

E-ISSN 2117- 8625
Number 5
June 2022

JSR B

JOURNAL OF SCIENTIFIC REPORTS B

JOURNAL OF SCIENTIFIC REPORTS B - JUNE 2022 - NUMBER 5



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

Dumlupınar University Press

gate of
science



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 çalışmaların 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 KÜFREVOĞLU	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

- Kömür Yıkama Tesisi Şistlerinin Asit Maden Drenajı Potansiyelinin Kolon Testi ile Belirlenmesi*** 1-10
Determination of Acid Mine Drainage Potential of by Column Test The Coal Washing Plant Shists
Rasim BAYIR*, Cengiz KARAGÜZEL
- Elektrikli Araçların Batarya Yönetim Sisteminin Soğutma Sistem Tasarımı ve Kontrolü*** 11-21
Cooling System Design and Control of Battery Management System of Electric Vehicles
Murat TÖREN*, Hakkı MOLLAHASANOĞLU, Salih Muhsin KAYA
- AA Ev Yüklerini Besleyen Fotovoltaik / Batarya Sisteminin Matlab/Simulink Modeli ve Simülasyonu*** 22-31
Photovoltaic / Battery System Feeding AC House Loads Matlab/Simulink Model and Simulation
Furkan Muhammed KIRIKÇI*, Miraç ÖZTÜRK, Hakan KAHVECİ



ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article)

**KÖMÜR YIKAMA TESİSİ ŞİSTLERİNİN ASİT MADEN DRENAJİ POTANSİYELİNİN
KOLON TESTİ İLE BELİRLENMESİ**

Rasim BAYIR^{1*}, Cengiz KARAGÜZEL²

¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Maden Mühendisliği, Kütahya, rasim.bayir1@ogr.dpu.edu.tr,
ORCID: 0000-0002-5893-7184

²Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya,
cengiz.karaguzel@dpu.edu.tr, ORCID:0000-0003-1505-7678

*Geliş Tarihi(Received Date):*27.02.2022

*Kabul Tarihi(Accepted Date):*18.08.2022

ÖZ

İnsan ihtiyaçları madencilik faaliyetleri ile doğal kaynaklardan karşılanmaktadır. Bu faaliyetler sürecinde su, hava ve toprak gibi alıcı ortamlar etkilenebilmektedir. Günümüzde bu süreçler proaktif bir yaklaşımla yönetilebilmekte ve çevre dostu madencilik yapılabilmektedir.

Bu çalışmada, Kütahya-Tavşanlı bölgesinde bulunan bir kömür şirketine ait kömür yıkama tesisi şist atıklarının asit maden drenajı özelinde çevresel etkileri araştırılmıştır. Bu kapsamda, numune hazırlama işlemlerinin ardından sahadan alınan numunelere kinetik testler uygulanmıştır. Kinetik kolon testleri standartlara göre dizayn edilmiş farklı boy ve çaplardaki kolonlar yardımıyla yapılmıştır. Kinetik kolon testlerinde partikül boyutu, kolon çapı, bakteri (*thiobacillus ferrooxidans*) miktarı gibi değişken parametreler incelenmiştir. Farklı parametrelerin araştırıldığı sistematik testler sonunda kolonlardan elde edilen süzüntülerin homojen bir karışım yapılarak zamana bağlı pH, Eh(mV), İletkenlik/Ec (mS/cm) değerleri ve numunelerin metal ve anyon içerikleri belirlenmiştir. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, kinetik sonunda yüksek nötralizasyon potansiyeline sahip yan kayaç nedeniyle çalışma süresi boyunca gözlenen yüksek pH seviyeleri nedeniyle %1 civarında S⁻² içeren numunelerin AMD üretmeyeceği belirlenmiştir.

Anahtar kelime: AMD, Kinetik test, Bakteri, pH, Eh, İletkenlik(Ec)

**DETERMINATION OF ACID MINE DRAINAGE POTENTIAL OF BY COLUMN
TEST THE COAL WASHING PLANT SHISTS**

ABSTRACT

Human needs are supplied from underground resources by mining activities. In the process of these activities, receiving environments such as water, air and soil can be affected. Today, these processes can be managed and environmentally friendly mining can be done with a proactive approach.

In this study, the environmental effects of the schists of a coal washing plant belonging to a coal company in the Kütahya-Tavşanlı region were investigated specifically for acid mine drainage. In this

context, kinetic tests were applied to the samples taken from the field, following the sample preparation procedures. In the kinetic column tests, columns designed in different lengths and diameters designed according to the standards were also carried out. Variable parameters such as particle size, column diameter, bacteria (*thiobacillus ferrooxidans*) amount were investigated in kinetic column tests. At the end of systematic tests in which different parameters were investigated, the time dependent pH, Eh(mV), Conductivity/Ec (mS/cm) values of the filtrates obtained from the columns and the metal and anion contents of the samples were determined by making a homogeneous mixture of the total filtrates.

When the results were evaluated in general, it was determined that the samples containing around 1% S²⁻ would not produce AMD due to the high pH levels observed during the study period due to the high neutralization potential host rock at the end of the kinetic tests.

Keywords: AMD, Kinetic test, test, Bacteria, pH, Eh, Conductivity (Ec)

1. GİRİŞ

Madencilik faaliyetleri; başta enerji olmak üzere bir çok endüstriyel sektörün hammadde ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Madenlerin üretilmesi ve zenginleştirilmesi aşamalarında oluşabilecek çevre kirliliğine karşı tedbir alınması başta su kaynakları olmak üzere alıcı ortamların zarar görmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle madencilik faaliyetleri öncesinde proaktif bir yaklaşım güdülerek oluşabilecek çevresel problemlere karşı tedbirler alınmaktadır. Bir risk analizi çerçevesinde yürütülen bu çalışmalarda özellikle sülfür içeren sahalarada Asit Maden Drenajı (AMD) oluşumunu tahmin etmeye ve/veya belirlemeye yönelik testler yapılmaktadır.

Asit maden drenajı (AMD); pirit, pirotin ve markazit başta olmak üzere sülfür içeriğine sahip kömür sahalarında, baz metal içerikli uranyum ve kıymetli metal madenlerinde; oksijenin, suyun ve mikro organizmaların etkisiyle meydana gelmektedir [3], [7]. AMD, bir maden alanında pirit, pirotin ve markazit gibi demir minerallerinin nemli ortamda oksitlenmeye maruz kalmasıyla gelişen tepkimeler sonucu sulu ortama proton (H⁺) iyon vermesi ve çözeltinin asidik niteliğe dönüşmesi olayı olarak tanımlanmıştır [4].

Genel olarak sülfür içeren mineraller AMD oluşumuna sebep olabilmek ile birlikte pirit AMD'nin oluşumunda birincil etkidir. Bazı maden atık sahalarında bolca miktarda bulunan pirit oksidasyona maruz kalarak ayrışmaya neden olmaktadır (Reaksiyon1).



Reaksiyon 1'de görüldüğü üzere pirit moleküller oksijen ve suyla bir araya gelerek, ayrışır ve serbest kalan kükürt oksitlenerek sülfat oluştururken Fe⁺² ve H⁺ ortama geçmektedir.



Reaksiyon 2'de Fe⁺³ iyonu oksitlenerek reaksiyon 1'e oranla daha fazla asit üretimine neden olmaktadır. Pirit oksitlenmesiyle oluşan asidik sular, ortamdaki diğer metal sülfürlerle reaksiyona girerek daha fazla metal ve asit üretimine neden olmaktadır (Reaksiyon2-3) [2].

Maden atıklarında bulunan sülfür minerallerinin çeşidi, nem, oksijen konsantrasyonu, bakteri varlığı, alkali minerallerin özelliği ve miktarı, AMD'nin oluşumunu etkileyen başlıca faktörlerdir. Diğer taraftan atık yığımında sülfürlü ve alkali cevherlerin dağılımı, sülfürlü cevherlerin yüzey alanı dolayısı ile tane boyutu ve oksidasyon hızı da AMD oluşumunu etkileyen önemli parametrelerdendir[5]. Özellikle atıkların depolandığı pasa alanlarında ve liç işlemi sırasında oluşturulan cevher yığınlarında görülen AMD, yeraltı madencilğinde sürülen galeriler nedeniyle suyun ve havanın etkisiyle sülfürlü cevherlerin hızla oksitlenmesiyle birlikte yeraltı işletmelerinde de görülmektedir. Maden pasa alanlarında ve yeraltında sülfür içeren kayaçların oksidasyonunu etkileyen faktörler sülfür içeriği, su miktarı, hava miktarı, bakteri içeriği ve alkali mineral içeriğidir [1]. AMD'nin oluşumunda etkili mekanizmalar ise kimyasal oluşum, jeokimyasal oluşum, fizikokimyasal oluşum, biyokimyasal oluşum mekanizmaları ile nütürleştirme mekanizmaları olarak çeşitli kaynaklarda açıklanmaktadır [5]. Bu kompleks olayları incelemek ve tespit etmek oldukça zor olup, statik ve kinetik tahmin yöntemleri ile çalışma alanlarının asit üretme ve nütürleştirme potansiyelleri çeşitli araştırmacılar tarafından irdelenmektedir [6], [8]. Madenlerde sülfürlü mineraller asit üretimine neden olurken, bunun aksine karbonatlı mineraller (kalsit, dolomit vb.) hatta bazı silikatlar nütürleşmeyi sağlamaktadır. Dolayısı ile asit üretim potansiyelinin nütürleştirme potansiyeline oranı pasa alanlarında mutlaka belirlenmelidir. Statik testler ile yapılan bu çalışmalar sadece tahmin çalışmaları olup, bu çalışmaların zamana bağlı süzüntülerin alındığı ve irdelendiği kinetik testlerle (kolon, nem hücresi vb.) desteklenmesi beklenmektedir.

Bu çalışmada, bir kömür yıkama tesisinde fiziksel işlemlerden sonra, artık olarak elde edilen şistlerin depolandığı şist harmanının statik ve kinetik testler ile asit üretme, nütürleştirme ve zamana bağlı süzöntü özellikleri irdelenmek suretiyle AMD potansiyeli araştırılmıştır.

2. MALZEME ve YÖNTEM

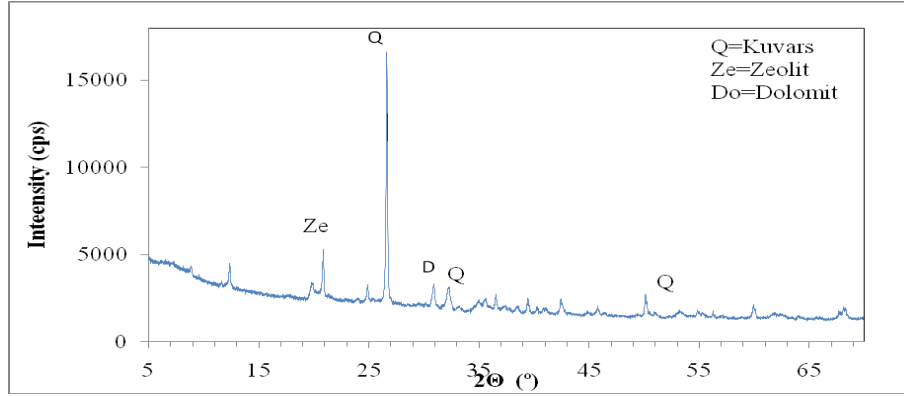
2.1. Malzeme

Bu çalışmada kullanılan örnekler, Kütahya Bölgesi'nde faaliyet gösteren özel bir kömür işletmesinin kömür yıkama tesisi şistlerinin depolandığı pasa sahasından temin edilmiştir. Sahadan 9 adet numune alınmış, örnekler ÖLŞ 1, ÖLŞ 2, ÖLŞ 3,.....,ÖLŞ 9 şeklinde kodlanmıştır. Sahadan temin edilen örnekler, nem uzaklaştırma işlemlerini takiben kırma, öğütme ve sınıflandırma işlemleri ile statik ve kinetik testler için Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği Laboratuvarlarında hazırlanmıştır.

Örneklerin karakterizasyon testleri harman sahasını temsil etmesi amacıyla dokuz farklı örneğin karıştırılması ile elde edilen bir örnek üzerinden gerçekleştirilmiştir. Tablo 1'de örneklerin kimyasal analizi (XRF) verilirken Şekil 1'de XRD grafiği verilmiştir.

