62	TERME	TERME MERKEZ-SAAT KULESİ	41.209466, 36.971795
63	TERME	TERME ÇIKIŞI-DEMİRTÜRK PİRİNÇ FABRİKASI ÖNÜ	41.209880, 36.988271
64	VEZİRKÖPRÜ	VEZİRKÖPRÜ SAAT KULESİ	41.143508, 35.458224
65	VEZİRKÖPRÜ	VEZİRKÖPRÜ VABARTUM AVM ÖNÜ	41.139972, 35.471388
66	VEZİRKÖPRÜ	VEZİRKÖPRÜ GİRİŞ KAVŞAĞI	41.123099, 35.489232
67	YAKAKENT	YAKAKENT GİRİŞİ-BAHÇELİEVLER SAPAĞI	41.630583, 35.534888
68	YAKAKENT	YAKAKENT MERKEZ-CUMHURİYET CADDESİ	41.633527, 35.528786
69	YAKAKENT	YAKAKENT ÇIKIŞI-ERDOĞAN CEBECİ İLKOLU SAPAĞI	41.634652, 35.514869
70	ATAKUM	VERİCİLER	41.335854, 36.113602
71	ATAKUM	MEYVALI ASFALT	41.325913, 36.182565
72	ATAKUM	BARİŞ BULVARI	41.319441, 36.263349
73	ATAKUM	ANADOLU BULVARI SELÇUK ECZA DEPOSU MEVKİİ	41°17'58.00"K, 36°17'42.32"D

Çizelge 3.2'de yer alan ölçüm noktalarındaki sıra numaraları google earth haritası üzerine koordinatlı bir şekilde işlenmiştir. Bu sayede ölçüm yapılan yerlerin birbirine olan uzaklıkları belirlenerek UHF bandındaki kanalların kilometrik bazlı değişimlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4,

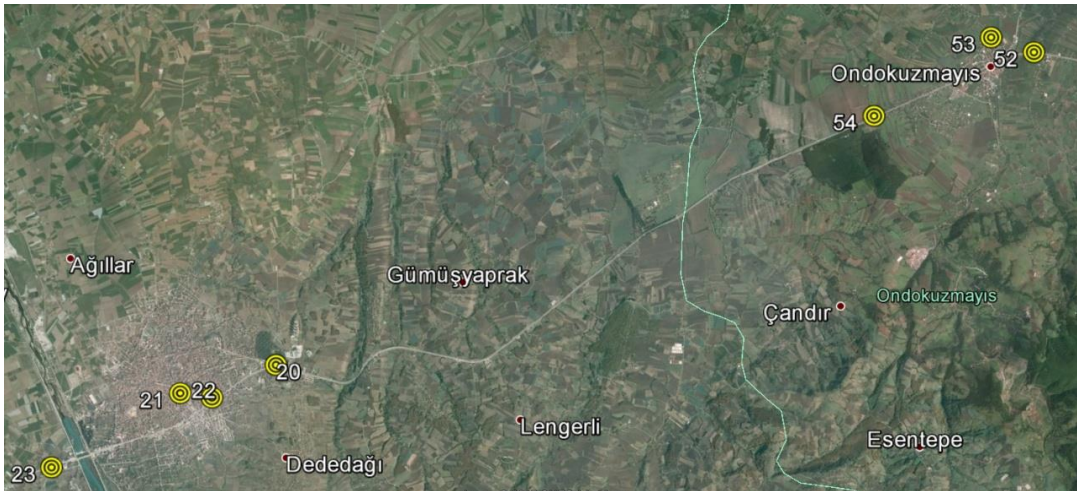
Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de ölçüm yapılan yerlerin ilçe bazlı Google Earth görüntüleri gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Atakum ölçüm yerleri



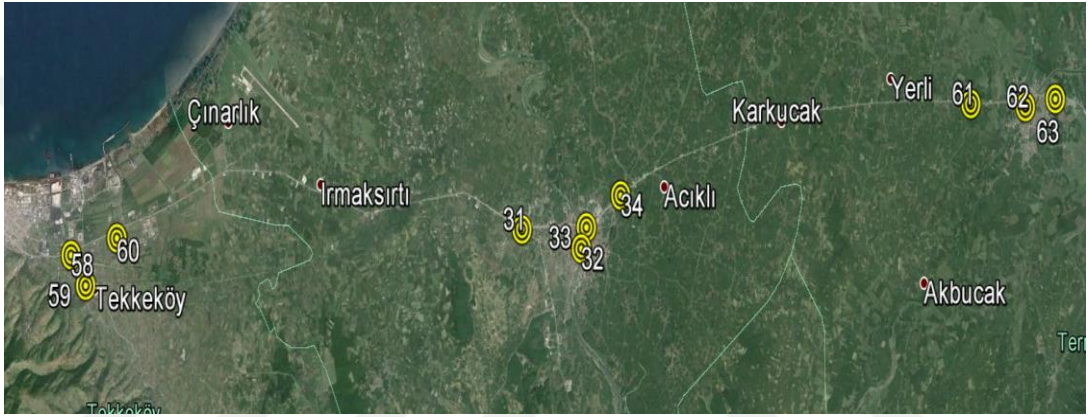
Şekil 3.2. Alaçam ve Yakakent ölçüm yerleri



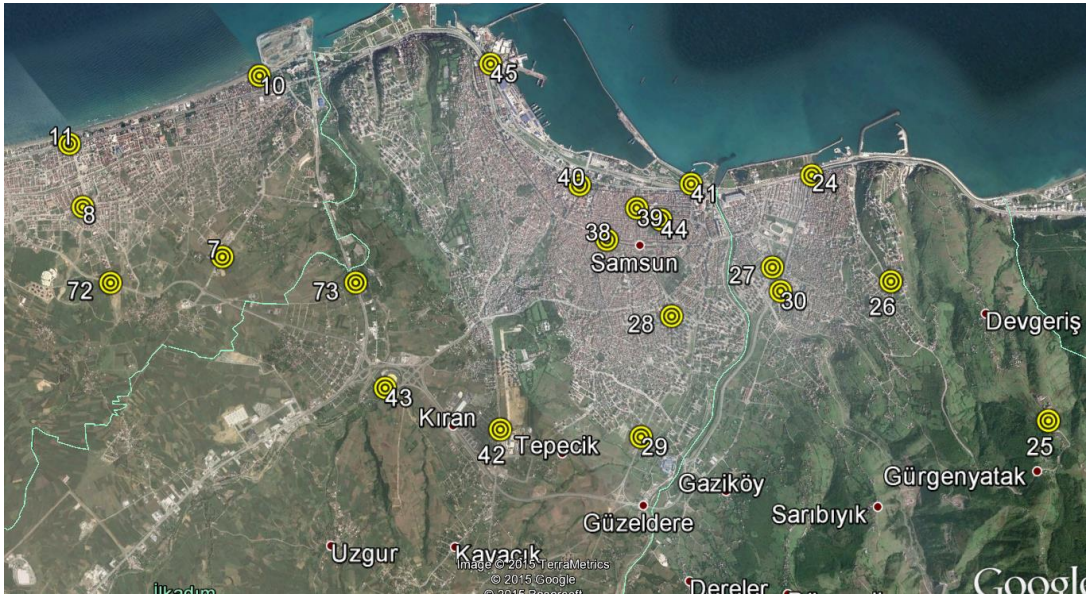
Şekil 3.3. Bafra ve 19 Mayıs ölçüm yerleri



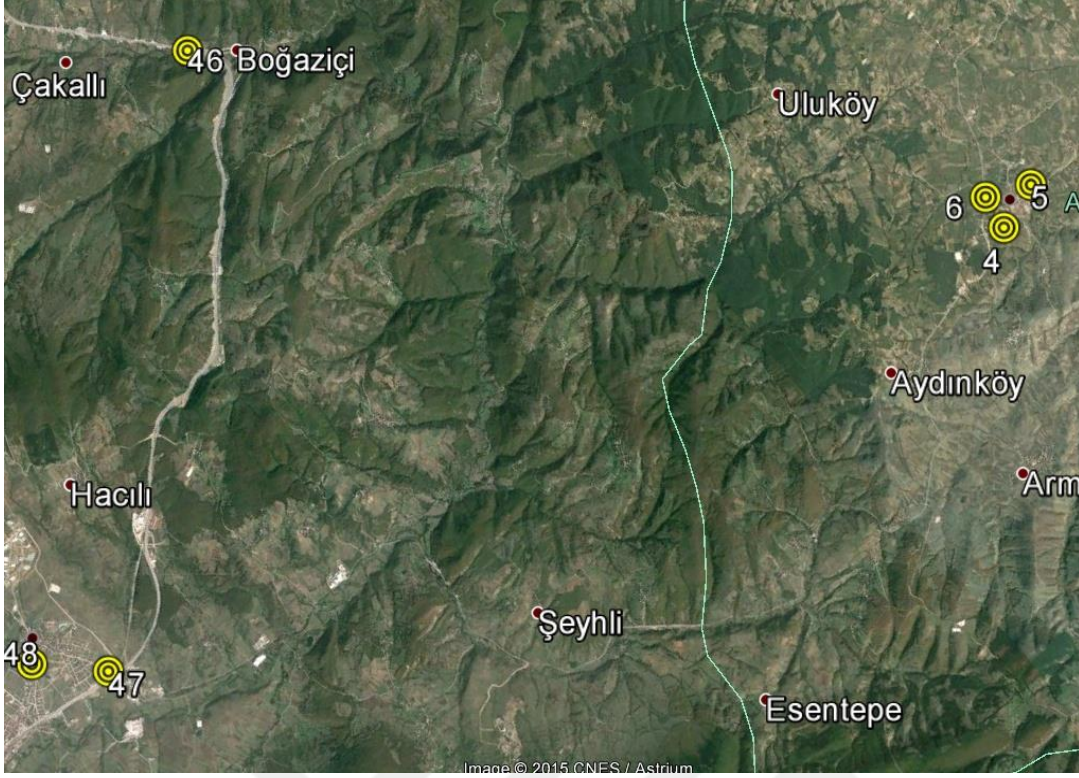
Şekil 3.4. Ayvacık ve Salıpazarı ölçüm yerleri



Şekil 3.5. Tekkeköy, Çarşamba ve Terme ölçüm yerleri



Şekil 3.6. İlkadım ve Canik ölçüm yerleri



Şekil 3.7. Kavak ve Asarcık ölçüm yerleri



Şekil 3.8. Vezirköprü, Havza ve Ladik ölçüm yerleri

Belirtilen lokasyonlarda ölçümler yapılarak UHF bandındaki (450 MHz – 800 Mhz) tahsisli kanalların var olup olmadığı genlik değeri olarak -45 dB ve -40 dB baz alınarak değerlendirilmiş ve Samsun ili televizyon beyaz boşlukların tespiti yapılmıştır. **Çizelge 3.3**'de TVBB kanal listesi yer almaktadır.

