



TAM METİN KİTAPÇIĞI

1.

KOCATEPE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ ÖĞRENCİ SEMPOZYUMU

AFYONKARAHİSAR / 30 Mayıs – 01 Haziran 2022

Yer: Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

EDİTÖRLER:

Arş. Gör. Demrenur ÖZÇATAL

Arş. Gör. Sami Serkan İŞOĞLU

Arş. Gör. Ömer Gökberk NARİN

E-ISBN: 978-605-4444-25-0

Yayınevi: Afyon Kocatepe Üniversitesi



Sempozyum Kurulları

Onur Kurulu

Prof. Dr. Mehmet KARAKAŞ Afyon Kocatepe Üniversitesi Rektörü

Yürütme Kurulu

Prof. Dr. Ahmet YILDIZ Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Dekanı

Doç. Dr. Gökhan GÖRHAN Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Dekan Yardımcısı

Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNER Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Dekan Yardımcısı

Düzenleme Kurulu Başkanı

Arş. Gör. Ömer Gökberk NARİN Afyon Kocatepe Üniversitesi

Düzenleme Kurulu

Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNER Afyon Kocatepe Üniversitesi

Arş. Gör. Ali Kemal AY Afyon Kocatepe Üniversitesi

Arş. Gör. Burak Enis KORKMAZ Afyon Kocatepe Üniversitesi

Arş. Gör. Demrenur ÖZÇATAL Afyon Kocatepe Üniversitesi

Arş. Gör. Eren Can SEYREK Afyon Kocatepe Üniversitesi

Arş. Gör. Enes YILDIZ Afyon Kocatepe Üniversitesi

Arş. Gör. Mustafa GÜRİSOY Afyon Kocatepe Üniversitesi

Arş. Gör. Nurgül ÖZMEN SÜZME Afyon Kocatepe Üniversitesi

Arş. Gör. Recep KURTULUŞ Afyon Kocatepe Üniversitesi

Arş. Gör. Sami Serkan İŞOĞLU Afyon Kocatepe Üniversitesi

Arş. Gör. Teslime EKİZ ÜNSAL Afyon Kocatepe Üniversitesi

Ayhan TAŞALTI Afyon Kocatepe Üniversitesi

Beyza AYDIN Afyon Kocatepe Üniversitesi

Burak BAŞARA Afyon Kocatepe Üniversitesi

Büşra AKBOĞA Afyon Kocatepe Üniversitesi

Gülsüm Gizem KARAHAN Afyon Kocatepe Üniversitesi

Kübra ÖZDAVAR Afyon Kocatepe Üniversitesi

Şeyma KİLİT Afyon Kocatepe Üniversitesi

Zehra ZENCİR Afyon Kocatepe Üniversitesi

Bilim Kurulu**Unvan- Ad Soyad**

Prof. Dr. Ahmet YILDIZ
Prof. Dr. Atilla EVCİN
Prof. Dr. Bahri ERSOY
Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK
Prof. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU
Prof. Dr. Füsün BALIK ŞANLI
Prof. Dr. İbrahim TIRYAKIOĞLU
Prof. Dr. İbrahim YILMAZ
Prof. Dr. İsmail DEMİR
Prof. Dr. H. Özkan TOPLAN
Prof. Dr. Levent ÖZCAN
Prof. Dr. Meltem DİLEK
Prof. Dr. Mevlüt GÜLLÜ
Prof. Dr. Murat UYSAL
Prof. Dr. Mustafa YILMAZ
Prof. Dr. Nil TOPLAN
Prof. Dr. Ömer YILDIRIM
Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK
Prof. Dr. Tamer BAYBURA
Prof. Dr. Taner KAVAS
Prof. Dr. Veli UZ
Doç. Dr. Ali İhsan ŞEKERTEKİN
Doç. Dr. Duygu ÇELİK ERTUĞRUL
Doç. Dr. Gökhan GÖRHAN
Doç. Dr. Gökhan KÜRKLÜ
Doç. Dr. Mehmet Ali DERELİ
Doç. Dr. Metin BAĞCI
Doç. Dr. Mustafa YALÇIN
Doç. Dr. Mohamed Abu AL-SAYED
Doç. Dr. Saygın ABDİKAN
Doç. Dr. Serkan ELÇİN
Doç. Dr. Uçman ERGÜN
Doç. Dr. Uğur FİDAN
Doç. Dr. Zeynal TOPALCENGİZ
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Haşim YURTTAKAL
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Raif BOĞA
Dr. Öğr. Üyesi Aslı KARABAŞOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Burak TÜRKER
Dr. Öğr. Üyesi Can BAŞARAN
Dr. Öğr. Üyesi Cemal KASNAK
Dr. Öğr. Üyesi Deniz AKIN ŞAHBAZ
Dr. Öğr. Üyesi Emre AKARSLAN
Dr. Öğr. Üyesi Erman DUMAN
Dr. Öğr. Üyesi Gür Emre GÜRAKSIN
Dr. Öğr. Üyesi Hakan ÇİFTÇİ
Dr. Öğr. Üyesi Naim KARASEKRETER
Dr. Öğr. Üyesi Nizar POLAT

Kurum

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Yıldız Teknik Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Sakarya Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Sakarya Üniversitesi
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Doğu Akdeniz Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Giresun Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Isra University, Jordan
Hacattepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Muş Alparslan Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Sağlık Bil. Üniversitesi
Pamukkale Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Harran Üniversitesi

Bilim Kurulu**Unvan- Ad Soyad**

Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan ALAGÖZ
Dr. Öğr. Üyesi Özkan ASLAN
Dr. Öğr. Üyesi Rasim DOĞAN
Dr. Öğr. Üyesi Recep PALAMUTOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Sabire DUMAN
Dr. Öğr. Üyesi Sadık KAÇA
Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNER
Dr. Öğr. Üyesi Süleyman GÜCEK
Dr. Öğr. Üyesi Tülay ALTAY
Dr. Öğr. Üyesi Veli BAŞARAN
Arş. Gör. Dr. Cansu KURTULUŞ
Arş. Gör. Dr. Çiğdem AŞÇIOĞLU
Arş. Gör. Dr. Elif FIRATLIGİL AKGÜN
Arş. Gör. Dr. Mustafa KANIK
Arş. Gör. Dr. Nazan YILMAZ
Öğr. Gör. Dr. Tuğba DEDEBAŞ

Kurum

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Sağlık Bil. Üniversitesi
Afyon Sağlık Bil. Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fırat Üniversitesi
Fırat Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi

30 Mayıs 2022 - Pazartesi	Saat	Afyon Kocatepe Üniversitesi Atatürk Kongre Merkezi	
	09:30-12:00	Saygı Duruşu	
		İstiklal Marşı	
		Açılış Konuşmaları/Opening Speeches	
		Arş. Gör. Ömer Gökberk NARİN (1. KOGRENSEM Düzenleme Kurulu Başkanı)	
		Prof. Dr. Ahmet YILDIZ (Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanı)	
		Prof. Dr. Mehmet KARAKAŞ (Afyon Kocatepe Üniversitesi Rektörü)	
		Mehmet ZEYBEK (Afyonkarahisar Belediye Başkanı)	
		KONFERANS	
		"Ülkemizin Kalkınmasında Öncü Mühendislik Projeleri"	
		Prof. Dr. Veysel EROĞLU (Afyonkarahisar Milletvekili)	
	Müzik dinletisi		
	Atatürk Kongre Merkezi Önünde Sempozyum Hatırası Fotoğraf Çekimi		
	12:00	Atatürk Kongre Merkezi önü Sergi Gezisi ve Yemek İkramu	
13:00	KONFERANS		
	"Mühendislik Uygulamalarında Yapay Sinir Ağı"		
	Prof. Moh'd Sami Ashhab (El-Hüseyin Teknik Üniversitesi - Ürdün)		
13:30	MÜHENDİSLİK MESLEĞİNDE KARİYER HEDEFLERİ ve GİRİŞİMCİLİK PANELİ		
	Moderatör		
	Prof. Dr. Ahmet YILDIZ (Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi)		
	Konuşmacılar		
	Ahmet KARAKAYA (Afyonkarahisar İŞKUR İl Müdürü)		
	Ayşe Yeşim ÇEPNİ (Afyonkarahisar KOSGEB İl Müdürü)		
	Hüsnü SERTESER (Afyonkarahisar Ticaret ve Sanayi Odası Başkanı)		
14:15	İŞKUR İş Kulübü Eğitim Sertifika Töreni		
Ara	Çay - Kurabiye ikramı		
15:00	KONFERANS		
	"Pepsi Co Tanıtım ve Üretim Süreçlerinin Dijitalleşmesi"		
	İrfan Tokpınar (Pepsi Co Lojistik Müdürü)		
15:30	"MEZUNLAR KONUŞUYOR"		
	Moderatör		
	Prof. Dr. Atilla EVCİN (Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Öğretim Üyesi)		
	Konuşmacılar		
	Ezgi Gül BAĞCI (Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu)		
	Mehmet HAMZİYAN (Özgün Yapı Denetim)		
	Şahin KIRMIZI (REDpaint)		
31 Mayıs 2022 - Salı	Mühendislik Fakültesi konferans salonu (101) Harita Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Prof. Dr. İbrahim TIRYAKIOĞLU	Mühendislik Fakültesi konferans salonu (102) İnşaat Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Doç. Dr. Gökhan GÖRHAN	

09:30-11:00	<p>Harita Genel Müdürlüğü Kurum Yetkilisi</p>	09:30-11:00	<p>İklim Bölgelerine Göre Duvar Paneli Tasarımı ve Isıl Performanslarının Araştırılması (AKU_03008)</p> <p>Behice Nur Ateş (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi), Ebu Bekir Başır (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi), Nisa Ceren Erdoğan (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi), Esra Limon (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi)</p>
	<p>Zonguldak İlinin Heyelan Duyarlılık Haritasının CBS ile Analizi (AKU_03048)</p> <p>Meral YALÇIN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mustafa YALÇIN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>		<p>Esnek Yol Üstyapısında Oluşan Deformasyon Değerlendirmesi (AKU_03015)</p> <p>Eda Nur Karabulut (Çankırı Karatekin Üniversitesi), Ezgi Demir (Çankırı Karatekin Üniversitesi), F. Güldehan Kısacıkoğlu (Çankırı Karatekin Üniversitesi), M. Galip Şen (Çankırı Karatekin Üniversitesi), İbrahim Çelik (Çankırı Karatekin Üniversitesi), Başak Varlı Bingöl(Çankırı Karatekin Üniversitesi)</p>
	<p>Deprem Öncesi ve Deprem Anı Dönemleriyle 30 Ekim 2020 Samos (Mw=6.9) Depremine Bakış (AKU_03050)</p> <p>Eda Esmâ Eyübağil (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İbrahim Tiryakioğlu (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Halil İbrahim Solak (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ergin Dönmez (Pamukkale Üniversitesi), Erdi Yenice (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Yiğitcan Kaya(Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>		<p>Atık Çimen Katkılı Jeopolimer Yalıtım Levhası Üretimi (AKU_03028)</p> <p>Cüneyt Doğan (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Özkan Şanlı (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Buse Ülker (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Abdülsamet Başkurt (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İsmail Demir (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
	<p>20 Temmuz 2017 (Mw:6.6) Bodrum-Kos Depremi Sonrası Gökova Körfezi'ndeki Güncel Yamulma Alanlarının Belirlenmesi (AKU_03053)</p> <p>Ece Bengünaz Çakanşimşek (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İbrahim Tiryakioğlu (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Eda Esmâ Eyübağil (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ertuğrul Demirelli (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mehmetan Saylak(Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>		<p>Genleştirilmiş Perlit ve Atık Çimen Katkılı Alfa Alçı Yalıtım Malzemesi Üretimi (AKU_03029)</p> <p>Cüneyt Doğan (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Hatice Çoban Özdemir (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Melike Köse (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İsmail Demir (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
	<p>IMU Destekli GNSS Alıcısının Hassasiyetinin Araştırılması (AKU_03026)</p> <p>Cemile İBİŞOĞLU (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ömer Gökberk NARİN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mustafa YILMAZ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mevlüt GÜLLÜ (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>		

11:00- 11:15	Çay ve İkram arası		
11:15-12:00	Engellilere Yönelik Web tabanlı Cbs Uygulaması:Ans Kampüsü Örneği (AKU_03031) Muazzez DUT (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ömer Gökberk NARİN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)	11:15- 12:00	Toplu Taşıma Kullanıcılarının Farklı Hava Koşullarındaki Davranışının İncelenmesi (AKU_03055) Dila Güzel (İzmir Katip Çelebi Üniversitesi), Suleyman Garayev (İzmir Katip Çelebi Üniversitesi), Oruç Altıntaşı (İzmir Katip Çelebi Üniversitesi)
	Orman Yangınlarının Uzaktan Algılama ile İncelenmesi: 28 Temmuz 2021 Manavgat Orman Yangını Örneği (AKU_03042) Rabiye AKKUŞ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Eren Can SEYREK (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Murat UYSAL (Afyon Kocatepe Üniversitesi)		Farklı Kür Yöntemlerinin Silis Dumanı İkameli Köpük Beton Örnekleri Üzerinde Etkisinin Araştırılması (AKU_03072) İsmail Demir (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Erhan Kahraman (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İrem Akdere (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
	GNSS ÇOK YOLLU SİNYAL YANSIMA HATASINA ARAÇLARIN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI (AKU_03006) Nilsu YALAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Zehranur ALKAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ömer Gökberk NARİN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mevlüt GÜLLÜ (Afyon Kocatepe Üniversitesi)		
	Afyon Kocatepe Üniversitesinde bulunan Mescitlerin Hassas Kible Tayini ve C.B.S. Ortamında Sunulması (AKU_03007) Beyza Kara (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ömer Gökberk Narin (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mustafa Yılmaz (Afyon Kocatepe Üniversitesi)		
12:00- 13:00	Mühendislik Fakültesi öni yemek ikramı		
	Mühendislik Fakültesi konferans salonu (101) Harita Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Doç. Dr. Mustafa YALÇIN		Mühendislik Fakültesi konferans salonu (102) Mekatronik - Makina Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Doç. Dr. Uğur FİDAN

13:00-14:30	<p>ESRI Türkiye Yetkilisi</p>	<p>Şafak Yaşar Gürmas Gürel Makine Sanayi A.Ş.</p>
	<p>Orman Yangınlının Arıcılık Üzerindeki Etkisinin CBS İle Analizi (AKU_03049)</p> <p>Selin ŞAHİN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mustafa YALÇIN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>	<p>İnsansız Hava Aracı Ana İniş Takımının Darbe Davranışının İncelenmesi (AKU_03054)</p> <p>Ayten Benay Seçme (KTO Karatay Üniversitesi), Ahmet MERAM (KTO Karatay Üniversitesi)</p>
	<p>Güneş Enerji Santrallerinin Cbs İle Değerlendirilmesi (AKU_03060)</p> <p>Beyza Cantürk (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mustafa Yalçın (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>	<p>MAX32664 Ultra Düşük Güçlü Biyometrik Sensör İle Parmak Tipi Pulse Oksimetre Tasarımı (AKU_03084)</p> <p>Ayşe Nur Ay (Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi), Cansu Duru (Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi)</p>
	<p>İç Mekân Modelleme Çalışmalarında Yersel Lazer Tarayıcı ve İnsansız Hava Aracı Kullanımı (AKU_03010)</p> <p>Kasım ERDAL (Konya Teknik Üniversitesi), Lütfiye KARASAKA (Konya Teknik Üniversitesi), Ümmü Seda SÖYLEMEZ (Konya Teknik Üniversitesi), Mustafa GÜNERİ (Konya Teknik Üniversitesi)</p>	<p>2 Serbestlik Dereceli Paralel Robotun Kinematik Analizi ve Kontrolü (AKU_03086)</p> <p>Muhammed Furkan Özcan (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İbrahim Çelik (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
	<p>CBS Tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Kullanılarak Düzenli Katık Atık Depolama Tesisi Yer Seçimi: İzmir Örneği (AKU_03061)</p> <p>Sinem Doğan (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mustafa Yalçın (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>	<p>3B Baskı ve 4B Baskı ile İmalatın Uygulama Alanlarında Kullanımına Genel Bakış (AKU_03081)</p> <p>Nazlı Askin ARIKAN (Akdeniz Üniversitesi)</p>
14:30-14:45	<p>Çay ve İkrâm arası</p>	
14:45-16:30	<p>Sanayi Sektörü İstatistiklerinin CBS ile Analizi (AKU_03062)</p> <p>Merve Özer (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mustafa Yalçın (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>	<p>Mühendislik Fakültesi konferans salonu (102) Kimya Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Prof. Dr. Meltem DİLEK</p>

	<p>COVID-19 Pandemisinin Türkiye'deki Üniversite Öğrenci Sayısı ve Sinema İzlenme Sayısına Etkisi (AKU_03064)</p> <p>Melek ERDOĞAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mustafa YALÇIN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>		<p>Ahmet Tuncer DÖNMEZ Özerband Genel Müdürü</p>
	<p>CBS Ortamında Türkiye Deprem Haritaları Üretme (AKU_03070)</p> <p>Neslihan ÖĞÜT (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Abdulgaffur ÇAPADİŞ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İbrahim YILMAZ (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>		<p>Aktif Karbon Eldesinde Aktivatör Olarak Potasyum İçerikli Konsantrasyonun Şleşpenin Kullanılması (AKU_03001)</p> <p>Sena Eren (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi), Hasan Arslanoğlu (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi)</p>
	<p>Elektrikli Araçların Şarj İstasyonlarının Konumunun 3B CBS Yazılımı Kullanılarak Belirlenmesi (AKU_03080)</p> <p>Kasım ERDAL (Konya Teknik Üniversitesi), Büşranur GÜVERCİN (Konya Teknik Üniversitesi), Şükran YALPIR (Konya Teknik Üniversitesi)</p>	14:45-16:30	<p>Seramik Mikrofiltrasyon Membranlar: Üretim ve Performansı (AKU_03002)</p> <p>Muhammet Şakir Abdullah Eren (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi), Hasan Arslanoğlu (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi)</p>
	<p>Türkiye'deki Hastanelerin Yeterliliği (AKU_03082)</p> <p>Büşra AZAPLAR (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mustafa YALÇIN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>		<p>Yeşil Sentez ile Elde Edilen Gümüş Nanoparçacıkların Otomotiv Sektöründe Kullanımı ile Kauçuk Ürünler Antibiakteriyel Özellik Kazandırılması ve Fiziko-Mekanik Özelliklerinin İyileştirilmesi (AKU_03004)</p> <p>Oğuzhan Nalbant (Pamukkale Üniversitesi), Deniz Akın ŞAHBAZ (Pamukkale Üniversitesi), İsmail Yılmaz AKTEKİN (HD Kauçuk Sanayi ve Ticaret A.Ş)</p>
	<p>Dünya ve Türkiye'de Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Akıllı Şehir Uygulamaları (AKU_03088)</p> <p>Zeynep Beyza ÜNER (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mustafa YALÇIN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>		<p>Dökme Demir Tozu ile Cr (VI) İndirgeme Kinetiğinin İncelenmesi (AKU_03011)</p> <p>Semanur Sağlam (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi), Hasan Arslanoğlu (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi)</p>

	<p>2011-2020 Yılları Arasında Ülkelere Göre Doğal Afetlerin CBS Tabanlı İncelenmesi (AKU_03098)</p> <p>Enbiya Alperen YAMAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mustafa YALÇIN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>	<p>Hurda Camın Kauçuk Hamur Reçetelerinde Dolgu Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi (AKU_03059)</p> <p>Elif Can AYDOĞDUMU (Pamukkale Üniversitesi), Görkem GEDİKOĞLU (Pamukkale Üniversitesi), Zehra KÖYBAŞI (Pamukkale Üniversitesi), İbrahim BALKIR (Pamukkale Üniversitesi), Deniz AKIN ŞAHBAZ (Pamukkale Üniversitesi), İsmail Yılmaz AKTEKİN (HD Kauçuk Sanayi ve Ticaret A.Ş)</p>
	<p>Yeşil Alanlarının Yeterliliğinin CBS Tabanlı Araştırılması: Afyonkarahisar Şehri (AKU_03099)</p> <p>Hacer AYKIŞ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İbrahim TİRYAKİOĞLU (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mustafa YALÇIN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>	

	<p>Mühendislik Fakültesi konferans salonu (101) Elektrik- Bilgisayar Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Dr. Öğretim Üyesi Naim KARASEKRETER</p>	<p>Mühendislik Fakültesi konferans salonu (102) Jeoloji- Maden- Malzeme Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Dr. Öğretim Üyesi Can BAŞARAN</p>
1 Haziran 2020 - Çarşamba	<p>09:30-11:00</p> <p>Rüzgâr Enerjisi Üretimi ve Yük Belirsizlikleri Altında Üretim Genişleme Planlaması (AKU_03009)</p> <p>Egemen Uyar (Dokuz Eylül Üniversitesi), Engin Karatepe (Ege Üniversitesi), Güneş Becerik Mir (Dokuz Eylül Üniversitesi)</p>	<p>09:30-11:00</p> <p>Tuzlukçu (Konya) ve Yakın Civarında Gözlenen Asismik Yüzey Deformasyonlarının Karakteristik Özellikleri, Afyon-Akşehir Grabeni, Batı Anadolu (AKU_03030)</p> <p>Doğukan Mert Özcan (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Çağlar Özkaymak (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Özcan Özyıldırım (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
	<p>Fotovoltaik Enerji Sistemlerinin PVSOL Yazılımı ile Analizi ve Örnek Bir Bölgede Çatı Güneş Enerji Sisteminin Projelendirilmesi (AKU_03041)</p> <p>Ramazan Burak TANKUT (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ahmet KAYSAL (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>	<p>Erenler (Afyonkarahisar) Bölgesinde Yer Alan Killi Birimlerin Zemin Sınıflarının İncelenmesi (AKU_03032)</p> <p>Sami Serkan İŞOĞLU (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ahmet YILDIZ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mahmut MUTLUTÜRK (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>

	<p>Yapay Sinir Ağları ile Yük Talep Tahmini: Türkiye Örneği (AKU_03068)</p> <p>Elif Ezgi ÇAY (Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi), Kübra KAYSAL (Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi)</p>		<p>Avrupa Birliği Kritik Hammaddeler İhtiyacı ve Dünya Pazar Durumu (AKU_03090)</p> <p>Nur Seda AKDOĞAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ahmet YILDIZ (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
	<p>Elektrik Makineleri Sanal Laboratuvarı (AKU_03071)</p> <p>Mustafa Kayra Elkıran (Eskişehir Teknik Üniversitesi), Enes Şan (Eskişehir Teknik Üniversitesi), Emre Çiğdemtepe (Eskişehir Teknik Üniversitesi), Hamdi Atakan Bozdoğan (Eskişehir Teknik Üniversitesi), Şener Ağalar (Eskişehir Teknik Üniversitesi)</p>		<p>Kireç Endüstrisinde Kullanılan Hammaddelerinin Genel Özellikleri (AKU_03092)</p> <p>Gurbet Sarıdaş (Adaçal Endüstriyel Mineraller A.Ş), Metin Bağcı (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
11:00- 11:15	Çay ve İkram arası		
	<p>Mühendislik Fakültesi konferans salonu (101) Elektrik- Bilgisayar Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Dr. Öğretim Üyesi Naim KARASEKRETER</p>		<p>Mühendislik Fakültesi konferans salonu (102) Jeoloji- Maden- Malzeme Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Arş. Gör. Dr. Cansu KURTULUŞ</p>
	<p>Mutlu YILMAZ Destek Park Bilişim</p>		<p>Ömer ZONTUR Pera İş Sağlığı ve Güvenliği Birimi</p>
	<p>Recognizing the US Accent Using RBF Classification (AKU_03089)</p> <p>Mohammad Muttaqi (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi), Ali Değirmenci (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi), Ömer Karal (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi)</p>		<p>Doğaltaş Maden Ocaklarında Fiziksel Risk Etmenleri (AKU_03051)</p> <p>Zişan Memiş (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ali Ekrem Arıtan (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
11:15-12:00	<p>Android Tabanlı Örnek Bir Metaverse Uygulaması (AKU_03014)</p> <p>Müjdehan ÖRS FİLİZ (Bursa Uludağ Üniversitesi), Gürhan ÇOBAN (Bursa Uludağ Üniversitesi), Murtaza CİCİOĞLU(Bursa Uludağ Üniversitesi)</p>	11:15-12:00	<p>Ti6Al7Nb Alaşımının Biyoyuymululuk Özelliklerinin İncelenmesi (AKU_03003)</p> <p>Şura Culfa (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi), S. Mine Toker(Eskişehir Osmangazi Üniversitesi)</p>

	<p>Kredi Kartı Sahtecilik Tespitinde Gradyan Artırma Yöntemlerinin Karşılaştırılması (AKU_03052)</p> <p>Ali Kemal Ay (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi), Esra Nergis Yolaçan (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi)</p>	<p>Radyasyondan korunma malzemesi olarak çinko oksit ile güçlendirilmiş atık borosilikat camın kullanımı (AKU_03005)</p> <p>Recep Kurtuluş (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Taner Kavas (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
	<p>Mühendislik Uygulamalarında Esnek Hesaplama Üzerine Sistemik Araştırma (AKU_03058)</p> <p>Keziban Karagümüş (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>	<p>Otomobil Lastik Supaplarındaki Piriç Malzeme ile Metal Kapak Arasında Gözlenen Sıkışma Probleminin İncelenmesi (AKU_03091)</p> <p>Selinmur Aksu (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ziya Özgür Yazıcı (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
12:00-13:00	Mühendislik Fakültesi önü yemek ikramı	
	<p>Mühendislik Fakültesi konferans salonu (101)</p> <p>Gıda Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Dr. Öğretim Üyesi Senem GÜNER</p>	<p>Mühendislik Fakültesi konferans salonu (102)</p> <p>Biyomedikal Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Prof. Dr. Levent ÖZCAN</p>
13:00-14:30	<p>Kadir ALTINKAYA AFTAŞ A.Ş. Kurucu Yönetim Kurulu Başkanı</p> <p>Kenevir Tohumu veya Yağının Besleyicilik ve Sağlık Üzerine Etkileri (AKU_03012)</p> <p>Yasemin Hüda Yörük (Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi), Sabire Duman (Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi)</p>	<p>Tümör Bölgesinde Cerrahi Rezeksiyon Sonrası Lokal Nüksün Engellenmesi İçin Biyomalzeme Geliştirilmesi (AKU_03013)</p> <p>Gizem Fatma ERGÜNER (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Sadık KAĞA (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
	<p>Ekşi Hamur ve Patates İlavesi Üretilen Geleneksel Afyonkarahisar Ekmeği (AKU_03104)</p> <p>Ayşe Janseli DENİZKARA (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ramazan ŞEVİK (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Gökhan AKARCA (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>	<p>Kanserde PEG-PLGA Nanoparçacıkların İkili İlaç Sistemlerinde Kullanılması (AKU_03020)</p> <p>Didem KESGİN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Sadık KAĞA (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
	<p>Gıdaların Mikrodalga ve Mikrodalga Destekli Sistemlerle Kurutulması (AKU_03107)</p> <p>Çağla KERVAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Senem GÜNER (Afyon Kocatepe Üniversitesi),</p>	<p>Esansiyel Yağ İçeren Hidrojel (AKU_03069)</p> <p>Binnaz SELOĞLU (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>

