

## Pasif RFID Etiket Konumunu Belirlemeye Yönelik UHF Anten Tasarımı

Taha Fatih ATEŞ<sup>1</sup>, Hulusi AÇIKGÖZ<sup>2</sup>, Ali Osman ÖZKAN<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği AD, 42140, Meram, Konya, Türkiye

<sup>2</sup> KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 42020, Karatay, Konya, Türkiye

<sup>3</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 42140, Meram, Konya, Türkiye

**ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE**

(Geliş/Received: 09.07.2019; Kabul/Accepted: 11.11.2019; Online baskı/Published online: 09.12.2019)

### ÖZET

Son yıllarda, radyo frekanslı tanımlama (Radio Frequency Identification-RFID) teknolojisinde önemli gelişmeler yaşanmaktadır ve farklı uygulama alanları ön plana çıkmaktadır. RFID, sağlamış olduğu avantajlar sayesinde konum tespit işlemlerinde kullanılabilir. RFID etiketlerin ve okuyucularının önemli bir bileşeni olan antenlerin performansları yeni tasarımlar ile daha da geliştirilebilmektedir. Antenler kullanım yerlerine göre özel tasarlanmalıdır. Bu çalışmada, pasif RFID etiketlerinin konum tespitinde kullanılacak okuyucu anten tasarımı yapılmıştır. Ultra yüksek frekans (UHF) aralığında çalışabilen ve konum belirlemeye uygun performans sergileyen düşük profilli yama anten tasarlanmış ve analizleri yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Radyo frekanslı tanımlama (RFID), Ultra yüksek frekans (UHF), Yama anten, Elektromanyetik

### UHF Antenna Design for Identifying Passive RFID Tag Location

#### ABSTRACT

In recent years, has been significant advances in radio frequency identification (RFID) technology and different application areas have been come to the forefront. RFID can be used for location detection operations thanks to its advantages. The performance of antennas, which is an important component of RFID tags and readers, can be further enhanced with new designs. Antennas should be specially designed to their working location. In this study, reader antenna is designed to determine the location of passive RFID tags. A low-profile patch antenna is designed and analyzed which is suitable for location determination on ultra-high frequency (UHF) range.

**Key Words:** Radio frequency identification (RFID), Ultra high frequency (UHF), Patch antenna, Electromagnetic

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

RFID, üzerinde mikroişlemci ve anten bulunan etiketin taşıdığı bilgilere ulaşan, radyo frekansları ile çalışan ve haberleşen otomatik tanıma sistemidir. Veri ve enerji transferi, etiket ve okuyucu arasında herhangi bir temas olmadan sağlanmaktadır [1]. RFID sisteminde yazılım ve donanım gereksinimleri bulunmaktadır. RFID için gerekli olan donanımlar RFID etiketleri, RFID okuyucuları ve RFID okuyucu antenleridir. Sistemin kullanılacağı amaca ve şartlara göre radyo frekansları farklılık göstermektedir. Yazılım olarak ara yüzler gerekmektedir.

RFID üzerine ilk çalışma Harry Stockman tarafından Ekim 1948'de "Communication By Means of Reflected Power" adıyla yayınlanmıştır. 1930 ve 1940 yıllarındaki radar ve radyo hakkındaki gelişmelerden sonra 1950'li yıllarda RFID çalışmaları hız kazanmıştır [2].

1980'li yıllarda RFID uygulamaları birçok alana yayılmıştır. Avrupa'da hayvan izleme sistemleri çok yaygınlaşmış, aynı zamanda İtalya, Fransa, Portekiz ve Norveç gibi Avrupa ülkelerinde ücret geçişli yollar RFID ile donatılmıştır. Oklahoma'da 1991'de açılan ücretli geçiş sistemi araçlara gişelerden duraklamadan geçiş imkânı tanımıştır [3].

