

JSR B

E-ISSN: 2117- 8625
Number 4
December 2021

JOURNAL OF SCIENTIFIC REPORTS B

JOURNAL OF SCIENTIFIC REPORTS B - DECEMBER 2021 - NUMBER 4



Kutahya Dumlupinar University Scientific Reports B
Evliya Celebi Campus Tavsanli Road 10 KM. 43270 Kutahya
Phone : (0274) 443 19 42
E-mail : joursrb@gmail.com
gsjsrb.com

Dumlupinar University Press





Sahibi

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi adına
Prof. Dr. Kazım UYSAL (Rektör)
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü adına
Doç. Dr. Arif KOLAY (Enstitü Müdürü)

Owner

On Behalf of Kütahya Dumlupınar University
Prof. Dr. Kazım UYSAL (Rector),
On Behalf of Institute of Graduate Studies
Assoc. Prof. Dr. Arif KOLAY (Director)

Yayın Kurulu / Editorial Board

Prof. Dr. Önder UYSAL	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Maden Mühendisliği
Prof. Dr. Cengiz YENİKAYA	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Kimya
Prof. Dr. Cengiz KARAGÜZEL	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Maden Mühendisliği
Prof. Dr. Gürsel YANIK	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Jeoloji Mühendisliği
Doç. Dr. Cemal PARLAK	Ege Üniversitesi / Fizik
Doç. Dr. Nevzat BEYAZIT	Ondokuz Mayıs Üniversitesi / Çevre Mühendisliği
Doç. Dr. Levent URTEKİN	Ahi Evran Üniversitesi / Makine Mühendisliği
Prof. Dr. Fatih ŞEN	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Biyokimya
Dr. Öğr. Üyesi Ümran ERÇETİN	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Makine Mühendisliği
Dr. Öğr. Üyesi Durmuş ÖZDEMİR	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Bilgisayar Müh.

Journal of Scientific Reports-B dergisi, yayın hayatına 2000 yılında başlayan Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisinden ayrılmış olup, Haziran ve Aralık aylarında olmak üzere yılda düzenli olarak 2 kez yayımlanan ulusal hakemli bir dergidir. Derginin yazım dili Türkçe ve İngilizce'dir. Dergiye gönderilen makaleler, editör kurulu tarafından seçilen ve konusunda uzman en az iki hakem tarafından değerlendirilmektedir. Dergiye sunulan bütün makaleler çift-körleme yöntemiyle değerlendirilmektedir. Değerlendirilmek üzere dergimize gönderilen makalelerin, daha önce yayınlanmamış, yayınlanmak üzere kabul edilmemiş ve yayınlanmak için başka bir dergide değerlendirilme sürecinde olmaması gerekmektedir. Dergide yayımlanan yazıların her türlü sorumluluğu yazar(lar)ına aittir.

Dergi, fen ve mühendislik bilimlerinde ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan bilimsel çalışmalarını bilim insanları ve kamuoyu ile paylaşmayı amaçlar. Dergiye, fen ve mühendislik bilim dallarında yapılan, özgün araştırma makaleleri, derleme makaleleri ve kısa notlar kabul edilir. Özgün araştırma makalelerinin başka dergilerde yayınlanmamış olması, teorik ve deneysel sonuçlar içermesi beklenir. Derleme makalelerinde ise belirli bir konu üzerinde bilimsel, teknolojik ve güncel gelişmelerin geniş bir kaynakça kullanılarak yansıtılması ve bunların doyurucu bir değerlendirilmesinin yapılması aranır. Kısa notlar, özgün bir çalışmanın ilk bulgularının duyurulması amacıyla yönelik hazırlanan kısa yazılar olmalıdır.

İçerik Politikası

Dergimiz açık erişim dergisi olup, makale değerlendirme süresi 1-2 aydır

Yazışma Adresi: Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü 43270 KÜTAHYA

Telefon: 0 274 443 19 42

Faks: 0 274 265 20 60

E-posta: joursrb@gmail.com

Web Sayfası: gsjsrb.com

Journal of Scientific Reports-B was separated from Journal of Science and Technology of Dumlupınar University which started its publication life in 2000 and is a national peer-reviewed journal published regularly twice a year in June and December. The language of the journal is Turkish and English. Articles submitted to the journal are evaluated by at least two referees who are experts in the subject and selected by the editorial board. All articles submitted to the journal are evaluated by the double-blind method. Articles submitted to our journal for review should not be previously published, accepted for publication and in the process of being evaluated for publication in another journal. All responsibility for the articles published in the journal belongs to the author(s).

The journal aims to share scientific studies carried out in the fields of science and engineering at national and international level with scientists and the public. Original research articles, review articles and short notes in science and engineering disciplines are accepted for the journal. Original research articles are expected to contain theoretical and experimental results and should not be published in other journals. In the review articles, it is expected that scientific, technological and current developments on a specific subject are reflected by using an extensive bibliography and made a satisfying evaluation of these. Short notes should be brief writings prepared to announce the first findings of an original study.

Editorial Policy

The journal is open access and the article evaluation period is between 1-2 months.

Correspondence Address: Kütahya Dumlupınar University Evliya Çelebi Campus Graduate School of Education 43270 KÜTAHYA

Phone: 0 274 443 19 29 - 30

Fax: 0 274 265 20 60

E-mail: joursrb@gmail.com

Webpage: gsjsrb.com

Bölüm Editörleri / Section Editors

İnşaat Mühendisliği / Civil Engineering Prof. Dr. M. Çağatay KARABÖRK	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Makine Mühendisliği / Mechanical Engineering Prof. Dr. Ramazan KÖSE	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği / Electrical-Electronics Engineering Dr. Öğr. Üyesi Kadir VARDAR	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği / Computer Engineering Doç. Dr. Doğan AYDIN	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği / Industrial Engineering Dr. Öğr. Üyesi Kerem CİDDİ	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Maden Mühendisliği / Mining Engineering Dr. Öğr. Üyesi Uğur DEMİR	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği / Geology Engineering Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer ÖZBURAN	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği / Metallurgical and Materials Engineering Prof. Dr. İskender IŞIK	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Gıda Mühendisliği / Food Engineering Prof. Dr. Muhammet DÖNMEZ	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Çevre Mühendisliği / Environmental Engineering Doç. Dr. Nevzat BEYAZIT	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Matematik / Mathematics Dr. Öğr. Üyesi Cansu KESKİN	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Fizik / Physics Doç. Dr. Huriye Sanem AYDOĞU	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Kimya / Chemistry Doç. Dr. Bülent ZEYBEK	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Biyoloji / Biology Dr. Öğr. Üyesi Nüket Akalın BİNGÖL	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Biyokimya / Biochemistry Doç. Dr. Derya KOYUNCU ZEYBEK	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
İş Sağlığı ve Güvenliği / Occupational Health and Safety Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Danışma Kurulu / Advisory Board

Prof. Dr. Sibel AKAR	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi / Kimya
Prof. Dr. Abdurrahman AKTÜMSEK	Selçuk Üniversitesi / Biyoloji
Prof. Dr. Mustafa ALTUNOK	Gazi Üniversitesi / Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği
Prof. Dr. Uğur ARİFOĞLU	Sakarya Üniversitesi / Elektrik-Elekt. Mühendisliği
Prof. Dr. Oktay ARSLAN	Balıkesir Üniversitesi / Kimya
Prof. Dr. Şükrü ASLAN	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi / Çevre Mühendisliği
Prof. Dr. Ülfet ATAV	Selçuk Üniversitesi / Fizik
Prof. Dr. Mustafa BAYRAKTAR	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi / Matematik
Prof. Dr. Niyazi BİLİM	Konya Teknik Üniversitesi / Maden Mühendisliği
Prof. Dr. İsmail BOZTOSUN	Akdeniz Üniversitesi / Fizik
Prof. Dr. Erdal ÇELİK	Dokuz Eylül Üniversitesi / Metalurji Malzeme Müh.
Prof. Dr. Hayri DAYIOĞLU	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Biyoloji
Prof. Dr. Muhammet DÖNMEZ	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Gıda Mühendisliği
Prof. Dr. Mehmet Ali EBEOĞLU	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Elektrik-Elekt. Müh.
Prof. Dr. İsmail Göktaş EDİZ	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Maden Mühendisliği
Prof. Dr. İsmail EKİNCİOĞLU	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Matematik
Prof. Dr. Kaan ERARSLAN	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Maden Mühendisliği
Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Jeoloji Mühendisliği
Prof. Dr. Seyhan FIRAT	Gazi Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği
Prof. Dr. Remzi GÖREN	Sakarya Üniversitesi / Met. Malzeme Müh.
Prof. Dr. Rasim İPEK	Ege Üniversitesi / Makine Mühendisliği
Prof. Dr. Refail KASIMBEYLİ	Eskişehir Teknik Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği
Prof. Dr. Hamdi Şükür KILIÇ	Selçuk Üniversitesi / Fizik
Prof. Dr. Yaşar KİBİCİ	Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi / Jeoloji Mühendisliği
Prof. Dr. İsmail KOCAÇALIŞKAN	Yıldız Teknik Üniversitesi / Moleküler Biy. ve Genetik
Prof. Dr. Mahmut KOÇAK	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi / Mat.-Bilgisayar
Prof. Dr. Muhsin KONUK	Üsküdar Üniversitesi / Moleküler Biy. ve Genetik
Prof. Dr. Mustafa KURU	Başkent Üniversitesi / Moleküler Biy. ve Genetik
Prof. Dr. Ömer İrfan KÜFREVİOĞLU	Atatürk Üniversitesi / Biyokimya
Prof. Dr. Halim MUTLU	Ankara Üniversitesi / Jeoloji Mühendisliği
Prof. Dr. Ekrem SAVAŞ	İstanbul Ticaret Üniversitesi / Matematik
Prof. Dr. Murat TANIŞLI	Eskişehir Teknik Üniversitesi / Fizik
Prof. Dr. Ali Rehber TÜRKER	Gazi Üniversitesi / Kimya
Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN	Giresun Üniversitesi / Biyoloji
Prof. Dr. Abdülmecit TÜRÜT	İstanbul Medeniyet Üniversitesi / Fizik Mühendisliği
Prof. Dr. Eşref ÜNLÜOĞLU	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği
Prof. Dr. Nurettin YAYLI	Karadeniz Teknik Üniversitesi / Eczacılık
Prof. Dr. Yusuf YAYLI	Ankara Üniversitesi / Matematik
Prof. Dr. Elçin YUSUFOĞLU	Uşak Üniversitesi / Matematik
Prof. Dr. Hüseyin Serdar YÜCESU	Gazi Üniversitesi / Otomotiv Mühendisliği
Prof. Dr. Mehmet Tevfik ZEYREK	Orta Doğu Teknik Üniversitesi / Fizik

JOURNAL OF SCIENTIFIC REPORTS-B

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

Madencilikte Yeni Eğilim “Dijitalleşme 1-7
New Trend in the Mining “Digitalization”
Ömer KOÇ¹, Mehmet TAKSUK^{2*}, Sedat TORAMAN³

S-Bant Mikroşerit Wilkinson Güç Bölücü Tasarımı 8-18
S-Band Microstrip Wilkinson Power Divider Design
Burak DÖKMETAŞ*

DERLEME MAKALELER / REVIEW ARTICLES

2-Aminobenzimidazolün Metal Kompleksleri ve Biyolojik Özellikleri 19-28
Metal Complexes and Biological Properties of 2-Aminobenzimidazole
Halil İLKİMEN*, Sabiha gözde SALÜN, Birsal İLKİMEN



MADENCİLİKTE YENİ EĞİLİM “DİJİTALLEŞME”

Ömer KOÇ¹, Mehmet TAKSUK^{2*}, Sedat TORAMAN³

¹ Makina Y. Mühendisi, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, Ankara, koco@tki.gov.tr, ORCID: 0000-0001-7186-8972

² Maden Y. Mühendisi, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, Ankara, taksukm@tki.gov.tr, ORCID:0000-0003-1954-7148

³ Maden Y. Mühendisi, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, Ankara, toramans@tki.gov.tr, ORCID:0000-0003-2503-7320

Geliş Tarihi(Received Date):25.01.2022

Kabul Tarihi(Accepted Date):18.05.2022

ÖZ

Dijitalleşme, tüm dünyada sektörleri değiştirmekte ve dönüştürmektedir. Bilgiye erişimin çok hızlandığı ve bilgiyi kullanma şeklinin çeşitlendiği günümüz dünyasında dijitalleşme yeni sanayi devriminin de temel taşı oluşturmaktadır. Bu makalede madencilik açısından dijital dönüşümün gerekliliği, akademik dünyada ve sektördeki durumu değerlendirilmiş, madencilikte yeni bir trend olarak dijitalleşme ele alınmış, bazı çalışmalar örneklendirilerek ileride yapılması gerekenler özetlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Dijitalleşme, Robotik, Yapay zekâ, Büyük veri, Otomasyon, Akıllı Madencilik,*

NEW TREND IN THE MINING “DIGITALIZATION”

ABSTRACT

Digitization is changing and transforming industries all over the world. In today's world, where access to information is accelerated and the way of using information is diversified, digitalization also constitutes the cornerstone of the new industrial revolution. In this article, the necessity of digital transformation in terms of mining, its situation in the academic world and the sector are evaluated, digitalization as a new trend in mining is discussed, some studies are exemplified and the things to be done in the future are summarized.