	<p>Dilek DEMİRBÜKER KAVAK (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>		
	<p>Ultrason Destekli Ekstraksiyon Parametrelerinin Siyah Havuç (<i>Daucus carota</i> L.) Sebzisinin Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi (AKU_03108)</p> <p>Fatma DEMİRCİ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Büşra KUYTU (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Senem GÜNER (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Tuğba DEDEBAŞ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Teslime EKİZ ÜNSAL (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>		
14:30-14:45	Çay ve İkrâm arası		
14:45-16:30	<p>Mühendislik Fakültesi konferans salonu (101) Gıda Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Dr. Öğretim Üyesi Senem GÜNER</p>	14:45-16:30	<p>Mühendislik Fakültesi konferans salonu (102) Endüstri- Enerji Sistemleri- Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Dr. Öğretim Üyesi Fatih SERTTAŞ</p>
	<p>Gıdaların Mikrodalga ve Mikrodalga Destekli Sistemlerle Kurutulması Genetiği Değiştirilmiş Organizmaların Gıda, Tarım ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri (AKU_03109)</p> <p>Şebnem Esra ERGÜNER (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Senem GÜNER (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>		<p>Ahmet Burak KABA Afyon 3. Bölge Planlı Bakım Şefi (ZORLU ENERJİ/OEDAŞ)</p>
	<p>Taze Kesilmiş Meyve ve Sebzelerin Paketlenmeleri (AKU_03110)</p> <p>Zeynep UÇUR (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Bilge AKDENİZ (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>		<p>Özel Sektör Bir İşletmede Talep Tahmini Projesi (AKU_03017)</p> <p>Nilüfer Güneş (Nuh Naci Yazgan Üniversitesi)</p>
			<p>İşyeri Aydınlatmada Verim ve Tasarruf Kriterleri (AKU_03093)</p> <p>Özlem KORAL (Maki Industrial Solutions), Burak KENGER (Yalova Üniversitesi), Mert KILIÇ (Yalova Üniversitesi), Orhun ÜNAL (Yalova Üniversitesi), Gürcan ÖZBARAN (Yalova Üniversitesi), Ümit ÜNVER (Yalova Üniversitesi)</p>

	<p>Taze Kesilmiş Meyve ve Sebzelerde Duyusal Kalite Unsurları ve İşlemenin Etkisi (AKU_03111)</p> <p>Zeynep UÇUR (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Bilge AKDENİZ (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>	<p>Basınçlı Hava Sistemlerinde Enerji Verimliliği İmkanlarının Araştırılması (AKU_03094)</p> <p>Elif Hamide YENİAY (Yalova Üniversitesi), İlayda BAŞTÜRK (Yalova Üniversitesi), Sümeyye ÇALIŞIR (Yalova Üniversitesi), Özlem KORAL (Maki Industrial Solutions), Ümit ÜNVER (Yalova Üniversitesi)</p>
	<p>Fermente Nar Likörünün Fizikokimyasal ve Duyusal Özelliklerinin Araştırılması (AKU_03112)</p> <p>Tubanur KAYA (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Senem GÜNER (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Tuğba DEDEBAŞ (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>	<p>Türkiye’de Yetiştirilen Kuru Fasulye Türlerinin Karar Ağacı Algoritması ile Karşılıklı Bilgi Filtresi Kullanılarak Sınıflandırılması (AKU_03096)</p> <p>Mehmet Emin ALICI (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi), Ali DEĞİRMENCİ (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi), Ömer KARAL (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi)</p>
	<p>Et ve Et Ürünlerinde Renk (AKU_03113)</p> <p>Ramazan ŞEVİK (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Fatıma BELCE (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Şeyma İŞLEK (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Çiğdem AŞÇIOĞLU (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>	<p>Birinci Dereceden Kanonik Parçalı Lineer Fonksiyonların Lipschitz Katsayıları İle Gösterimi (AKU_03101)</p> <p>Zeynep ÖNDER (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi), Ali DEĞİRMENCİ (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi), Ömer KARAL (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi)</p>
		<p>ARIMA Yöntemi ile Türkiye Turizm Talep Tahmini (AKU_03102)</p> <p>İrem Nur ÖZASLAN (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi), Ali DEĞİRMENCİ (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi), Ömer KARAL (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi)</p>
		<p>Temel Bileşenler Analizi Kullanılarak Rastgele Orman Algoritması ile Türk Müziğinin Duyusal Sınıflandırılması (AKU_03114)</p> <p>Ayşen Zümriüt SÖNMEZ (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi), Ali DEĞİRMENCİ (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi), Ömer KARAL (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi)</p>
31 Mayıs Salı		

AKU_03024	Uluyazı (Çankırı) Yolundaki Jips Karstının Sebep Olduğu Göçükler Aydan ÇETİNKAYA* (Çankırı Karatekin Üniversitesi), Mehmet BARUT (Çankırı Karatekin Üniversitesi)
AKU_03027	Atık Kâğıt Kullanılarak Elyaf Takviyeli Çimento Levha Üretimi Muhammet ELMALI* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Adem ULUSOY (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Oğuzhan KIVRAK (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
AKU_03033	Atıstırmalık Bir Tahıl Ürünü Gofret: Üretim Teknolojisi ve Bileşimi Fatma Zahra ALİPAŞA* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Taha ELHAKİM (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Harun DIRAMAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
AKU_03040	Kablolarda Alev Geciktirici Olarak Kullanılan Manyetik Hidroksiapatit ve Bazı Kil Minerallerinin Kullanılması ve Etkilerinin İncelenmesi Mihriban ABLAK* (Pamukkale Üniversitesi), Eda BOZDAĞ (Pamukkale Üniversitesi), Burcu DEMİRDAL (Pamukkale Üniversitesi), Büşra KALE (Pamukkale Üniversitesi), Miray YILDIZ (Pamukkale Üniversitesi), Yaşar KARADAL (Pamukkale Üniversitesi), Arzu YAKAR (Pamukkale Üniversitesi)
AKU_03043	Skolyoz Hastalarının Manyetik Çubuklar ile Tedavi Edilmesi Lokman YÜNLÜ* (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi), Mehmet GÖKBAYRAK (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)
AKU_03045	Rokete ait Kanatçık Tipi ve Yakıtın Uçuş ve Aerodinamiği Üzerindeki Etkisi Lokman YÜNLÜ* (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi), Hatice BAKAL (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)
AKU_03046	Delta Robot Kolumun 3 Boyutlu Yazıcıda Kullanılmasının Avantajları Lokman YÜNLÜ* (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi), İlknur ŞAHİN (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)
AKU_03076	3 Serbestlik Derecesine Sahip Robot Kolumun İleri ve Ters Kinematik Analizi Aleyna EROL* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Özge AYDIN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İbrahim ÇELİK (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
AKU_03087	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisinin Gıda Analizlerinde Kullanımı Tuğçe ÇEKÜÇ* (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi), Hande Özge GÜLER DAL (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi), Yusuf YILMAZ (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi), Oğuz GÜRİSOY (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)
AKU_03095	Türkiye'de Görülen Toprak Tiplerinin Dağılımı ve Üç Boyutlu Modellenmesi Eylül Eda SELİK* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Furkan DİNÇTÜRK (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ramazan

	<p>Burkay CANLI (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Abdulgafur ÇAPADİŞ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İbrahim YILMAZ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Tamer BAYBURA (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03100	<p>Pirinç Kabuğu ve Keçiboynuzu Küspesinden Biyoyağ Eldesi</p> <p>Meltem DİLEK* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Kübranur EKİNCİ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Nurseli KEDİ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Rugeyye BULUT (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03103	<p>Basınç Sürücü Kuşvetiyle Çalışan ve Membranların Kullanıldığı Temel Ayırma İşlemlerinin Karşılaştırılması</p> <p>Nuriye KALKMAZ* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Cansu GÖK (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Cemal ÇİFCİ (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03105	<p>UV-C Uygulamasının Gıda İşlemede Kullanım Olanakları</p> <p>Azize ATİK* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Seher ARI (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03106	<p>Ultrases Teknolojisinin Gıda Endüstrisinde Kullanımı</p> <p>Betül ASLAN* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Dilek DEMİRBUKER KAVAK (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03115	<p>Akşehir Gölü Kuraklık Analizi</p> <p>Mehmet ÇEBİ* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Can BAŞARAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
<p>1 Haziran Çarşamba</p>	
AKU_03016	<p>Gümüş Nanopartikül Katkılı Antibakteriyel Özellikli Ameliyat İpliği</p> <p>Fatma KÜÇÜKEKİZ* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Fatma BAYRAK (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Cansu ORUÇ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Merve YİĞİTOĞLU (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Sadık KAĞA (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03018	<p>Damar Görüntüleme Gözlüğü</p> <p>Mihriban KARAKAŞ* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İzel KARAYEL (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Fadime BAKİ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Sadık KAĞA (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03019	<p>Elektro-Eğirme Yöntemi ile Filtre amaçlı Nanolif Üretimi</p> <p>Emre IRMAK* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mehmet Türkan YILDIZ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mohammad Sharif WAHEDİ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Sadık KAĞA (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03021	<p>Mikroakışkan Tabanlı Demir Nanopartikül Esaslı Teşhis Aparatı Geliştirilmesi</p> <p>Beyzanur TAKA* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Zeynep Sena KAVUT (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Havidenur KOŞUCU (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Sadık KAĞA (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03022	<p>Gümüş Nanoparçacık Yüklü Yarı Sentetik Hidrojel Yara Örtüsü</p>

	<p>Seda Nur ARI* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Sena TEKİN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Cansu Fatma KAYA (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Sadık KAĞA (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03025	<p>Vücut Yaralarındaki Enfeksiyon Durumunu Gösteren Biyomalzeme Tasarımı</p> <p>Hilal GÜLLÜCAN* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Çisem ÇETİN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Sadık KAĞA (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03034	<p>Giyilebilir Uyku Apnesi Analiz Cihazı</p> <p>Nuray SARITEMUR* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Fatma Ece ZEYBEK (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Nilay TÜRKER (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İbrahim TEKİN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Uçman ERGÜN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03035	<p>İnkübatör Kabini Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi</p> <p>Metin ÖZEN* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Neşe ÖZKAN YILMAZ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Uğur FİDAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03036	<p>Tıbbi Cihaz Takip Sistemi</p> <p>Kübra ÇOBAN* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Nilay GÜNEŞ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Uçman ERGÜN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03038	<p>Uterin Manipülatör</p> <p>Ege ÇAKIRSOY* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Yunus Emre KARA (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ramazan DOĞULAR (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Neşe ÖZKAN YILMAZ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Uğur FİDAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03044	<p>Yaşlı Bakım Hizmetlerinde Kullanılabilecek Mobilize İlaç Kutusu</p> <p>Esra AKTEPE* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Maidenur KARADAĞ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Dilara FEDAYİ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Feyza ÇATAL (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Erhan YURTÇUOĞLU (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Uçman ERGÜN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03047	<p>Enkapsüle Edilmiş Nar Özütü İçeren Biyoyumlu Antiakteriyel Özellikte Hidroksiapatit Kitosan Yara Örtücü Filmlerin Üretimi ve Karakterizasyonu</p> <p>Sema KESİK* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Umut Can DEMİR (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Büşra ÖZÇELİK (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Uçman ERGÜN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Atilla EVCİN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
AKU_03065	<p>Hastane ve Laboratuvarlardaki Yangınları İzleme Sistemi</p> <p>Sevil SÜZLÜ* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Esra DAĞLI (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Onurhan KURT (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Uçman ERGÜN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>

AKU_03066	Kablosuz Fizyolojik Sinyal İzleyici Ahsen KARAMAN* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İrem YİĞİT (Afyon Kocatepe Üniversitesi),Deniya BAKKAR (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Nurgül ÖZMEN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Burak TÜRKER (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
AKU_03073	Döngüsel Hareket Terapi Cihazı Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi Özge KIRBIYIK* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Zehra ATICI (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ayşenur KAHRAMAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Neşe ÖZKAN YILMAZ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Uğur FİDAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
AKU_03074	Kan ve Aşı Saklama Dolaplarının IoT Tabanlı İzlenmesi Şule AKÇAY* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Vesile Nur ERKAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Neşe ÖZKAN YILMAZ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Uğur FİDAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
AKU_03077	EOG Tabanlı Göz Kası Egzersiz Sistemi Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi Kübra Sultan GÜLGÖR* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Merve KANAT (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İrem KELLEÇİ (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Uğur FİDAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Neşe ÖZKAN YILMAZ (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
AKU_03078	Yaşlı Bakım Robotu Fatma İLHAN* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Gehad Asem Salem Mohamed SALEM (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Emine ŞEKEROĞLU (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Uçman ERGÜN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
AKU_03079	I-Walker Akıllı Yürüteç Simge ERBİL* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mısra Sude ÇINAR (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Beyza GÜNGÖR (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Uçman ERGÜN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
AKU_03083	El Dezenfeksiyonu İçin Yeni Bir Cihaz Tasarımı ve Üretimi Tarık URAL* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ahmet Fatih YURAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
AKU_03085	Görsel ve İşitsel Tehlike Uyarı Sistemi Sercan DÖNMEZ* (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Abdoulaye Zakaria ADOUM (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Harun TURAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Nurgül ÖZMEN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Burak TÜRKER (Afyon Kocatepe Üniversitesi)

İÇİNDEKİLER

<i>Radyasyondan Korunma Malzemesi Olarak Çinko Oksit ile Güçlendirilmiş Atık Borosilikat Camın Kullanımı</i>	19
<i>Rüzgâr Enerjisi Üretimi ve Yük Belirsizlikleri Altında Üretim Genişleme Planlaması.....</i>	26
<i>Atık Çimen Katkılı Geopolimer Yalıtım Levhası</i>	36
<i>Genleştirilmiş Perlit ve Atık Çimen Katkılı Alfa Alçı Yalıtım Malzemesi Üretimi.....</i>	44
<i>İnkübatör Kabini Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi</i>	52
<i>Fotovoltaik Enerji Sistemlerinin PVSOL Yazılımı ile Analizi ve Örnek Bir Bölgede Çatı Güneş Enerji Sisteminin Projelendirilmesi.....</i>	65
<i>MAX32664 Ultra Düşük Güçlü Biyometrik Sensör ile Parmak Tipi Pulse Oksimetre Tasarımı.....</i>	73
<i>Otomobil Lastik Supaplarındaki Pirinç Malzeme ile Metal Kapak Arasında Gözlenen Sıkışma Probleminin İncelenmesi.....</i>	81
<i>Birinci Dereceden Kanonik Parçalı Lineer Fonksiyonların Lipschitz Katsayıları İle Gösterimi.....</i>	88
<i>Tuzlukçu (Konya) ve Yakın Civarında Gözlenen Asismik Yüzey Deformasyonlarının Karakteristik Özellikleri, Afyon-Akşehir Grabeni, Batı Anadolu</i>	93

Radyasyondan Korunma Malzemesi Olarak Çinko Oksit İle Güçlendirilmiş Atık Borosilikat Camın Kullanımı

Recep KURTULUS^{1*}, Taner KAVAS²,

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, rkurtulus@aku.edu.tr

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, tkavas@aku.edu.tr

Özet

Farklı uygulama alanlarından yayılan zararlı ışınlar son zamanlarda araştırmacıların ilgisini çekmeye başlamıştır. İyonlaştırıcı radyasyonun insan sağlığı üzerindeki tehlikeli etkilerinden korunmak için koruyucu malzemelerin kullanılması vazgeçilmez olarak görülmüştür. Bunu akılda tutarak, mevcut araştırma, çinko oksit (ZnO) ile güçlendirilmiş atık borosilikat camın (BSG) radyasyondan korunma malzemesi olarak kullanılabilirliğini ele aldı. Bunun için teorik olarak molar yoğunluk değerlerine göre cam yoğunluğu hesaplanmıştır. Daha sonra, 662 keV foton enerjisinde lineer zayıflama katsayısı (LAC) parametresi kullanılarak ZnO içeriğinin %0'dan % 20'ye (BGS1'den BGS4'e) artırılmasının etkisi değerlendirildi. Elde edilen bulgulara göre, ZnO ekleme oranı %0'dan %20 mol'e yükseldikçe elde edilen cam yoğunluk değerlerinin artış eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca artan ZnO takviye oranı, daha yüksek LAC değerleri elde etmenin yolunu açmıştır. Numunelerimiz ile Schott RS360 arasındaki karşılaştırma, BGS4'ün umut verici bir radyasyon koruma camı olabileceğini açıkça gösterdi.

Anahtar kelimeler: Cam; Radyasyon zırlama; ZnO; Atık cam; Phy-X/PSD

Utilization Of Waste Borosilicate Glass Reinforced With Zinc Oxide As a Radiation Protection Material

Abstract

Harmful irradiations emitted from different application areas have recently become of interest to researchers. To be protected from the dangerous effects of ionizing radiation on human health, the use of shielding materials has been regarded as indispensable. With this in mind, the present investigation addressed the utilization of waste borosilicate glass (BSG) reinforced with zinc oxide (ZnO) as a radiation protection material. For this, the glass density was theoretically calculated based upon molar density values. After that, the effect of increasing ZnO content from 0 to 20 mol% (BGS1 to BGS4) was evaluated using the linear attenuation coefficient (LAC) parameter at 662 keV photon energy. According to the findings, the resultant glass density values were found to be in increasing trend as the ZnO insertion ratio increased from 0 to 20 mol%. Additionally, the increasing ZnO reinforcement ratio paved the way for obtaining higher LAC values. The comparison between our samples and Schott RS360 clearly indicated that BGS4 can be a promising radiation protection glass.

Keywords: Glass; Radiation shielding; ZnO, Waste glass, Phy-X/PSD

1. Giriş

Gelişen teknoloji ile birlikte radyasyon kaynaklı zararlı ışınların ortaya çıkması günden güne artış göstermektedir. Tıbbi uygulamalar, tarımsal faaliyetler, gıda sterilizasyon süreçleri, endüstriyel tahribatsız muayeneler ve nükleer güç üretim tesisleri başlıca radyasyon kaynaklı zararlı ışınların meydana çıktığı uygulamalardır [1]. Anılan uygulamalar neticesinde ortaya çıkan zararlı ışınlar ise insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilen bazı geri dönüşü olmayan hastalıklara neden olabilmektedir [2]. Hem uygulamaların olumlu yanlarından faydalanmaya devam etmek hem de olumsuz yönlerini azaltmak/ortadan kaldırmak amaçlarıyla bir radyasyon zırhlayıcı malzeme kavramı ortaya atılmıştır [3]. Bilimsel topluluk tarafından çeşitli malzemeler üzerinde çalışmalar yürütülerek geleneksel manada kurşun metali, ağır agrega katkılı betonlar ve farklı ağır metaller ile güçlendirilmiş polimer malzemeler araştırılmıştır [4]. Her ne kadar bu malzemeler yoğun ve etkin bir biçimde kullanılıyor olsa da bazı teknik eksiklikler (örn., şeffaflık) ve çevresel kaygılar nedenlerinden ötürü alternatif malzeme arayışları devam etmiştir. Son zamanlarda ise, cam malzemelerin bir radyasyon koruyucu malzeme olarak kullanımına dair farklı çalışmalar yapılarak kullanımının önü açılmıştır.

Günümüzde, cam malzemeler çok farklı uygulama alanlarında sıklıkla kullanılan ve vazgeçilmez hale gelen bir malzeme türü olmaktadır. Kolay hazırlama, görünür ışıkta şeffaflık, kimyasal direnç, mekanik dayanım, ve kompozisyonel esneklik gibi ön plana çıkan avantajları bulunmaktadır [5]. Ayrıca, hem açık döngü hem de kapalı döngü yöntemleriyle geri dönüşüm ile yeniden kullanma süreçlerine sahiptir. Bu da demek oluyor ki, atık bir cam malzeme kullanılarak farklı cam malzeme çeşitleri üretilebilir ve sürdürülebilir haldedir. Çevresel kaygıların en üst noktada yaşandığı günümüz dünyasında, birincil hammaddelerin tüketilmediği ve daha az fosil yakıt tüketiminin var olduğu şartlar arandığından, atık bir cam malzemenin, bir radyasyon zırhlayıcı malzeme olarak değerlendirilmesi oldukça önem arz etmektedir. Böylelikle, atık bir malzemedan bir ürün çıktısı elde edilerek bir kazanım sağlanabilmektedir. Öte yandan, literatür çalışmaları bu kapsamda irdelendiğinde, çok kısıtlı sayıda atık esaslı radyasyon zırhlayıcı cam malzeme varlığı göze çarpmaktadır [6]. Bu nedenle, radyasyon zırhlama uygulamalarında kullanılmak üzere bir atık esaslı cam sisteminin değerlendirilmesi yazarlar tarafından önemsenmektedir.

Cam türleri arasında, borosilikat camlar oldukça önem taşımaktadır. İyi ısı şok direnci, kimyasal ataklara karşı dayanım ve yüksek mekanik direnç başlıca özellikleri olarak verilebilmektedir. Bununla beraber, fırın kapları, laboratuvar gereçleri gibi farklı uygulama alanları da bulunabilmektedir [7]. Buradan hareketle, atık borosilikat camlara ulaşmanın mümkün olacağı ve toplama konusunda da

mühim bir engelin bulunmadığı çıkarımı yapılabilir. Diğer taraftan, radyasyon zırhlayıcı malzemeler alanına bakıldığında yüksek yoğunluklu içeriklerin kullanıldığı göze çarpar [8]. Atık borosilikat cam sisteminin mevcut yoğunluk değerini arttırmak ve optik özelliklerini iyileştirmek maksadıyla çinko oksit (ZnO) içeriği sisteme dahil edilebilir [9]. Yerel ölçekte bulunabilirliği ve düşük maliyetler ile tedarik edilebilirliği söz konusu olduğundan, çalışmanın önemli bir parçası olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, literatür çalışmaları irdelendiğinde, ZnO ile güçlendirilmiş atık borosilikat sistemine dayalı bir çalışmaya, baktığımız kadarıyla, rastlanmamıştır. Bu nedenle, çalışmamız neticesinde elde edilecek verilerin literatürde yer alan boşluğu doldurmaya yardımcı olacağı kanaati bulunmaktadır.

Bu çalışmada, ZnO ile güçlendirilmiş atık borosilikat cam sistemi üzerinde durulmuştur. Bu amaçla, $x\text{ZnO} + (100-x)\text{BGS}$, burada x : 0, 5, 10 ve 20 ağırlık %, cam sistemi tasarlanmış ve numuneler BGS1'den BGS4'e kadar kodlanmıştır. Tamamen teorik yaklaşım ile değerlendirilen bu cam sistemlerinde, fiziksel özellikleri anlamak amacıyla sadece yoğunluk değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, radyasyon zırlama özelliklerinin tespiti için sıklıkla tercih edilen Phy-X/PSD yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılımda, sadece 662 keV gama-ışını enerjisi için doğrusal sönmüleme katsayısı (LAC) hesaplatılmıştır. LAC değerlerinden yola çıkılarak da HVL kalınlıkları numuneler için türetilmiştir. Sonuç olarak, ZnO ile güçlendirilen atık borosilikat cam sisteminin potansiyel taşıdığı ve yüksek ZnO oranlarının daha işlevsel olduğu bulunmuştur.

2. Materyal & Metot

Teorik bir yaklaşım ile ZnO ile güçlendirilmiş atık borosilikat cam sisteminin radyasyon koruma kabiliyetlerinin anlaşılması üzerinde durulmuştur. Bu açıdan, cam tasarımı olarak $x\text{ZnO} + (100-x)\text{BGS}$, burada x : 0, 5, 10 ve 20 ağırlık % seçilmiştir. Ayrıca, BGS sistemi şu kompozisyona sahiptir: $81\text{SiO}_2 + 12\text{B}_2\text{O}_3 + 4\text{Na}_2\text{O} + 3\text{Al}_2\text{O}_3$. Artan ZnO ilavesi ile birlikte fiziksel özelliklerin değişimini saptamak amacıyla Eşitlik 1 vasıtasıyla teorik yoğunluk hesaplamaları yapılmıştır. Burada v_i değişkeni i -içeriğinin 1 gramının özgül hacmini ve f_i i -içeriğinin ağırlık oranının gösterir.

$$\rho_{glass} = \frac{1}{\sum v_i f_i} \quad (1)$$

Diğer taraftan, literatürde iyi bilinen ve sıklıkla kullanılan Phy-X/PSD programında 662 keV foton enerji seviyesinde ilgili cam numuneler için LAC değerleri hesaplatılmıştır [10]. Bu hesaplar için, Eşitlik 2'de verilen formül, yazılım tarafından kullanılmaktadır. Burada I , I_0 , μ , and x sırasıyla geçen foton enerjisini, gelen foton enerjisini, LAC parametresini ve kalınlığı temsil eder.

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x} \quad (2)$$

Ayrıca, yarı-değer katmını (HVL) kalınlıklarını hesaplamak için ise Eşitlik 3'te yer alan denklem kullanılmıştır.

$$HVL = \frac{0.693}{LAC} \quad (3)$$

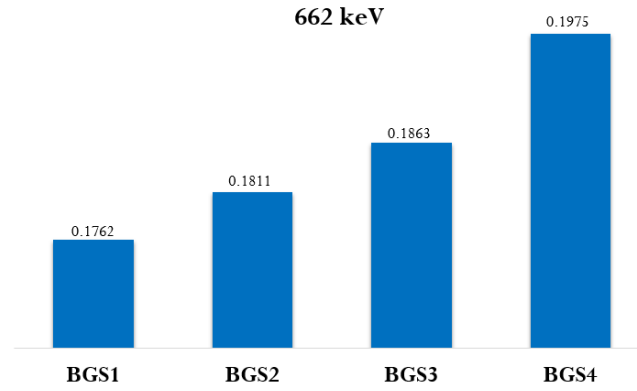
3. Bulgular & Tartışma

Teorik bir yaklaşım ile ilgili cam sistemleri için fiziksel ve radyasyon zırhlama özellikleri irdelenmiştir. Fiziksel özellikler çerçevesinde, teorik yoğunluk değerlerine dair yapılan hesaplamalar Tablo 1'de yer aldığı gibi sunulmuştur. Burada, artan ZnO ilave oranı ile birlikte yoğunluk değeri artış gösterir. Yoğunluk değeri 2.29'dan 2.58 g/cm³ değerine çıkar. Böylelikle, yaklaşık %13'lük artış elde edilir. Bu durumun ardında yatan sebep ise ZnO (5.61 g/cm³) içeriğinin, atık borosilikat cam sistemine kıyasla daha yüksek yoğunluk değerine sahip olmasıdır.

Tablo 1. Çalışılan numuneler için teorik yoğunluk hesaplamaları.