Son zamanlarda konum tespit işlemleri için de kullanılmaya başlanmıştır [4]. RFID cihazları, sanayi ve hastaneler gibi alanlarda, ürünlerin hızlı ve güvenilir bir şekilde takip edilmesine ve kayıt altına alınmasına imkân sağlamaktadır. Teknolojik gelişmeler RFID sistemlerini de etkilemektedir. RFID etiketlerin ve okuyucularının önemli bir bileşeni olan antenlerin performansları yeni malzemeler, yapılar ve tasarımlar ile daha da geliştirilebilmektedir.

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: alozkan@erbakan.edu.tr / Tel: +90 332 325 2024

Kullanım kolaylığı sağlamanın yanı sıra teknolojik gelişmeler sayesinde üretiminin de basitleşmesi sebebiyle RFID hemen her alana dâhil olabilmektedir. Kullanım alanlarına örnek olarak; hayvan takibi, insan sağlığı denetimi, çevre kontrolü, gıda kalitesi ve güvenliği, araç takibi ve güvenliği, konum belirleme ve nesnelerin interneti için kablosuz sensör ağları gibi uygulamalar verilebilir.

RFID sistem bileşenleri arasında en etkili görevi olan yapılardan birisi antenlerdir. RFID antenler, elektromanyetik dalgaları okuyuculardan alarak diğer okuyuculara ya da etiketlere dağıtan ve/veya çevredeki elektromanyetik dalgaları alarak bir okuyucuya iletip kablosuz haberleşme sağlayan bileşenlerdir.

Pui ve arkadaşları (2017), çalışmalarında farklı kullanım alanları ve farklı metotlara uygun anten tasarımı yapılması gerektiğini belirtmiş ve günümüze kadar kullanılmış farklı modellerle karşılaştırmıştır [5].

Hossain ve Karmakar (2006), yayınlarında belirttikleri üzere; antenler, düzlemsel ve dairesel yayın yapabilirler. Düzlemsel yayın yapan anten, olası en uzun okuma mesafesinde, maksimum kazanç için tek bir eksenle yoğunlaşır. Dairesel yayın yapan anten ise üretilen UHF enerjiyi daha uzun mesafelere eşit bir şekilde dağıtır. Böylece dairesel yönlü yayılım ile o çevrede bulunan bütün etiketlerin okunması sağlanır [6].

Uçar ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada, RFID uygulamalarında, herhangi bir doğrultuda yerleştirilmiş etiket ile okuyucu arasındaki haberleşmenin güvenilirliğini sağlamak adına dairesel polarizasyona sahip anten kullanımını önermişlerdir [7].

Penttilä ve ark. (2005), endüstride kullanılacak RFID okuyucu antenleri için önemli parametrelerin; ışın genişliği, yönlülük, kazanç, anten şekli ve kullanılan malzeme olduğunu belirtmiştir. Ayrıca metal yansımaları yüzünden oluşacak etkilerin azaltılmasına dikkat çekmiştir [8].

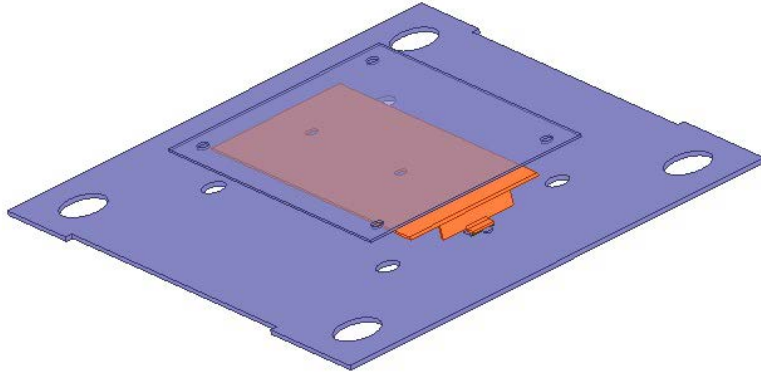
Penttilä ve ark. (2004), RFID okuyucuları, iletişim için bir veya birden fazla anten kullanabilir. Tek bir antenle, okuyucu hem veri iletimi hem de alma için kullanır. İki'den fazla antene sahip ise, anten sinyalleri arasındaki parazitleri önlemek için, diğer antenleri kapalı tutarken, bir anda bir anteni değiştirmek için okuyucu belirli bir sırayla kullanılmalıdır [9].