Keywords: *Digitization, Robotics, Artificial intelligence, Big data, Automation, Integellent Mining*

1. GİRİŞ

Yaşadığımız çağda hayatımızın her alanında ve tüm sektörlerde yaşam biçimleri ve iş yapma alışkanlıkları hızla değişmektedir. Milyarlarca insan mobil cihazlarla birbirine bağlanabilmekte, benzeri görülmemiş işlemci gücü ve depolama kapasitesi ile çok daha kolay şekilde bilgiye erişilebilmekte, giyilebilir teknolojilerden akıllı binalara, robot süpürgelerden karanlık fabrikalara, otonom araç ve sistemlerden kuantum bilgisayarlara kadar birçok yenilik hayatın bir parçası olmaktadır. Mobilite, bulut, analitik, nesnelerin interneti, yapay zekâ, 3D baskı, nanoteknoloji,

biyoteknoloji, malzeme bilimi, enerji depolama, gibi konular kısaca dijitalleşme geniş bir zeminde tartışılmakta ve uygulamaları görülmektedir. Madencilik sektörü de bu tartışmaların dışında değildir.

Dijital dönüşüm veya dijitalleşme olarak tabir edilen olguyu, giderek daha fazla bilginin erişilebilir olması ve bilginin işlenmesinin çok hızlanması ile yeniliklere, iş yapmanın yeni yollarına fırsat veren bir olgu olarak değerlendirebiliriz. Madencilik açısından dijitalleşme, dijital teknolojilerin madencilik uygulamalarında kullanılmasıdır.

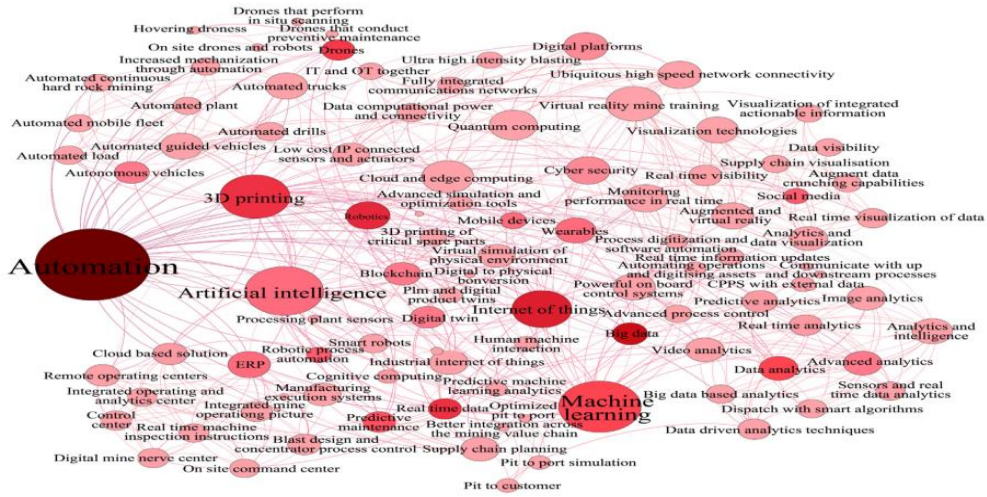
2. NEDEN DİJİTALLEŞME?

Madencilik sektörü, tüm dünyada özellikle son iki yüzyılda gelişmenin ve medeniyetin temeline oturmuş, zorlukları ile birlikte insanlığa kolaylık sağlamıştır. Bununla birlikte son yıllarda madencilik önünde büyük paradigma değişimleri kaçınılmaz hale gelmiştir. Genel olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının öneminin takdir edilmesiyle bu enerji türüne yönelim, fosil yakıtların çevreye verdiği zararların daha iyi anlaşılmasıyla düzenlemelerin bu gerçeğe göre yapılmaya başlanması, madencilik sektörünün önündeki zorlukları ve değişim ve dönüşüme ihtiyacını açıkça göstermektedir.

Buna bağlı olarak ve bu zorluklara karşı madencilik şirketleri, stratejilerini ve operasyonlarını inovasyona göre düzenlemeye, mevcut işin dışında işlere yönelmeye, veri erişimini ve alaka düzeyini iyileştirmeye, geleceğin dijital işgücünü devreye sokmaya ve eğitmeye, alternatif faydalara yatırım yapmaya, ortaklıkları güçlendirmeye, [1] yönelmişlerdir. Bahsi geçen yönelimlerin tümü şirketlerin hayatta kalmak için teknolojiyi benimseme ve kullanma şeklini değiştirme, iş ortamını dönüştürmeye zorlamaktadır [2].

İstatistiklere göre, dünya çapındaki madencilik operasyonları günümüzden on yıl öncesine göre yüzde 28 daha az üretkendir [3] ki buda zorunlu değişimi ve madencilik sektörünün genel eğiliminin dijitalleşme üzerine yoğunlaştırmasını gerekli kılmaktadır. Nitekim Barnewold yaptığı çalışmada [4] madencilik sektörüne yön veren firmaların raporlarını ve sektörle ilgili teknik 2400 makaleleyi kelime bazlı (metin madenciliği) olarak incelemiş, en yüksek eğilimin 'otomasyon' kelimesinde ortaya çıktığını ifade etmiştir. Genel olarak; otomasyon ve robotik, bilişim altyapısı, gelişmiş proses kontrolü, gelişmiş simülasyon, veri analitiği konuları madencilik sektörünün yeni eğilimleridir. (Şekil 1.)

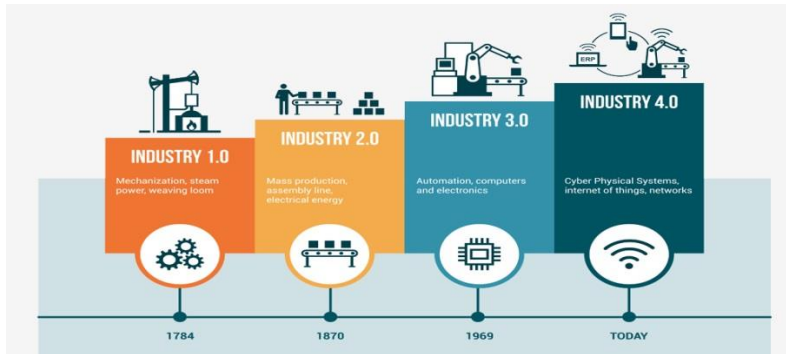
Taksuk vd., C., *Journal of Scientific Reports-B*, Sayı 4, 1-7 Aralık 2021.
Taksuk et al., *Journal of Scientific Reports-B*, Number 4, 1-7, December 2021.



Şekil 1. Madencilikte Eğilimlerin Ağ yapısı [4].

İnsanlık tarihinin son iki yüzyılında devrim niteliğindeki teknolojik buluşlar (buhar makinaları, elektrik ve bilgisayar kullanımı) insanlığı etkilemiş ve her bir endüstriyel sektörü dönüştürmüştür (Şekil 2.). Bugün yine böyle bir teknolojik gelişmeyle karşı karşıyayız. Birçok alanda teknolojik olarak tetiklenen değişimin, tüm sektörlerde gerekli ve kaçınılmaz gelişim ve dönüşümünü tanımlamak için Endüstri 4.0 terimi artık birçok alanda daha sık kullanılmaya başlanmıştır [4]. Yeni sanayi devrimi olarak adlandırılan, “dijital dönüşüm” veya kısaca “Endüstri 4.0” her iş sektöründe önemli bir rol oynamaktadır ve gelecekteki endüstriyel kalkınma için bir temel olacaktır [5]. Günümüz teknolojisinin geldiği yer ile Madencilik Sektörünün artan sorunlarına çözüm arayışları ‘dijital madencilik’ terimini de ortaya çıkarmıştır.

Önceki teknik gelişmelerin aksine, açık, tek ve benzersiz bir teknoloji yerine çok çeşitli yaklaşımların ve teknolojilerin karmaşık bir ağından oluşan yeni teknik (AI, IoT, Big Data v.s.) tüm sektörleri derinden etkilemektedir.



Şekil 2. Endüstriyel Devrim (Kaynak: [The Industrial Revolution: From Industry 1.0 to Industry 4.0](https://seekmomentum.com) (seekmomentum.com) (Erişim:22.11.2021)).

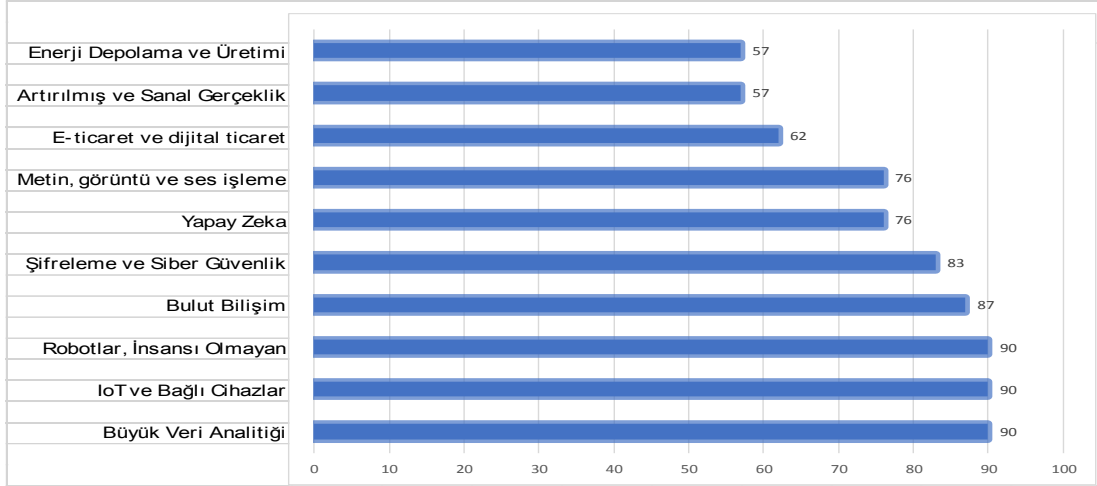
Son derece dinamik ve karmaşık bir ortamda gelişmek için, modern işletmelerin endüstri teknolojisi trendlerini sürekli olarak izlemesi ve analiz etmesi ve bir şirketin değişime ve belirsizliğe uyum sağlamasına olanak tanıyan geleceğe odaklı, yenilik odaklı faaliyetler geliştirmesi gerekir.

Günümüzde dijital dönüşüm süreci, geleceğin madenciliğini şekillendirmesi muhtemel diğer ilgili trendlerle birlikte, madencilik sektörünün gelişiminde merkezi öneme sahip en önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Dijitalleşme, stratejik rekabet gücünü sağlamak, riskleri azaltmak iş performansını artırmak ve operasyonel süreçleri iyileştirmek için en son teknolojik gelişmelerden yararlanmak bir iş zorunluluğu haline gelmekte, bunun yanında madencilerin deneyimleri, mevcut ihtiyaçları, öncelikleri ve zorluklarıyla birlikte en uygun dijital teknolojilerin hangileri olduğuna karar vermeleri ayrı bir zorluk oluşturmaktadır [6], geleneksel kısıtlayıcı zihniyet ise başka bir engel teşkil etmektedir.

İşletmeler verimliliklerini artırmak ve bu konuda bir atılım gerçekleştirmek için kurumsal stratejilerini, operasyonlarını, sürdürülebilir bir şekilde ve sosyal sorumluluklarının bilincinde olarak, yenilik faaliyetlerini karar alma süreçlerinin merkezine yerleştirmeyi düşünmelidir.

Akıllı Endüstri veya Dördüncü Sanayi Devrimi olarak da bilinen Endüstri 4.0 gerçeklerinde, inovasyon odaklı faaliyetler rekabetçi pazarda ayakta kalmanın tek yolu olarak değerlendirilebilir. COVID-19 pandemisinin yol açtığı durum, yenilikçi şirketlerin zorlu ve rekabetçi küresel ekonomik koşullarda dahi inovasyon ve teknolojiler sayesinde işlerini sürdürebilmeleri [7] bu konuda önemli bir örnek teşkil edebilir. Genel olarak tüm sektörler, dijital dönüşümü stratejik bir öncelik haline getirmek ve yeni gelişen dijital teknolojinin sunduğu fırsatları benimsemek için artan bir baskı ile karşı karşıyadır. Dijital dönüşüm bir seçim olmaktan çok benimsenmesi gereken bir zorunluluk haline almakta, sektör ve kuruluşlar için artık, dijital dönüşümü ne zaman stratejik bir öncelik haline getirecekleri değil, onu nasıl benimseyecekleri ve bir rekabet unsuru (avantajı) olarak nasıl kullanacakları sorusu ortaya çıkmaktadır [8].