Çizelge 1. XRF Karakterizasyon Analizi.

Bileşik Adı	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	SO ₃	TiO ₂
Bileşik Oranı (Konsantre%)	56,19	17,99	11,55	5,02	4,44	1,58	1,16	0,75
Bileşik Adı	P ₂ O ₅	MnO	NiO	Na ₂ O	Cr ₂ O ₃	SrO	CeO ₂	ZrO ₂
Bileşik Oranı (Konsantre%)	0,47	0,3	0,17	0,11	0,09	0,08	0,06	0,04



Şekil 1.Şist Örneğine ait XRD Grafiği.

Tablo 1 ve Şekil 1 irdelendiğinde, şistleri oluşturan minerallerin silika, alümina ve demir içeriği yüksek örnekler olduğu kuvars, zeolit ve dolomitin ise yaygın mineraller olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2. Şist Örneklerinin Sülfür İçerikleri.

Numune Kodu	Sülfür, %
ÖLŞ-1	0,8524
ÖLŞ-2	2,1845
ÖLŞ-3	0,757515
ÖLŞ-4	1,0949
ÖLŞ-5	1,64495
ÖLŞ-6	0574105
ÖLŞ-7	053969
ÖLŞ-8	0898675
ÖLŞ-9	0,21576

2.2. Yöntem

Çalışmaya konu örneklerin AMD oluşturma potansiyeline yönelik olarak sırasıyla kısa süreli tahmin esasına dayalı statik testler ve sahanın simülasyonunu esas alan kinetik testler yapılmıştır. Statik testler, Sobek ve ABA standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Buna göre asit üretim potansiyeli ve nötrleştirme potansiyeli sülfüre bağlı olarak aşağıdaki Eş 4. ve Eş 5. yardımıyla belirlenmiştir

$$AÜP = 31.25 * \%S \quad (4)$$

$$NP = 50 * am * \frac{(va - \frac{am}{bm}) * vb}{nA} \quad (5)$$



Şekil 2. Kinetik Test Düzenegi.

Farklı çap ve boylardan oluşan 4 farklı grupta yapılan kolon testlerinde öncelikle tane boyutunun etkisi araştırılmıştır. Buna göre A, B, C ve D grupları halinde oluşturulan kolonlara sırasıyla -4;+2, -2;+1, -1;+0,5,-0,5mm boyut gruplarında numuneler beslenmiştir. Kolonlara bölgedeki beş yıllık yağış verileri ortalamaları ile günlük yağışı temsilen 31 hafta boyunca ortalama 10 ml/gün miktarında su ve belirli miktarda hava beslenmiştir. Elde edilen süzüntülerin ise her hafta pH, Eh ve 11. Ve 24. Haftalarda iletkenlik ölçümleri yapılmıştır

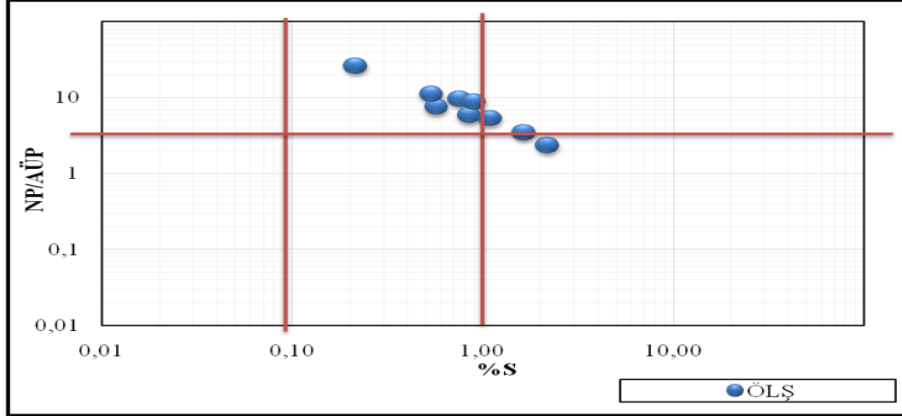
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Statik testlerin potansiyel (NP) değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Sobek ve ABA standartlarına göre yapılmış olup, örneklerin asit üretim potansiyel (AÜP) ve nötrleşme potansiyel (NP) değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. AÜP ve NP tablosu.

Numune Kodu	AÜP	Numune Kodu	NaOH miktarı	NP
ÖLŞ-1	26,6375	ÖLŞ-1	27,6	155
ÖLŞ-2	68,26563	ÖLŞ-2	27,3	158,75
ÖLŞ-3	23,67234	ÖLŞ-3	21,8	227,5
ÖLŞ-4	34,21563	ÖLŞ-4	25,4	182,5
ÖLŞ-5	51,40569	ÖLŞ-5	25,9	176,25
ÖLŞ-6	17,94078	ÖLŞ-6	29,2	135
ÖLŞ-7	16,86531	ÖLŞ-7	25	187,5
ÖLŞ-8	28,08359	ÖLŞ-8	20,3	246,25
ÖLŞ-9	6,7425	ÖLŞ-9	26	175

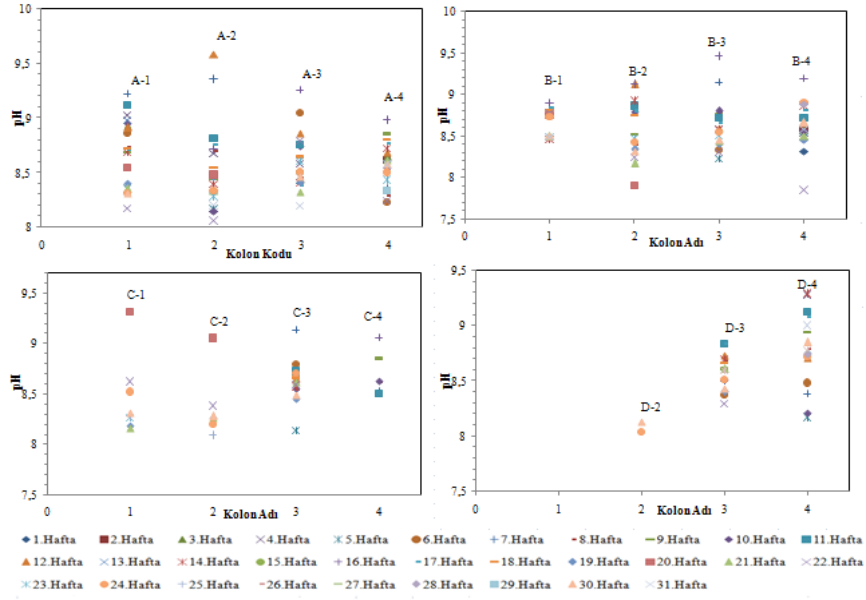
Sahanın ortalama AÜP içeriği 30,42544 kgCaCO₃/t iken ortalama NP içeriği 182,6389 kgCaCO₃/t olarak bulunmuştur. Ortalama NP/AÜP ise 8,88 kgCaCO₃/t olarak bulunmuştur. Diğer taraftan Tablo 2'de elde edilen sonuçlar Karagüzel vd [6] tarafından modifiye edilmiş bir model yardımıyla değerlendirilmiştir. Şekil 3'te çalışmaya konu örneklerin sülfür içeriğine bağlı NP/AÜP ilişkisi görülmektedir



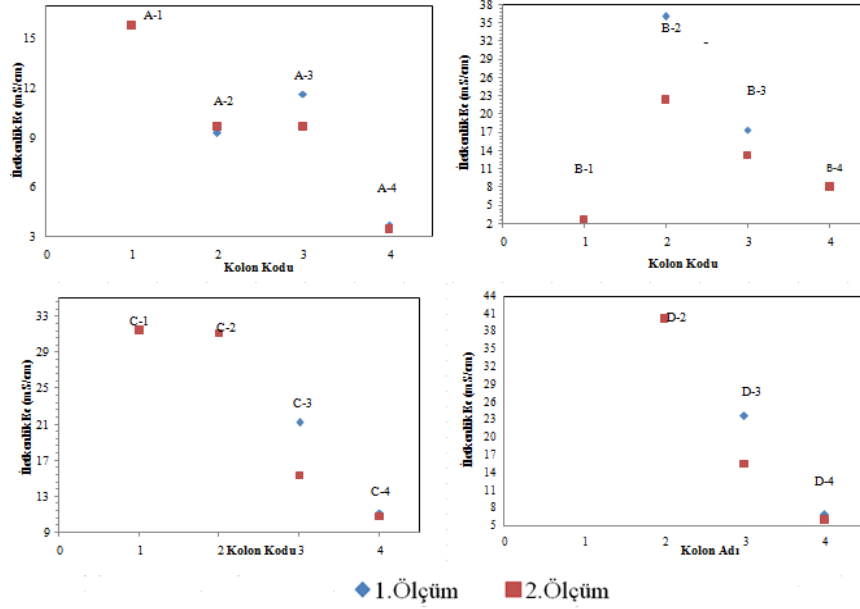
Şekil 3. Şist Örneklerinin NP/AUP ve %S Değerlerinin Model Üzerinde Gösterimi.

Elde edilen sonuçlar irdelendiğinde örneklerin 0,1-1 %S içeriğine sahip olduğu görülürken örneklerin NP/AÜP içeriğinin 3 sınır değerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Maden atıkları Yönetmeliğine göre, asit üretiminin düşük olduğu anlaşılmasına rağmen bu çalışmada örneklerin sülfür içeriğinin %1 civarında olması her ne kadar nötrleşme potansiyeli yüksek olsa da kinetik testler ile sonuçların doğrulanması gerekliliğini ortaya koymuştur.

Çalışmanın sonraki aşamasında doğal ortamın simüle edilebildiği daha kolonlar yardımıyla kinetik testler gerçekleştirilmiştir. Altı ay süre ile gerçekleştirilen kolon testlerinde bölgenin iklim durumu da dikkate alınarak kolonlara beslenen hava ve su miktarları belirlenmiştir. Doğal ortamın tam olarak simüle edilmeye çalışıldığı kolon çap, boy, tane boyutu, bakteri varlığı gibi parametrelerin AMD'ye etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Sonuçlar haftalık bazda kolonlardan alınan süzüntü suların pH, Eh ve iletkenlik ölçümleri ile değerlendirilmiştir. Şekil 4'te dört farklı kolon grubundan elde edilen süzüntülerin haftalık bazda pH değerleri görülmektedir.

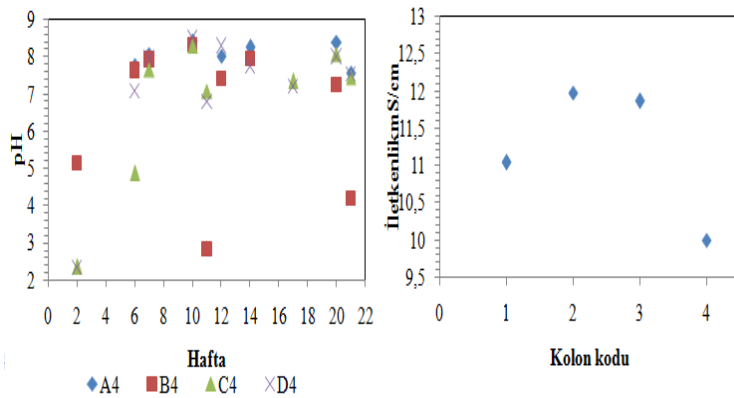


Şekil 4'te görüldüğü üzere 31 haftalık izlenimler sonucunda kolonlarda pH seviyesi 7,5-9,5 arasında değiştiğini ve tüm şartlarda asit maden drenajının oluşmadığını göstermektedir. Diğer taraftan tane gruplarına ve kolon ebatlarına göre elde edilen sonuçlar irdelendiğinde taneler ile çözeltinin temas süresinin arttığı dar kolonlarda ve ince tanelerin beslendiği kolonlarda göreceli olarak pH'nın arttığı görülmektedir. Bu duruma şistler içindeki nötrleştirici potansiyeli yüksek minerallerin neden olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 5. Kolonların İletkenlik(mS/cm) grafiği.