Çizelge 3.3. TVBB kanal listesi

ÖLÇÜM NO	YER	MEVKİİ	- 40 dB	-45 dB	- 40 dB BOŞLUK	- 45 dB BOŞLUK
1	ALAÇAM	ALAÇAM GİRİŞİ- YEDAŞ DAĞITIM MERKEZİ MEVKİİ	3	4	37	36
2	ALAÇAM	ALAÇAM MERKEZ- ŞEHİR MEZARLIĞI ÖNÜ	2	7	38	33
3	ALAÇAM	ALAÇAM ÇIKIŞI -ÇIKIŞ KÖPRÜSÜ	3	5	37	35
4	ASARCIK	ASARCIK- HÜKÜMET KONAĞI ÖNÜ	4	5	36	35
5	ASARCIK	ASARCIK- ATATÜRK İLKOKULU ÖNÜ	2	6	38	34
6	ASARCIK	ASARCIK-ASARCIK ÇIKIŞI	4	6	36	34
7	ATAKUM	ALAÇAM CADDESİ SKY TOWERS ÖNÜ DOĞA KOLEJİ SAPAĞI	28	29	12	11
8	ATAKUM	CAGALOĞLU BULVARI TÜRK-İŞ MARKET ÖNÜ	6	10	34	30
9	ATAKUM	TAFLAN YALI MESLEK LİSESİ ÖNÜ	4	8	36	32
10	ATAKUM	DENİZEVLERİ MEVKİİ KARAYOLLARI ARKASI	5	13	35	27
11	ATAKUM	TÜRK-İŞ İŞ BANKASI ÖNÜ	6	11	34	29
12	ATAKUM	VATAN CADDESİ MEVKİİ	5	14	35	26
13	ATAKUM	ÇAKIRLAR MERKEZ MEZARLIK YANI	4	12	36	28
14	ATAKUM	ALTINKUM DÜĞÜN SALONU YANI	0	2	40	38
15	ATAKUM	TURGUT ÖZAL YURDU YANI	3	7	37	33
16	ATAKUM	PELİTKÖY TOKİ YANI	14	20	26	20
17	AYVACIK	AYVACIK MEYDAN	4	5	36	35
18	AYVACIK	AYVACIK GİRİŞ	3	4	37	36
19	AYVACIK	AYVACIK ÇIKIŞ	3	5	37	35
20	BAFRA	BAFRA GİRİŞİ -MEZARLIK YANI	6	11	34	29
21	BAFRA	BAFRA MERKEZ -ADLİYE MEVKİİ	9	10	31	30

Çizelge 3.3. devamı

22	BAFRA	BAFRA MERKEZ -ÇELİKPARK AVM	10	11	30	29
23	BAFRA	BAFRA ÇIKIŞI- KOLAY KAVŞAĞI	11	13	29	27
24	CANIK	BELEDİYE EVLERİ KAVŞAĞI	17	24	23	16
25	CANIK	BAŞARI ÜNİVERSİTESİ ÖNÜ	25	28	15	12
26	CANIK	HASKÖY BULVARI MEŞE TESİSLERİ KAVŞAĞI	17	20	23	20
27	CANIK	MEDİCANA HASTANE ÖNÜ	21	23	19	17
28	CANIK	MİRA EVLERİ ÖNÜ DÖRT YOL MEVKİİ	15	18	25	22
29	CANIK	POLATLI BULVARI OPET ÖNÜ	25	25	15	15
30	CANIK	KOÇTAŞ ÖNÜ	14	17	26	23
31	ÇARŞAMBA	ÇARŞAMBA GİRİŞ -SANAYİ KAVŞAĞI	1	7	39	33
32	ÇARŞAMBA	ÇARŞAMBA MERKEZ -BELEDİYE ÖNÜ	4	10	36	30
33	ÇARŞAMBA	ÇARŞAMBA MERKEZ- VEFA AVM ÖNÜ	3	6	37	34
34	ÇARŞAMBA	ÇARŞAMBA ÇIKIŞ- KAVAKDİBİ KAVŞAĞI	7	14	33	26
35	HAVZA	HAVZA GİRİŞİ -ŞEHİTLER ANITI ÖNÜ	5	5	35	35
36	HAVZA	HAVZA SANAYİ SİTESİ	5	5	35	35
37	HAVZA	HAVZA ÇIKIŞ KAVŞAĞI	5	5	35	35
38	İLKADIM	100. YIL BULVARI RASATHANE KAVŞAĞI	10	19	30	21
39	İLKADIM	LİSE CADDESİ ATAÜRK ANADOLU LİSESİ ÖNÜ	14	19	26	21
40	İLKADIM	CUMHURİYET MEYDANI	18	20	22	20
41	İLKADIM	TEKEL KAVŞAĞI MEVKİİ	15	22	25	18
42	İLKADIM	ARAŞTIRMA HASTANESİ ÖNÜ	24	25	16	15
43	İLKADIM	OTOGAR MEVKİİ	22	24	18	16
44	İLKADIM	56 LAR LİNENS ÖNÜ BİBER KAFE SAPAĞI	6	9	34	31
45	İLKADIM	LİMAN KAVŞAĞI	12	18	28	22
46	KAVAK	ÇAKALLI-DEMİRCİOĞLU MENEMEN ÖNÜ	1	1	39	39
47	KAVAK	KAVAK GİRİŞİ ASARCIK SAPAĞI	1	2	39	38

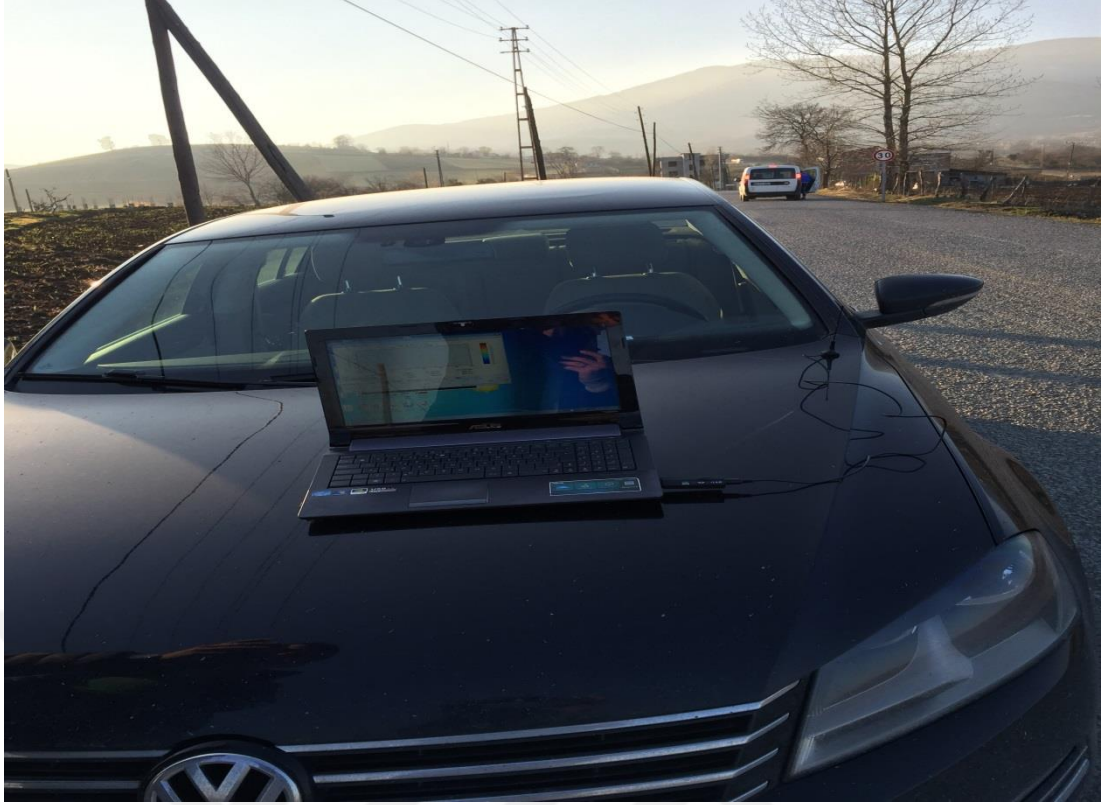
Çizelge 3.3. devamı

48	KAVAK	KAVAK ÖĞRETMENEVİ ÖNÜ	3	3	37	37
49	LADİK	LADİK GİRİŞİ JANDARMA ÖNÜ	7	8	33	32
50	LADİK	LADİK MERKEZ -BELEDİYE ÖNÜ	4	7	36	33
51	LADİK	LADİK ÇIKIŞI-ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖNÜ	8	8	32	32
52	ONDOKUZMA YIS	ONDOKUZMAYIS GİRİŞ	5	10	35	30
53	ONDOKUZMA YIS	ONDOKUZMAYIS MERKEZ -İNCİ SİTESİ ÖNÜ	12	17	28	23
54	ONDOKUZMA YIS	ONDOKUZMAYIS ÇIKIŞI- ÇAMLICA MAH.CAMII ÖNÜ	1	3	39	37
55	SALIPAZARI	BİÇME MEVKİİ	9	16	31	24
56	SALIPAZARI	KALFALI-ÇİÇEKLİ MAHALLESİ	9	15	31	25
57	SALIPAZARI	YEDAŞ ÖNÜ	3	4	37	36
58	TEKKEKÖY	SAMSUN CADDESİ MEVKİİ	12	22	28	18
59	TEKKEKÖY	TEKKEKÖY-MERKEZ BELEDİYE ÖNÜ	6	12	34	28
60	TEKKEKÖY	TEKKEKÖY-ÇIKIŞ RECEPOĞLU ÖNÜ	15	18	25	22
61	TERME	TERME GİRİŞİ- SOĞANCIPARK ÖNÜ	2	5	38	35
62	TERME	TERME MERKEZ -SAAT KULESİ	1	2	39	38
63	TERME	TERME ÇIKIŞI-DEMİRTÜRK PİRİNÇ FABRİKASI ÖNÜ	0	4	40	36
64	VEZİRKÖPRÜ	VEZİRKÖPRÜ SAAT KULESİ	7	9	33	31
65	VEZİRKÖPRÜ	VEZİRKÖPRÜ VABARTUM AVM ÖNÜ	8	9	32	31
66	VEZİRKÖPRÜ	VEZİRKÖPRÜ GİRİŞ KAVŞAĞI	9	9	31	31
67	YAKAKENT	YAKAKENT GİRİŞİ -BAHÇELİEVLER SAPAĞI	1	1	39	39
68	YAKAKENT	YAKAKENT MERKEZ -CUMHURİYET CADDESİ	1	2	39	38
69	YAKAKENT	YAKAKENT ÇIKIŞI-ERDOĞAN CEBECİ İLKOLU SAPAĞI	1	2	39	38
70	ATAKUM	VERİCİLER	25	28	15	12
71	ATAKUM	MEYVALI ASFALT	8	15	32	25
72	ATAKUM	BARIŞ BULVARI	2	7	38	33
73	ATAKUM	SELÇUK ECZA DEPOSU YANI	11	18	29	22

Ölçümler RTL2832U R820T spektrum analizörü ile yapılmıştır. Bu cihaz belirlediğiniz frekans aralıklarını sinyalleri tespit eden yazılım tabanlı radyo modeli ile çalışan bir sürücüdür. Cihazın kendine özgü bir yazılımı bulunmakta olup diz üstü bilgisayar ve tablet bilgisayara bu yazılım yüklenip anten ve dongle kurulumu sonrasında ölçüm yapmaya hazır hale gelmektedir. Bir ölçüm ortalama 8 dakika sürmektedir. **Şekil 3.9**'da RTL2832U R820T spektrum analizörü ve **Şekil 3.10** ile **Şekil 3.11**'de yapılan ölçümler gösterilmektedir.