## 2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

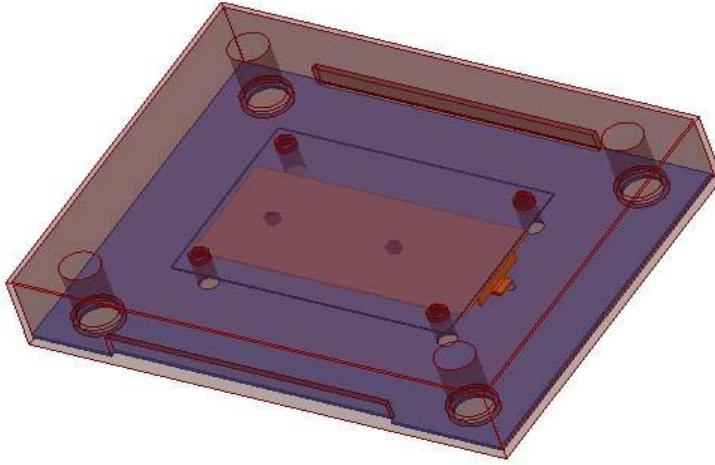
RFID sistemlerinde UHF bandında farklı frekans aralıkları bulunmaktadır. Çalışmamızda ki antenimiz Türkiye'nin içerisinde bulunduğu bölgenin frekansları olan 865-868 MHz aralıkta çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Belirlenen frekans aralığı dahilinde yama anten boyutları hesaplanmıştır. Anten parametreleri için hedef değerler belirlenmiştir. Tasarım amacımızın pasif RFID etiket konumunu bulmaya yardımcı anten olması sebebiyle; düşük kayıplı, geniş açılı ve yüksek kazançlı anten hedeflenmiştir. Kullanım yerinde var olabilecek yakın frekanstaki diğer cihazlardan etkilenmemesi adına bant genişliğinin fazla geniş olmaması düşünülmüştür.

ANSYS HFSS elektromanyetik benzetim aracı kullanılarak; çalışmalar sonucunda belirlenen, 865-868 MHz bandında çalışacak, mikro şerit beslemeli yama anten tasarımına başlanmıştır. Matematiksel modeller ile belirlenen ölçülerde çeşitli antenler tasarlanmıştır. Simülasyon sonuçlarına göre anten tasarımları geliştirilmiştir. Geliştirme olarak antenlerin fiziksel yapısından ziyade asıl önemli olan teknik yapısı üzerinde durulmuştur. Dönüş kaybı düşürülmeye, kazancı artırılmaya, ışına şekli olarak gerekli alanı kapsayacak hale getirilmeye çalışılmıştır.

Çalışmada geliştirilen anten tasarımında toprak düzlemi, yama düzlemi ve parazit etki düzlemlerinde alüminyum malzeme, destek kısımlarında ve kutuda Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS) malzeme kullanılmıştır. Toprak düzlemi olarak, genişliği 200 mm, uzunluğu 250 mm ve yüksekliği 2 mm olan alüminyum malzeme tercih edilmiştir. Yalıtkan katman (dielectric substrate) olarak düşük dielektrik (1,0006 F/m) özelliği sebebiyle hava kullanılmıştır. Toprak düzlemi ile yama düzlemi arasında 4,5 mm aralık bulunmaktadır. Tasarım ve analiz sırasında, anten kutusu için kullanılacak malzeme olarak ABS malzemenin, Polilaktik Asit (PLA) malzemedan daha uygun olduğu gözlemlenmiştir. PLA malzeme ile yapılan kutu içerisinde çalışan antenin kayıpları yükselmiş, bu yüzden kutu malzemesi olarak ABS ile tasarıma devam edilmiştir. ABS malzemedan tasarlanan kutu yüksekliği 44 mm'dir. Öncelikle matematiksel modeli çıkarılan anten tasarlandıktan sonra parametreleri hedeflerimizi sağlamıştır ancak antenin kullanılabilir olması için dışına kutu eklenmesi ve elemanları taşıyacak destek noktaları oluşturulması gerekmektedir. Kutusuz tasarım Şekil 1.'de gösterilmiştir. Kutu ve konektör bağlantısı eklenmesi sonrasında sonuçlarda değişiklik görülmüş, bu yüzden tasarımda iyileştirmeler yapılarak boyutları güncellenmiştir. Son anten tasarımı Şekil 2.'de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** 866 MHz anten tasarımı kutusuz görünümü  
(Figure 1. Unboxed view of the 866 MHz antenna design)