2020'de sunulan anket sonuçlarına göre (The Future of Jobs Survey 2020, World Economic Forum), madencilik ve metal sektöründe dijital teknolojilerin benimsenme hızının artması beklenmektedir [9]. Anket sonuçlarından, madencilik ve metal endüstrisi şirketlerinin yenilikçi teknolojileri uygulamaya istekli oldukları anlaşılmaktadır. Büyük veri analitiği, nesnelerin interneti ve robot teknolojilerinin (endüstriyel otomasyon, dronlar, vb.) benimsenmesi gibi konular sektör için yüksek öncelikler arasında yer almaktadır. Şekil 3.'te katılımcı şirketlerin bu tür teknolojileri 2025 yılına kadar benimseme olasılıkları görülmektedir.



Şekil 3. 2025 yılına kadar madencilik ve metal sektöründe benimsenmesi muhtemel dijital teknolojiler. (Kaynak: The Future of Jobs Report. World Economic Forum (Geneva, Switzerland, 2020)[9]).

Dijital dönüşümle ilgili beklentiler, bu teknolojilerin nasıl etkili bir şekilde fark yaratabileceği ve oraya nasıl ulaşılacağı konusunda birçok belirsizliği de beraberinde getirmektedir [10]. Madencilikte dijital dönüşümün çeşitli potansiyel faydaları arasında, kalite yönetim sürecini iyileştirmede, verimliliği en üst düzeye çıkarmada, çalışma koşullarını ve ürün kalitesini iyileştirmede dijital teknolojileri kullanmanın önemi vurgulanmakta, bunun yanında kaynak, bilgi, işbirliği eksiklikleri ile dijitalleşmenin önemi konusundaki farkındalık eksikliği ve hafife alma ile doğru teknolojilerin kullanılmamasından doğabilecek verimlilik paradokslarına dikkat çekilmektedir [11]. Bu bağlamda; madencilik sektöründe dijitalleşmenin nasıl anlaşıldığı, nereden başlanması gerektiği ve nasıl etkin bir şekilde uygulanacağı gibi sorular cevaplanması gereken sorulardır.

3. NASIL DİJİTALLEŞME?

Dijital ile bilginin üretildiği ve tüketildiği yeni yollar arasında doğrudan bir ilişki kurulabilir. Nesnelerin İnterneti, mevcut bilgi miktarını artıracaktır. Hareketlilik (mobilité), dağıtım ve tüketimi kolaylaştıracaktır. Sosyal medya bilgi alışverişini yoğunlaştıracaktır. Analitik, yüksek hacimli gerçek zamanlı veriler üzerinde daha karmaşık kararlar alınmasına olanak tanır. Bulut, tüm bu bilgilerin gerektirdiği işleme ve depolama kapasitelerinin doğal değişkenliği ile başa çıkmak için daha fazla çeviklik ve ölçeklenebilirlik sağlayacaktır. ROC'ler (Remote Operate Centers – Uzaktan Çalışma Merkezleri) gibi madenleri, limanları ve demiryolu ağını tek bir merkezden kontrol edebilen çok karmaşık ve sofistike dijital çözümler halihazırda bazı madencilik uygulamalarında gerçekleştirilmekte, yine bazı madencilik şirketleri kamyon ve deliciler gibi ekipmanlarını operatörsüz olarak çalıştırmakta (otonom araçlar), araçlar uzaktan izleme sistemleri ile takip edilebilmekte (mobilité), elde edilen veriler analiz edilerek karar verme süreçleri hızlanmakta ve kolaylaşmaktadır (analitik) [10]. Tüm bunlar daha güvenli, daha güvenilir ve sürdürülebilir madencilik açısından mevcut dijitalleşmenin nerede olduğunu göstermekte, gelecek için ise giyilebilir teknolojilerin, akıllı sensörlerin, dronların ve veri madenciliğinin daha çok kullanılacağı madenlerin haberini vermektedir.

Dijitalleşme olgusunun gerekliliği veya zorunluluğu açık olduğu halde, dijitalleşme karşısında genel olarak nasıl uygulanacağı konusu araştırmacılar ve uygulamacılar açısından ilgilenilmesi gerekli bir alan olarak önümüzde durmaktadır. Her bir sektörde olduğu gibi madencilikte de her bir işletme, kendine has problemlerine çözüm üretecek kendine has dijital teknolojileri kullanması beklenir. Bu durum dijitalleşmenin ve yeni endüstri devriminin doğasından gelen “şahsileştirme” paradoksunun ürünüdür. Bu bakımdan standart bir dijitalleşme, bir paket uygulama şeklinde düşünülmemeli aksine ihtiyaca göre bir dijitalleşme olması gerektiği değerlendirilmelidir.

Dijitalleşme, beraberinde önemli zorluklar getiren karmaşık bir girişimdir. Başarılı dijitalleşmenin anahtarı, vizyonun gözden geçirilmesi ile iş modelinde değişikliklerin başlatılması olarak görülebilir. Bu yapılırken en önemli zorluklar; yönetim ve çalışanların tutumu ile başlatma zorlukları, (hız, düzenleme ve itibar eksikliği, belirsiz iş durumu), yürütme zorlukları (eksik beceriler, kültür sorunları, etkisiz BT) ve yönetim zorlukları (artan vizyon ve koordinasyon sorunları) [11] olarak özetlenebilir.

Deloitte (2021) tarafından sektör raporunda tanımlandığı gibi, dijitalleşme olarak görülen akıllı madencilik yalnızca “dijital maden” olarak değil, organizasyonel dönüşümleri uygulamayı amaçlayan daha geniş bir teknoloji odaklı faaliyetler dizisi olarak düşünülmelidir [12]. Dijital maden, kurumsal sorumluluğu ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için işgücü, toplum ve diğer paydaşlarla nasıl ilişki kurulacağına kapsar [6].

Deloitte'un vizyonuna göre, akıllı maden, bağlı ve entegre, otomatikleştirilmiş ancak insan merkezli bir sistemdir ve üç ana alandan oluşur: dijital çekirdek teknolojiler olarak Kurumsal Kaynak Platformu (ERP), IT / OT (Bilgi Teknolojileri / Operasyonel Teknolojiler) Mimarisi, Entegre Veri Platformu. Bir dijital dönüşüm stratejisi olarak entegre bir akıllı madencilik sistemi, tüm değer zincirini veya ekosistemi optimize etmeyi, firma düzeyinde operasyonel süreçteki tüm işlevler arasında entegrasyonu iyileştirmeyi, organizasyon genelinde personel ve yöneticilerin etkin kararlar alma yetisine sahip olmasını sağlamayı amaçlamalıdır [6, 12].

Madencilik ekipmanlarının otomasyonu, entegre dijital iletişim ağının, akıllı tasarım ve üretim yönetimi yazılım sistemlerinin yaygın olarak benimsenmesi, analitikteki ilerlemeler, makine öğreniminden gelişmiş istatistiksel tekniklere kadar uygun yönetim desteğiyle birleştiğinde, karlılığın maksimize edilmesi için temel oluşturacaktır [6].

4. SONUÇ VE ÖNERİ

Otomasyon ve robotik, bilişim altyapısı, gelişmiş proses kontrolü, gelişmiş simülasyon, veri anlatığı konuları madencilik sektörünün yeni eğilimleridir.

Araştırma ve anketler sonucunda madencilik şirketlerinin büyük veri analitiği, nesnelerin interneti ve robot teknolojilerinin (endüstriyel otomasyon, dronlar, vb.) benimsenmesi gibi konuları yüksek öncelikler arasına aldığı anlaşılmaktadır.

Madencilik sektörü diğer sektörlerde olduğu gibi dijital dönüşüm yaşamakta ancak bunun nasıl olacağına dair araştırmacıların önünde geniş bir alan bulunmaktadır.

Dijitalleşme sadece teknolojik faaliyetler olarak görülmemeli daha güvenli, daha güvenilir ve sürdürülebilir akıllı bir madencilğe evrilmelidir.

Türkiye’de dijital madencilik, akıllı madencilik yönünden oluşturulabilecek kurumlar arası bir platform sürdürülebilir bir madencilik için fırsatların önünü açacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] World Economic Group, (2017) “Digital Transformation Initiative Mining and Metals Industry In collaboration with Accenture-transformation Digital Transformation Initiative: Mining and Metals,” no. January, p. 36.
- [2] Muhamad Taufik vd., (September 2021) Organizational Dynamics in Shared IT Leadership at Coal Mining Industry: A Case Study, Asep JOIV : Int. J. Inform. Visualization, 5(3) – (231-235).
- [3] Lala, A., Moyo, M., Rehbach, S. and Sellschop, R., (2016), Productivity in mining operations: Reversing the downward trend, AusIMM Bulletin (Australasian Institute of Mining and Metallurgy).
- [4] Barnewold, L., (2019), Digital technology trends and their implementation in the mining industry, Mining Goes Digital – Mueller et al. (Eds).
- [5] Paul, H., (2016), Industrie 4.0. Annäherung an ein Konzept. Dortmund: Gelsenkirchen: IAT.
- [6] Lazarenko Y., at all., (2021), Digital Transformation in the Mining Sector: Exploring Global Technology Trends and Managerial Issues, VI. International Innovative Mining Symposium.
- [7] Khan, P., Johl, S. K. and Johl, S. K., (2021), Business Strategy and The Environment, 1
- [8] Bumann, J., Peter M.K., (2019), Action Fields of Digital Transformation – A Review and Comparative Analysis of Digital Transformation Maturity Models and Frameworks, pp. 13-40, in: Aeschbacher Marc; Hinkelmann, Knut & Verkuil, Arie 2019: Digitalisierung und andere Innovationsformen im Management. Innovation und Unternehmertum, Band 2 (Edition Gesowip, Basel, Schweiz).
- [9] The Future of Jobs Report. World Economic Forum (Geneva, Switzerland, 2020).
- [10] Sganzerlaa, C., Seixasa, C., Contia, A., (2016), Disruptive Innovation in Digital Mining, Procedia Engineering 138 64 – 71.
- [11] Dragičević, Z., Bošnjak, S., (2019), Digital Transformation In The Mining Enterprise: The Empirical Study, Mining And Metallurgy Institute Bor 73-90.
- [12] Tracking the trends, (2021), Deloitte Touche Tohmatsu Limited.
- [13] Lee, W-J., Kim, K., Khan, S-B., Han, P., Seo, J., Jang, W., Han, H., (2014), Synthesis, Characterization, and Thermal and Proton Conductivity Evaluation of 2,5-Polybenzimidazole Composite Membranes, Hindawi Publishing Corporation Journal of Nanomaterials, 2014, Article ID 460232.



S-BANT MİKROŞERİT WILKINSON GÜÇ BÖLÜCÜ TASARIMI

Burak DÖKMEŞ*

*Kafkas Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kars,
burakd@kafkas.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5900-6691

Geliş Tarihi(Received Date):25.01.2022

Kabul Tarihi(Accepted Date):18.05.2022

ÖZ

Güç bölücü devreleri kablosuz haberleşme sistemlerinde yaygın olarak kullanılan pasif mikrodalga bileşenidir. Güç bölücü devre türlerinin içinde en bilineni Wilkinson güç bölücü devreleridir. Geleneksel Wilkinson güç bölücü devrelerinde, frekans spektrumunda düşük frekans değerlerine gidildikçe dalga boyunun büyümesinden kaynaklı olarak boyut büyümektedir ve özellikle, L-, S-, C-bant frekans aralıklarında bu yapı oldukça büyük alan kaplamaktadır. Bundan kaynaklı olarak çeyrek dalga boyu ($\lambda/4$) iletim hatlarının boyutunun küçülmesine yönelik devre tasarım yapılarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda S-bantta boyut olarak oldukça uzun olan $\lambda/4$ iletim hatlarının yerine eşlenik devre yapılarının oluşturulması amaçlanmıştır. Bu çalışmada S-bant uygulamalarına yönelik kompakt bir Wilkinson güç bölücü tasarımı, üretimi ve ölçümü hedeflenmiştir. Elde edilen ölçüm sonuçlarına göre 2-4 GHz frekans bandı içerisinde devrenin giriş ve çıkış yansıma kayıplarının -11 dB'den iyi olduğu ve araya girme kayıplarının ise -3.6 dB'den iyi olduğu görülmüştür. Ek olarak, çıkış portları arasındaki izolasyonun çalışma frekans bandı içerisinde -7.5 dB'den iyi olduğu ölçüm sonuçlarında elde edilmiştir. Önerilen güç bölücü yapısı kompakt boyutlarda, düşük maliyetli ve düşük kayıplı olması nedeniyle S-bant mikrodalga uygulamalarda kullanılabilirliği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: *Wilkinson güç bölücü, mikroşerit, dairesel saplama, S-bant*

S-BAND MICROSTRIP WILKINSON POWER DIVIDER DESIGN

ABSTRACT

Power divider circuits are passive microwave components commonly used in wireless communication systems. The most popular power divider circuit is known as Wilkinson power divider. In conventional Wilkinson power divider circuits, the wavelength and size increases as the frequency decreases and especially in the L-, S-, C-band frequency ranges, this structure covers a very large area. Therefore, circuit design structures are needed to reduce the size of quarter wavelength ($\lambda/4$) transmission lines. In this context, it is aimed to create conjugate circuit structures instead of ($\lambda/4$) transmission lines, which are quite long in size. In this study, it is aimed to design, fabricate and measure a compact Wilkinson power divider for S-band applications. According the measurement results input and output return loss of the circuit is obtained better than -11dB in the 2-4 GHz frequency band. The insertion loss is obtained better than -3.6 dB in the same frequency range. In

addition, the isolation between the output ports is better than -7.5 dB in the operating frequency band. The proposed power divider structure can be used in S-band microwave applications due to its compact size, low cost and low loss.