İletkenlik taneler ile çözelti arasındaki iyon alışverişini dolayısı ile çözeltiye iyon geçişinin yorumlanması amacıyla kullanılan bir teknik olup, asit maden drenajı kaynaklı olabilecek kirlilik artışının takibinde kullanılmaktadır. Şekil 5'te görüldüğü üzere 31 haftalık izlenimler sonucunda kolonlarda iletkenlik 2-44 mS/cm aralığında kalmıştır. Bu sonuç tüm kolonlarda iletkenliğin oldukça düşük olduğu göstermekte olup, bu durum ortamda asidik koşulların oluşmaması nedeniyle kirlilik oluşturacak iyon geçişinin de olmadığını göstermektedir. Aynı zamanda ortam pH sınır bir miktar arttığı kolonlarda oluşabilecek alkali drenajında herhangi bir çözünmeye neden olmadığını göstermektedir.



Şekil 6. Bakteri Kolonlarının pH ve İletkenlik(mS/cm) grafiği.

Şekil 6’da görüldüğü üzere bakteri (thiobacillus ferrooxidans) kullanılan kolonlarda pH ve iletkenlik değerlerinin bakteri kullanılmayan kolonlara (Şekil 4 ve Şekil 5) göre çok fazla değişmediği takip edilmektedir. Asidik ortamda çoğaltılan bu bakteriler kolonlarda ilk iki hafta da göreceli pH düşüşüne neden olsa da nötrleştirici minerallerin yoğun olduğu ortamda pH ve iletkenliğin bakteri kullanılmayan ortamlarda ölçülen değerlere ulaştığı görülmektedir.

4. SONUÇLAR

Kömür yıkama tesisi şist harmanından alınan örneklerin asit maden drenajı özelinde çevresel etkilerinin irdelendiği bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- Örneklerin toplam S değeri ortalama % 0,2-2,1 aralığındadır.
- Statik test sonuçlarına göre örneklerin ortalama AÜP değeri 30,42544 kg CaCO₃/t iken ortalama, NP değeri 182,6389 kg CaCO₃/t olarak bulunmuştur. Ortalama NP/AÜP ise 8,88 kg CaCO₃/t dur.
- Kinetik testlerde değişen tane boyutu ve kolon ebatlarına göre küçük değişiklikler olsa da genel olarak tüm kolonlarda pH’nın 7,3 - 7,9 değerleri aralığında, iletkenliğinde 3 mS/cm - 45mS/cm aralığında kaldığı görülmüştür. Kinetik test parametreleri kolon boy, çap ve tane boyutunun ise sınırlı düzeyde etkin olduğu genel sonucu değiştirmedeği belirlenmiştir.
- Nötürleştirici minerali yüksek olan şistlerin bakteri varlığında da asit maden drenajı üretmediği belirlenmiştir.

Elde sonuçlara göre kömür yıkama tesisi şist artıklarının depolandıkları ortamda asit maden drenajı üretmediği ortaya konulmuştur.

TEŞEKKÜR

Laboratuvar testlerindeki yardımlarında dolayı Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Araştırma Görevlisi Dr. Ömer CANIEREN ve Maden Mühendisliği Laboratuvar sorumlu tekniker Murat ÖZKAN teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- [1] Anıl, M., Özdemir, A. C., Altınçelep, Z., & Demirel, E. (2014), Sülfürlü Mineraller İçeren Maden Yataklarında İşletme Sırasında ve Sonrasında Asit Kaya (Maden) Drenajlarının Oluşup Oluşmayacağına Yönelik Kestirimler: Akdağ, Karıncadağ ve Bolcardağ Örneği. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi , 29(1), 127-144.
- [2] Gül, S. (2014), Bakteriyel Faaliyetlerin Etkisi. Balıkesir/Balya Pb-Zn Maden Atık Sahasının Biyojeokimyası Ve Asidik Maden Drenajı Oluşumuna Etkilerinin Araştırılması (S. 10-11). İçinde İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi-Fen Bilimleri Entitüsü/Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi.

- [3] Karadeniz, M. (Mayıs 2005). Asit Maden(Kaya) Drenajında Aktif ve Pasif Çözüm Yöntemleri. Madencilik ve Çevre Sempozyumu (s. 91). Ankara: MTA Gene Müdürlüğü.
- [4] Karadeniz, M. (2008), Sülfürlü Madenlerin Sorunu Asit Maden Drenajı ve Çözümü. Ankara: TMMOB Maden Mühendisleri Odası yayını.
- [5] Karadeniz, M. (2011), Biyokimyasal mekanizma. Balıkesir-Balya- Kurşun-Çinko Madeni Flotasyon Artıklarının Asit Maden Drenajı Oluşum Potansiyelinin Derinlik Değişiminin Araştırılması (S. 42-43). İçinde Ankara: Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmış Doktora Tezi.
- [6] Karagüzel, C., Ören, Ö., Şahbaz, M., Canıeren, Ö., Demir, U., & Şahbaz, O. (2020, Mayıs 5), Prediction of acid mine drainage potential of dump sites by using. Arabian Journal of Geosciences , s. 1-4.
- [7] Kuyucak, N. (2000), Microorganisms, biotechnology and acid rock drainage—emphasis on passive-biological control and treatment methods. Mining, Metallurgy & Exploration, 17(2), 85-95.
- [8] Yücel, D. Ş., & Baba, A. (2016), Prediction of acid mine drainage generation potential of various lithologies using static tests: Etili coal mine (NW Turkey) as a case study. (s. 1-16). Environ Monit Asses.



ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article)

ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN BATARYA YÖNETİM SİSTEMİNİN SOĞUTMA SİSTEM TASARIMI VE KONTROLÜ

Murat TÖREN^{1,*}, Hakkı MOLLAHASANOĞLU², Salih Muhsin KAYA³

¹ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Rize, murat.toren@erdogan.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7012-7088

² Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Rize, hakki.mollahasanoglu@erdogan.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6233-9198

³ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Rize, salihmuhsin_kaya17@erdogan.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9720-4223

Geliş Tarihi(Received Date):18.07.2022

Kabul Tarihi(Accepted Date): 05.08.2022

ÖZ

Elektrikli araç teknolojisinin gelişen otomotiv endüstrisi içerisindeki yeri her geçen gün artmaktadır. Bu araçların çalışma sistemleri içerisinde batarya yönetim sistemleri (BYS) ve bunların çalışması önemlidir. Bu çalışma kapsamında 18650 Li-iyon şarjlı ve uzun ömürlü olarak bilinen piller kullanarak yerli imkânların kullanıldığı özgün bir batarya paketi tasarlanmıştır. Tasarlanan bu batarya paketi 21 adet pilden oluşmaktadır. Batarya paketinin gerekli bağlantıları yapıldığında 11.1 V gerilim değerine sahip 10500 mAh kapasitede çalışan batarya paketi üretilmiştir. Tasarımda batarya paketinin çevresi yanmaz malzeme kaplanarak, aşırı ısınma ve alev alma gibi problemlerin önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Tasarlanan bu batarya paketinin sağlıklı bir şekilde deşarj ve şarj olabilmesi için batarya yönetim sistemi özgün şekilde kontrol edilebilir olarak tasarlanmıştır. Batarya paketindeki hücre sayısını otomatik algılayarak özel dengeleme algoritması sayesinde şarj boyunca sürekli olarak dengeleme işlemi yapması, şarjın durumu ve batarya hücrelerinin sağlık durumunun izlenmesi, batarya paketinin sıcaklığının izlenmesi için sıcaklık sensörü ve harici olarak takılabilen sıcaklık sensörü girişi ile batarya paketinin sıcaklık kontrolü yapılmıştır. Farklı test koşullarında yapılan sıcaklık kontrollerinde, çift fanlı alüminyum soğutucu kullanılarak, BYS'nin daha uzun ömürlü olması sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: *Batarya yönetim sistemi, BYS, Li-iyon, Balans, Batarya*

COOLING SYSTEM DESIGN AND CONTROL OF BATTERY MANAGEMENT SYSTEM OF ELECTRIC VEHICLES

ABSTRACT

The place of electric vehicle technology in the developing automotive industry is increasing daily. Battery management systems (BMS) and their operation are essential among the working systems of these vehicles. Within the scope of this study, a unique battery pack was designed, using local

resources, by using 18650 Li-ion charged and long-lasting batteries. This designed battery pack consists of 21 batteries. When the necessary connections of the battery pack are made, a battery pack with a voltage of 11.1 V and a capacity of 10500 mAh has been produced. The design is aimed to prevent problems such as overheating and ignition by covering the battery pack with non-combustible material. For this designed battery pack to be discharged and charged healthily, the battery management system has been designed as controllable uniquely. By automatically detecting the number of cells in the battery pack and using a special balancing algorithm, the temperature of the battery pack is controlled using a temperature sensor and an externally attachable temperature sensor input for balancing continuously during the charge, monitoring the state of charge and the health of the battery cells, monitoring the temperature of the battery pack. In temperature controls made under different test conditions, BMS's longevity was ensured using an aluminium heatsink with double fans.

Keywords: *Battery management system, BMS, Li-ion, Balance, Battery*

1. GİRİŞ

Dünyada fosil yakıtların kullanımı nüfus yoğunluğunun artmasıyla her geçen gün artmakta ve bu durum çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Bu endişe verici durumun yanında fosil yakıt rezervlerinin de sınırlı olması içten yanmalı motorlar yerine farklı alternatif arayışlarını ortaya çıkarmıştır. Alternatif arayışların başında kimyasal enerji depolayan bataryalar enerji kaynağı olarak ortaya çıkmaktadır. Pil grupları, süper kapasitör veya yakıt pilleri başlıca enerji kaynaklarıdır. Yakıt pilli elektrikli araçlar çok düşük emisyonlu olmasına rağmen yakıt pili ve hidrojen teknolojisi başlıca sorunlarıdır [1]. Diğer pil teknolojilerine kıyasla lityum iyon piller yüksek anma voltajı, yüksek enerji yoğunluğu, uzun ömrü ve hafıza etkisinin bulunmaması gibi önemli avantajlara sahip olmasından dolayı daha çok tercih edilmektedir [2]. Lityum iyon pillerin güvenliği ve performansı doğrudan batarya yönetim sistemine bağlıdır. Batarya yönetim sistemi (BYS) kısaca veri toplama, veri yorumlama ve dengeleme işleminin yapıldığı ünitedir. BYS'nin en önemli görevi pil şarj durumunu izleyerek pilin şarj/deşarj işleminin dengeli bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktır. Böylece BYS pilin aşırı şarj/deşarj durumunun önüne geçerek pil performansını arttırmaktadır [3]. Günümüzde BYS alanında yapılan çalışmalar elektrikli araçların güvenliği açısından büyük önem arz etmektedir. X. FAN ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, pil takımı tutarlılığı üzerine GMM ve GAN adı verilen iki yöntem denemışlerdir. Yapılan çalışma sonucunda, terminal voltajı için % 0,6'dan az ve enerji kullanım verimliliği için %0,3'ten az olup, pil parametrelerinin dağılımına uymada GAN tutarlılık modelinin avantajlarını kanıtlamışlardır [4]. Yapılan diğer bir çalışmada, hibrit batarya termal yönetim sistemleri (BTMS) için yeni bir tasarım önerilerek ekonomik ve mühendislik perspektiflerinden değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede, hibrit soğutma sisteminin paket seviyesindeki termal performansı, hücreden hücreye değişim göz önünde bulundurularak araştırılmıştır. İki taraflı soğuk plakalara sahip bir hibrit soğutma sisteminin, maksimum sıcaklığı 64° C'den 46.3° C'ye düşürebileceği gözlemlenen çalışmada hücrelerin sıcaklık farkını istenen aralıkta yönetebildiği sonucunu belirlemişlerdir [5]. Pil tabanlı sistemler için yapılan diğer bir çalışmada, pasif ve aktif dengeleme yöntemlerine dayalı özgün bir pil yönetim sistemi devre topolojisi oluşturulmuştur. Uygulanan çalışmada pasif ve aktif tabanlı deney sistemleri olarak ayrı ayrı testler yapılmış, pasif dengeleme modunda 16 dakika sonra hücrelerde yaklaşık 0.140 V gerilim artışı gözlemlenmiş, aktif dengeleme modunda ise 14 dakika sonra 0.155 V gerilim artışı 0.155 ölçülmüştür. Böylece çalışma sonucunda aktif ve pasif dengeleme devre yapıları birleştirilmiş ve yeni bir devre topolojisi tanıtılmışlardır [6]. Başarılı bir BMS'de, Dutta ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. BMS'nin güvenlik, koruma, şarj tahmini dahil akü yönetimi, akünün ile aracın etkin ve sorunsuz çalışması için hücre dengeleme dahil gerçekleştirilmesi gereken birçok işlevinden bahsettikleri

çalışmada, 3 seviyeli BMS için bir prototip tasarlamış ve gerçekleştirmişlerdir. Yazılım aracı olarak MATLAB/Simulink, proteus ve Arduino IDE kullanılmaktadır [7]. BYS'lerde kullanılan piller hakkında yapılan bir çalışmada, Li-iyon pil sistemlerinin güvenlik tehditleri, tasarım aşamasında BMS geliştiricileri tarafından genellikle göz ardı edildiğinden, BMS geliştiricileri için bir siber güvenlik referansı olarak kullanılacak BYS'lerde mevcut blok zinciri teknolojisinin benimsenmesini tartışmaktadırlar. BYS'leri kötü niyetli siber-fiziksel saldırılardan korumayı ve siber-fiziksel ortamlarda çok sayıda uygulama için pil sistemlerinin güvenli kullanımını sağlaması gerektiği belirlenmiştir[8].