**Şekil 2.** 866 MHz anten tasarımı genel görünümü  
(Figure 2. General view of the 866 MHz antenna design)

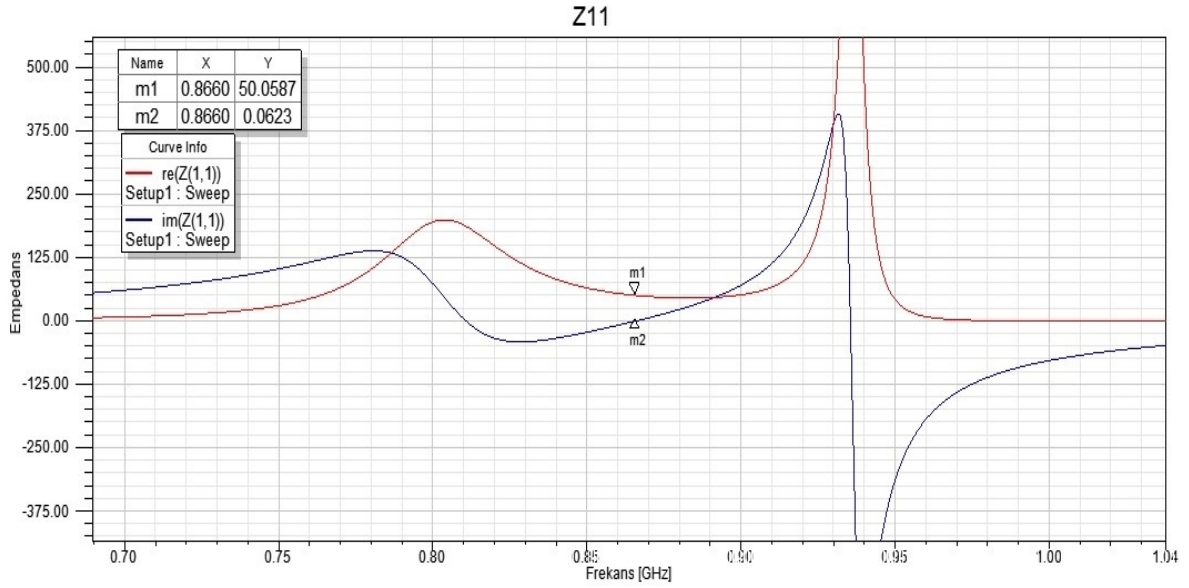
### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