Keywords: *Wilkinson power divider, microstrip, circular stub, S-band*

1. GİRİŞ

Güç bölücü devreleri, modern kablosuz haberleşme sistemlerinde sıkça kullanılan anten dizilerinin ve güç yükselteç devrelerinin besleme ağlarını oluşturan en önemli bileşenlerden biridir [1]. Güç bölücülerin, çok bantlı bölücüler [2], [3], filtre bölücüler [4], [5] ve harmonik bastırma bölücüler [6]–[13] gibi çeşitli araştırma konuları vardır.

Literatürde en yaygın kullanılan güç bölücü/birleştiriciler Wilkinson güç bölücülerdir. Bu güç bölücülerini çalışma frekansında farklı karakteristik empedans değerlerine sahip çeyrek dalga boyu hatlarından oluşur. Wilkinson güç bölücü devrelerinin çeşitli avantajları vardır. Üretimleri basittir ve düşük maliyetlidir. Bir baskı devre kartı üzerindeki basılı bileşenler kullanılarak kolayca gerçekleştirilebilir. Bu yapıların bir diğer avantajı ise devrenin giriş ve çıkış portları arasında yüksek izolasyon sağlamasıdır. Bununla birlikte, klasik güç bölücü yaklaşımları düşük frekans uygulamalarında tasarım boyutunu istenilmeyen ölçülerde büyütmemektedir ve minyatürleştirme ihtiyacı vardır. Son zamanlarda, bu konuya odaklanan çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Genel olarak, minyatürleştirme için iki temel yöntem önerilmiştir. Bunlardan birisi yapıda kullanılan alttaş malzemenin özelliklerine bağlı olarak yeni üretim teknolojilerine odaklanmak. Çok katmanlı sıvı kristal polimer alttaş [7] kullanılarak boyut küçültülmüştür. Önerilen diğer yöntem ise yeni tasarım tekniklerine odaklanmaktır. Bu amaçla araştırmacılar [14]’ de yüksek-düşük empedanslı rezonatör hücreler üzerinde durmuşlardır. Başka bir çalışmada minyatürleştirme için yeni bir küçük faz gecikme yöntemi [15] bildirilmiştir. Öne çıkan diğer teknikler, seri indüktörler [16], seri toplu RLC devreleri [17], periyodik olarak yüklenen yavaş dalga yapısı [18], kusurlu zemin yapısı [19], elektromanyetik bant aralığı (EBG) hücreleri [20], olarak sıralanabilir.

Bu çalışmada S-bant frekans aralığı için tasarlanmış bir Wilkinson güç bölücü devresi sunulmuştur. Tasarımda boyut küçültme için, klasik Wilkinson güç bölücü yapısından farklı olarak devrenin giriş ve çıkış portuna şant kondansatör eklenmiştir.

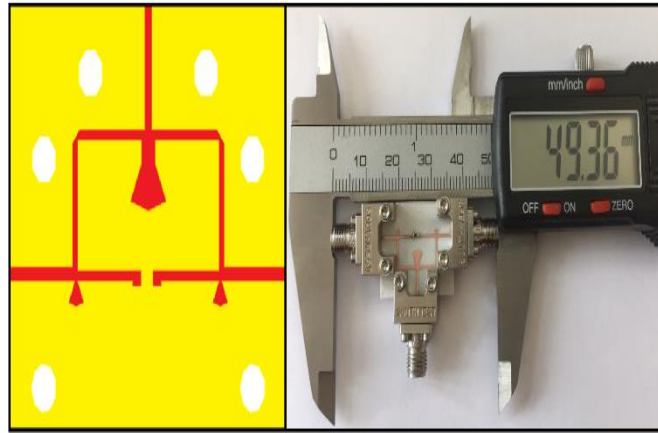
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bir güç bölücü devresinde bazı temel özellikler vardır. Girişe verilen güç, tasarım özelliklerine bağlı olarak, istenen sayıda çıkış kapısına bölünür. Giriş kapısı empedansı kaynak empedansına, çıkış kapılarının empedansı yük empedanslarına uyumlanmış olmalıdır. Çıkış kapılarından birine güç verildiğinde diğer çıkış kapılarında güç çıkışı olmamalıdır. Bu özellikleri sağlayan bir güç bölücü tipi Wilkinson güç bölücü olarak tanımlanır [1].

Klasik Wilkinson güç bölücü yapısı temel olarak simetrik bir şekilde birleştirilmiş 2 adet çeyrek dalga boyundaki ($\lambda/4$) iletim hatlarının birleştirilmesinden oluşmaktadır. Ek olarak, 100 Ω değerinde bir direnç çıkış portları arasına bağlanarak çıkış portlarının izolasyonunu sağlamaktadır. Ancak, klasik

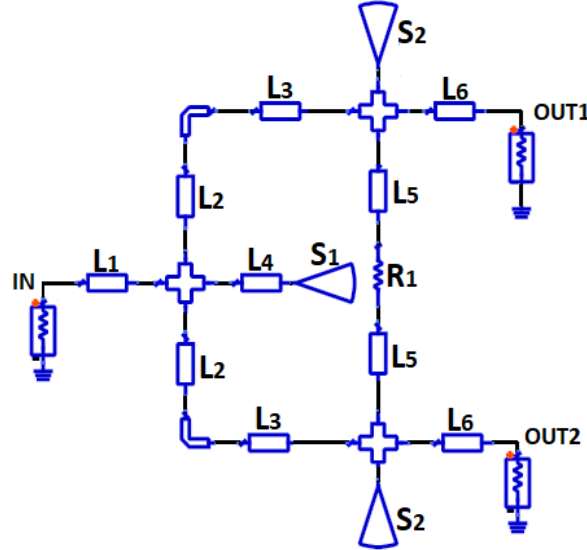
Wilkinson güç bölücü yapısı frekans spektrumunda düşük frekans değerlerine gidildikçe dalga boyunun büyümesinden kaynaklı olarak boyut büyümektedir.

Bu çalışmada klasik Wilkinson güç bölücü yapısının kompakt hale gerilebilmesi amacıyla giriş ve çıkış portlarına dairesel açık devre saplamalar eklenmiştir. Bu sayede $\lambda/4$ iletim hatlarına eşdeğer ve daha küçük boyutta devreler kurulabilmektedir. Prototip üretiminde güç bölücünün portlarına Southwest marka koaksiyel konektör (SMA) kullanılmıştır. SMA ile beraber tasarım boyutu 49.36 mm olarak ölçülmüştür. Şekil 1’de önerilen Wilkinson güç bölücü yapısı devre serimi ile prototip görüntüsü verilmiştir.



Şekil 1. Güç bölücü devre serimi ve prototip görüntüsü.

Önerilen yöntemde klasik güç bölücü yapısından farklı olarak devrenin giriş portuna şant kondansatör görevinde kullanılacak bir adet dairesel açık devre saplama (S_1) eklenmiştir. Ek olarak, benzer şekilde her bir çıkış portuna birer adet şant kondansatör görevinde kullanılacak dairesel açık devre saplamalar (S_2) eklenmiştir. Bu sayede $\lambda/4$ iletim hattı olabildiğince küçültülmüş ve klasik güç bölücü yapısına benzer elektriksel performans değerleri elde edilmiştir. Şekil 2’de devre şeması gösterilen tasarımın devre elemanlarına ait boyut bilgileri Tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Güç bölücü devre şeması.

Tablo 1. Devre elemanlarının boyutları.

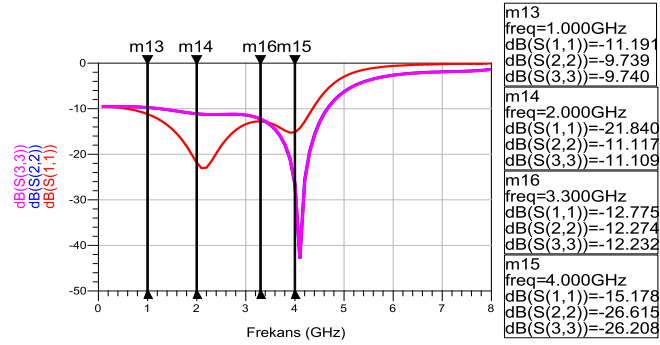
Devre Elemanı	En (μm)	Boy (μm)	Açı ($^{\circ}$)
L ₁	343	5080	-
L ₂	178	4826	-
L ₃	178	4826	-
L ₄	914	1016	-
L ₅	178	4826	-
L ₆	343	12700	-
S ₁	914	2133	60
S ₂	178	1168	60

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde önerilen tasarımın benzetim ve ölçüm sonuçları ile ilgili detaylar incelenmiştir. Öncelikle devre şeması oluşturulan tasarımın daha sonra 2 boyutlu devre serimi yapılarak elektromanyetik (EM) simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Devre tasarımının S-parametresi benzetimleri Keysight firmasının ADS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

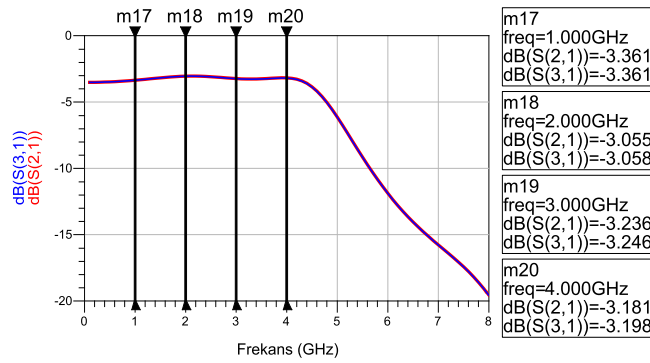
3.1. Benzetim Sonuçları

Şekil 3’de önerilen Wilkinson güç bölücü yapısına ait giriş ve çıkış yansıma kaybı benzetim sonuçları yer almaktadır. Elde edilen benzetim sonuçlarına göre S-bantta (2-4 GHz) giriş yansıma kaybı -12.78 dB’den, çıkış yansıma kayıpları ise -11.1 dB’den daha iyi olduğu görülmüştür.



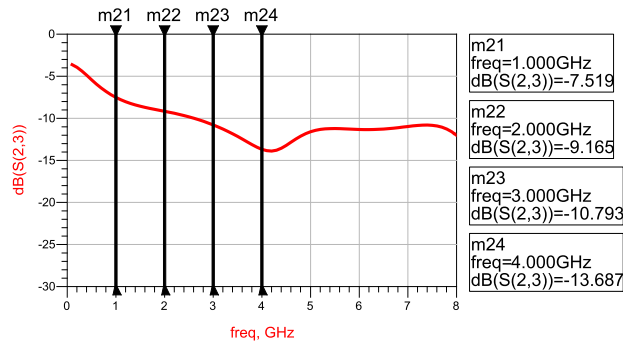
Şekil 3. Giriş ve çıkış yansımaya kaybı benzetim sonucu.

Şekil 4'te önerilen Wilkinson güç bölücü yapısına ait araya girme kaybı benzetim sonuçları yer almaktadır. Elde edilen benzetim sonuçlarına göre S-bantta (2-4 GHz) araya girme kaybının her iki çıkış portu için de -3.2 dB'den düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 4. Araya girme kaybı benzetim sonucu.

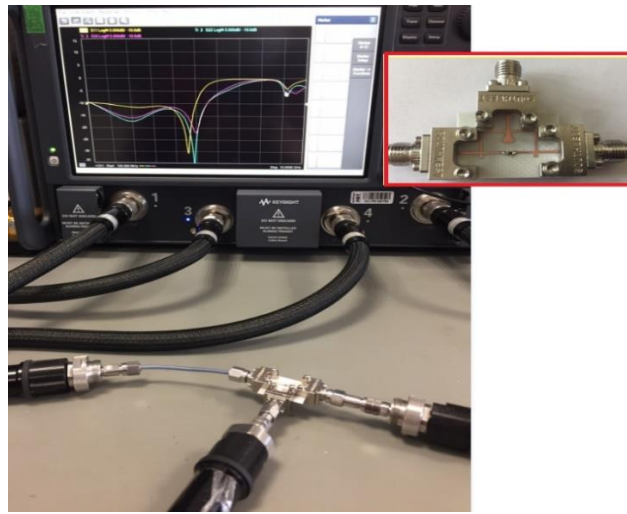
Şekil 5'te önerilen Wilkinson güç bölücü yapısının çıkış portları arasındaki izolasyon performansının benzetim sonuçları yer almaktadır. Elde edilen benzetim sonuçlarına göre S-bantta (2-4 GHz) çıkış portları arasındaki izolasyonun -9.17 dB'den iyi olduğu görülmüştür.



Şekil 5. Çıkış portları arasındaki izolasyon sonucu.