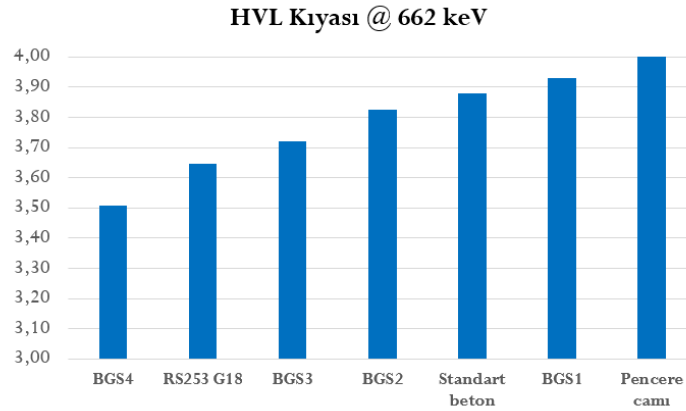
Numune Kodu	Yoğunluk (g/cm ³)
BGS1	2.2911
BGS2	2.3590
BGS3	2.4305
BGS4	2.5873

Radyasyon sönmleme kabiliyetinin anlaşılması amacıyla LAC değerleri teorik olarak hesaplatılmış ve 662 keV foton enerjisi için değerler Şekil 1'de verilmiştir. Burada, artan ZnO katkısı ile birlikte LAC değerlerinde artış görülür. LAC değerlerinde artış olması istenilen bir durumdur. Zira, LAC değeri ne kadar yüksekse, radyasyon zırhlama kabiliyeti o kadar iyidir. LAC değerinde görülen bu artışın sebebi ZnO ilavesinin genel cam yoğunluğunu artırması şeklinde verilebilir. Ayrıca, cam sistemi içerisine Zn elementinin girmesi sayesinde iri atom çaplı element oranı artırılmıştır.



Şekil 1. 662 keV foton enerjisinde ilgili numuneler için teorik LAC hesaplamaları.

Radyasyon zırhlama kabiliyetleri açısından numunelerin birbiri ile kıyaslanması akabinde, elde edilen verilerin anlamlandırılabilmesi amacıyla alternatif malzemeler ile yapılan HVL kalınlığı kıyaslamaları Şekil 2’de yer almaktadır. Bilindiği üzere, HVL ne kadar düşük olursa, foton zırhlama kabiliyeti o kadar yüksek olur. Burada, RS253 G18 Schott firması tarafından ticari manada satılan bir radyasyon zırhlayıcı camdır [11]. Diğer yandan, standart beton ve pencere camı geleneksel manada örnek amacıyla verilmiştir. 662 keV foton enerjisinde, BGS4 numunesi diğerlerine göre en düşük HVL kalınlığını sunmaktadır. Bu nedenle, potansiyel bir radyasyon zırhlayıcı cam malzeme adayı olarak gösterilebilir.



Şekil 2. HVL kalınlığı açısından alternatif malzemeler ile BGS serilerinin 662 keV enerji seviyesinde kıyaslanması.

4. Sonuçlar

Bu çalışma neticesinde, aşağıda listelenen maddelere vurgu yapılmıştır:

- Kurşun oksit içermeyen ve çevresel kaygıları minimize eden bir atık cam esaslı radyasyon zırhlayıcı cam malzeme çalışılmıştır.
- Atık camların, radyasyon zırhlama uygulamalarında kullanılabilirliğini ortaya koyan çalışma, literatürde bulunan boşluğu doldurma potansiyeline sahiptir.
- Artan ZnO ilavesi ile birlikte, cam yoğunluğu 2.29’dan 2.59’a çıkarılmıştır.
- Artan ZnO ilavesi ile beraber, LAC parametresi 662 keV foton enerji seviyesinde artış göstermiştir.

- v. Çalışılan BGS serisi camlar, alternatif malzemeler ile HVL kalınlığı açısından 662 keV foton enerji seviyesinde kıyaslandığında, BGS4 numunesinin öne çıktığı ve ticari camlar ile rekabet edebilir düzeyde olduğu görülmüştür.
- vi. Netice olarak, bir atık borosilikat cam sisteminin ZnO ile katkılandırılması neticesinde, hem yoğunluk parametresinin artırılabilceği hem de radyasyon koruma kabiliyetinin iyileştirilebileceği çıkarımı yapılabilir.

5. Kaynaklar

- [1] I. Akkurt and R. B. Malidarre, "Physical, structural, and mechanical properties of the concrete by FLUKA code and phy-X/PSD software," *Radiat. Phys. Chem.*, vol. 193, Apr. 2022, doi: 10.1016/J.RADPHYSHEM.2021.109958.
- [2] Y. S. Rammah, H. H. Somaily, Z. A. Alrowaili, A. M. Al-Baradi, I. O. Olarinoye, and M. S. Al-Buriah, "High density binary TeO₂-Bi₂O₃ glasses: strong potential as a nontoxic and environmentally friendly glass shields for photons/charged particles," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 17, pp. 1311–1318, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.JMRT.2022.01.040.
- [3] M. I. Sayyed, N. S. Prabhu, and S. D. Kamath, "Exploring the optical gamma radiation shielding features of barium and zinc doped fluorotellurite glasses: A comparative study with other glass systems," *Optik (Stuttg.)*, vol. 256, Apr. 2022, doi: 10.1016/J.IJLEO.2021.168175.
- [4] H. O. Tekin et al., "Multiple Assessments on the Gamma-Ray Protection Properties of Niobium-Doped Borotellurite Glasses: A Wide Range Investigation Using Monte Carlo Simulations," *Sci. Technol. Nucl. Install.*, vol. 2022, pp. 1–17, Mar. 2022, doi: 10.1155/2022/5890896.
- [5] R. Kurtulus, C. Kurtulus, and T. Kavas, "Nuclear radiation shielding characteristics and physical, optical, mechanical, and thermal properties of lithium-borotellurite glass doped with Rb₂O," *Prog. Nucl. Energy*, vol. 141, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.PNUCENE.2021.103961.
- [6] R. Kurtuluş, T. Kavas, E. Kavaz, H. O. Tekin, and Y. Kurucu, "Synthesis and characterization of waste CRT glasses through physical, optical and structural properties: A comprehensive study on recycling," *Optik (Stuttg.)*, vol. 248, no. October, p. 168167, 2021, doi: 10.1016/j.ijleo.2021.168167.
- [7] J. E. Shelby, *Introduction to Glass Science and Technology*, no. Second Edition. 2005.
- [8] W. Cheewasukhanont, P. Limkitjaroenporn, M. I. Sayyed, S. Kothan, H. J. Kim, and J. Kaewkhao, "High density of tungsten gadolinium borate glasses for radiation shielding material: Effect of WO₃ concentration," *Radiat. Phys. Chem.*, vol. 192, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.RADPHYSHEM.2021.109926.
- [9] N. Effendy, M. H. M. Zaid, H. A. A. Sidek, K. A. Matori, K. A. Mahmoud, and M. I. Sayyed, "Influence of ZnO to the physical, elastic and gamma radiation shielding properties of the tellurite glass system using MCNP-5 simulation code," *Radiat. Phys. Chem.*, vol. 188, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.RADPHYSHEM.2021.109665.
- [10] E. Şakar, Ö. F. Özpolat, B. Alım, M. I. Sayyed, and M. Kurudirek, "Phy-X/ PSD: Development of a user friendly online software for calculation of parameters relevant to radiation shielding and dosimetry," *Radiat. Phys. Chem.*, vol. 166, no. August 2019, 2020, doi:

10.1016/j.radphyschem.2019.108496.

- [11] Schott, “http://www.schott.com/advanced_optics/english/products/opticalmaterials/special-materials/radiation-shielding-glasses/index.html. (Accesed 03 September 2018), (2018). http://www.schott.com/advanced_optics/english/products/opticalmaterials/%0Aspecial-mate,” 2018.

Rüzgâr Enerjisi Üretimi ve Yük Belirsizlikleri Altında Üretim Genişleme Planlaması

Egemen Uyar^{1*}, Engin Karatepe², Güneş Becerik-Mir³

^{1*}Dokuz Eylül Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, egemenuyar@outlook.com

²Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, engin.karatepe@ege.edu.tr

³Dokuz Eylül Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, becerikgunes@gmail.com

Özet

Yenilenebilir enerji sektöründeki yatırımlar küresel çerçevede hızla artmaktadır. Artan yatırımlar ile birlikte elektrik arzının güvenli bir şekilde sağlanabilmesi için ekonomik ve teknik kısıtları dikkate alan planlama çalışmalarının yapılması gerekir. Değişken yük talebi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının doğası gereği belirsiz bir karakteristiğe sahip olması, uzun dönemli güç sistemi planlama çalışmalarında belirsizliğin yatırım kararları üzerindeki etkisini önemli bir konu haline getirmiştir. Belirsizlik, yatırımlarda risk ve fırsatların belirlenebilmesi için güç sistemi planlama probleminde dikkatli bir şekilde ele alınmalıdır. Uzun dönemli planlama çalışmalarında ilk adım, belirli bir planlama periyodu için yük tahmini yaparak gelecekteki talep koşullarını göz önünde bulunduran üretim genişleme planlaması yapılmasıdır. Yeni elektrik üretim santrallerinin kapasite, yer, teknoloji türü ve zamanı bu koşullar altında belirlenebilir. Bu çalışmada, yük talebi ve rüzgâr enerjisi üretimindeki belirsizlikleri göz önünde bulunduran tek baralı üretim genişleme planlaması problemi için statik karma tam sayılı doğrusal programlama formülasyonu önerilmektedir. Bir dizi senaryo ile temsil edilen yük talebi ve rüzgâr üretim belirsizliklerinin modellenmesi için stokastik programlama modelinden faydalanılmıştır. Önerilen yöntemde teknik kısıtlamalara sahip olan sistemin yatırım, yakıt, işletme ve bakım maliyetlerinin en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Belirsizliklerin modellenmesinin yatırım kararları üzerindeki etkisi deterministik ve stokastik yaklaşımlar kullanılarak karşılaştırılmış ve yatırım kararları teknik ve ekonomik yönden irdelenerek elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Üretim genişleme planlaması; rüzgâr enerjisi; stokastik programlama; belirsizlik

Single Bus Generation Expansion Planning Under Wind and Load Uncertainties

Abstract

Investments in renewable energy sector is increased rapidly in global scale. Reliable supply of electricity demand considering economic and technical constraints requires adequate planning with the increasing investments. Variable load demand and the nature of renewable energy sources have uncertain characteristics, making the impact of uncertainty on investment decisions an important issue in long-term power system planning studies. Uncertainty must be handled carefully in the power system planning problem to identify risks and opportunities in investments. The first step in long-term planning studies is to develop a generation expansion plan that considers the future demand conditions by making a load forecast for a certain planning period. Thus, the capacity, location, technology type, and timing of new power generation plants can be determined under these conditions. In this study, a static mixed integer linear programming formulation is presented for the single bus generation

expansion planning problem, which considers the uncertainties in load and wind power generation. A stochastic programming approach is used to model the load and wind generation uncertainties represented by a set of scenarios. The aim of the proposed method is to minimize the investment, fuel, operation, and maintenance costs of the system within technical constraints. The effect of modeling uncertainties on investment decisions is compared using deterministic and stochastic approaches, and the results obtained by examining investment decisions from technical and economic aspects are presented.

Keywords: Generation expansion planning; wind energy; stochastic programming; uncertainty

1. Giriş

Elektrik güç sistemlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının katılım oranlarının artması ile birlikte farklı çalışma koşullarında üretim yük dengesinin güvenilir ve ekonomik bir şekilde sağlanması planlama çalışmalarında önemli ve güncel bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Uzun dönemli planlamada, yük tahmininin ardından yapılan ilk çalışma elektrik üretim planlamasıdır. Elektrik üretim planlaması (EÜP) gelecekteki yük koşullarını karşılamak için kurulacak olan yeni tesislerin kapasite, yer, teknoloji türü ve zamanını belirleyen bir optimizasyon problemidir (Diaz vd., 2020). Matematiksel modelleme açısından EÜP karma tam sayılı doğrusal bir optimizasyon problemi olarak formüle edilebilmektedir. Problemin amacı çeşitli kısıtlamalar altında toplam maliyeti en aza indirerek ekonomik işletimi sağlamaktır. Bu kısıtlamalar güç sistemlerinin teknik, operasyon, sosyal, ekonomik veya çevresel yönlerini içerebilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının (YEK) entegrasyonunun giderek artması ve çevre politikaları ile piyasa teşviklerinin değişmesi nedeniyle bu kaynakların EÜP problemi altında ele alınması son yıllarda oldukça önem kazanmıştır. Bunun başlıca nedeni, bu kaynakların ucuz maliyetleri nedeniyle fosil yakıtlarla rekabet etmesi ve çevre politikalarına ait hedeflere ulaşmaya yönelik ihtiyacı karşılamasıdır. Ancak YEK'in stokastik davranışı ve çevresel koşullara bağımlı olması karar verme sürecini oldukça zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, EÜP modellerinde belirsizliklerin üretim ve işletme maliyetlerini nasıl etkilediği önemli bir araştırma konusu olmuştur.

Son on yılda belirsizliklerin EÜP problemine dahil edilmesi konusunda kapsamlı çalışmalar yapılmıştır. Stokastik EÜP modellerinde operasyonel problemin çözülebilmesi için belirsizliklerin modellenmesi büyük bir öneme sahiptir. Tahmini yük, yakıtın mevcudiyeti veya maliyeti, ekonomik büyüme, üretim tesisinin yapım süresi, üretim kesintileri, çevresel hedefler ve düzenleyici politikalar, EÜP çalışmalarında dikkate alınan en yaygın belirsizliklerdir (Oree vd.,2017). Literatürde EÜP altında ele alınan belirsizlikleri izlenebilir bir şekilde analiz etmek için birçok yaklaşım geliştirilmiştir (Jordehi,2018). Belirsizlikleri optimizasyon probleminde modellemek için kullanılan en yaygın yöntem senaryo tabanlı yaklaşımdır. Senaryo yaklaşımı belirsizliklerin uzun dönem verilerini kullanarak sistemin farklı çalışma koşullarını temsil etmek için senaryolar ile betimlenmesidir. Bu senaryolar, problem kurulumuna bağlı olarak ağırlık değerleri ile temsil edilerek (Baringo&Conejo, 2011; Tohidi vd., 2013; Liu vd., 2017; Pourahmadi vd., 2020; Davoodi vd., 2022) veya Monte Carlo Simülasyonu (Hemmati vd., 2013; Manickavasagam vd., 2015) gibi yöntemlerle ele alınmaktadır. Bunun haricinde robust eniyileme modelleri de olasılıksal EÜP optimizasyonunda kullanılabilir (Abdalla vd., 2020; Abdin vd., 2022).

Güç sistemlerinde modelleme açısından EÜP problemi, tek baralı veya ağ kısıtlı model olarak ele alınmaktadır. Tek baralı yaklaşımda üretim birimlerinin optimum kapasitesi ve türü belirlenebilirken,

ağ kısıtlanmalı yaklaşımda kapasite, tür ve konum bilgisi elde edilebilmektedir. Literatürde tek baralı, olasılıksal EÜP çalışmaları birçok farklı açıdan incelenmiştir. (Sun vd., 2012) önerdiği çalışmada statik, tek baralı EÜP problemi, olasılıksal YEK gücünü şans kısıt programlaması kullanılarak parçacık sürüsü optimizasyonu ile ele alır. (Rajesh vd., 2016) çalışmasında artan rüzgâr enerjisi penetrasyonu altında üretim tesislerinin payını incelemek için gerçek bir sisteme tek baralı EÜP modeli uygulanmış ve rüzgâr santrallerinin kapasiteleri ve emisyon politikası alternatifleri, uygun rezerv marj seviyeleri ile senaryo tabanlı model ile belirlenmiştir. (Abdalla vd., 2020) çalışmasında hem uzun hem de kısa vadeli belirsizliği dikkate alan tek baralı EÜP modeli robust eniyileme yöntemi ile çözülmüştür. (Hemmati vd., 2013) çalışmasında, elektrik piyasasında çeşitli kısıtlamaları göz önünde bulunduran üretim şirketlerinin beklenen kârını maksimize etmeye çalışan tek baralı EÜP optimizasyonu önerilmiştir. (Pourmoosavi ve Amraee, 2021) çalışmasında, düşük karbon politikası kapsamında yeni üretim tesislerin belirlenmesi için tek baralı çok dönemli bir EÜP modeli önerilmiştir. (Rashidaee vd., 2018) çalışmasında, rezerv marjı ve yük kaybı olasılığı kısıtlamaları düşünülerek tek baralı, dinamik, karışık tam sayılı doğrusal bir EÜP problemi önerilmiştir.

Bu çalışmada, yük ve rüzgâr enerjisi üretimindeki belirsizlikler dikkate alınarak tek baralı statik EÜP, karma tamsayı doğrusal programlama problemi olarak formüle edilmiştir. Önerilen olasılıksal EÜP probleminde yatırım ve operasyonel maliyetlerinin minimizasyonu amaçlanmıştır. EÜP probleminde belirsizlikler Monte Carlo Simulasyonu ile ele alınmış ve iki seviyeli programlama yöntemi kullanılarak yatırım planları elde edilmiştir. Yük ve rüzgâr hızı belirsizliğinin EÜP planları üzerine etkisi yatırım planları ve maliyetler üzerinden incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada EÜP problemi hem deterministik hem de olasılıksal yaklaşımlar ile ele alınarak elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. Deterministik yaklaşımda, rüzgâr ve gelecekteki yük tek bir senaryo ile temsil edilirken, olasılıksal yaklaşımda yük ve rüzgâr belirsizlikleri senaryolar ile modellenmiştir. Tahmini yük normal dağılım, rüzgâr hızı ise Weibull dağılım ile birbirinden bağımsız düşünülerek modellenmiştir. Her iki belirsizliğin dağılım fonksiyonları sırasıyla denklem (1) ve (2)' de verilmiştir.

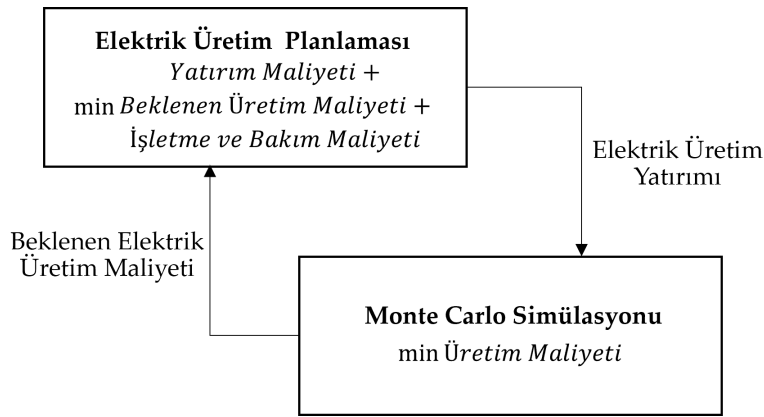
$$y = f(x|\mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

$$y = f(x|k, c) = \frac{c}{k} \left(\frac{x}{k}\right)^{k-1} e^{-\left(x/k\right)^c} \quad (2)$$
$$(3)$$

$$P_{\text{çıkış}} = \begin{cases} 0 & 0 \leq V \leq V_{ci} \\ \frac{P_r(V - V_{ci})}{V_r - V_{ci}} & V_{ci} \leq V \leq V_r \\ P_{anna} & V_r \leq V \leq V_{co} \\ 0 & V_{co} \leq V \end{cases}$$

Normal dağılım için μ ortalama değer, σ ise standart sapmayı ifade etmektedir. Bu çalışmada μ değeri 1800 MW, σ/μ oranı ise 0,10 alınmıştır. Weibull dağılımında ise şekil (k) ve ölçek (c) parametreleri rüzgâr hızının karakteristiğini belirlemektedir. Rüzgâr türbininin karakteristiği denklem (3)'te verilen rüzgâr kesme hızlarına göre hesaplanır. Ele alınan senaryolarda rüzgâr hızı karakteristiği $k=5,4$, $c=2,7$; rüzgâr kesme hızları ise $V_{ci} = 4$ m/s, $V_r = 12$ m/s ve $V_{co} = 22$ m/s olarak kabul edilmiştir (Hemmati vd.,2016). Üst seviyede üretim maliyetleri düşünülerek en iyi yatırım kararı amaçlanırken, alt seviyede programda Monte Carlo Simülasyonu altında optimum üretim maliyeti ele alınarak beklenen operasyonel maliyetler hesaplanmaktadır.

Tek baralı yaklaşımda sistemin güç akışı kısıtlamalarını dikkate almadan üretim santrallerinin tipi ve kapasitesi bulunmaya çalışılır. Bu çalışmada, EÜP problemi statik ve tek bara yaklaşımı ile ele alınmış ve kullanılan iki seviyeli modelin işleyişi Şekil 1'de özetlenmiştir.



Şekil 1 – Optimizasyon Modeli

Şekil 1'den de görüleceği üzere, üst seviyede toplam maliyet minimize edilirken alt seviyede her bir senaryo için üretim birimlerinin optimum çıkış güçleri bulunarak beklenen üretim maliyeti hesaplanır. Optimizasyon sürecinde, üst seviyenin karar değişkenleri alt seviyedeki optimizasyonun karar değişkenlerinin üst limitlerini belirler. Burada farklı yük-rüzgâr senaryoları için Monte Carlo Simülasyonu ile beklenen üretim maliyeti hesaplanmıştır. Bu kapsamda, beklenen üretim maliyeti ve yatırım maliyeti beraber düşünülerek en iyi yatırım kararı belirlenir. Olasılıksal EÜP probleminin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibi verilmiştir:

$$\min \sum_c C_c^{yatirim(yillik)} P_c^{kap} X_c + \sum_r C_r^{yatirim(yillik)} P_r^{kap} X_r + \rho \left[\sum_e C_e^{uretim} P_{ew}^E + \sum_c C_c^{uretim} P_{cw}^C \right] + \left[\sum_e C_e^{i\&b} P_e^{kap} + \sum_c C_c^{i\&b} P_c^{kap} X_c + \sum_r C_r^{i\&b} P_r^{kap} X_r \right] \quad (4)$$

s.t.

$$X = (X_c^1, \dots, X_c^n, X_r^1, \dots, X_r^n), \forall c, \forall r \quad (5)$$

$$0 \leq X_c \leq X_c^{max}, \forall c \quad (6)$$

$$0 \leq X_r \leq X_r^{max}, \forall r \quad (7)$$

burada $(P_{ew}^E, P_{cw}^C, P_{dw}^D) = \{$

$$\min \sum_e C_e^{uretim} P_{ew}^E + \sum_c C_c^{uretim} P_{cw}^C \quad (8)$$

s.t.

$$\sum_e P_{ew}^E + \sum_c P_{cw}^C + \sum_r P_{rw}^R = \sum_d P_{dw}^D \quad (9)$$

$$0 \leq P_{cw}^C \leq P_c^{kap} X_c, \forall c \quad (10)$$

$$0 \leq P_{ew}^E \leq P_e^{kap}, \forall e \quad (11)$$

$\}, \forall w$

Denklemlerde kullanılan alt indisler c, r, e, d, w sırasıyla aday konvansiyonel elektrik üretim santrali, aday rüzgâr enerji santrali, sistemde var olan elektrik üretim santrallerini, yük ve senaryoyu betimlemektedir. Denklemlerde kullanılan üst indisler E, C, R, D, kap, i&b sırasıyla mevcut, aday, ve rüzgâr santralleri seti, toplam yük, santrallerin birim kapasitesi ve işletme-bakım maliyetleridir. Denklem (4)'te verilen amaç fonksiyonu, toplam yatırım, beklenen elektrik üretim maliyetlerini ve işletme-bakım maliyetlerini en aza indirmeye çalışır. Burada, yıllık elektrik üretim maliyeti için ρ değeri 8760 ve referans yıldaki maliyetler için aday santrallerin yıllık yatırım maliyetleri kullanılmıştır. Üst seviyede karar değişkenleri üretim santrallerinin sayısı (X_c, X_r); kısıtları ise denklem (6) ve (7)'de verilen izin verilen maksimum aday üretim birimlerinin sayısıdır. Alt seviyede, amaç fonksiyonu denklem 8'de verilmiştir ve değişkenleri her bir senaryodaki çalışma koşulu için üretim değerleridir (P_{cw}^C, P_{ew}^E). Burada, P_{rw}^R değerleri Monte Carlo Simulasyonundaki ilgili örnek senaryodan gelen rüzgâr çıkış güçlerini ifade etmektedir. Alt seviyede, kısıtlar denklem (9) – (11) arasında verilmiştir. Denklem (9) üretim-tüketim dengesindeki eşitlik kısıtıdır. Denklemler (10) – (11), sırasıyla aday konvansiyonel ve mevcut üretim santrallerinin güç üretim limitlerini ifade eder.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Olasılıksal EÜP için sunulan iki seviyeli karmaşık tamsayı doğrusal optimizasyon modeli MATLAB ortamında çözülmüştür. Mevcut üretim birimi kömür santrali kabul edilerek nominal kapasitesi 500 MW kabul edilmiştir. Optimizasyonda aday üretim birimleri sırasıyla kömür, doğal gaz kombine çevrim, hidroelektrik ve rüzgâr santralleri şeklinde belirlenmiştir. Her bir üretim biriminin kapasitesi sırasıyla 300, 400, 200 ve 100 MW'tır. Kömür, doğal gaz ve hidroelektrik santralleri için 5 adet yatırıma izin verilirken, rüzgâr santraline 15 adet yatırıma izin verilmiştir. Maliyetler hesaplanırken yakıt, işletme ve bakım maliyetleri göz önünde bulundurulmuştur (Abdalla vd.,2020, Careri vd.,2011). Çalışmanın ilk aşamasında, Çalışma-1 ile anılacaktır, deterministik ve olasılıksal senaryolar ele alınarak elektrik üretim planları elde edilmiştir. Tablo 1'de deterministik ve olasılıksal senaryolar altında elde edilen yatırım planları ve maliyetleri verilmiştir.

Tablo 1. Çalışma-1 deterministik/olasılıksal EÜP planları

Senaryo	Yatırım Kararı	Toplam Maliyet (M\$/yıl)
Deterministik	S2(x3), S3(x4), S4(6)	859,740
Olasılıksal	S1(x1), S2(x4), S3(x1), S4(5)	713,760

Tablo 1'de görüldüğü üzere deterministik ve olasılıksal modelleme ile ele alınan yatırım planları ve maliyetleri farklı çıkmıştır. Deterministik senaryo ile yapılan planlama çalışmasında ortalama senaryo durumu ele alınmıştır. Beklendiği üzere, sonuçlar karşılaştırıldığında deterministik senaryo durumunun yüksek maliyete sahip olduğu görülmektedir. Olasılıksal planlamada belirsizlik durumları Monte Carlo Simülasyonu atında yük ve rüzgâr için dağılım fonksiyonları aracılığıyla betimlenmiş ve çok sayıda senaryo kombinasyonları düşünülerek beklenen üretim maliyetleri elde edilerek optimizasyon süreci yürütülmüştür. Yatırım kararları bulunduktan sonra, elde edilen üretim planları 8760 farklı olasılıksal yük ve rüzgâr senaryoları ile test edildiğinde, deterministik ve olasılıksal senaryo durumu için de üretim-tüketim dengesinin her koşulda sağlandığı gözlemlenmiştir. Deterministik durum senaryosuna göre yapılan planlamada, planlamacının muhafazakâr bakış açısına sahip olduğu bu nedenle gerektiğinden fazla maliyetle yatırım yapması gerektiği görülmektedir. Sonuç olarak, olasılıksal model ile elde edilen yatırım planına göre maliyet açısından daha kabul edilebilir yatırım kararları alınabileceği gözlemlenmektedir.

