



**KTO KARATAY  
ÜNİVERSİTESİ**

**T.C.  
KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK VE BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**RADYO DALGALARI KULLANARAK YER ALTI MADEN OCAĞINDA  
ÇALIŞAN MADENCİLERİN İZLENMESİ**

**Tuğba SARAY**

**KONYA**

***Haziran, 2017***

RADYO DALGALARI KULLANARAK YERALTI MADEN OCAĞINDA  
ÇALIŞAN MADENCİLERİN İZLENMESİ

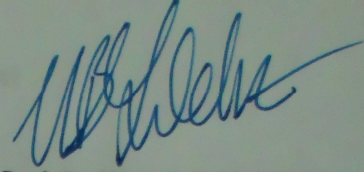
Tuğba SARAY

KTO Karatay Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik ve Bilgisayar  
Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

*Haziran, 2017*

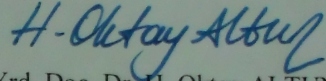
Fen Bilimleri Enstitü Onayı



Prof. Dr. Hüseyin Bekir YILDIZ

Enstitüsü Müdürü

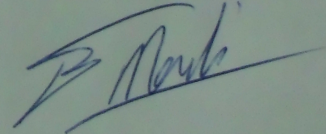
Bu tezli yüksek lisans tezinin yapılması gereken bütün gerekliliklerinin yerine getirdiğini onaylıyorum.



Yrd. Doç. Dr. H. Oktay ALTUN

Anabilim Dalı Başkanı

TUĞBA SARAY tarafından hazırlanan RADYO DALGALARI KULLANILARAK YERALTI MADEN OCAĞINDA ÇALIŞAN MADENCİLERİN İZLENMESİ başlıklı bu çalışma 12.06.2017 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jüri tarafından tezli yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Yrd. Doç. Dr. Şekip Engin MENDİ

Tez Danışmanı

Jüri Üyeleri

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Şekip Engin MENDİ.....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Amir YAVARIABDI.....

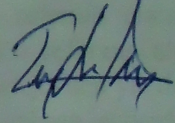
Üye : Yrd. Doç. Dr. Hasan Erdiñ KOÇER.....

## TEZBİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak ve kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

12.06.2017

Tuğba SARAY



## ÖZET

### RADYO DALGALARI KULLANARAK YERALTI MADEN OCAĞINDA ÇALIŞAN MADENCİLERİN İZLENMESİ

SARAY, TUĞBA

Yüksek Lisans Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Şekip Engin MENDİ

Haziran 2017

Kablosuz iletişim teknolojisi büyük bir hızla telsizlerden, akıllı ev sistemlerine; otomasyon uygulamalarından, GPS birimlerine kadar hayatımızın tüm alanlarına yayılmaktadır. Bu tez çalışmasında maden ocaklarında çalışan işçilerin izlenmesi için radyo dalgaları kullanarak kablosuz iletişim gerçekleştiren bir sistem geliştirilmiştir. Yer altı madencilik alanının en riskli ve kaza olasılığı en yüksek alanlarından biridir. Yer tespitinin hayati öneme sahip olduğu bu iş kolunda ani bir kaza veya göçük meydana geldiğinde hangi işçinin hangi konumda olduğu bilinecek ve kurtarma çalışmaları o bölgede yoğunlaştırılabilecektir. Tez kapsamında geliştirilen sistem, bir kablosuz alıcı, bir radyo verici ve belirli aralıklarda referans alıcılar içermektedir. Vericilerden alınan radyo dalgalarının sinyal şiddeti referans alıcı tarafından ölçülmüş ve merkezde bulunan alıcıya gönderilmiştir. Geliştirilen yazılım ile ölçülen değerden mesafe bilgisi hesaplanmış ve maden ocağında çalışan işçilerden seçilen kişinin konumu madenin temsili krokisi üzerinde gösterilmiştir.

Tez çalışması boyunca NRF24L01, XBEE, ESP8266, Nodemcu D1 mini ve CP2102 V2 olmak üzere veri iletişimi sağlayan radyo dalgası tabanlı beş adet modül incelenmiş, gerekli geliştirme kartları tasarlanmış ve denemeleri yapılmıştır. Merkez alıcı olarak CP2102 V2 modülü, referans alıcı olarak D1 mini modülü, verici kartı olarak ESP8266-01 ile devre tasarlanıp madencinin taşınması için kullanılmıştır. Açık alanda, kapalı alanda ve yer altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda, geliştirilen sistemin hızlı ve doğru çalıştığı görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Radyo Dalgaları, RSSI, İzleme

## **ABSTRACT**

### **MONITORING OF MINERS IN UNDERGROUND MINES BY USING RADIO WAVES**

SARAY, Tuğba

M.Sc. Electrical and Computer Engineering

Advisor: Asist. Prof. Dr. Şekip Engin MENDİ

June 2017

Wireless communication technology is spreading rapidly to all areas of our lives. The technology, which has a wide range of applications from radios, intelligent home systems, automation applications to GPS units, was used in monitoring the workers working in mines in this thesis study. Most of the mining area underground mining is risky and the possibility of accident (gas jams, the explosion and dents, etc.) is the area of high. Locating is vital in this line of work when a sudden accident or dent occurred in which the worker will be known and the position of the recovery efforts can be intensified in that area. A wireless receiver in the system established at the entrance to the mineral, the mine workers and mining buyers within one unit of the reference radio transmitter at specific intervals in the system were placed. During the study of the radio waves from the transmitter and by the receiver reference signal intensity measured in the center has been sent to the recipient. The distance information calculated from the value measured with post desktop software and schematic representation of workers in the mines of the mine is shown on the location of the selected person.

Throughout the thesis NRF24L01, XBEE, ESP8266, Nodemcu and V2 D1 mini CP2102 module to execute the data transmission by using radio waves, including the five examined, required development cards were designed and tested. In the thesis study, CP2102 V2 module was used as the center receiver, D1 mini module was used as the reference receiver, ESP8266-01 was used as the transmitter card and it was used to carry the miner.

**Keywords :** Radio waves, RSSI, Monitoring

## TEŞEKKÜR

Tez alıőmasının bütn aőamalarında değerli bilgi ve deneyimleriyle bana yardımcı olan saygı değer hocam Yrd. Do. Dr. Ő. Engin MENDİ olmak üzere, elektronik tasarım ve gömülü sistem yazılımı alanında yardımlarından dolayı sayın Ali ÇETİNKAYA 'ya, katkısını ve yardımını esirgemeyen bana daima destek olan aileme, dostlarım Gül Nazik ONCAR ve Sema ALTUNAY'a teşekkür ederim.

TUĞBA SARAY

Haziran-2017



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZBİLDİRİMİ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	ix
KISALTMALAR	x
SEMBOL LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Önemi	3
1.2. Tezin Amacı	4
1.3. Tezin Kapsamı	4
1.4. Tezin İçeriği	5
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	7
3. RADYO DALGALARI İLE HABERLEŞME	17
3.1. Wi-fi Sinyalleri ile Konumlandırma	21
4. İNCELENEN KABLOSUZ HABERLEŞME MODÜLLERİ	23
4.1. NRF24L01 Modül Özellikleri ve Kullanımı	23
4.2. ZİGBEE Modül Özellikleri Ve Kullanımı	24
4.3. ESP8266 Modül Özellikleri ve Kullanımı	25
4.4. D1 MİNİ Kart Özellikleri ve Kullanımı	28
4.5. CP2102 V2 Kart Özellikleri ve Kullanımı	29
5. SİSTEM TASARIMI VE YAZILIM YAPISI	30
5.1. Sistemin Donanımsal Tasarımı	30
5.2. Yazılım Tasarımı	33
6. DENEYSEL SONUÇLAR	42
6.1. Açık Alan Deneyleri	42
6.2. Kapalı Alan Deneyleri	46
6.3. Yeraltı Alan Deneyleri	49
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	52
EKLER	54
KAYNAKLAR	74



ÖZGEÇMİŞ

**Sayfa**

78



## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. dBm-mW Değer Tablosu	20
Çizelge 6.1. Açık Alan Deneyleri Sonuçları	44
Çizelge 6.2. Açık Alan Deneyleri Sonuçları	45
Çizelge 6.3. Kapalı Alan Deneyleri Sonuçları	48
Çizelge 6.4. Yer Altı Deneyleri Sonuçları	51



## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Elektromanyetik Spektrum Dalga Boyları[31]	17
Şekil 4.1. Tasarlanan İlk Geliştirme Kartının 3 Boyutlu Simülasyonu	23
Şekil 4.2. Tasarlanan İkinci Geliştirme Kartının 3 Boyutlu Simülasyonu	24
Şekil 4.3. Zigbee Modül için Tasarlanan Geliştirme Kartının 3 Boyutlu Simülasyonu	25
Şekil 4.4. ESP8266-01 Modül için Tasarlanan Geliştirme Kartının 3 Boyutlu Simülasyonu	28
Şekil 5.1. Tez Çalışması için Tasarlanan Sistemin Parçaları	30
Şekil 5.2. ESP8266-01 ile FTDI Kart Arasındaki Bağlantı	31
Şekil 5.3. ESP8266-01 Modül için Tasarlanan Geliştirme kartının 3 Boyutlu Simülasyonu	31
Şekil 5.4. Maden Ocağında Çalışan Madenci için Tasarlanan Verici Kartı	32
Şekil 5.5. Referans Alıcının Görünümü	32
Şekil 5.6. CP2102 V2 Kartın Çalışması	33
Şekil 5.7 ESP8266-01 Modülü Programlama için Arduino IDE Ayarları	34
Şekil 5.8. Masaüstü Yazılımın Genel Görüntüsü	35
Şekil 5.9. Yazılım Bağlantı Noktası Seçimi Bölümü	36
Şekil 5.10. Yazılım Bağlantı Noktası	36
Şekil 5.11. Maden Ocağından Kayıtlı Çalışan Listesi Bölümü	37
Şekil 5.12. Madendeki Personel Verileri Bölümü	37
Şekil 5.13. Madende Bulunan Kullanıcı ID ve Mesafeyi Gösteren Bölüm	38
Şekil 5.14. Haritalama Bölümü	39
Şekil 6.1. Açık Alan Deneyleri Sırasında Alınan Görüntüler	43
Şekil 6.2. Açık Alan Deneyleri Sırasında Alınan Ekran Görüntüsü	43
Şekil 6.3. Kapalı Alan Deneyleri Sırasında Alınan Görüntüler	46
Şekil 6.4. Kapalı Alan Deneyleri Sırasında Alınan Ekran Görüntüsü	47
Şekil 6.5. Yeraltı Alan Deneyleri Sırasında Alınan Görüntüler	49
Şekil 6.6. Yer Altı Alan Deneyleri Sırasında Alınan Ekran Görüntüsü	50

## KISALTMALAR

Kısaltma	Açıklaması
dB	Decibel-Desibel
dBm	Decibel miliwat – Desibel miliwat
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol- Dinamik Ana Bilgisayar Yapılandırma Protokolü
GHz	Giga Hertz
GPS	Global Positioning System – Küresel Konumlandırma Sistemi
GSM	Global System for Mobile Communications-Mobil İletişim İçin Küresel Sistem
IDE	Integrated Development Environment – Entegre Geliştirme Ortamı
PC	Personal Computer- Kişisel Bilgisayar
PCB	Printed circuit board – Baskı Devre Kartı
RF	Radio Frequency – Radyo Frekansı
ROM	Read Only Memory – Salt Okunur Bellek
RSS	Received Signal Strength - Alınan Sinyal Gücü
RSSI	Received Signal Strength Indication- Alınan Sinyal Gücü Göstergesi
RX	Receive X – Referans Verilmemiş Alıcı
SNR	Signal to Noise Raito - Sinyal Gürültü Oranı
SPI	Serial Perihpheral Interface - Seri Çevresel Arayüz
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TX	Transmit X – Referans Verilmemiş Verici
UART	Universal asynchronous receiver/transmitter - Evrensel eşzamansız alıcı/verici
USB-TTL	Universal Serial Bus-Transistor to transistor logic–Evrensel Seri Veriyolu
UWB	Ultra Wawe Band- Ultra Geniş Bant
Wi-fi	Kablosuz Ağ Bağlantısı
WLAN	Wireless Local Area Network- Kablosuz Yerel Alan Ağı
WSN	Wireless Sensör Network – Kablosuz Sensör Ağı

## SEMBOL LİSTESİ

Sembol	Açıklaması
G	Kazanç
$P_{\text{çıkış}}$	Giriş Gücü
$P_{\text{giriş}}$	Çıkış Gücü
dBm	Mutlak güç
$P_r$	dBm cinsinden Ölçülen RSSI değeri
$P_0$	dBm cinsinden ölçüm yapılan ortam için hata değeri
K	Katsayı

## 1. GİRİŞ

Doğada bulunan ve ekonomik değere sahip her türlü taş ve mineral maden olarak tanımlanmaktadır ve her türlü ekonomik minerallerin çıkarılması, işlenmesi ve kullanılabilir hale getirilmesi için yapılan çalışmaların tümü madencilik faaliyetlerini oluşturmaktadır. Madencilik tarihi incelendiğinde uygarlıkları gelişmesinde büyük rol oynadığını, sanayi devriminden günümüze olan süreçte de insanlığın gelişiminde önemli etkilere sebep olduğu görülmektedir [1].

Madencilik sektörü, bilgi, tecrübe, uzmanlık, sürekli dikkat ve denetim gerektiren en meşakkatli ve risk değeri yüksek iş kollarından birisidir. Son yıllardaki iş kazaları ve istatistikleri incelendiğinde, kayda değer şekilde arttan iş kollarının başında madencilik sektörü görülmektedir. Maden kazalarına bakıldığında eğitim ve planlama eksikliği, teknik arızalar ve bakımsızlık, denetim sorunları gibi pek çok nedeni olduğu görülmektedir.

Yeraltı kömür madenciliği her zaman iş gücünün sağlık ve güvenliğini ilgilendiren konularda yüksek risk içeren aktiviteler arasında yer almaktadır. Havalandırma sistemi, enerji kullanımı, su atımı ve mekanizasyon aşamaları iş güvenliği açısından önem taşıyan alanlardır [1]. Kömür ve metalin farklı özelliklere sahip olmasından dolayı kömür ve metal madenciliğinin yer altı işletme yöntemleri de farklılık göstermektedir. Yeraltı kömür madenciliğinin diğer yer altı madencilik işletmeleriyle karşılaştırıldığında doğası gereği yaşanan kazaların sonucu ölüm riski yüksektir [2].

Türkiye’de yer altı kömür madeni alanında 2000 yılında 100 milyon ton başına 710 kişi hayatını kaybetmiş, 2008 yılında bu rakam 722 olarak kaydedilmiştir [2]. Dünyada en çok kömür üretimi yapan ülkelerin başında bulunan Amerika Birleşik Devletleri’nde 1 ila 6 kişi ve Çin’de 127 kişinin hayatını kaybettiği kayıtlara geçmiştir. 2008 yılından sonra Çin’de alınan kapsamlı kararlar neticesinde kazalar ve kaza başına düşen ölüm oranlarının çok ciddi bir biçimde azaldığı görülmektedir. Çin’de 2013 yılında 100 milyon ton başına düşen ölüm sayısı 37’ye düşürülmüştür [2].

Çin'in madencilik anlayışındaki değişikliğe bakıldığında, eski ve verimsiz madenler kapatılarak, mekanizasyona önem verilerek, iş güvenliği yönünde gelişmeler yaşandığı görülmektedir [2].

Madencilik katma değer yaratan insan iş gücünü yoğun olarak kullanan bir alandır. Yapılan çalışmalar 1 maden çalışanının yanında 12 kişinin daha istihdam edildiğini göstermektedir [3]. Yani madende çalışan her bir kişi dolaylı olarak 12 kişiye daha iş imkânı sağlamaktadır. Madencilik sektörünün istihdam kapsamı önü açıldığı takdirde ve yeni üretim alanları devreye alındığı takdirde hızla artacağı tahmin edilmektedir. Hem istihdam hem de arz boyutuyla yerli kaynaklara ilginin artması ve güvenli çalışma ortamları oluşturulması gerekmektedir. Madencilikte istihdama ilişkin istatistiklerdeki tüm olumsuzluklara rağmen, çeşitli kamu kurumları mevcut kaynaklardan elde edilen bilgiler ve tahminlerden yararlanılarak istihdam rakamlarını belirlemiştir. TÜİK, 2005 Nisan ayı için verdiği madencilik sektöründeki istihdam rakamı 122.000 olarak vermiştir [3]. Bu veriler madencilik sektörünün ekonomi içindeki istihdam ağırlığına ilişkin önemli bir gösterge olduğunu ortaya koymaktadır.

Madencilik enerji sektörü ile birlikte ekonomiye büyük oranda katma değer sağlayan ve yüksek oranda istihdam yaratma özelliğine sahip olması nedeniyle vazgeçilmez sektörlerdendir. Yeraltı madenciliği teknoloji ve iş güvenliği bakımından son yıllarda büyük gelişmeler göstermiş bir alandır. 22 Ekim 1984 tarihli ve 18553 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan " Maden ve Taş Ocakları İşletmelerinde ve Tünel Yapımında Alınacak İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Önlemlerine İlişkin Tüzük" ile bu sektöre yönelik önemli bir mevzuat değişikliği yapılmıştır [2]. 3 Aralık 1992 tarihli ve 92/104/EEC sayılı Avrupa Birliği Direktifi esas alınarak hazırlanan "Yeraltı ve Yerüstü Maden İşletmelerinde Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği" 21 Şubat 2004 tarihli ve 25380 sayılı Resmi Gazete yayımlanarak yürürlüğe girmiştir [2].

İnsan işgücünün en yoğun kullanıldığı bu alanda artan iş kazalarının oranı, alınacak önlem ve oluşturulacak acil durum planlarının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Hızla gelişen teknolojiyi madencilik sektöründe de önleyici ve kurtarıcı durumda kullanmak ve projeler geliştirmek gerekmektedir.

Bu teknolojilerin başında maden ocaklarında sıklıkla kullanılmaya başlanan radyo dalgaları ile haberleşme sayılabilir. Haberleşme sürecinde kullanılan yöntemlerden birisi gelen işaret gücü göstergesi (Received Signal Strength Indication- RSSI) yani alıcıya gelen sinyalin gücünün ölçülmesidir. RSSI, Günümüzde birçok kablosuz haberleşme yapan donanımda standart bir özellik olarak bulunmaktadır. Vericiden gelen sinyalin ölçülmesinde fazladan bir donanım gerektirmiyor olması, düşük enerji seviyesinde çalışması, cihazlar arası mesafenin uzun olabilmesi ve maliyetinin düşük olması gibi sebeplerden dolayı tercih edilmektedir.

Bu tez çalışmasında önleyici ve kurtarıcı çalışmaların en kısa sürede yapılabilmesi için madencinin takibini yapıp, konum hesabı ile en son bulunduğu noktanın bilinmesiyle arama kurtarma çalışmalarının belirlenen bölgede yoğunlaştırılması için çalışılmıştır. Madenci için bir verici sistem tasarlanmış, vericiden alınan RSSI değeri referans alıcı aracılığı ile merkez alıcıya iletilmiş, masaüstü yazılımda mesafe bilgisi hesaplanmıştır. Son olarak, masaüstü programda takip ve konum gösterimi yapılmıştır.

### **1.1. Tezin Önemi**

Maden ocaklarında meydana gelen gaz sıkışmaları, patlama ve göçükler çok ciddi sorunlara ve can kayıplarına neden olmaktadır. Can kayıplarının önüne geçebilmek için hem devlet kurumları hem de özel kuruluşlar önlemler almaktadır. Ancak yine de çoğu kaza önlenememekte ve büyük can kayıpları ile sonuçlanmaktadır. Bu duruma çözüm bulabilmek ve sonuçları en az kayıpla atlatabilmek için pek çok araştırma yapılmaktadır. Özellikle kablosuz alan ağı kurularak madenin içerisindeki hayati değerlerin ölçülüp takibinin yapılması, madencilerin maden içerisindeki konumlarının üç boyutlu kroki üzerinde gösterilmesi gibi çalışmalar öne çıkmaktadır.

Bu tez çalışmasının yer altı maden ocaklarında herhangi bir kazanın ardından arama kurtarma çalışmalarının yapılması gereken noktaların bilinmesi ve vakit kaybetmeden kaza geçiren madencinin bulunması açısından büyük öneme sahip olduğu düşünülmektedir.



Madencinin kaza veya göçük anında en son bulunduğu bölge bilindiğinde kurtarma çalışmaları bu belirlenen bölgede yapılabilecek hem madenciye daha kısa sürede ulaşılma hem de maliyeti azaltma imkânı sağlanabilecektir.

## **1.2. Tezin Amacı**

İnsan işgücü ve emeğinin en yoğun kullanıldığı iş kollarından olan madencilikte, işçilerin yaralanma veya ölüm ile sonuçlanacak bir iş kazası sırasında bulunduğu bölgenin biliniyor olması büyük önem arz etmektedir.

Maden ocaklarında çalışan işçilerin herhangi bir kaza anında nerede olduklarının bilinmesi aynı zamanda kazanın ardından yapılan arama kurtarma çalışmalarının yapılacağı konumu vakit kaybetmeden belirlenip başlatılması için de oldukça önemlidir. Bu bilgilerden yararlanıldığında işçi hangi tünelde ve ne kadar uzaklıkta olduğu bilindiği için hayati kaynakları bitmeden ulaşılmasına olanak sağlanacaktır.

Tez çalışmasında işçilere yerleştirilecek küçük bir cihaz, maden içerisine belirli aralıklarla yerleştirilen referans alıcılar ve merkez alıcıyla bağlantısı sağlanmış masaüstü program sayesinde çalışanların takibinin yapılması ve izlenmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda bu tez çalışmasının madencilerin takibi konusunda yapılacak ileriki çalışmalara ışık tutabilecek bir kaynak olması hedeflenmiştir.

## **1.3. Tezin Kapsamı**

Tez çalışması boyunca maden ocaklarında kullanılacak radyo dalgaları ile kablosuz haberleşme yapılmasını sağlayan modüller incelenmiş bunlardan beş adet modülün incelemesi tez içerisinde verilmiştir. Ardından java tabanlı gömülü sistem ile modüllerin ilk denemeleri yapılmış, daha sonra bu modüllerin bazıları için geliştirme kartları tasarlanmıştır.

Yer altı maden ocağında çalışan madencinin taşıyacağı sürekli yayın yapan kablosuz verici devre tasarlanmış, maden içerisine belli aralıklarla yerleştirilen referans alıcılar ile sinyaller toplanıp merkez alıcıya gönderilmiştir. Merkez alıcı aldığı sinyalleri masaüstü programa aktararak, program üzerinde maden içerisinde bulunan madenciler listelenmiş, seçilen madencinin bilgileri ayrıntılı bir biçimde verilmiş ve konumu temsili harita üzerinde gösterilmiştir.

Maden ocağının girişine yerleştirilen alıcıdan gelen bilgiler ile tasarlanan program için konum hesaplama ve mesafe bulma algoritmaları incelenmiştir. Maden ocağında çalışan işçinin bulunduğu konumu hesaplayıp masaüstünde gösteren tümleşik geliştirme ortamında, RSSI bilgisini alıp bilgisayara ileten cihazın yazılımı java tabanlı gömülü sistem ile geliştirilmiştir. Geliştirilen donanım maden ocağında çalışan işçinin çalışırken zorlanmaması ve rahatça taşıyabilmesi için kıyafetine entegre edilebilir hale getirilmiştir.

#### **1.4. Tezin İçeriği**

Hem elektronik donanımın hem de yazılım tasarımının geliştirildiği bu tez çalışması yedi bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde tezin konusu ve madencilikle ilgili bilgiler verilmiş tezin önemi, amacı, kapsamı ve içeriğinden bahsedilmiştir.