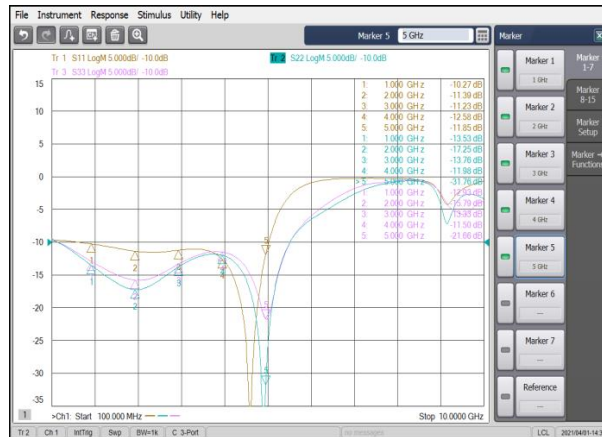
3.2 Üretim ve Ölçüm

Tasarım çalışmaları tamamlanan Wilkinson güç bölücü yapısı Rogers 4003C alttaş üzerine LPKF marka baskı devre kartı prototip üretim cihazı ile kazanmıştır. Kullanılan alttaşın dielektrik sabiti 3.55, dielektrik kalınlığı 0.508 mm ve bakır kalınlığı ise 35 μm 'dir. Üretimi tamamlanan Wilkinson güç bölücünün çıkış portları arasındaki izolasyonu sağlamak amacıyla 0402 paket yüzeye monte direnç lehimlenmiştir. Önerilen Wilkinson güç bölücü S-parametresi ölçümleri Keysight firmasının 4-portlu N5224B model network analizörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm düzeneği Şekil 6'da gösterilmiştir.



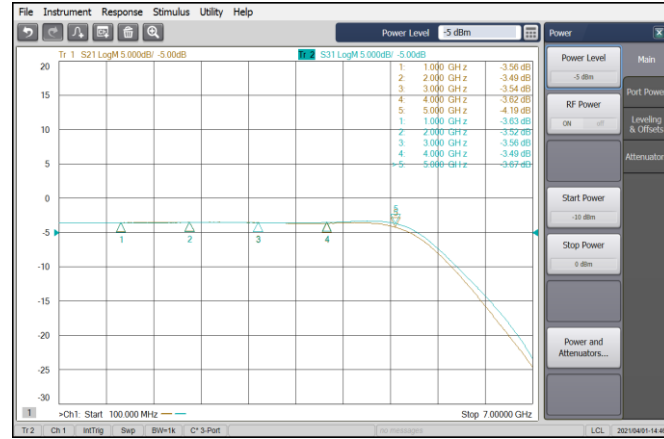
Şekil 6. Ölçüm düzeneği.

Şekil 7'de prototiplenen Wilkinson güç bölücünün giriş ($|S_{11}|$) ve çıkış ($|S_{22}|$ & $|S_{33}|$) yansımaya kaybı sonuçları yer almaktadır. Elde edilen ölçüm sonuçlarına göre S-bantta $|S_{11}|$ değeri -11.2 dB'den, $|S_{22}|$ -12 dB'den ve $|S_{33}|$ ise -11.5 dB'den düşük olduğu görülmüştür.



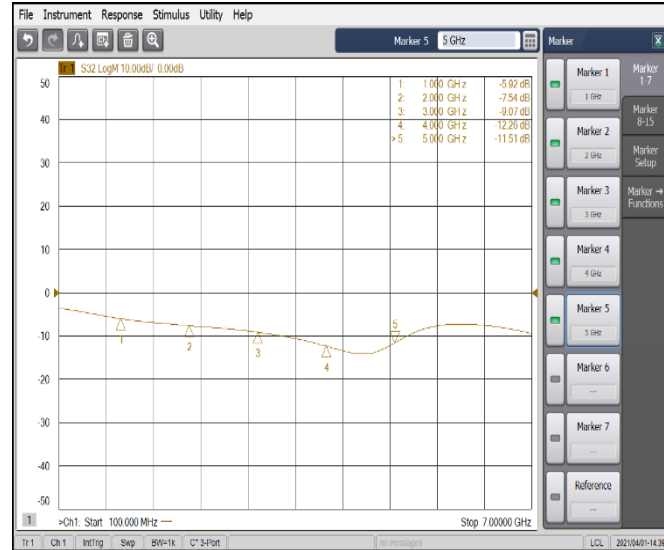
Şekil 7. Giriş ve çıkış yansımaya kaybı ölçüm sonucu .

Şekil 8’de güç bölücünün araya girme kaybı (S_{21} & S_{31}) sonuçları yer almaktadır. Elde edilen ölçüm sonuçlarına göre S-bantta $|S_{21}|$ değeri -3.62 dB’den, $|S_{31}|$ değeri ise -3.56 dB’den düşük olduğu görülmüştür.



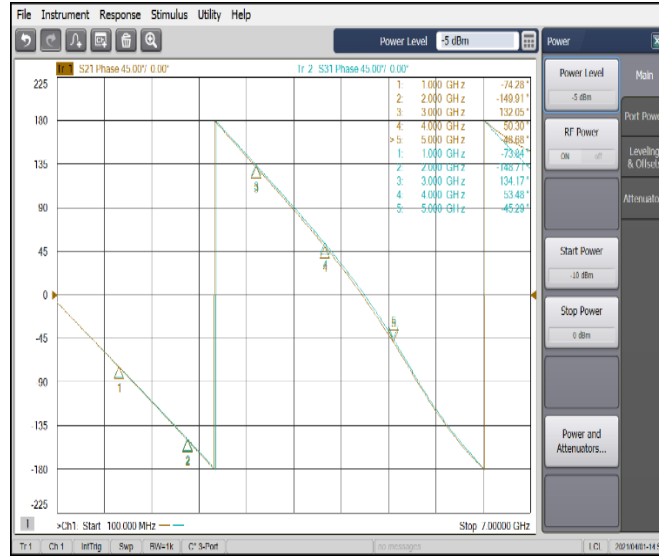
Şekil 8. Araya girme kaybı ölçüm sonucu.

Şekil 9’da güç bölücünün çıkış portları arasındaki izolasyon (S_{32}) ölçüm sonuçları yer almaktadır. Elde edilen ölçüm sonuçlarına göre S-bantta $|S_{32}|$ değerinin -7.56 dB’den iyi olduğu görülmüştür.



Şekil 9. Araya girme kaybı ölçüm sonucu.

Şekil 10’da güç bölücünün çıkış portları arasındaki faz farkı ölçüm sonuçları yer almaktadır. Elde edilen ölçüm sonuçlarına 2 GHz, 3 GHz ve 4 GHz frekans değerlerindeki faz farkı sırasıyla 1.2°, 2.12° ve 3.18° olarak ölçülmüştür.



Şekil 10. Çıkış portları arasındaki faz farkı ölçüm sonucu .

Tablo 2’de önerilen Wilkinson güç bölücü yapısına ait benzetim ve ölçüm sonucu karşılaştırması yer almaktadır.

Tablo 2. Benzetim ve ölçüm sonucu karşılaştırması.

	Benzetim	Ölçüm
S₁₁ (dB)	-12.8	-11.2
S₂₂ (dB)	-11.1	-12.0
S₃₃ (dB)	-11.1	-11.5
S₂₁ (dB)	-3.18	-3.62
S₃₁ (dB)	-3.20	-3.56
S₃₂ (dB)	-9.17	-7.56
Faz Farkı (°)	0°	3.18°

Tablo 2 incelendiğinde benzetim ve ölçüm sonuçlarının tutarlı olduğu görülmüştür. Yansıma kaybı her üç port içinde -11 dB’ nin altındadır, bu tasarımın empedans uyumluluğunun iyi olduğunu göstermektedir. Güç bölücü devrelerinde önemsenmesi gereken en önemli parametrelerden birisi araya girmeye kaybıdır. Literatürde bu parametre farklı uygulamalar için incelenmiştir. S-bant için modifiye edilmiş Wilkinson güç bölücü devresinin tasarlandığı [21] çalışmada alttaş olarak 1.6 mm kalınlığında FR4 malzemesi kullanılmıştır. Bu çalışmada 2.375 GHz frekansında S₂₁ ve S₃₁ değerleri sırasıyla -7.89 dB ve -8.35 dB olarak ölçülmüştür ancak tasarım boyut olarak 80 mm’ nin üzerindedir ve çok kompakt bir yapı olduğu söylenemez. [22]’ deki çalışmada saplama yapısı kullanılarak kompakt bir wilkinson güç bölücü devresi tasarlanmıştır. Bu tasarım 900 MHz frekansında Teflon alttaş malzeme kullanılarak üretilmiştir. 33 mm x 24 mm’ lik kompakt boyutuyla dikkat çeken çalışmada S₂₁ ve S₃₁ araya girme kayıpları -3.05 dB olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre elde edilen S₃₂ izolasyon değeri ise -42 dB’ dir. Başka bir çalışmada ise [23] FR4 alttaş malzemesi ve

kuplajlama hattı tekniği kullanılarak 3 bantlı güç bölücü devresi rapor edilmiştir. 1.3 GHz' de S_{21} ve S_{31} değerleri sırasıyla -4.4 dB ve -4.3 dB olarak ölçülmüştür. Bildirilen çalışmada tasarım boyutu 110 mm x 110 mm olarak verilmiştir. Literatürde bildirilen bu çalışmalara karşılık bu makalede önerilen tasarımda S_{21} ve S_{31} değerleri sırasıyla -3.62 dB ve 3.56 dB olarak ölçülmüştür. Bu makalede önerilen çalışma 49.3 mm x 46 mm' lik boyutuyla [21] ve [23]' deki tasarımlara göre daha kompakt yapısıyla önplana çıkmaktadır. [22]' deki çalışma boyut olarak daha küçüktür ancak S_{21} ve S_{31} aragirme kayıpları, bu makalede önerilen kayıplara göre daha fazladır. Giriş port ile çıkış portları arasındaki araya girme kaybının -3.56 dB' den iyi olması, tasarımın boyutu göz önünde bulundurulduğunda yeterli olarak değerlendirilmiştir. Çıkış portları arasındaki izolasyonun -7.5 dB' nin altında olması önerilen tasarımın mikrodalga uygulamalarında güç bölücü olarak kullanılabilceğini göstermiştir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada mikrodalga uygulamalarında yaygın olarak kullanılan ve özellikle dizi antenlerin beslemesinde önemli rol oynayan güç bölücü devrelerinin minyatürleştirilmesine odaklanılmıştır. Klasik Wilkinson güç bölücü yapısından farklı olarak, üç portlu bir tasarımın giriş ve çıkış portlarına dairesel açık devre saplamalar eklenerek, elektriksel performansı olumsuz etkilenmeden yapı kompakt hale getirilmiştir. Tasarım 49.3 mm x 46.1 mm' lik boyut ile oldukça kompakt bir yapıya sahiptir. Önerilen tasarımın geri dönüş kaybı ölçüm sonuçlarına göre maksimum -11.2 dB' dir. Bir başka önemli parametre olan S_{21} ve S_{31} araya girme kayıpları sırasıyla -3.62 dB ve -3.56 dB olarak ölçülmüştür. Buna ek olarak, S-bant frekans aralığı için tasarlanan güç bölücü devresinin düşük maliyet ve üretim kolaylığı gibi avantajları vardır. Önerilen tasarımın prototipi üretilmiş ve ölçüm sonuçları ile benzetim sonuçlarının tutarlı olduğu görülmüştür. Ölçüm sonuçları, önerilen yöntemin özellikle düşük frekanslarda yaşanan yapının boyut büyüme sorununu çözebileceğini göstermiştir.

TEŞEKKÜR

Araştırmanın uygulama aşamasında mesleki deneyimleriyle yardımlarını esirgemeyen ASELSAN Inc. mühendisi Dr. Galip Orkun ARICAN'a teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- [1] Pozar, D. M., (2005), Microwave Engineering. New York, NY, USA: Wiley,7.
- [2] Liu, Y., Chen, W., Li, X. And Feng, Z. (2013), Design of compact dualband power dividers with frequency-dependent division ratios based on multisection coupled line, IEEE Compon., Packag., Manuf. Technol., 3, 467–475.
- [3] Genc, A. and Baktur, R., (2011), Dual- and triple-band Wilkinson power dividers based on composite right- and left-handed transmission lines, IEEE Compon., Packag., Manuf. Technol., 3, 327–334.
- [4] Chen, C.-F., Huang, T.-Y., Shen, T.-M. and Wu, R.-B. (2013), Design of miniaturized filtering power dividers for system-in-a-package, IEEE Compon., Packag., Manuf. Technol., 3,1663–1672.