#### 3.1. Geri Dönüş Kaybı (Return Loss)

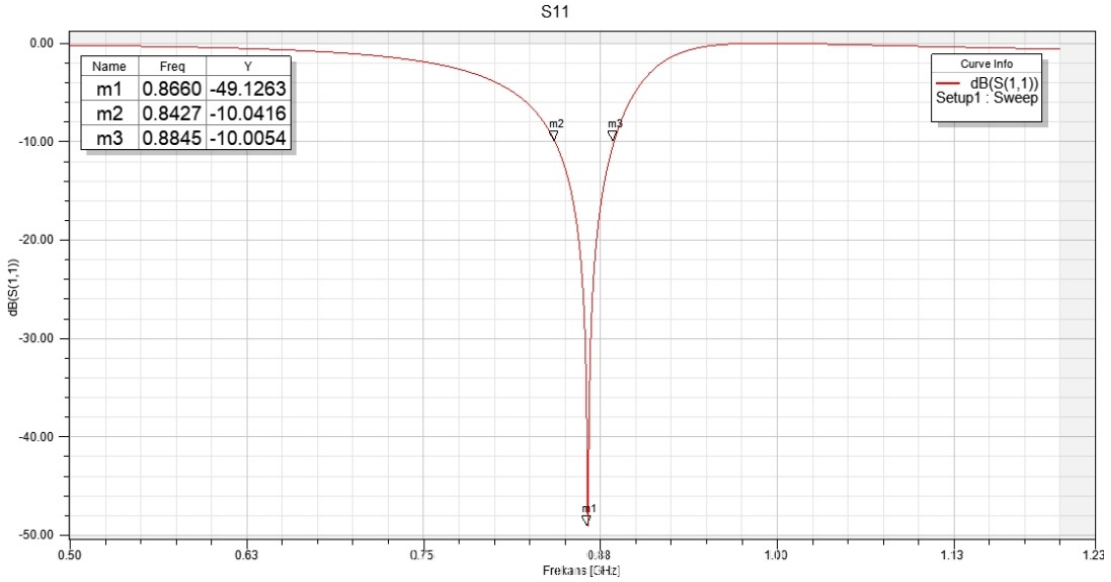
Bir antenin geri dönüş kaybı, antenin sinyal beslemesi olan 50  $\Omega$  iletim hattına ne kadar uyduğunu gösterir. İletim hattı karakteristik empedansı genellikle 50  $\Omega$ 'dur [10]. Geri dönüş kaybı, uyumsuzluk nedeniyle gelen gücün ne kadarının antenden yansıdığını gösterir. Geri dönüş kaybı Eşitlik 1'de verilmiştir. İdeal bir anten, tüm enerjiyi yansımadan yayar. Şekil 3.'te  $Z_{11}$  Empedans analiz sonuçları gösterilmiştir. Tasarımımızın giriş empedansı 50,058  $\Omega$  değerindedir. Dolayısıyla empedans uyumluluğu sorunu oluşmamaktadır.

$$\text{Geri Dönüş Kaybı (dB)} = 10 \log \left( \frac{\text{Gelen Güç}}{\text{Yansıyan Güç}} \right) \quad (1)$$

Geri dönüş kaybı sonsuz ise, antenin iletim hattı ile mükemmel şekilde eşleştiği söylenir.  $S_{11}$  desibel cinsinden ifade edilen dönüş kaybının negatif değeridir [11]. Çoğu durumda, geri dönüş kaybı  $\geq 10$  dB (eşdeğer,  $S \leq -10$  dB) yeterli kabul edilir. 10 dB'lik bir geri dönüş kaybı, gelen gücün % 90'ının ışıma için antene gittiğini gösterir. Tasarım öncesi belirlenen hedeflerde antenimizin -15 dB geri dönüş kayıplı olması öngörülmüştür ancak tasarım sonucunda çok daha düşük kayıplı (866 MHz frekansta - 49,126 dB) anten elde edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen geri dönüş kaybı grafiği Şekil 4.'te gösterilmiştir.