Şekil 3.9. RTL2832U R820T spektrum analizörü

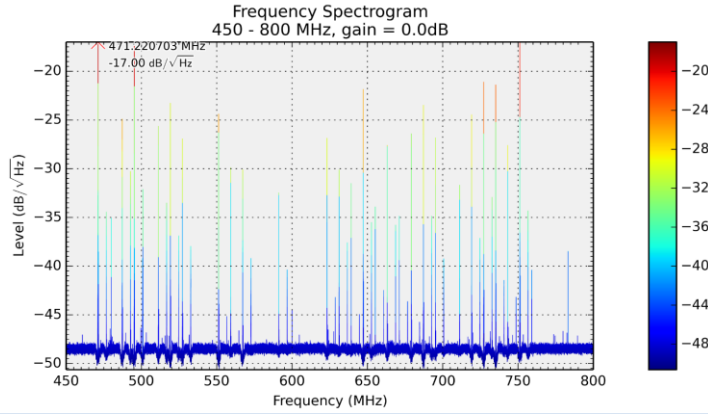


Şekil 3.10. Konum 71 için ölçüm fotoğrafları

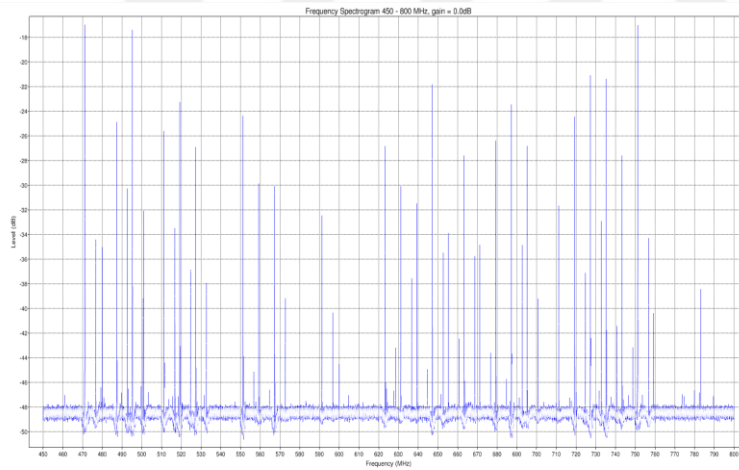


Şekil 3.11. Konum 24 için ölçüm fotoğrafları

RTL2832U R820T spektrum analizör cihazının kendine özgü yazılımı sayesinde her bir lokasyonda alınan sinyaller grafiklendirilerek boş kanallar tespit edilmiştir. **Şekil 3.12** ve **Şekil 3.13**'de örnek olarak Atakum da bir lokasyonda alınan ölçüm sonrası oluşturulan sinyal grafikleri yer almaktadır.

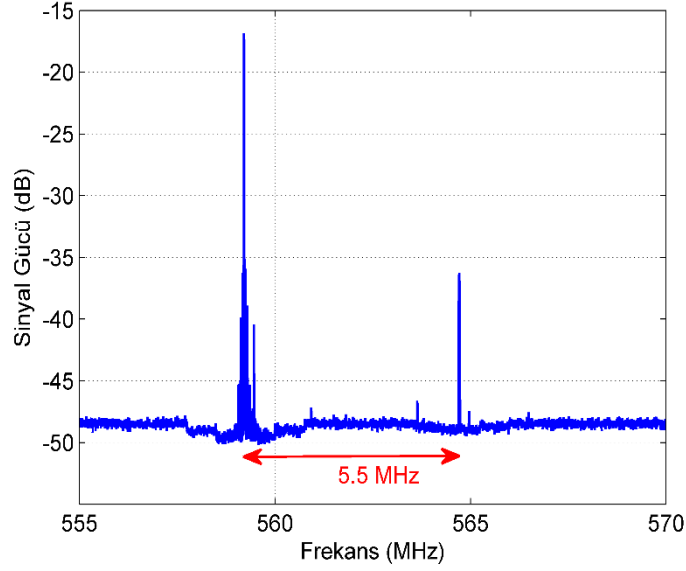


Şekil 3.12. Atakum Alaçam Caddesi ölçüm grafiği

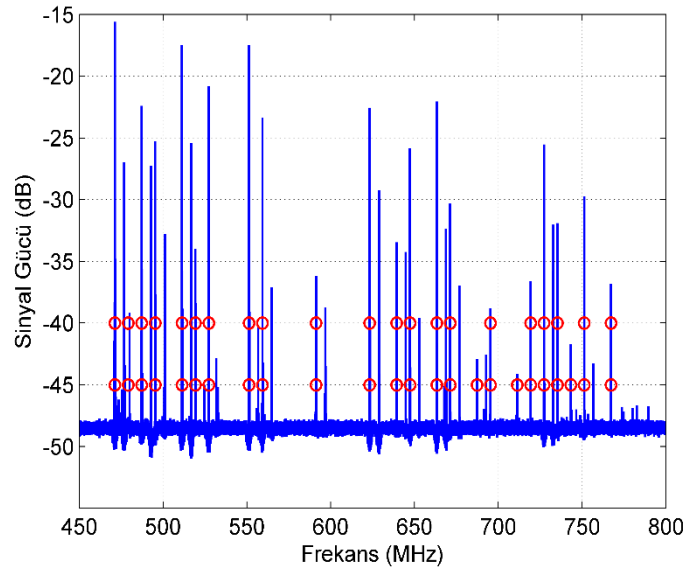


Şekil 3.13. Atakum Alaçam Caddesi plot çizim grafiği

RTL2832U R820T spektrum analizör ile alınan veriler düzenlenerek MATLAB programında daha sade grafikler elde edilmiştir. Bu grafikler kullanılarak TV spektrumunun -40 dB ve -45 dB için doluluk değerleri tespit edilmiştir. **Şekil 3.14**' de alınan veriler doğrultusunda bir kanala ait parlaklık ve ses taşıyıcı yerleşimi ve **Şekil 3.15**' de Canik ilçesi Koçtaş önünde -40 dB ve -45 dB TV Spektrumu doluluk değerlerinin belirlenmesine dair grafik yer almaktadır.



Şekil 3.14. TV Spektrumunda bir kanala ait parlaklık ve ses taşıyıcılarının yerleşimi



Şekil 3.15. TV spektrumu doluluk değerlerinin değerlendirilmesi

Canik KOÇTAŞ önu

RTL2832U R820T spektrum analizörü ile yapılan ölçümlerin doğruluğunun teyit edilmesi için TRT Samsun Temsilciliğinin ilgili teknik elemanlarıyla kullandıkları Aritsu S332E ölçüm cihazı ile tekrar ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde kanal sayıları her iki cihazda da aynı olurken aritsu frekans tespit cihazının genlik ayarları ve anten farklılıkları nedeni ile bazı yerlerdeki kanal genliklerinde farklılık görülmüştür.

Genel olarak ise cihazın ölçüm doğruluğu teyit edilmiştir. **Şekil 3.15** ve **Şekil 3.16**'da RTL2832U R820T ve Anritsu ölçüm cihazı yapılan ölçümler gösterilmektedir.