- [5] Wu, L.-S., Guo, Y.-X. and Mao, J.-F. (2013), Balanced-to-balanced Gysel power divider with bandpass filtering response, *IEEE Trans. Microw. Theory Techn.*, 61, 4052–4062.
- [6] Liu, Y., Xia, L. and Xu, R., (2012), A U-band Wilkinson type UWB power divider in LTCC technology, in *Proc. Int. conf. Microw. Millim. Wave Technol.*, 2, 1–3.
- [7] Ta, H. H. and Pham, A.-V., (2012), Compact Wilkinson power divider on multilayer organic substrate, in *IEEE MTT-S Int. Microw. Symp. Dig.*, 1–3.
- [8] He, Q., Liu, Y., Wu, Y. and Su, M., (2012), An unequal dual-band Wilkinson power divider with slow wave structure, in *Proc. Asia-Pacific Microw. Conf.*, 968–970.
- [9] Wu, Y. and Liu, Y., (2013), Compact 3–11 GHz UWB planar unequal power divider using two-section asymmetric coupled transmission lines and non-uniform microstrip, *Electron. Lett.*, 49, 1002–1003.
- [10] Chen, W.-H., Liu, Y.-C., Li, X., Feng, Z.-H. and Ghannouchi, F. M., (2011), Design of reduced-size unequal power divider for dual-band operation with coupled lines, *Electron. Lett.*, 47, 59–60.
- [11] Tang, X. and Mouthaan, K., (2009), Analysis and design of compact two-way Wilkinson power dividers using coupled lines, in *Proc. Asia-Pacific Microw. Conf.*, 1319–1322.
- [12] Wang, J., Ni, J., Guo, Y.-X. and Fang, D., (2009), Miniaturized microstrip Wilkinson power divider with harmonic suppression, *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, 19, 440–442.
- [13] Cengiz, O., Kelekci, O., Arican, G. Ozbay, E. and Palamutcuogullari, O. (2011), Design of high power S-band GaN MMIC power amplifiers for WiMAX applications, in *General Assembly and Scientific Symposium, 2011 XXXth URSI*, 1–4.
- [14] Hayati, M., Abdipour, A., Abdipour, A., (2015), A Wilkinson Power Divider with Harmonic Suppression and Size Reduction using High-Low Impedance Resonator Cells, *Radioengineering*, 24, 137-141.
- [15] Miao, C., Yang J. et al., (2014), Novel Sub-Miniaturized Wilkinson Power Divider Based on Small Phase Delay, *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, 24, 662-664.
- [16] Mirzavand R. et al., (2013), Compact Microstrip Wilkinson Power Dividers With Harmonic Suppression and Arbitrary Power Division Ratios, *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 61, 61-68.
- [17] Wang, X., Sakagami, I. Mase, A. (2013), Generalized, Miniaturized, Dual-Band Wilkinson Power Divider with Series RLC Circuit, *2013 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings*, 372-374.

- [18] Rawat, K. Ghannouchi, F. (2009), A Design Methodology for Miniaturized Power Dividers Using Periodically Loaded Slow Wave Structure with Dual-Band Applications, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 57, 3380-3388.
- [19] Oraizi, H., Esfahlan, M. S. (2008), Miniaturization of Wilkinson Power Dividers by Using Defected Ground Structures, Progress in Electromagnetics Research Letters, 4, 113-120.
- [20] He, J. Chen, D. Wang, B. Z. (2012), Miniaturized Microstrip Wilkinson Power Divider With EBG Structure, International Conf. on Microwave and Millimeter-Wave Technology (ICMMT), 4, 1-3.
- [21] Mahardika, C., Nugroho, B. S., Syihabuddin, B., Prasetyo, A.D. and Nur, D.A., (2016), Modified Wilkinson Power Divider 1 to 4 at S-band as the part of a smart antenna for satellite tracking, telemetry, and command subsystem, 2016 International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy and Communications.
- [22] Phan, H. P., Vuong, T. P., Nguyen, T. T., Luong, M. H., Litsuka Y. and Hoang, M. H., (2015), Simple miniaturized Wilkinson power divider using a compact stub structure, 2015 International Conference on Advanced Technologies for Communication (ATC), 168-171.
- [23] Chen, H.-H., Pang, Y.-H. (2011), A tri-band Wilkinson power divider utilizing coupled lines," 2011 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation (APSURSI), 25-28.



2-AMİNOBENZİMİDAZOLÜN METAL KOMPLEKSLERİ ve BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Halil İLKİMEN^{1*}, Sabiha Gözde SALÜN², Birsal İLKİMEN³

¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, halil.ilkimen@dpu.edu.tr,
ORCID: 0000-0003-1747-159X

²Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, s.gozdesalun1987@gmail.com,
ORCID: 0000-0001-7114-0711.

³Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kütahya, fenci_20@hotmail.com,
ORCID: 0000-0002-6022-9187.

*Geliş Tarihi(Received Date):*29.04.2022

*Kabul Tarihi(Accepted Date):*29.06.2022

ÖZ

2-Aminobenzimidazol ve türevlerin, antibakteriyel, antikanser, antiviral, antiinflamatuvar, antiproliferatif, antifungal, antelmintik ve antihistaminik özelliklere sahip olduğu çalışmalar literatürde bulunmaktadır. 2-Aminobenzimidazol ve türevleri yapısında üç adet azot atomlarından dolayı metal iyonlarına bir ve iki dişli olarak bağlanmaktadır. 2-Aminobenzimidazol ve türevlerinin basit metal kompleksleri sentezlenmiştir. Ayrıca trimesik asit, tereftalik asit, isoftalik asit, glutarik asit, 2,6-piridindikarboksilik asit, 4-hidroksi-2,6-piridindikarboksilik asit, krotonik asit, okzalik asit, pirazin-2-karboksilik asit, p-simen, sakarin, disiyanamit, *N*-salisiliden-2-hidroksianilin, asetoasetanilit, o-asetoasetotoluidit, o-asetoasetanisidit, dehidroasetik asit, 4,4'-bipiridin, bis-(salisilaldehit)fenilendiimin, *N*-(dehidroasetik asit)-tiyosemikarbazit, *N*-(dehidroasetik asit)-4-metil-3-tiyosemikarbazit, 4,5-dimetil-*N,N*-bis(piridin-2-yil-metilen)benzen-1,2-diimin, *N*-(dehidroasetik asit)-4-fenilsemikarbazit ve *N*-(dehidroasetik asit)-4-fenil-3-tiyosemikarbazit ile karışık ligandlı geçiş metal kompleksleri sentezlenmiş ve bazılarının biyolojik aktiviteleri incelenmiştir. 2-Aminobenzimidazol ve türevlerinden elde edilen proton transfer tuzu ve metal komplekslerinin de benzer biyolojik özellik gösterebileceği aşıkardır.

Anahtar kelimeler: 2-Aminobenzimidazol, Metal kompleksi, Biyolojik aktivite.

METAL COMPLEXES and BIOLOGICAL PROPERTIES of 2-AMİNOBENZİMİDAZOLE

ABSTRACT

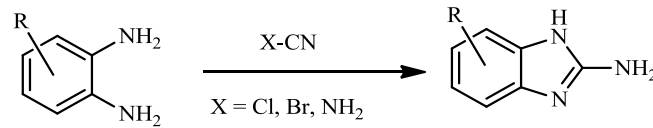
There are studies in the literature that 2-aminobenzimidazole and its derivatives have antibacterial, anticancer, antiviral, anti-inflammatory, antiproliferative, antifungal, anthelmintic and antihistamine properties. 2-Aminobenzimidazole and its derivatives are bonded to metal ions with one and two teeth due to three nitrogen atoms in their structure. Simple metal complexes of 2-aminobenzimidazole and its derivatives were synthesized. In addition, mixed ligand metal complexes of between 2-aminobenzimidazole and other ligands {trimesic acid, terephthalic acid, isophthalic acid, glutaric acid, 2,6-pyridinedicarboxylic acid, 4-hydroxy-2,6-pyridinedicarboxylic acid, crotonic acid, oxalic acid,

pyrazine-2-carboxylic acid, p-cymene, saccharin, dicyanamide, *N*-salicylidene-2-hydroxyaniline, acetoacetanilide, *o*-acetoacetoluidide, *o*-acetoacetanisidide, dehydroacetic acid, *N*-(dehydroacetic acid)-4-methyl-3-thiosemicarbazide, 4,4'-bipyridine, bis-(salicylaldehyde)phenylenimine, *N*-(dehydroacetic acid)-thiosemicarbazide, 4,5-dimethyl-*N,N*-bis(pyridine-2-yl-methylene)benzene-1,2-diimine, *N*-(dehydroacetic acid)-4-phenylsemicarbazide and *N*-(dehydroacetic acid)-4-phenyl-3-thiosemicarbazide} were synthesized and the biological activities of some of them were investigated. It is obvious that proton transfer salt and metal complexes obtained from 2-aminobenzimidazole and its derivatives can also exhibit similar biological properties.

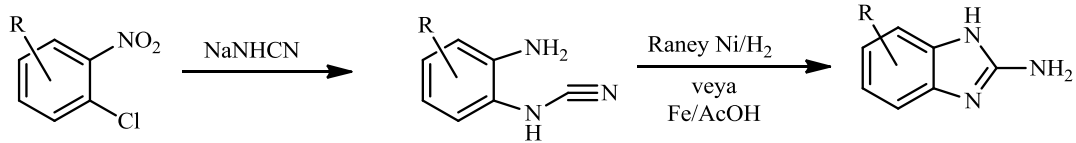
Keywords: 2-Aminobenzimidazole, Metal complex, Biological activity.

1. GİRİŞ

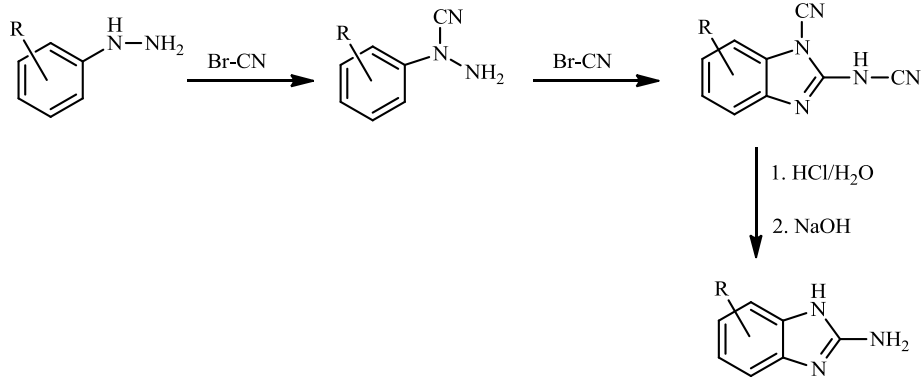
1*H*-Benzimidazol, imidazolün 4- ve 5-pozisyonlarında kaynaşmış bir benzen halkasına sahip düzlemsel ve bisiklik bileşiklerdir. 2-Aminobenzimidazol türevleri, 1*H*-benzimidazol halkasının 2 pozisyonuna bağlanmış -NH₂ türevleridir. 2-Aminobenzimidazol ve türevleri, antibakteriyel, antikanser, antiviral, antiinflamatuar, antiproliferatif, antifungal, antelmintik ve antihistaminik özelliklere sahip geniş bir ilaç yelpazesinden oluşmakta ve bu özellikleri inceleyen çalışmalar literatürde bulunmaktadır [1-6]. 2-aminobenzimidazol ve türevleri *o*-fenilendimin, *o*-nitroklorobenzen, fenilhidrazin ve tiyörelerin halkalandırılması sonucu sentezlenmektedir (Şekil 1-4) [7].



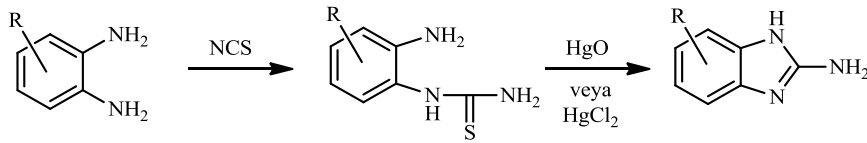
Şekil 1. *o*-Fenilendimin türevlerinden 2-aminobenzimidazol türevleri sentezi.



Şekil 2. *o*-Nitroklorobenzen türevlerinden 2-aminobenzimidazol türevleri sentezi.

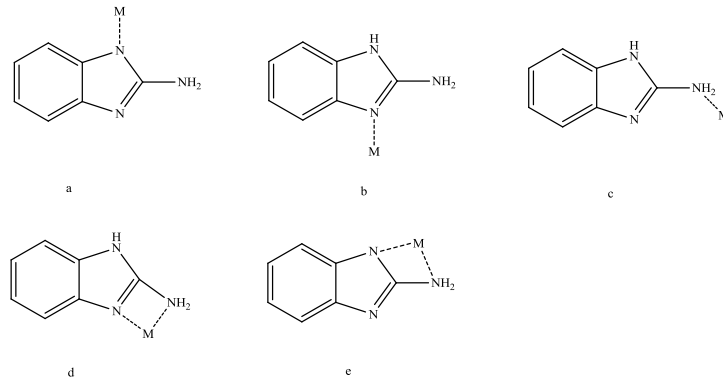


Şekil 3. Fenilhidrazin türevlerinden 2-aminobenzimidazol türevleri sentezi.



Şekil 4. Tiyöre türevlerinden 2-aminobenzimidazol türevleri sentezi.

2-Aminobenzimidazol ve türevleri yapısında üç adet azot atomlarından dolayı metal iyonlarına bir ve iki dişli olarak bağlanabilmektedir (Şekil 5). 2-Aminobenzimidazol ve türevlerinin gösterdiği biyolojik aktiviteleri metal komplekslerinde göstereceği aşikardır. Literatürde antimikrobiyal [8-13], anti-proliferatif ve antikanser [14] aktiviteleri incelenmiştir.