Bu çalışmada ise hem şarj hem deşarj işleminde bataryanın eşit dolmasını ve eşit boşalmasını sağlayan, balansız bir BYS sistemi tasarlanıp, gerçekleştirilmektedir. Bu tasarım ile Batarya paketi üzerinde aşırı gerilim ve düşük gerilimin kontrolü, kısa devre kontrolü şarj deşarj modunda aşırı akım kontrolü, şarj ve deşarj modu için sıcaklık ölçümleri, hücreler arasındaki maksimum voltaj kontrolünün yapılması sağlanacaktır. Bu işlemler yapılırken aşırı ısınmanın BYS'ni olumsuz etkilememesi için çift fanlı alüminyum soğutma sistemi tasarlanmıştır. Batarya paketindeki hücre sayısını otomatik algılayarak özel dengeleme algoritması sayesinde şarj boyunca sürekli olarak dengeleme işlemi yapması, şarjın durumu ve batarya hücrelerinin sağlık durumunun izlenmesi, batarya paketinin sıcaklığının izlenmesi için sıcaklık sensörü ve harici olarak takılabilen sıcaklık sensörü girişi ile batarya paketinin sıcaklık kontrolü yapılmıştır. Bu aşamalar kullanıcıya LCD ekran ile gösterilerek kullanıcıya kolaylık sağlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Günümüzde farklı anma gerilimi ve enerji yoğunluğuna sahip çeşitli pil teknolojileri bulunmaktadır. Bu teknolojiler üzerine çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Elektrikli araçlarda yaygın olarak kullanılan ve araştırma aşamasında olan pil teknolojileri ve özellikleri Tablo 1'de verilmiştir [9].

Tablo 1. Elektrikli araçlarda kullanılan pil teknolojileri ve özellikleri.

Pil Türü	Nominal Gerilim (V)	Enerji Yoğunluğu (Wh/kg)	Çalışma Sıcaklığı (°C)
Pb-asit	2	35	-15, +50
NiCd	1.2	50-80	-20, +50
NiMH	1.2	70-95	-20, +60
Zebra	2.6	90-120	+245, +350
Li-iyon	3.7	118-250	-20, +60
LiPo	3.7	130-225	-20, +60
LiFePO4	3.2	120	-45, +70
Zn-hava	1.65	460	-10, +55
Li-S	2.5	350-650	-60, +60
Li-hava	2.9	1300-2000	-10, +70

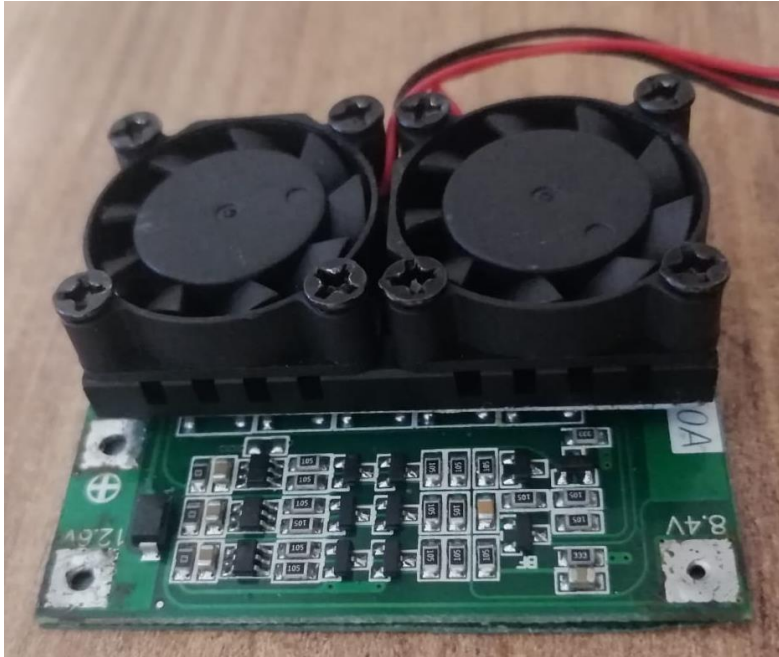
Bu çalışmada kullanılan batarya paketi oluşturmak için Li-iyon pil kullanılmıştır. Peki, neden Li-iyon pil? Lityum iyon pillerde pozitif elektrot olarak diğer materyallere göre düşük toksit, yüksek kapasite ve ucuz olması avantajı ile lityum metal oksitler kullanılmaktadır. Lityum iyon pil teknolojisi nikel tabanlı pil teknolojilerinden farklı özelliklere sahiptir. Nikel tabanlı pil gruplarına göre daha yüksek gerilim voltaj ve daha yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir. Kısa sürede kapasite kaybına uğramazlar. Daha az bakım gerektirirler. Bu piller, yanlış kullanımda tehlikeli olabilmektedirler [10].

Lityum iyon piller içerisinde yüksek kapasite barındırdığı için dikkatlice şarj edilmeli ve korunmalıdırlar. Çalışmayı yaparken kullanılan materyalleri ve yöntemleri ayrıntılı olarak açıklayın. Farklı kaynaklardan yaptığınız alıntılar referanslarda verilmeli ve kaynak gösterilmelidir.

2.1. Batarya Yönetim Sistemi (BYS)

Batarya yönetim sistemi (BYS) bir pil takımının beyni olarak tanımlanabilir. BYS, pilin tüm performansını izleyen ve yöneten elektronik sistemdir. En önemlisi, pilin güvenlik sınırlarının dışında çalışmasını engellemektedir. Bu nedenlerle BYS, pilin güvenli çalışması, genel performansı ve uzun ömürlülüğü için kritik öneme sahiptir. BYS'nin birincil işlevi, pil hücrelerini aşırı şarj veya aşırı deşarjdan kaynaklanan hasarlardan korumaktır. Ek olarak, BYS kalan şarjı hesaplar, pilin sıcaklığını izler, gevşek bağlantılar ve dâhili kısa devreleri kontrol ederek pilin sağlık ve güvenliğini izler. BMS ayrıca her hücrenin maksimum kapasitede çalışmasını sağlamak için hücreler arasındaki yükü dengelemektedir. BMS ayrıca pilde kalan şarjı da izler. Pil paketine giren ve çıkan enerji miktarını sürekli olarak takip eder ve hücre voltajlarını izler. Pilin ne zaman boşaldığını bilmek için bu verileri kullanır ve pili kapatır. Bu nedenle lityum iyon piller kurşun asit gibi ölme belirtileri göstermezler, sadece kapanırlar.

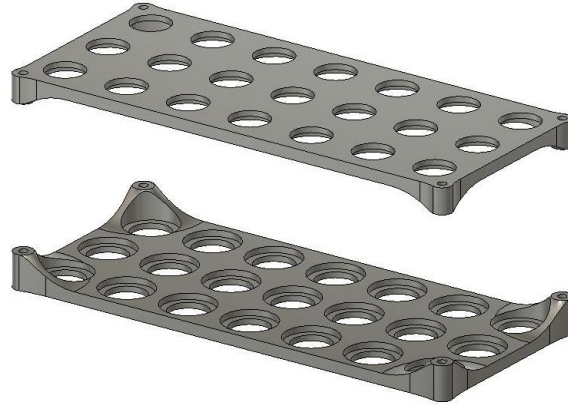
Bu çalışmada 3S 40A BYS kartı kullanılmaktadır. BYS kartı üzerinde bulunan MOSFET yarıiletkenleri alüminyum soğutuculu çift fanlı sistem ile soğutulmaktadır. Batarya paketi ile montajı yapılan BYS kartının üzerine yerleştirilen alüminyum soğutuculu çift fanlı sistem Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. Alüminyum soğutuculu çift fanlı BYS kartı.

2.2. Metot

Yapılan çalışmada, pil paketini oluşturmak için 21 adet 1500 mAh, 3.7 V, ve 18650 Li-iyon şarj edilebilir pil kullanılmaktadır. Pillerin sabit ve sağlam bir şekilde sıralanması için ürün tasarımı ve üretim için bulut tabanlı 3B CAD, CAM ve PCB yazılım platformu olan Fusion 360 programı ile tasarlanan pil yatağının görüntüsü Şekil 2’de verilmektedir.



Şekil 2. Tasarlanan pil yatağı.

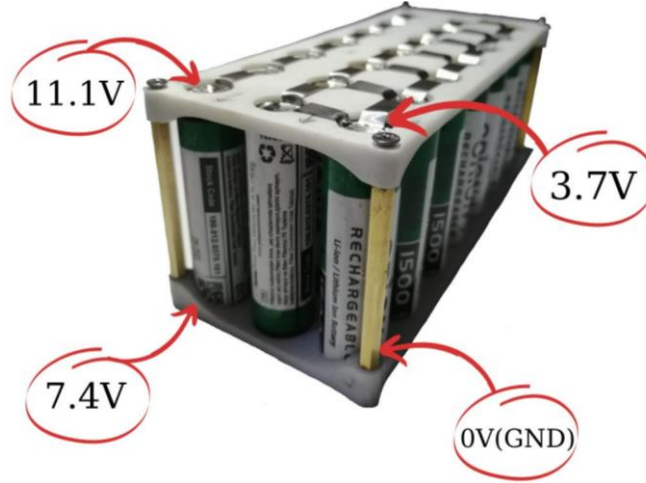
21 adet pil, yatak üzerinde bulunan ve pil çapıyla eşit olan yuvalarına teker teker yerleştirilmiştir. Üst kapak kapatılıp 50 mm M3 Metal diş-erkek aralayıcı ile montajı tamamlanmıştır. Montajı yapılan pil paketi aşağıdaki Şekil 3’te verilmektedir.



Şekil 3. Montajı tamamlanan pil paketi.

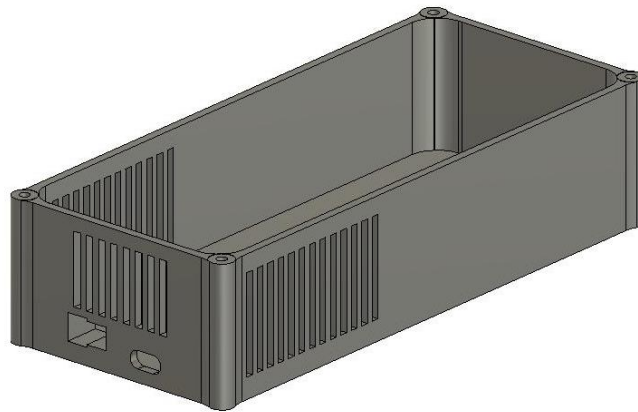
Pil paketi oluşturulduktan sonra 7 pil birbirine paralel kendi içerisinde grup olacak şekilde bağlantısı yapılmıştır. Bu 7’li gruplar kendi arasında 1 adet hücreyi oluşturmaktadır. Bu işlem ile 3.7 V 10500 mAh pil oluşturulmuştur. Oluşturulan 3 adet 7’li pil grubu seri şekilde bağlanarak 11.1 V pil paketi oluşturulmuştur. Pillerin bağlantısı için 0.20 x 6 mm nikel şerit tel kullanılmıştır. Nikel şerit telin bağlantılarını lehim ile yapmak yerine punto kaynak makinesi ile yapılmıştır. Pillerin aşırı ısınıp

kimyasal yapısının bozulmaması ve daha sağlam bir bağlantı olması için punto kaynak makinesi kullanılmıştır. Bağlantılar sonrasında pil paketinin 4 çıkışı olmaktadır. Bu çıkışlar (0 V (GND), 3.7 V, 7.4 V, 11.1 V), Şekil 4’te verilmektedir.