**Şekil 3.**  $Z_{11}$  empedans analiz sonuçları  
(Figure 3.  $Z_{11}$  impedance analysis results)



**Şekil 4.**  $S_{11}$  geri dönüş kaybı analiz sonuçları  
(Figure 4.  $S_{11}$  return loss analysis results)

### 3.2. Bant Genişliği (Bandwidth)

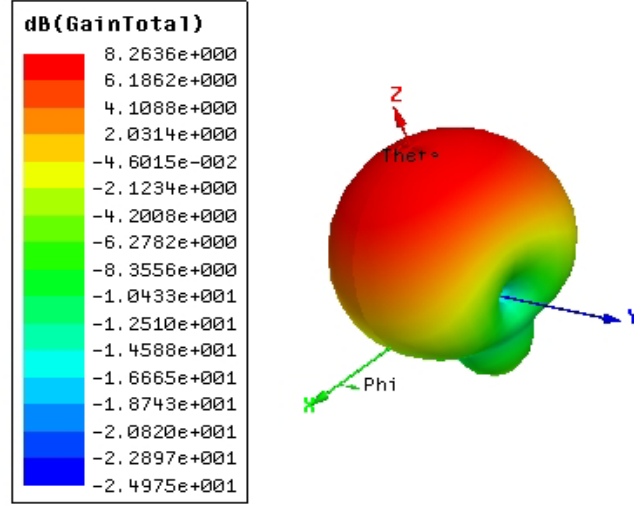
Bant genişliği, bir antenin performans parametrelerinin istenilen değerleri sağladığı frekans aralığı olarak tanımlanabilir. Bant genişliği antenin kullanım amacına göre şekillenebilir. Antenin dar bant olması durumunda çevresindeki yakın frekanslarda çalışan cihazlardan kaynaklanan bozulma etkisini en aza indirir.  $S_{11}$  grafiğinde görüldüğü üzere; antenimiz, geri dönüş kaybı  $\geq 10$  dB kriterini 842,7 MHz ile 884,5 MHz frekansları arasında sağlamaktadır. Bu durum bant genişliğinin yaklaşık olarak 40 MHz olduğunu göstermektedir.

### 3.3. Polarizasyon (Polarization)

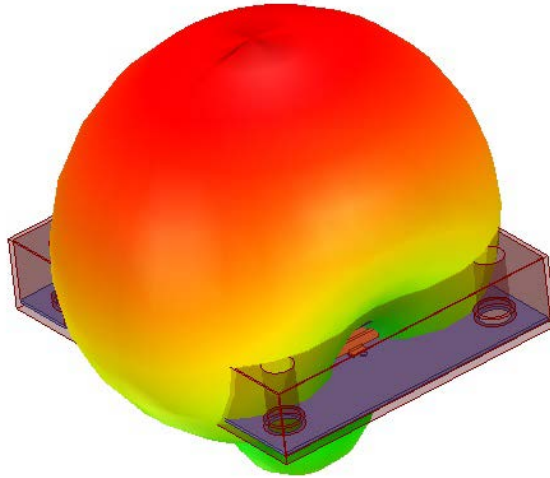
Polarizasyon asıl anlamı itibarıyla elektrik alan vektörünün zamana bağlı olarak uzayda çizmiş olduğu şekildir. Lineer, dairesel ve eliptik olmak üzere 3 farklı polarizasyon mevcuttur. Verici ve alıcı anten arasında maksimum veri alışverişi olabilmesi için antenlerin aynı polarizasyonda olması gerekir [12]. Daha başka bir ifade ile alıcı antenin maksimum enerji toplayabilmesi için gelen dalga ile aynı polarizasyonda olması gerekir.

### 3.4. Işıma Örüntüsü (Radiation Pattern)

Anten ışımaya örüntüsü; antenin hangi yönlerde ışımaya yaptığı hakkında bilgi verir. RFID uygulamalarında okuyucu antenin yönlü olması tercih edilir. Bu çalışma kapsamındaki uygulamada takip edilen pasif etiketi algılayacak şekilde yönlü olması gerekmektedir. Işıma örüntüsü ve kazanç değeri Şekil 5.'te, ışımaya örüntüsünün anten üzerindeki gösterimi Şekil 6.'da verilmiştir.



**Şekil 5.** Anten kazanç değeri ve ışımaya örüntüsü analiz sonuçları  
(Figure 5. Antenna gain value and radiation pattern analysis results)



**Şekil 6.** 0,8 ölçekli ışımaya örüntüsünün anten üzerinde gösterimi  
(Figure 6. Display of a 0.8-scale radiation pattern on the antenna)

### 3.5. Kazanç (Gain)

Anten kazancı; belli bir yönde yayılan ışımaya gücünün, izotropik bir antenin her yönde ve eşit seviyede yapmış olduğu toplam ışımaya gücüne oranıyla elde edilir ve Eşitlik 2'de gösterilmiştir. Şekil 5'te görüleceği gibi antenimizin kazanç değeri yaklaşık 8,26 dB olarak hesaplanmıştır.