İkinci bölümde, kaynak araştırması yapılmış madencilik, radyo dalgaları ile haberleşme ve konum belirleme alanında yapılmış çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmalar ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, radyo dalgaları ile haberleşme konusu üzerinde durulmuştur. Ayrıca, konum belirleme ve mesafe ölçüm tekniği hakkında bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde, tez çalışmasında kullanılabilecek bilgi iletme teknolojisi olarak radyo dalgaları kullanan NRF24L01, XBEE, ESP8266, D1 mini ve CP2102 V2 olmak üzere beş adet modül incelenmiştir. İncelenen bu modüller içerisinde ESP8266 modül madencilerin taşıyacağı verici devre üzerinde, referans alıcı olarak D1 mini modül, merkez alıcı olarak CP2102 V2 modül kullanılmıştır.

Beşinci bölümde, tasarlanan sistemin yapısı tanıtılmış, dördüncü bölümde incelenen modüllerden uygun bulunan modüller ile tasarlanan donanımın özellikleri anlatılmıştır. Bunun yanında, tasarlanan donanım için yazılan yazılımın yapısı incelenmiştir.

Altıncı bölümde, donanım ve yazılım olarak kurulan sistemin üç farklı ortamda deneyleri yapılmış ve sonuçları verilmiştir.

Son olarak yedinci bölümde, gelecekte yapılabilecek çalışmalara yönelik öneriler sunulmaktadır.



## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Son yıllarda yer altı maden ocağında çalışan madenciler için yapılan araştırmalar büyük önem kazanmaktadır. Kaza ya da göçük anında madencilerin tahmini konumunun dahi bilinmesi madenciye sağ kurtarma olasılığını artırmaktadır. Yapılan araştırmalar, madencilerin takip ve konum tespitinin belirlenebilmesinin mümkün olabileceğini göstermektedir. Bahsedilen çalışmaları incelediğimizde:

Zhenjun ve ark. (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, maden güvenliği için keşfe çıkan bir tarama robotu geliştirilmiştir. Bu robot, kömür madenlerinin özel yerlerine girebilmekte, insanların çalışmasının mümkün olmadığı yangın, deprem gibi maden felaketleri koşullarında çalışabilmektedir. Ayrıca, üzerinde birden fazla sensörle, uzaktan kumandalı gerçek zamanlı veri iletimi gerçekleştirebilmektedir. Geliştirilen robot, orta aralık arama, sabit nokta algılama, uzaktan ve izleme gibi ayarlar yapılarak çalışmaktadır. Robotun hareket kontrolü gerçekleştirebilme, video kaydı ve gönderimi yapabilme, sıcaklık, nem ve gaz algılayabilme, kablosuz iletişim gerçekleştirebilme gibi özellikleri bulunmaktadır. Bunun yanında robot, dinamik ölçüm ve gerçek zamanlı izleme yapmak ve güvenlik uyarıları vermek için üst makineye gerçek zamanlı bilgileri gönderebilmektedir [4].

Filiz ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, bir afet durumunda kurtarma ekipleri ve kişiler arasında haberleşme problemini çözmeye yönelik uygulama gerçekleştirmişlerdir. Oluşturulan sisteme bağlı durumda olan kullanıcılar izin verdiği takdirde konumları tespit edilmiş ve yerleri web tabanlı harita üzerinde gösterilmiştir. Yapılan çalışma ile internet kullanımında sorun olmayan ve GPS sinyalinin etkin alınabildiği bölgede kayıtlı kullanıcıların birbirlerini takip edebilmeleri ve harita üzerinde arama kurtarma birimlerinin ihtiyaç duyulduğu görülen noktaya gönderimi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında GPS özelliği bulunan akıllı telefonlar üzerinden gönderilen sinyal internet aracılığı ile sunucuya coğrafi konum bilgilerini göndermektedir. Kayıtlı kullanıcılar ise izinleri doğrultusunda harita üzerindeki takip yapabilmektedir. Geliştirilen yazılımın GPS sinyallerinin alınabildiği ve internet bağlantısının olduğu bir ortamda çalışması uygulama sırasında sorunlara neden olduğu görülmüştür [5].

Chen (2015) yaptığı çalışmada, maden ocağında kablosuz konumlama sistemi tasarlanırken kullanılan elektromanyetik dalgaların coğrafi koşullardan kaynaklanan iletim sorunları üzerinde durmuştur. Bunun için geri yayılma öğrenme eğitimi algoritması kullanılmıştır. İlk olarak ortam için kararlaştırılan standart sapma eşiği tanıtılıp, daha sonra oluşturulan her düğüm için standart sapma hesaplanarak bu değerlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırmaya dayanarak öğrenme eğitimi, konumlandırma hata oranının iyileştirmesi ve sistemin konumlandırılması için oluşturulan geri yayılma algoritması tanıtılmıştır. Kömür madeni ortamı açısından, iki alanlı elektromanyetik iletim modeli oluşturulmuştur. Kablosuz konumlandırma algoritması, enerjiye dayalı konumlandırma yönteminin hatasını iyileştirmek üzere tasarlanmıştır. Yapılan deneylerin sonucunda, geliştirilen algoritmanın hata oranının iyileştirmeden önceki hata oranından daha düşük olduğu ve böylece konumlandırma hassasiyetinin önemli ölçüde iyileştiği gözlenmiştir [6].

Karaoğlu (2015) gerçekleştirdiği çalışmada, maden ocaklarının ortam koşullarının anlık olarak takip edilebilmesi ve işçilerin durumlarının uzaktan kontrol edilebilmesi gerekliliği üzerinde durmuştur. Yapılan çalışmada sensör ağları için uygun bir haberleşme teknolojisi olan ZigBee kullanılarak maden ocaklarında meydana gelen kazalarda oluşabilecek risklerin önüne geçilebilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında madendeki çalışma ortamının verileri sensörlerle okunup, yönlendirici ZigBee modülleri ile koordinatör modüle gönderilmiştir. Koordinatör tarafından alınan veriler merkezi bilgisayara aktararak grafiksel olarak görüntülenmesi sağlanmıştır. Oluşturulan bu sistem uygun görüldüğü takdirde daha fazla sensör eklenebilir veya kontrol uygulamalarında kullanılmak üzere yeniden tasarlanabilir şekilde gerçekleştirilmiştir. Sistem tasarımında sayısal sensörlerde meydana gelen çevrim işlemlerinden kaynaklanan gecikmelerin önüne geçebilmek için özellikle analog sensörler tercih edilmiştir [7].

Perente ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada, kablosuz ağdan yararlanılarak Alınan Sinyal Gücü Göstergesi (RSSI) verileriyle yer işaretleme yöntemini kullanarak geniş iç mekânda konum belirleme sistemi geliştirmişlerdir. Sistem tasarımında iç mekânda belirli noktalara kablosuz erişim noktaları (Access Point-AP) yerleştirilmiştir.

Mekânda önceden belirlenmiş noktalarla belirlenen erişim noktaları arasındaki sinyal seviyeleri ölçülüp kaydedilmiştir. Konum belirleme sırasında önceden kaydedilmiş sinyal seviyeleriyle kablosuz bağlantı özelliği bulunan bir cihazın anlık sinyal seviyesi karşılaştırılarak konumu tespit edilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda kablosuz erişim noktalarının sinyal çıkış güçleri düşük ve yüksek olarak iki farklı şekilde yer işaretleme yapılarak konumlandırma hata paylarına olan etkisi karşılaştırılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada alınan sonuçlar mobil cihaz kullanıcısının bulunduğu odayı ve alanı rahatlıkla tespit edilebildiğini göstermiştir. Ancak son kullanıcıların kapalı alanda yönlendirme yapmasında gerekli olan bilgiler için eksik kalmıştır. Bu yüzden sonraki çalışmalar için aynı ortam içinde referans nokta sayısı artırılarak hem sapma oranının düşürülebileceği hem de düşük ve yüksek çıkış sinyalleri arasındaki farkın daha net görülebileceği sonucuna varılmıştır [8].

Lüy (2016) maden ocaklarında meydana gelebilecek kazaları önleyebilecek ve kaza oluşuktan sonra ortaya çıkacak ölüm riskini en aza indirebilecek bir sistem üzerine çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada madenlerde kullanılan teknolojiler ve madencilikte kullanılan yazılımlar incelenmiş, merkeze iletilmiş olan verilerin analizi edilmesi, görsellenmesi ve kullanıcıya sunumu üzerinde durulmuştur. Operatöre ulaştığı varsayılan veriler üzerinden üç boyutlu çalışan bir web uygulaması geliştirilmiştir. Yapılan uygulamada madenler için harita oluşturulması, anlık madenci takibi ve sensör verilerinin görüntülenmesi modülleri bulunmaktadır. Sanal donanım elemanları tarafından 10 saniye aralıklarla rastgele oluşturulan madenci konum ve sensör verileri gönderilmektedir. Bu verilerin tamamı sistemde kurulu veri tabanına kaydedilerek verilerin web uygulaması üzerinde üç boyutlu gösterimi yapılmıştır [9].

Tatar ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada kapalı alanlardaki kablosuz duyurga ağ ortamlarında kullanılması amacıyla iki yeni bakış açısı üzerinde durmuşlardır. Bu yöntemlerde imza tabanlı konum tespit yöntemi kullanmışlardır. Birinci durumda, radyo haritalama safhasında, “K-Means” metodunu kullanarak her duyurga noktasına ait RSSI verilerinin ayrı ayrı hesaplayıp ilgili radyo haritasının boyutunun küçültülmesini sağlamışlardır. Ayrıca bu safhada konum tahmini işleminin hassasiyetini arttırmak için “Mantıksal Alt Bölgeleme” işlemi uygulanmıştır.

İkinci durumda konum kestirimi safhası için K-En Yakın Komşuluk (KNN) yöntemine alternatif olarak karar aşamasında sabit bir “K” değerinin yerine, bu değer mantıksal alt bölgelemedeki karar hücre sayısı kullanılmıştır. Sistem kapalı ortamda TelosB düğümlerle gerçekleştirilmiş, önerilen durumlara göre matematiksel ve deneysel sonuçlar elde edilmiştir. Bunun yanı sıra literatürde karar tabanlı yaklaşım olarak bilinen KNN temelli konum tespit algoritması da mevcut test ortamına uygulanmıştır. Uygulamalar sonucunda elde edilen veriler ile önerilen tekniğin sonuçları karşılaştırılarak önerilen tekniğin daha doğru sonuçlar verdiği tespit edilmiştir [10].

Chruszczyk ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, açık ve kapalı alanlarda 433, 868 ve 2400 MHz ISM (endüstriyel cihaz bant genişliği) bantlarını kullanarak RSSI konumlandırma tabanlı karşılaştırma yapmışlardır. Çalışma kapsamında farklı ortamlarda alınan benzer ölçümler karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda 433 ve 868 MHz bant genişliklerinin 2400 MHz göre daha iyi performansta çalıştığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca ölçüm sonuçlarının bant genişliğine sahip RF modüle de bağlı olduğunu saptamışlardır. Konum hatalarını azaltmak için RSSI parmak izi, Kalman filtreleme, Markov zincirleri yöntemlerini önermişlerdir. Yapılan bu çalışma ile daha az hataya sahip ve kullanışlı konumlandırma sistemleri için 433 ve 868 MHz ISM bantta çalışan modüllerin 2.4 GHz göre kullanılabilir olduğu sonucuna varmışlardır [11].

Fink ve ark. (2015) yer altı kömür madenciliği alanlarında yer alan uzun duvar ve tüneller gibi zorlu, kapalı ortamlar için sinyal kuvvetine dayalı konumlandırma ve madenci izleme üzerinde durmuşlardır. Maden personeli üzerlerinde bulunan radyo etiketi ile maden içerisinde referans algılama noktaları aracılığı ile izlenmiştir. Tüm sensör verilerini merkezi işleme istasyonuna iletmek için kablolu omurga kurulması, sistemin kapsamı için sınırlayıcı faktör olmuştur. Sistemin veri yolu, birbirine bağlanan ağ geçidi aygıtlarıyla hiyerarşik alt ağlara ayrılmıştır. Alt ağların boyutuna bağlı olarak konumlandırma doğruluğu, ampirik sinyal kuvvet değerlerine dayanan simülasyon sonuçları kullanılarak analiz edilmiştir [12].

Temizer ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, tüm araçlarda kullanılabilir mesafe ölçümü tabanlı konum tespiti alanında örnek uygulamalar yapmışlardır. Çalışma sırasında Bayes filtreleme prensibi temelli yöntemlerin incelemesi yapılmıştır. Örnek uygulamaların bir bölümü simülasyon ortamında uygulanmıştır. Gerçek ortamda yapılan uygulamalar hava ve kara araçları olmak üzere iki farklı alanda gerçekleştirilmiştir. Uygulamalarda bölgenin referans derinlik haritası oluşturulmuş ve araç tarafından konum tespiti için kullanılmıştır. Araç üzerine derinlik algılayıcı sensörler yerleştirilmiştir. Araç harekete başladığında referans derinlik haritası ile sensörlerden algıladığı verileri karşılaştırarak konumunu güncellemiştir [13].

Ahnn (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, iki tür iletişim kurma stratejisi özetlenmiştir. Bunlardan ilki bir mobil robot ile bir uzak baz istasyonu arasında kablosuz iletişim, diğeri uzak baz istasyonu ve bir GUI uygulamasıdır (Bilgisayar arasında seri iletişim). Geliştirilen sistem kablolu iletişim gerektiren düşük maliyetli bir mobil robottur. Amaç robotu GUI uygulaması ile kablosuz olarak kontrol edebilmektir. Bu çalışmada AVR mikro denetleyicisini kablosuz bir şekilde kontrol edilmesini sağlayacak bir radyo paket denetleyici modülü (433 MHz'lik bir frekansta çalışacak şekilde) programlanmıştır. Veri iletimi ile ilgili iletişim protokolleri ve sistemin kablosuz kontrolü başarıyla uygulanmıştır [14].

Dilmen (2012) yaptığı çalışmada, gezgin robotlarda dış ortamda konumlandırma amaçlı GPS kullanımı ile ilgili çalışmaları incelemiştir. Bir GPS alıcı devresi geliştirilmiş, bu alıcı devresinde U-box Neo-4S GPS modülü kullanılarak çeşitli ortamlarda hata karakteristiği çıkarılmıştır. Bu karakteristiğin iyileştirme yöntemleri araştırılmış ve bu kapsamda DGPS üzerinde durulmuştur. Türkiye'de bu hizmeti veren TSSAGA sisteminden faydalanılmıştır [15].

Yüksel ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada, mobil robotlardan toplanan verilerin Rf ile transferi çalışılmıştır. Çalışılan bölgenin şartlarına bağlı olarak, mobil robotların hedef noktaya erişim için insan sağlığı açısından tehlike arz edebilecek durumlarda kullanımı artmıştır. Bu bağlamda, gerçekleştirilen bu çalışmada verilerin Rf ile transferi ve mobil robotun hedefe ulaşması amacıyla bir duvar takip ve böcek algoritması geliştirilmiştir.



Araştırmanın neticesinde istenen bir konumdan insansız olarak her türlü tehlikeden uzak bir biçimde kablosuz gönderim gerçekleştirilmiştir [16].

Acer ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada, Wi-fi ağı kullanarak fiziksel nesnelerin yerini bulabilecek bir sistem geliştirmişlerdir. Wi-fi ile etiketlemesi yapılmış nesnenin konumunu belirlemek için geliştirilen bu sistem hareket imzalarına dayanmaktadır. Yapılan çalışmada kablosuz ağ ile gerçek bir platform kurularak sadece konum ve hareket imzaları yöntemleri ile IoT (internet of things-nesnelerin interneti) tabanlı uygulamalara katkı sağlanması amaçlanmıştır [17].

Özbayoğlu ve ark. (2011) RSSI verileri kullanarak sinir ağı tabanlı bina içi konum tespiti uygulaması geliştirmişlerdir. Çalışmada binanın bir katına yerleştirilen erişim noktaları ile kablosuz bağlantı sağlayabilen hareket halindeki bilgisayarın anlık konumu tespit edilmiştir. Aynı zamanda yapay sinir ağlarının eklenmesinin sisteme olan etkisi gözlemlenmiştir. Tahmin için kullanılan algoritmalar öklit temelinde tasarlanmıştır [18].

Rajasekaran ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, tıbbi alanda sorunlu bölgeyi periyodik aralıklarla izleme amacıyla kablosuz cihazları kullanmışlardır. Altı farklı sensör ile hastanın tıbbi bilgileri vücuda temas etmeden toplanmıştır. Böylece, hastaların uzaktan izlenmesi ve veri toplanması sağlanmıştır. Bu çalışma, hastaların periyodik olarak ziyaret etmek için sağlık görevlisi ihtiyacı olmadan takip edilebilmesini amaçlamıştır. Ayrıca, kablosuz tıbbi cihazların avantajları ve bu teknolojiyle birlikte karşılaşılan zorluklar tartışılmıştır. Kablosuz Kişisel Alan Ağı teknolojilerinden, WiMAX, Wi-Fi ve ZigBee üzerinde durulmuştur. Kablosuz tıbbi uygulamalarda kullanılan standartlar ve bir sağlık sistemi içindeki kablosuz ağların bulunabileceği yerler de incelenmiştir. [19].

Pandian ve ark. (2008) giyilebilir bir fizyolojik izleme sistemi ile fizyolojik parametrelerin sürekli izlenmesi ve toplanan verilerin kablosuz uzaktan izleme istasyonuna iletilmesi için bir sistem oluşturmuşlardır. Geleneksel giyilebilir fizyolojik izleme sistemlerinde, sensörler yelek üzerindeki belirli yerlere entegre edilebilmekte, kumaşa dokunan teller ile giyilebilir veri toplama donanımı birbirine bağlanabilmektedir.

Bu çalışmada, kullanıcının kumaşına gömülü bir dizi sensörden oluşan sistem ile toplanan veriler, kullanıcının genel sağlık durumunun uzaktan incelenmesi amacıyla izleme istasyonuna gönderilmiştir. Çalışmada ayrıca, kablosuz sensör ağı ve bunun giyilebilir fizyolojik izleme ile uygulamalarına olan etkisi tartışılmış, konvansiyonel giyilebilir fizyolojik izleme sistemleri ile ilgili problemler üzerinde de durulmuştur [20].

Song ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, kuantum davranışlı parçacık sürüsü optimizasyonu ile bütünleştirilmiş gelişmiş bir dizi tabanlı yerelleştirme yöntemi önermişlerdir. Gerçekleştirilen simülasyonda, kablosuz sensör ağları oluşturmak ve personel konumunu belirlemek için ZigBee cihazları kullanılmıştır. Madenci yerelleştirme optimizasyonu için SBL yöntemi ve QPSO algoritmasını birleştiren yeni bir yöntem sunulmuştur. Çalışmada gelişmiş SBL yöntem parametrelerinin seçimi makul bir seviyede olduğunda simülasyon sonuçlarının SBL yöntemi ile %5 altında hata değerine sahip olduğu görülmüştür [21].

Fortino ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada, WBSN (kablosuz vücut sensör şebekesi) uygulamalarının esnek bir şekilde tasarlanması ve verimli bir şekilde uygulanması için ajan odaklı modele dayalı üst düzey bir programlama yaklaşımı önermişlerdir. Yaklaşımlar, MAPS (Sun SPOT için Mobil Aracı Platformu) ve AFME (Agent Factory Micro Edition) adlı iki farklı ajan tabanlı çerçeveye geliştirilen gerçek zamanlı bir insan etkinliği izleme sistemi ile ilgili bir vaka çalışmasıyla birlikte örneklenmiştir. Sonunda, geliştirilen sistemlere göre MAPS ve AFME'nin programlama etkinliği tartışılmış, WBAN uygulamalarının üst düzey programlanması için aracı odaklı yaklaşım sunulmuştur. MAPS ve AFME, sensör düğümlerinin programcılar tarafından etkili bir şekilde kullanılabilmesi için alt düzey API'lere (uygulama programlama ara yüzü) göre tanımlanmışlardır [22].

Lau ve ark (2008) yaptıkları çalışmada, kapalı ve açık alanlar için gelişmiş RSSI tabanlı, gerçek zamanlı kullanıcı konumu izleme sistemi tasarımı üzerinde durmuşlardır. Konum izleme çalışmaları üzerinde yapılan araştırmalar kapalı veya açık alanda tamamen farklı cihazlar ve teknikler kullanılarak yapılmaktadır.

Her iki durumda da uygun bir konum algılama teknolojisi ile farklı çözümler sunulmaktadır. Bu çalışmada en az izleme hatası ile tek bir kablosuz aygıt kullanarak hem kapalı hem açık ortamlarda kullanıcı pozisyon takibinin yapılması amaçlanmıştır. Önerilen RSSI tabanlı izleme tekniği iki ana aşamadan oluşturulmuştur. İlk aşama RSSI kalibrasyonunun (kararlı faz) gerçekleştirilmesini, ikinci aşama ise yinelemeli trilateration (olasılıksal faz) kullanılarak konum tahmini ile birlikte mesafe bilgisine ulaşılmasını içermektedir. CC2431 kullanılarak yapılan konum tahmini testlerinde, yumuşatma algoritması kullanarak geliştirilen sistemin doğruluk açısından diğer sistemleri geride bıraktığı görülmüştür [23].

Bahl ve ark. (2000) bina içerisinde bulunan kişileri konumlandırmak ve izlemek için radyo frekansı tabanlı bir RADAR sistemi geliştirmişlerdir. RADAR bina içerisine yerleştirilmiş istasyonların kapsama alanı içerisine giren kullanıcılardan gelen sinyal gücü bilgilerini kaydedip işleyen bir sistem olarak çalışmaktadır. Sistem temeli ampirik sinyal gücü ölçümlerine ve sinyal yayılım modeline dayandırılmıştır [24].

Imran ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada, giyilebilir sensörler kullanarak vücut ısısı, tansiyon, terleme, beyin uyarıları vb. çeşitli insan vücudu parametrelerini ölçmüşlerdir. Bu çalışmada farklı parametrelere dayalı otomatik bağlamsal-psikolojik sınıflandırma için temel bir altyapı oluşturulması amaçlanmıştır. Ölçümlerden toplanan verilerin etkileşen tarafların kişilik türünü, ruh halini ve psikolojik durumunu saptayarak, çalışmanın insanların birbirini daha iyi anlamalarına, yaşam kalitesinin iyileştirilmesine ve çelişkili durumların en aza indirmesine yardımcı olacağı düşünülmüştür [25].

Rahane ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada, GSM modülü ve mikroişlemci ile kablosuz algılayıcı ağı kullanan bir akıllı sağlık hizmeti için sistem mimarisi sunmuşlardır. Geliştirilen sistem, kan basıncı (BP), EKG, vücut sıcaklığı ve solunum gibi fizyolojik parametreleri izlemektedir. Koordinatör düğümü, kablosuz sensörlerden sinyal toplayabilmek için hastanın gövdesine yapıştırılmıştır. Kablosuz sensörler, bu sinyali doktorun ana istasyonuna veya kontrol odasına göndermiştir. Bu kablosuz sensörler WBSN ile oluşturulmuştur. Her bir WSN'nin düğümü, sağlık sensörleri ve RF sonlandırıcıya veri gönderen alıcı aktarıcıdan oluşmaktadır.

Her hastanın sensör verileri kendi kimliğine sahip olan uç sunucusunda saklanmaktadır. Verilerin analizi, veri tabanı sorgulama, veri yönetimi ve sistem yönetimi sunucunun web sayfasında görüntülenmektedir. Sistem, hastaların anormal durumunu tespit ettiğinde SMS veya e-posta ile doktora bilgi göndermektedir [26].