Şekil 5. 2-Aminobenzotiyazolün metal iyonlarına bağlanma yerleri.

2. 2-AMINOBENZİMDAZOLÜN METAL KOMPLEKSLERİ

Literatürde yapılan 2-aminobenzimidazolün, Campbell ve ark. [15], Co(II) ve Ni(II) { [Et₄N]⁺[M(abi)X₃]⁻, M(abi)₂X₂ (M = Co, Ni; X = Cl, Br, I), Co(abi)₂I₂·2Me₂CO, Co(abi)₂SO₄·Me₂CO,

Co(abi)₂Cl₂.2H₂O, Ni(abi)₂I₂.3H₂O ve Co(abi)₂, Ihara ve Tsuchiya [16], Ni(II) {[Ni(abi)₄]X₂.nH₂O, n = 0, X = I, ClO₄, 0,5SO₄; n = 1, X = NO₃; n = 3, X = Cl, Br}, Shukla ve ark. [17], Ru(II) ve Ru(III) {[cis-RuCl₂(SO)₃(abi)], [trans-RuCl₂(SO)₃(abi)] ve [trans-RuCl₄(SO)(abi)]⁻, SO = DMSO/tetrametilenesulfoksit}, Matyakubov ve ark. [18], Co, Sn ve Cd tuzlarını, Podunavac-Kuzmanovic ve ark. [9], Cu(II), Ni(II), Zn(II), Co(II) ve Ag(I) {M(abi)₂(NO₃)₂.nH₂O [M = Co (n = 6), Ni (n = 1), Zn (n = 2), Cu and Ag (n = 0)], Tamayo ve ark. [19], Sn(IV), Ti(IV) ve V(IV) {[MCl₄(Habi)] (M = Sn or Ti), [TiCl₄(Habi)₂], [VCl₃(abi)]}, Ardizzoia ve ark. [20], Cu(I), Ag(I) ve Au(I) {M(abi)}, Campbell ve ark. [21], Cu(II) {Cu(abi-H).H₂O, Cu(abi)(CH₃CO₂)₂, Cu(abi)₂Cl₂.HCl ve Cu(abi)₃Cl₂.3HCl}, Zhao ve ark. [22], Cd(II) {[Cd(abi)₂(CH₃COO)₂].3H₂O}, Garnovskii ve ark. [23], Cu(II) {Cu(Ac)₂(abi)_{1 veya 2}}, Esparza-Ruiz ve ark. [24], Co(II) {[Co(abi)₂(CH₃COO)₂] ve Ni(II) {[Ni(abi)₂(CH₃COO)₂]}, Kessentini ve ark. [25], Cd(II) {(abi)₂CdI₄}, Zhao ve ark. [26], Co(II) {[Co(abz)₂(SCN)₂]}, Hosny ve ark. [27], dimetilkalay(IV) {Sn(CH₃)₂(abi), Sn(CH₃)₂(abi)}, Mendiola ve ark. [28], Fe(II) {[Fe(abi)Cl₂]}, Podunavac-Kuzmanovic ve ark. [10], Co(II) {[Co(abi)₂Cl₂]}, Lopez-Sandoval ve ark. [11], Co(II) {[Co(abi)₂Cl₂], [Co(abi)₂Br₂], [Co(abi)₂(NO₃)₂].0,5H₂O} ve Zn(II) {[Zn(abi)₂Cl₂].0,5H₂O ve [Zn(abi)₂Br₂].0,5H₂O}, Marcos ve ark. [29], Fe(III) {[Fe(abi)Cl₃]}, Ramadan ve ark. [30], Pd(II) {[Pd(abi)Cl₂]₂.H₂O} ve Maurya ve ark. [32], 2-aminobenzimidazol ve 2-amino-5,6-dimetilbenzimidazol'ün Cr(I) {[Cr(NO)(CN)₂(abi)₂(H₂O)]}, Devi ve ark., 2-amino-5-benzoilbenzimidazol'ün (5bxabi) Ni(II), Zn(II) ve Cd(II) {[M(5bxabi)₂X₂] X = Cl, Br, I, NCS, NO₃, CH₃COO, ClO₄ or 1/2 SO₄²⁻} [32], Mn(II) ve Co(II) {[M(ABBI)₂X₂], X = Cl, Br, I, NO₃, CH₃COO, HCOO, ClO₄ and SO₄} [14] metal komplekslerinin yapılarını çeşitli analiz yöntemleri (tek kristal X-ışını, elemental analiz, ICP-OES, AAS, NMR, IR, termal analiz, manyetik duyarlılık gibi) ile aydınlatılmış/önerilmiştir.

3. KARIŞIK LIGANDLI METAL KOMPLEKSLERİ

Ayrıca literatürde 2-aminobenzimidazol ile çeşitli organik asit veya bazlar ile yapılan çalışmalar vardır. Wang ve ark. [33], trimesik asit'in (H₃tma), tereftalik asit'in (H₂tp), isoftalik asit'in (H₂iph), glutarik asit'in (H₂ga) Cd(II) {[(Habi)₂[Cd₂(tma)₂(abi)₄].5,5(H₂O)]_n, {[Cd(tp)(abi)₂].(DMF)]_n, {(Habi)₂[Cd(iph)₂]}_n, {(Habi)₂[Cd(ga)₂]}_n, Aliabadi ve ark. [34], 2,6-piridindikarboksilik asit'in ve 4-hidroksipiridin-2,6-dikarboksilik asit'in Ga(III), Al-Jibori ve ark. [35], sakarin'in Pd(II) {trans-[Pd(sac)₂(abi)₂]}, Das ve ark. [36], disiyanamit'in (dca) Co(II) {[Co(dca)₂(abi)₂]}_n, Ni(II) {[Ni(dca)₂(abi)₂]}_n ve Cd(II) {[Cd(dca)₂(abi)₂]}_n, Ding ve ark. [37], Cd(II) {[Cd(μ_{1,5}-dca)(μ_{1,3,5}-dca)(abi)]_n, Ali ve ark. [38], N-salisiliden-2-hidroksianilin'in (H₂sha) Ru(II) {[Ru(CO)₂(sha)(L)]}, Atria ve ark. [39], krotonik asit'in (Hcra) Ho(III) {(Habi)₂[Ho₂(cra)₈]}, Mouchaham ve ark. [40], okzalik asit'in Zr(IV) {(Habi)₄[Zr(C₂O₄)₄]} ve Sun ve ark. [41], Fe(III) {(Habi)₄[Fe(C₂O₄)_{1,5}Cl₂]}₂, Malik ve Mir [42], asetoasetanilit'in, o-asetoasetotoluidit'in, o-asetoasetanisidit'in (HL) ve dehidroasetik asit'in (ahaH) VO₂(IV) {[VO₂(dhaH)(L)(abi)]} ve Mn(II) {[Mn(dhaH)(L)(abi)]}, Babaei ve Niad [43], polioksometalat'ın Co(II) {(abi)₂Na₁₂[Co₄(PW₉O₃₄)₂]}}, El-Medani ve ark. [44], pirazin-2-karboksilik asit'in (Hpc) Ni(II) {[Ni(pc)₂(abi)₂].2H₂O}, Jiao ve ark. [45], 2,3,5,6-tetrabromotereftalik asit'in (H₂tbta) Co(II) {(Habi)[Cd_{0,5}(tbta)(H₂O)]_n.H₂O}, Attia ve ark. [46], 4,4'-bipiridin'in Pt(II) {Pt(abi)(bpy)}, Ramadan ve ark. [12], bis-(salisilaldehit)fenilendiimin'in (H₂salphen) Ru(II) {[Ru(CO)(salphen)(abi)]}, Mohamed ve ark. [47], 4,5-dimetil-N,N-bis(piridin-2-yil-metilen)benzen-1,2-diimin'in (dmpa) Cr(II) {Cr(dmpa)₂(abi)₂}, Malik ve ark. [13], N-(dehidroasetik asit)-tiyosemikarbazit'in, N-(dehidroasetik asit)-4-metil-3-tiyosemikarbazit'in, N-(dehidroasetik asit)-4-fenil-3-tiyosemikarbazit'in, N-(dehidroasetik asit)-4-fenilsemikarbazit'in (H₂L)

Co(II) {[Co(L)(abi)].4H₂O}, de Jongh ve ark. [48], Trifenilfosfin'in (PPh₃) Au(I) {[Au(abi)PPh₃]NO₃}, Malecki [49], p-simen'in Ru(II) {[p-simen)RuCl₂(abi)]}, Turhan [50], 2,6-piridindikarboksilik asit'in (H₂dpc) proton transfer tuzu {(Habi)(Hdpc)} ve bunun Fe(III) {(Habi)[Fe(dpc)(SO₄)(H₂O)₂].2H₂O}, Co(II) {(Habi)₂[Co(dpc)₂][Co(dpc)(H₂O)₃].2H₂O}, Ni(II) {(Habi)₂[Ni(dpc)₂].3H₂O} ve Cu(II) {(Habi)₂[Cu(DPC)₂].4H₂O} ve Burgess ve ark. [51], osmiyum karbonil {Os₃(μ-H)(CO)₁₀(abi)} karışık ligandlı metal komplekslerinin yapılarını çeşitli spektroskopik yöntemler ile (ICP-OES, AAS, NMR, tek kristal X-ışını, elemental analiz, IR, termal analiz ve manyetik duyarlılık gibi) aydınlatılmış veya önerilmiştir.

4. SONUÇLAR

2-Aminobenzimidazolün ve türevleri, antibakteriyel, antikanser, antiviral, antiinflamatuvar, antiproliferatif, antifungal, antelmintik ve antihistaminik özelliklere sahip geniş bir ilaç yelpazesinden oluşmakta ve bu özellikleri inceleyen çalışmalar literatürde bulunmaktadır. Bunlardan elde eilecek tuz ve komplekslerinde aynı özellikleri de gösterebileceği beklenmektedir. Bu çalışmada günümüze kadar yapılan 2-aminobenzimidazol ve türevlerinin basit ve karışık ligandlı metal kompleksleri hakkındaki çalışmaları incelenmiştir. 2-Aminobenzimidazol türevleri metal komplekslerinde ya N atomuna proton alarak tamamlayıcı iyon şeklinde yada N atomlarından bağlanmaktadır. Literatürde 2-aminobenzimidazolün sentez ve aktivite çalışmalar bol miktarda yapılmış ancak 2-aminobenzimidazol türevleri ile organik ligandların bir arada bulunduğu metal komplekslerinin biyolojik özellikleri daha az çalışılmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Nowicka, A.; Nawrocka, W. P., (2013), Synthesis of selected drugs 2-amino-1H-benzimidazole derivatives. *Wiadomosci Chemiczne*, 67(7-8), 695-714.
- [2] Nawrocka, W.P.; Nowicka, A.; Liszkiewicz, H., (2012), Biological activity of 2-amino-1H-benzimidazole derivatives. Part I. *Wiadomosci Chemiczne*, 66(9-10), 818-838.
- [3] Nawrocka, W.P.; Nowicka, A.; Liszkiewicz, H., (2012), Biological activity of 2-amino-1H-benzimidazole derivatives. Part II. *Wiadomosci Chemiczne*, 66(9-10), 839-865.
- [4] Nowicka, A.; Nawrocka, W.P., (2013), Syntheses of selected new 2-amino-1H-benzimidazole derivatives and mechanism of their biological activity. *Wiadomosci Chemiczne*, 67(3-4), 203-225.
- [5] Nawrocka, W.P.; Nowicka, A., (2013), Selected methods of the synthesis of 2-amino-1H-benzimidazole. *Wiadomosci Chemiczne*, 67(7-8), 715-732.
- [6] Nawrocka, W., (1996), Syntheses and pharmacological properties of new 2-aminobenzimidazole derivatives. *Bollettino Chimico Farmaceutico*, 135(1), 18-23.
- [7] Rastogi, R.; Sharma, S., (1983), 2-Aminobenzimidazoles in Organic Syntheses, *Synthesis*, 11, 861-882.