$$Kazanç = 4\pi \frac{Işıma Şiddeti}{Toplam Giriş Gücü} \quad (2)$$

#### 4. SONUÇ (CONCLUSION)

Elektromanyetik benzetim programı aracılığıyla tasarlanan antenin analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarında da görüldüğü üzere, tasarım öncesinde belirlenen  $-15$  dB dönüş kaybı değeri tutturulmuş, üstelik 866 MHz frekansta  $-49,126$  dB kayıp ile daha iyi sonuç alınmıştır. Düşük dönüş kaybı sayesinde gelen sinyalin çok düşük bir kısmı geri yansımaktadır ve yüksek kazancı sayesinde verimli çalışmaktadır. Empedans uyumluluğu sayesinde ışınım kaybı olmamaktadır. Geniş açılı yapısı etrafta bulunan etiketleri okuması kolaylaşmaktadır. Antenin fiziksel yapısı düşük profilli anten ölçütünü sağlamaktadır. Pasif RFID etiketlerinin konumlarını belirlemeye yardımcı olması adına; anten kazancı yüksek tutulmuş, dönüş kayıpları en aza indirilmiş ve geniş açı sağlanmıştır. Ayrıca bant genişliği aşırı geniş tutulmayarak etraftan gelecek bozucu etkilerden ve farklı frekansta ki ışınımardan etkilenme olasılığı düşürülmüştür. Sonuç olarak; düşük kayıplı, yüksek kazançlı bir anten elde edilmiştir.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma, TÜBİTAK/TEYDEB Proje No: 7170741 kapsamında, FFPS Bilgi Teknolojileri Danışmanlık Dış Ticaret ve Eğitim Hizmetleri Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi (Konya) ile iş birliği içinde gerçekleştirilmiştir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] M.E. Yüksel, A. H. Zaim, Otomatik Nesne Tanımlama Teknolojisi Olarak RFID ve RFID'nin Faydaları, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, Türkiye, 2009.
- [2] H. Stockman, Communication by Means of Reflected Power, *Proceedings of the IRE*, 36(10), 1948, 1196-1204. doi:10.1109/jrproc.1948.226245
- [3] S. Bazaatı, 2012. İnşaat Sektöründe Radyo Frekanslı Tanımlama (RFID), Yüksek lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 2012.
- [4] M. Scherhäufl, M. Pichler, E. Schimbäck, D. J. Müller, A. Ziroff, A. Stelzer, Indoor Localization of Passive UHF RFID Tags Based on Phase-of-Arrival Evaluation, *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 61 (2013) 4724-4729. doi:10.1109/tmmt.2013.2287183
- [5] P.Y. Lau, C. Qingxin, W. Yueshan, Review on UHF RFID Antennas, *International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation Competition*, London, 2017: s.53-55. doi: 10.1109/iWEM.2017.7968764
- [6] S.S. Hossain, N. Karmakar, An Overview on RFID Frequency Regulations and Antennas, *2006 International Conference on Electrical and Computer Engineering*, Dhaka, Bangladesh, 2006: s.424-427: doi: 10.1109/ICECE.2006.355661
- [7] M. H. Uçar, A. Sondaş, Y. E. Erdemli, Çevrimiçi RF Veri Toplama Sistemi için UHF RFID Okuyucu Anten Tasarımı, V. URSl-Türkiye Bilimsel Kongresi, Güzelyurt, 2010: s.105-108
- [8] K. Penttilä, M. Keskilammi, L. Sydänheimo, M. Kivikoski, RFID antenna utilisation in industrial applications, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 31 (2005) 116-124. doi:10.1007/s00170-005-0174-y.
- [9] K.M. Penttilä, D.W. Engels, and M.A. Kivikoski, Passive radio frequency identification in supply chain management, *International Journal of Robotics and Automation*, 206 (2004) 143-152. doi: 10.2316/Journal.206.2004.3.206-2704.
- [10] R. C. Johnson, Antenna Engineering Handbook, McGraw-Hill, USA, 1993.
- [11] C. A. Balanis, Antenna Theory, Wiley, New Jersey, 2016.
- [12] N. C. Karmakar, Handbook of Smart Antennas for RFID Systems, Wiley, New Jersey, 2010.