Virone ve ark (2006) gelişmiş WSN'ye dayanan akıllı sağlık sistemi için bir sistem mimarisi önermişlerdir. Çalışmada özellikle yardımcı ile yaşayan hastalara ve sürekli uzaktan sağlık denetlemesine ihtiyaç duyan kişilere yardım sağlayabilme hedeflenmiştir. Geliştirilen sistemin değerlendirilmesi için Virginia Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Bölümü'nde deneysel bir yaşam alanı kurulmuştur. Elde edilen sonuçlar, WSN'lerin geliştirilmiş tıbbi bakım kalitesi için çok-modlu sensörlerin, düşük maliyetli ve Adhoc (tanımlı cihazlara uygulama dağıtılması) dağıtımı için yeni araştırma alanlarına yönelik güçlü bir potansiyeli olduğunu ortaya koymaktadır. Bir haftalık deney sonucunda, sistemin tümüyle uyumlu ve sorunsuz bir çalıştığı ve hastaların yaşam kalitesinin büyük ölçüde artırıldığı gözlenmiştir [27].

Hughes ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada, Bluetooth Düşük Enerji (BLE) kullanarak inşaatlarda ses tanımlama ve konumlandırma için WSN tabanlı bir sistem geliştirmişlerdir. Farklı system-on-chip (SoC) aygıtları ve ağ protokollerini kullanan üç WSN, ağda ağ geçidi olarak bir Raspery Pi kartı kullanarak prototip oluşturulmuştur. Sistemin işlevselliği veri günlükleri deneyleriyle gösterilmiş, BLE'nin avantajlarını tanımlamak için farklı WSN sistemleri ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Sunulan sistem, şantiyelerde araç gürültüsünün kaynağının belirlenmesine ve konumlanmasına yardımcı olmak için kullanılmış, daha fazla geliştirme ve iyileştirmelerle birlikte, WSN tabanlı sistemin gürültü kirliliğini önlemek için kullanılabilceği belirtilmiştir [28].

Sonuç olarak literatür araştırmalarında da görüldüğü gibi yer altı maden ocaklarında çalışan madencilerin genel sağlığı ve oluşacak olumsuz bir durum anında aranması ve kurtarılması için yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Kaynak araştırmasında verilen çalışmalar bu tez çalışmasının ana düşüncesinin oluşturulmasında büyük katkı sağlamıştır.

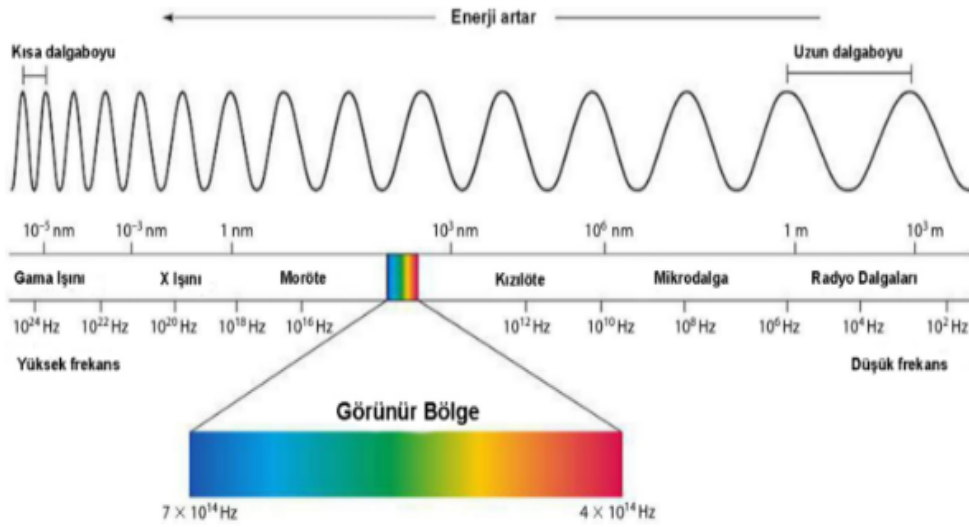
Bu tez çalışması ile bir kaza veya göçük anında madencinin konumu önceden bilinip, yapılacak arama kurtarma çalışmalarının zaman kaybetmeden bir bölgeye yoğunlaştırılıp başlanması için bir sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem madenciler için radyo dalgaları ile yayın yapan bir verici, vericiden sinyalleri toplayıp merkeze gönderen referans alıcı ve merkezde tüm verileri toplayıp bilgisayara ara yüzüne gönderen merkez alıcıdan oluşmuştur. Oluşturulan masaüstü yazılımında merkez alıcıdan alınan veriler işlenmiş, merkez alıcı başlangıç konumu alınarak madenci ile arasındaki mesafe bilgisi hesaplanmış ve kullanıcıya aktarılmıştır. Açık alan, kapalı alan ve yer altında olmak üzere üç ayrı ortamda yapılan ölçümler ile sistemin testleri yapılmıştır.

### 3. RADYO DALGALARI İLE HABERLEŞME

Radyo dalgaları üreterek yayınlama ve algılama olaylarını ilk defa gerçekleştiren fizikçi Heinrich Hertz (1857-1894) elektromanyetik dalgaların titreşim hareketi olduğu ve ışık dalgalarıyla benzer olduğunu göstermiştir. Hertz yaptığı çalışmalar sonucunda radyo dalgalarını deneysel olarak kanıtlamıştır [38]. 1901 yılında, İtalyan elektrik mühendisi Guglielmo Marconi (1874-1937) Hertz'inkine benzer bir sistem ile Atlas okyanusunun iki ucundan elektromanyetik dalga iletimini gerçekleştirmiştir. Marconi'nin icadı özellikle gemiden-karaya ve gemiden-gemiye haberleşmede fayda sağlamıştır [29].

Elektromanyetik dalgaların dalga boylarının büyüklüğü esas alınarak gösterildiği çizime elektromanyetik spektrum adı verilmektedir ve bu sınıflandırma kesin sınırlara sahip değildir. Çünkü dalga kaynakları, çakışan frekans aralıklarında da dalgalar üretebilirler [30].

Bu dalga çeşitlerinin içinde günümüz iletişim teknolojisinde yaygın olarak kullanılan radyo dalgaları 100 kHz ile 100 GHz arasında olan dalga boyudur. Titreşen devrelerin bulunduğu elektronik aygıtlar tarafından üretilirler. Elektromanyetik spektrumda bulunan dalga boyları Şekil 3.1'de verilmiştir. Elektromanyetik spektrumda en geniş aralıkta yer almaktadır [31].



Şekil 3.1. Elektromanyetik Spektrum Dalga Boyları[31]

Gönderilmek istenen bir bilginin oluşturulan sistem üzerinden alıcıya iletilmesi sürecine haberleşme, bu sürecin gerçekleştirildiği sistemlere de haberleşme sistemleri adı verilmektedir. Haberleşme sisteminde bilgi işaretlerinin iletimi için, öncelikle gerilim veya akım gibi elektriksel işarete dönüştürülmelidir [30].

Radyo dalgaları sinyal şiddetini belirtmek için mW, dBm ve RSSI birimleri kullanılır. Bu birimler birbirleriyle ilişkili olduğu için aralarında dönüştürme yapmak mümkündür. Desibel (dB) ölçümü, iki güç seviyesinin karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Çıkış gücünün giriş gücüne logaritmik oranını 10 katı desibel seviyesini vermektedir [32]. dB, sinyal gücünün miktarı olduğundan dB olarak verilen bir sonuç göreceli bir ölçüm sonucudur ve dB mutlak bir birim olmadığı görülmektedir. Bir büyüklüğün başka bir büyüklük ile karşılaştırılmasıdır. Örneğin, bir işaret seviyesinin “9 dB” olduğunu söylemek, kaynak seviyesi gösterilmediği sürece bir anlam ifade etmez. “1 miliwatt (mW) referans seviyesi üzerinde 9 dB işaret seviyesi” 1 mW olarak kaynak gösterildiği için doğru ifadedir. Hangi referans seviyesine göre desibel ölçümünün yapıldığı kısaltma ile gösterilir. Bir sistemin güç seviyesi G ile gösterilecek olursa dB seviyesinde temel dönüşüm Denklem (1) ile gösterilebilir:

$$G (dB) = 10 \log_{10}(mW) \quad , \quad G = 10 \log_{10} \frac{P_{\text{çıkış}}}{P_{\text{giriş}}} \quad (1)$$

Bilimsel çalışmalarda ve hesaplamalarda kullanılan üç çeşit referans seviyesi vardır. Bunlardan birincisi dBm (Desibel Miliwatt)’tır. 1 mW referans alındığında dBm, güç seviyelerini 1mW seviyesine göre ifade etmektedir. Buna göre güç seviyesi G ile gösterilecek olursa, dBm güç seviyesi Denklem (2) ile verilmiştir:

$$G (dBm) = 10 \log_{10} \frac{\text{Güç}(mW)}{1mW} \quad (2)$$

İkinci olarak dBW(Desibel Watt) vericiler gibi yüksek güç kullanılan durumlarda 1W standart seviye olarak kullanılır. dBW güç seviyelerini 1W seviyesine göre ifade etmektedir. Buna göre güç seviyesi G ile gösterilecek olursa, dBW güç seviyesi Denklem (3) ile verilmiştir.

$$G (dBW) = 10 \log_{10} \frac{\text{Güç}(W)}{1W} \quad (3)$$

Son olarak dBf (Desibel Femtowatt) standart referans seviyesi çok düşük güç seviyeleri için kullanılmaktadır. Bu seviye, 1 femtowatt (fW)'tır,  $1 \text{ fW} = 10^{-15} \text{ W}$ . Bu seviye için dBf kısaltması kullanılmaktadır. Buna göre güç seviyesi G ile gösterilecek olursa, dBf güç seviyesi Denklem (4) ile verilmiştir:

$$G(dBf) = 10 \log_{10} \frac{\text{Güç}(fW)}{1fW} \quad (4)$$

Radyo dalgaları kullanılarak gerçekleştirilen haberleşme sistemlerinde gönderilen sinyalin çıkış gücünün (EIRP) bir bölümü yeryüzü, atmosfer, kablolar, konnektörler, duvarlar gibi etkenlerden dolayı kayıplara uğramaktadır. Alıcıya ulaşması istenilen sinyalin yayılan gürültü sinyallerine oranı SNR-Signal to Noise Raito (sinyal gürültü oranı) olarak adlandırılmaktadır [33]. SNR, sinyal gücü kapasitesi içerisinde desibel cinsinden işaret düzeyinin gürültü düzeyinden farkını ifade etmektedir ve Denklem (5) ile hesaplanmaktadır [32]:

$$SNR_{db} = 10 \log \frac{\text{sinyal güç}(W)}{\text{gürültü gücü}(W)} \quad (5)$$

Günlük hayatta birçok cihazın çıkış gücünün gösteriminde dBm-mW terimleri kullanılmaktadır. Sabit değerlere karşılık geldiği için hesaplama yapmaya gerek kalmadan Çizelge 2.1'de bulunan dBm ölçümlerinin mW karşılığı kullanılabilir [34].



**Çizelge 2.1. dBm-mW Değer Tablosu**

<b>dBm</b>	<b>mW</b>	<b>dBm</b>	<b>mW</b>
0	1	16	40
1	1.25	17	50
2	1.56	18	64
3	2	19	84
4	2.5	20	100
5	3.12	21	128
6	4	22	160
7	5	23	200
8	6.25	24	256
9	8	25	320
10	10	26	400
11	12.5	27	512
12	16	28	640
13	20	29	800
14	25	30	1000 veya 1
15	32		

Bir sinyalin iletim mesafesi gönderilen sinyalin yeryüzü, atmosfer, kablolar, konnektörler, duvarlar, cihazın tasarımı ve kullanılan malzemeleri gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu faktörlerden temel donanım etkenleri vericinin iletim gücü (Transmitter power), vericinin anteni arasındaki kablo mesafesi, vericinin anten kazancı, iki antenin konumları (aradaki uzunluk, engeller), alıcının anten gücü, alıcı ile anteni arasındaki kablo mesafesi, alıcının duyarlılık seviyesi (Receiver sensitivity) olarak görülmektedir.

Radyo dalgalarının engellerden diğer yöntemlere göre daha kolay ve daha az kayıpla iletilmesinden dolayı kapsama alanı geniştir. Bu nedenle radyo dalgaları tabanlı bir konumlama sisteminde diğer teknolojilere göre daha az donanım gerektirdiğinden daha düşük maliyetli çözüm sağlamaktadır [35].

RSSI, çok yönlü bir parametredir. Bu yüzden de okunan RSSI için tam olarak tanımlı doğru bir ifade yoktur. Bu durum yüzünden 802.11, RSSI değeri ile diğer enerji ölçüm birimleri (mW, dBm) arasında bir ilişkiyi şart koşmamaktadır. Her üretici mW, dBm ile RSSI arasındaki çevrim formülünü kendi standartlarında vermektedir. Çünkü verilen formül belirlenen ürüne özeldir [36] [37].

### 3.1. Wi-fi Sinyalleri ile Konumlandırma

Günümüzde kullanılan en yaygın konumlandırma teknolojisi uydu konumlandırma yöntemidir. Ancak direk görüş hattı gerektirdiği için kapalı mekanlarda kullanılması imkânsız hale gelmiştir. Bu problemi çözebilmek için farklı teknolojiler geliştirilmektedir. Geliştirilen teknik ve teknolojiler arasında en çok tercih edilenler Bluetooth, RFID, IEEE 802.11 sistemleridir.

Wi-fi terimi IEEE 802.11 standardının ortak adıdır. IEEE 802.11 standardı, devre sistemi ile ölçülen radyo dalgalarındaki enerjiyi 0-255 aralığında bir sayı olarak tanımlamıştır. Bu değer 1 byte olarak ifade edilmektedir. Ancak her üretici firma, radyo dalgalarında enerjiyi belirtmek için 256 farklı değer kullanmamaktadır. Örneğin bilgisayar alanında erişim noktalarına ulaşmakta kullanılan kablosuz haberleşme kartları için her üretici firmanın kendine özgü tanımladığı maksimum RSSI değeri vardır. Bu RSSI değeri dBm ya da mW ile karıştırılmamalıdır. Özellikle kablosuz haberleşme kartı üreticileri için RSSI çok önemli bir veridir. Çünkü kablosuz haberleşme kartı yardımıyla bir paket gönderildiğinde kart, öncelikle kullanılan kanalın temiz olup olmadığına bakmaktadır. Bunu da ancak RSSI değerine bakarak yapabilmektedir. Eğer RSSI çok düşük bir değerde ise o zaman kanal temiz demektir. Bu duruma Clear Channel Threshold (CCT) temiz kanal eşiği denir. 802.11 terminali bir erişim noktası ve hareketli, gezgin durumda ise terminalden alınan sinyal seviyesi çoğu durumda düşmektedir. Bu seviyeye de (Roaming Threshold) RT dolaşabilme eşiği denir. Farklı üreticiler farklı CCT ve RT sinyal seviyelerini kullanmaktadır. [36] [37].

Wi-fi teknolojisi ile farklı yöntemler barındıran konumlandırma teknikleri bulunmaktadır. Bu tekniklerin başında varış zamanı (Time of Arrival- ToA), varış zamanı farkı (Time Difference of Arrival- TDoA), seyir süresi (Round Trip Time - RTT), alınan sinyal gücü göstergesi (RSSI) gelmektedir.

RSSI tespit yöntemi sinyal gücü ölçümüne dayanmaktadır ve amaç; gücü belli olan verici yayınının, alıcıya ulaştığında ölçülen şiddete göre mesafe bilgisinin ölçülmesidir. Alıcı tarafından alınan sinyal gücü, sinyalin aldığı mesafeyi ve yolda ne kadar zayıflama gösterdiği bilgisi ile mesafe bilgisine dönüştürmektedir.

Hesaplanan ölçüm ile mesafe konum bilgisi belirli hata sınırları içerisinde belirlenebilmektedir [38]. Mesafe ölçümü sırasında alınan sinyal gücünün doğruluğu ortamda bulunan engellerden dolayı oluşan saçılmalarından dolayı zayıflayarak veya yansiyarak etkilenmektedir. Yansımanın bulunmadığı ideal mekanlarda oldukça güvenilirdir.



## 4. İNCELENEN KABLOSUZ HABERLEŞME MODÜLLERİ

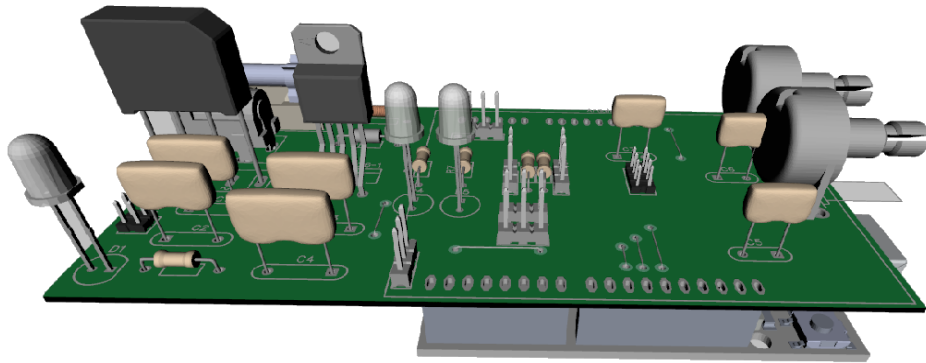
Tez çalışmasının bu bölümünde radyo dalgaları ile haberleşme yapılabilmesini sağlayan bazı modüller incelenmiştir.

### 4.1. NRF24L01 Modül Özellikleri ve Kullanımı

NRF24L01 radyo dalgaları ile çalışan, 2.4GHz frekansında kablosuz haberleşme yapmanıza imkân sağlayan düşük güç tüketimine sahip modüldür. Verici sinyal gücü +7dB 'dir.

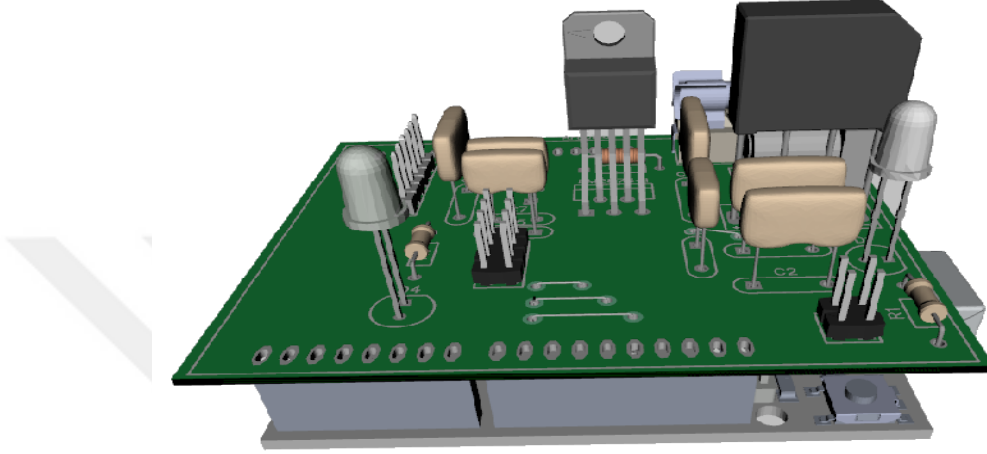
NRF24L01 modüllerinden birisi alıcı (receiver) diğeri ise verici (transmitter) görevinde kullanılır. Modülün alıcı veya verici olması, kablo bağlantılarını değiştirmemektedir. Hangi modülün alıcı, hangi modülün verici olacağına, program içerisindeki kod ile karar verilmektedir. Modül SPI (Seri Çevresel Arayüz) protokolünü kullanarak haberleşmektedir. Bundan dolayı kodlama Arduino programı ile yapılacaksa pin bağlantıları Arduino modelinin SPI pinlerine bakılarak yapılmalıdır.

Tez araştırmaları esnasında NRF24L01 modülünü Arduino ile kullanabilmek için 2 adet devre tasarlanmıştır. İlk tasarımda analog ve dijital veri alışverişini sağlamak için potansiyometre, buton, servo motor ve ledlerin bulunduğu bir devre oluşturulmuştur. Veri iletim deneyleri yapılmıştır. İkinci devre tasarımında maden işçilerinin etkin kullanımı ve güç tüketimi için tasarım sadeleştirilmiştir. Şekil 4.1'de tasarlanan ilk geliştirme kartının üç boyutlu simülasyonu verilmiştir.



Şekil 4.1. Tasarlanan İlk Geliştirme Kartının 3 Boyutlu Simülasyonu

Bu geliştirme kartı için tasarlanan devre şeması EK 1’de, PCB (Baskı Devre Kartı) çıktısı EK 2’de yer almaktadır. Bu kart için yazılmış analog bilgi gönderip alan program EK 3’de yer verilmiştir. Şekil 4.2’de tasarlanan ikinci geliştirme kartının üç boyutlu simülasyonu verilmiştir.



**Şekil 4.2.** Tasarlanan İkinci Geliştirme Kartının 3 Boyutlu Simülasyonu

İkinci geliştirme kartı için tasarlanan devre şeması EK 4’de, PCB çıktısı EK 5’de yer almaktadır. Bu kart için yazılmış analog bilgi gönderip alan program EK 6’de yer verilmiştir.

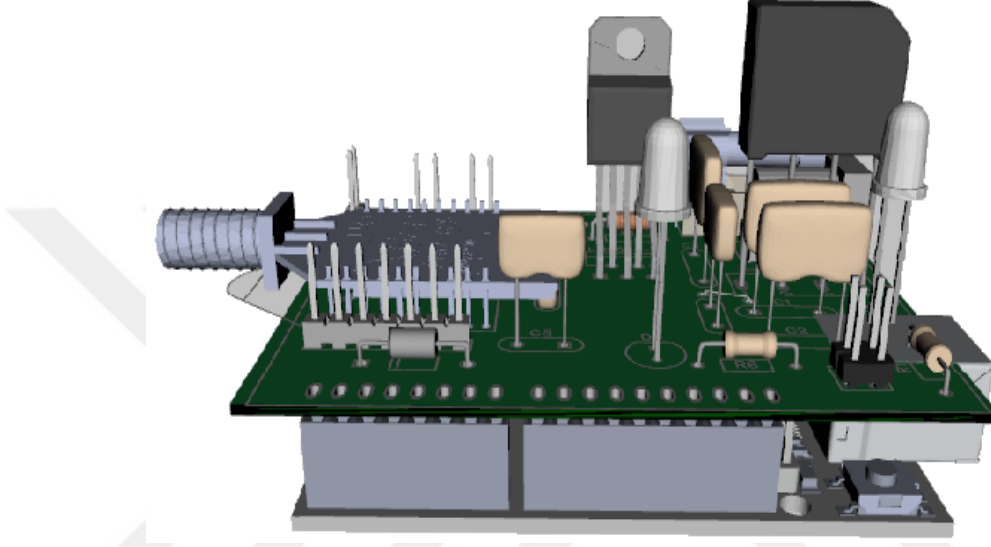
NRF24L01 modüller ile kendi içerisinde çok iyi çalışan bir ağ kurulmuştur ancak RSSI bilgisi almak mümkün olmamıştır. Bu yüzden tez çalışmasında kullanılamamıştır.

#### **4.2. ZİGBEE Modül Özellikleri Ve Kullanımı**

2.4 GHz frekansında çalışan 802.15.4 ve Zigbee Seri 2 melez haberleşme protokolüne sahip kablosuz haberleşme modülüdür. Modülün kullanabilmesi için en iki adet Zigbee modüle ihtiyaç vardır. RP-SMA (Reverse Polarity SubMiniature version A) anten konnektörü bulunmaktadır ve Zigbee modülün tüm gücüyle çalışabilmesi için antenle kullanılması gerekmektedir [39].