- [8] Holmes, I.; Naylor, A.; Alber, D.; Powell, J.R.; Major, M.R.; Negoita-Giras, G.; Allen, D.R.; Guetzoyan, L.J.; King, N.P.; Chapman, N.A., Preparation of anti-bacterial compounds based on amino-gold phosphine complexes. World Intellectual Property Organization, WO2017093545 A1 2017-06-08.
- [9] Podunavac-Kuzmanovic, S.O.; Cvetkovic, D.M.; Vojinovic, L.S., (2004), Synthesis, physico-chemical characterization and biological activity of 2-aminobenzimidazole complexes with different metal ions. *Acta Periodica Technologica*, 35, 239-246.
- [10] Podunavac-Kuzmanovic, S.O.; Cvetkovic, D.M.; (2004), Antimicrobial activity of cobalt(II) complexes with 2-aminobenzimidazole derivatives. *Cetkovic, Gordana S. Acta Periodica Technologica*, 35, 231-237.
- [11] Lopez-Sandoval, H.; Londono-Lemos, M.E.; Garza-Velasco, R.; Poblano-Melendez, I.; Granada-Macias, P.; Gracia-Mora, I.; Barba-Behrens, N., (2008), Synthesis, structure and biological activities of cobalt(II) and zinc(II) coordination compounds with 2-benzimidazole derivatives. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 102(5-6), 1267-1276.
- [12] Ramadan, Ramadan M.; Abu Al-Nasr, Ahmad K.; Ali, Omayma A.M., (2018), Synthesis, spectroscopic, DFT studies and biological activity of some ruthenium carbonyl derivatives of bis-(salicylaldehyde)phenylenediimine Schiff base ligand. *Journal of Molecular Structure*, 1161, 100-107.
- [13] Malik, B.A.; Maurya, R.C.; Mir, J.M.; Shah, F.F., (2016), Cobalt(II) bactericidal and heat resistant complexes of ONS donor Schiff base ligands: synthesis and combined DFT-experimental characterization. *International Journal of Current Research in Chemistry and Pharmaceutical Sciences*, 3(4), 50-72.
- [14] Devi, T. C.; Krishnan, R.; Kunju, A.S., (2005), Synthesis and characterization of 2-amino-5-benzoylbenzimidazole complexes of manganese(II) and cobalt(II). *Asian Journal of Chemistry*, 17(2), 668-672.
- [15] Campbell, M.J.M.; Card, D.W.; Grzeskowiak, R.; Goldstein, M., (1972), Complexes of 2-aminobenzimidazole with cobalt(II) and nickel(II). *Journal of the Chemical Society, Dalton Transactions: Inorganic Chemistry*, (15), 1687-1691.
- [16] Ihara, Y.; Tsuchiya, R., (1980), Thermal square planar-to-octahedral transformation of nickel(II) complexes containing 2-aminobenzimidazole in the solid phase. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 53(6), 1614-1617.
- [17] Shukla, S.N.; Gaur, P.; Kaur, H.; Prasad, M., (2007), Synthesis and spectroscopic studies of some halogen-dimethylsulphoxide/tetramethylenesulphoxide-ruthenium(II) and ruthenium(III) complexes with 2-aminobenzimidazole. *Journal of Coordination Chemistry*, 60(10), 1047-1055.

- [18] Matyakubov, A.A.; Masharipov, S.; Yunusov, Yu. T.; Askarov, M.A., (1988), Stabilization of PVC by some salts of 2-aminobenzimidazole derivatives. Doklady Akademii Nauk UzSSR, (7), 40-43.
- [19] Tamayo, P.; Mendiola, M.A.; Masaguer, J.R.; Molleda, C., (1989), Tin(IV), titanium(IV) and vanadium(IV) chloride complexes with 2-aminobenzimidazole and 2-(2'-aminophenyl)benzimidazole. Transition Metal Chemistry (Dordrecht, Netherlands), 14(4), 283-286.
- [20] Ardizzoia, G.A.; Brenna, S.; Castelli, F.; Galli, S.; Masciocchi, N.; Maspero, A., (2008), Synthesis and characterization of 2-amino-1H-benzimidazole group 11 coordination polymers: a combined x-ray powder diffraction and ¹³C/MAS NMR study. Inorganic Chemistry Communications, 11(5), 502-505.
- [21] Campbell, M.J.M.; Grezeskowiak, R.; Juneja, S.G., (1974), Copper(II) complexes with 2-aminobenzimidazole and 2-(aminomethyl)benzimidazole. Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry, 36(11), 2485-2488.
- [22] Zhao, X.J.; Li, J.; Ding, B.; Wang, X.G.; Yang, E.C., (2007), The irreversible crystal transformation of a novel Cadmium(II) supramolecular complex containing planar tetrameric water cluster. Inorganic Chemistry Communications, 10(5), 605-609.
- [23] Garnovskii, D.A.; Antsyshkina, A.S.; Sadimenko, A.P.; Porai-Koshits, M.A.; Osipov, O.A.; Garnovskii, A.D., (1987), Reasons for the decrease in primary amine-group stretching frequencies in the adducts of Lewis acid with 2-aminoheterocycles. Doklady Akademii Nauk SSSR, 296(5), 1119-1121.
- [24] Esparza-Ruiz, A.; Pena-Hueso, A.; Mijangos, E.; Osorio-Monreal, G.; Noeth, H.; Flores-Parra, A.; Contreras, R.; Barba-Behrens, N., (2011), Cobalt(II), nickel(II) and zinc(II) coordination compounds derived from aromatic amines. Polyhedron, 30(12), 2090-2098.
- [25] Kessentini, A.; Belhouchet, M.; Sunol, J.J.; Abid, Y.; Mhiri, T., (2013), Synthesis, crystal structure, vibrational spectra, optical properties and theoretical investigation of bis-(2-aminobenzimidazolium) tetraiodocadmate. Journal of Molecular Structure, 1039, 207-213.
- [26] Zhao, H.K.; Wang, X.G.; Yang, E.C.; Zhao, X.J., (2008), Synthesis and Crystal Structure of a Mixed-Ligand Cobalt(II) Complex with 2-Aminobenzimidazole. Journal of Chemical Crystallography, 38(8), 625-629.
- [27] Hosny, W.M.; Mohamed, G.G., (2001), Thermodynamic and multinuclear magnetic resonance study of dimethyltin(IV) complexes with some imidazoles in aqueous solutions. Annali di Chimica (Rome, Italy), 91(1-2), 81-92.
- [28] Mendiola, M.A.; Masaguer, J.R.; Molleda, C., (1992), Iron(II) chloride complexes with some 2-aminobenzimidazole ligands. Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic Chemistry, 22(7), 955-969.

- [29] Marcos, M.L.; Garcia-Vazquez, J.A.; Masaguer, J.R.; Molleda, C., (1987), Cobalt(II) and iron(III) complexes with 2-substituted benzimidazole derivatives. *Transition Metal Chemistry* (Dordrecht, Netherlands), 12(4), 352-355.
- [30] Ramadan, R.M.; El-Medani, S.M.; Ali, O.A.M.; Mohamed, H.A., (2004), Spectroscopic and thermal studies of some Palladium complexes with certain Heterocyclic Nitrogen ligands. *Journal of Coordination Chemistry*, 57(5), 373-379.
- [31] Maurya, R.C.; Mishra, D.D.; Awasthi, S.; Mukherjee, S., (1991), Synthesis, magnetic, and spectral studies of some novel cyanonitrosyl {CrNO₅} complexes of chromium(I) involving benzimidazole derivatives. *National Academy Science Letters (India)*, 14(1), 21-23.
- [32] Devi, T.C.; Krishnan, R.; Kunju, A.S., (2004), Synthesis and characterization of nickel(II), zinc(II) and cadmium(II) complexes of 2-amino-5-benzoylbenzimidazole and nickel(II) complexes of 2-(2'-hydroxynaphthylazo)-5-benzoylbenzimidazole. *Oriental Journal of Chemistry*, 20(3), 561-566.
- [33] Wang, X.G.; Li, J.; Ding, B.; Yang, E.C.; Zhao, X.J., (2008), A series of Cd(II) supramolecular architectures based on polycarboxylate and 2-aminobenzimidazole mixed-ligands. *Journal of Molecular Structure*, 876(1-3), 268-277.
- [34] Aliabadi, A.; Hakimi, M.; Hosseinabadi, F.; Motieyan, E.; Rodrigues, V.H.N.; Ghadermazi, M.; Marabello, D.; Abdolmaleki, S., (2021), Investigation of X-ray crystal structure and in vitro cytotoxicity of two Ga(III) complexes containing pyridine dicarboxylic acid derivatives and 2-aminobenzimidazole. *Journal of Molecular Structure*, 1223, 129005.
- [35] Al-Jibori, S.A.; Habeeb, A.T.; Al-Jibori, G.H.H.; Dayaaf, N.A.; Merzweiler, K.; Wagner, C.; Schmidt, H.; Hogarth, G., (2014), Palladium(II) saccharinate (sac) and thiosaccharinate (tsac) complexes with supporting amino- and acetylaminothiazole ligands: Crystal structures of trans-[PdCl₂(abzt)₂].dmf (abzt = 2-aminobenzothiazole), trans-[PdCl₂(bzta)₂].dmf (bzta = 2-acetylaminobenzothiazole) and trans-[Pd(sac)₂(abzt)₂].2dmf. *Polyhedron*, 67, 338-343.
- [36] Das, A.; Bhattacharya, B.; Maity, D.K.; Halder, A.; Ghoshal, D., (2016), Construction of five dicyanamide based coordination polymers with diverse dimensionality: Synthesis, characterization and photoluminescence study. *Polyhedron*, 117, 585-591.
- [37] Ding, B.; Li, J.; Yang, E.C.; Wang, X.G.; Zhao, X.J., (2007), Synthesis, structure and characterization of a novel one-dimensional tube-like cadmium coordination polymer. *Zeitschrift fuer Anorganische und Allgemeine Chemie*, 633(7), 1062-1065.
- [38] Ali, O.A.M.; Abdel-Rahman, L.H.; Ramadan, R.M., (2007), Ruthenium carbonyl derivatives of N-salicylidene-2-hydroxyaniline. *Journal of Coordination Chemistry*, 60(21), 2335-2342.
- [39] Atria, A.M.; Garland, M.T.; Baggio, R., (2012), Bis(2-amino-1H-benzimidazol-3-ium)tetrakis(μ-but-2-enoato)-κ⁴O:O';κ³O,O':O;κ³O:O,O'-bis[bis(but-2-enoato-κ²O,O')]holmium(III)]. *Acta Crystallographica, Section C: Crystal Structure Communications*, 68(7), m185-m188.

- [40] Mouchaham, G.; Roques, N.; Imaz, I.; Duhayon, C.; Sutter, J.P., (2010), Driving the assembling of zirconium tetraoxalate metallotectons and benzimidazolium cations: from three dimensional hydrogen-bonded compact architectures to open-frameworks. *Crystal Growth & Design*, 10(11), 4906-4919.
- [41] Sun, Y.; Zong, Y.; Ma, H.; Zhang, A.; Liu, K.; Wang, D.; Wang, W.; Wang, L., (2016), Design and syntheses of hybrid metal-organic materials based on $K_3[M(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$ [M(III) = Fe, Al, Cr] metallotectons. *Journal of Solid State Chemistry*, 237, 225-233.
- [42] Malik, B.A.; Mir, J.M., (2018), Synthesis, characterization and DFT aspects of some oxovanadium(IV) and manganese(II) complexes involving dehydroacetic acid and β -diketones. *Journal of Coordination Chemistry*, 71(1), 104-119.
- [43] Babaei, S.; Niad, M., (2020), Chemical reactivity descriptors as a tool of prediction in the synthesis of sandwich type polyoxometalate organic-inorganic hybrid compounds. *Polyhedron*, 188, 114710.
- [44] El-Medani, S.M.; Ali, O.A.M.; Mohamed, H.A.; Ramadan, R.M., (2005), Spectroscopic, thermal and X-ray crystal structure studies of some bis(pyrazine-2-carboxylato) nickel(II) complexes. *Journal of Coordination Chemistry*, 58(16), 1429-1437.
- [45] Jiao, S.; Zhang, Y.; Liu, K.; Deng, L.; Zhang, X.; Wang, L., (2019), Construction of coordination polymers based on tetrabromoterephthalic acid and different nitrogen-containing ligands. *Journal of Solid State Chemistry*, 277, 611-617.
- [46] Attia, M.S.; Youssef, A.O.; Khan, Z.A.; Abou-Omar, M.N., (2018), Alpha fetoprotein assessment by using a nano optical sensor thin film binuclear Pt-2- aminobenzimidazole-Bipyridine for early diagnosis of liver cancer. *Talanta*, 186, 36-43.
- [47] Mohamed, R.G.; Elantabli, F.M.; Helal, N.H.; El-Medani, S.M., (2015), New group 6 metal carbonyl complexes with 4,5-dimethyl-N,N-bis(pyridine-2-yl-methylene)benzene- 1,2-diimine Schiff base: Synthesis, spectral, cyclic voltammetry and biological activity studies. *Spectrochimica Acta, Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 141, 316-326.
- [48] de Jongh, L.; Dobrzanska, L.; Strasser, C.E.; Raubenheimer, H.G.; Cronje, S., (2014), Imine-coordinated 2-aminoazole complexes of Au(I): complicating reactions and verification of products by crystal structure determination. *Zeitschrift fuer Naturforschung, B: A Journal of Chemical Sciences*, 69(11/12), 1073-1087.
- [49] Malecki, J.G., (2012), Half-sandwich ruthenium(II) complexes with N- and N,(N,O)-donor ligands: molecular, electronic structures, and computational study. *Structural Chemistry*, 23(2), 461-472.
- [50] Turhan, İ. Bazı benzimidazol türevlerinin proton transfer tuzları ve onların metal komplekslerinin sentezi ve kullanım alanlarının araştırılması. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2018.

İlkinen, vd., Journal of Scientific Reports-B, Sayı 4, 19-28 Aralık 2021.
İlkinen, et all., Journal of Scientific Reports-B, Number 4, 19-28, December 2021.

- [51] Burgess, K.; Johnson, B.F.G.; Lewis, J.; Raithby, P.R., (1982), Journal of the Chemical Society, Dalton Transactions: Inorganic Chemistry, (10), 2085-92.