Bu bildirinin ikinci aşamasında, burada Çalışma-2 ile anılacaktır, farklı yük değişimlerinin yatırım planlarına olan etkisi incelenmiştir. Yükün σ/μ oranının değişmesi yükün ortalama değerini değiştirmezken olasılık dağılım fonksiyonunun uç noktalarını değiştirdiği için en kötü durum senaryosu değişmektedir. Bu çalışmada, rüzgâr karakteristiği Çalışma-1'de ele alınan olasılıksal

karakteristik ile aynı kabul edilmiştir. Tablo 2’de yük karakteristiğinin EÜP planlarına ve toplam maliyet üzerine etkisi görülmektedir.

Tablo 2. Çalışma-2 Yük karakteristiğinin olasılıksal EÜP planlarına etkisi

Çalışma	Yük Karakteristiği (σ/μ)	Yatırım Kararı	Toplam Maliyet (M\$/yıl)
2.1	5 %	S2(x4), S3(x1),	649,160
2.2	7 %	S2(x5), S4(x1)	667,840
2.3	10 %	S1(x1), S2(x4), S3(x1), S4(5)	713,760

Yükün standart sapması arttıkça olasılıksal EÜP kararları değişmekte ve toplam maliyetin de arttığı gözlemlenmektedir. Bunun başlıca nedeni, olasılık dağılım fonksiyonlarının kuyruk kısımlarındaki en kötü durum senaryolarının yüksek standart sapmaya sahip senaryoda daha büyük bir yüke denk gelmesidir. Ayrıca yük karakteristiğindeki olasılıksal değişim nedeniyle rüzgâr santraline yapılan yatırım sayısının da arttığı da gözlemlenmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, statik ve tek baralı EÜP problemi iki seviyeli optimizasyon modeli ile ele alınmış ve senaryo tabanlı yaklaşım ile belirsizlikler optimizasyon problemine dahil edilmiştir. Deterministik ve olasılıksal senaryo yaklaşımları ile belirsizliklerin yatırım kararları üzerindeki etkileri toplam maliyetler açısından kıyaslanarak incelenmiştir. Gerçekleştirilen testler sonucu, Monte Carlo Simülasyonu ile belirsizliklerin dahil edildiği olasılıksal EÜP modelinde elde edilen yatırım kararlarının daha ekonomik sonuçlar verebileceği gözlenmiştir. Her geçen gün yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik şebekelerindeki katılım oranlarının arttığı göz önüne alındığında, planlama çalışmalarına şebekedeki belirsizliklerin dahil edilerek gerçekleştirilmesi güvenilirliği yüksek ve aynı zamanda ekonomik yatırım kararlarının alınmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, farklı belirsizliklerin betimlendiği şebeke planlama modellerinin geliştirilmesi güncel bir araştırma konusu olarak önemini giderek artırmaktadır.

Kaynaklar

- [1] Diaz, P., King, R., Sigler, D., Cole, W., & Jones, W, Uncertainty Quantification for Capacity Expansion Planning (No. NREL/TP-2C00-76708). National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States) (2020).
- [2] Oree, V., Hassen, S. Z. S., & Fleming, P. J., Generation expansion planning optimisation with renewable energy integration: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 69 (2017) 790-803.

- [3] Jordehi, A. R., How to deal with uncertainties in electric power systems? A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 96 (2018) 145-155.
- [4] Baringo, L., & Conejo, A. J., Wind power investment within a market environment. *Applied Energy*, 88(9) (2011) 3239-3247.
- [5] Tohidi, Y., Aminifar, F., & Fotuhi-Firuzabad, M., Generation expansion and retirement planning based on the stochastic programming. *Electric power systems research*, 104 (2013) 138-145.
- [6] Liu, Y., Sioshansi, R., & Conejo, A. J., Multistage stochastic investment planning with multiscale representation of uncertainties and decisions. *IEEE Transactions on Power Systems*, 33(1) (2017) 781-791.
- [7] Pourahmadi, F., Kazempour, J., Ordoudis, C., Pinson, P., & Hosseini, S. H., Distributionally robust chance-constrained generation expansion planning. *IEEE Transactions on Power Systems*, 35(4) (2019) 2888-2903.
- [8] Davoodi, A., Abbasi, A. R., & Nejatian, S., Multi-objective techno-economic generation expansion planning to increase the penetration of distributed generation resources based on demand response algorithms. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 138 (2022) 107923.
- [9] Hemmati, R., Hooshmand, R. A., & Khodabakhshian, A., Reliability constrained generation expansion planning with consideration of wind farms uncertainties in deregulated electricity market. *Energy conversion and management*, 76 (2013) 517-526.
- [10] Manickavasagam, M., Anjos, M. F., & Rosehart, W. D., Sensitivity-based chance-constrained generation expansion planning. *Electric Power Systems Research*, 127 (2015) 32-40.
- [11] Abdalla, O. H., Adma, M. A. A., & Ahmed, A. S., Generation expansion planning under correlated uncertainty of mass penetration renewable energy sources. *IET Energy Systems Integration*, 2(3) (2020) 273-281.
- [12] Abdin, A. F., Caunhye, A., Zio, E., & Cardin, M. A. Optimizing generation expansion planning with operational uncertainty: A multistage adaptive robust approach. *Applied Energy*, 306 (2022) 118032.
- [13] Sun, Y., Han, T., & Ashfaq, A., A chance-constrained programming based renewable resources included generation expansion planning method and its application. *IEEE Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference* (2012) 1-5.
- [14] Rajesh, K., Kannan, S., & Thangaraj, C., Least cost generation expansion planning with wind power plant incorporating emission using differential evolution algorithm. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 80 (2016) 275-286.
- [15] Pourmoosavi, M. A., & Amraee, T., Low carbon generation expansion planning with carbon capture technology and coal phase-out under renewable integration. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 128 (2021) 106715.

- [16] Rashidaee, S. A., Amraee, T., & Fotuhi-Firuzabad, M., A linear model for dynamic generation expansion planning considering loss of load probability. *IEEE Transactions on Power Systems*, 33(6) (2018) 6924-6934.
- [17] Hemmati, R., Hooshmand, R. A., & Khodabakhshian, A. Coordinated generation and transmission expansion planning in deregulated electricity market considering wind farms. *Renewable Energy*, 85 (2016) 620-630.
- [18] Careri, F., Genesi, C., Marannino, P., Montagna, M., Rossi, S., & Siviero, I. Generation expansion planning in the age of green economy. *IEEE Transactions on Power Systems*, 26(4) (2011) 2214-2223.

Atık Çimen Katkılı Geopolimer Yalıtım Levhası

Cüneyt Doğan^{1*}, Özkan Şanlı², Buse Ülker³, Abdülsamet Başkurt⁴, İsmail Demir⁵

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, cdogan@usr.aku.edu.tr

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, ozkansanli222@gmail.com

³Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, buseulker0203@gmail.com

⁴Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, sametbskr7@icloud.com

⁵Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, idemir@aku.edu.tr

Özet

Portland çimentosu, üretiminde kullanılan fosil yakıtların neden olduğu yüksek karbon emisyonu nedeniyle küresel ısınmaya ve çevre kirliliğine yol açmaktadır. Çimento endüstrisi, küresel ısınmanın ana nedeni olan dünya çapındaki toplam CO₂ emisyonunun yaklaşık % 5'inden sorumludur. CO₂ emisyonunu azaltmak ve doğal kaynakları korumak için Portland çimentosu betonu yerine geopolimer betonun kullanılması, çevre sorunlarına uygun bir çözüm sunar. Bu amaçla, çimentolu harçların yerine, geopolimer harçların kısmen alternatif bir malzeme olarak kullanımı konusunda yoğun araştırmalar yürütülmektedir. Geopolimer beton, inorganik moleküllerin alkali aktivasyon reaksiyonu ile üretilen yenilikçi bir beton türüdür. Ayrıca, inşaat sektöründe kullanılmak üzere bünye yapısı hafif, ısı yalıtım değeri yüksek, yerli kaynaklardan yalıtım malzemeleri üretimi ve bu malzemelerin çeşitlendirilmesi önem kazanmıştır. Bu çalışmada, çevre dostu yalıtım malzemesi üretmek amacıyla sodyum silikat ve sodyum hidroksit ile aktivasyonu sağlayan çözelti hazırlanmış Alümina/silikat kaynağı olarak metakaolin kullanılmıştır. Çalışmada akıcı kıvamda hazırlanan geopolimer harç içerisine belli oranlarda atık çimen katılarak lifli ve hafif bir bünye oluşturmak amaçlanmıştır. Kalıplara dökülen hafif bünyeli geopolimer harç numuneleri 65°C sıcaklıkta 8 ve 24 saat süreyle etüvde kür edilmiştir. Numunelere fiziksel ve mekanik özellikleri incelenerek değerlendirilmiştir. Çimen, selülozik iç yapısı yüksek gözeneklilik sunduğundan, yalıtım malzemelerinde yüksek performans sağladığı elde edilmiştir. Sonuç olarak atık çimen katkı *geopolimer yalıtım levhası üretimi koşulları belirlenmiştir*.

Anahtar kelimeler: Metakaolin; Geopolimer; Atık Çimen; Yalıtım Malzemesi.

Production Of Waste Grass Added Geopolymer Insulation Board

Abstract

Portland cement causes global warming and environmental pollution due to the high carbon emissions caused by the fossil fuels used in its production. The cement industry is responsible for about 5% of total CO₂ emissions worldwide, which is the main cause of global warming. The use of geopolymer concrete instead of Portland cement concrete offers a viable solution to environmental problems to reduce CO₂ emissions and conserve natural resources. For this purpose, intensive researches are carried out on the use of geopolymer mortars as an alternative material instead of cementitious mortars. Geopolymer concrete is an innovative type of concrete produced by the alkali activation reaction of inorganic molecules. In this study, metakaolin was used as a solution-prepared alumina/silicate source, which provides activation with sodium silicate and sodium hydroxide, in order to produce environmentally friendly insulation material. In the study, it was aimed to create a fibrous and light body by adding waste grass in certain proportions to the geopolymer mortar prepared in a fluid consistency. The light-textured geopolymer mortar samples poured into the moulds were cured in an oven at 65°C for 8 and 24 hours. The physical and mechanical properties of the samples were evaluated

by examining them. As a result, the conditions for the production of waste grass added geopolymer insulation board were determined.

Keywords: Metakaolin; Geopolymer; Waste Grass; Insulation Material.

1. Giriş

Portland çimentosu, inşaat malzemelerinin üretimi için dünyanın en çok kullanılan bağlayıcısıdır. İyi mekanik özelliği, nispeten düşük maliyeti, iyi dayanıklılığı ve hammaddelerin mevcudiyeti nedeniyle Portland çimentosu harcı birçok uygulamada tercih edilmektedir. Bununla birlikte, Portland çimentosu üretiminin doğal yaşam alanlarının ve fosil yakıtların tükenmesi, yüksek CO₂ üretimi ve diğer sera gazı emisyonları açığa çıkarmak gibi önemli dezavantajları vardır [1]. Sera gazı emisyonlarına ilişkin artan farkındalıklara rağmen, küresel birincil enerji arzı büyük ölçüde fosil yakıtlara dayanmaktadır. Bu nedenle, daha temiz ve daha enerji verimli teknolojilere ihtiyaç kaçınılmazdır.

Geopolimerler, ileri teknolojik özelliklerin yanı sıra inşaat amaçları ve mühendislik uygulamaları için düşük üretim enerjisi tüketimi ile karakterize edilen yenilikçi bir seramik malzeme sınıfını temsil eder. Geopolimerler genellikle düşük atık gaz emisyonlu ucuz ve çevre dostu sentetik prosedürlerle elde edilir [2].

Geopolimer ilk olarak Davidovits tarafından 1972'de icat edilmiştir [3]. Silika-oksijen tetrahedron ve köprü oksijen ile bağlanmış alüminyum-oksijen tetrahedrondan oluşan amorf üç boyutlu bir ağ yapısına sahip yeni bir alüminosilikat inorganik polimerdir [4]. Aktif alüminosilikat öncülü ve alkali aktivatörün geopolimerizasyonu ile oluşturulan malzeme, üstün mekanik özellik, yüksek dayanıklılık, asit ve termal direnç, düşük maliyet ve CO₂ emisyonu avantajlarına sahiptir [5]. Genel olarak, küresel çimento endüstrisinin yıllık CO₂ emisyon miktarı %5-%7'ye ulaşmıştır ve üretim sürecinde ton klinker başına yaklaşık 1800 MJ enerji gerekmektedir [6]. Çimento ile karşılaştırıldığında, geopolimerler %60-%80 daha düşük karbon ayak izine sahiptir [7]. Bu üstün özellikler, geopolimeri duvar blokları, kaplamalar, bağlayıcılar, tehlikeli madde kapsülleme, yanmaz malzemeler, acil onarımlar gibi farklı alanlarda yaygın olarak uygulanmasını sağlar [8]. Teorik olarak, silika-alüminyumca zengin malzemeler geopolimerler için hammadde olarak kullanılabilir, bu nedenle silika-alüminyum bileşenleri içeren kısmi katı atıklar geopolimerizasyon potansiyeline sahiptir. Ayrıca, bir ton çimento üretimi başına salınan CO₂ ile karşılaştırıldığında, katı atık bazlı geopolimerler daha düşük CO₂ emisyonları ve kaynak tüketimi anlamına gelirken, çevre dostu olması nedeniyle geleneksel çimentonun umut verici ikamesi olarak kabul edilir. Bu yoğun kaynak gerektiren endüstri, katı atıkların büyük ölçekli geri kazanımını/yeniden kullanımını da mümkün kılar. Sonuç olarak, geopolimerlerin benzersiz yapısı nedeniyle katı atıkların geopolimer sentezi ve tehlikeli atıkların bertarafı konusunda önemli araştırmalar yapılmıştır [9].

Geopolimerizasyon, çözünme, çökeltme, yeniden düzenleme, jelleşme ve polikondenzasyon aşamalarına ayrılabilen karmaşık bir süreçtir. Bununla birlikte, bu aşamalar, geopolimerin oluşumu sırasında neredeyse aynı anda meydana gelir ve spesifik süreci ayırt etmek zordur. Yukarıda bahsedilen mekanizma N-A-S-H jel sistemine aittir. Ayrıca, uçucu kül ve yüksek fırın cürufu gibi yüksek kalsiyumlu öncül olduğunda C-A-S-H jeli üretilecektir [10].

Hizmette olan binaların enerji verimliliği giderek artan bir endişe haline geldiğinden, yüksek ısı yalıtımı sunan malzeme arayışı, modern inşaat ve yapı endüstrisinin giderek artan bir hedefi haline gelmiştir. Alternatif bağlayıcılardaki ve bu bağlayıcılara dayalı ürünlerin mühendisliğindeki son gelişmeler, bağlayıcı olarak geopolimer kullanan beton imalatını meydana getirmiştir. Geopolimerler, esas olarak alkali hidroksit ve/veya reaktif bir alüminosilikat, özellikle metakaolin veya uçucu külün silikat aktivasyonu yoluyla üretilen karmaşık bir malzeme sınıfıdır. Geopolimer betonun yeniliği, tüm yaşam döngüsü boyunca çevre dostu malzeme imkanı sunan, üretiminden bina işletimine kadar enerji verimli malzemeler geliştirmeye yönelik bir yaklaşım yaratır [11-12].

Geopolimerler üstün termal ve dayanıklılık özellikleri sergilerler ve aynı zamanda doğaları gereği gevrektiler, çekme ve eğilme yüklemelerine karşı zayıf direnç gösterirler, bu nedenle çeşitli yapısal uygulamalar için uygun değildirler. Araştırma çalışmaları, sünekliklerini ve çekme gerilmelerine karşı dirençlerini artırmak için geopolimerlerin sentetik ve doğal liflerle güçlendirilmesine odaklanmıştır [13]. Kolaylıkla partiküllere dönüşebilen kenevir, şeker kamışı, bambu, jüt, sisal, deniz kabukları, hindistan cevizi kabuğu, çeltik samanı gibi lingo-selülozik doğal lifler yapı malzemelerinde pek çok uygulama alanı bulan organik malzemelerdir. Doğal lifler genel olarak sentetik liflerden daha düşük yoğunluğa sahiptir ve çoğu sentetik muadillerinden %30-50 daha düşük yoğunluktadır [14-15]. Ayrıca yenilenebilir, geri dönüştürülebilir, biyolojik olarak parçalanabilirler ve esneklik, yüksek özgül mukavemet ve yüksek özgül modül gibi mekanik özellikler gösterirler [16]. Ayrıca, geçtiğimiz birkaç on yıl boyunca, tarım makinelerindeki hızlı gelişmeler, büyük miktarlarda tarımsal atık meydana getirmektedir [17]. Bu çalışmada, çevre dostu yalıtım malzemesi üretmek amacıyla sodyum silikat ve sodyum hidroksit ile aktivasyonu sağlayan çözelti hazırlanmış Alümina/silikat kaynağı olarak metakaolin kullanılmıştır. Çalışmada akıcı kıvamda hazırlanan geopolimer harç içerisine belli oranlarda atık çimen katılarak lifli ve hafif bir bünye oluşturmak amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan atık çimen kesildikten hemen sonra havadar bir ortamda kurumaya bırakılmıştır ve kürekle karıştırılarak çürümesi engellenmiştir. Çalışmada kullanılan metakaolinin kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur. SiO₂ ve Al₂O₃ toplamı %95,61 olarak belirlenmiştir. Alkali çözeltide sodyum silikat, sodyum hidroksit ve su şehir şebeke suyu kullanılmıştır. Cam suyu olarak adlandırılan sodyum silikatın (Na₂O.2SiO₂.2H₂O) molar kütlesi 128.13 g/mol'dür. Sodyum hidroksit (NaOH) minimum %99.0 saflıkta ve molar kütlesi 39.997 g/mol'dür. Çalışmada kullanılan metakaolin ve lif kaynağı olan çimenin resmi Şekil 1'de sunulmuştur.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	LOI	Özg. ağı. (kg/l)
50,85	44,76	0,36	0,02	0,04	0,16	0,04	0,85	2,61



Şekil 1. Çalışmada kullanılan metakaolin ve lif kaynağı çimen

2.2. Metot

Sodyum hidroksit manyetik karıştırıcı yardımıyla suda çözüldükten sonra çözünme reaksiyonuyla artan sıcaklığın oda sıcaklığına düşmesi beklenmiştir. Devam eden karıştırma işlemine sodyum silikat ilave edilmiştir. Hazırlanan alkali çözeltiye farklı oranlarda sırasıyla metakaolin ve atık çimen eklenerek homojenlik elde edilene kadar karıştırılmıştır. Taze geopolimer harç 30x30x5 cm'lik kalıplara dökülmüştür. Kalıplama işlemiyle birlikte numuneler, alkali çözelti ile ıslatılan sıva filesine sarılmıştır. Ardından, etüvde 8 ve 24 saat sürelerde 65 °C sıcaklıkta kür edilmiştir. Numunelerin şematik hazırlanışı Şekil 2'de sunulmuştur.



*Hazırlanan alkali çözelti
karıştırma haznesine
konmuştur.*



*Alkali çözeltiye metakaolin
ilavesi ile karıştırma işlemi
başlamıştır.*



*Atık çimen ilavesi ile
karıştırma işlemi devam
edilmiştir.*



*Karıştırma işlemi sonrası
kalıplama işlemi
başlamıştır.*



*Yüzeyi düzeltilen numune
sıva filesi ile örtülmüştür.*



*Etüvde 24 saat süreyle 65
°C sıcaklıkta kür edilmiştir.*

Şekil 2. Numunelerin hazırlama süreci



Şekil 3. Çimen lifinden geopolimer yöntemi ile üretilen yalıtım plakası (30x30x5 cm)

Üretilen atık çimen kullanılarak üretilen yalıtım plağının birim ağırlığı 185 kg/m³ olarak belirlenmiş olup bu değer inşaat sektöründe ticari olarak kullanılan taşıyıcı yalıtım plağına uyum göstermektedir.

3. Sonuç

Kür sürecini tamamlamış deney örneklerin kuru birim ağırlıkları ölçülmüştür. Buna göre üretilen geopolimer yalıtım plağının kuru birim ağırlığı 185 kg/m³ olarak belirlenmiştir. Örneklerin ısı iletkenlik ölçümleri HFM-100 Isı akısı tekniğine göre EN 12667, ISO 8301 ve ASTM C518 Standartlarına uygun olarak ölçülmüştür [18-21]. Buna göre geopolimer yalıtım plağının ısı iletkenlik katsayısı (λ): 0,058 W/m.K olarak belirlenmiştir. Bu sonuç yalıtım plağının çevreci ve sürdürülebilir bir ürün olarak üretilebileceğini göstermektedir.

Kaynaklar

- [1] Sakulich, A. R. Reinforced geopolymer composites for enhanced material greenness and durability. *Sustainable Cities and Society*, 1 (2011) 195-210.
- [2] Provis, J. L., Duxson, P., & van Deventer, J. S. The role of particle technology in developing sustainable construction materials. *Advanced Powder Technology*, 21 (2010) 2-7.
- [3] Davidovits, J. *Geopolymer Chemistry and Applications*, 3rd edition (2011).
- [4] Hu, S., Zhong, L., Yang, X., Bai, H., Ren, B., Zhao, Y., ... & Li, C. Synthesis of rare earth tailing-based geopolymer for efficiently immobilizing heavy metals. *Construction and Building Materials*, 254 (2020) 119273.
- [5] Beckwith, S. W. Natural fibers: nature providing technology for composites. *SAMPE JOURNAL*, 44 (2008) 64-65.
- [6] Benhelal, E., Zahedi, G., Shamsaei, E., & Bahadori, A. Global strategies and potentials to curb CO₂ emissions in cement industry. *Journal of cleaner production*, 51 (2013) 142-161.

- [7] Cherubini, F., Bird, N.D., Cowie, A., Jungmeier, G., Schlamadinger, B., WoessGallasch, S. Energy- and greenhouse gas-based LCA of biofuel and bioenergy systems: key issues, ranges and recommendations. *Resour. Conserv. Recycling* 53 (2009) 434e447.
- [8] Fu, S., He, P., Wang, Meng, Cui, J., Wang, Meiling, Duan, X., Yang, Z., Jia, D., Zhou, Y. Hydrothermal synthesis of pollucite from metakaolin-based geopolymer for hazardous wastes storage. *J. Clean. Prod.* 248 (2020) 119240.
- [9] Hertel, T., Pontikes, Y. Geopolymers, inorganic polymers, alkali-activated materials and hybrid binders from bauxite residue (red mud) e putting things in perspective. *J. Clean. Prod.* 258 (2020) 120610.
- [10] Karade, S. R. Cement-bonded composites from lignocellulosic wastes. *Construction and building materials*, 24 (2010) 1323-1330.
- [11] Low, I. M., Schmidt, P., & Lane, J. Synthesis and properties of cellulose-fibre/epoxy laminates. *Journal of materials science letters*, 14 (1995) 170-172.
- [12] Duxson, P., Provis, J. L., Lukey, G. C., & Van Deventer, J. S. The role of inorganic polymer technology in the development of 'green concrete'. *cement and concrete research*, 37 (2007) 1590-1597.
- [13] Pacheco-Torgal, F., & Jalali, S. Cementitious building materials reinforced with vegetable fibres: A review. *Construction and Building Materials*, 25 (2011) 575-581.
- [14] Rashad, A.M., Zeedan, S.R., The effect of activator concentration on the residual strength of alkali-activated fly ash pastes subjected to thermal load. *Construct. Build. Mater.* 25 (2011) 3098e3107.
- [15] Shafigh, P., Mahmud, H. B., Jumaat, M. Z., & Zargar, M. Agricultural wastes as aggregate in concrete mixtures–A review. *Construction and Building Materials*, 53 (2014) 110-117.
- [16] Silva, G., Kim, S., Bertolotti, B., Nakamatsu, J., & Aguilar, R. Optimization of a reinforced geopolymer composite using natural fibers and construction wastes. *Construction and Building Materials*, 258 (2020) 119697.
- [17] Singh, B., Ishwarya, G., Gupta, M., & Bhattacharyya, S. K. Geopolymer concrete: A review of some recent developments. *Construction and building materials*, 85 (2015) 78-90.
- [18] Wan, Q., Rao, F., Song, S., Leon-Patino, C.A. Geothermal clay-based geopolymer binders: synthesis and microstructural characterization. *Appl. Clay Sci.* 146 (2017) 223e229.
- [19] TS EN 12667, Thermal performance of building materials and products - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Products of high and medium thermal resistance. Ankara, Turkey: Turkish Standard Institute.
- [20] ISO 8301:1991 Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Heat flow meter apparatus. International Organization for Standardization.
- [21] ASTM C518, Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus. ASTM International (ASTM).

Genleştirilmiş Perlit ve Atık Çimen Katkılı Alfa Alçı Yalıtım Malzemesi Üretimi

Cüneyt Doğan^{1*}, Hatice Çoban Özdemir², Melike Köse³, İsmail Demir⁴

^{1*} Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, cdogan@usr.aku.edu.tr

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, hatice.ozdemir07@hotmail.com

³ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, melikekse@gmail.com

⁴ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, idemir@aku.edu.tr

Özet

Doğa dostu üretim bilincinin artmasıyla, inşaat sektöründe doğal malzemelerin kullanımı her geçen gün artmaya başlamıştır. Petrokimya ürünlerin yapı yalıtım malzemelerinin hammaddesi olarak kullanımı azalırken, dünyada doğal malzemelerle üretilen yalıtım malzemeleri daha popüler hale gelmiştir. Bu sayede petrokimya yalıtım malzemelerinin atmosferde oluşturduğu zararlı atık gaz miktarı azalacaktır. Yeni malzemeler üretmek için doğal ve tarımsal malzemelerin bir arada kullanılması verimli bir yol olmuştur. Günümüz dünyasında çevre kirliliğini ve gerekliliğini ortadan kaldırmak için yeni, doğa dostu yapı malzemelerinin üretimine ağırlık verilmiştir. Doğa dostu malzemeler arasında atık çimen ve genleştirilmiş perlit ucuz, hafif, iyi akustik ve ısı yalıtım özelliklerine sahip oldukları göz önüne alındığında, yapı malzemesi uygulamaları için mükemmel bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmada, değişen oranlarda atık çimen ve genleştirilmiş perlit katkı alfa alçı kullanılarak üretilen yalıtım malzemelerinin fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Atık çimen ve genleştirilmiş perlit, akıcı kıvamdaki alfa alçı ile homojen karışım sağlanmış ve kalıplanmıştır. Numunelerin 7 gün açık havadaki kür şartlarında fiziksel ve ısı yalıtım özellikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, genleştirilmiş perlit ve atık çimen katkı alfa alçı yalıtım malzemesi, sahip olduğu fiziksel ve yalıtım özellikleriyle çevreci ve sürdürülebilir bir ürün olarak üretilebileceği elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Alfa Alçı; Genleştirilmiş Perlit; Atık Çimen; Yalıtım Malzemesi

Production of Alpha Gypsum Insulation Material with Expanded Perlite and Waste Grass Additive

Abstract

With the increasing awareness of environmentally-friendly production, the use of natural materials in the manufacturing industry has started to increase day by day. While the use of petrochemical products as raw material for building insulation materials has decreased, insulation materials produced with natural materials have become more popular in the world. In this way, the amount of harmful waste gas generated by petrochemical insulation materials in the atmosphere will be reduced. Combining natural and agricultural materials has been an efficient way to produce new materials. In today's world, emphasis has been placed on the production of new, nature-friendly building materials in order to eliminate environmental pollution and its necessity. Among nature-friendly materials, waste grass and expanded perlite have an excellent potential for building material applications, given that they are inexpensive, light, and have good acoustic and thermal insulation properties. In this study, the physical and insulating properties of insulation materials to be produced by using varying amounts of waste grass and expanded perlite added alpha gypsum were investigated. A homogeneous mixture of waste grass and expanded perlite, alpha gypsum with flowing consistency was achieved and molded. The physical and thermal insulation properties of the samples were determined under curing conditions for 7 days in open air. As a result, it has been obtained that the expanded perlite and waste grass added

alpha gypsum insulation material can be produced as an environmentally friendly and sustainable product with its physical and insulation properties.