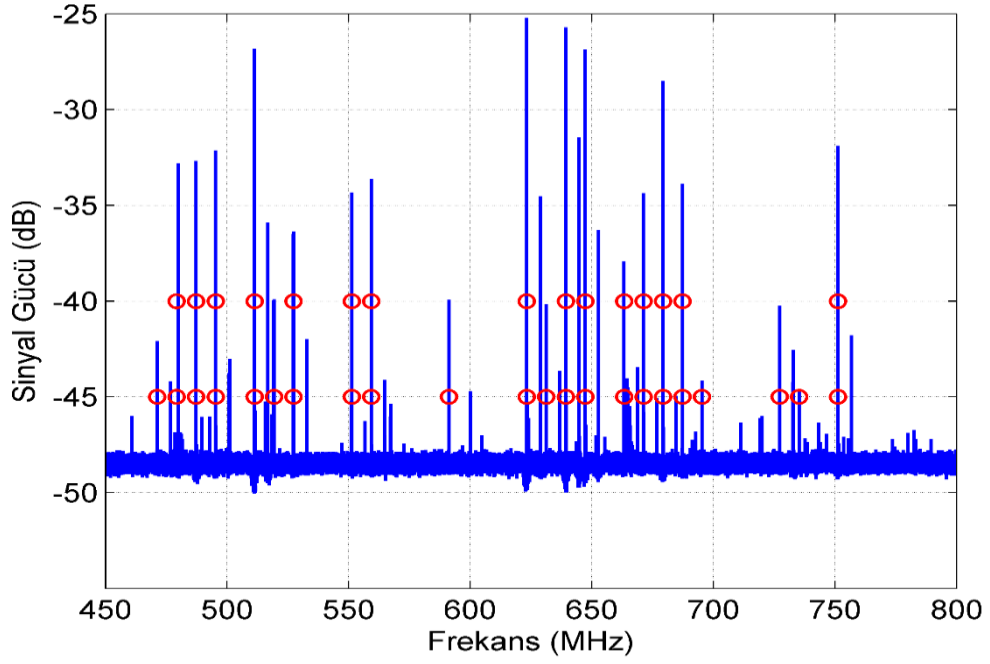


Şekil 3.16. RTL2832U R820T ve Anritsu ölçüm cihazı ile yapılan ölçümler

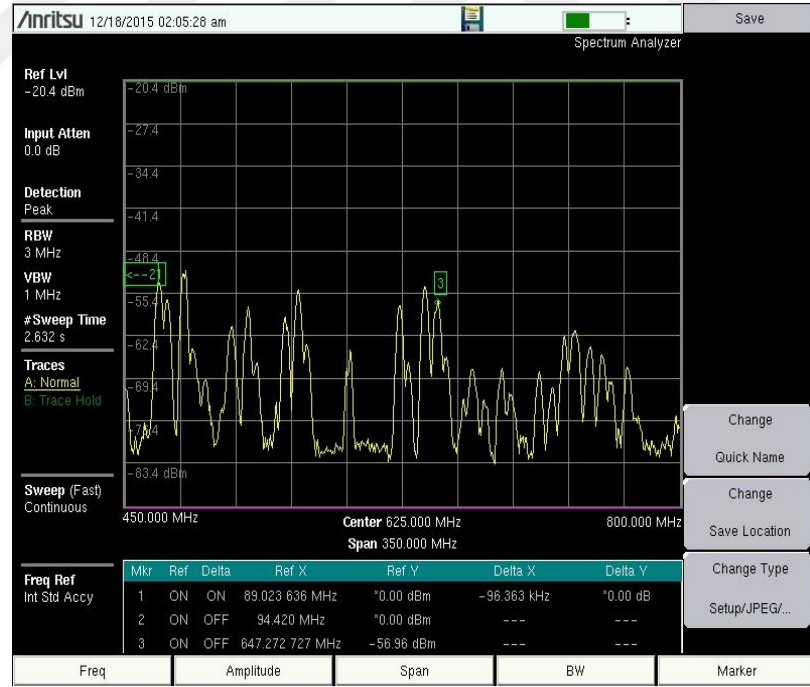


Şekil 3.17. RTL2832U R820T ve Anritsu ölçüm cihazı ile yapılan ölçümler

Şekil 3.17 ve **Şekil 3.18**'de İlkadım ilçesi Tekel Kavşağında Anritsu spektrum analizör ve RTL2832U R820T spektrum analizör ile yapılan ölçümler doğrultusunda belirlenen TV spektrumu doluluk grafikleri gösterilmektedir.



Şekil 3.18. Tekel Kavşağı RTL2832U R820T ölçüm sonuçları



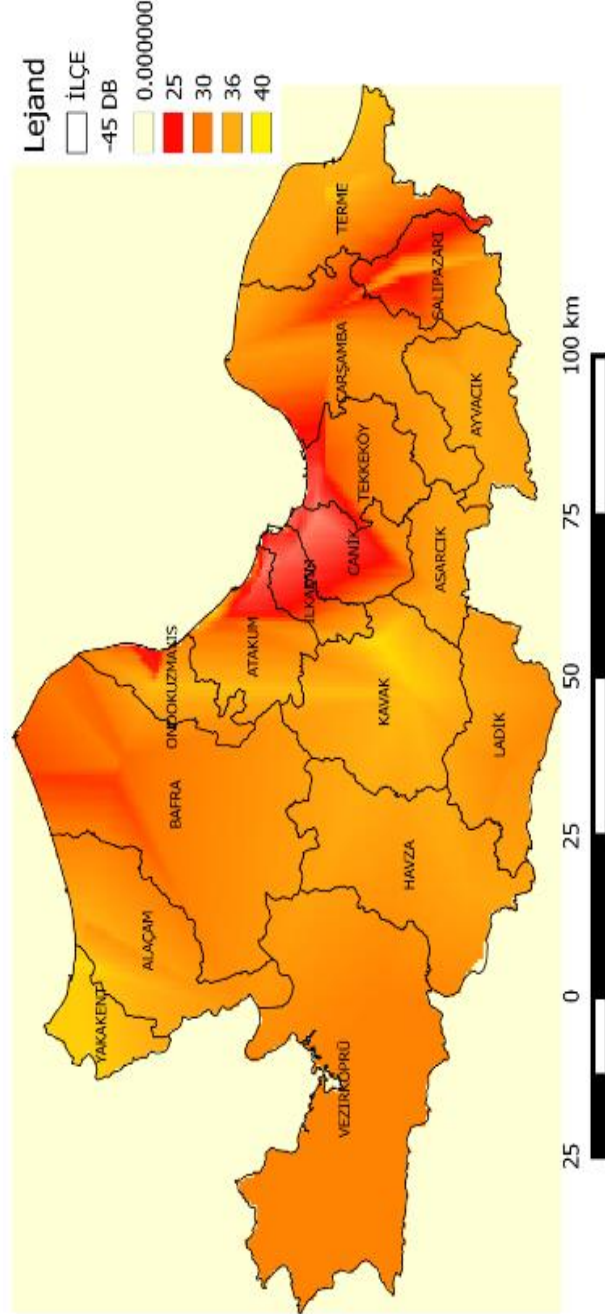
Şekil 3.19. Tekel Kavşağı Anritsu ölçüm sonuçlarının Anritsu ekran görüntüsü

4. BULGULAR

4.1 Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirmeler

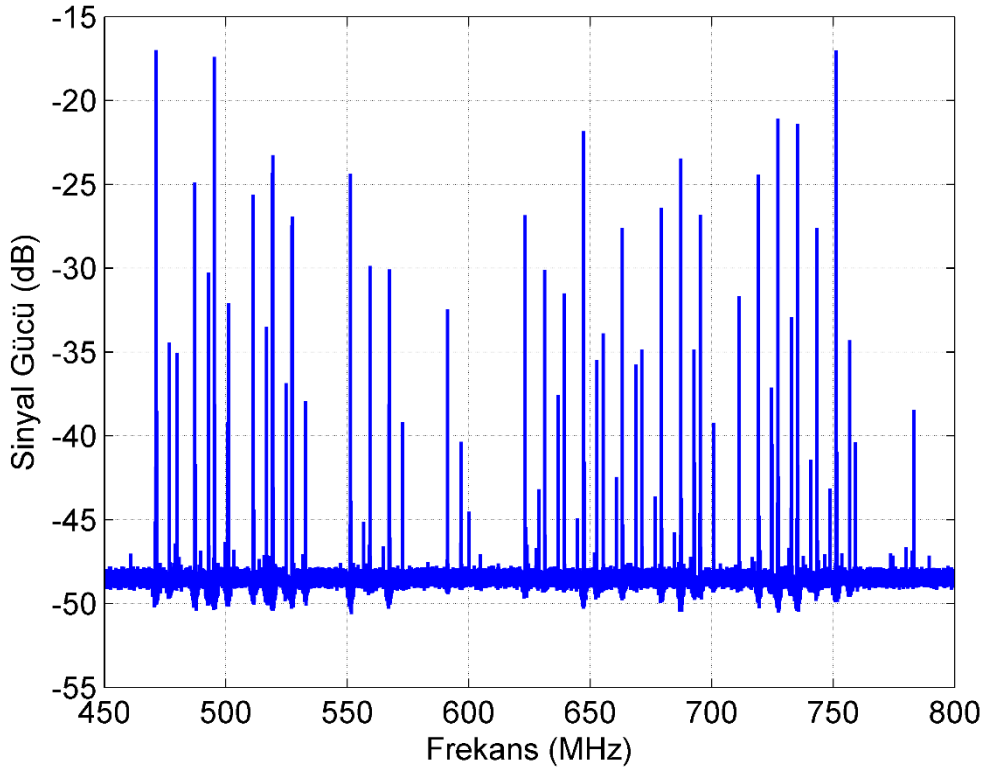
Bu tezde Samsun il merkezi ve ilçelerinde 73 farklı konumda yapılan ölçümler doğrultusunda alınan ölçüm verileri ile Samsun ili TVBB kanallarının tespitleri yapılmıştır. Bu boşlukların tespiti ile Samsun ili Spektrum haritası oluşturulmuştur. Haritadan da görüldüğü üzere Samsun ili TV spektrumunda birçok bölgede kullanılmayan kanallar yer almaktadır. Oluşturulan bu harita, Bilişsel Radyo haberleşme teknolojisinin Samsun ilinde kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.2' de -45 dB için 73 farklı konumdan alınan ölçümler ile tespit edilen kanallar baz alınarak hazırlanan Samsun ili spektrum haritasını gösterilmektedir.



Şekil 4.2. -45 dB için Samsun ili Spektrum Haritası

Yapılan 73 farklı konumda yapılan ölçümler içerisinde yüksek mevkiide yer alması ile iki verici istasyonunu görmesi avantajı ile en yoğun TV spektrumu olan yer Atakum ilçesi Alaçam Caddesi olarak belirlenmiştir. Alaçam caddesinde -40 dB de 28 kanal ve -45 dB de 29 kanal tespit edilmiştir. **Şekil 4.3**'de Samsun ili en yoğun spektrum yeri Atakum Alaçam Caddesi TV spektrumu gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Samsun ili en yoğun TV spektrumu Atakum Alaçam Caddesi

73 farklı konumda yapılan ölçümler ile elde edilen UHF bandında kullanılan kanal sayıları verileri, Radyo Televizyon Üst Kurulu (RTÜK) tarafından yayınlanan UHF bandında kullanılan kanal sayıları verileri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda RTÜK tarafından yayınlanan kullanılan kanal sayılarının, 73 farklı lokasyonda belirlenen kullanılabilir kanal sayıları ile farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. **Çizelge 4.1**'de 73 farklı bölgedeki ölçümler sonucu belirlenen -40 dB ve -45 dB deki kullanılan kanal sayıları gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. 73 farklı konumda yapılan ölçüm Sonucu kullanılabilir kanal sayıları