Şekil 4. Pil paketi çıkış gerilimleri.

Oluşturulan pil paketinin kısa devre olmasını engellemek için bağlantı yüzeyleri yapışkanlı yalıtkan conta kâğıdı ile kaplanmıştır. Tamamlanan batarya paketini sağlıklı bir şekilde şarj ve deşarj etmek için BY5 kartı ile bağlantıları yapılmıştır. BY5 kartı, soğutucu fan, işlemci ve sensörlerin bağlı olduğu devre kartı ile LCD ekranın birleştirildiği kasa Fusion 360 programı üzerinde tasarlanmış 3D yazıcı ile çıktıları alınmıştır. Tamamlanan batarya paketini sağlıklı bir şekilde şarj ve deşarj etmek için BY5 kartı ile bağlantıları yapılmıştır. BY5 kartı, soğutucu fan, işlemci ve sensörlerin bağlı olduğu devre kartı ile LCD ekranın birleştirildiği kasa Fusion 360 programı üzerinde tasarlanmış 3D yazıcı ile çıktıları alınmıştır. Üretilen kasanın görüntüsü Şekil 5’te verilmektedir.



Şekil 5. BY5 kartı ile işlemci kartı için tasarlanan mahfaza.

Batarya yönetim sisteminin bileşenleri olan fanlar, işlemci ve LCD ekranın beslenmesi için BYS kartının çıkışından alınan 12 V gerilim aşağıda tasarlanan devre ile 5 V gerilim değerine düşürülmüş ve bu gerilim ile fanlar, işlemci ve LCD ekran beslenmiştir. Sensörlerin giriş ve çıkışlarının BYS kartı ile bağlantıları yapılmıştır. İşlemci ile LCD ekranın bağlantıları yapıp BYS sistemi tamamlanmıştır. BYS sisteminin genel görünümü Şekil 6'da verilmektedir.



Şekil 6. Tasarlanan BYS sisteminin genel görünümü.

3. BULGULAR

Bu çalışmada, tasarlanan batarya paketi ile BYS kartının montajı yapılarak, Tablo 2'de verilen test koşullarında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Tablo 2'de verilen test koşullarını sağlamak için, yüksek akım taşıma kapasitesine sahip dirençler tercih edilmiştir. Söz konusu direnç değerleri ve harcanan güç miktarları da Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Test koşulları.

Deşarj Süresi (sn)	Gerilim (V)	Akım (A)	Direnç (Ω)	Harcanan Güç (W)
60	12	15	0.8	180
60	12	20	0.6	240
60	12	25	0.48	300
60	12	30	0.4	360
60	12	40	0.3	480

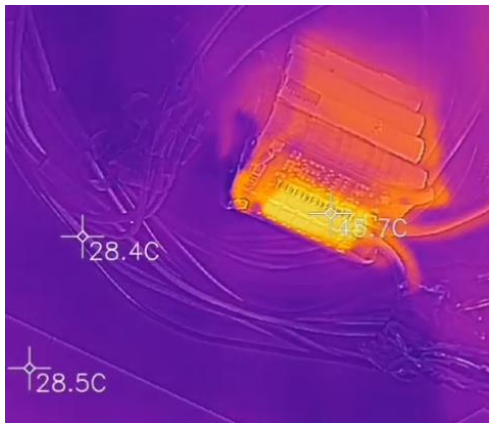
Tablo 2'de verilen test koşulları için, sistemden çekilen farklı akım değerinde BYS kartının sıcaklık ölçümleri, termal kamera ile gerçekleştirilmiştir. Bu BYS kontrol kartından araç için çekilen akım değerleri 15 A ile 40 A arasında değişken değerler aldığıında harcanan güç dolayısıyla da transfer edilmesi gereken ısı artmaktadır. Her bir akım değeri için elde edilen sıcaklık ölçümleri Şekil 7 ve Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3. Test koşulları uygulandığında BYS kartı üzerinde oluşan sıcaklık değerleri.

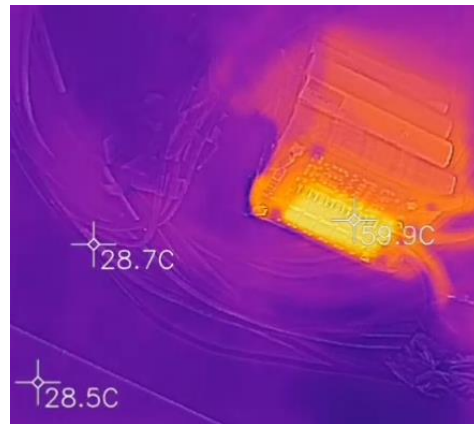
Deşarj Süresi (sn)	Gerilim (V)	Akım (A)	Oluşan Sıcaklık Değeri ($^{\circ}\text{C}$)
60	12	15	45.7
60	12	20	59.9
60	12	25	73.2

Tören, vd., Journal of Scientific Reports-B, Sayı 5, 11-21, Haziran 2022.
Tören, et al., Journal of Scientific Reports-B, Number 5, 11-21, June 2022.

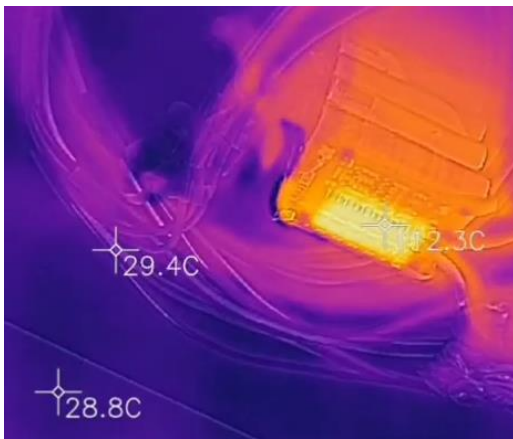
60	12	30	112.3
60	12	40	141.3



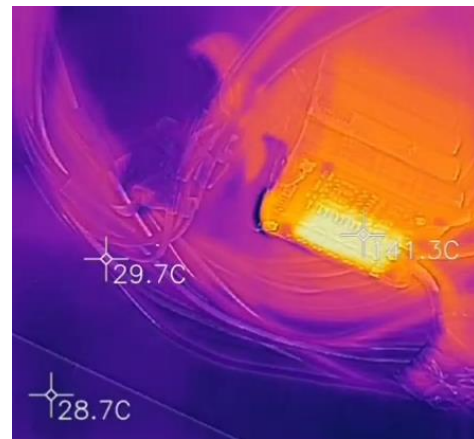
(a) 15 A



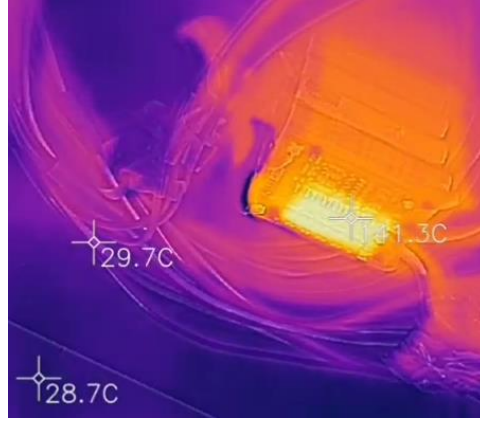
(b) 20 A



(c) 25 A



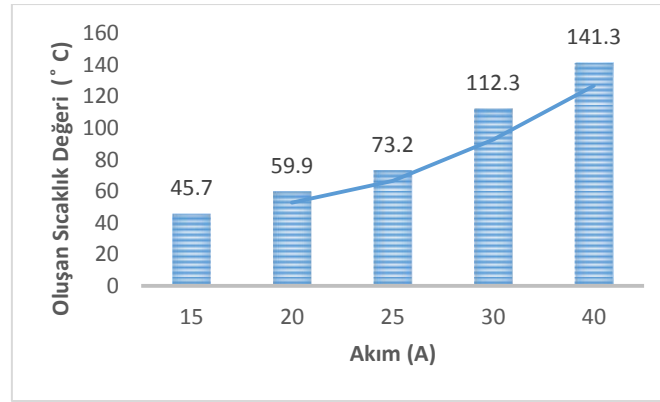
(d) 30 A



(e) 40 A

Şekil 7. BYS kartı üzerinde oluşan sıcaklığın termal kamera ile görüntüsü.

Şekil 7 ve Tablo 3 'te görüldüğü gibi, BYS 'den görülen akım değeri artışı sistem içerisindeki sıcaklığı da arttırmaktadır. Sistemde Tablo 3 'e göre 15 A 'de 45,7 °C sıcaklık oluşuyor iken, 30 A akım çekildiğinde sıcaklık değeri 141,3°C olmaktadır. Akım iki kat artsa da sıcaklık değerinin 3,09 kat arttığı belirlenmektedir. Bu değişim, Şekil 7'de grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 8. BYS kartı üzerinde oluşan sıcaklığın, akım değerleri ile değişimi.

Bu durum ısının transferinin ne kadar gerekli olduğunu göstermektedir. Tasarlanan sistemde sıcaklık sensörünün +40 derece üzerinde ölçüm almaya başlaması ile MOSFET'ler üzerinde bulunan özgün tasarımı üretilen çift fan kullanılan alüminyum soğutuculu sistem devreye girmektedir. Böylece yüksek sıcaklıkların önüne geçilmektedir. Böylelikle BYS kartının nominal değerlerde çalışması sağlanmış olup, BYS kartının yüksek sıcaklıklarda oluşabilecek olumsuzlukları giderilmiş, BYS kartının daha uzun ömürlü olmasını sağlanmaktadır.

Ayrıca, BYS kartı ile bağlantısı yapılan batarya paketinde şarj ve deşarj işlemi uygulanmıştır. Her bir hücrenin deşarj ve şarj gerilimleri ölçülmüştür. Deşarj işleminde batarya yönetim sistemi her bir

hücreyi 2.7 V gerilimde kapatmaktadır. Batarya tekrar şarj edildiğinde batarya yönetim sistemi her bir hücreyi 4.2 V gerilim değerinde şarj işlemini sonlandırmaktadır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Li-iyon piller, uzun ömürlü olmalarından dolayı, çoğu endüstriyel sistemde tercih edilmektedir. Bu çalışmada, Li-iyon pillerin özgün bir şekilde paketlenmesiyle, elektrikli araçlar için BYS tasarlanmaktadır. Ayrıca BYS 'de görülen gerilim değerleri ve BYS kartı üzerinde oluşacak sıcaklık LCD ekranda görüntüleyerek batarya paketinin sağlıklı çalıştırılması ve uzun ömürlü olması sağlanmıştır. Bu tasarım ve sistemler ile, BYS kartı üzerinde bulunan yüksek akım değerlerinde oluşan ayrıca, elektrikli araç için de oluşabilecek sıcaklık değerlerinin transfer edilerek, araç sisteminin nominal değerde çalışması sağlanabilmektedir. Ayrıca Li-iyon kullanılmasıyla sistemin BYS ve enerji üretim kısımlarında toksit oluşturma olasılığının düşürülmesi, maliyet azalımı ve yüksek gerilim ile enerji yoğunluğu elde edilmesi sağlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Araştırmamızın uygulama aşamasındaki laboratuvar desteği için, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölüm Başkanlığına teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- [1] Frieske, B., Kloetzke, M. ve Mauser, F., (2013), Trends in vehicle concept and key technology development for hybrid and battery electric vehicles, World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27), 1-12.
- [2] Khaligh, A. ve Li, Z., (2010), Battery, Ultracapacitor, Fuel Cell, and Hybrid Energy Storage Systems for Electric, Hybrid Electric, Fuel Cell, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles: State of the Art, IEEE Transactions on Vehicular Technology, 59, 2806-2814.
- [3] Bowkett, M., Thanapalan, K., Stockley, T., Hathway, M. ve Williams, J., (2013), Design and implementation of an optimal battery management system for hybrid electric vehicles, 19th International Conference on Automation and Computing, 1-5.
- [4] Fan, X., Zhang, W., Sun, B., Zhang, J. ve He, X. (2022), Battery pack consistency modeling based on generative adversarial networks. Energy, 239, 122419.
- [5] Wang, R., Liang, Z., Souri, M., Esfahani, M.N. ve Jabbari. M. (2022), Numerical analysis of lithium-ion battery thermal management system using phase change material assisted by liquid cooling method. International Journal of Heat and Mass Transfer, 183.
- [6] Kıvrak, S., Özer, T., Oğuz, Y. ve Kelek, M.M. (2021), Novel active and passive balancing method-based battery management system design and implementation. J. Power Electron. 21, 1855–1865.
- [7] Dutta B., Jaiswal S., Phatarpekar V., Tayal V.K., Singh H.P. (2022), Design and Implementation of a 3 Level Battery Management System (BMS) for an Electric Vehicle. In: Natarajan S.K.,

Prakash R., Sankaranarayanan K. (eds) Recent Advances in Manufacturing, Automation, Design and Energy Technologies. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Singapore.