Keywords: Alpha Gypsum; Expanded Perlite; Waste Grass; Insulation Material

1. Giriş

Binalarda enerji tasarrufu, günümüzün en önemli konularından biri haline gelmiştir. Bunun nedeni, binalarda konforlu ve sağlıklı bir atmosfer sağlamak için ısıtma ve iklimlendirme amacıyla artan enerji tüketimidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesinde artan küresel çabaya rağmen, elektrik üretimi büyük ölçüde fosil yakıtlara bağlı kalmaya devam etmektedir ve dünya elektriğinin yaklaşık %70'i şu anda kömür, doğal gaz ve petrol ürünleri kullanılarak üretilmektedir. Ayrıca, 2016 yılında dünya genelindeki toplam enerjinin %39,5'i binaları ısıtmak ve soğutmak için kullanılmıştır.

Günümüzde sürdürülebilir kalkınmanın ön plana çıkması, enerji verimliliğine ilişkin çalışmaların da önemini artırmıştır. Enerji tüketiminin %70'lik ve en büyük kısmını konutlar ve sanayi oluşturmaktadır. Sanayide ısı yalıtımı yoluyla %30, konutlarda %90 enerji tasarrufu potansiyeli vardır. İnşaat sektöründe kullanılmak üzere bünye yapısı hafif, ısı yalıtım değeri yüksek, yerli kaynaklardan yalıtım malzemeleri üretimi ve bu malzemelerin çeşitlendirilmesi önem kazanmıştır.

Alçı, eski çağlardan beri yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Alçının en eski uygulamaları arkeologlar tarafından MÖ 7000 yıllarına tarihlendirilmiştir [1]. Modern yapı endüstrisi, geçmişte yaygın olarak yapıldığı gibi sadece doğal alçıtaşı değil, aynı zamanda fosfo-alçıtaşı, kırmızı alçı [2,3] ve baca gazı kükürt giderme alçısı [4,5] gibi çeşitli kaynaklardan atık, ikincil hammadde olarak ortaya çıkan alçı biçimlerini de kullanabilir [6,7].

Alçının inşaatta mevcut uygulaması, düşük hammadde fiyatına ve alçının çevre dostu bir malzeme olarak genel olarak tanınmasına rağmen nispeten sınırlıdır. Alçının binalarda en sık kullanımı halen iç sıva ve alçıpan şeklindedir. Ancak, alçı uygulamaları için potansiyel çok daha geniştir. Uygun hidrofobikleştirme işlemi seçilirse, alçı bloklar muhtemelen dış cephede de yük taşıyıcı elemanlar olarak kullanılabilir [8]. Bir başka olası yol, gözenek yapısının kimyasal katkılarla [9] veya hafif agregalar kullanılarak [10] oluşturulduğu köpük alçı olarak üretilen hafif alçıtaşının geliştirilmesidir.

Perlit, hücreli yapı oluşumu için genişletilmiş bir forma işlenebilen, riyolitik bir bileşime sahip, doğal olarak oluşan hidratlı volkanik bir camdır [13]. Genleşme, perlit yaklaşık 649-816 °C'ye ısıtıldığında içindeki suyun mevcudiyeti nedeniyle gerçekleşir [14]. Genişletilmiş perlit parçacıkları, ucuz, hafif ve iyi akustik [15] ve yalıtım özelliklerine [16] sahip oldukları göz önüne alındığında, yapı malzemesi uygulamaları için mükemmel bir potansiyele sahiptir.

Çimen, iç yapısı yüksek gözeneklilik sunduğundan, yalıtım malzemelerinde yüksek performans sağlamaktadır. Bu yüksek performansın temeli son zamanlarda farklı yalıtım malzemelerinde ana hammadde olarak kullanılan selülozdur. Selüloz, kağıt ve karton üretiminde çok yüksek miktarda kullanılmaktadır [17]. Selüloz, atık çimen ile güçlendirilmiş alçı tokluğunun ana kaynağıdır [18].

Atık çimen katkılı yalıtım malzemeleri, geleneksel ısı yalıtım malzemelerine kıyasla yenilenebilir ve karbon nötr olma avantajına sahiptir. Ayrıca, atık çimen katkılı yalıtım malzemeleri mikro iklim oluşturarak binaların nemini düzenleyebilir. Çimen gibi doğal liflerin kullanıldığı yalıtım malzemelerinin araştırılma tarihi 1970'lerin ortalarına kadar uzansa da 2000'li yıllardan sonra popüler hale gelmiştir [19]. Bu çalışmada geliştirilmiş perlit ve atık çimen kullanılarak üretilmiş alfa alçı yalıtım malzemeleri incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan alfa alçı, Ata Yapı üretimi olup, teknik özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur. Atık çimen kesildikten sonra çürümesini engellemek için düzenli aralıklarla karıştırılmış ve etkili bir şekilde kurutulmuştur. Genleştirilmiş perlit 0,0-3,0mm genişliğinde ve 55-90 kg/m³ yoğunluğundadır. Atık çimen ve genleştirilmiş perlit görünüşleri Şekil 1'de sunulmuştur. Perlit içeren numunelerde, çekme dayanımı arttırmak amacıyla 8-12 mm polipropilen lif kullanılmıştır. Karışımlarda Afyonkarahisar şebeke suyu kullanılmıştır.

Tablo 1. Alfa alçı teknik özellikleri

Basınç dayanımı	Eğilme dayanımı	Yüzey sertliği	Yangın sınıfı
43 MPa	9 MPa	87 shore D	A1



Şekil 1. Atık çimen ve geliştirilmiş perlit

2.2. Metot

Atık çimen ve geliştirilmiş perlit miktarı, alfa alçının hacimce katları olacak şekilde belirlenmiştir. Alfa alçı ile yeterli plastisiteyi elde ettiğimiz %50 su miktarını harç karma makinesinde karıştırdıktan sonra, ayrı ayrı olmak üzere atık çimen ve geliştirilmiş perlit ile homojenlik sağlanana kadar karıştırılmıştır. Ardından kalıplama işlemi uygulanmış ve kalıpta 24 saat bekletilmiştir. Kür işlemi açık havada 7 gün süreyle uygulanmıştır. Karışım oranları Tablo 2’de, Kür sürecini tamamlamış numune görünüşleri Şekil 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Karışım oranları

Numune	Alçı (g)	Alçı (L)	Perlit (g)	Perlit (L)	Atık çimen (g)	Atık çimen (L)	Polipropilen lif (g)	Su (g)
Kontrol	1100	1	-	-	-	-	10	550
P1	1100	1	55	1	-	-	10	550
P2	1100	1	165	3	-	-	10	550
P3	1100	1	330	6	-	-	10	550
Ç1	1100	1	-	-	70	1	-	550
Ç2	1100	1	-	-	210	3	-	550
Ç3	1100	1	-	-	420	6	-	550



Şekil 2. Kür sürecini tamamlamış numunelerin görünüşü

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1. Fiziksel Özellikler

Numunelerin yoğunlukları, karışımdaki yoğunlukları düşük olan genişletilmiş perlit ve atık çimen miktarının artmasıyla azalmıştır. Bunun nedeni, genişletilmiş perlit yoğunluğunun 55 kg/m^3 , atık çimenin 70 kg/m^3 olmasıdır. Perlit katkısı kontrol numunesine oranla yoğunluğu sırasıyla %40, %68 ve %73 azaltmıştır. Atık çimen katkısı ise sırasıyla %25, %50 ve %63 azaltmıştır. Numunelerin yoğunlukları ve iletim katsayısı değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Numunelerin yoğunlukları ve ısı iletim katsayısı değerleri

Numune	Yoğunluk (kg/m^3)	Isı iletim katsayısı ($\lambda: \text{W/mK}$)
Kontrol	1600	0,55
P1	980	0,28
P2	380	0,082
P3	290	0,070
Ç1	970	0,26
Ç2	375	0,078
Ç3	285	0,075

Perlit katkılı numunelerde karışımında perlit miktarının artması ile birim ağırlıklarda önemli azalma gerçekleşmiştir. Buna bağlı olarak ısı iletim katsayısı değerlerinde azalma gerçekleşmiştir. Diğer bir anlatımla yalıtım performansı değerleri gelişmiştir. Çimen katkılı örneklerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çimen bitkisinin organik kökenli, lifli ve hafif yapısı nedeniyle karışımdaki çimen miktarının artması daha hafif bünye yapısı ile sonuçlanmıştır. Lifli ve gözenekli hafif bünye oluşturması çimen katkılı örneklerde yalıtım performansını artırıcı etki yapmıştır (Tablo 3). Genleştirilmiş perlit ve atık çimenin alfa alçı ile bağ oluşturarak gözenekli kompozit bünye elde edilmiştir. Kompozit bünye içerisinde hapsolan kuru hava yalıtım özelliklerini arttırmıştır.

4. Sonuç

Atık malzemelerin inşaat sektöründe geri kazanılması amacıyla yalıtım malzemelerinde kullanımı oldukça önemli bir konudur. Atık çimen, genişletilmiş perlit ve alfa alçı ile üretilen kompozit yalıtım malzemesi sahip olduğu ekonomik, hafif, iyi akustik ve ısı yalıtım özellikleri sayesinde yapılarda yalıtım ve yapı malzemesi olarak kullanım potansiyeline sahip olacaktır. Bu çalışma doğa dostu ve sürdürülebilir üretim bakımından önem taşımaktadır. Daha ileri çalışmalarda bünye yapısının daha hafifletilmesi ve yalıtım performansının artırılmasına yönelik çalışmaların yürütülmesine gerek

duyulmaktadır. Ayrıca üretilen kompozitlerin yangın dayanımının belirlenmesi için çalışmalar yürütülecektir.

Kaynaklar

- [1] Gawlicki, M. Gypsum–another approach. *Cement Wapno Beton*, 14 (2009) 86-96.
- [2] Değirmenci, N. Utilization of phosphogypsum as raw and calcined material in manufacturing of building products. *Construction and Building Materials*, 22 (2008) 1857-1862.
- [3] Garg, M., Jain, N., & Singh, M. Development of alpha plaster from phosphogypsum for cementitious binders. *Construction and Building Materials*, 23 (2009) 3138-3143.
- [4] Hughes, P., & Glendinning, S. Deep dry mix ground improvement of a soft peaty clay using blast furnace slag and red gypsum. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 37 (2004) 205-216.
- [5] Fauziah, I., Zaayah, S., & Jamal, T. Characterization and land application of red gypsum: a waste product from the titanium dioxide industry. *Science of the total environment*, 188 (1996) 243-251.
- [6] Tesárek, P., Drchalová, J., Kolísko, J., Rovnaníková, P., & Černý, R. Flue gas desulfurization gypsum: Study of basic mechanical, hydric and thermal properties. *Construction and Building Materials*, 21 (2007) 1500-1509.
- [7] Guo, X. L., & Shi, H. S. Thermal treatment and utilization of flue gas desulphurization gypsum as an admixture in cement and concrete. *Construction and Building Materials*, 22 (2008) 1471-1476.
- [8] Tesárek, P., Rovnaníková, P., Kolísko, J., & Černý, R. Properties of hydrophobized FGD gypsum. *Cement Wapno Beton*, 10 (2005) 255-264.
- [9] Çolak, A. Density and strength characteristics of foamed gypsum. *Cement and Concrete Composites*, 22 (2000) 193-200.
- [10] Skujans, J., Vulans, A., Iljins, U., & Aboltins, A. Measurements of heat transfer of multi-layered wall construction with foam gypsum. *Applied Thermal Engineering*, 27 (2007) 1219-1224.
- [11] Binici, H., Aksogan, O., & Demirhan, C. Mechanical, thermal and acoustical characterizations of an insulation composite made of bio-based materials. *Sustainable Cities and Society*, 20 (2016) 17-26.
- [12] Aksoğan, O., Binici, H., & Ortlek, E. Durability of concrete made by partial replacement of fine aggregate by colemanite and barite and cement by ashes of corn stalk, wheat straw and sunflower stalk ashes. *Construction and Building Materials*, 106 (2016) 253-263.
- [13] Burriesci, N., Arcoraci, C., Antonucci, P., & Polizzotti, G. Physico-chemical characterization of perlite of various origins. *Materials Letters*, 3 (1985) 103-110.

- [14] Sodeyama, K., Sakka, Y., Kamino, Y., & Seki, H. Preparation of fine expanded perlite. *Journal of Materials Science*, 34 (1999) 2461-2468.
- [15] Yilmazer, S., & Ozdeniz, M. B. The effect of moisture content on sound absorption of expanded perlite plates. *Building and Environment*, 40 (2005) 311-318.
- [16] Dube, W. P., Sparks, L. L., & Slifka, A. J. Thermal conductivity of evacuated perlite at low temperatures as a function of load and load history. *Cryogenics*, 31 (1991) 3-6.
- [17] Ramanaiah, K., Prasad, A. R., & Reddy, K. H. C. Thermal and mechanical properties of waste grass broom fiber-reinforced polyester composites. *Materials & Design*, 40 (2012) 103-108.
- [18] Asdrubali, F., D'Alessandro, F., & Schiavoni, S. A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*, 4 (2015) 1-17.
- [19] Madurwar, M. V., Ralegaonkar, R. V., & Mandavgane, S. A. Application of agro-waste for sustainable construction materials: A review. *Construction and Building materials*, 38 (2013) 872-878.

İnkübatör Kabini Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi

Metin Özen, Neşe Özkan Yılmaz, Uğur Fidan

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği, metinozen077@gmail.com

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği, nozkan@aku.edu.tr

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği, ufidan@aku.edu.tr

Özet

İnkübatör kabinleri mikrobiyolojik hücre kültürlerini çoğaltmak ve hücre kültür devamlılığını sürdürebilmesi için doğal koşullar dışında mikroorganizmaların yetiştirilmesi, test ve deneye tabii tutulmasını amaçlayan laboratuvar cihazlarıdır. Bu cihazlar başta sağlık alanında olmak üzere laboratuvarlarda, ilaç sanayisinde kontrollü ilaç salınım testlerinde, tarım araştırmalarında ve biyodegradasyon işlemlerinde analiz edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. İnkübatör Kabinleri birçok alanda kullanıldığı gibi farklı amaçlarda ve koşullar altında (sıcaklık ve nem değerlerinin farklı olması) kullanıldığı takdirde cihazın yapısı ve özellikleri de değişiklik göstermektedir. Kullanım amacına göre standart, CO₂'li, çalkalamalı gibi türleri bulunmaktadır.

Bu kapsamda proje genel itibari ile mekanik tasarım, yazılım ve kodlama ile birlikte elektronik temelli bir çalışma olarak planlanmıştır. Mekanik tasarımlar Autocad programında dış kasa profiline çizimleri yapılarak çizilen parçaların CNC'den alınması ile gerçekleştirilmiştir. İnkübatör kabini içerisinde yer alan mikrodenetleyicinin kodlanması ve yazılımı Arduino IDE yazılım dili kullanılarak yapılmıştır. Elektronik devre ve şemalarının simülasyonu, test ve deneyi, bakır plaket kullanılarak baskı devre kartına (PCB) dönüştürülmesi için Proteus programı kullanılarak yapılmıştır.

Çalışmada çalkalamalı inkübatör kabini cihazının var olan özellikleri ile birlikte yeni özellikler eklenerek yapılmıştır. Sıcaklık ve nem özelliklerinin yanı sıra ek olarak kabin içi basıncın ölçümü gerçekleştirilecektir. Sıcaklık ile doğru orantılı olarak çalışacak olan bir kabin içi fan eklenecektir. Çalkalama hareketinin diğer çalkalamalı inkübatörlerden farklı olarak sonsuzluk işareti şeklinde değil de bir eksen boyunca sağ ve sola hareket edecek şekilde olması ve titreşimli olması ile hareket yeteneğine farklı bir boyut kazandırılacaktır. Daha büyük çapta filtre alanı ile birlikte kabin içerisini nemlendirecek olan su tankının dışarıdan kolayca kontrol edilebilir ve tak-çıkartılması özelliklerine sahip olacaktır. Eklenen özellikler ile birlikte inkübatör kabini cihazının daha verimli kullanılması sağlanmış olacaktır.

Anahtar kelimeler: İnkübasyon; sıcaklık; nem; hücre kültürü; laboratuvar; mikroorganizma.

Incubator Cabin Design and Realization

Abstract

Incubator cabinets are laboratory devices that aim to grow, test and test microorganisms outside of natural conditions in order to reproduce microbiological cell cultures and maintain cell culture continuity. These devices are used in laboratories, especially in the field of health, in the pharmaceutical industry, in controlled drug release tests, in agricultural research and in biodegradation processes. As the Incubator Cabinets are used in many areas, if they are used for different purposes and conditions (different temperature and humidity values), the structure and features of the device also change.

According to the purpose of use, there are types such as standard, with CO₂, with agitation. In this context, the project is generally planned as an electronic-based study with mechanical design, software and coding. Mechanical designs were made by drawing the outer casing profile in Autocad program and taking the drawn parts from the CNC. The coding and software of the microcontroller in the incubator cabinet was made using the Arduino IDE software language. Simulation, testing and experimentation of electronic circuits and schematics were made using the Proteus program to convert them to a printed circuit board (PCB) using a copper plate. In the study, new features were added together with the existing features of the shaking incubator cabinet device. In addition to the temperature and humidity characteristics, the measurement of the pressure inside the cabin will also be carried out. An in-cab fan will be added, which will operate in direct proportion to the temperature. Unlike other shaker incubators, the shaking motion will not be in the form of an infinity sign, but will move to the right and left along an axis and will give a different dimension to the movement capability by being vibrating. With a larger filter area, the water tank that will humidify the cabin will be easily controlled from the outside and will have the features of being plug-in. With the added features, the incubator cabin device will be used more efficiently.

Keywords: Incubation; heat; moisture; cell culture; lab; microorganism.

1. Giriş

Bu çalışmada, mikrobiyolojik hücre kültürlerini çoğaltmak ve mikrobiyolojik hücre kültürlerinin devamlılığını sürdürülebilmesi için doğal koşullar dışında mikroorganizmaların yetiştirilmesi test ve deneye tabii tutulması amaçlanmıştır. İnkübatör kabinleri de bu işlem için uygun laboratuvar cihazlarıdır. Bu cihazlar basit ısı transferi ile sıcaklık ve inkübasyon zamanı arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır. Aynı zamanda mümkün olan en iyi inkübasyonu sağlamak için sıcaklık, nem ve hava sirkülasyonu gerekli olan temel faktörlerdendir. Bu cihazlarda kabin içi ve tabaka sıcaklık değerinin 37-37,5°C aralığında olup en fazla 0,5°C'lik bir sapma ile ölçüm sağlanmalıdır. Diğer bir önemli faktör olan nem ise dikkatle kontrol edilmesi gereken bir parametredir. Bu doğrultuda; çalışmada sıcaklığı, nemi ve gerekli havalandırmayı gerekli bir şekilde sağlayacak olan bir cihaz yapılması amaçlanmıştır [1,2].

Genel itibari ile inkübatör kabinleri hücre doku kültürü, mikrobiyal kültür, araştırma deneylerinde, tarım araştırmalarında, sağlık hizmetlerinde, ilaç sanayisinde ve daha birçok alanda bu cihazlar kullanılmaktadır. Ayrıca araştırmada, incelemede veya deneylerde kullanılacak cihazların başlarında gelmektedir. İlaç salınım testlerinde, elisa testlerinde, disk difüzyon yöntemi ile antibiyotiklerin inhibasyonunu belirlemede, sağlık alanında bazı hastalıkların teşhisinde kullanılarak bu cihazın önemi daha da çok anlaşılmaktadır [3,4].

Buna göre yapılması planlanan cihaz genel olarak tıpta, laboratuvarlarda, ilaç sanayisinde ve daha birçok alanda kullanılmak amacıyla hücre kültürlerinin bir kabin içerisinde gerekli sıcaklık ve nem değerleri ile yapay koşullar sağlanarak test ve deneye tabii tutulması amacıyla hazırlanmıştır. Şekil 1'de tipik bir İnkübatör Kabini'nin görseli yer almaktadır.



Şekil 1. Standart İnkübatör [5]

Şekil 1'de görülen standart inkübatörünün yanısıra;

- Standart İnkübatörler
- Çalkalamalı İnkübatörler

- CO2'li İnkübatörler
- Soğutmalı İnkübatörler

gibi çeşitleri de bulunmaktadır [6].

Çalışmada çalkalamalı inkübatör kabini cihazının varolan özellikleri ile birlikte yeni özellikler eklenerek yapılmıştır. Sıcaklık ve nem özelliklerinin yanı sıra ek olarak kabin içi basıncın ölçümü gerçekleştirilecektir. Sıcaklık ile doğru orantılı olarak çalışacak olan bir kabin içi fan eklenecektir. Çalkalama hareketinin diğer çalkalamalı inkübatörlerden farklı olarak sonsuzluk işareti şeklinde değilde bir eksen boyunca sağ ve sola hareket edecek şekilde olması ve titreşimli olması ile hareket yeteneğine farklı bir boyut kazandırılacaktır. Daha büyük çapta filtre alanı ile birlikte kabin içerisini nemlendirecek olan su tankının dışarıdan kolayca kontrol edilebilir ve tak-çıkartılması özelliklerine sahip olacaktır. Eklenen özellikler ile birlikte inkübatör kabini cihazının daha verimli kullanılması sağlanmış olacaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışmada genel itibari ile elektronik temelli materyaller kullanılmış olup birbirlerine entegre şekilde çalışması sağlanmıştır. Kullanılan metotlara ve uygulanan işlemlere göre uygun bir şekilde materyal seçimi yapılmış olup temel olarak kullanılan materyaller aşağıda listelenmiştir. Aynı zamanda Tablo 1'de sensör ve modüllerin özellikleri ile birlikte Şekil 2'de çalışmanın blok diyagramı gösterilmiştir.

SHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü: Kabin içindeki sıcaklık ve nem değerlerini ölçerek bize bilgi verilmesi sağlanmıştır.

Yaprak Isıtıcı: Kabin içerisini uygun bir ısıya getirebilmek için kullanılan bir ısıtıcıdır. Aynı zamanda içerisinde bulunan NTC 100K termistör ile ısıtıcının ayarlanan sıcaklıkta kalması sağlanmıştır.

Basınç Sensörü: Kabin içerisinin basıncını ölçmek için kullanılan bir sensördür.

LCD Ekran: Sıcaklığın, nemin, basıncın ve titreşim kontrolünün görüntüleneceği bir monitör ekranı kullanılmıştır.

Buzzer: İnkübasyon ile ilgili bazı durumlarda uyarı manasında ses çıkarılması için kullanılmıştır.

Ultrasonik Sis Yapıcı Modül ve Piezo Disk: Kabin içerisinin nemlendirilmesi için kullanılan bir modül olup piezo disk ise ultrasonik sis yapıcı modüle takılması ile birlikte kabin içerisine buhar aktararak nemlenmesini sağlamaktadır.

Sınır Anahtarı: Hareketli platformun en son gidip geleceği yeri belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Anahtarın konumları sayesinde anahtara basıldığında sağa ve sola gideceği mesafe belirlenmiştir.

Fan: Gerilim verildiğinde pervaneleri sayesinde hava üflemesine yarayan bir materyaldir. Kabin içerisindeki havanın sirkülasyonu ve eşit dağılımını sağlamak amacıyla kullanılmıştır.

DC Motor: Hücre kültürlerinin yerleştirileceği platformun hareketli olarak çalkalanmasını sağlamaktadır.

Keypad (Tuş Takımı): LCD ekranda ayarlanacak zamanlamanın ve onay, iptal ve set işlemleri için kullanılan bir ekipmandır.

L298 Motor Sürücü: DC motorun gerekli bir şekilde sürülmesini ve ayarlanmasını sağlamak için kullanılan bir modüldür. DC motorun sağa veya sola dönüş yönü , hızı ayarlanabileceği bir materyaldir.

Mikrodenetleyici: Devrenin ve elemanlarının belirli bir şekilde ve ayarda çalışmasını sağlamak için kodlanacak olan bir mikrodenetleyici kullanılacaktır. Çalışmada ATMEGA 328P işlemcisi tercih edilerek daha basit ve sistemli bir kodlama gerçekleştirilmiştir.

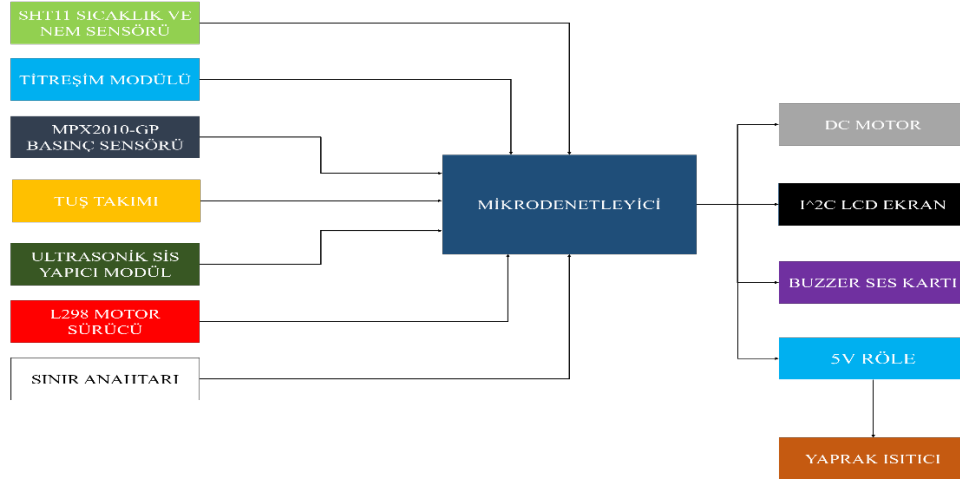
Röle: Yaprak ısıtıcının belirli bir ayarda olmasını sağlamak için kullanılacaktır. Sıcaklığın belirli bir sıcaklığın üstünde olması ile röle çalışarak yaprak ısıtıcıya giden gerilimi kesmektedir. Sıcaklık düştüğünde ise röle kapanarak yaprak ısıtıcının tekrar çalışması sağlanmıştır. Böylece sıcaklığın belirli bir aralıkta olması sağlanmıştır.

Titreşim Modülü: Hareketli platforma titreşim verilmesini sağlamıştır.