ÖLÇÜM NO	YER	MEVKİİ	- 40 dB	- 45 dB
1	ALAÇAM	ALAÇAM GİRİŞİ- YEDAŞ DAĞITIM MERKEZİ MEVKİİ	3	4
2	ALAÇAM	ALAÇAM MERKEZ- ŞEHİR MEZARLIĞI ÖNÜ	2	7
3	ALAÇAM	ALAÇAM ÇIKIŞI -ÇIKIŞ KÖPRÜSÜ	3	5
4	ASARCIK	ASARCIK- HÜKÜMET KONAĞI ÖNÜ	4	5
5	ASARCIK	ASARCIK- ATATÜRK İLKOKULU ÖNÜ	2	6
6	ASARCIK	ASARCIK-ASARCIK ÇIKIŞI	4	6
7	ATAKUM	ALAÇAM CADDESİ SKY TOWERS ÖNÜ DOĞA KOLEJİ SAPAĞI	28	29
8	ATAKUM	CAGALOĞLU BULVARI TÜRK-İŞ MARKET ÖNÜ	6	10
9	ATAKUM	TAFLAN YALI MESLEK LİSESİ ÖNÜ	4	8
10	ATAKUM	DENİZEVLERİ MEVKİİ KARAYOLLARI ARKASI	5	13
11	ATAKUM	TÜRK-İŞ İŞ BANKASI ÖNÜ	6	11
12	ATAKUM	VATAN CADDESİ MEVKİİ	5	14
13	ATAKUM	ÇAKIRLAR MERKEZ MEZARLIK YANI	4	12
14	ATAKUM	ALTINKUM DÜĞÜN SALONU YANI	0	2
15	ATAKUM	TURGUT ÖZAL YURDU YANI	3	7
16	ATAKUM	PELİTKÖY TOKİ YANI	14	20
17	AYVACIK	AYVACIK MEYDAN	4	5
18	AYVACIK	AYVACIK GİRİŞ	3	4
19	AYVACIK	AYVACIK ÇIKIŞ	3	5
20	BAFRA	BAFRA GİRİŞİ -MEZARLIK YANI	6	11
21	BAFRA	BAFRA MERKEZ -ADLIYE MEVKİİ	9	10
22	BAFRA	BAFRA MERKEZ -ÇELİK PARK AVM	10	11
23	BAFRA	BAFRA ÇIKIŞI- KOLAY KAVŞAĞI	11	13
24	CANIK	BELEDİYE EVLERİ KAVŞAĞI	17	24

Çizelge 4.1. devamı

25	CANİK	BAŞARI ÜNİVERSİTESİ ÖNÜ	25	28
26	CANİK	HASKÖY BULVARI MEŞE TESİSLERİ KAVŞAĞI	17	20
27	CANİK	MEDİCANA HASTANE ÖNÜ	21	23
28	CANİK	MİRA EVLERİ ÖNÜ DÖRT YOL MEVKİİ	15	18
29	CANİK	POLATLI BULVARI OPET ÖNÜ	25	25
30	CANİK	KOÇTAŞ ÖNÜ	14	17
31	ÇARŞAMBA	ÇARŞAMBA GİRİŞ -SANAYİ KAVŞAĞI	1	7
32	ÇARŞAMBA	ÇARŞAMBA MERKEZ -BELEDİYE ÖNÜ	4	10
33	ÇARŞAMBA	ÇARŞAMBA MERKEZ- VEFA AVM ÖNÜ	3	6
34	ÇARŞAMBA	ÇARŞAMBA ÇIKIŞ- KAVAKDİBİ KAVŞAĞI	7	14
35	HAVZA	HAVZA GİRİŞİ -ŞEHİTLER ANITI ÖNÜ	5	5
36	HAVZA	HAVZA SANAYİ SİTESİ	5	5
37	HAVZA	HAVZA ÇIKIŞ KAVŞAĞI	5	5
38	İLKADIM	100. YIL BULVARI RASATHANE KAVŞAĞI	10	19
39	İLKADIM	LİSE CADDESİ ATAÜRK ANADOLU LİSESİ ÖNÜ	14	19
40	İLKADIM	CUMHURİYET MEYDANI	18	20
41	İLKADIM	TEKEL KAVŞAĞI MEVKİİ	15	22
42	İLKADIM	ARAŞTIRMA HASTANESİ ÖNÜ	24	25
43	İLKADIM	OTOGAR MEVKİİ	22	24
44	İLKADIM	56 LAR LİNENS ÖNÜ BİBER KAFE SAPAĞI	6	9
45	İLKADIM	LİMAN KAVŞAĞI	12	18
46	KAVAK	ÇAKALLI-DEMİRCİOĞLU MENEMEN ÖNÜ	1	1
47	KAVAK	KAVAK GİRİŞİ ASARCİK SAPAĞI	1	2
48	KAVAK	KAVAK ÖĞRETMENEVİ ÖNÜ	3	3
49	LADİK	LADİK GİRİŞİ JANDARMA ÖNÜ	7	8
50	LADİK	LADİK MERKEZ -BELEDİYE ÖNÜ	4	7

Çizelge 4.1. devamı

51	LADİK	LADİK ÇIKIŞI-ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖNÜ	8	8
52	ONDOKUZMAYIS	ONDOKUZMAYIS GİRİŞ	5	10
53	ONDOKUZMAYIS	ONDOKUZMAYIS MERKEZ -İNCİ SİTESİ ÖNÜ	12	17
54	ONDOKUZMAYIS	ONDOKUZMAYIS ÇIKIŞI-ÇAMLICA MAH.CAMİİ ÖNÜ	1	3
55	SALIPAZARI	BİÇME MEVKİİ	9	16
56	SALIPAZARI	KALFALI-ÇİÇEKLİ MAHALLESİ	9	15
57	SALIPAZARI	YEDAŞ ÖNÜ	3	4
58	TEKKEKÖY	SAMSUN CADDESİ MEVKİİ	12	22
59	TEKKEKÖY	TEKKEKÖY-MERKEZ BELEDİYE ÖNÜ	6	12
60	TEKKEKÖY	TEKKEKÖY-ÇIKIŞ RECEPOĞLU ÖNÜ	15	18
61	TERME	TERME GİRİŞİ-SOĞANCIPARK ÖNÜ	2	5
62	TERME	TERME MERKEZ -SAAT KULESİ	1	2
63	TERME	TERME ÇIKIŞI-DEMİRTÜRK PİRİNÇ FABRİKASI ÖNÜ	0	4
64	VEZİRKÖPRÜ	VEZİRKÖPRÜ SAAT KULESİ	7	9
65	VEZİRKÖPRÜ	VEZİRKÖPRÜ VABARTUM AVM ÖNÜ	8	9
66	VEZİRKÖPRÜ	VEZİRKÖPRÜ GİRİŞ KAVŞAĞI	9	9
67	YAKAKENT	YAKAKENT GİRİŞİ -BAHÇELİEVLER SAPAĞI	1	1
68	YAKAKENT	YAKAKENT MERKEZ -CUMHURİYET CADDESİ	1	2
69	YAKAKENT	YAKAKENT ÇIKIŞI-ERDOĞAN CEBECİ İLKOLU SAPAĞI	1	2
70	ATAKUM	VERİCİLER	25	28
71	ATAKUM	MEYVALI ASFALT	8	15
72	ATAKUM	BARIŞ BULVARI	2	7
73	ATAKUM	SELÇUK ECZA DEPOSU YANI	11	18

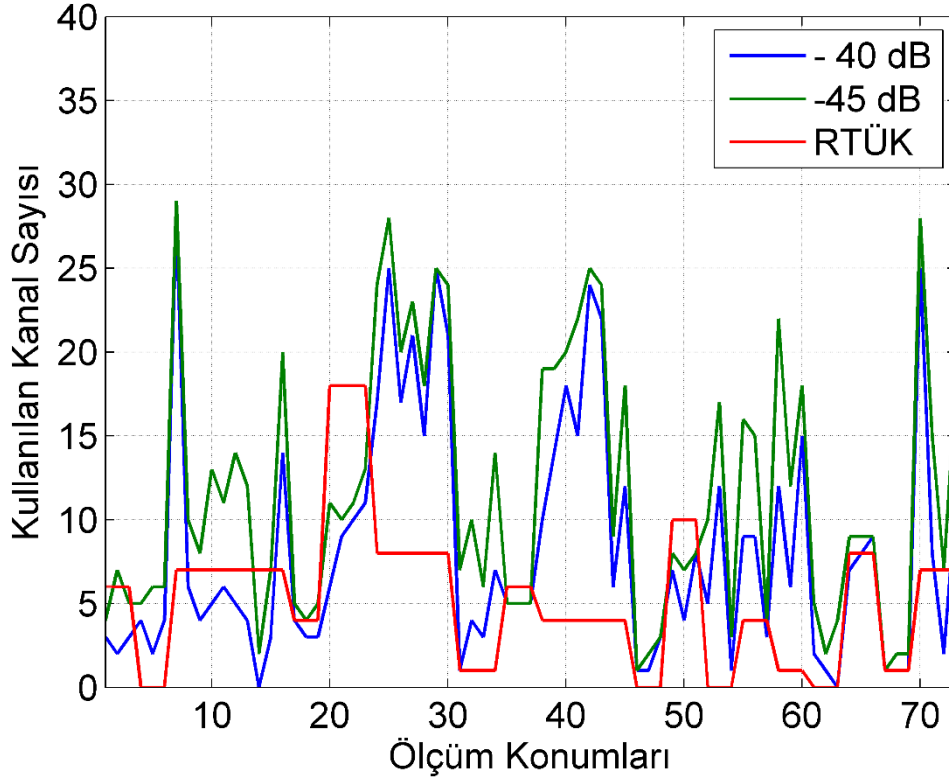
Bu karşılaştırmanın yapılması için RTÜK tarafından yayınlanan kullanılabilir kanal sayıları alınmıştır. **Çizelge 4.2**'de RTÜK tarafından yayınlanan Samsun ili ve ilçelerinde kullanılabilir kanal sayıları yer almaktadır [27].