- [8] Kim, T., Ochoa, J., Faika, T., Mantooth, A., Di, J., Li, Q. and Lee, Y. (2020), An overview of cyber-physical security of battery management systems and adoption of blockchain technology. IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics.
- [9] Yong, J. Y., Ramachandramurthy, V. K., Tan, K. M., ve Mithulananthan, N. (2015), A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects. Renewable and sustainable energy reviews, 49, 365-385.
- [10] Çetin, M. S., Karakaya, B., ve Gençoğlu, M. (2021). Elektrikli araçlar için lityum iyon bataryaların modellenmesi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 33(2), 755-763.



ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article)

**AA EV YÜKLERİNİ BESLEYEN FOTOVOLTAİK / BATARYA SİSTEMİNİN
MATLAB/SİMULINK MODELİ VE SİMÜLASYONU**

Furkan Muhammed KIRIKCI^{1,*}, Miraç ÖZTÜRK², Hakan KAHVECİ³

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Trabzon, mfurkankirikci@ktu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7585-9800

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Trabzon, miracozturk61@outlook.com, ORCID: 0000-0002-6021-5316

³ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Trabzon, hknkahveci@ktu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9369-2330

Geliş Tarihi(Received Date):19.07.2022

Kabul Tarihi(Accepted Date): 05.09.2022

ÖZ

Türkiye, yenilenebilir güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan bir ülkedir. Fotovoltaik panel sistemlerinden elde edilen elektrik enerjisinin kullanımı ise ülkemizde son yıllarda artmıştır. Bu konu ile alakalı devletimiz de teşvikler vermektedir; fakat ev yüklerinde kullanılan enerji şebeke elektrik enerjisi olduğundan dolayı fotovoltaik sistemlerin çıkışında sabit gerilim elde edilmelidir. Sistem çıkışında elde edilen enerjide meydana gelebilecek bir dalgalanma veya harmonikler ev yüklerine ve şebekeye zarar vermektedir. Bu çalışmada, modellenmiş bir ev tipi yük uygulaması için batarya destekli fotovoltaik güç kaynağı modellenmiş ve simüle edilmiştir. Sistemde meydana gelebilecek yük değişimlerine karşın MPPT tasarlanmıştır. MPPT tasarımında güç ve akım ilişkisi göz önünde bulundurulmuştur. Kullanılan yöntem sayesinde sistemde bulunan batarya ve beslenen yükler korunmuştur. Sabit bara gerilimi çıkışında DA / AA evirici kullanılmıştır. PI kontrol sistemi sayesinde batarya sistem grubundan şarj veya deşarj akımı kullanılmıştır. Tüm sistem; fotovoltaik panel, elektriksel yükler, DA / DA yükseltici ve DA / AA evirici dönüştürücü, kontrol yapıları ve şebeke modeli MATLAB / Simulink simülasyon programında modellenmiş ve sistem alınan sonuçlar ile doğrulanmıştır. AA bara çıkışında sabit bir gerilim elde edilmiş ve LC filtre ile gerilim üzerindeki dalgalanmalar giderilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Fotovoltaik Panel, Yenilenebilir Enerji, MPPT, Batarya, Dönüştürücü*

**PHOTOVOLTAIC / BATTERY SYSTEM FEEDING AC HOUSE LOADS
MATLAB/SIMULINK MODEL AND SIMULATION**

ABSTRACT

Turkey is a country with a high potential for renewable solar energy. The use of electrical energy obtained from photovoltaic panel systems has increased in our country in recent years. Our government also gives incentives on this subject, but since the energy used in household loads is electricity from the grid, a constant voltage should be obtained at the output of photovoltaic systems. A fluctuation or harmonics that may occur in the energy obtained at the system output damage the

house loads and the grid. In this study, a battery-assisted photovoltaic power supply is modeled and simulated for a modeled household load application. MPPT is designed against load changes that may occur in the system. In MPPT design, the relationship between power and current has been considered. Thanks to the method used, the battery and the fed loads in the system are protected. DC / AC inverter is used at the output of fixed busbar voltage. Thanks to the PI control system, charge or discharge current from the battery system group is used. Whole system; photovoltaic panel, electrical loads, DC / DC boost converter and DC / AC inverter converter, control structures and grid model were modeled in the MATLAB / Simülink simulation program and the system was verified with the results. A constant voltage was obtained at the AC bus output and the fluctuations on the voltage were removed with the LC filter.

Keywords: *Photovoltaic Panel, Renewable System, MPPT, Battery, Converter*

1. GİRİŞ

Gün geçtikçe gelişen teknoloji ve artan dünya nüfusu elektrik enerjisine olan talebi artırmaktadır. Elektrik enerjisinin üretiminde kullanılan fosil enerji kaynaklarının rezervlerinin azalması ve çevreye verdikleri zararlar yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyacı artırmıştır. Aynı zamanda teknolojinin gelişmesiyle beraber yeni çıkan evsel elektriksel yüklerinin talep ettiği gücü, şebeke bazı bölgelerde karşılayamaz duruma gelmiştir. Bundan dolayı ev tipi uygulamalarda, yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma oranı en yüksek olan güneş enerjisi kullanılmaya başlanmıştır.

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmek için kullanılan başlıca sistem fotovoltaiik panel sistemidir. Fotovoltaiik sistemler ilk olarak 1893 yılında Becquerel tarafından, elektrolit içine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin, elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğunu gözlemleyerek bulunmuştur [1]. Fotovoltaiik sistemin bulunması tarihsel olarak geç olmasına rağmen, 1970 yılında başlayan petrol krizi yüzünden son çeyrek asırda kullanılma oranı artmıştır.

Ülkemizde ise güneş enerjisi genellikle sıcak suyun elde edilebilmesi ve ürün kurutmasında kullanılmaktadır. Son yıllarda devletimizin enerji üretimine teşvik vermesi nedeni ile şebekeye elektrik enerjisi üretimi artmıştır. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) verilerinden anlaşıldığı üzere Türkiye günlük toplam 7,5 saat, yıllık toplam 2.741 saat güneşlenme süresine sahiptir [2]. Verilerden anlaşıldığı üzere ülkemiz güneşlenme süreleri açısından oldukça yüksek değerlere sahiptir. Bölgesel olarak ise Güneydoğu Anadolu bölgesi birinci sırada yer alırken bunu ikinci sırada Akdeniz Bölgesi üçüncü sırada ise Doğu Anadolu Bölgesi takip etmektedir [3].

Fosil yakıtlarda meydana gelen rezerv ve fiyat sorunu nedeni ile kullanımı artan fotovoltaiik sistemler enerji talebini karşılayamamıştır. Çünkü bu sistemlerin üretim maliyetleri oldukça fazlaydı ve güneş enerjisinden elektrik enerjisi dönüşümünde yüksek kayıplar meydana gelmekteydi. Yükte meydana gelen ani değişimler ile güneş ışınımında meydana gelen değişimler sistemde problemler ortaya çıkarmaktadır. İlk yapılan sistemlerde depolama teknolojisi kullanılmadığından dolayı kesintiler meydana gelmektedir. Bu problemlerin çözülmesi için yarı iletken teknolojisi ve sistem çıkışındaki enerji kontrol yöntemleri üzerinde çalışmalar vardır.

Fotovoltaiik sistemden elde edilebilecek maksimum güç değeri, güneş ışınım değeri, ışınım açısı, ortam sıcaklığı ve kontrol parametrelerine bağlıdır. Panelin uçlarından alınacak akım ve gerilim değerleri, ortam koşulları ve yük grubuna bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Panel üzerine gelen ışınım miktarı ve paralel panel miktarı sistemin akımını değiştirmektedir. Seri panel miktarı ve ortam

sıcaklığı ise sistemin gerilimini değiştirmektedir. Bundan dolayı ortam şartları ve yük grubuna bağlı olarak maksimumu gücün elde edilebilmesi için güneş paneli maksimum güç noktasında çalıştırılmalıdır. Bu maksimum güç noktasını yakalayabilmek için MPPT algoritmaları geliştirilmiştir.

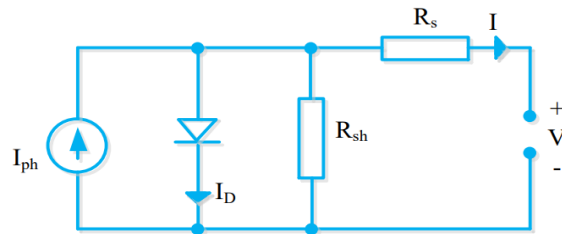
Bu çalışmada fotovoltaik panel grubundan elde edilen elektrik enerjisi ile şebeke elektrik enerjisinin birlikte kesintisiz olarak ev yükünü beslemesi modellenmiştir. Fotovoltaik panel grubundan alınan ışınımın gerilim ve akım sinyallerine dönüştürülür. Sistemde bulunan maksimum güç izleyicisi sayesinde panel üzerinden en yüksek verimlilikle faydalanılır. Maksimum güç izleyicisinde güç ve akım sinyalleri alınarak sistem üzerinde bulunan yüklerin tam verimlilikle çalışması sağlanır. Tasarımda yüklerin çalışması gereken sabit gerilim göz önünde bulundurulmuştur. Şebeke modeli ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları modellerinde belirli bir oranda gerilim opsiyonuna izin verilmesinin nedeni genellikle tüketici odaklı yapılmayan kontrol metodunda belirli sapmaların meydana gelmesidir. Yapılan tasarımda ise panelden çekilen akım ve güç sinyalleri baz alınarak kontrol yapıldığı için dönüştürücü ve batarya sistemi tüketici barasını sabit 400 volt yapma üzere bulunmaktadır. Bundan dolayı bu gerilim opsiyonu tasarımda minimize edilmiştir. Batarya sisteminin kontrolü sabit PI kontrolörler ile yapılmış olup, buradaki temel amaç dönüştürücünün sabit gerilimi karşılayamadığı durumlarda sisteme girmektir. Batarya şarj ve deşarj modlarında çalışarak sisteme katkı sağlamaktadır. Bütün bu sistem sonunda elde edilen sabit 400 volt DA gerilimi bir evirici yardımıyla AA gerilime dönüştürülmüştür. Şebeke enerjisinin dalga formunu yakalamak için ise sistem sonuna filtre konularak, dalgalanma ve harmonikler minimize edilmiştir. Kontrol ve elektriksel parametreler belirlenen uygun aralıklardan seçilmiş olup, şebeke elektrik enerjisine en yakın form elde edilmiştir. Modellenen sistem bütün elemanlarıyla birlikte MATLAB / Simülink ortamında simülasyonu yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

AA Ev yüklerini besleyen Fotovoltaik / Batarya sistemi; fotovoltaik panel, DA / DA yükselten dönüştürücü, maksimum güç izleyicisi, batarya grubu ve filtreden oluşmaktadır. Tasarlanan sistemdeki fotovoltaik panellerden güç ve akım arasındaki ilişki ile maksimum güç elde edilmiştir. Elde edilen elektrik enerjisi ise evirici önündeki barada 400 V sabit tutulup yükün korunması sağlanmıştır. Baranın gerilimi ise PI kontrolör ile sabit tutulmuştur.