Tablo 1. Materyal Hassasiyet Değerleri

Materyal	Besleme Voltajı (Volt)	Sıcaklık Ölçümü ve Hassasiyeti (°C)	Bağıl Nem Ölçümü ve Hassasiyeti (%rH)	Basınç Aralığı ve Hassasiyeti(kPa)
SHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü	3-5 Volt	-40 ile +125 °C ± 0,4°C	%0 – 100 rH ± %3 rH	-
MPX210GP Basınç Sensörü	1-16 Volt	-	-	0-10 kPa ± 2.5 kPa
Ultrasonik Sis Yapıcı Modül	3.7-12 Volt (113 kHz)	-	-	-
Yaprak Isıtıcı	220 Volt	-	-	-
Mikrodenetleyici	5-12 Volt	-	-	-

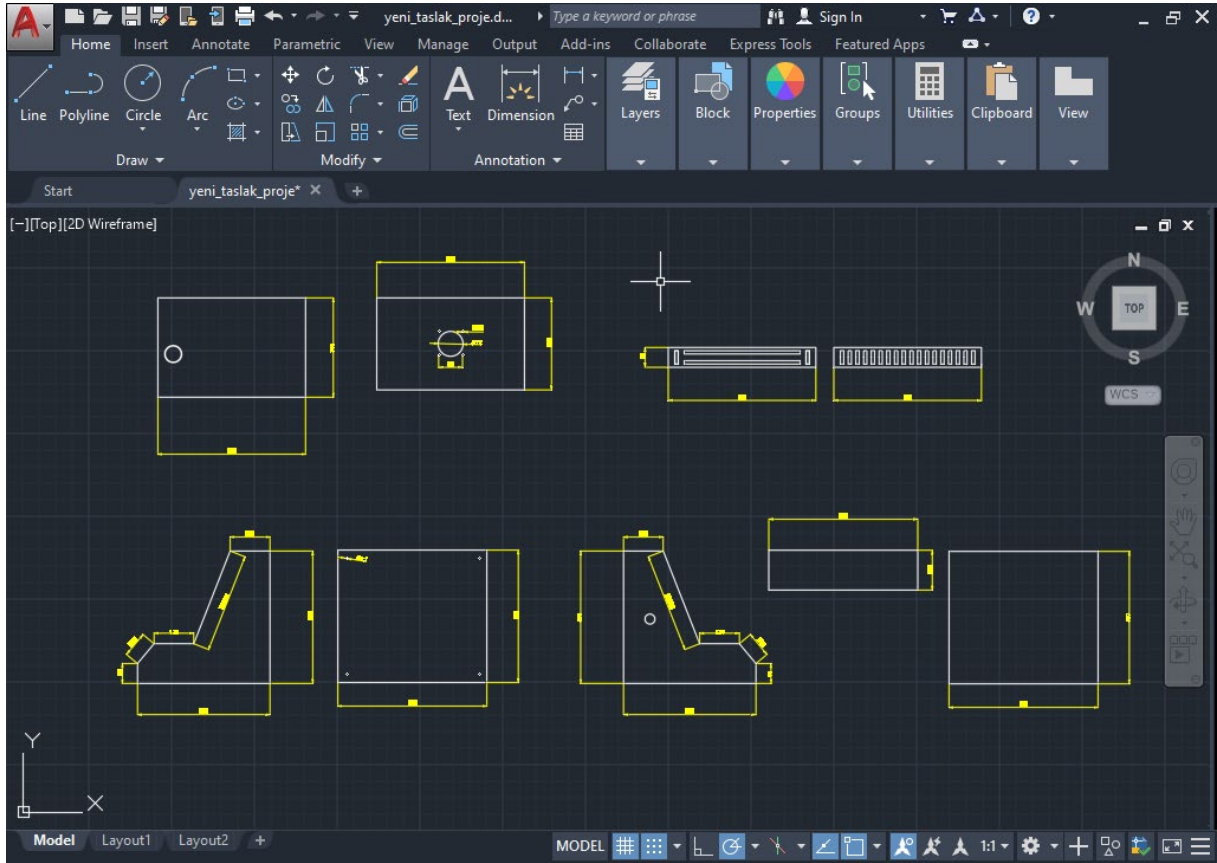
Titreşim Modül	3-5 Volt	-	-	-
L298 Motor Sürücü	12 Volt	-	-	-



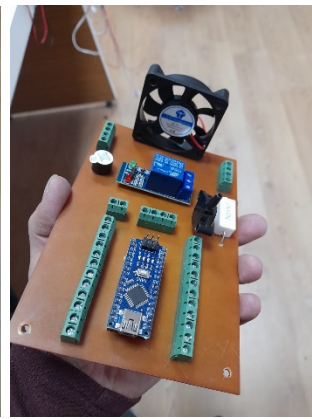
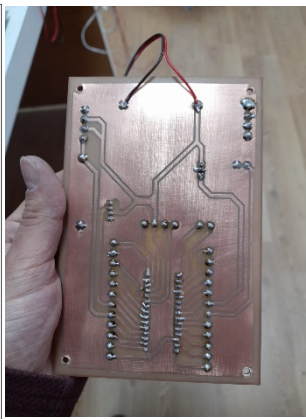
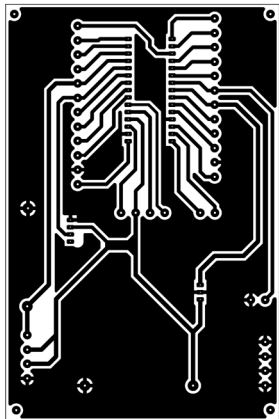
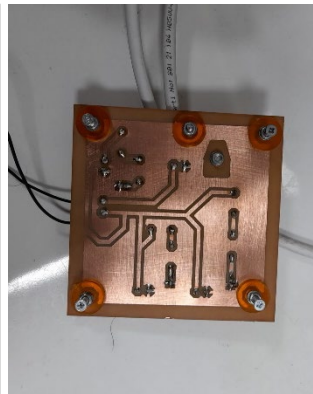
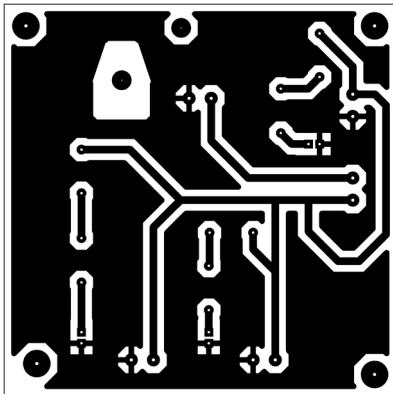
Şekil 2. Projeye Ait Blok Diyagramı

2.2. Metot

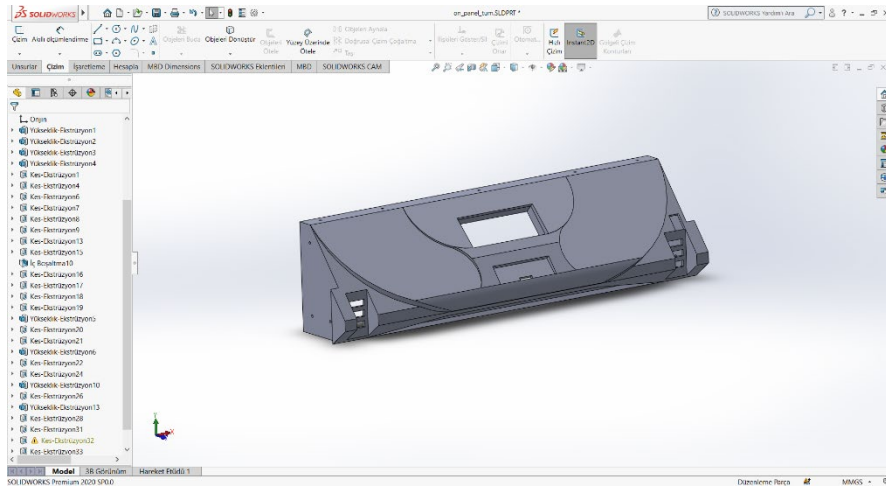
Bu çalışmada kullanılan metotlar materyallerle beraber; bilgisayar programında yazılmış bir kodun mikrodenetleyici olarak kullanılan karta yüklenmesiyle kontrol edilmiştir. Bununla beraber cihazın dış kasa tasarımı Autocad programında gerekli ölçülere göre çizimi yapılarak CNC'den metal galvanizli sacdan parçaların çıktısı alınarak kaynak yardımıyla birleştirilmesi sağlanmıştır. Autocad çizimleri Şekil 3'te gösterilmiştir. Aynı şekilde bilgisayar programı yardımıyla cihazın kapağını saydam ve dışarıdan görünmesini sağlamak amacıyla gerekli ölçüler dahilinde pleksiglass CNC'den çıkarılarak birleşimi sağlanmıştır. Elektronik kısımlarının test ve deneyi Proteus programında devre şemaları ve bağlantıları gerçekleştirilmiştir. Test ve deneyi yapılan devrelerin baskı devre çizimleri de Proteus programında yapılarak bakır plaket üzerine basılarak baskı devre kartına dönüştürülmesi sağlanmıştır. Devre kartı çizimlerinin örnekleri ve yapılmış hali Şekil 4'te gösterilmektedir. Cihazın bazı bölümleri Solidworks programında 3 boyutlu halleri çizilerek 3 boyutlu yazıcıdan çıktısı alınmıştır ve cihaza monte edilmesi sağlanmıştır. Solidworks'te çizilen ön panel çizimi Şekil 5'te gösterilmektedir. Cihaza çalkalama özelliğini eklemek amacıyla platform tasarlanmış olup bu çalkalama hareketi için gerekli olan mekanik özelliği sağlamak için ise DC motor kullanılarak gerekli şartlar sağlanmıştır. Yaprak ısıtıcıyı da bu platforma eklenerek platforma koyulacak ve deney yapılacak olan mikroorganizmalara gerekli ısıyı sağlamıştır. Yaprak ısıtıcıda bulunan NTC 100K termistör ile de tabaka ısısının istenilen ayarda olması sağlanmıştır.



Şekil 3. Autocad Çizimleri

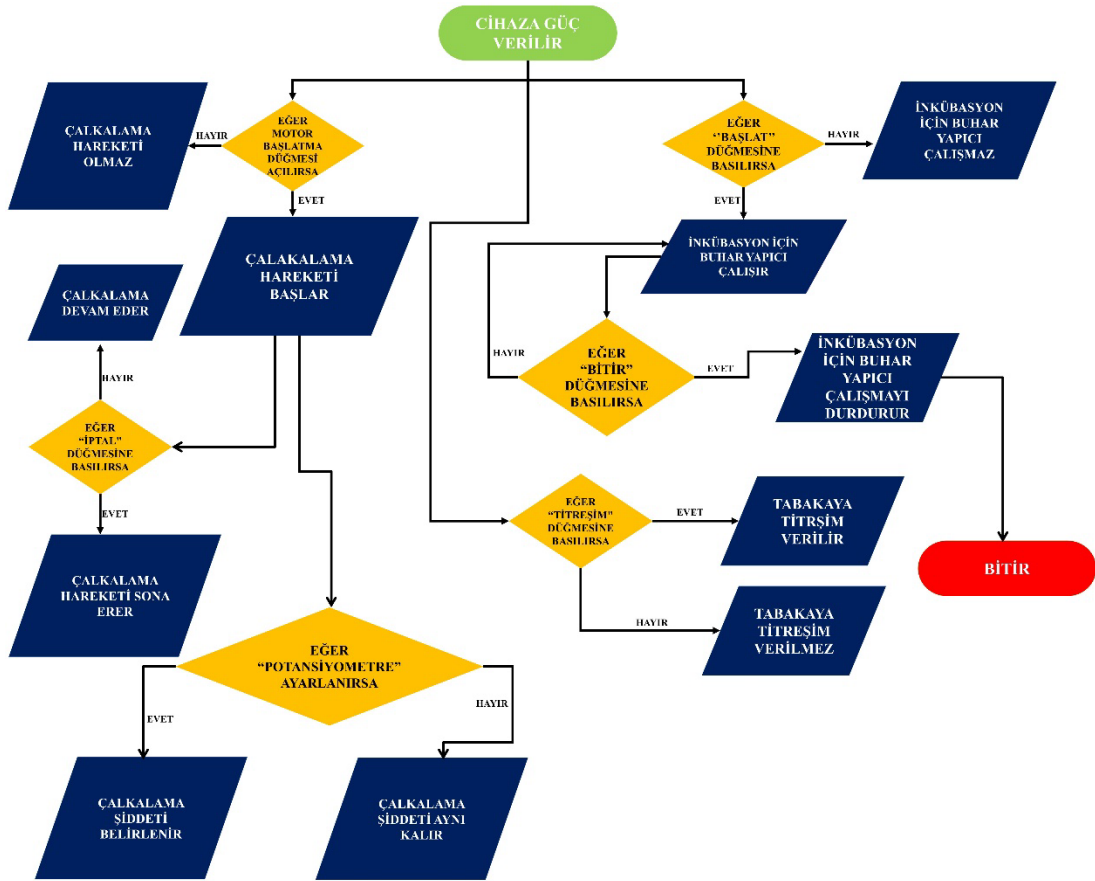


Şekil 4.
Devre Kartı
Çizimlerinin
Örnekleri ve
Yapılmış Halleri



Şekil 5. Solidworks Ön Panel Çizimi

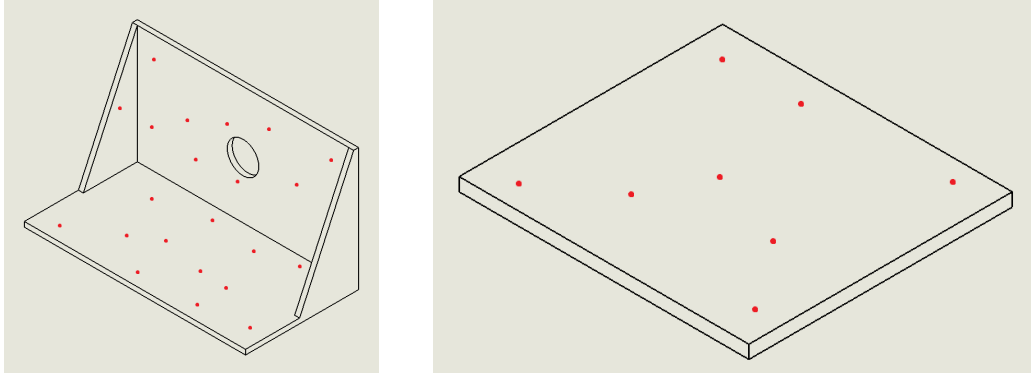
Sistemin daha anlaşılır ve nasıl kullanılacağını tarif eden Akış Şeması Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. Akış Şeması

Yapılan deneme ve test çalışmalarından sonra kabin içi sıcaklığın istenilen sıcak değerinden düşük, hareketli platformun ise bir miktar yüksek olduğu kanaatine varılmıştır. Cihazdan referans bir ölçüm

aleti kullanılarak cihaza takılan sıcaklık sensörünün sapma değerleri hesaplanmıştır. Şekil 7'de cihazın hangi bölümlerinden ölçüm alındığı şematik olarak gösterilmiştir.

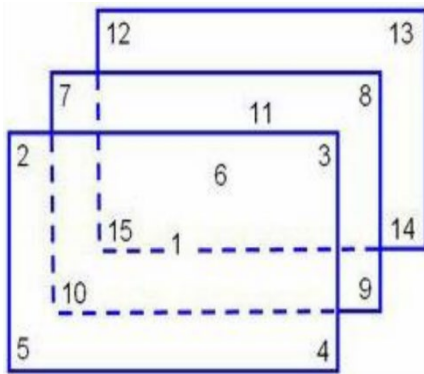


Şekil 7. Kabin İçersinden ve Hareketli Platformdan Ölçüm Alınan Noktalar

3. Bulgular ve Tartışma

Metot kısmında bahsedilen özellikler ve yapılan test çalışmalarından elde edilen bulgular dahilinde çalışmada mekanik olarak bir sıkıntı olmadığı anlaşılmıştır. Fakat sıcaklık ölçümleri sonucunda istenilen değerlerden uzak değerler çıkması ile birlikte çeşitli sapmalar gerçekleşmiştir.

Örnek olarak İnkübatör kabini ile yapılan bir çalışmada ısı dağılımını ölçmek için 15 adet termokupl kullanılmıştır. Şekil 8'de şematik olarak gösterilmiştir. Afyon Kocatepe Üniversitesi hocalarından Uğur Fidan ve Nurgül Özmen Süzme'nin yaptığı bu çalışmada ısı dağılımında en fazla 1.977°C sapma değeri olduğu tespit edilmiştir. Şekil 9'da ölçümler ve sapmalar gösterilmektedir [7].

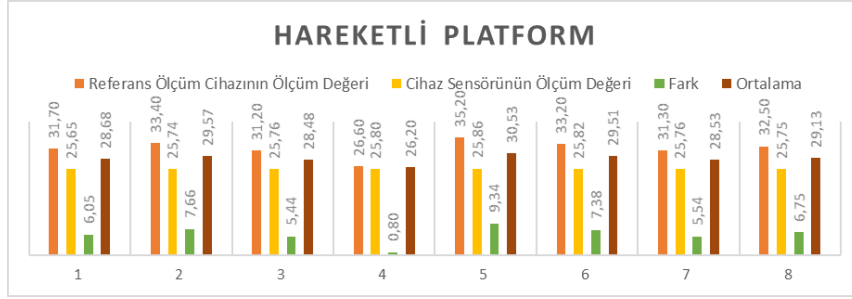


Şekil 8.

Prop_1	Prop_2	Prop_3	Prop_4	Prop_5
30,434°	37,977°	36,384°	35,441°	37,789°
Prop_6	Prop_7	Prop_8	Prop_9	Prop_10
35,658°	36,259°	35,966°	37,018°	36,346°
Prop_11	Prop_12	Prop_13	Prop_14	Prop_15
36,307°	36,243°	36,239°	37,180°	37,159°

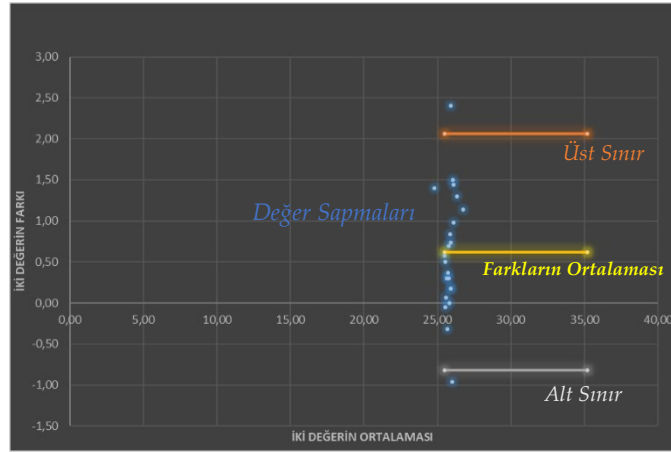
Şekil 9.

Yukarıda bahsedilen çalışmadan esinlenerek Hareketli platformdan alınan ölçümler sonucunda elde edilen sapma değerleri ise Şekil 10'da gösterilmektedir.



Şekil 10. Hareketli Platformdan Ölçülen Değerlerin Sapma Değerleri

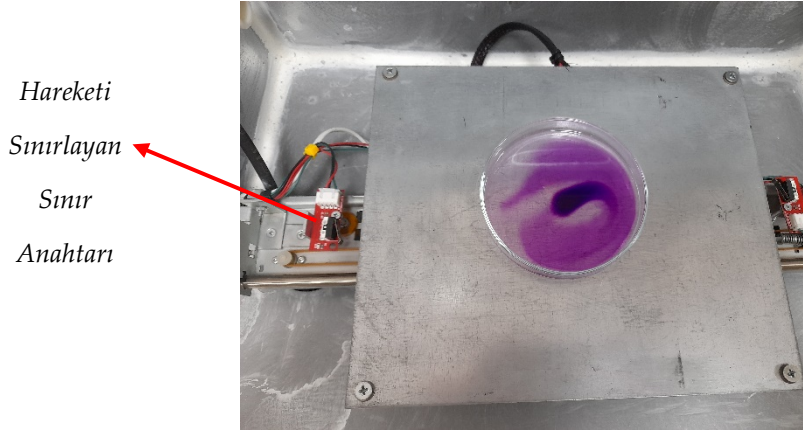
Aynı şekil yukarıda örnek verilen çalışmadan esinlenerek kabin içerisinden farklı noktalardan alınan değerlerin cihaza ait sensörün ölçtüğü değerler ile karşılaştırılarak belirli bir sapma değerleri ve grafikleri oluşturulmuştur. Oluşturulan grafik Bland-Altman metoduna dayanarak hazırlanmıştır. Şekil 11'de oluşturulan grafik gösterilmektedir.



Şekil 11. Kabin İçi Sıcaklık Değer Sapması Bland-Altman Grafiği

Elde edilen ölçümler dahilinde yaprak ısıtıcının yakın olduğu bölgelerdeki sıcaklık değeri ile ısıtıcıya uzak olan bölgelerdeki sıcaklık değerleri arasında farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Bu sorunun çözümü için ise sıcaklık dağılımının her yere daha düzenli bir şekilde oluşması için kabin içi fanın RPM değeri düşürülerek daha az hava sirkülasyonu sağlanmıştır. Bu sayede fandan çıkan havanın oluşan ısıyı soğurması engellenmiştir.

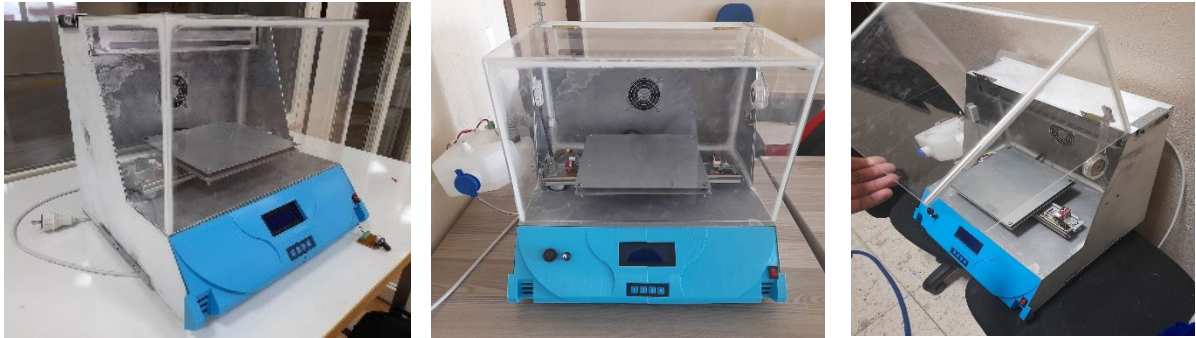
Mekanik özellikleri içerisinde hareketli platformun hareketini sağlayacak olan motorun bazı durumlarda durduğu anlaşılmıştır. Bu durumu düzeltmek için ise motora verilen gerilimin artırılması



Şekil 12. Hareketli Platform

gerektiği anlaşılmıştır. Şekil 12’de hareketli platform gösterilmektedir.

Gerçekleştirilen SolidWorks ve AutoCad tasarımlarının gerekli bir şekilde ve ölçüde hazırlanarak tasarlanan elektronik devre ve yazılımları ile birlikte bir sistem haline getirilerek cihazın çalışması sağlanmıştır. Şekil 13’te çalışmanın ana konusu olan cihazın son halleri gösterilmiştir.



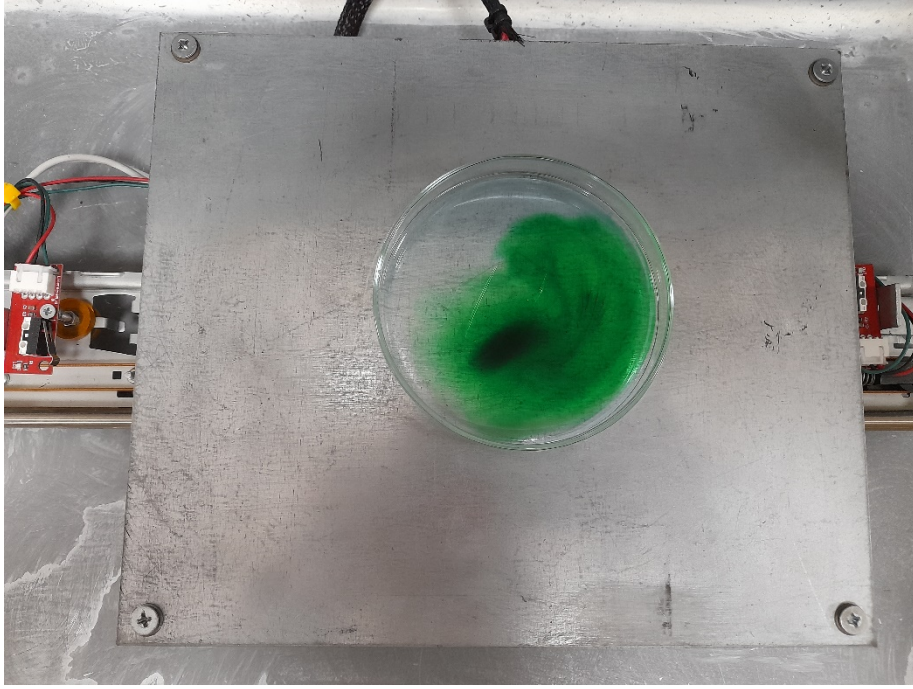
Şekil 13. Çalışmanın Son Haline Ait Görseller

Sonuç olarak çalışmada gerekli ısı ve nem sağlanarak bir LCD ekranda görüntülenmesi, hareketli platformun gerekli bir şekilde hareketi ve titreşimi gerçekleştirmesi, mekanik ve fiziksel olarak çalışmanın uyum göstermesi elde edilmiştir. Yapılan test ve deney sonuçlarına göre kabin içi sıcaklığının yükseltilmesi, kabin içinde mevcut olan fanın RPM değerinin düşürülmesi ve gerekli izolasyonun sağlanması kanaatine varılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda çeşitli hastalıkların teşhisinde, hücre kültürlerinde, tarım araştırmalarında vb. kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Çalkalama hareketinin fonksiyonunu ölçmek için Şekil 14’te petri kabına su ile mürekkebin dağılmayacak bir şekilde eklenmesi gösterilmektedir. Cihaz çalıştıktan sonra çalkalama hareketi denenmiştir. Şekil 15’te çalkalama hareketi sonrası petri kabındaki su ile mürekkebin homojen bir

şekilde dağıldığı gösterilmiştir. Bunun sonucunda çalışmanın ana konusu olan çalkalama hareketinin herhangi bir sıkıntı olmadan çalıştığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 14. Çalkalama Öncesi



Şekil 15. Çalkalama Sonrası

Bu çalışmanın sonrasında sıcaklık ve nemin istenilen değerde olamaması ve bazı eksiklikler sonucunda istenilen performans elde edilememiştir. Bir sonraki çalışmalarda yalıtım, kullanılan materyaller ve yapılan bazı tasarımlar ile birlikte elektronik kısmında iyileştirmeler yapılarak istenilen performans elde edilecektir. Örnek olarak; kullanılan motorun daha fazla yük taşıyacak bir motor ile değiştirilmesi, motorun RPM hızını gösteren dijital ekran eklenmesi ile kullanıcıya daha net bilgi verilmesi ve çalışmanın dış kasa tasarımının değiştirilerek yalıtımın daha da kuvvetlendirilmesi gösterilebilir.