Çizelge 4.2. RTÜK tarafından yayınlanan Samsun ili kullanılabilir kanal sayıları

YER	KANALLAR																			
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
ALAÇAM	X						X					X			X					X
ASARCIK																				
ATAKUM							X						X		X					
AYVACIK	X			X			X			X										
BAFRA		X	X			X	X		X		X	X		X			X	X		
CANIK	X			X								X								
ÇARŞAMBA																	X			
HAVZA			X		X					X		X			X					X
İLKADIM											X			X						
KAVAK																				
LADIK	X		X	X		X	X												X	
MERKEZ			X	X		X				X						X		X		X
ONDOKUZMAYIS																				
SALIPAZARI		X			X															
TEKKEKÖY	X																			
TERME																				
VEZİRKÖPRÜ							X			X										X
YAKAKENT																				

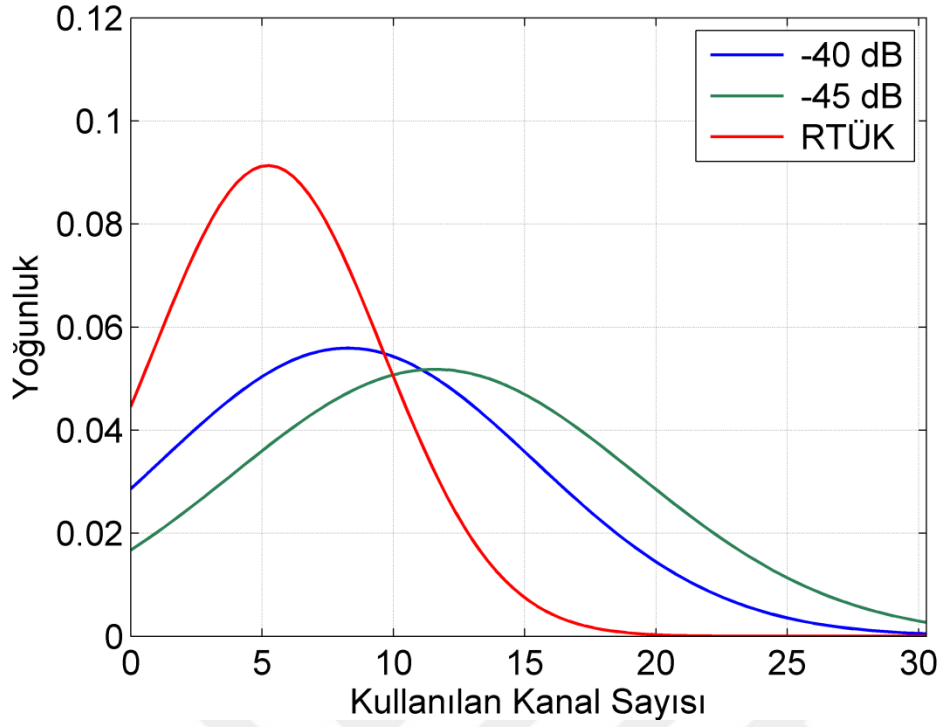
YER	KANALLAR																			
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
ALAÇAM											X									
ASARCIK																				
ATAKUM	X						X	X						X						
AYVACIK																				
BAFRA	X	X	X			X	X							X				X		X
CANIK		X	X		X		X				X		X							
ÇARŞAMBA																				
HAVZA																				
İLKADIM						X												X		
KAVAK																				
LADIK	X	X			X	X														
MERKEZ									X			X			X					
ONDOKUZMAYIS																				
SALIPAZARI		X					X													
TEKKEKÖY																				
TERME																				
VEZİRKÖPRÜ				X			X				X		X				X			
YAKAKENT		X																		

-40 dB ve -45 dB baz alınarak Samsun ilinde 73 farklı konumda yapılan ölçümler ile elde edilen kullanılabilir kanal sayıları RTÜK tarafından yayınlanan kanal verileri ile karşılaştırma grafiği **Şekil 4.4**'de gösterilmektedir. Grafikte de görüldüğü üzere RTÜK kullanılabilir kanal sayıları ile 73 konum kullanılabilir kanal sayıları farklılık göstermektedir. Genel olarak ölçüm yapılan yerlerde RTÜK kullanılabilir kanal sayılarından daha fazla kanal tespit edilmiştir.



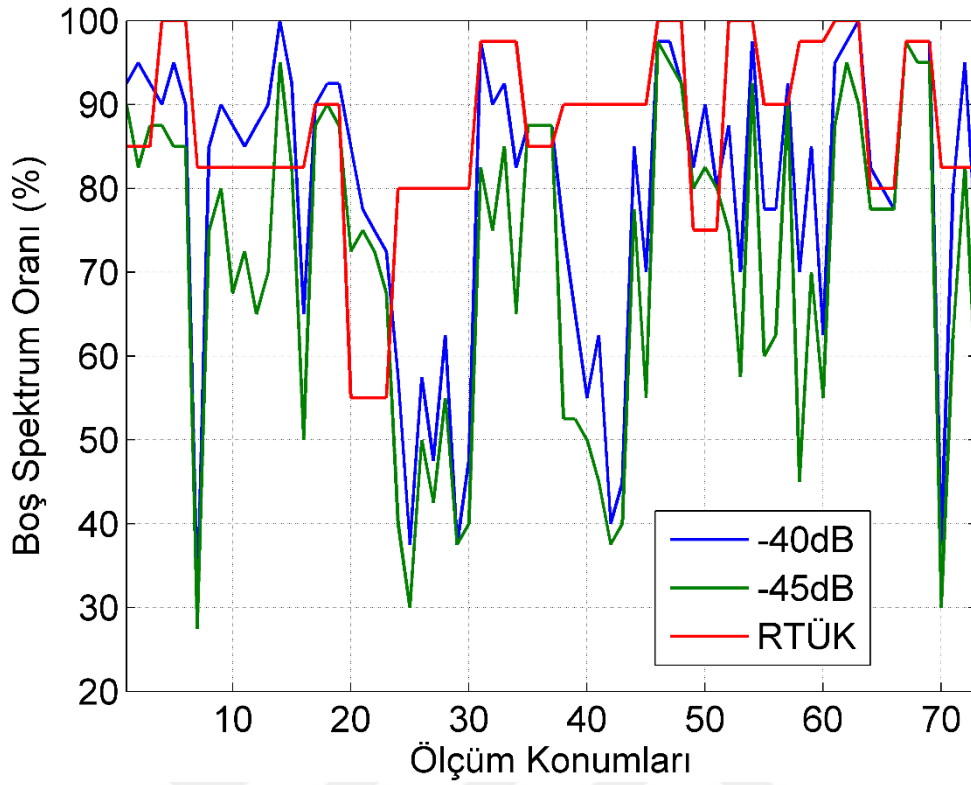
Şekil 4.4. Samsun İli TV spektrumunda 73 ölçüm konumundaki kullanılan kanal sayıları karşılaştırması

73 ölçüm konumu için -40 dB, -45 dB ve RTÜK kullanılabilir kanal sayılarının ortalamaları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir ve **Şekil 4.5**'de gösterilmektedir. Ölçüm yapılan yerlerdeki -40 dB ve -45 dB deki kanal sayıları ortalamaları, RTÜK kanal sayı ortalamalarından daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5. 73 ölçüm konumu için istatistiksel değerlendirmeler

Samsun ilinde belirlenen TVBB kanal sayıları, RTÜK tarafından yayınlanan kullanılabilir kanal sayıları ile birlikte değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda RTÜK tarafından yayınlanan TV beyaz boşluk kanal sayısı ile ölçüm yapılan lokasyonlardaki kullanılabilir TV beyaz boşluk kanal sayılarının farklılık gösterdiği gözlenmiştir. -40dB için ortalama değer 8.26'dır. -45 dB ve RTÜK için olan değerler için ise sırasıyla 11.57 ve 5.23'dür. Şekil 4.6'da Samsun ili spektrumu TVBB kanalları karşılaştırması gösterilmektedir

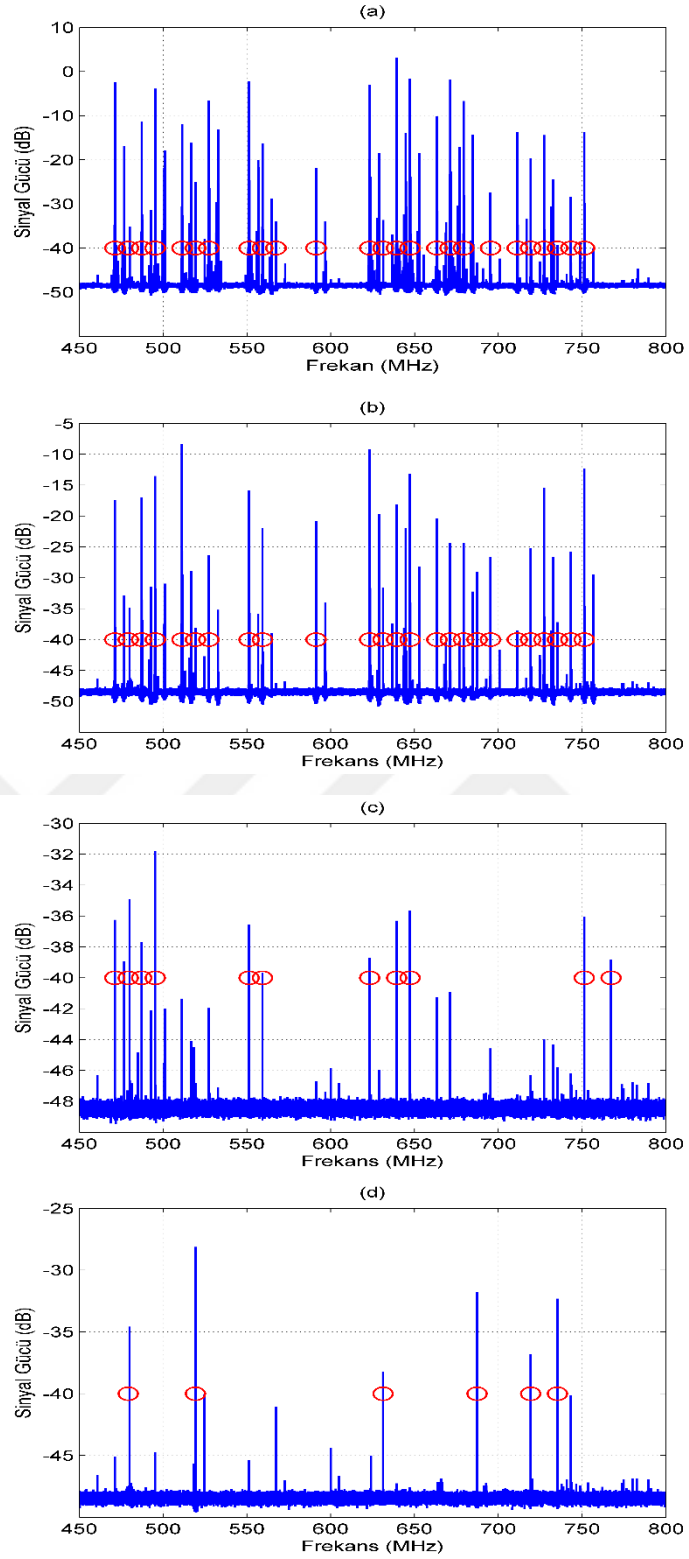


Şekil 4.6. Samsun ili spektrumu TVBB kanalları karşılaştırması

K25 Canik ilçesi Başarı Üniversitesi önü (verici mevki), K29 Canik Polatlı Bulvarı Opet önü, K73 Atakum Selçuk Ecza Deposu yanı ve K11 Atakum Türk İş bankası önünde yapılan ölçümler ile TV spektrumunda kullanılabilir kanal sayılarının kilometrik değişimi gözlenmiştir. K25 nolu ölçümde TV spektrumunda -40 dB'de 25 adet kullanılabilir kanal bulunurken, K29'da 25 adet kanal, K73'de 11 adet kanal ve K11'de 6 adet kullanılabilir kanal tespit edilmiştir. Verici yanında 25 adet kullanılabilir kanal var iken yakın mesafede ve engebesiz yüksek yerdeki K29'da da 25 adet kanal bulunmaktadır. Mesafenin artması ile coğrafi yükseltiler ve yüksek yapıların EMD ile taşınan TV sinyallerini engellemesi sonucu K73'de 11, K11'de 6 adet olmak üzere kullanılabilir kanal sayılarında düşüş gözlenmiştir. Ölçüm yerleri ve birbirlerine olan uzaklıkları Şekil 4.7'de gösterilmektedir. Şekil 4.8'de ölçüm yapılan yerlerden alınan kullanılabilir kanal sayıları gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Kilometrik bazlı TV spektrum kanal sayısı değişimi