2.1. Fotovoltaik Panelin Eşdeğer Devre Modeli

Fotovoltaik panel üzerine olan çalışmalarda kullanılan birden fazla model bulunmaktadır. Bu çalışmada bir diyot modeli kullanılacaktır. Kullanılacak olan diyot modeli Şekil 1 'de verilmektedir. Güneş radyasyonunun düzgün bir dağılım gösterdiği durum üzerinden bir diyot modelinin elektriksel parametreleri belirlenmiştir [4].



Şekil 1. Fotovoltaik panel eşdeğer devresi [5].

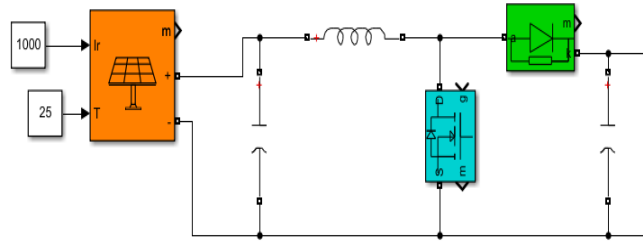
Şekil 1 'deki devreye Kirschoff uygulandığında sisteme aktarılan akımın ifadesi düğüm gerilimleri metoduna göre Eşitlik 1 'de verilmektedir.

$$I = I_{PH} - I_D = I_{PH} - I_0 \cdot (e^{\frac{qV}{n \cdot k \cdot T}} - 1) \quad (1)$$

Burada q: elektron yükü ($1,6 \times 10^{-19} C$), k: Boltzman sabiti ($1,38 \times 10^{-23}$), T: Kelvin biriminden sıcaklık, n: diyot faktörüdür [6]. Buna göre (1) nolu denklemde $V=0$ değerinde kısa devre akımı, $I=0$ 'da açık devre gerilimi V tanımlanabilmektedir. Tasarlanan sistemde ise 17 paralel, 10 adet seri hücre kullanılmıştır. Paralel hücreler evsel elektrik yüklerinin çektiği akım değerini; seri hücreler ise gerilim değerini sağlamaktadır.

2.2. DA/DA Yükselten Dönüştürücü

Güneş panellerinden elde edilen elektrik enerjisi güneş ışınım miktarına bağlı olarak sürekli olarak değişmektedir. Ancak beslenecek yükün sabit bir gerilim ile beslenmesi gerekmektedir. Bundan dolayı bu tarz sistemlerde kullanılacak olan DA / DA yükselten dönüştürücüler büyük önem taşımaktadır. Modellenen sistemde kullanılan yükselten dönüştürücü Şekil 2' de gösterilmektedir. Dönüştürücünün girişinde kullanılan kapasite panel çıkışında oluşabilecek dalgalanmaları önlemektedir ve kapasite değeri $1000 \mu F$ 'tır.

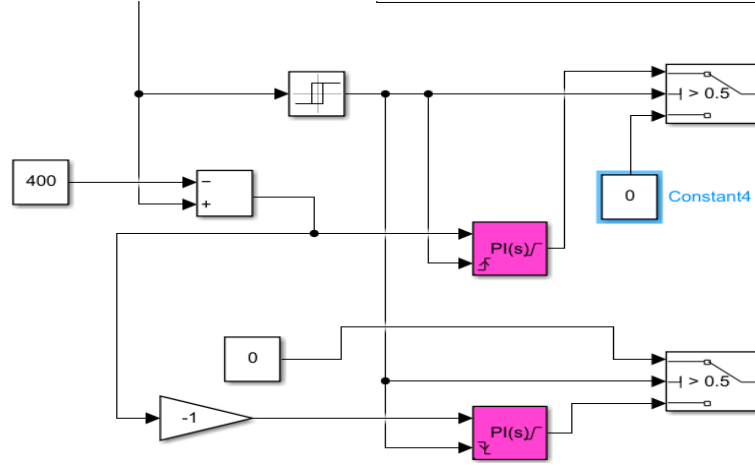


Şekil 2. DA/DA Yükselten dönüştürücü.

Dönüştürücünün çıkışında yer alan kapasite ise dalgalanmaları önlemektedir ve değeri $3000 \mu F$ 'tır. Dönüştürücünün ortasında yer alan bobin ise yükselteç görevi görmekte ve diyot ise ters akımı engellemektedir.

2.3. Bara Gerilimini Sabit Tutan Kontrolör Yapı

Evsel elektrik yükleri şebekeden beslenmediği zamanda fotovoltaik panelden beslenmesi sağlanmıştır. Yüklerin bozulmaması için sabit bir gerilimde çalışması gerekmektedir. Bundan dolayı dönüştürücünün sonunda yer alan DA bara gerilimi 400 V değerinde sabit tutulması planlanmaktadır. Tasarlanan sistem Şekil 3 'de gösterilmektedir.



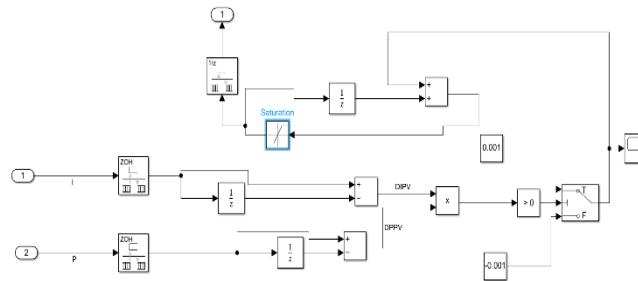
Şekil 3. Sabit bara gerilimi kontrolörü.

Kontrol yöntemi olarak PI seçilmiştir. DA bara geriliminden alınan sinyal kablosu ile 400 V sabit gerilim değeri karşılaştırmaya koyularak aradaki fark PI kontrol ile sıfıra indirilmiştir. Burada önemli olan husus katsayıların seçilmesidir. Bunun için çeşitli metotlar mevcuttur.

Bara geriliminin 400 V değerinden fazla veya az olması durumunda bataryanın şarj ve deşarj durumları belirlenmiştir. Bara geriliminin fazla olması durumunda PI kontrol bataryayı şarj eden MOSFET elemanını tetikleyecek ve batarya şarj olacaktır. Bara geriliminin düşük olması durumunda ise PI kontrol bataryayı deşarj eden MOSFET elemanını tetikleyecek ve batarya deşarj olacaktır. Böylelikle bara gerilimi 400 V değerinde sabit tutulacaktır.

2.4. Maksimum Güç İzleyici

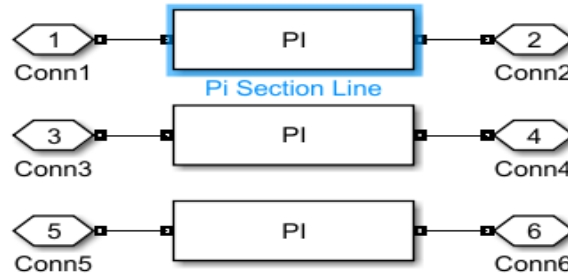
Bara gerilimini sabit 400 V tutmak için kontrolörün yanı sıra fotovoltaik panel sisteminden maksimum güçte faydalanmak gerekir. Işınım ve yük değerleri değiştiği durumlarda maksimum güç izleyicisi yükselten dönüştürücüdeki MOSFET anahtar elemanını anahtarlama yaparak gerilimi sabit tutmaktadır. Burada kontrole alınan parametreler güç ve akım değerleridir. Bu değerler anlık olarak ölçülmekte ve bir önceki değerlerle karşılaştırılmaktadır. Çarpımlarından alınan sinyal hata oranı sıfır olacak şekilde MOSFET anahtarlama elemanının kapı ucuna PWM tetikleme sinyali vermektedir. Şekil 4 'de tasarlanan maksimum güç izleyicisi gösterilmektedir.



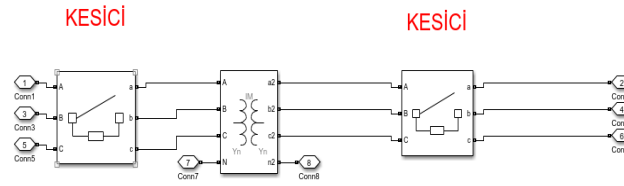
Şekil 4. Maksimum güç izleyicisi.

2.5. Şebeke Dağıtım Hattı Modeli

Şebeke elektrik enerjisinin üretimi ve dağıtımı Simülink ortamında modellenmiştir. Üretim generatörü modellenmiş olup 154 kV gerilim üretmektedir. Gerilim seviyesi pi modeli hat ile dağıtım hücresinde transformatörle düşürülüp dağıtım hattı ile eve gelmiştir. Sistemde var olan kayıplar göz önünde bulundurulacak şekilde parametreler seçilmiştir. Tasarlanan iletim hattı Şekil 5 'de; hücresi Şekil 6 'da gösterilmektedir.



Şekil 5. İletim hattı modeli.

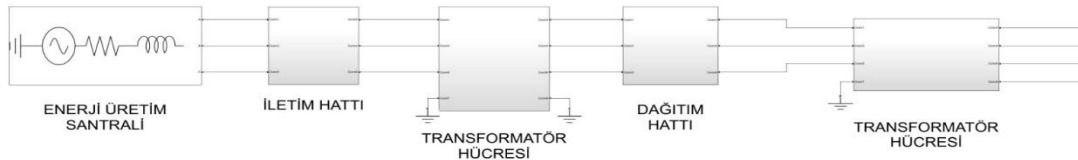


KURU TİP TRANSFORMATÖR

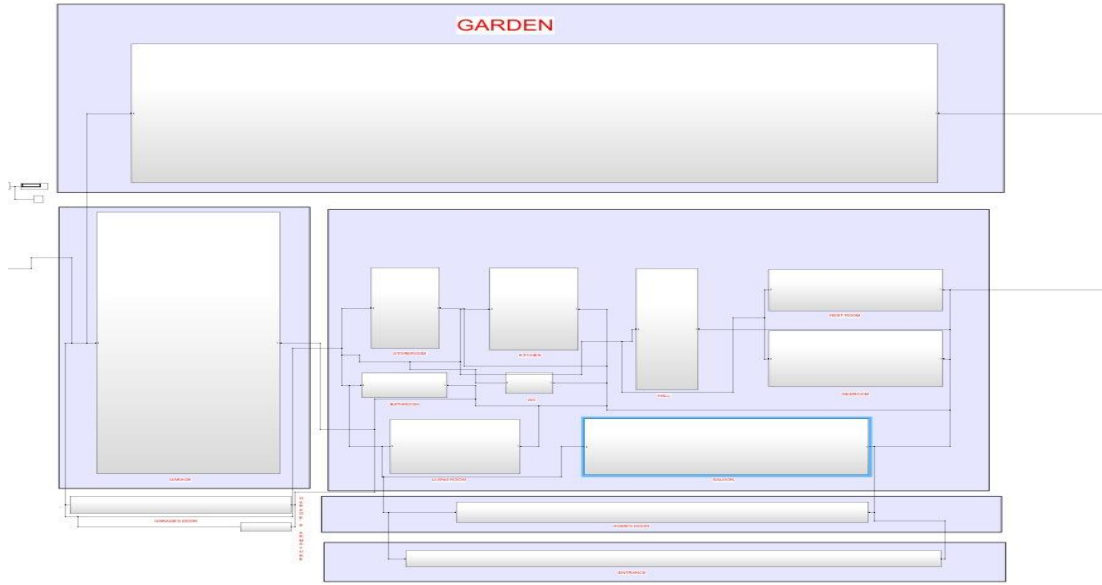
Şekil 6. Transformatör hücresi.