Xbee modül için ilk denemeler hazır kart ile yapılmıştır daha sonra geliştirme kartı tasarlanmıştır.

Devre tasarımı Zigbee modül ile Arduino arasındaki bağlantıyı sağlayıp, maden ocağında çalışan işçinin kullanabileceği kolaylıkta geliştirilmiştir. Tasarlanan devre şeması EK 9’da, PCB Çıktısı EK 10’da yer almaktadır. Modül için tasarlanan geliştirme kartının üç boyutlu simülasyonu Şekil 4.3’de verilmiştir.



**Şekil 4.3.** Zigbee Modül için Tasarlanan Geliştirme Kartının 3 Boyutlu Simülasyonu

### **4.3. ESP8266 Modül Özellikleri ve Kullanımı**

ESP8266, TTL (Seri Haberleşme) ile kablosuz internet ağına bağlanabilen bir modüldür. Ucuz ve kolay kullanıma sahip olmasından dolayı nesnelerin interneti projelerinde de sıklıkla kullanılmaktadır. ESP8266 modül 3.3 Volt giriş gücü ile çalışmaktadır [40].

ESP8266-01, TCP/IP protokolünü kullanan, 802.11 b/g/n desteğine sahip ve ortamdaki Wi-fi ağına rahatlıkla bağlanabilen bir modüldür. İletişim IEEE 802.11 protokolüne bağlı olarak 2.4 GHz veya 5 GHz radyo frekansında gerçekleştirilir [41]. Üzerinde 32 bitlik işlemci ve dahili gömülü anten mevcuttur. Boyutu 14.3 mm X 24.8 mm’dir. Boyutlarının küçük olması madencinin rahatça taşıyabileceği bir verici tasarlamamıza olanak sağlamaktadır.

ESP8266 DHCP özelliği sayesinde son olarak girilen Wi-fi ağının bilgilerini ROM belleğinde saklayarak yeniden enerji verilmesi halinde bile yine aynı ağa bağlanabilir.

Arduino IDE üzerinden tıpkı arduino kartı programlar gibi USB-TTL seri dönüştürücü ile programlanabilir.

ESP8266 modül içeren devreler UART seri haberleşme protokolü üzerinden RX-TX pinleri aracılığıyla Wi-fi ile internete bağlanır veya Arduino IDE içerisine ESP8266 kütüphanelerini yükleyerek programlama yapılabilir [42]. Modülün çalışma voltajı 3.3V uyumlu olduğundan hiçbir giriş ya da çıkış pini 3.3V limiti geçilmemelidir.

AT (ATtention) komutları bazı kablosuz cihazları kontrol etmek amacıyla kullanılmaktadır. ESP8266 modüller de çoğu zaman AT komutları ile programlanmaktadır. Tüm komutlar "AT" veya "at" ile başlar. Bu komutların çoğu modemi kontrol etmek için kullanılsa da GSM/GPRS modemlerini ve mobil telefonlarını da kontrol etmek için kullanılır. EK-8' de verilen yazılım geliştirilirken de AT komutları kullanılmıştır. Tez çalışmasında yararlanılan ESP8266 modülünü de programlamak için kullanılan komutların kullanım şekilleri açıklamalarıyla birlikte verilmiştir:

AT : ESP8266'nin kullanıma hazır olup olmadığını test etmek için kullanılmaktadır.

AT+RST : ESP8266'yı resetler ve kullanıma hazır hale getirmektedir.

AT+GMR : Modülün sürüm bilgilerini göstermektedir.

AT+CWMODE: Wi-fi modunun düzenlenmesi için kullanılmaktadır. 1'inci mod STA, 2'nci mod AP, 3'üncü mod ise STA ve AP modlarının birlikte çalışmasını sağlamaktadır. Modların değiştirilmesi için AT+CWMODE=<mode> komutu kullanılmaktadır. Örneğin AP modunda çalışması için AT+CWMODE=2 komutu kullanılmaktadır. Modülün hangi modda çalıştığını kontrol etmek için AT+CWMODE? Komutu kullanılmaktadır.

AT+CWJAP: Kablosuz ağlara bağlanmak için kullanılmaktadır.

AT+CWJAP=<AG\_ADI ADI>, <ŞİFRE> komutu ile modül belirlenen internet ağına katılabilmektedir.

AT+CWLAP: Modülün bağlanabileceği internet ağlarını göstermektedir.

AT+CWQAP: Daha önce bağlanmış olduğu ağdan ayrılmaktadır.

AT+CIOBAUD: ESP'nin Baud Rate hızını değiştirilmesini sağlamaktadır. Örneğin 9600 için AT+CIOBAUD=9600 komutu kullanılmaktadır. ESP'nin Baud Rate hızını öğrenmek için AT+CIOBAUD? Komutu kullanılmaktadır.

AT+CIPMUX: Tekil veya çoğul bağlantılar için kullanılmaktadır. AT+CIPMUX=0 tekil bağlantı için, AT+CIPMUX=1 çoğul bağlantı için kullanılmaktadır.

AT+CIPSTART: TCP veya UDP bağlantı kurmak için kullanılmaktadır. Örneğin AT+CIPSTART=0, "TCP", "api.openweathermap.org", 80 burada ilk değişken çoğul bağlantı ID'sini göstermektedir.

AT+CIPSEND: TCP veya UDP bağlantısı kurulduktan sonra veri yollamak için kullanılmaktadır. Eğer ESP8266 çoklu bağlantı modunda ise ilk değişken bağlantı ID'sini, ikinci değişken yollanacak karakter sayısını göstermektedir.

Bu komuttan sonra ESP8266 '>' ifadesini döndürür ve yollanacak mesajı bekler. Çoklu bağlantı için örneğin AT+CIPSEND=0, 45 tekli bağlantı için AT+CIPSEND=45 kullanılmaktadır.

AT+CIPCLOSE: Bağlanılan TCP veya UDP bağlantısını sonlandırmak için kullanılmaktadır.

AT+CIPSERVER=1, port\_no ile belirlenen portu dinler.

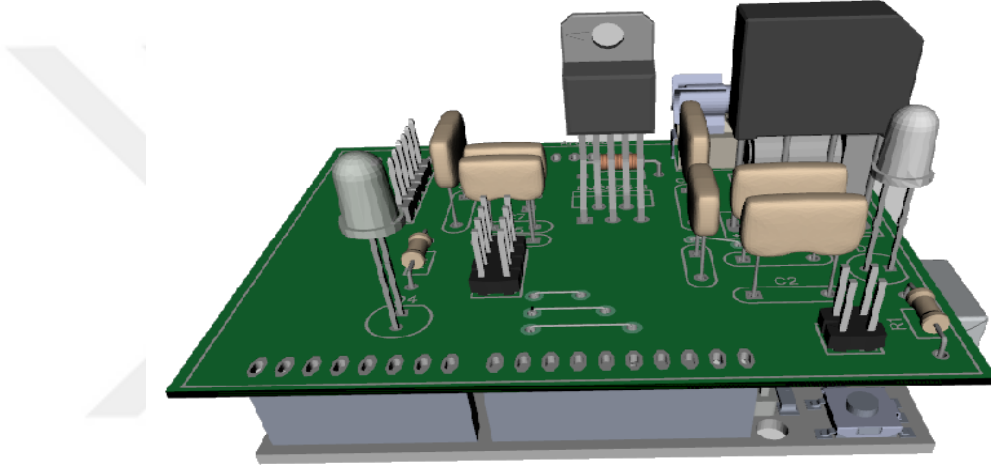
AT+CIFSR: Modülün IP adresini sorgular.

ESP8266-01 ile gerekli donanımı ve programları edindikten sonra programlamaya başlanılabilir. Cihaza ilk gönderilmesi gereken komut "AT" komutudur. Cihaz cevap olarak "OK" bilgisi ile geri dönmektedir. Bu mesaj alındıktan sonra iletişim kurulmuş olunur. Eğer cihaz eski bir versiyona sahipse güncellenmesi tavsiye edilmektedir [43]. Yukarıda verilen AT komutları ile ESP8266 modüllere istediğimiz işlemler yaptırılabilir.

Tez çalışmasında ESP8266 modülünün devre tasarımı sırasında NRF24L01 modülünün devre şeması kullanılmıştır. Sadece farklı voltaj değerlerinde çalıştığı için PCB üzerinde bulunan güç entegresi LM2576-5V yerine LM2576-3.3V ile değiştirilmiştir. Tez çalışmasında Arduino Uno kullanıldığı için donanıma ait haberleşme portları bilgisayar haberleşmesi için kullanılmıştır.



Bu yüzden kablosuz haberleşme modülü ve Arduino'nun haberleşmesi için SoftwareSerial kütüphanesi kullanılmıştır. Kütüphanenin kullanılabilmesi için öncelikle ESP8266 haberleşme hızı AT+CIOBAUD=9600 komutu ile 9600 yapılmalıdır. Geliştirilen kart için tasarlanan PCB çıktısı EK 7' de, geliştirilen yazılım EK 8'de yer almaktadır. ESP8266 modül için tasarlanan geliştirme kartının üç boyutlu simülasyonu Şekil 4.4'de verilmiştir.



**Şekil 4.4.** ESP8266-01 Modül için Tasarlanan Geliştirme Kartının 3 Boyutlu Simülasyonu

Bu tasarım ile çok iyi sonuçlar alınmıştır. Tasarımın dezavantajı Arduino ile tasarlanan bu kartta her çalışan işçiyeye modülün ve güç devresinin yanında bir adet Arduino modül eklemek gerekmesidir. Bu durum da hem maliyeti hem de güç tüketimini arttırmıştır. Bu yüzden Arduino kullanılmadan FTDI kart üzerinden programlanacak şekilde tasarım tekrar güncellenmiştir.

#### **4.4. D1 MİNİ Kart Özellikleri ve Kullanımı**

ESP8266 Nodemcu mini geliştirme kartıdır. 80 MHz işlemci ve 4Mbyte Flash hafızaya sahiptir. USB ve mikro USB portu üzerinden programlanmaktadır. 11 adet dijital giriş/çıkış pini vardır. Üzerinde dahili anten ve reset tuşu bulunmaktadır. Wi-fi üzerinden internete bağlanabilir.

Üzerinde ESP8266-12E Wi-fi modül bulunmaktadır. +19.5 dBm çıkış gücüne sahiptir. Kartın programlanması için LUA veya Arduino platformları kullanılmaktadır. Program hazırlanıp yazılım yüklendikten sonra kart USB giriş üzerinde bulunan güç devresi sayesinde dışarıdan müdahale olmadan çalışmaktadır. ESP8266-01 modüllerinde programlama ve çalışması için farklı tasarımlar gerekmektedir. Ancak bu modül ile hem programlama hem de çalışması için başka bir donanıma gerek yoktur.

ESP8266 AT komutları ve Arduino kart ile kullanılabileceği gibi hiç Arduino olmadan USB- Seri dönüştürücü kart üzerinden kod atarak da çalıştırılabilir. Bunun için LUA programlama dili veya Arduino IDE kullanılabilir. LUA açık kaynaklı bir program geliştirme platformudur.

#### **4.5. CP2102 V2 Kart Özellikleri ve Kullanımı**

ESP8266 Nodemcu geliştirme kartıdır. USB ve mikro USB portu üzerinden programlanmaktadır. Üzerinde dahili anten, reset ve flash tuşları bulunmaktadır. Wi-fi üzerinden internete bağlanabilir. Üzerinde CH340 USB- Seri dönüştürücü entegre ve ESP8266-12E Wi-fi modül bulunmaktadır. +19.5 dBm çıkış gücüne sahiptir. Programlanması ve çalışması için ayrı bir donanım gerektirmemektedir. Programlama ve çalışma prensibi bakımından D1 Mini kart ile aynı özelliklere sahiptir. Donanımsal olarak farkları üzerinde bulunan USB Seri dönüştürücü entegredir. Bu entegre sayesinde CP2102 V2 kart programın yüklenmesi ve iletişim bakımından D1 mini karta göre daha hızlıdır.

## 5. SİSTEM TASARIMI VE YAZILIM YAPISI

Bu bölümde tez çalışmasının tasarımı ve yapısı verilmiştir. Sistem tasarımı geliştirilirken donanımsal tasarım ve yazılım tasarımı olmak üzere iki bölüme ayrılarak anlatılmıştır.

### 5.1. Sistemin Donanımsal Tasarımı

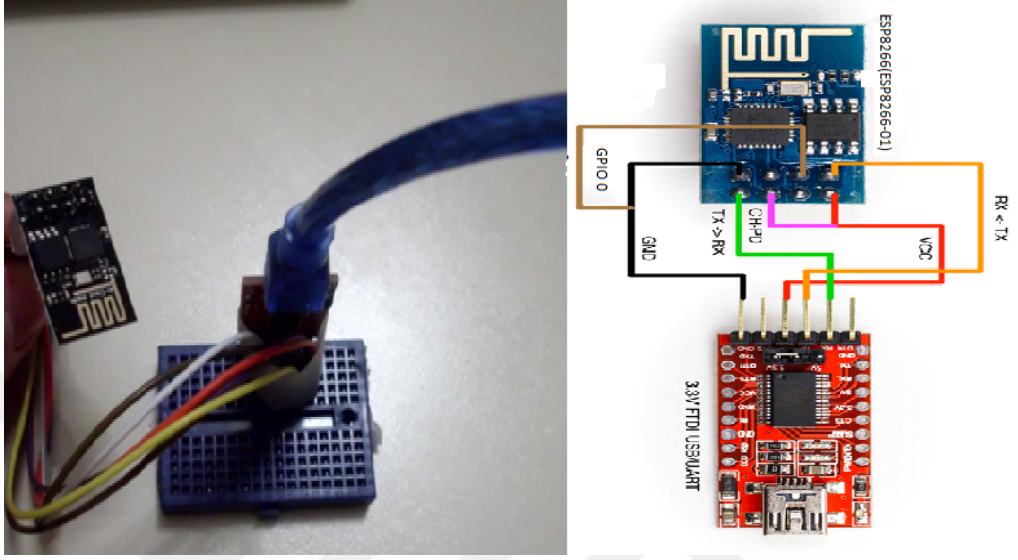
Tez çalışması için oluşturulan sistemin donanımsal yapısı üç bölümde incelenmiştir. Birinci bölümde maden ocağında çalışan madencilerin taşıyacağı verici devresinin donanımsal özellikleri, ikinci bölümde madencilerin taşıdığı verici devreden gelen sinyalleri toplayıp merkez alıcıya gönderen referans alıcı, üçüncü bölümde merkez alıcı devresi anlatılmıştır. Oluşturulan sistemin tüm parçaları Şekil 5.1’de verilmiştir.



**Şekil 5.1.** Tez Çalışması için Tasarlanan Sistemin Parçaları

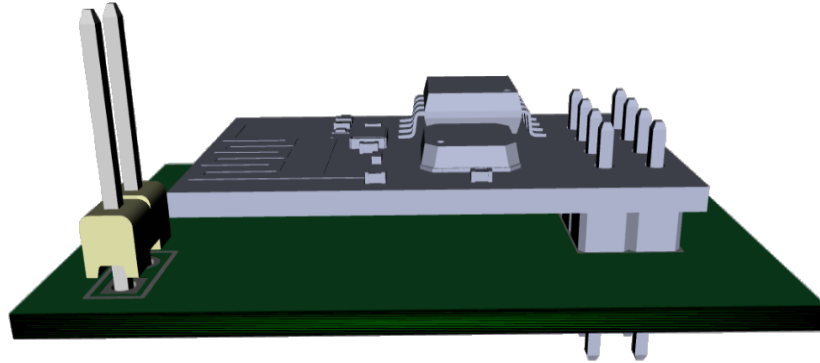
Birinci bölümde yer alan maden ocağında çalışan işçilerin taşıyacağı verici devresi için 4.3. bölümde anlatılmış olan ESP8266-01 modülü kullanılmıştır. Boyutu küçük, kullandığı enerji miktarı düşük olduğu için bu modül tercih edilmiştir.

Modüle Arduino IDE üzerinden program yükleyebilmek için FTDI programlayıcı kart kullanılmıştır. Bu kart ile ESP8266 arasındaki bağlantı Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



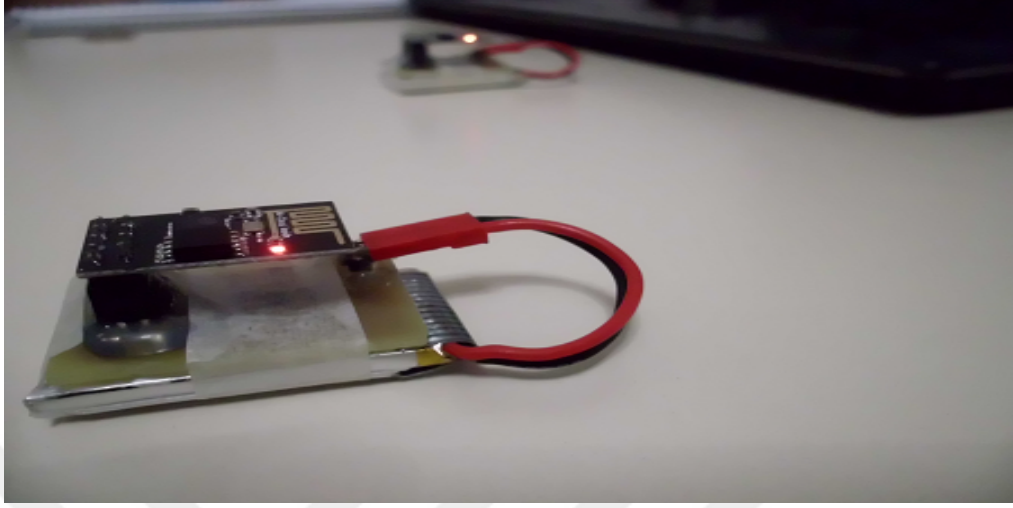
**Şekil 5.2.** ESP8266-01 ile FTDI Kart Arasındaki Bağlantı

ESP8266-01 modül programlandıktan sonra tasarlanan geliştirme kartına yerleştirilmektedir. Tasarlanan kartın devre şeması EK11’de, PCB çıktısı EK12’de üç boyutlu simülasyonu Şekil 5.3’de verilmiştir.



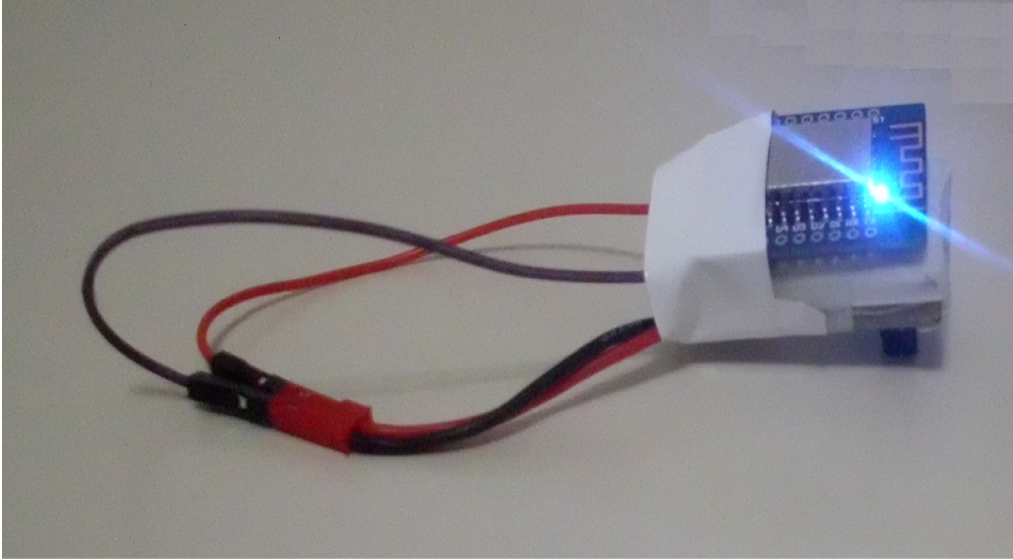
**Şekil 5.3.** ESP8266-01 Modül için Tasarlanan Geliştirme kartının 3 Boyutlu Simülasyonu

Tasarlanan kartın son görüntüsü Şekil 5.4’de gösterilmiştir. Maden ocağında çalışan işçinin kolayca taşıyabileceği boyda ve ağırlıkta tasarlanmıştır.



**Şekil 5.4.** Maden Ocağında Çalışan Madenci için Tasarlanan Verici Kartı

İkinci bölümde yer alan madencilerin taşıdığı verici devreden gelen sinyalleri toplayıp merkez alıcıya gönderen referans alıcı için 4.4. bölümde anlatılmış olan D1 mini kart kullanılmıştır. Referans alıcının görüntüsü Şekil 5.5’de verilmiştir.



**Şekil 5.5.** Referans Alıcının Görünümü

Üçüncü bölümde yer alan merkez alıcı için Bölüm 4.5’de anlatılmış olan CP2102 V2 kart kullanılmıştır. Kart referans alıcılardan gelen sinyalleri toplamaktadır. CP2102 V2 kartın çalışma anındaki görüntüsü Şekil 5.6’de gösterilmiştir.

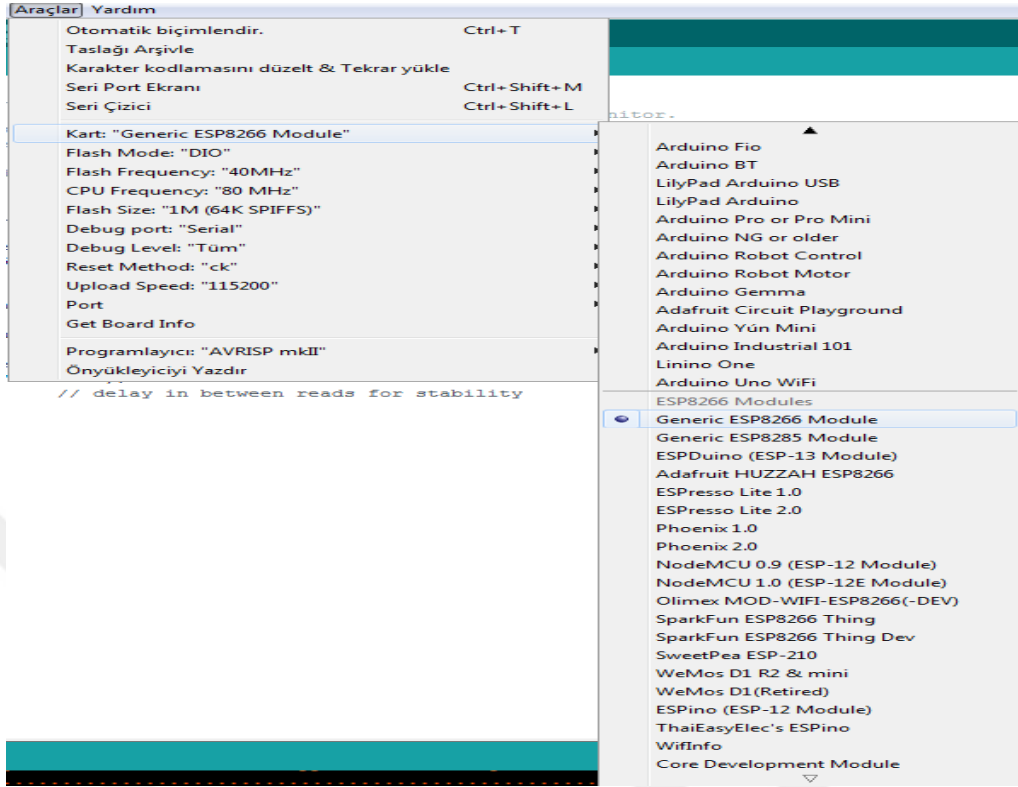


**Şekil 5.6.** CP2102 V2 Kartın Çalışması

## **5.2. Yazılım Tasarımı**

Tez çalışmasının yazılım tasarımı dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm madencinin RSSI bilgisini referans alıcıya gönderen verici yazılımından, ikinci bölüm madencilerde bulunan vericilerden gelen sinyalleri toplayıp merkez alıcıya gönderen referans alıcı yazılımından, üçüncü bölüm referans alıcıdan gelen sinyali toplayarak bilgisayara ileten merkez alıcı yazılımından ve dördüncü bölüm merkezdeki kullanıcının yer altı maden ocağında çalışan işçinin takibini yaptığı masaüstü yazılımdan oluşmaktadır.