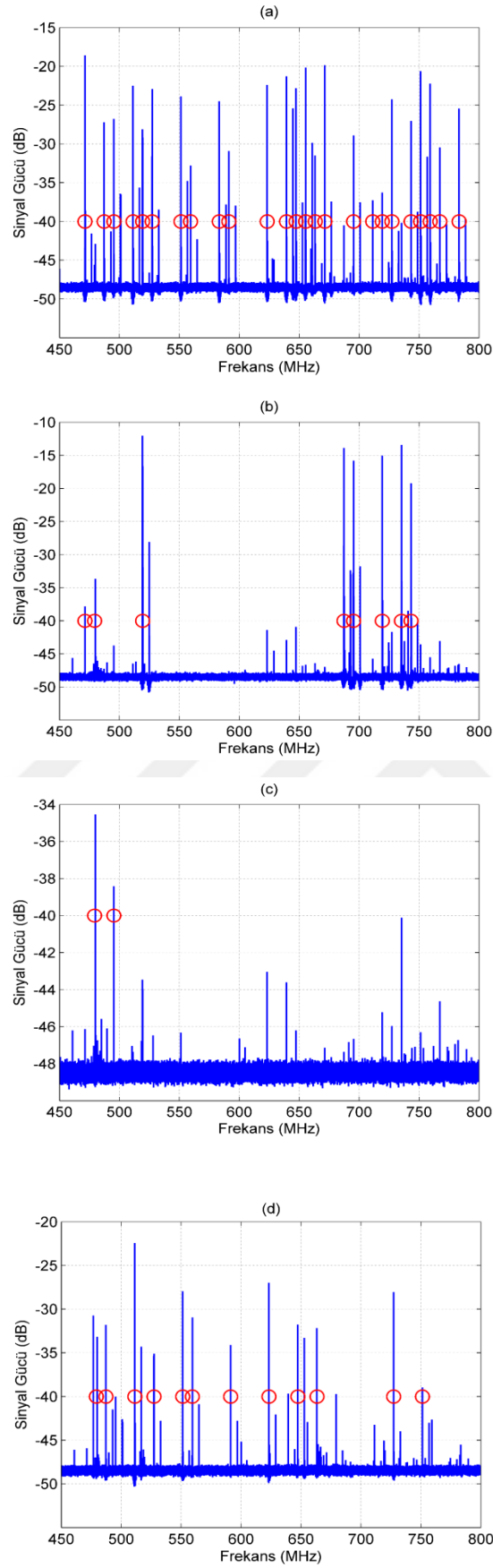
Şekil 4.8. a)K25, b)K29, c)K73, d)K11 için kilometrik ölçümler ve kullanılabilir kanal sayıları

Diğer bir kilometrik bazlı TV spektrum kullanılan kanal sayısının değişimi çalışmada , K70 Atakum Kocadağ (Vericiler), K71 Atakum Meyvalı Asfalt mevki, K72 Atakum Barış Bulvarı mevki ve K45 İlkadım Liman Kavşağı mevkiinde ölçümler yapılmıştır. K70’de TV spektrum da -40 dB’de 25 adet kullanılabilir kanal bulunurken, K71’de 8 adet kanal, K72’de 2 adet ve K45’de 12 adet kullanılabilir kanal tespit edilmiştir. Mesafenin artması ile kullanılabilir kanal sayısındaki azalma bu örnekte de görülmektedir. Ancak K45 ile K72 ile karşılaştırıldığında kullanılabilir kanal sayısında artış gözükmemektedir. Bu da K45’in konumundan dolayı diğer TV vericisine yaklaşım burdaki TV sinyallerini algılamasından dolayıdır. **Şekil 4.9**’da ölçüm yerleri ve birbirine olan uzaklıkları gösterilmektedir. **Şekil 4.10**’da ise kilometrik ölçümler ile tespit edilen kullanılabilir kanal sayıları yer almaktadır.



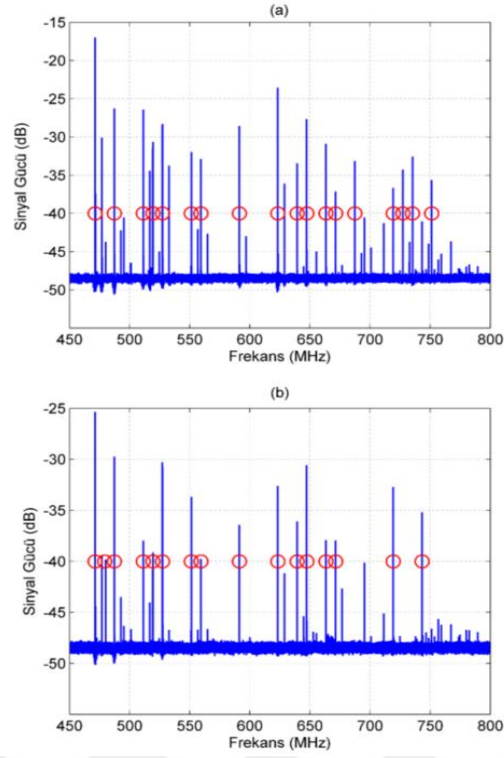


Şekil 4.9. Kilometrik bazlı TV spektrum kanal sayısı değişimi

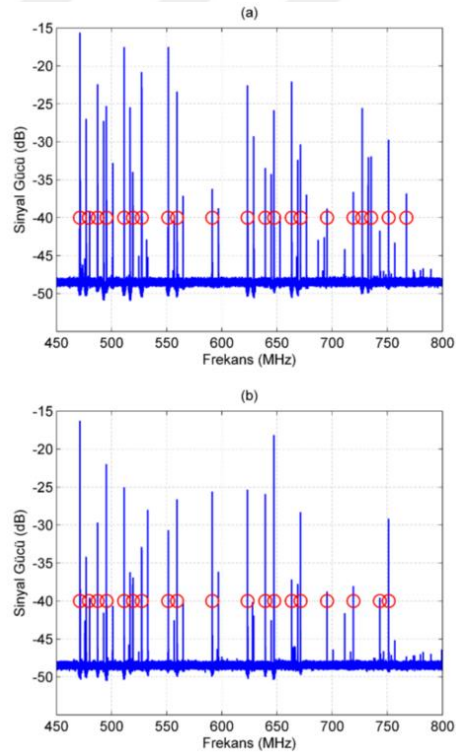


Şekil 4.10. a)K70, b)K71, c)K72, d)K45 için kilometrik ölçümler ve kullanılabilir kanal sayıları

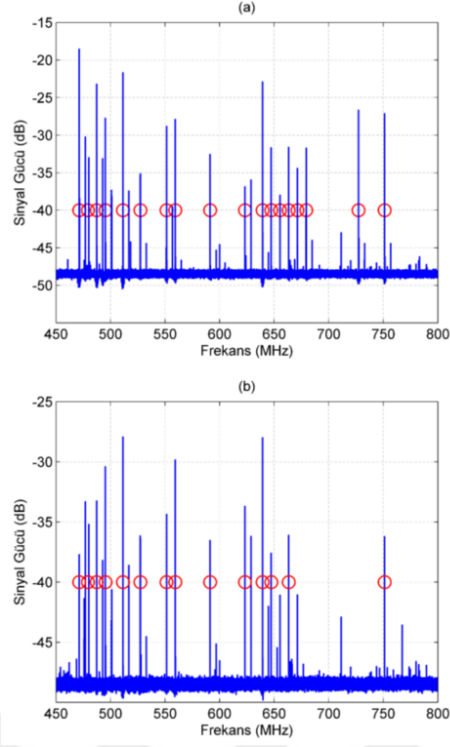
Samsun ili Canik Belediye Evleri Kavşağı, Canik Koçtaş önü, İlkadım Cumhuriyet Meydanı ve İlkadım Tekel Kavşağı olmak üzere 4 farklı konumda farklı zamanlarda ölçümler yapılarak UHF bandındaki TV kullanılabilir kanal sayısının zamansal olarak değişimi gözlenmiştir. Belediye Evleri 1.ölçümde 18 adet kullanılabilir kanal tespit edilirken 2.ölçümde 16 adet kullanılabilir kanal tespit edilmiştir. Koçtaş önü 1.ölçümde 21 adet kullanılabilir kanal tespit edilirken 2. ölçümde 19 adet kullanılabilir kanal tespit edilmiştir. Cumhuriyet Meydanı 1. ölçümde 18 adet kullanılabilir kanal tespit edilirken 2. ölçümde 14 adet kullanılabilir kanal tespit edilmiştir. İlkadım Tekel Kavşağı 1. ölçümde 22 adet kullanılabilir kanal tespit edilirken 2. ölçümde 17 adet kullanılabilir kanal tespit edilmiştir.Yapılan 1. ölçümlerde hava açık ve rüzgar yoktur. 2. ölçüm zamanında ise hava yağmurlu ve rüzgarlıdır. Yapılan 2 farklı ölçüm sonucunda hava koşullarının etkisi ile TV kanallarının sinyal gücündeki değişimler görülmüştür. TV kanal sinyal gücündeki bu değişiklikler ile kullanılabilir kanal sayılarının zamansal olarak değişiklik gösterebileceği tespit edilmiştir. **Şekil 4.11**'de Canik Belediye Evleri Kavşağı zamansal ölçümleri, **Şekil 4.12**'de Canik Koçtaş önü zamansal ölçümleri, **Şekil 4.13**'de İlkadım Cumhuriyet Meydanı zamansal ölçümleri ve **Şekil 4.14**'de İlkadım Tekel Kavşağı zamansal ölçümleri yer almaktadır.