Kaynaklar

- [1] Sansomboonsuk, S., Phonhan, C., & Phonhan, G. (2011). Automatic Incubator. *Energy Research Journal*, 2(2), 51-56.
- [2] SAYINER, S. Temel Laboratuvar Malzemeleri ve Aletleri.
- [3] Gündüz, U., Gündüz, G., İşeri, D. Ö., & Kars, M. D. (2009). Anti-kanser ilaç salımına yönelik dendritik polimer sentezi ve hücre kültürlerinde uygulanması
- [4] Karaca, T. D. (2008). İnsan meme kanseri hücre kültüründe nerium oleander bitkisinden elde edilen ekstraktların antikanserojen etkisinin incelenmesi (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi).
- [5] Willard, S., & Sha, M. 使用 CO2 恒温摇床解决人胚肾 293 (HEK293) 细胞结团问题.
- [6] Bilimsel, T. (2009). CO2 İnkübatöründe Sınıf 100 Havanın Önemi. *Termo Bilimsel* .
- [7] Fidan, U., & Özmen Süzme, N. (2015). Küf Gelişiminin Görüntü İşleme Teknikleri ile Analizi. *Afyon Kocatepe University Journal of Science & Engineering*, 15(3).

Fotovoltaik Enerji Sistemlerinin PVSOL Yazılımı ile Analizi ve Örnek Bir Bölgede Çatı Güneş Enerji Sisteminin Projelendirilmesi

Ramazan Burak TANKUT¹, Ahmet KAYSAL¹

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, 03200, Türkiye,

rburak112@gmail.com

Özet

Dünya genelinde enerji üretim yöntemleri büyük oranda fosil yakıtlara dayalı güç santralleri tarafından üretilmektedir. Dolayısıyla bu yakıtların neden oldukları sera gazı emisyonlarına bağlı küresel ısınma, fosil yakıtların tükenmesi, petrol ve gaz fiyatlarındaki dalgalanmalar dünyayı sürdürülebilir ve çevre dostu enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Son yıllarda ülkelerin gelişmişlik düzeyinin en önemli göstergelerinden birisi enerji tüketim miktarıdır. Bu tüketim miktarının fazla olması nedeniyle insanoğlu yeni arayışlara yönelmiştir. Sonuç itibarıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi arttırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidrojen enerjisi, jeotermal enerji ve hidroelektrik enerji santrallerinden oluşmaktadır. Güneş enerjisi elektrik ve ısı üretimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Güneş enerjisi; güneş ışınlarının fotovoltaik paneller vasıtasıyla elektriğe dönüştürülebilen bir enerji türüdür. Bir güneş panelinin verimliliği kullanıldığı güneş hücresinin hammaddesi, güneş radyasyonu ve panelin sıcaklığına bağlıdır. Güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürmede kullanılan fotovoltaik teknolojisi bu alanda yürütülen çalışmaların başında gelmektedir. Bu çalışmada 38,78° enleminde yer alan Afyonkarahisar ilinde olduğu bilinen bir fabrikanın çatısına kurulacak olan bir fotovoltaik sistem ile elde edilebilecek elektrik enerjisi üretimi değerlendirilmiştir. Afyonkarahisar iline ait ortalama güneşlenme oranları Pvsol uygulaması ile seçildikten sonra fabrika çatısına güneş enerji sistemi kurulumu gerçekleştirilmiştir. Fabrikanın çatısına kurulan fotovoltaik sistem sonucunda elde edilen pv jeneratör çıkış değeri 132,9 kWp dir. Kullanılan yüzey alan 635,6 m² dir. Yıllık özgül kazanç değeri 1.313,38 kWh/kWp dir. Sistemin kullanım oranı %89,5 dur. Önlenen CO₂ emisyonu ise 82.013 kg/yıl'dır.

Analysis of Photovoltaic Energy Systems with PVSOL Software and Projecting of Roof Solar Energy System in a Sample Region

Abstract

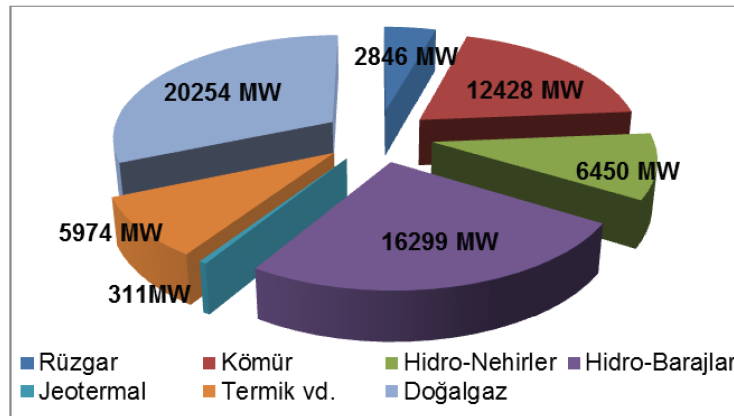
Energy production methods around the world are largely produced by power plants based on fossil fuels. Therefore, global warming greenhouse gas emissions caused by these fuels, the depletion of fossil

fuels, and fluctuations in oil and gas prices are leading the world to sustainable and environmentally friendly energy sources. One of the most important indicators of the level of development of countries in recent years is the amount of energy consumption. Due to a large amount of this consumption, humanity has turned to new pursuits. As a result, it increases the orientation towards renewable energy sources. Renewable energy sources consist of solar energy, wind energy, hydrogen energy, geothermal energy and hydroelectric power plants. Solar energy is used in many fields, such as electricity and heat generation.

Solar energy is a type of energy that can be converted into electricity by means of photovoltaic panels of solar rays. The efficiency of a solar panel depends on the raw material of the solar cell it is used for, the solar radiation, and the panel's temperature. Photovoltaic technology, which is used to convert solar energy into electrical energy, is one of the studies carried out. In this study, the generation of electrical energy obtained by a photovoltaic system installed on the roof of a factory known to be located in Afyonkarahisar province located at latitude 38.78° was evaluated. After the average sunbathing rates of Afyonkarahisar province were selected with the Pvsol application, a solar energy system was installed on the factory roof. The PV generator output value obtained as a result of the photovoltaic system installed on the factory's roof is 132.9 kWp. The surface area used is 635.6 m². The specific annual earnings value is 1,313.38 kWh/kWp. The utilization rate of the system is 89.5%. The avoided CO₂ emission is 82.013 kg/year.

1. Giriş

Fosil yakıtların kullanımından dolayı meydana gelen karbondioksit oranının artması insanlığı yeni bir arayış içine sürüklemiştir. Bu yeni arayışlar sonucunda yenilenebilir enerji kaynaklarına önem artmıştır. Türkiye’de elektrik üretimi farklı kaynaklar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bunlar ise şu şekildedir: Hidroelektrik baraj ve akarsulardan, doğalgaz ve kömür kullanılan termik santrallerden, rüzgâr tribünleri, jeotermal güç istasyonlarından üretilmektedir. Üretilen elektrik enerjisinin büyük çoğunluğu dışarıdan alınan doğalgazdan üretildiği için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artmıştır. Şekil 1’de Türkiye elektrik enerjisi kaynaklara göre dağılımı verilmiştir [1].



Şekil 1. Türkiye de üretilen elektrik enerjisi gücü dağılımı [1]

Türkiye de güneşlenme oranının fazla olmasına rağmen güneş enerjisi tabanlı elektrik üretimi yaygın değildir. Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sistem (fotovoltaik) son zamanlarda hızla gelişen bir enerji sistemidir. Üretilen elektrik enerjisi kullanılan panele, kurulan cepheye ve üzerine düşen güneş ışınımına bağlıdır. Yadav ve ark., PVsyst kullanan 1kWp fotovoltaik sistemin simülasyonu ve performans analizi yapmışlardır [2]. Soualmia ve ark., 15MW şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin PVsyst yazılımı kullanılarak modellenmesi ve simülasyonu yapılmıştır [3]. Sharma ve ark., 190 kWp'lik bir şebeke etkileşimli fotovoltaik santralin performans analizi gerçekleştirmişlerdir [4].

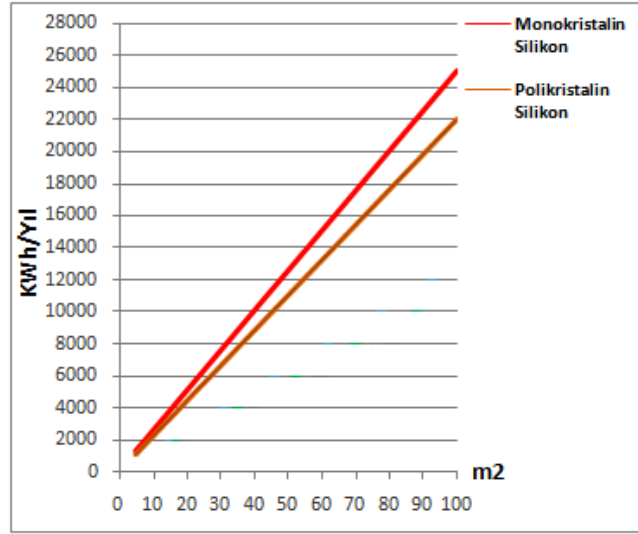
2. Materyal ve Metot

2.1. PVSOL Tasarım Programı

Valentin Software'in simülasyon yazılımı, tasarımcıların, mühendislerin ve yatırımcıların, 1998'de piyasaya sürülen PVSOL planlama yazılımını kullanarak fotovoltaik depolama sistemleri için profesyonel bir tasarım oluşturmalarını sağlar. Bu yazılım ile bir fotovoltaik sistem etrafındaki gölge oluşturan bileşenlerin sistem üzerindeki etkilerini net ve hassas bir şekilde inceleyebilir ve sistem verimini daha hassas bir şekilde hesaplayabilirsiniz [5].

2.2. Fotovoltaik Panel

Monokristal paneller ve tek kristal parçalardan oluşan fotovoltaik pillerde ise ticari modüllerde verim %15 civarındadır ancak laboratuvar çalışmalarında %24'e kadar çıkabilmektedir. Dökme silikon bloklardan polikristal levhaların kesilmesiyle elde edilen ucuz kristal güneş pilleri laboratuvar koşullarında %18, ticari modüllerde ise %14 verimliliğe sahiptir. Şekil 2, PV modüllerinden üretilebilecek enerji miktarının kullanılan malzeme tipine göre değiştiğini göstermektedir. Piyasada birçok farklı PV teknolojisi (monokristal, polikristal vb.) bulunmaktadır. Çatıya kurduğumuz güneş panelleri yerli üretim olan CW enerjisini kullanmaktadır. [6]



Şekil 2. Monokristal ve Polikristal Panellerinin Karşılaştırılması

Tablo 1. Kullanılan panelin elektriksel özellikleri

Kullanılan Panelin Elektriksel Özellikleri	
Model Tipi	CWT455-144MB
Maksimum Güç	455 W _p
Modül Verimliliği	%20,90
Maksimum Güç Akımı	10,94 A
Açık Devre Gerilimi	49,40 V
Kısa Devre Akımı	11,67 A
Güç Toleransı	0-+5 W
Maks. Sistem Anma Gerilimi	1000 VDC / 1500 VDC
Çalışma Sıcaklığı Aralığı	-40 / +85 C
Güvenlik Sınıfı	C

Maks. Seri Sigorta Akımı	15 A / 20 A
--------------------------	-------------

2.3. İnvvertör

Öncelikle inverterin bir "güç dönüştürücü" olduğunu söyleyebiliriz. Güneşten gelen ışınların enerjiye dönüşmesiyle oluşan doğru akımı alternatif akıma dönüştürür. Ama özellikle bu nokta hakkında konuşalım. İnvterter hakkında bilinen en büyük yanlış, enerji üretmesidir. İnvterterler elektrik üretmezler. Üretilen enerjiyi yönlendirirler. DC'de enerjinin gerilim hızı kontrolsüz olduğu için bu kontrolsüz akım inverter sayesinde AC'ye dönüştürülerek kullanıcının enerjiyi istediği gibi kullanılmasına yardımcı olur. Projede inverter seçimi olarak Huawei tarafından üretilen SUN2000-36KTL-M3 inverter kullanılmıştır. Şekil 3'te kullanılan inverterin bir resmi bulunmaktadır. [7]



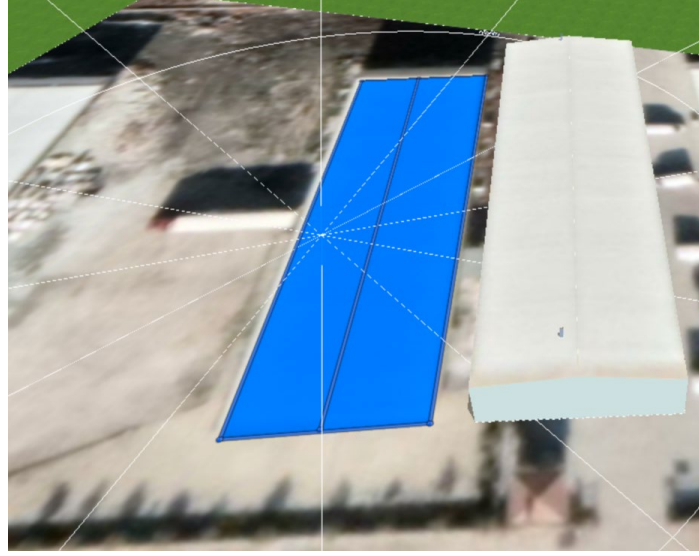
Şekil 3. Huawei SUN2000-36KTL-M3

Tablo 2. İnvvertörün teknik özellikleri

Marka ve Model	Huawei SUN2000-36KTL-M3
Maksimum Yeterlilik	%98,7
Avrupa Verimliliği	%98,4
Maksimum Giriş Voltajı	1.100 V
Maksimum akım	26 A
Maksimum kısa devre akımı	40 A
Başlangıç Voltajı	200 V
Çalışma Gerilimi Aralığı	200 V – 1000 V
Nominal Giriş Voltajı	600 V
Giriş Sayısı	8
İzleyici Sayısı	4

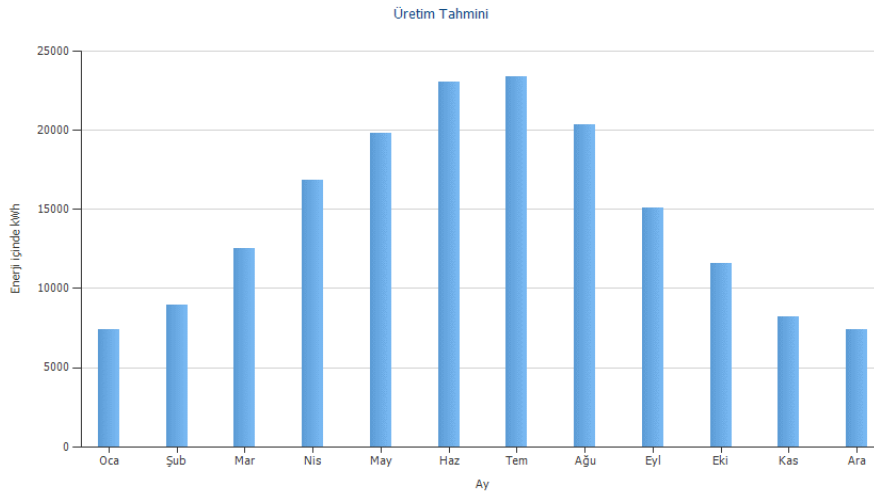
2.4. Şebekeye Bağlı Örnek PV Sistem Tasarımı

Çevre dostu PV sistemlerinin artan kullanımını desteklemek için, bazı tesisler son zamanlarda mevcut binalardaki küçük montajların PV modüllerini birbirinden ayırmasına izin verdi. Bu üniteler bina içinde uygun yerlere kurulabilir ve binaya güç sağlayabilir. Bu güneş sistemi sayesinde şebekeye beslenmek için herhangi bir elektrik enerjisine ihtiyaç duymaz. Bu doğrultuda Afyonkarahisar ilinde 38.78° enlemde bulunduğu bilinen bir fabrikanın çatısına kurulacak fotovoltaik sistem ile elde edilebilecek elektrik enerjisi üretimi değerlendirilmiştir. Pvsol uygulaması ile seçilen fabrikanın çatısı işaretlendikten sonra Afyonkarahisar ilinin ortalama güneş ışınım oranları, gerekli paneller ve inverterler seçildi ve fabrikanın çatısına güneş enerjisi sistemi kuruldu. Şekil 4, Pvsol serisinde fabrikada yerleştirilmiş PV modüllerinin seçimini göstermektedir. [8.]



Şekil 4. Fabrika çatısının seçilmesi

Kurulan sistemin aylık bazda elektrik üretim tahmini Şekil 5'te görülmektedir.



Şekil 5. Üretim Tahmini Grafiği

Hesaplamalarda 2004-2010 yılları arasındaki gerçek ortalama iklimsel veriler (günlük güneşlenme süresi ve dış ortam sıcaklığı) kullanılmıştır. Pvsol yardımı ile bilgiler sisteme girilmiştir.

3. Sonuç

Fabrika çatısına kurulan fotovoltaik sistem ile elde edilen PV jeneratörün çıkış değeri 132,9 kWp'dir. Kullanılan alan 635,6 m²'dir. Yıllık spesifik kar değeri 1.313,38 kWh/kWp'dir. Sistemin kullanım oranı %89,5'tir. Önlenen CO₂ emisyonları 82.013 kg/yıl'dır.

Çatı güneş enerjisi sisteminde kullanılan PV modül ve evirici için fiyat analizi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Maliyet analizi

Ürün	Adet	Birim Maliyet (TL)	Toplam Maliyet (TL)
PV panel	292	3597	1.050.324
İnvertör	4	36.990	147.960

Kaynakça

- [1] http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369. Erişim Tarihi: 25 Kasım 2014.
- [2] P. Yadav, N. Kumar and S. S. Chandel, "Simulation and performance analysis of a 1kWp photovoltaic system using PVsyst," 2015 International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC), 2015, pp. 0358-0363, doi: 10.1109/ICCPEIC.2015.7259481.
- [3] A. Soualmia and R. Chenni, "Modeling and simulation of 15MW grid-connected photovoltaic system using PVsyst software," 2016 International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC), 2016, pp. 702-705, doi: 10.1109/IRSEC.2016.7984069.
- [4] Sharma, V., & Chandel, S. S. (2013). Performance analysis of a 190 kWp grid interactive solar photovoltaic power plant in India. *Energy*, 55, 476-485.
- [5] <https://catakli-enerji.com/pvsol-premium-software>
- [6] AJDER, Ali. Fotovoltaik güneş enerjisi sistemleri için optimum eğim açısının hesaplanması. 2011.
- [7] <https://www.yapibahce.com/blog/icerik/inverter-invertor-nedir-ne-ise-yarar?>

- [8] KANTAROĞLU, Fikret. Fotovoltaik Sistemler. Türk Tesisat Mühendisleri Derneği. TTMD, 2010.

MAX32664 Ultra Düşük Güçlü Biyometrik Sensör ile Parmak Tipi Pulse Oksimetre Tasarımı

Cansu Duru, Ayşe Nur Ay

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği, cansuduru13@gmail.com

² Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği, ay@subu.edu.tr

Özet

Bu çalışmanın amacı MAX32664 ultra düşük güçlü biyometrik sensör ile oksijen saturasyonu (SpO₂), kalp hızı (HR) ve tahmini kan basıncını ölçen parmak tipi pulse oksimetre tasarlamaktır. Bu tasarımla normal bir bireyde olması gereken oksijen saturasyon değeri, kalp hızı ve tahmini kan basıncındaki değişiklikler anında tespit edilmekte ve anında müdahale edilmektedir. Bu çalışmanın elektrik devresinde kullanılan MAX30100 sensörü sayesinde biyolojik veriler parmaktan okunmaktadır ve bu veriler Max32664 modülüne aktarılarak işlenmektedir. İşlenen değerler ATMEG328P sayesinde LCD ekranda çıktı olarak verilmektedir. Çalışmanın kodlama kısmı Arduino IDE ile yapılmıştır. Tasarım kısmı ise Catia programı ile çizilmiştir. Çizilen tasarım montaj statik analizi kullanılarak test edilmiş ve testlerden geçmiştir. Gerçekleştirilen tasarım sonucunda maliyeti ortalama ve doğruluk oranı yüksek bir pulse oksimetre oluşturulmuştur. Ayrıca tasarımda kullanılan MAX32664 ve ATMEGA328'in kodlamaları IDE kütüphaneleri ile çok kolay şekilde yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Pulse oksimetre; biyometrik sensör; oksijen saturasyonu; kalp hızı; tahmini kan basıncı.

Fingertip Pulse Oximeter Design with MAX32664 Ultra-Low Power Biometric Sensor

Abstract

The aim of this study is to design a finger-type pulse oximeter that measures oxygen saturation (SpO₂), heart rate (HR) and estimates blood pressure with the MAX32664 ultra-low power biometric sensor. With this design, changes in oxygen saturation value, heart rate and estimated blood pressure, which should be in a normal individual, are instantly detected and intervened immediately. Thanks to the MAX30100 sensor used in the electrical circuit of this study, biological data is read from the finger and these data are transferred to the Max32644 module and processed. The processed values are output on the LCD screen with the ATMEG328P. The coding part of the study was done with Arduino IDE. The design part was drawn with the Catia program. The drawn design has been tested with assembly static analysis. As a result of this design, a pulse oximeter with an average cost and high accuracy was created. In addition, the coding of MAX32664 and ATMEGA328 used in the design is very easy with IDE libraries.

Key words: Pulse oximetry; biometric sensor; oxygen saturation; heart rate; estimated blood pressure.

1. Giriş

İnsan yaşamını en çok etkileyen faktörlerden birisi de sağlıktır. Sağlık sorunlarına müdahale etmek için hızlı ve doğru sonuç almak önemlidir [1]. Bu nedenle teknoloji sağlık sektöründe sık sık kullanılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü, sağlık sektöründe kullanılan teknolojiyi, bir sağlık sorununu çözmek ve yaşam kalitesini iyileştirmek için geliştirilen her şey olarak tanımlamaktadır [2]. Bu tür teknolojiler daha erken teşhis ve daha düşük maliyet ile daha hızlı bir tedavi sağlamaktadır.

Oksijen, yaşamımızı devam ettirmemiz için ihtiyacımız olan en önemli faktörlerden biridir. Oksijen, akciğerlerimizden kılcal kan damarlarına aktarılır. Bu kılcal damarlar oksijenden zengin kanı kalbe gönderir ve kalpte oksijeni arterlerden vücudun geri kalanına kan yoluyla pompalar. Oksijen satürasyonu değeri, akciğerlerin ne kadar iyi çalıştığının çok önemli bir ölçüsüdür. Vücuda yeterli oksijen sağlanamamanın sonucunda oksijen satürasyonu azalır ve organlar çeşitli sorunlar yaşamaya başlar. Bu oksijen yetersizliği tespiti için çeşitli cihazlar kullanılır ve pulse oksimetre de bu cihazlardan biridir. Pulse oksimetre pulsatil ışık varyasyonları yöntemiyle arteriyel kan-oksijen doygunluğunu ölçmek kuralına dayalı bir cihazdır ve Japon fizyolojik biyomühendis Takuo Aoyagi tarafından icat edilmiştir [3]. Pulse oksimetreler sadece oksijenli hemoglobin (HbO_2) ve oksijensiz hemoglobin (Hb) ile ilgilenir. Oksijen satürasyonu, “Fonksiyonel” oksijen satürasyonu ile tanımlanabilir [4]. Fonksiyonel oksijen doygunluğu aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır [5]. (Denklem 1)

$$SO_2 = \frac{HbO_2}{Hb+HbO_2} \quad (1)$$

SO_2 =Oksijen satürasyon değeri, HbO_2 =Oksijenli Hemoglobinin Değeri, Hb=Oksijensiz Hemoglobinin Değeri

Yapılan araştırmalarda özellikle COVID-19 döneminde pulse oksimetrenin büyük önem kazandığı görülmüştür. Başlangıçta hastalığı hafif geçiren ve evde olan COVID-19 hastalarında oksijen satürasyonu %92'nin altına düştüğünde hastaneye yatış ihtiyacının oluştuğu görülmüştür. Bu sebeple, evde nabız oksimetresi ile oksijen satürasyonunun ölçme COVID-19'a erken müdahale şansı verdiği gözlemlenmiştir. Erken müdahale hastanın yoğun bakıma gerek kalmadan tedavi olmasını sağlamaktadır [6].

Pulse oksimetrede, doku boyunca farklı dalga boylarına sahip iki ışık iletilir. Hem oksijenli hem de oksijensiz hemoglobin farklı absorbe ve yansıtma özelliklerine sahip olduğundan, iki farklı ışık kaynağı kullanılır [7]. Oksijenli hemoglobin kıvılotesi bantta 850nm-1000nm arası absorbansa sahipken, oksijensiz hemoglobin (Hb) kırmızı bantta 600 nm ila 750 nm arası absorbe özelliğine sahiptir. Bu

nedenle mevcut pulse oksimetrelerinin çoğu 940 nm kızılötesi ve 660 nm kırmızı ışık yayan diyotlar kullanılır [8]. Pulse oksimetre cihazları el tipi, konsol tipi, bilek tipi ve parmak tipi olarak 4 çeşittir [9].

Parmak tipi pulse oksimetre, deri altından arteriyel kandan oksijen saturasyonundaki değişimi anlamımıza yarayan invazif olmayan bir yöntemdir. İnvazif olmayan bir yöntem olmasından dolayı damar travmaları gibi komplikasyonları yoktur [4]. Ayrıca bu cihazlarda laboratuvar analiz ölçüm kriterlerine ihtiyaç olmadan oksijen saturasyon değeri sonucu ekrana yansır [4]. Pulse oksimetre taşınabilir, acısız ve küçük olduğu için her ortamda kolaylıkla kullanılabilir. Bunu üç önemli fizyolojik değeri takip ederek yapmaktadır. Bunlardan biri oksijen saturasyonu (SpO₂), diğeri ise kalp hızı (HR) ve sonuncusu da tahmini kan basıncıdır [10]. Normal bir bireyde oksijen saturasyon değeri %90-100, sistolik kan basıncı 120-130 mmHg, diyastolik kan basıncı ise 70-90 mmHg ve kalp hızı dakikada 60 ila 100 bpm aralığında olmalıdır [11]. Pulse oksimetre sayesinde bunlardaki değişiklik kısa sürede fark edilmekte ve gerekli müdahaleler hızlıca yapılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, MAX32664 ultra düşük güçlü biyometrik sensör ile oksijen saturasyonu (SpO₂), kalp hızı (HR) ve son olarak tahmini kan basıncını ölçen parmak tipi pulse oksimetre tasarlamaktır. Literatürde parmak tipi pulse oksimetre tasarımı konusunda benzer çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Mikrodenetleyici tabanlı, gömülü sistem tabanlı, Arduino tabanlı gibi çeşitli pulse oksimetre tasarımları bulunmaktadır. Bu çalışmada bulunan MAX32664 sayesinde diğer çalışmalardan farklı olarak tahmini kan basıncı ölçülebilmektedir [3,8,12]. Ayrıca kullanılan Atmega328P, Arduino IDE ile kolayca programlanabilmektedir. Bu sayede mikroişlemci veya gömülü sistem tabanlı pulse oksimetrelere oranla daha kolay bir yazılıma sahiptir.

Tasarlanan pulse oksimetre, MAX30100 nabız ve kalp atış sensörü ve MAX32664 biyometrik sensör ile oksijen saturasyonu (SpO₂), kalp hızı (HR) ve son olarak tahmini kan basıncını ölçmektedir. Pulse oksimetre sahip olduğu hafif gövde ve ergonomik klipsler sayesinde parmağa zarar vermeden takılmaktadır. Parmağa takıldığı anda kan basıncını algılayıp aktif olan pulse oksimetre, sahip olduğu oled ekranda bize sonucu göstermektedir.