Birinci bölümde verici olarak tasarlanan sistemde ESP8266-01 modül kullanılmış, Arduino IDE platformunda FTDI kart aracılığıyla programlanmıştır. Yazılım tasarımında verici modül sürekli yayın verecek şekilde programlanmıştır. ESP8266-01 modüle program yükleyebilmek için Arduino IDE üzerinde yapılacak ayarlamalar eksiksiz bir şekilde yapılmalıdır. Şekil 5.7’de Arduino programının araçlar sekmesinde yapılmış olan ayarlar verilmiştir.

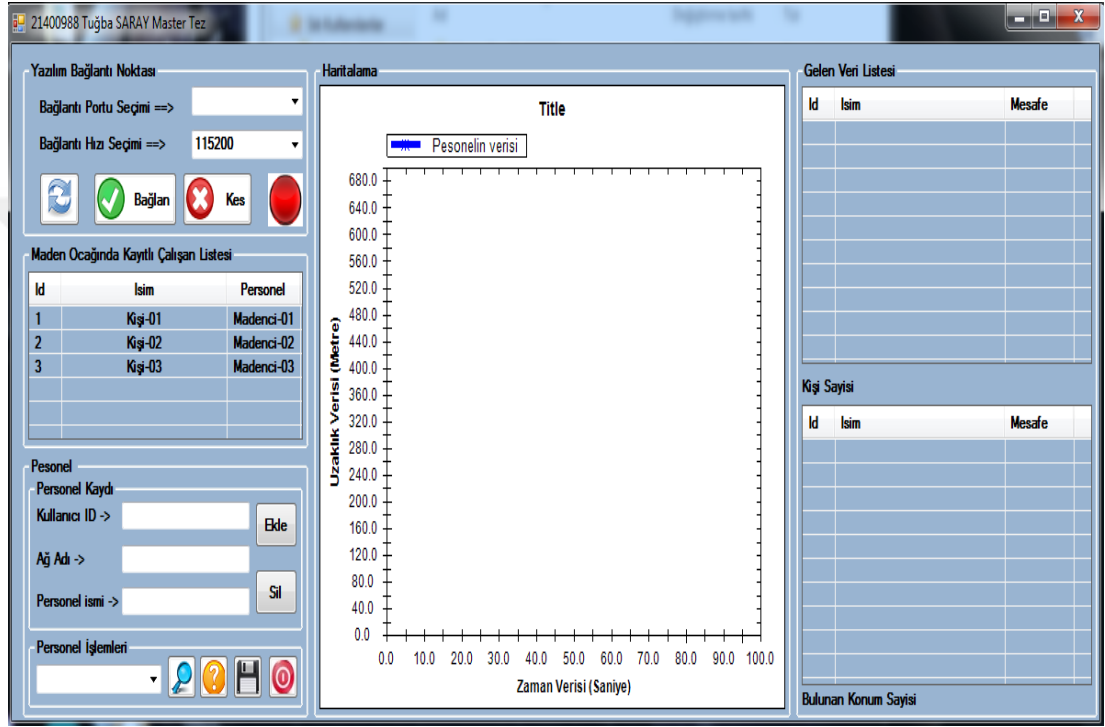


Şekil 5.7 ESP8266-01 Modülü Programlama için Arduino IDE Ayarları

İkinci bölüm olan referans alıcı devresi olarak kullanılan D1 mini kart Arduino IDE üzerinden programlanmıştır. Merkez alıcı ile aralarında sunucu- istemci mantığına dayanan bir ağ kurulmuş ve bağlantı hızı 115200 Kbps olarak belirlenmiştir. Kartın Arduino IDE ile programlanabilmesi için Şekil 5.6’da verilmiş olan Arduino IDE’nin araçlar sekmesinde kart olarak “WeMos D1 R2 & mini” seçilmiştir, CPU frekansı 160 MHz, Flash alanı “4M(3M SPIFFS)”, yükleme hızı “115200” olarak ayarlanmıştır. Yazılan program ile referans alıcının çekim alanına giren tüm cihazların adı ve RSSI değeri toplanmış merkez alıcıya gönderilmiştir.

Üçüncü bölümü oluşturan merkez alıcı CP2102 V2 karttan ibarettir. Referans alıcıdan topladığı verileri seri port üzerinden bilgisayara aktarmaktadır. Bilgisayar ile arasında bağlantı hızı 115200 Kbps olarak belirlenmiştir. Arduino IDE üzerinden programlayabilmek için araçlar sekmesinde kart “NodeMCU 1.0(ESP-12E Module)” olarak ayarlanmıştır. Diğer ayarlar D1 mini ile aynıdır.

Dördüncü bölümü içeren tezin masaüstü yazılım tasarımında Visual Studio 2015 geliştirme ortamı kullanılarak C# programlama dili ile geliştirilmiştir. Tasarlanan yazılımda her bölüm kendi içerisinde ayrı ayrı ele alınarak denemelerden sonra gerekli düzeltme ve sadeleştirmeler yapılmıştır. Masaüstü yazılımın genel görünümü Şekil 5.8’de gösterilmiştir.



Şekil 5.8. Masaüstü Yazılımın Genel Görüntüsü

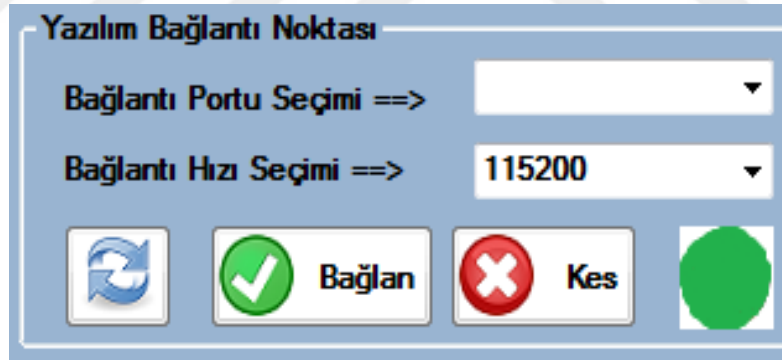
Masaüstü yazılımının oluşturulmasında bölümler beş gruba ayrılmıştır. Birinci grupta bilgisayar ile merkez alıcı modül arasındaki bağlantı ayarlarının yapıldığı “Yazılım Bağlantı Noktası” bulunmaktadır. Bu alanda bağlantı portu seçimi ile modülün bağlı olduğu portu ve bağlantı hızı seçimi yapılarak modül ile yapılacak bağlantının hızının ayarlamaları yapılmaktadır. Yazılım Bağlantı Noktası ayarı görünümü Şekil 5.9’da verilmiştir. Bu grupta bağlantıyı yenile, bağlan, bağlantıyı kes butonu ve bağlantı durumunu gösteren görsel bulunmaktadır.





Şekil 5.9. Yazılım Bağlantı Noktası Seçimi Bölümü

Bağlantı ayarlarında port seçimi ve bağlantı hızının seçiminden sonra bağlantı kur butonuna basılmalıdır. Bağlantı başarılı ise kullanıcıya yanıt olarak bu bölümde bulunan kırmızı renkli durum ikonu yeşil renge dönmektedir. Bağlantının başarılı olunan görünüm Şekil 5.10 'da verilmiştir. Bağlantıyı kesmek için bağlantı kes butonuna basılmalıdır.



Şekil 5.10. Yazılım Bağlantı Noktası

İkinci grupta yazılımının “Madem Ocağında Kayıtlı Çalışan Listesi” bölümü bulunmaktadır. Madencilerin program sırasında verilen Id numaraları, madencilerin ağ isimleri ve personel verisi bulunmaktadır. Maden ocağında kayıtlı çalışan listesi bölümü Şekil 5.11 'de verilmiştir.

Id	Isim	Personel
1	Kişi-01	Madenci-01
2	Kişi-02	Madenci-02
3	Kişi-03	Madenci-03

**Şekil 5.11.** Maden Ocağından Kayıtlı Çalışan Listesi Bölümü

Üçüncü grupta “Personel” bölümünde personel işlemlerinin yapıldığı kısımdır. Kablosuz veri haberleşmesi başlatılıp veriler alındıktan sonra bu grupta personel kayıt işlemleri, takip edilecek madencinin seçimi yapılmaktadır. “Personel Kaydı” grubunda kullanıcı Id, ağ adı ve personel ismi yazılarak personel ekleme ve çıkarma işlemleri yapılmaktadır. “Personel işlemleri” grubunda açılır listeden çalışan bir madenci seçimi yapıldığında “Gelen Veri Listesi” grubunun ikinci listesinde madencinin Id, ağ ismi ve mesafe bilgileri listelenmektedir. Grup içerisinde arama, durdurulan personel arama işlemini devam ettirme, kaydetme ve arama işlemini durdurma butonları bulunmaktadır. Bu grubun görünümü Şekil 5.12’de verilmiştir.

**Personel**

**Personel Kaydı**

Kullanıcı ID ->  **Ekle**

Ağ Adı ->

Personel ismi ->  **Sil**

**Personel İşlemleri**

**Şekil 5.12.** Madendeki Personel Verileri Bölümü

Dördüncü grupta “Gelen Veri Listesi” bölümü bulunmaktadır. Yazılım bağlantı noktası grubundaki ayarlar yapıp kablosuz iletişim protokolleri başladıktan sonra kişilerin maden içerisindeki yerlerinin yazılıma alınması başlatılmıştır. Alınan veriler birinci listede madenci Id, madenciye ait ağ ismi ve mesafe olarak gelen veri listesinde sıralanmaktadır. Program başladığı andan itibaren maden içerisinde mesafe bilgisi alınan madencilerin sayısı “Kişi Sayısı” satırında toplanmaktadır. Personel işlemleri grubundan bir madenci seçildiği durumda seçilen madencinin program başladığı andan itibaren alınan mesafe bilgileri ikinci listede sıralı şekilde listelenmektedir. Ayrıca seçilen madencinin program başladığı andan itibaren maden içerisinde alınan mesafe bilgileri sayısı “Bulunan Konum Sayısı” satırında toplanmaktadır. Bu grubun görünümü Şekil 5.13 ‘de verilmiştir.

Gelen Veri Listesi		
Id	Isim	Mesafe

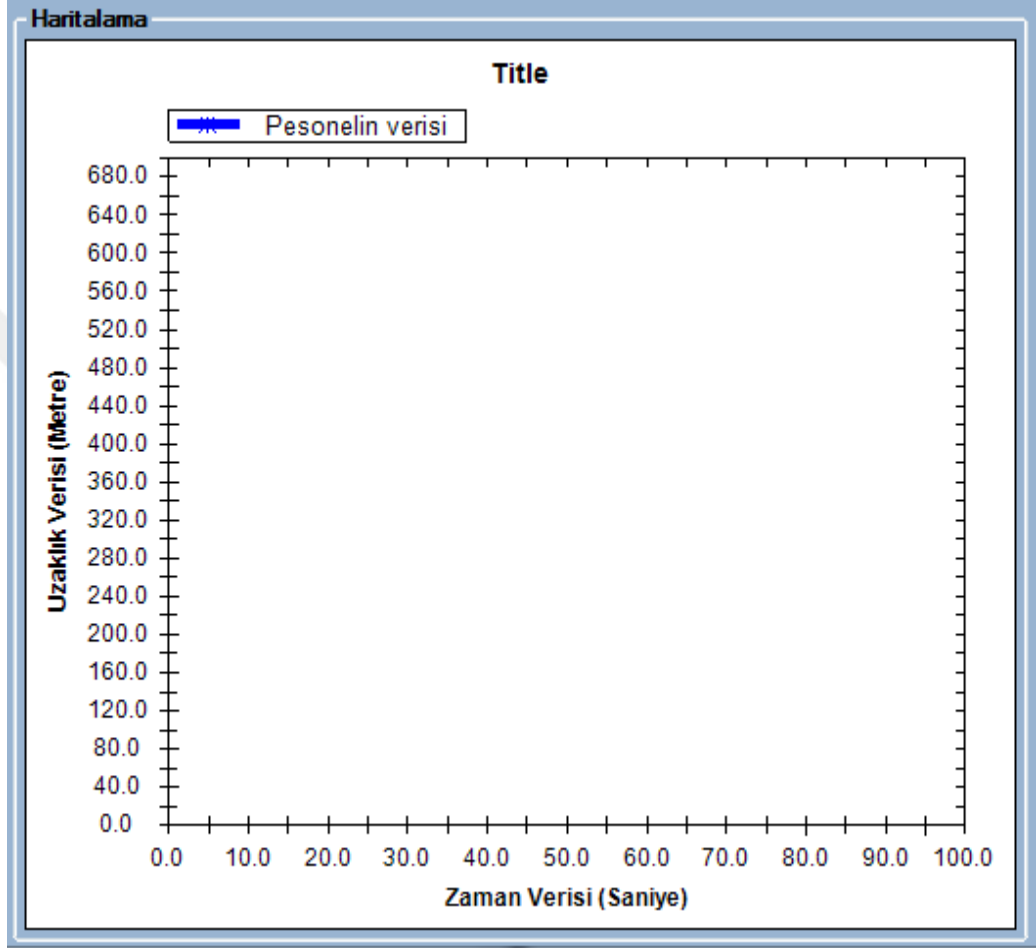
  

Kişi Sayisi		
Id	Isim	Mesafe

Bulunan Konum Sayisi

Şekil 5.13. Madende Bulunan Kullanıcı ID ve Mesafeyi Gösteren Bölüm

Beşinci grupta “Haritalama” bölümü bulunmaktadır. Madendeki personel verileri grubunda yerini bul butonuna basıldığında alınan mesafe verileri bu gruptaki temsili harita üzerinde gösterilmektedir. Bu grubun görünümü Şekil 5.14’de verilmiştir.



Şekil 5.14. Haritalama Bölümü

Masaüstü yazılımın Haritalama grubu üzerinde seçili kişinin verileri yeşil renkte iz bırakarak gösterilmektedir. Hareketleri ve durduğu konumlar yeşil daireler içerisinde alınmaktadır. Mesafe verisi CP2102 V2 kartın bulunduğu nokta başlangıç konumu alınarak hesaplanmaktadır. Haritalama grubu zedgraph ile oluşturulmuştur. Zedgraph açık kaynak bir yazılım olmasıyla birlikte hassas çizim ve grafik işlemlerinde kullanılan ara yüz programı üzerine eklenebilen bir kütüphanedir. Harita bölümünün üzerinde farenin sağ tuşu ile haritanın fotoğrafı resim dosyası olarak kaydı alınabilmektedir.

Dört yazılımda tamamlandıktan sonra birbirleri ile senkronize çalışması için ayarları yapılmıştır. Daha sonra masaüstü yazılımda alınan dBm sinyallerin mesafe bilgisine çevrim işlemi gerçekleştirilmiştir.

Sinyal ölçümünde çok küçük değerlere sahip büyüklüklerle uğraşmaktadır. Bu nedenle devrenin toplu irdelenmesi için bu oranlar dB (desibel) ile ifade edilmektedir. dB iki güç arasındaki oran, dBm mutlak güç seviyesinin desibel ölçümüdür. Alınan sinyalden mesafe bilgisini bulmak için kullanılan formül aşağıda anlatılan aşamalardan geçilerek bulunmuştur.

Bir kablosuz haberleşme sisteminin gücü  $G_1$ , sistemin giriş gücü  $P_{giriş}$ , çıkış gücü  $P_{çıkış}$  olarak Denklem (6) ile verilmiştir.

$$G_1 = 10 \log \frac{P_{çıkış}}{P_{giriş}} \quad (6)$$

1 miliWat için kablosuz haberleşme sisteminin mutlak güç seviyesi  $G_2$ , sistemin gücü  $P$  Denklem (7) ile verilmiştir.

$$G_2 = 10 \log \frac{P}{1mW} \quad (7)$$

Elektromanyetik dalgalarda sinyal mesafenin karesiyle ters orantılıdır. Bağlantı (7) yola çıkarak dBm cinsinden Ölçülen RSSI değeri  $P_r$ , katsayı değeri  $k$ , dBm cinsinden ölçüm yapılan ortam için hata değeri  $P_0$ , mesafenin karesi  $r^2$  olarak Denklem (8) ile yazılmıştır.

$$P_r (dBm) = k \frac{P_0 (dBm)}{r^2} \quad (8)$$

Doğrusal ifadelerin ilk önce logaritmik biçime çevrilmesi gerekmektedir. Bu çevrimden sonra hesaplanan formül Denklem (9) ile verilmiştir.

$$10 \log P_r = 10 \log k + 10 \log P_0 - 10 \log r^2 \quad (9)$$

Denklem (10) ile bulunan formül masaüstü yazılımda madencide bulunan vericiden gelen RSSI sinyaline uygulanmış ve mesafe bilgisi hesaplanmıştır.

$$P_r(dBm) = k + P_0(dBm) - 20 \log r \quad (10)$$



## 6. DENEYSEL SONUÇLAR

Sistem tasarımı tamamlandıktan sonra açık alanda, kapalı alanda ve yer altında pek çok deney gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasında ortamın açık veya kapalı olması, kapalı alanın büyüklüğü, ortamda bulunan eşyaların sayısı ve niteliği elektromanyetik dalgaların saçılma durumunu artırmaktadır ve bu durumda sinyalden alınan gücü doğrudan etkilemektedir. Bu yüzden deneyler yapılmadan önce RSSI değerini mesafe bilgisine çevirmede kullanılan Denklem (10) ile verilen formüldeki  $k$  (katsayı) değişkeni ve  $P_0$  (dBm cinsinden ölçüm yapılan ortam için hata değeri) değişkenine ortamın durumuna göre değer vererek uygun kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir.

Referans alıcıdan gelen RSSI sinyalinin mesafe bilgisine çevrim işlemi yapıldıktan sonra hesaplanan sonuca merkez alıcı ile referans alıcı arasında belirlenen mesafe eklenmiştir.

Yapılan ölçümlerin sonuçları aynı şartlar sağlanarak üç defa tekrarlanmış ve mutlak değer içerisinde aritmetik ortalamaları hesaplanmıştır. Bu değer üzerinden ölçümlerin % hata değerleri hesaplanmıştır. Kullanılan formül Denklem (11) ile verilmiştir. Denklem (11) ile verilen “ $H$ ” değeri hataların yüzdesi, “ $a$ ” ile hataların aritmetik ortalaması, “ $d$ ” ile ölçüm yapılan gerçek değer olarak ifade edilmiştir:

$$H = \frac{a*100}{d} \quad (11)$$

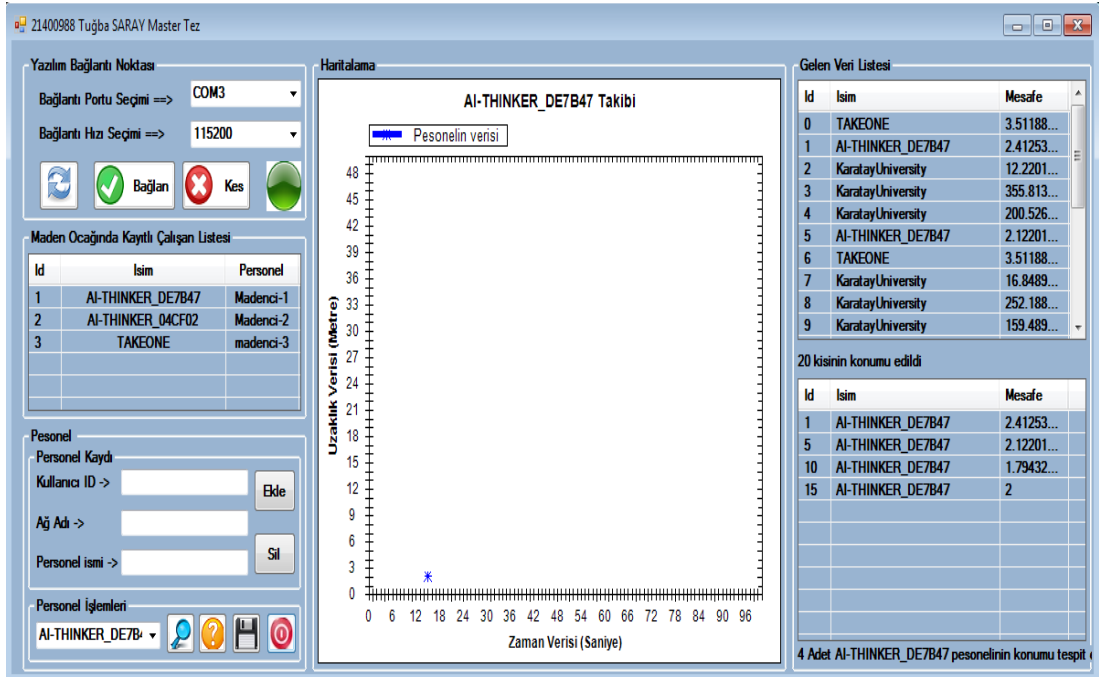
### 6.1. Açık Alan Deneyleri

Açık alan deneyleri park ortamında ilk 10 ölçümde  $k$  değişkenine 22.0,  $P_0$  değişkenine 25.0 değeri verilerek, sonraki 12 ölçümde  $k$  değişkenine 18.0,  $P_0$  değişkenine 22.0 değeri verilerek gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasında ölçüm yapılırken alınan görüntüler Şekil 6.1’de (solda ölçülen gerçek değer 2.25m, sağda ölçülen gerçek değer 3.25m) gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Açık Alan Deneyleri Sırasında Alınan Görüntüler

Deneyler sırasında merkez alıcı ile referans alıcı arasındaki mesafe 1m, referans alıcı ile verici arasındaki mesafe 1,25m olan, gerçek ölçüm değeri 2,25m olan ölçümün ekran görüntüsü Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.2. Açık Alan Deneyleri Sırasında Alınan Ekran Görüntüsü



Çizelge 6.1’de açık alanda yapılan deneylerin k değişkenine 22.0, P<sub>0</sub> değişkenine 25.0 değeri verilerek elde edilen sonuçlar verilmiştir. Çizelgede “Ölçüm Yapılan Gerçek Mesafe” olarak verici ile merkez alıcı arasındaki mesafe verilmiştir. Hataların % sonucu Denklem (11) ile verilen formül kullanılarak hesaplanmıştır. Ölçümler m (metre) cinsinden yapılmıştır.

**Çizelge 6.1.** Açık Alan Deneyleri Sonuçları

Merkez ile Referans Alıcı Arasındaki Mesafe (m)	Referans Alıcı ile Madenci Arasındaki Mesafe (m)	Ölçüm Yapılan Gerçek Mesafe (m)	Birinci Ölçüm	İkinci Ölçüm	Üçüncü Ölçüm	Hataların % Sonucu
1.00	0.50	1.50	1.501	1.707	1.446	5.822
1.00	1.00	2.00	1.707	1.794	2.122	10.350
1.00	1.25	2.25	2.258	2.258	2.778	8.059
1.00	1.50	2.50	2.778	2.122	2.258	11.973
1.00	2.00	3.00	2.995	2.412	2.995	6.644
2.00	0.50	2.50	2.707	2.630	2.446	5.213
2.00	1.00	3.00	3.122	2.794	3.122	5.000
2.00	1.25	3.25	2.398	2.254	2.501	25.610
2.00	1.50	3.50	3.258	3.584	3.584	3.904
2.00	2.00	4.00	3.584	3.778	3.778	7.166

Yapılan 10 adet ölçümün hatalarının yüzde sonucunun ortalaması 8,974 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6.2’de açık alanda yapılan deneylerin k değişkenine 18.0, P<sub>0</sub> değişkenine 22.0 değeri verilerek elde edilen sonuçlar verilmiştir.