2.6. Tasarlanan Sistemin Simülasyon Tek Hat Modeli

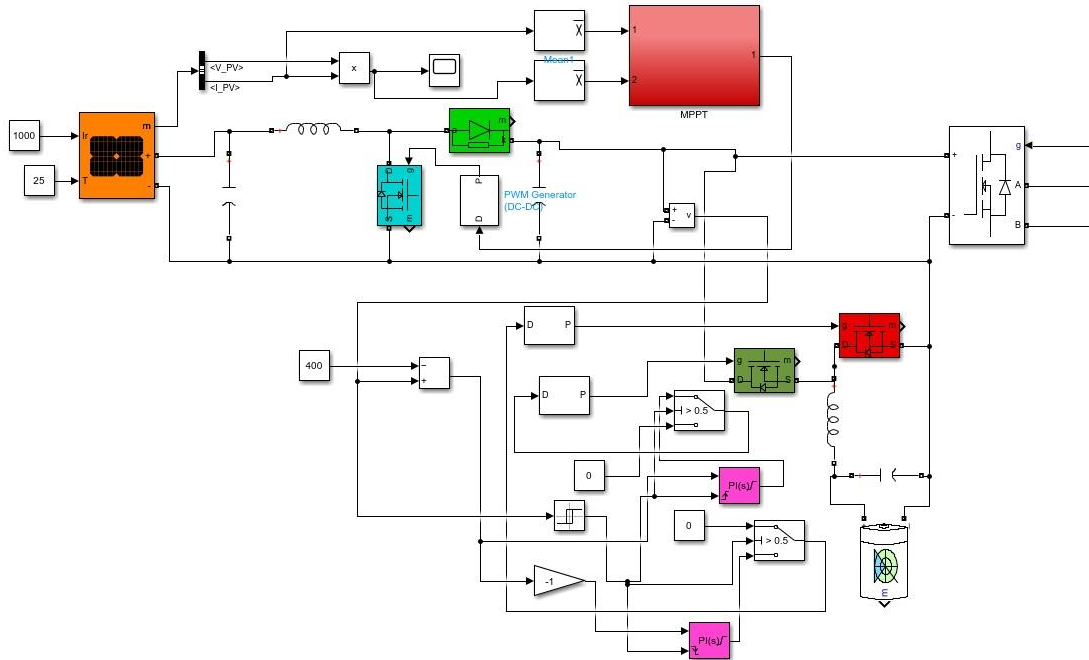
Sonuçların ve sistemin daha iyi anlaşılabilmesi için şebeke hat modeli, evsel elektrik sisteminin hat modeli ve yenilenebilir enerji sistem modeli Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9 'da gösterilmektedir. Şebeke hat modeli içerisinde yer alan transformatör hücresi ve iletim hattı modelleri bir önceki bölümde Şekil 5 ve 6 'da gösterilmektedir. Evsel elektrik yük modeli ise tesisat modeli kullanılmış olup her kat paralel tek hat üzerinden modellenmiştir.



Şekil 7. Şebeke hat modeli.



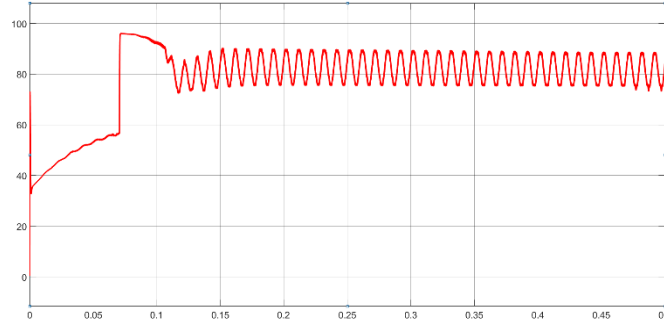
Şekil 8. Evsel elektrik sistemi hat modeli.



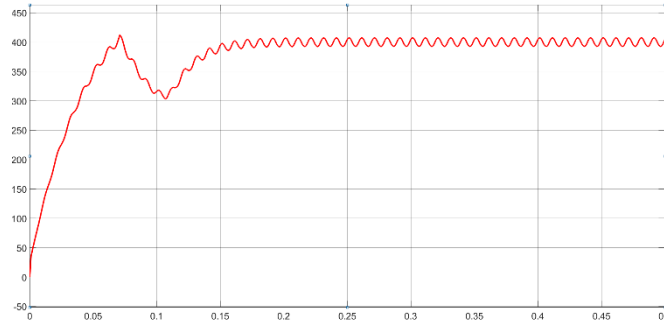
Şekil 9. Yenilenebilir enerji sistem modeli.

3. SONUÇLAR

Elde edilen simülasyon çalışmasının sonuçlarından anlaşılacağı üzere batarya gerilimi sabit tutulmaktadır. Bunu sağlayan yapı DA referans bara gerilimi kontrolörüdür. 400 V referans değeri karşılaştırılarak, batarya sistemde sadece güneş enerjisinin yükü karşılayamadığı durumlarda devreye girip çıkacak şekilde ayarlanmıştır. Batarya gerilimini günün tamamında sabit bir referans aralığında tutarak, sisteme kesintisiz güç kaynağı sağlanmaktadır. Elde edilen sonuç, tasarlanan sistemde batarya ana güç kaynağı yerine, herhangi bir aplikasyon durumunda faal duruma gelebilecek kaynak haline geldiğini göstermektedir. Batarya gerilimi Şekil 10 'da sabit tutulan referans bara gerilimi ise Şekil 11 'de gösterilmektedir.



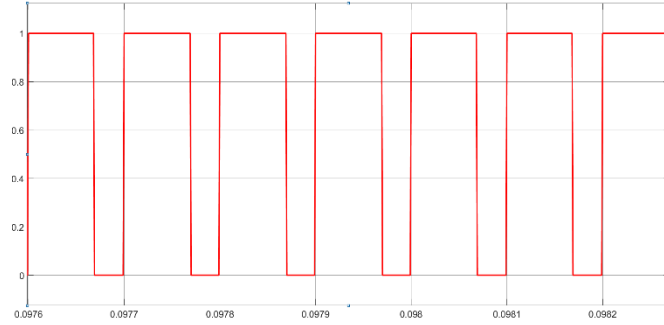
Şekil 10. Batarya gerilimi.



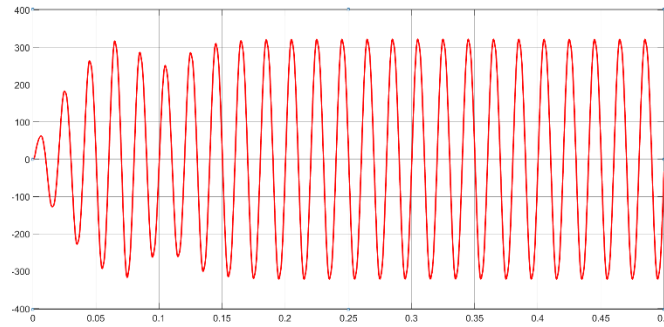
Şekil 11. 400 V DA bara gerilimi.

Maksimum güç izleyicisi ise akım ve gerilim çarpımından elde edilen sinyali işleyerek MOSFET 'in kapı ucuna sinyal yollamaktadır. Burada kullanılan yöntemle, panelin sistemdeki yüklere güç vermesi yâda sistemdeki yüklerin bataryadan güç çekmesi üzerine bir kontrol yapılmıştır. Yani panelin akım ve güç değerleri kontrol parametrelerini oluşturmaktadır. İşlenen sinyalin negatif çıkması panelin yeterli güç ve akımı sağlayamadığını, pozitif çıkması ise yeterli gücü sisteme sağladığını göstermektedir. Sistem akımı dengede tutularak çıkış gerilimi sabit tutulmuştur. Tetikleme sinyali Şekil 12 'de gösterilmektedir. Kontrol yöntemleri sonucunda DA / AA evirici çıkışında elde edilen 220 V gerilim değeri ise Şekil 13 'de gösterilmektedir. Kullanılan şebeke enerjisi ise Şekil 14 'de gösterilmektedir. Şekil 13 'de elde edilen gerilim değeri filtreye konularak dalgalanması azaltılmıştır.

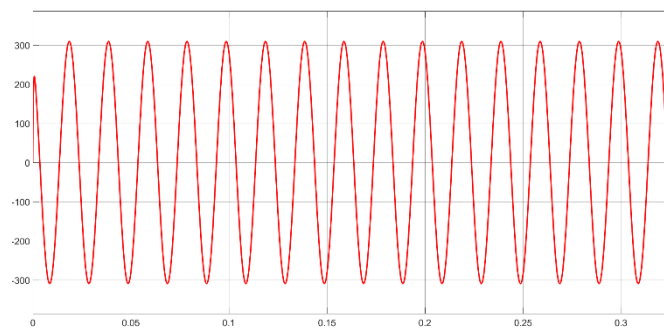
Şekil 13 ve 14 'den anlaşılacağı üzere evsel elektrik yükleri için sabit bara gerilim kontrolörü ile şebeke gerilimi karşılaştırmasında aynı sonuçlar elde edilmiştir. Kullanılan gerilim seviyesi ve şekli evsel yüklerle zarar vermeyecek şekilde tasarlanmıştır. Batarya grubu sayesinde gerilim değeri, ışınım ve yüke bağlı olarak dalgalanma göstermemektedir.



Şekil 12. MOSFET kapı tetikleme sinyali.



Şekil 13. DA/AA Evirici çıkış gerilimi.



Şekil 14. Şebeke gerilimi.

4. TARTIŞMA

Evsel elektrik yüklerinin artmasıyla beraber şebekenin gücü evlerde yetersiz kalmaya başlamıştır ve arızalar meydana gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinin kullanılmasıyla

şebekenin yükü hafifletilmeye veya var olan evsel yüklerin enerjisiz kalmaması planlanmıştır. Bu çalışmada tasarlanan simülasyon modeli, herhangi bir aplikasyon durumunda şebeke enerjisinin kesilmesi sonucu yükün enerjisiz kalmasını sağlamaktadır. Simülasyon manuel olarak veya sistem üzerinde yer alan maksimum güç izleyicisi sayesinde otomatik olarak devreye girebilir.

Tasarlanan fotovoltaik sistem güneş paneli ile başlamaktadır. Batarya sabit bir gerilim aralığına geldikten sonra, panel yükün istediği yeterli gücü sağlayamadığı durumlarda devreye girip çıkmaktadır. Şekil 10 'da yer alan grafik bunu göstermektedir. DA barasında ise sabit gerilim elde edilmiş ve DA / AA evirici ile şebeke harici kullanım sağlanmıştır. Evirici verimi, anahtarlama frekansı ve sabit yük gerilimi göz önünde bulundurularaktan bara gerilimi 400 V seçilmiştir. AA bara geriliminde meydana gelen dalgalanmalar filtre elemanları ile düzeltilmeye çalışılmıştır. DA barasındaki gerilimin sabit tutulmasıyla 311 volt maksimum değerli AA gerilim elde edilmiştir.

Maksimum güç izleyicisi sayesinde batarya / fotovoltaik panel grubunun verimli kullanılması amaçlanmıştır. Akım ve güç sinyallerinin belirlenen sınırlar arasında işlenmesiyle elde edilen MOSFET kapı sinyali Şekil 12 'de gösterilmektedir. MOSFET kapısına gönderilen sinyal ile yükseltici DA dönüştürücüsü bara gerilimini sabit tutmaktadır. Anahtara gelen sinyal sayesinde gerilimi yükselten bobin devreye girip çıkmaktadır. Kontrol parametrelerinde ve dönüştürücü, filtre elemanlarının değerlerinde yapılacak optimizasyon ile sistem verimi artırılabilir. Bara gerilimi bobin değeri ile ayarlanmaktadır.

AA bara gerilimi ile şebeke bara gerilimi aynı değerde olup, sinyalleri Şekil 13 ve Şekil 14 'de gösterilmektedir. Şebeke enerjisinin gücü yeterli olmadığı durumlarda güneş enerjisi devreye alınarak yük beslendiğinde sinyallerin efektif değerleri ve frekansları aynı olduğundan dolayı yük üzerinde herhangi bir problem meydana gelmeyecektir.

KAYNAKÇA

- [1] Erkul, A., (2010), Monokristal, Polikristal ve Amorf-Silisyum Güneş Panellerinin Verimliliğinin İncelenmesi ve Aydınlatma Sistemi Uygulaması., Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye,
- [2] <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes> /Türkiye Cumhuriyeti Enerji Bakanlığı Website [Online], Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA). 15 Haziran 2022.
- [3] Kırbaş, İ., Çifci, A., & İşyarlar, B. (2013), Burdur İli Güneşlenme Oranı ve Güneş Enerjisi Potansiyeli, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4(2), 20-23.
- [4] Ort, Muhammed İkbāl., (2016), Fv Sistemlerde Güneşi Takip Eden Sistem Tasarımı ve Mppt Kontrolü İle Enerjini Yüke Maksimum Olarak Aktarılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
- [5] Bayrak, G., Cebeci, M., (2013), 3.6 kW Gücündeki Fotovoltaik Generatörün Matlab Simülink İle Modellenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Türkiye