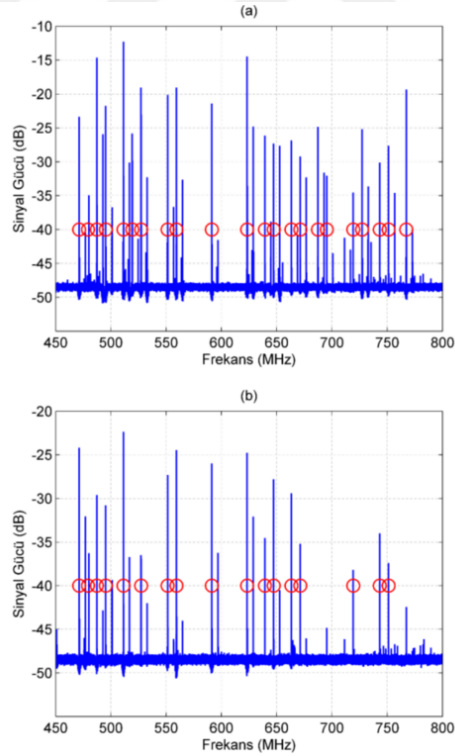
Şekil 4.11. a) 1.ölçüm b) 2.ölçüm için Canik Belediye Evleri Kavşağı farklı zaman ölçümleri



Şekil 4.12. a) 1.ölçüm b) 2.ölçüm için canik koçtaş önü farklı zaman ölçümleri



Şekil 4.13. a) 1.ölçüm b) 2.ölçüm için İlkadım Cumhuriyet Meydanı farklı zaman ölçümleri



Şekil 4.14. a) 1.ölçüm b) 2.ölçüm için İlkadım Tekel Kavşağı farklı zaman ölçümleri



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Teknolojinin gelişmesi sonucu gün geçtikçe veri alış verişinin artması ile EM spektrumda oluşan kıtlık göz önünde bulundurulduğunda Samsun ili televizyon beyaz boşluk spektrum haritasının hazırlanması büyük önem taşımaktadır. Bu harita, Samsun ilin de Bilişsel Radyo teknolojisinin hangi bölgelerde daha verimli kullanılabilceği yönünde bilgi vermektedir. Ayrıca bazı ülkelerde televizyon beyaz boşluklar kullanılarak uzak bölgelere internet yayını yapılmaktadır. Buna örnek olarak Google firması, Güney Afrika Cape Town da TVBB ları kullanarak internet yayını yapmaya başlamıştır.

Sonuç olarak bu tezde 73 farklı konumda ölçümler yapılarak Samsun ili televizyon beyaz boşlukların tespiti yapılmıştır. Bu ölçümler haritaya aktararak Samsun ili televizyon beyaz boşluk spektrum haritası oluşturulmuştur. Ölçümler RTÜK tarafından yayınlanan kanal sayıları ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca kilometrik bazlı ve zamansal ölçümler yapılarak kullanılabilir kanal sayılarının değişimleri gözlenmiştir.

Bu harita ile de Samsun ili kırsal bölgelerde TVBB kullanılarak internet yayını yapılabilecek bölgeler tespit edilebilecektir. Oluşturulan harita ve istatistiksel değerlendirmeler incelendiğinde Samsun ilinde en yoğun bölgelesinde bile %30 oranında TV spektrum boşluk oranı görünmektedir. Bir kanalın TV spektrumda 8 MHz yer taşıdığı düşünülüğünde en yoğun durumda bile 96 MHz TV spektrum kanal boşluğu olduğu gözükmektedir. Bilişim Teknoloji Kurumu tarafından ihale edilen spektrum tahsis fiyatları düşünülüğünde tespit edilen TVBB alanlarının çok daha değerli olduğu anlaşılmaktadır.

Mobil haberleşme işletmeleri akıllı telefonların gün geçtikçe yeni özellikler kazanması ve kullanıcı sayılarının artması ile spektrum da kendilerine tahsis edilen alanların kısıtlı kalması sorunun yaşamaktadırlar. Samsun ili ile başlayan bu çalışma tüm Türkiye de yapıp TVBB'lar tespit edildiği halde boş kullanılmayan kanallar ihale edilip mobil işletmelere tahsis edilebilir. Bu tahsis ile hem mevcut bir frekans aralığı değerlendirilebilir hem de mobil işletmecilerin hali hazırda kurulu olan bir sistemi kullanacak olmasından dolayı yatırım maliyetleri düşürebilecektir.



KAYNAKLAR

- [1] <http://www.acikbilim.com/2013/11/dosyalar/elektromanyetik-spektrum-bize-ne-anlatiyor.html> (Ziyaret Tarihi: 30.11.2015).
- [2] <http://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/ozonuv/gunesspectrumu.pdf> (Ziyaret Tarihi: 30.11.2015).
- [3] Çiçek M., 2011. Bilişsel Radyo Teknolojisi ve Düzenleme Perspektifi, Bilişim Uzmanlığı Tezi, Bilgi Teknolojileri İletişim Kurumu, ANKARA, 978-605-345-011-5
- [4] Tanrıkulu H., Kaplan A., Radyo Elemanları ve Frekans Tayfları. http://networktechnology.weebly.com/uploads/7/6/0/7/7607783/wireless_tr_haluk.pdf (Ziyaret Tarihi: 23.10.2015).
- [5] Aziz A., 1986. Radyo ve Televizyona Giriş, Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Yayınları no:460, 2. Basım.
- [6] Milli Eğitim Bakanlığı, 2013. Elektrik Elektronik Teknolojisi TV Renk ve Sistem Kontrol Katı, Ankara.
- [7] Mitola J., 2000. Cognitive Radio: An Integrated Agent Architecture For Software Defined Radio PHD Dissertation, Department of Teleinformatics Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden.
- [8] Yılmaz B., Erküçük S., 2013. Detection of interdependent primary systems using wideband cognitive radios, AEÜ Intl. J. Electron. Commun., vol. 67, pp. 926 – 936.
- [9] https://tr.wikipedia.org/wiki/Yaz%C4%B1%C4%B1m_tabanlı%C4%B1_radyo (Ziyaret Tarihi : 10.12.2015).
- [10] Arslan Ç. D., İlhan S., Dinçer H., 2008, Bilişsel Radyo, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu (ELECO-2008).
- [11] Bilgi Teknolojileri İletişim Kurumu, 2014. Elektronik Haberleşme Sektöründe Teknolojik Gelişmeler ve Eğilimler, www.btk.gov.tr (Ziyaret Tarihi: 25.12.2015)
- [12] Federal Communicaions Commision (FCC), 2008. Second Report and Order and Memorandum Opinion and Order in ET Docket Nos. 02-380 (Additional Spectrum for Unlicensed Devices Below 900 MHz and in the 3 GHz Band) and 04-186 (Unlicensed Operation in the TV Broadcast Bands), FCC 08-260.
- [13] Efendiyev C., Sevgen Y, N., 1999. Televizyon Tekniği, Beta Yayınevi.
- [14] Whitaker J., Benson B., 2003. Standart Handbook of Video Television Engineering, McGraw-Hill, 4th edition.
- [15] Altay L., Gür G., Alagöz F., 2014, Bilişsel Radyo Ağlarında Eş Güdümlü Saldırıları, Akademik Bilişim.
- [16] Talay Ç.A., Altılar D.T., 2009. Tasarsız Bilişsel Radyo Ağlarında Yönlendirmede Yol Düzeltmenin Başarıma Etkisi, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, Elazığ.
- [17] Çiflikli C., Tuncer T.A., Özşahin A.T., Yesbek M.S.,2009. Bilişsel Radyo ve Ortam Erişim Kontrol Katmanı Protokolleri, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 13-15 Mayıs, Karabük.
- [18] Yin L., Li J., Yin S., Li S., 2012. Cognitive Spectrum Handoff Game in the TV White Space with Radio Environment Map, IEEE 14th International Conference on Communication Technology, 9-11 November, pp.369-373.
- [19] Hieu D.C., Tien P.V., 2014. Assessment of TV White Space in Vietnam, 2014 International Conference on Advanced Technologies for Communications, 15-17 October, pp.637-640.

- [20] Wang N., Gao Y., Chen Y., Bodanese E., Cuthbert L., 2012. Performance Evaluation of Power Control Algorithm for TV White Space Resource in UK, 7th International ICST Conference on Communications and Network in China, pp.733-736.
- [21] Shimomura T., Oyama T. and Seki H., 2012. Analysis of TV White Space Availability in Japan, 2012 IEEE Vehicular Technology Conference (VTC Fall), 3-6 September, pp.1-5.
- [22] Beek J.V., Riihijä J., Aichhorn A., Petri M., 2012. IEEE TV White Space in Europe, IEEE Transaction on Mobile Computing, pp.178-188.
- [23] Nekovee M., 2010. Cognitive Radio Access to TV White Spaces: Spectrum Opportunities, Commercial Applications and Remaining Technology Challenges, IEEE Symposium on New Frontier in Dynamic Spectrum, 6-9 April, pp.1-10.
- [24] Jantti R., Kerttula J., Koufos K., Ruttik K., 2011. Aggregate interference with FCC and ECC white space usage rules: case study in Finland, IEEE Symposium on New Frontier in Dynamic Spectrum Access Networks, 3-6 May, pp.599-602.
- [25] Flynn P., 2013. White Space Potentials and Realities, Texas Instruments.
- [26] Naik G., Singhal S., Kumar A. and Karandikar A., 2014. Quantitative Assessment of TV White Space in India, Twentieth National Conference on Communications, 28 February – 2 March, pp.1-4.
- [27] RTÜK Kanal Listesi, http://yayinci.rtuk.org.tr/web/web_giris.php, (Ziyaret Tarihi: 15.9.2015).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Zafer Emre ALBAYRAK

Doğum Yeri ve Tarihi: Ünye / ORDU 13.04.1986

Adres: Bahçelievler Mah. Mevlana Cad. Barış Apt. No:5/9 İlkadım / SAMSUN

E-Posta: emre_albayrak86@hotmail.com

Lisans: Elektrik Elektronik Mühendisliği Lefke Avrupa Üniversitesi KIBRIS

Yüksek Lisans:

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

Saha Mühendisi, Samsun Hafif Raylı Sistem, 2009-2010.

Uzman Mühendis, YEDAŞ Samsun, 2010-halen

Yayın ve Patent Listesi:

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

- Çetin Kurnaz, Zafer Emre Albayrak “Samsun Şehir Merkezinde TV Spektrum Doluluk Ölçümleri ve Değerlendirmeler“, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, 13-15 Mayıs 2016, Tokat.