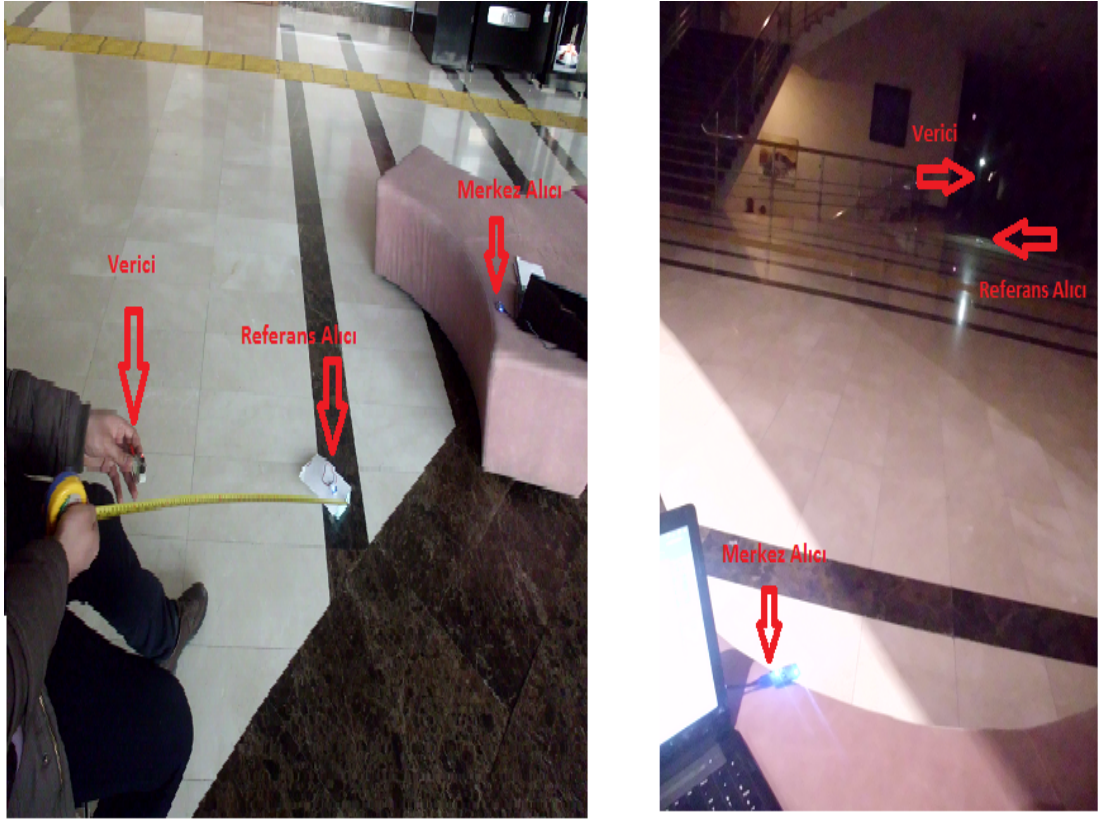
**Çizelge 6.2.** Açık Alan Deneyleri Sonuçları

Merkez ile Referans Alıcı Arasındaki Mesafe (m)	Referans Alıcı ile Madenci Arasındaki Mesafe (m)	Ölçüm Yapılan Gerçek Mesafe (m)	Birinci Ölçüm	İkinci Ölçüm	Üçüncü Ölçüm	Hataların % Sonucu
3.00	1.00	4.00	3.794	4.122	4.258	4.883
3.00	1.50	4.50	4.00	4.995	4.584	7.992
3.00	2.00	5.00	4.778	4.584	4.995	4.286
3.00	3.00	5.00	5.511	6.548	6.162	6.622
3.00	4.00	7.00	6.548	7.466	6.628	6.181
4.00	1.00	5.00	4.891	5.00	4.891	1.453
4.00	2.00	6.00	5.995	5.584	5.412	5.605
5.00	1.00	6.00	6.00	5.794	5.794	2.288
5.00	2.00	7.00	6.412	7.238	7.238	5.066
10.00	1.00	11.00	11.778	10.891	11.412	3.936
10.00	2.00	12.00	12.511	12.511	11.584	3.994
15.00	1.00	16.00	16.581	15.891	15.630	2.208

Yapılan 12 adet ölçümün hatalarının yüzde sonucunun ortalaması 4,542 olarak hesaplanmıştır. Açık alanda gerçekleştirilen toplam 22 adet deneyin hatalarının yüzde ortalaması 6,557 olarak hesaplanmıştır.

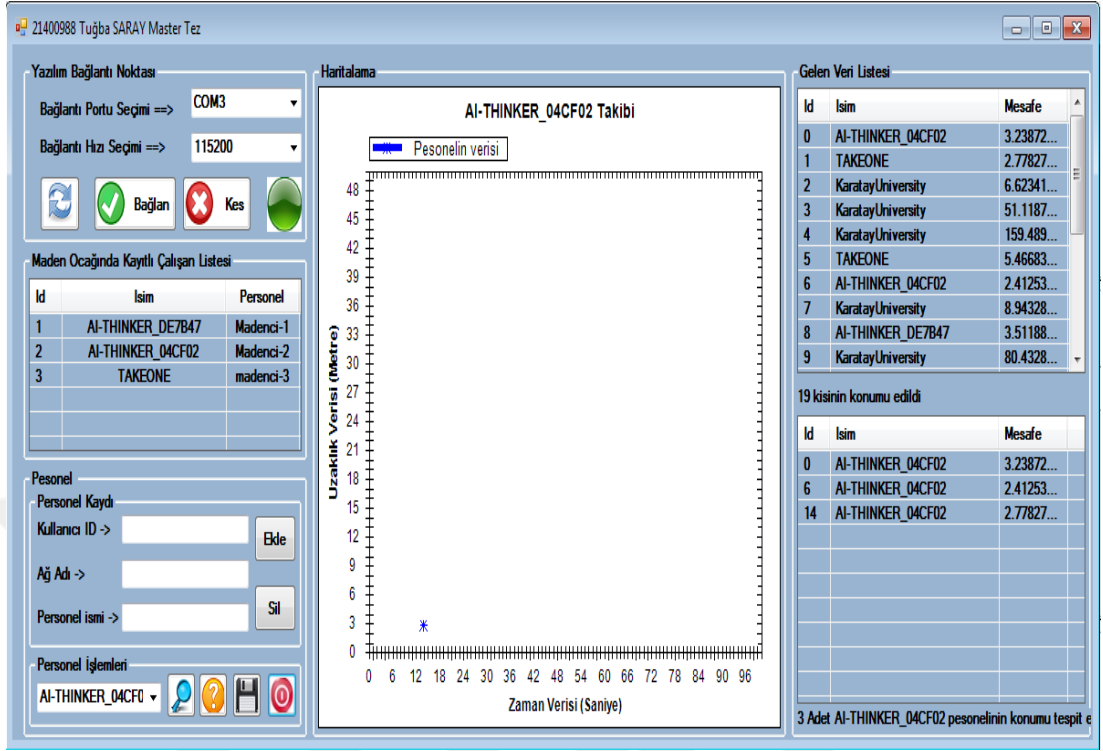
## 6.2. Kapalı Alan Deneyleri

Kapalı alan deneyleri kapalı ortamda  $k$  değişkenine 19.0,  $P_0$  değişkenine 23.0 değeri verilerek gerçekleştirilmiştir. Yirmi iki adet ölçüm yapılmıştır. Deneyler sırasında alınan görüntüler Şekil 6.3’de (solda ölçülen gerçek değer 2.25m, sağda ölçülen gerçek değer 15m) gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Kapalı Alan Deneyleri Sırasında Alınan Görüntüler

Deneyler sırasında merkez alıcı ile referans alıcı arasındaki mesafe 1m, referans alıcı ile verici arasındaki mesafe 2m olan, gerçek ölçüm değeri 3m olan ölçümün ekran görüntüsü Şekil 6.4’de verilmiştir.



Şekil 6.4. Kapalı Alan Deneyleri Sırasında Alınan Ekran Görüntüsü

Deney sonuçları Çizelge 6.3’de verilmiştir. Çizelgede “Ölçüm Yapılan Gerçek Mesafe” olarak verici ile merkez alıcı arasındaki mesafe verilmiştir. Hataların % sonucu Denklem (11) ile verilen formül kullanılarak hesaplanmıştır. Ölçümler m (metre) cinsinden yapılmıştır.

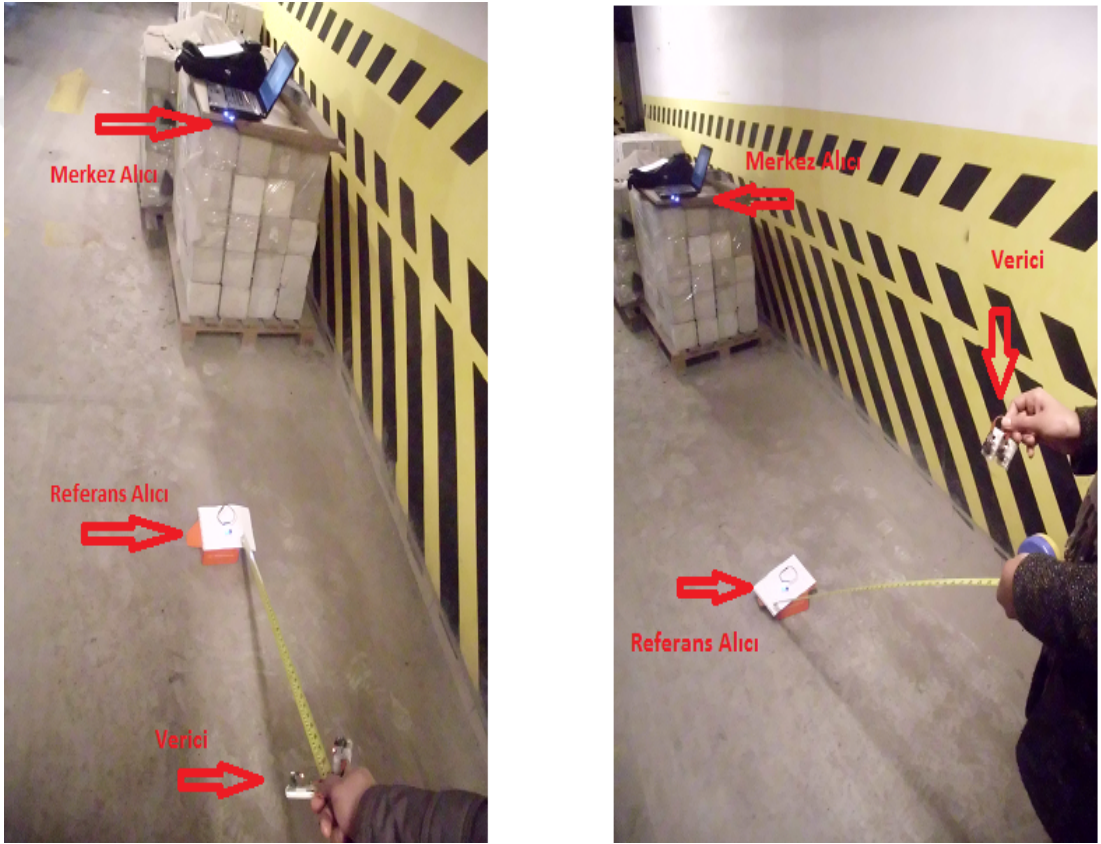
**Çizelge 6.3.** Kapalı Alan Deneyleri Sonuçları

Merkez ile Referans Alıcı Arasındaki Mesafe (m)	Referans Alıcı ile Madenci Arasındaki Mesafe (m)	Ölçüm Yapılan Gerçek Mesafe (m)	Birinci Ölçüm	İkinci Ölçüm	Üçüncü Ölçüm	Hataların % Sonucu
1.00	0.50	1.50	1.501	1.562	1.562	2.778
1.00	1.00	2.00	1.891	2.410	2.000	8.650
1.00	1.25	2.25	2.122	2.548	2.412	6.859
1.00	1.50	2.50	2.412	2.412	2.548	2.986
1.00	2.00	3.00	2.778	3.238	2.995	5.166
2.00	0.50	2.50	2.316	2.251	2.446	6.453
2.00	1.00	3.00	2.794	2.562	2.794	9.444
2.00	1.25	3.25	3.000	3.122	3.122	6.440
2.00	1.50	3.50	3.412	3.584	3.412	2.476
2.00	2.00	4.00	3.258	3.584	3.584	13.116
3.00	1.00	4.00	3.641	3.658	3.641	8.833
3.00	1.50	4.50	4.662	4.130	4.522	4.103
3.00	2.00	5.00	4.772	4.772	5.172	4.186
3.00	3.00	6.00	5.912	5.758	5.758	3.922
3.00	4.00	7.00	6.778	7.238	6.778	3.247
4.00	1.00	5.00	5.412	4.707	5.000	4.700
4.00	2.00	6.00	5.995	5.584	5.778	3.572
5.00	1.00	6.00	5.891	6.122	6.258	2.716
5.00	2.00	7.00	7.238	6.84	6.995	3.138
10.00	1.00	11.00	11.778	10.892	10.892	3.012
10.00	2.00	12.00	11.412	11.412	11.412	4.900
15.00	1.00	16.00	15.891	16.001	16.000	0.229

Yapılan 22 adet ölçümün hatalarının yüzde sonucunun ortalaması 5,031 olarak hesaplanmıştır.

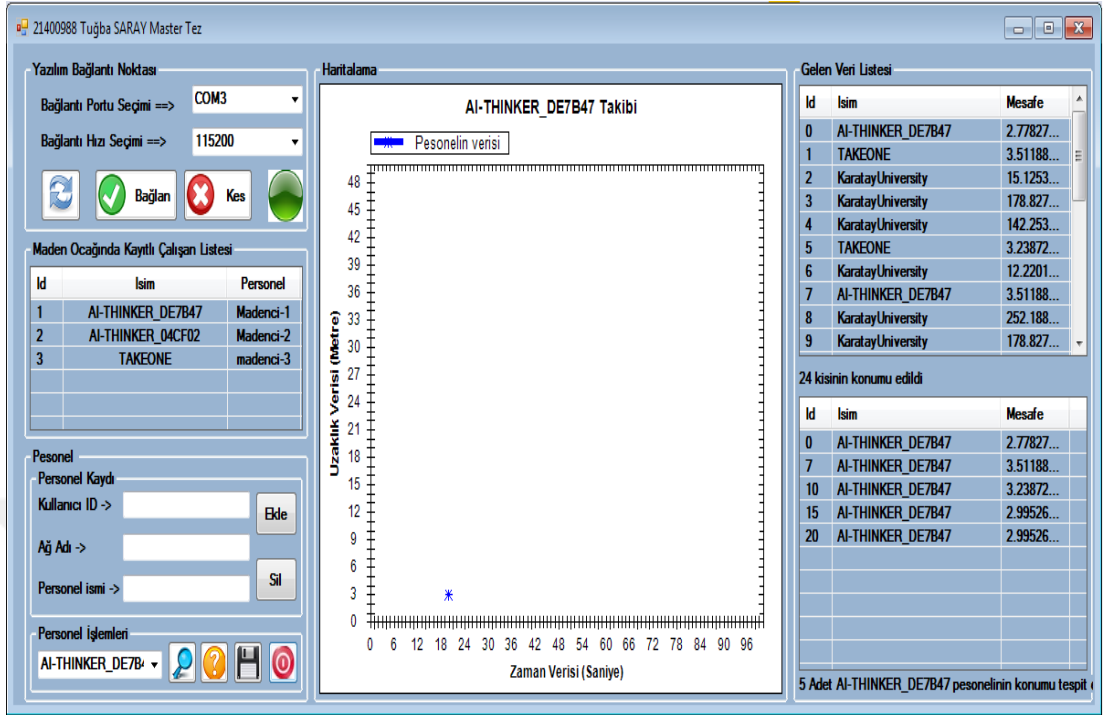
### 6.3. Yeraltı Alan Deneyleri

Yer altı deneyleri bir yer altı otoparkında  $k$  değişkenine 19.0,  $P_0$  değişkenine 22.0 değeri verilerek gerçekleştirilmiştir. Yirmi iki adet ölçüm yapılmıştır. Deneyler sırasında alınan görüntüler Şekil 6.5’de (solda ölçülen gerçek değer 2m, sağda ölçülen gerçek değer 3.25m) gösterilmiştir.



Şekil 6.5. Yeraltı Alan Deneyleri Sırasında Alınan Görüntüler

Deneyler sırasında merkez alıcı ile referans alıcı arasındaki mesafe 1m, referans alıcı ile verici arasındaki mesafe 2m olan, gerçek ölçüm değeri 3m olan ölçümün ekran görüntüsü Şekil 6.6’de verilmiştir.



Şekil 6.6. Yer Altı Alan Deneyleri Sırasında Alınan Ekran Görüntüsü

Deney sonuçları Çizelge 6.4’de verilmiştir. Çizelgede “Ölçüm Yapılan Gerçek Mesafe” olarak verici ile merkez alıcı arasındaki mesafe verilmiştir. Hataların % sonucu Denklem (11) ile verilen formül kullanılarak hesaplanmıştır. Ölçümler m (metre) cinsinden yapılmıştır.

**Çizelge 6.4. Yer Altı Deneyleri Sonuçları**

Merkez ile Referans Alıcı Arasındaki Mesafe (m)	Referans Alıcı ile Madenci Arasındaki Mesafe (m)	Ölçüm Yapılan Gerçek Mesafe (m)	Birinci Ölçüm	İkinci Ölçüm	Üçüncü Ölçüm	Hataların % Sonucu
1.00	0.50	1.50	1.316	1.281	1.501	8.911
1.00	1.00	2.00	2.000	2.122	2.000	2.035
1.00	1.25	2.25	2.000	2.258	2.258	3.940
1.00	1.50	2.50	2.412	2.584	2.584	3.413
1.00	2.00	3.00	2.778	3.238	4.548	22.311
2.00	0.50	2.50	2.501	2.316	2.354	4.413
2.00	1.00	3.00	3.000	3.122	3.122	4.889
2.00	1.25	3.25	3.258	3.122	3.258	1.476
2.00	1.50	3.50	3.258	3.412	3.412	3.980
2.00	2.00	4.00	3.778	3.778	3.995	3.741
3.00	1.00	4.00	3.794	4.122	4.122	3.750
3.00	1.50	4.50	4.412	4.778	4.412	3.362
3.00	2.00	5.00	4.778	4.778	4.778	4.440
3.00	3.00	5.00	5.818	5.818	5.181	3.033
3.00	4.00	7.00	6.546	6.548	6.981	4.452
4.00	1.00	5.00	5.000	4.891	5.120	1.526
4.00	2.00	6.00	5.995	5.995	6.238	1.377
5.00	1.00	6.00	8.891	6.258	6.000	2.038
5.00	2.00	7.00	6.778	6.778	7.238	3.247
10.00	1.00	11.00	11.000	11.000	11.412	1.248
10.00	2.00	12.00	11.995	11.778	11.995	0.644
15.00	1.00	16.00	16.258	16.000	16.122	0.791

Yapılan 22 adet ölçümün hatalarının yüzde sonucunun ortalaması 3,979 olarak hesaplanmıştır.



## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında yer altı maden ocağında çalışan madenciler için tasarlanan verici devreden gelen sinyaller merkezden belli bir mesafeye yerleştirilen referans alıcı ile toplanmış merkezde bulunan alıcı devreye gönderilmiştir. Geliştirilen masaüstü program ile merkez alıcı ile toplanan sinyaller mesafe bilgisine çevrilmiş şekilde gösterilmiştir. Ayrıca listeden seçilen madencinin konumu temsili harita üzerinde görüntülenmiştir.

Bu çalışmada radyo dalgaları ile haberleşme esnasında mesafe bilgisini hesaplayabilmek için verici cihazdan RSSI değerini alabilmenin gerekliliği ile karşılaşılmıştır. İncelenen kablosuz haberleşme modüllerinden NRF24L01 modülü bu değeri vermediği için kullanılamamıştır. Deneyle sırasında alınan RSSI değerlerinde ani artışlar gözlemlenmiştir. Bu artışlar hesaplanan hata değerlerinde net bir şekilde görülmektedir ve nedeni elektromanyetik dalgaların saçılımından meydana gelen gecikmeler ve yansımalarından sonra iletilen sinyallerdir.

Farklı ortamlarda yapılan deneysel ölçümler, tez çalışması süresince üzerinde durulan konuya yaptığı katkılar ile genel geçerlilik kazandırmıştır. Açık alanda yapılan ölçümlerin sonucunda en düşük %1.453 en yüksek %25.610 hata, kapalı alanda gerçekleştirilen deneylerde en düşük %0.229 en yüksek %13.116 hata, yer altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda en düşük %0.644 en yüksek %22.311 hata hesaplanmıştır. Bu sonuçlar ele alındığında kullanılan yöntemin hızlı ve doğru çalıştığı görülmüştür. Tasarlanan sistem modüler yapısı sayesinde bu tez adına amaçlanan görevlerin tamamı yerine getirilmiştir.

Gerçekleştirilen tez çalışması yer altı maden ocağında çalışan işçilerin takibi ve konum tespiti alanında literatür açısından önemli bir kaynak olmuştur. Ancak bu alanda daha çok araştırma yapılması ve yeni yöntemler geliştirilmesi gereklidir. Yer altı maden ocağında çalışan işçiler iş kazası ve yaralanmalar bakımından çok yüksek risk altında çalışmaktadırlar. Bu riskler göz önünde bulundurularak yapılan projelerle madencilerin son konumunun bilinmesi büyük kayıpların önüne geçilebilmesini sağlamalıdır. Bu çalışmada tasarlanan masaüstü yazılımında madencilere verilen ID değerleri ile birlikte son konumları gösterilmektedir.

Sadece seçilen madencinin ayrıntıları konumuyla birlikte verilmektedir. Dosyaya kayıt yapılmaktadır. İleriki çalışmalarda dosya kayıt işlemi saatlik, günlük, haftalık ve aylık kayıtlar şeklinde eklenebilir.

İleride bu tez çalışmasında tasarlanan verici devre üzerine eklenecek, madencinin hayati değerlerini ölçen, sıcaklık, metan, karbonmonoksit, oksijen, ivme gibi sensörler kullanılarak mesafe bilgisiyle birlikte daha ayrıntılı takip yapılabilir. Tez çalışması için tasarlanan masaüstü yazılımında bulunan harita bölümü yerine madenin üç boyutlu krokisi eklenerek daha etkili bir konum kontrolü sağlanabilir. Ayrıca verici devreye eklenecek sensörlerden gelen hayati veriler makine öğrenmesi ve veri madenciliği yöntemleri kullanılarak değerlerin değişim miktarı ve şekli üzerinden olumsuz bir durum oluşmadan üç boyutlu harita üzerinde uyarı verilerek daha başarılı sonuçlar alınabileceği düşünülmektedir.

## **EKLER**

### **Ek Açıklama**

**EK-1:** NRF24L01 Modülü için tasarlanan geliştirme kartının devre şeması

**EK-2:** NRF24L01 Modülü için tasarlanan geliştirme kartının PCB tasarımı

**EK-3:** NRF24L01 Modülü için tasarlanan geliştirme kartının analog veri gönderme programı.

**EK-4:** NRF24L01 Modülü için tasarlanan ikinci geliştirme kartının devre şeması

**EK-5:** NRF24L01 Modülü için tasarlanan ikinci geliştirme kartının PCB tasarımı

**EK-6:** NRF24L01 Modülü için tasarlanan geliştirme kartının dijital veri gönderme programı.

**EK-7:** ESP8266 Modülü için tasarlanan geliştirme kartının PCB tasarımı

**EK-8:** ESP8266 Modülü kablosuz cihazları RSSI değerleriyle birlikte listeleyen program

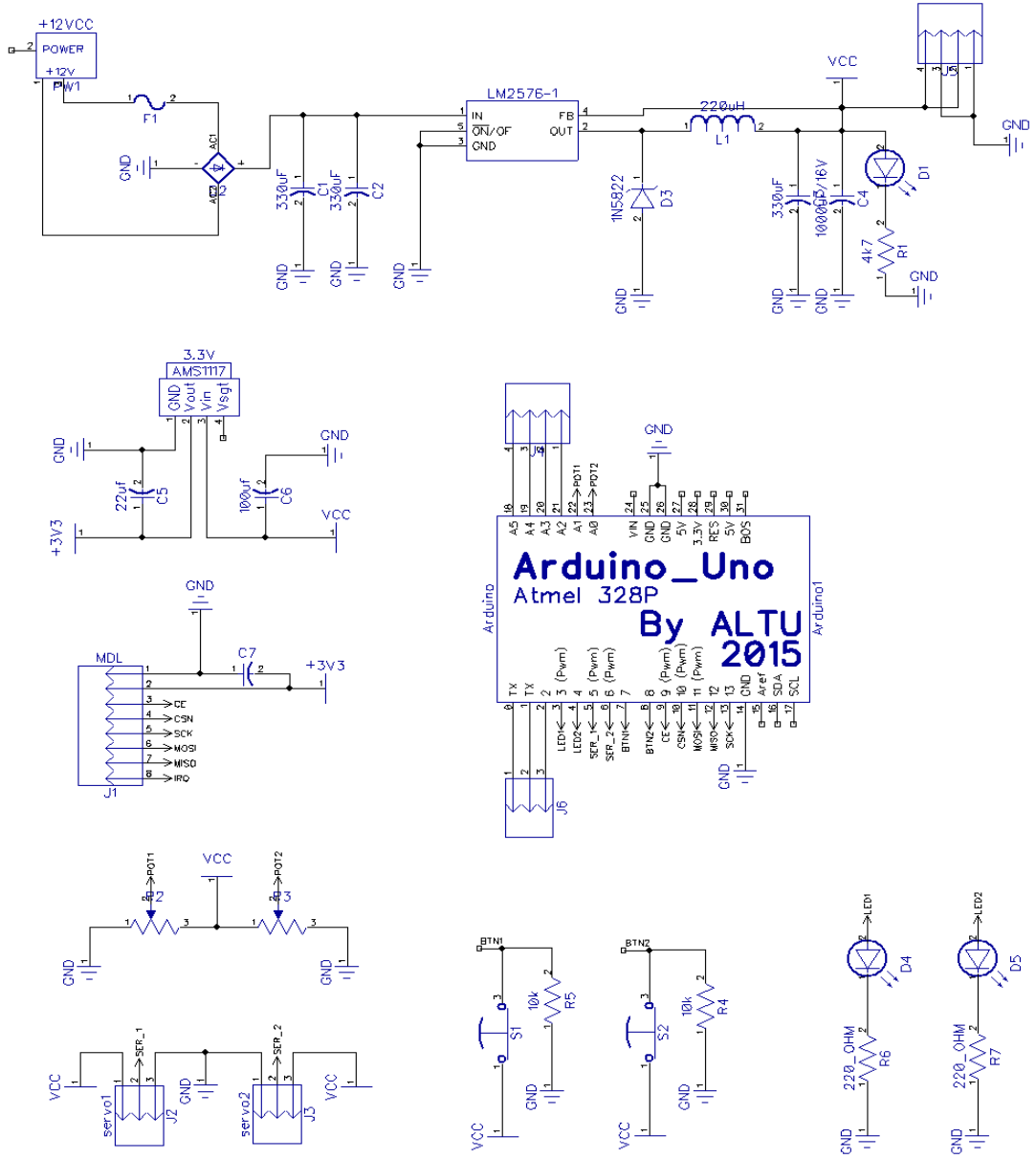
**EK-9:** XBEE Modülü için tasarlanan geliştirme kartının devre şeması

**EK-10:** XBEE Modülü için tasarlanan geliştirme kartının PCB tasarımı

**EK-11:** ESP8266 Modülü için tasarlanan ikinci geliştirme kartının devre şeması

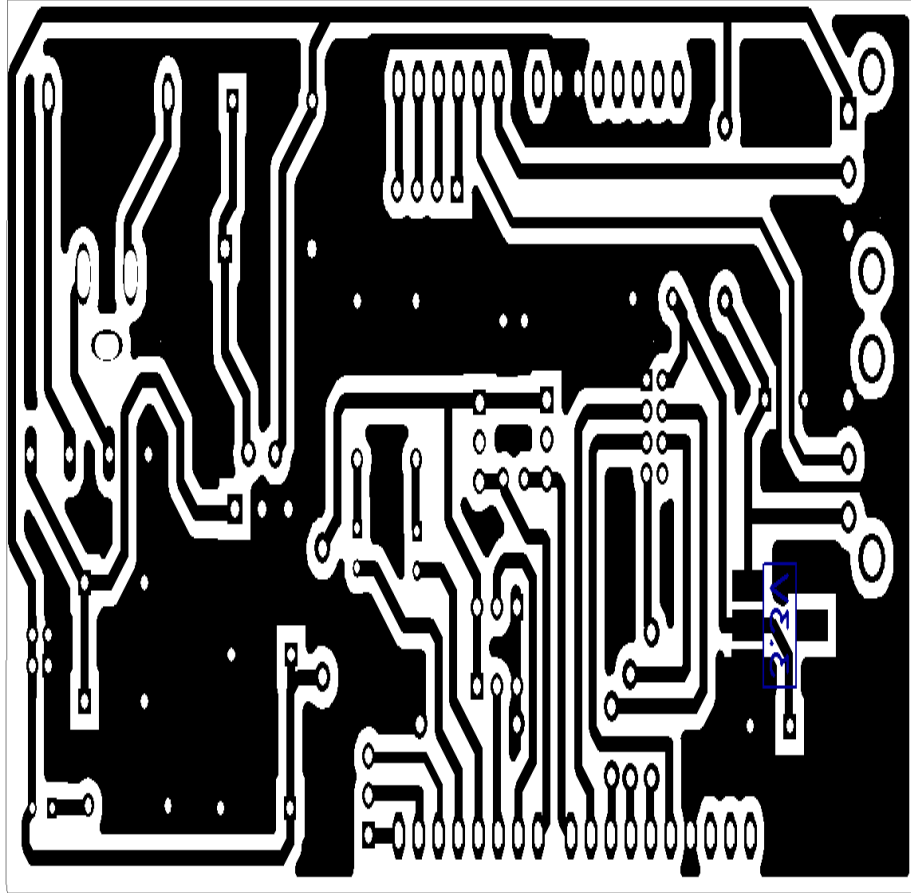
**EK-12:** ESP8266 Modülü için tasarlanan ikinci geliştirme kartının PCB tasarımı

## EK-1



NRF24L01 Modülü için tasarlanan geliştirme kartının devre şeması

**EK-2:**



NRF24L01 Modülü için tasarlanan geliştirme kartının PCB tasarımı

### **EK-3:**

**Analog veri gönderme uygulaması:** Verici devrede iki adet analog veri gönderen (0-1023 PWM değeri ) potansiyometre bulunmaktadır. Alıcı devre aldığı bilgiyi 0-180 PWM değerine çevirip Arduino Uno da 5. ve 6. Pinlerine bağlı servo motorları hareket ettiriyor.

#### **Verici devre kodu:**

```
#include <SPI.h>

#include "nRF24L01.h"

#include "RF24.h" // Kütüphaneler projeye dahil ediliyor.

//Pinler tanımlanıyor...

#define CE_PIN 9

#define CSN_PIN 10

#define pot1 A0 // birinci potansiyometre Analog 0 pinine bağlı.

#define pot2 A1 // ikinci potansiyometre Analog 1 pinine bağlı.

#define BUTON 8 //Devrenin butonu 8. pine bağlı.

//Değişkenler yazılıyor.

const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL; //haberleşme yapılacak kanal tanımlanıyor.

RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);

int gelen[3]; //3 elemanlı gelen değişkenimizi tanımlandı.

void setup()

{

//Serial.begin(9600);
```

```

radio.begin(); // kablosuz haberleşme başlatılıyor.

radio.openWritingPipe(pipe); // kanal veri gönderici olarak tanımlanıyor.

pinMode(BUTON, INPUT); // buton çıkış pini olarak tanımlanıyor.

}

void loop()

{

gelen[0]=analogRead(pot1); A0. pinden okunan veriyi gelen[0] değişkenine yazıyor.

gelen[1] =analogRead(pot2); A1. pinden okunan veriyi gelen[1] değişkenine yazıyor.

gelen[2]=digitalRead(BUTON);3. pinden okunan veriyi gelen[2] değişkenine yazıyor.

    radio.write( gelen, sizeof(gelen) ); //kanaldan veri gönderimi yapılıyor...

}

```

**Alıcı devre kodu:**

```

// Kütüphaneler projeye dahil ediliyor.

#include <SPI.h>

#include "nRF24L01.h"

#include "RF24.h"

#include <Servo.h>

Servo myservo;

Servo myservo2;

//Pinler tanımlanıyor...

#define CE_PIN 9

```

```

#define CSN_PIN 10

int hiz1;

int hiz2;

const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL;

RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);

int gelen[3]; //3 elemanlı potansiyometreler ve butondan gelen verileri tutan
değişkenimizi tanımladık.

void setup()
{
pinMode(3,OUTPUT);

digitalWrite(3,LOW);

pinMode(5,OUTPUT);

pinMode(6,OUTPUT);

myservo.attach(5);

myservo2.attach(6);

Serial.begin(9600);

delay(1000);

radio.begin();

radio.openReadingPipe(1,pipe);

radio.startListening();;}

void loop() {

if ( radio.available() ) //Eğer sinyal algılasan...

```



```

{

    radio.read( gelen, sizeof(gelen) ); //Bu sinyallerden gelen verileri 3 elemanlı gelen
değişkenine sırasıyla yaz.

    hareket(gelen[0],gelen[1],gelen[2]); // Sonra bu verileri kullanarak hareket
fonksiyonunu çağır.

}

}

void hareket(int X_ekseni, int Y_ekseni, int buton) { //Asıl olay

    hiz1 = map(Y_ekseni,0,1023,0,180);

    myservo.write(hiz1);           // alınan değere göre servo pozisyonu ayarlandı

    Serial.println(hiz1);

    delay(15);

    hiz2 = map(Y_ekseni,0,1023,0,180);

    myservo2.write(hiz2);         // alınan değere göre servo motor pozisyonu
ayarlandı

    Serial.println(hiz2);

    delay(15);

    if(buton==1)

    {

        digitalWrite(3,HIGH);

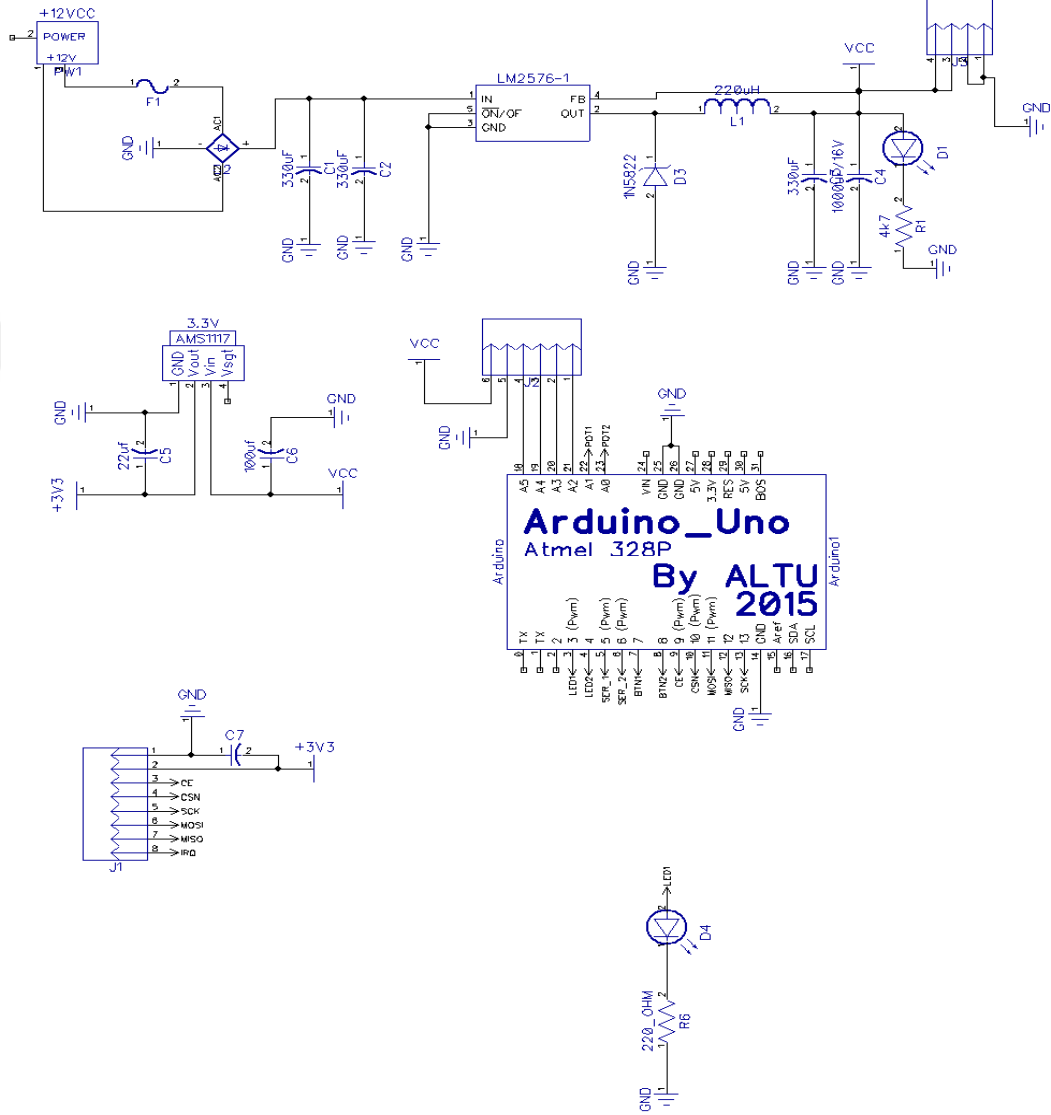
        Serial.println("led yandı");

```

```
//delay(1000);  
}  
else  
{  
    digitalWrite(3,LOW);  
    // Serial.write("led sondu");  
    //delay(1000);  
}}
```

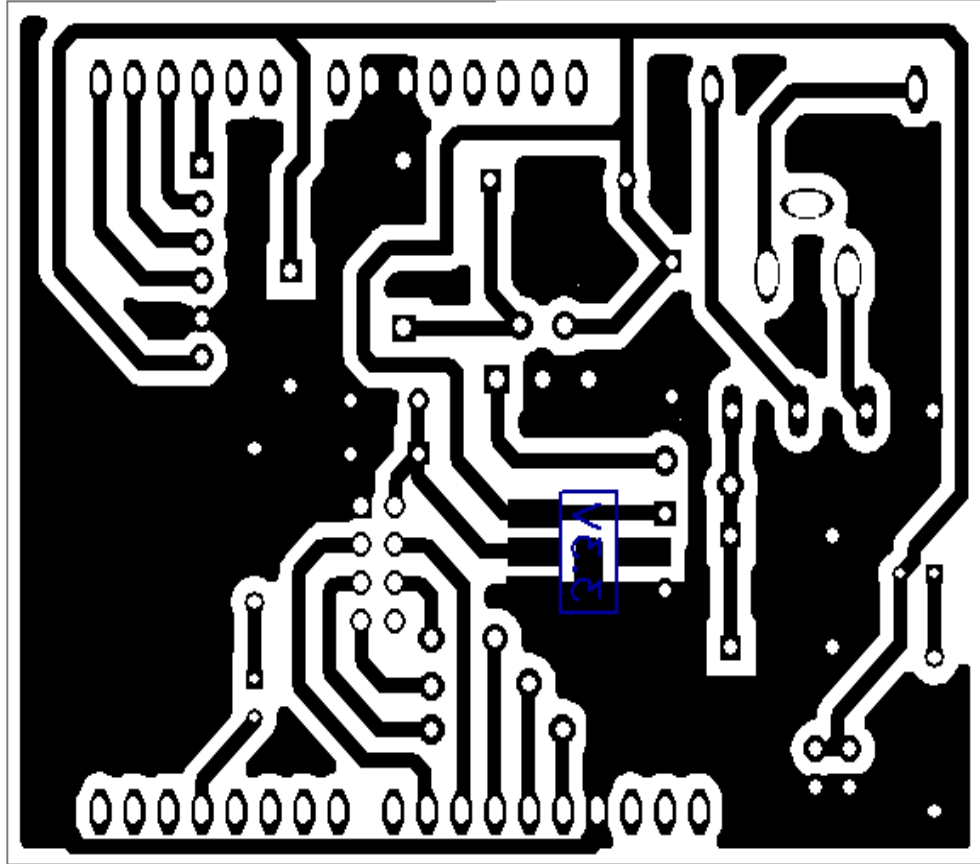
NRF24L01 Modülü için tasarlanan geliştirme kartının Analog veri gönderme yazılımı

## EK-4



NRF24L01 Modülü için tasarlanan ikinci geliştirme kartının devre şeması

EK-5



NRF24L01 Modülü için tasarlanan ikinci geliştirme kartının PCB tasarımı

## EK-6

**Dijital veri gönderme uygulaması:** Verici devrede bir adet buton, alıcı devrede ise bir adet led bulunmaktadır. Verici devreden butona bastığımız anda alıcı devredeki led yanmakta butonu bıraktığımızda sönmektedir.

### Verici devre Kodu:

```
// Kütüphaneler projeye dahil ediliyor.

#include <SPI.h>

#include "nRF24L01.h"

#include "RF24.h"

//Pinler tanımlanıyor...

#define CE_PIN 9

#define CSN_PIN 10

#define BUTON 8 //Bizdeki devrenin butonu 8. pine bağlı

//Değişkenler yazılıyor.

const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL;

RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);

int gelen[1];

void setup()

{ //Serial.begin(9600);

  radio.begin();

  radio.openWritingPipe(pipe);

  pinMode(BUTON, INPUT);}
```

```

void loop()

{

gelen[0] = digitalRead(BUTON);

radio.write( gelen, sizeof(gelen) ); //Gönderim yapılıyor...

```

### **Alıcı devre kodu:**

```

#include <SPI.h> // Kütüphaneler projeye dahil ediliyor.

```

```

#include "nRF24L01.h"

```

```

#include "RF24.h" //Pinler tanımlanıyor...

```

```

#define CE_PIN 9

```

```

#define CSN_PIN 10

```

```

const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL;

```

```

RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);

```

```

void setup() {

```

```

pinMode(3,OUTPUT);

```

```

digitalWrite(3,LOW);

```

```

Serial.begin(9600);

```

```

delay(1000);

```

```

radio.begin();

```

```

radio.openReadingPipe(1,pipe);

```

```

radio.startListening(); }

```

```

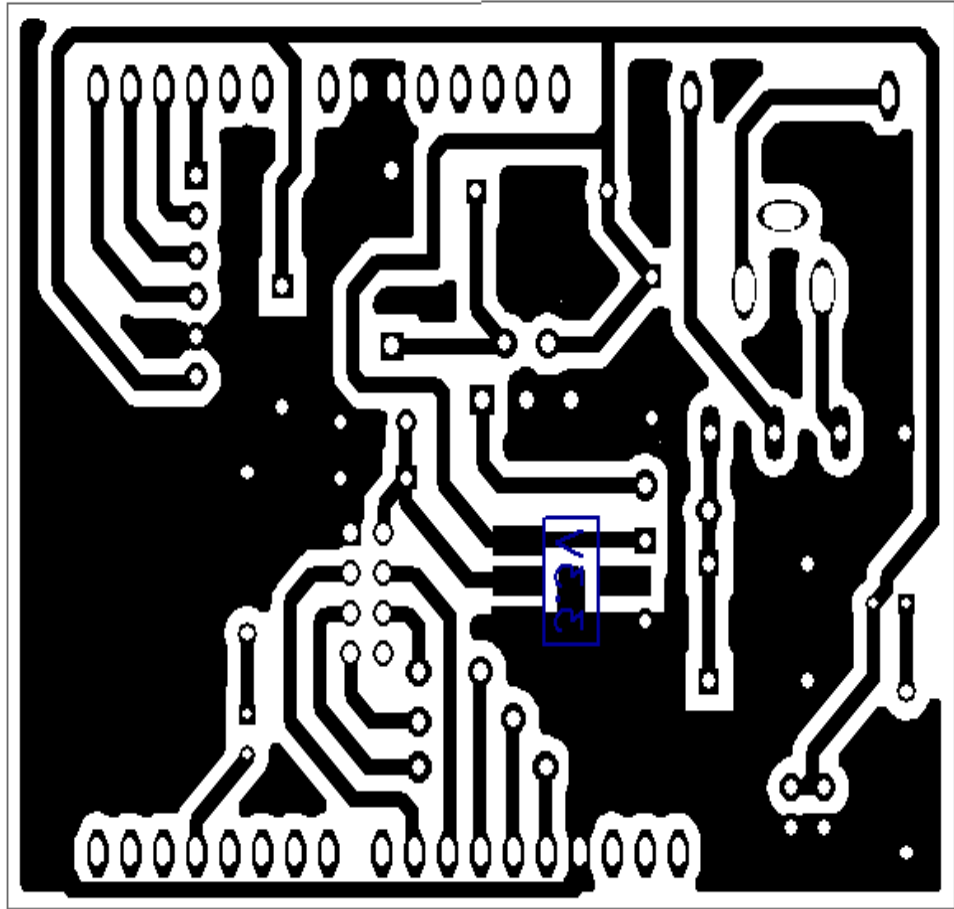
void loop() {

```

```
if ( radio.available() ) //Eğer sinyal algılasan...  
  
    {   if(buton==1)           {  
  
        digitalWrite(3,HIGH);  
  
        Serial.println("led yandı");    }  
  
    else {   digitalWrite(3,LOW);  
  
            Serial.write("led sondu");  
  
            delay(1000); } } }
```

NRF24L01 Modülü için tasarlanan geliştirme kartının Dijital veri gönderme programı.

EK-7



ESP8266 Modülü için tasarlanan geliştirme kartının PCB tasarımı



## EK-8

ESP8266 modül bağlantıları yapıldıktan sonra ortamdaki tüm kablosuz cihazları RSSI değerleriyle birlikte listeleyen program yazıldı.

```
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial wifiBaglantisi(10,11);

#include <stdlib.h>

const String wifiadi = "Altu";

const String Wifisifre ="123456";

int zamanAsimi=1000;

long int zaman;

void setup() {

  Serial.begin(9600);

  wifiBaglantisi.begin(9600);

  wifiBaglantisi.println("AT");

  delay(3000);

  if(wifiBaglantisi.find("OK"))

  {

    wifiBaglantisi.println("AT+CWMODE=1");

    delay(2000);

    String baglantiKomutu==String("AT+CWJAP=\"")+wifiadi+"\", \""+Wifisifre+"\"");

    wifiBaglantisi.println(baglantiKomutu);

    delay(50000);
```

```

}

}

void loop() {

if (wifiBaglantisi.available())

{

wifiBaglantisi.println("AT+RST");

wifiBaglantisi.println("AT+CWLAP"); // modüle gönderilecek AT Komutunu Yaz

zaman = millis();

String cevap = "";

while ((zaman+zamanAsimi)> millis()) // ESP82266 dan gelen cevap yazdırılıyor.

{

while(wifiBaglantisi.available())

{

char k = wifiBaglantisi.read();

cevap+=k;

}

Serial.print(cevap);

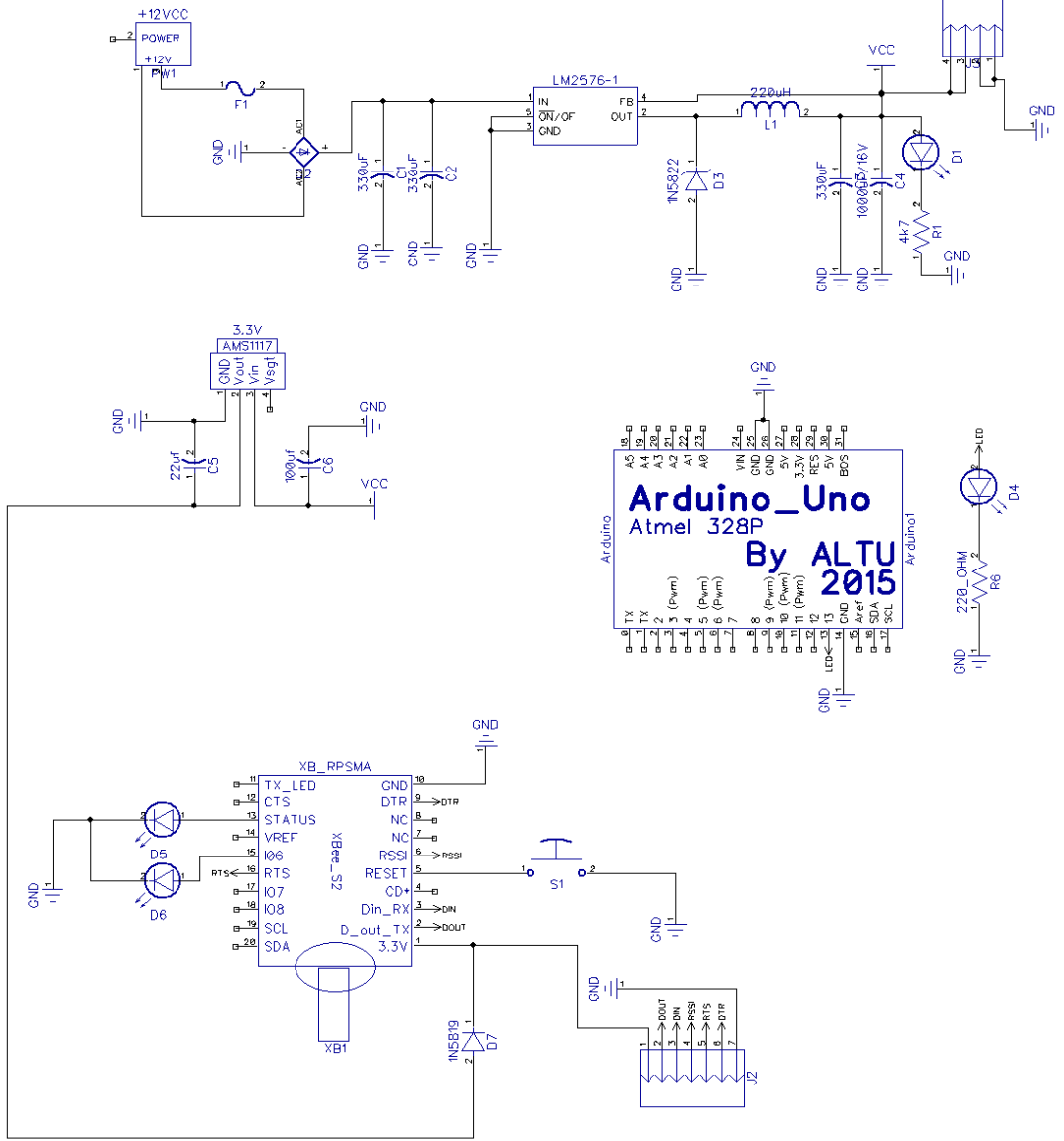
delay(3000);

} }}

```

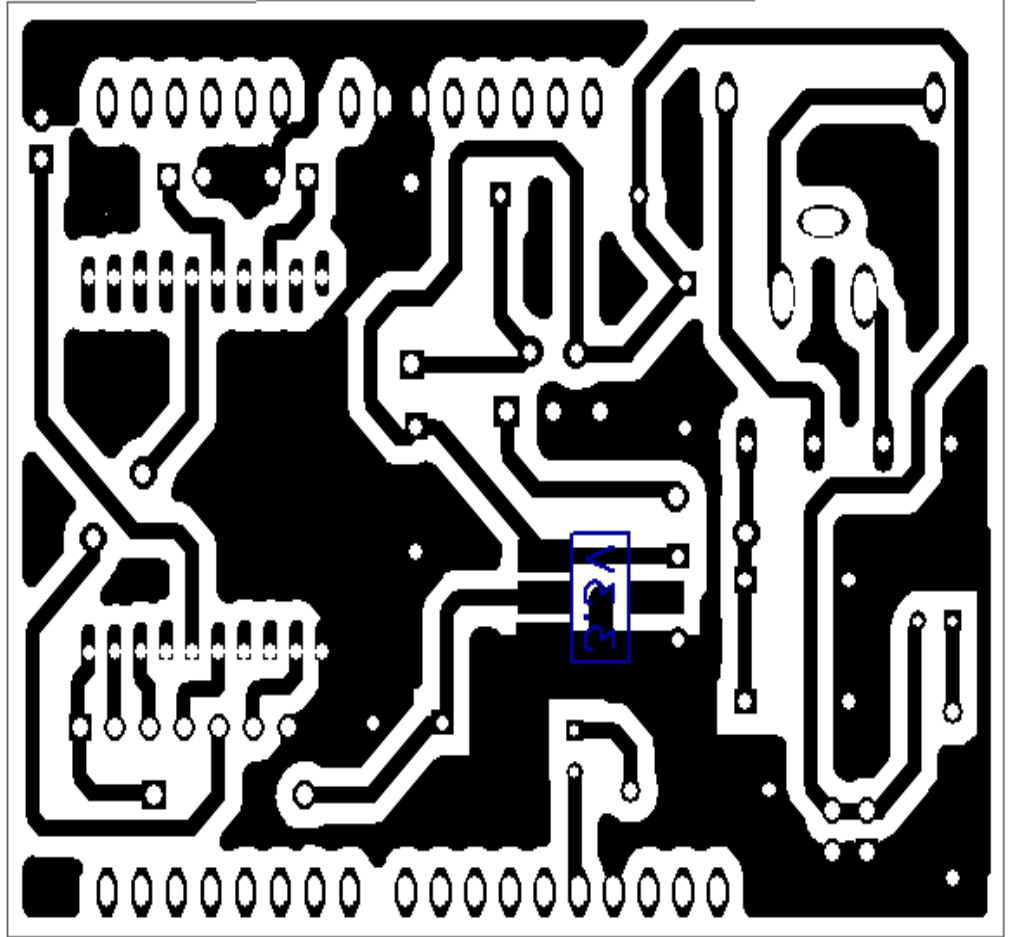
ESP8266 Modülü kablosuz cihazları RSSI değerleriyle birlikte listeleyen program

## EK-9



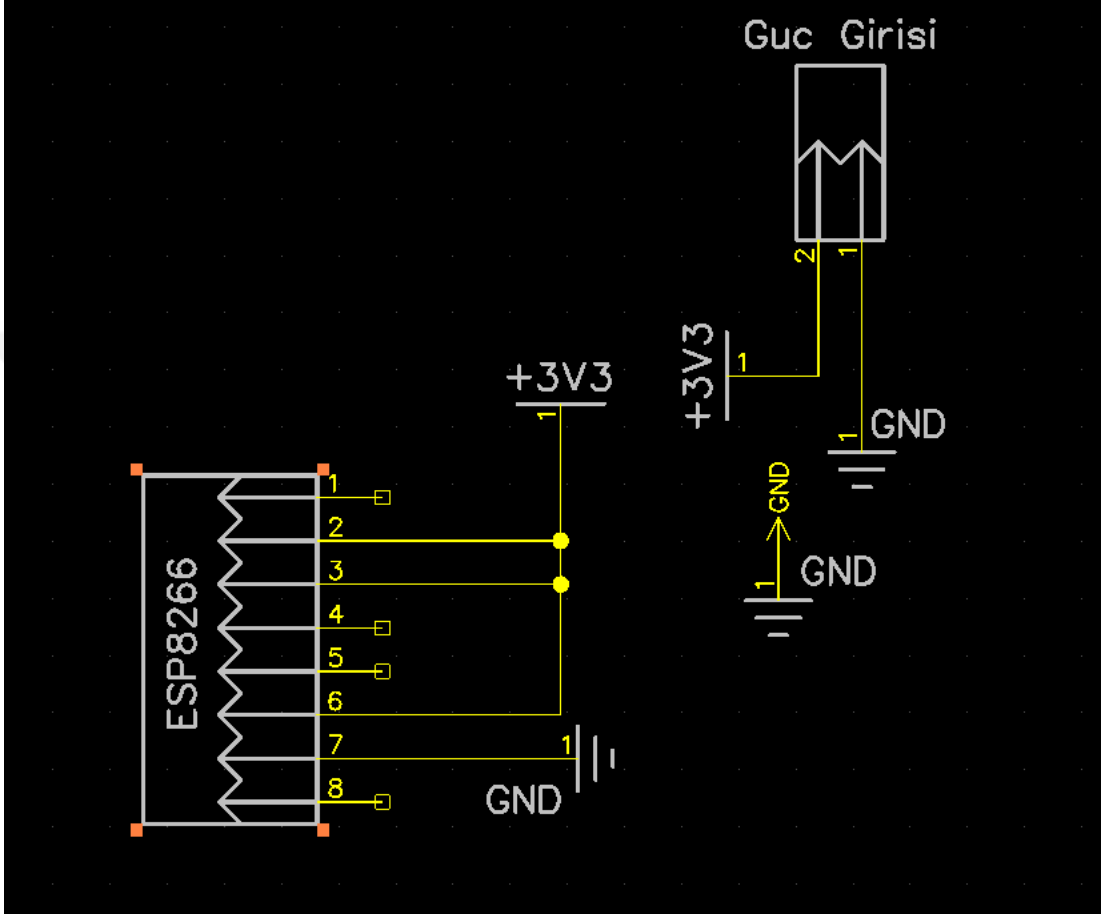
XBEE Modülü için tasarlanan geliştirme kartının devre şeması

EK-10



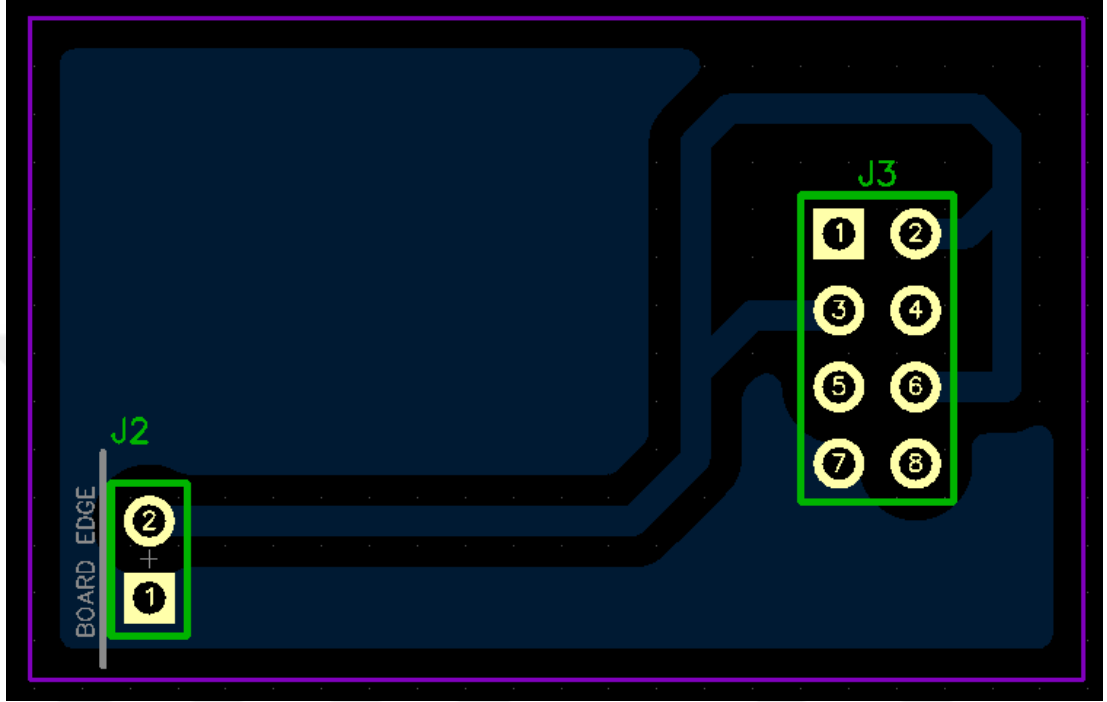
XBEE Modülü için tasarlanan geliştirme kartının PCB tasarımı

## EK-11



ESP8266 Modülü için tasarlanan ikinci geliştirme kartının devre şeması

## EK-12



ESP8266 Modülü için tasarlanan ikinci geliştirme kartının PCB tasarımı

## KAYNAKLAR

- [1] Kuzu A, 2014, Yeraltı Maden Ocaklarında Çalışan İşçilerin Çalışma Koşullarının Ruh Sağlığına Etkisinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimler Enstitüsü, İSTANBUL
- [2] Türkiye Büyük Millet Meclisi, 2014, Manisa'nın Soma İlçesinde Başta 13 Mayıs 2014 Tarihinde Olmak Üzere Meydana Gelen Maden Kazalarının Araştırılarak Bu Sektörde Alınması Gereken İş Sağlığı ve İş Güvenliği Tedbirlerinin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan Meclis Araştırma Komisyonu Raporu, Cilt 1, ANKARA
- [3] TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 2011, Madencilik Sektörü ve Politikaları Raporu, ANKARA
- [4] Zhenlun He; Jiang Zhan; Peng Xu; Jiaheng Qin; Yunkai Zhu, 2013, Mine detecting robot based on wireless communication with multi-sensor, IEE 4th International Conference on Electronics Information and Communication, Beijing, CHINA
- [5] Filiz G., Maktav D., Kalkan K, Özer O, 2013, Mobil Platformlar Üzerinden Gerçek Zamanlı Ekip Takip Sistemi, TOBB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, ANKARA
- [6] Chen Y. X., 2015, Underground Coal Mine Positioning System Based on RSSI Positioning Algorithm Improved Through the BP Learning Training, The Open Fuels & Energy Science Journal, 2015, 8, 281-286
- [7] Karaoğlu O., 2015, Maden Ocaklarında ZIGBEE Tabanlı Veri Haberleşme Uygulaması ve Sonuçlarının Bilgisayar Ortamında İşlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, KARABÜK
- [8] Perente O.K., Çelikel K., Serif T.,2015, Bina İçi Yer Belirleme Saha Çalışması: Geniş Mekânda Yer İşaretleme Yöntemiyle Konum Tespitinde Sinyal Çıkış Güçlerinin Etkisinin Karşılaştırılması, XX. Türkiye'de İnternet Konferansı, İSTANBUL
- [9] Lüy H.İ., 2016, Maden Ocaklarında Madenciler için Yer Tespiti Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, KIRIKKALE
- [10] Tatar Y., Yıldırım G., 2014, Kablosuz Sensör Ağlarında Küçültülmüş Radyo Haritası Kullanan İmza Tabanlı Dinamik Konum Bulma Tekniği, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, Vol 29, No 2, 217-226, ANKARA
- [11] Chruszczyk L., Zajac A., 2016, Comparison of Indoor/Outdoor, RSSI-Based Positioning Using 433, 868 or 2400 MHz ISM Bands, International Journal of Electronics and Telecommunications, 2016, VOL. 62, NO. 4,

- [12] Fink A., Beikirch H., 2015, Distributed Radio Positioning for Personnel Tracking in Coal Mine Tunnels, *Sensors & Transducers*, Vol. 187, Issue 4, April 2015, pp. 44-58
- [13] Temizer S., Kaya M. Ç., 2013, Mesafe Ölçümü Tabanlı Güvenilir Konum Tespiti Teknikleri Ve Kara Ve Hava Araçları İçin Örnek Uygulamalar, *Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi Temmuz 2013 Cilt 6 Sayı 2 (33-48)*
- [14] Jong Hoon Ahnn, 2007, The Robot control using the wireless communication and the serial communication, Engineering Division of the Graduate School of Cornell University
- [15] DİLMEN E, 2012, Gezin robotlarda dış ortamda GPS ile konumlandırma, Yüksek Lisans Tezi, E.O.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, ESKİŞEHİR.
- [16] YÜKSEL M., 2014, İKİZOĞLU S., Bir mobil robotun hedef noktaya erişimi ve toplanan verilerin RF ile transferi, Kontrol Mühendisliği Bölümü, ELAZIĞ
- [17] Acer G. U., Boran A., Forlivesi C., Liekens W, P´erez-cruz F., Kawsar F., 2015, Sensing WiFi Network for Personal IoT Analytics, 5th International Conference on the Internet of Things (IOT)
- [18] Özbayoğlu A. M., Kök İ. Ş., 2011, Sinyal Gücüne Bağlı Bina İçi Konum Tespiti Modelleri Karşılaştırılması, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu
- [19] Rajasekaran.S , Kumaran.P, Premnath.G, Karthik.M4, 2013, Human Health Monitoring Using Wireless Sensors Network(WSN), *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEEM)*
- [20] P. S. Pandian K, P. Safeer, Pragati Gupta, D. T. Shakunthala, B. S. Sundershesu and V. C. Padaki, 2008, Wireless Sensor Network for Wearable Physiological Monitoring, *Journal Of Networks*
- [21] Song M., Qian J., 2016, Improved sequence-based localization applied in coal mine, *International Journal of Distributed Sensor Networks 2016*, Vol. 12(11)
- [22] Fortino G, Galzarano S, 2010, Programming Wireless Body Sensor Network Applications through Agents, Department of Electronics, Informatics and Systems (DEIS) University of Calabria (UNICAL), ITALY
- [23] Lau E. E, Lee B. G., Lee S. C., Chung W. Y., 2008, Enhanced Rssi-Based High Accuracy Real-Time User Location Tracking System For Indoor And Outdoor Environments, *International Journal On Smart Sensing And Intelligent Systems*, Vol. 1, No. 2



- [24] Bahl P., Padmanabhan V. N., 2000, RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System, INFOCOM 2000. Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies
- [25] Muhammad Imran, Halabi B. Hasbullah, Abas Md Said, 2012, Personality Wireless Sensor Network, Department of Computer & Information Sciences, Universiti Teknologi PETRONAS, MALAYSIA
- [26] Sunil L. Rahane, Prof. Ramesh S. Pawase, 2015, A Healthcare Monitoring System Using Wireless Sensor Network with GSM, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering
- [27] G. Virone, A. Wood, L. Selavo, Q. Cao, L. Fang, T. Doan, Z. He, R. Stoleru, S. Lin, and J.A., 2006, An Advanced Wireless Sensor Network for Health Monitoring, Stankovic Department of Computer Science, University of VIRGINIA
- [28] Josie Hughes, Jize Yan and Kenichi Soga, 2015, Development of Wireless Sensor Network Using Bluetooth Low Energy (BLE) For Construction Noise Monitoring, International Journal On Smart Sensing and Intelligent Systems VOL. 8, NO. 2
- [29]“Radyo dalgaları ile haberleşme” erişim adresi: <http://www.bilmx.com/elektrikli-haberlesme-sistemi-radyo-dalgaları/> erişim tarihi: 22 Ekim 2016
- [30] “elektromanyetik spektrum dalga boyları ve radyo dalgaları” erişim adresi: <http://w2.anadolu.edu.tr/aos/kitap/IOLTP/2279/unite11.pdf>, erişim tarihi: 08 Ocak 2017
- [31] “elektromanyetik spektrum dalga boyları ve radyo dalgaları” erişim adresi: <http://diyot.net/elektromanyetik-dalgalar/>, erişim tarihi: 08 Ocak 2017
- [32]”desibel, desibelmiliwat ve RSSI kavramları” erişim adresi: [http://www.megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Analog%20Ve%20Say%C4%B1sal%20Haberle%C5%9Fme.pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Analog%20Ve%20Say%C4%B1sal%20Haberle%C5%9Fme.pdf) erişim tarihi : 25 Aralık2016
- [33] “Radyo dalgaları” erişim adresi: <http://www.hayrisezer.net/snr-signal-to-noise-ratio-nedir.html>, erişim tarihi: 14 Eylül 2016
- [34] “dBm-mW Değer tablosu” erişim adresi: [\[http://www.wirelessistem.net/Kablosuz-LAN-WLAN-RF-Guc-Degerlenin-Tanimi,DP-10.html\]](http://www.wirelessistem.net/Kablosuz-LAN-WLAN-RF-Guc-Degerlenin-Tanimi,DP-10.html) erişim tarihi: 06 Temmuz 2016
- [35] Ilgaz Ş, 2014, Kapalı Ortamlarda RFID-Tabanlı Konum Belirleme, Mersin Üniversitesi Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, MERSİN

- [36] Karaca A, 2008, Kapalı Alanda Radyo Dalgaları Yardımıyla Konum Belirleme ve Paket Takibi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ESKİŞEHİR
- [37] Bardwell J, November 2002, Converting Signal Strength Percentage to dBm Values, WildPackets Corporation
- [38] BEKÇİBAŞI B., TENRUH M, Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Konum Saptama Teknikleri ve Mesafe Bağımlı Tekniklerde Dördüncü Çapa Yaklaşımı, Muğla Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, MUĞLA
- [39] "ZigBEE" erişim adresi: <http://www.robotistan.com/xbee-2mw-rpsma-seri-2-zigbee-mesh-xb24-z7sit-004> erişim tarihi: 29 Temmuz 2016
- [40] SEVİNÇ H., ESP8266 ve Arduino ile Nesnelerin İnterneti, Dikeyksen yayınları, 2015
- [41] "ESP8266" erişim adresi: <http://mozanunal.blogspot.com.tr/2015/03/esp8266-modulu-html-server.html>, erişim tarihi: 20 Eylül 2016.
- [42] "ESP8266" erişim adresi: [http://www.elektromaker.com/?page\\_id=244](http://www.elektromaker.com/?page_id=244), erişim tarihi: 06 Ekim 2016.
- [43] "ESP8266" erişim adresi: <http://www.firatdeveci.com/esp8266-wi-fi-module-giris> erişim tarihi: 27 Ağustos 2016

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Tuğba SARAY  
Uyruğu : TC  
Doğum Yeri ve Tarihi : Çivril / 1991  
Telefon : +90 543 608 6563  
e-mail : tgbsry@gmail.com

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Selçuk Üniversitesi, Bilgisayar Sis. Öğretmenliği	2014

### İş Deneyimleri

Yıl	Kurum	Görevi
-----	-------	--------

### Yabancı Dil

İngilizce