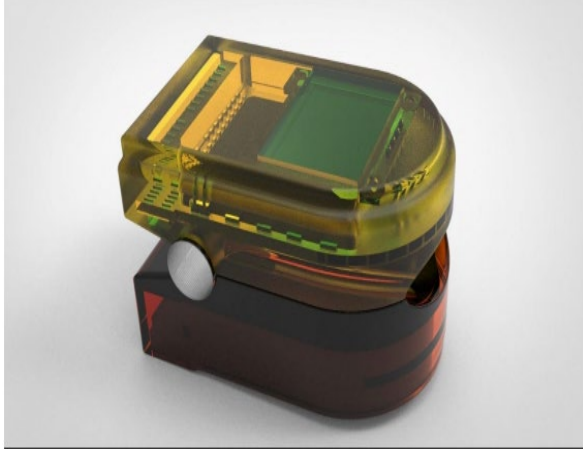
2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

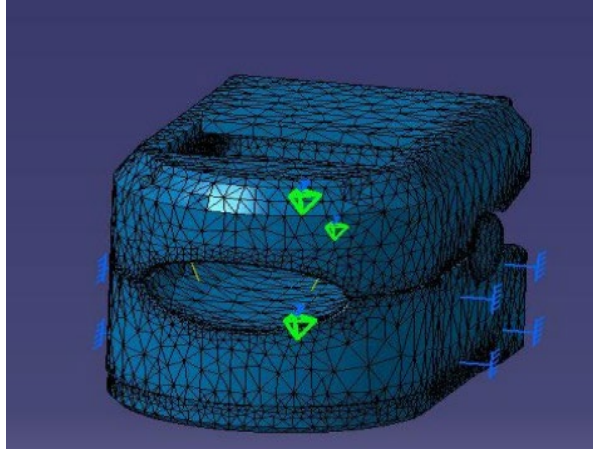
Bu çalışmada tasarım için ATMEGA328P, lityum pil, 128x64 oled grafik lcd ekran, MAX 32664 biyometrik sensör, MAX 30100 nabız ve kalp atış hızı sensörü, 32.768kHz kristal, kondansatör, direnç, transistör, konektör ve switch kullanılmıştır.

2.2. Metot

Çalışmada kullanılan programlar devre tasarım programı, tasarım ve analiz için CAD/CAM programı ve kodlama için ARDUINO IDE kullanılmıştır.

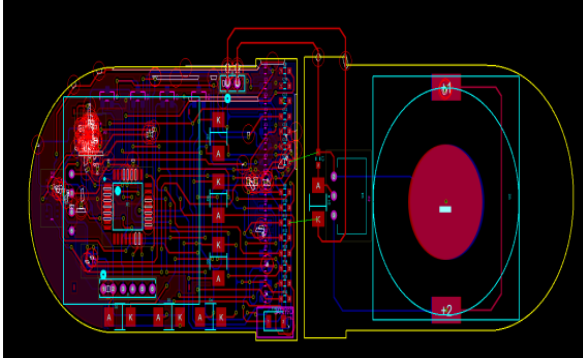


Şekil 1. 3D Tasarımı

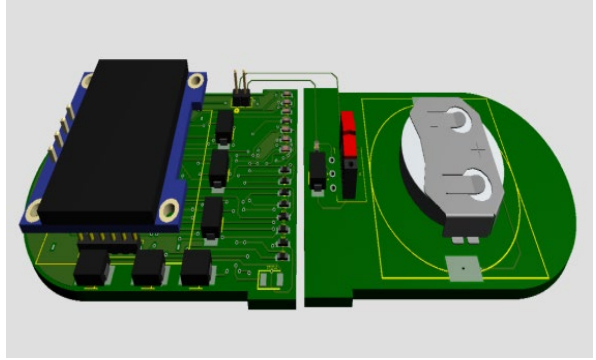


Şekil 2. Tasarımın Analiz Çıktısı

Şekil 1’de 3D tasarımı görülmektedir. Tasarlanan tasarımın boyutu küçüktür ve bu yüzden taşınması kolaylaşmıştır. Ayrıca Şekil 2’de görüldüğü gibi yapılan analiz testlerinden tasarım geçmiştir. Yapılan bu tasarımla hasta cerrahi bir müdahale olmadan, acısız bir şekilde nabız, kalp ve tansiyon bilgilerini anında görüntüleyebilmektedir.



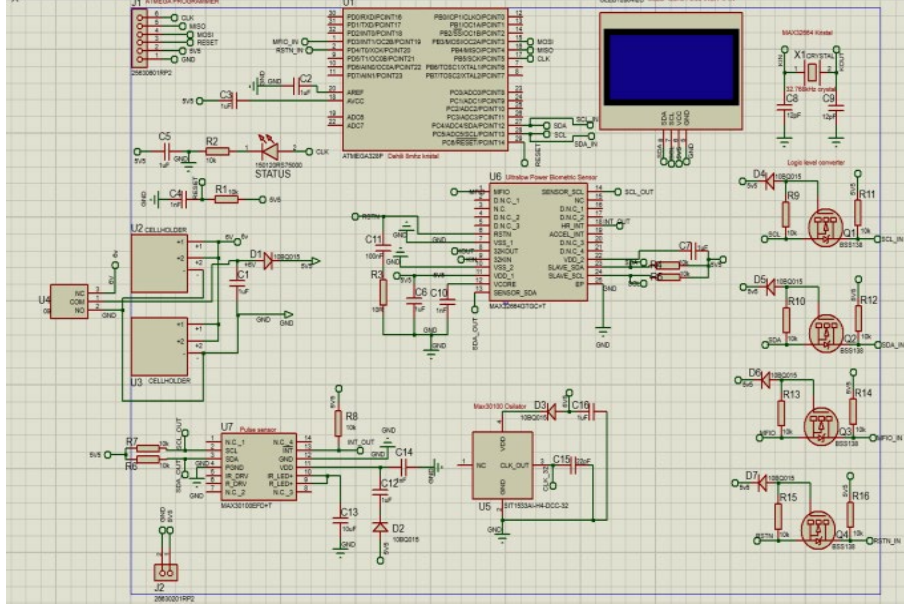
Şekil 3-a. ARES devre Tasarımı



Şekil 3-b. 3D PCB tasarımı

Şekil 3-a ve Şekil 3-b’de PCB ve ARES şemalarında görüldüğü üzere PCB alt ve üst olarak alt ve üst olarak iki kapak olarak tasarlanmıştır. Fotodiyot parmağı görecektek şekilde üst kapağa konulmuştur. Kapasitör, diyotlar ve dirençler karışıklık olmaması için gruplar halinde yerleştirilmiştir. MAX32664 için gereken kristal veri sayfasına uygun olarak 32.768 kHz değerinde seçilmiştir. 2 devre kartın beslemesi atlama aracılığıyla ortaklanmıştır. Devre üzerinde kısa devre ve/veya açık devre oluşmaması için ground atanmıştır. Kodlama kısmında ise kullanılan ATMEGA328P ile MAX32664 entegresini programlamak için sda-scl-vin-gnd-mfio-reset pinleri ve oled I2C ekran bağlantısı için sda-scl-vcc-gnd

pinleri atanmıştır. SDA, SCL ve GND pinleri ortak olarak kullanılmıştır fakat besleme gerilimi farklılığından ötürü MAX32664 entegresinin vin girişine diyot atılarak çalışma gerilimine inilmiştir. Ayrıca Şekil 4'te görülen ISIS Devresi 'ne ATMEGA328p eklemek için ekstra kılıf çizilmiştir. Bu kılıf için gereken veriler ATMEGA328p veri sayfasından alınmıştır.

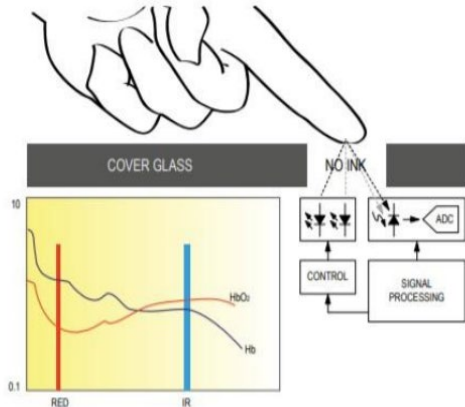


Şekil 4. ISIS Devre Çizimi

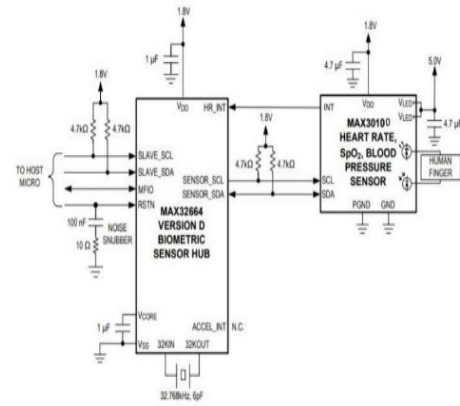
IDE aracılığı ile kodlama yapabilmek için MAX32664, Wire ve ACROBOTIC_SSD1306 kütüphaneleri kullanılmıştır. MAX32664 kütüphanesinin örnek değer okuma kodları yeniden yenilenmiş ve çalışmaya uygun hale getirilmiştir. En sonunda ise sensör ile okunan değerlerin ekrana yazdırılması için OLED kullanılmıştır.

2.3. Tasarımın Çalışma Prensipleri

Bu çalışmada sensör olarak MAX30100 nabız ve kalp atış hızı sensörü kullanılmıştır. Bu sensör parmaktan veriyi Şekil 4'te görüldüğü gibi almış ve hesaplamıştır. Ardından Şekil 5'te görüldüğü gibi MAX30100'de hesaplanan veri I2C haberleşme protokolü ile MAX32664 Biyometrik modülüne iletilmiştir. Ayrıca tahmini kan basıncı yine MAX32664 modülü ile hesaplanmıştır.



Şekil 5. MAX30100 Sistem blok diyagramı
[MAX30100 Veri Sayfası]



Şekil 6. MAX32664 ile MAX30100 Arasında
Haberleşme [MAX30100 Veri Sayfası]

Yine kablolu seri haberleşme standardı I2C uygulanarak ATMEGA328p ile Max32664 modülü arasında bağlantı kurulmuştur. ATMEGA328p ile oksijen satürasyonu, tahmini kan basıncı ve kalp atış sayısı ile ilgili bilgilerin LCD ekran üzerinde gösterilmesini sağlamıştır. Sonuç olarak parmağın sensöre değdirilmesiyle başlayan ölçüm LCD ekran üzerinde sonuç gösterilmesi ile bitmiştir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmanın sonucunda MAX32664 ultra düşük güçlü biyometrik sensör ile oksijen satürasyonu (SpO2), kalp hızı (HR) ve tahmini kan basıncını ölçen parmak tipi pulse oksimetre tasarlanmıştır. Max32664 optik sensörlerle iletişim kurarak verileri alır ve bu verileri ham veya hesaplanmış olarak oluşturulan arayüze aktarmaktadır. Bunu yaparken I2C haberleşme protokollerini kullanmaktadır. MAX32664 modülünün ilk avantajı MAX30100 sensöründen aldığı verileri işleyerek doğruluk oranı yüksek bir sonuç elde etmesidir. Ayrıca MAX32664'ün tahmini kan basıncı verilerini kendi içinde işlemesi sayesinde karmaşık tasarımlara gerek kalmamaktadır.

Bu tasarımın en büyük avantajı kendi gibi tahmini kan basıncı ölçen pulse oksimetrelerle oranla maliyet düşüktür [13]. Ayrıca geliştirilen pulse oksimetrenin mikroişlemci tabanlı veya gömülü sistem tabanlı pulse oksimetrelerle oranla daha kolay tasarlanmaktadır. Mikroişlemci tabanlı veya gömülü sistem tabanlı pulse oksimetreler tasarlanması sırasında çok fazla bilgi birikimi gerekmektedir [3,14]. Fakat tasarımda kullanılan MAX32664 ve ATMEGA328'in kodlamaları IDE kütüphaneleri ile çok daha kolay şekilde yapılmaktadır. Parmak tipi pulse oksimetre konsol tipi pulse oksimetrelerle oranla daha hafif ve daha az maliyetlidir [15].

Bu çalışma gelecekteki MAX32664 Ultra Düşük Güçlü Biyometrik Sensör için yapılacak çalışmalara referans niteliğinde gösterilebilir ve literatüre pozitif yönde katkı sağlayabilmektedir.

4. Teşekkür

Bu çalışma, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Biyomedikal Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi (BİYOTAM) ve Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü' nün katkıları ile gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Ay, A. N., Yuksel, E. E., Yılmaz, A. Y., & Dolukan, Y. B. (2020). Real-Time Arrhythmia Detection Using NI LabVIEW and Sending Notification via SIM800L GSM Module. *Journal of Smart Systems Research*, 1(1), 25-29.
- [2] Koçkaya, G., & Tatar, M. (2013). Tıbbi Cihazlarda Sağlık Teknolojisi Değerlendirmesi. *Dsö Tıbbi Cihaz Teknik Serisi*, 1-34.
- [3] Kazan, O. K., & Yıldız, M. Z. Gömülü Sistem Tabanlı Pulse-Oksimetre.
- [4] MARTLI, E. P. (2015). Bir Üniversite Hastanesinde Çalışan Hemşirelerin Pulse Oksimetre Kullanımı Konusunda Bilgi ve Davranışlarının Değerlendirilmesi (Doctoral dissertation, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- [5] Yetkin, U., Karahan, N., & Gürbüz, A. (2002). Klinik uygulamada pulse oksimetre. *Van Tıp Dergisi*, 9(4), 126-133.
- [6] Accuracy, P. O. (2021). Limitations: FDA Safety Communication.
- [7] Bülbül, A., Selalmaz, M., Kunt, A., Demirel, Ş., & Uslu, H. S. (2014). Pediatri alanında hizmet sunan sağlık personelinin pulse oksimetre kullanımı ile ilgili bilgi düzeyleri. *Şişli Etfal Hastanesi Tıp Bülteni*, 48(4), 3003-7.
- [8] Aydın, G. B., & Özhan, O. (2017). Pulse Oksimetre Tasarım ve Analizinin Yapılması.

- [9] Lin, B. S., Huang, C. Y., Chen, C. Y., & Lin, J. H. (2016). Design Of A Finger Base-Type Pulse Oximeter. *Review Of Scientific Instruments*, 87(1), 013108.
- [10] Shiraliyev, K., & Şahin, Ö. (2014, October). Developing a portable pulse oximeter for telemetry application. 2014 18th National Biomedical Engineering Meeting (pp. 1-4). IEEE.
- [11] Ay, A. N., Yıldız, M. Z., & Barış, B. O. R. U. (2017). Real-time Feature Extraction Of Ecg Signals Using NI LabVIEW. *Sakarya University Journal of Science*, 21(4), 576-583.
- [12] Emrah, Ö. T. E. R., Demir, A. A., & Coşkun, Ö. Mikrodenetleyici Temelli Parmak Ucundan Nabız Ölçer Devresi Tasarımı. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 4(2), 87-92.
- [13] Nuanmeesri, S., & Poomhiran, L. (2020). Developing of Intelligence Walking Stick And Mobile Application For Elderly Health Care Using The Internet Of Things.
- [14] Zaltum, M. A., Ahmad, M. S., Joret, A., & Jamil, M. M. A. (2010). Design and Development of a portable Pulse Oximetry system. *International Journal of Integrated Engineering*, 2(3).
- [15] Kocamaz, A. F. (2012). Makine öğrenmesi tabanlı bir uzman tasarımı.

Otomobil Lastik Supaplarındaki Pirinç Malzeme ile Metal Kapak Arasında Gözlenen Sıkışma Probleminin İncelenmesi

Selinnur Aksu^{1*}, Ziya Özgür Yazıcı²

^{1*}Afyon Kocatepe Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, aksuselinnur14@gmail.com

²Afyon Kocatepe Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, z yazici@aku.edu.tr

Özet

Supap otomobil lastiklerinde havanın kaçmasını önleyen ve uzun süre havayı lastik içerisinde tutulmasını sağlayan parçadır. Piyasadaki mevcut supapların ana gövdesinin genellikle pirinç alaşımından yapıldığı bilinmektedir. Supapların hava giriş kısımlarında ise plastik kapakların tercih edildiği görülmektedir. Fakat ticari bazı ürünlerde görsel ve estetik amaçlı taleplerden dolayı plastik yerine alüminyum gibi metal kapaklar da bulunmaktadır. Ancak kullanım esnasında belirli bir süre sonra alüminyum kapak ve pirinç gövde arasında sıkışma problemi meydana geldiği görülmektedir. Bu çalışmada sıkışma probleminin nedenleri incelenmiştir. Bunun için kullanım esnasında sıkışma probleminin yaşandığı parçalar üzerinde metalografik hazırlama prosedürleri yapıldıktan sonra, pirinç gövde ve alüminyum kapak arayüzeyi mikroskopi teknikleri kullanılarak karakterize edilmiştir.

Anahtar kelimeler: supap, alüminyum, pirinç, Al₂O₃, arayüzey, karakterizasyon.

Investigation of Deadlock Problem Observed Between Brass Material and Metal Cover in Automobile Tire Valves

Abstract

The valve is the part that prevents the air from escaping in automobile tires and keeps the air in the tire for a long time. It is known that the main body of the valves available in the market is generally made of brass alloy. It is seen that plastic caps are preferred in the air inlet parts of the valves. However, in some commercial products, there are metal covers such as aluminum instead of plastic due to visual and aesthetic demands. However, it is observed that a deadlock problem occurs between the aluminum cover and the brass body after a certain period of time during use. In this study, the causes of the deadlock problem were examined. For this purpose, after metallographic preparation procedures were performed on the parts that had a deadlock problem during use, the interface of the brass body and aluminum cover was characterized using microscopy techniques.

Keywords: Valve, aluminum, brass, Al₂O₃, interface, characterization

1. Giriş

Periyodik tablonun 13 atom numaralı Alüminyum (Al) elementi düşük yoğunluğu (2.7 g/cm^3) ile göze çarpan bir metaldir. Oldukça hafif olan alüminyum metali kolayca şekillendirilebilir, sünek davranışa sahip ve gümüş renklidir. Doğada bulunan boksit cevherinden elde edilir ve oksidasyona karşı direnci oldukça iyidir[1]. Saf haldeki alüminyum ortam koşullarındaki oksijen ile karşılaştığında üzerinde ince bir oksit tabakası oluşturur. Üzerinde oluşan oksit tabakasının koruyuculuğu üstün korozyon özelliklerine sahip olmasını da sağlar. Uygun korozyon dayanımı, işleme kolaylığı ve yüksek spesifik dayanım (dayanım/ağırlık oranı) makina yapısal parçalarının yapımı aşamalarında diğer malzemelere kıyasla avantaj sağlar [2]. Alüminyum oksit (Al_2O_3), doğada korundum olarak bulunur. Alüminyum ve oksijenin birbiriyle tepkimesi Al_2O_3 oluşumunu sağlar. Al_2O_3 yüksek dayanım ve sertlik özellikleri nedeniyle çoğunlukla aşındırıcı olarak kullanılmaktadır. Saf alüminyumun ergime sıcaklığı düşük olmasına rağmen, Al_2O_3 'ün ergime noktası $2072 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Bu üstün özellikleri nedeniyle alüminyuma iyi korozyon direnci kazandırmaktadır [3].

Pirinç, bakıra belirli oranlarda çinko ilaveleriyle üretilen sarı renkli alaşımların genel adıdır [4]. Pirinç alaşımlarının türü ve özellikleri uygun oranlarda ilave edilen alaşım elementleri (kurşun, silisyum, mangan, nikel ve alüminyum vb.) sayesinde çeşitlendirilmektedir. Pirinç alaşımları da kolay işlenebilir ve yüksek tokluğa sahip bir alaşımdır. Nispeten yüksek iletkenliğe sahip olan pirinç alaşımları bakıra göre daha düşük maliyetli ve yüksek dayanıma sahip olduğu için belirli mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Uygun kompozisyondaki pirinç alaşımının tercih edilmesi sayesinde beklentileri (mukavemet, süneklik, sertlik, iletkenlik, şekillendirilebilirlik, aşınma dayanımı, korozyon dayanımı ve çeşitli renk/görünüm özellikleri) karşılayan parçaların elde edilmesi sağlanır. Çok iyi olan korozyon ve işlenebilirlik özelliklerinin yanında iyi süneklik ve tatmin edici dayanımları da eklenince pirinçler vazgeçilmez bir malzeme olmaktadır. Bu nedenle, eşsiz özellik kombinasyonlarını üzerinde toplayan pirinç alaşımları mühendislik uygulamalarının çeşitli alanlarında tercih edilmektedir. Atmosfer ortamına maruz kalan alaşım zamanla malzemeyi korozyona karşı koruyacak yüzeyde çok ince bir tabaka oluşturur. Metalin nem ve hava koşulları etkisi altında olduğu uygulamalarda yüksek bakır içeriği, metalin yüzeyinde daha fazla korozyona karşı koruma sağlayan, değerli bir özellik olan koruyucu bir oksit tabakası (patine) oluşturmasını sağlar [5]. Supap bir akışkanın, yay yardımıyla gergin tutulup yatağın düzlemine dik olarak gidip gelme hareketi yaparak geçişini ayarlamaya yarayan kapağa denir[6]. Böylece otomobil lastiklerinin içerisine hapsedilen havanın dış ortama kaçması engellenir ve ihtiyaç duyulduğunda tekrar lastik içerisine havanın veya gaz malzemelerin depolanabilmesini sağlar. Kauçuk supaplar yaygın olarak kullanılmasına rağmen, kullanım ömrü genellikle kısadır. Hareket halindeyken yüksek basıncın ve çeşitli titreşimlere maruz kalan bu parça

zamanla deforme olabilmektedir. Deformasyonun zamanla daha fazla artmasıyla supap görevini yerine getiremez hale gelir. Bu nedenden dolayı lastiklerde çelik supap tercih edilebildiği görülmektedir. Çelik supaplar sıcaklık değişimleri ve basınca karşı daha dayanıklı olup korozyif ortamlara karşı da dayanıklıdır [7]. Araba lastiklerinde supap kısmına yerleştirilen ve hava kaçırma olasılığını engelleyen supap kapakları, lastiklerin tam performans göstererek uzun süre kullanılabilmesine yardımcı olmaktadır. Otomobil lastik supaplarında genellikle plastik kapak kullanılmaktadır [8]. Ancak estetik anlamda, güzel görünüm için metal kapaklar da kullanılmaktadır. Metal kapaklar arasında alüminyum metalinden yapılmış kapakların da bulunduğu görülmektedir. Alüminyumun tercih edilme nedeni hafif, ucuz ve üretiminin kolay olmasıdır. Ancak belli süre sonra kapaklarda açılmama sorunu gözlenmektedir. Bu çalışmada kilitlenme probleminin sebepleri ve problemin kaynakları üzerinde araştırma yapılmıştır.

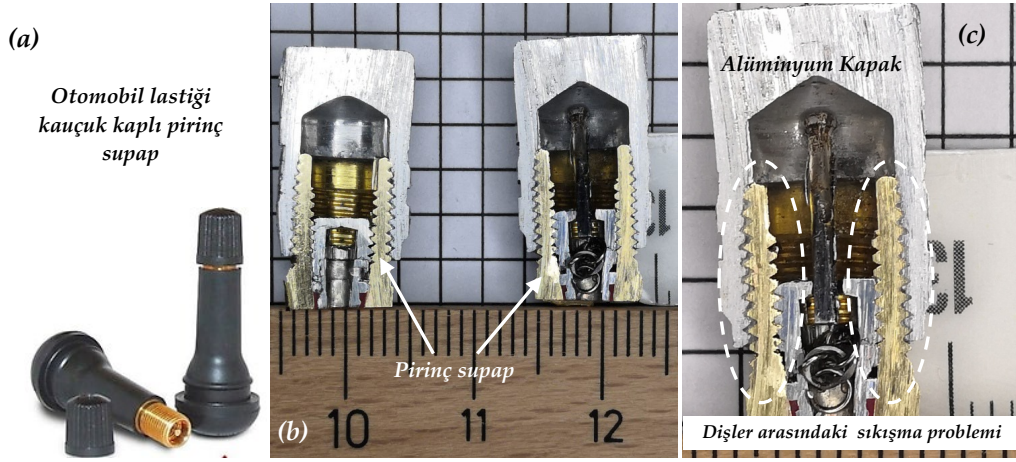
2. Materyal ve Metot

Araştırmaya konu olan bir otomobil supabıdır. Araştırma öncesinde supabın üzerinde bulunan plastik kapak değiştirilmiş ve yerine piyasada bulunan Çin menşeli alüminyum alaşımından yapılmış bir kapak kullanılmıştır. Supap ve alüminyum kapak birlikte yaklaşık 1 yıl boyunca bir otomobil lastiğinde kullanılmıştır. Bu süre esnasında belirli sayıda metal kapak açılıp tekrar kapanmıştır. Kullanım süresi sonunda metal kapak pirinç supap civatasına kilitlendiği görülmüştür. Kilitlenme sebebinin araştırılması için supap otomobilin lastiğinden çıkarılarak hassas kesme cihazında düşey olarak kesilmiştir. Daha sonra alüminyum kapak ve pirinç gövde arasındaki kesit yüzeyinin ortaya çıkarılması için metalografi prosedürleri uygulanmıştır. Zımparalama ve parlatma (P400-P1200 grid) aşamalarından geçirilen arayüzey daha sonra ultrasonik temizleme işlemine maruz bırakılmıştır. Kesit arayüzeyinin incelenmesinde optik mikroskop (OLYMPUS BX51M) ve taramalı elektron mikroskopu (LEO 1430 VP) kullanılmıştır. Kesit arayüzeyinde kilitlenmeye neden olan maddenin kimyasal analizlerinde EDX analizi tercih edilmiştir.

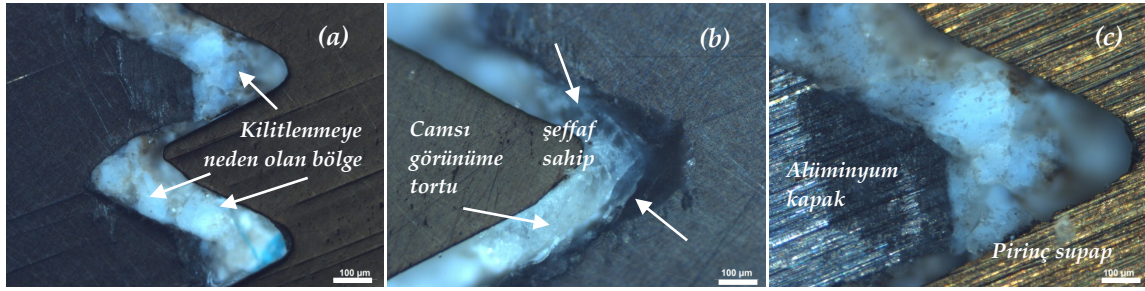
3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmaya konu olan supap (Şekil 1a) ve kapağın arayüzeyinin incelenmesi için kapağın çıkarılması planlanmıştır. Ancak denenen çeşitli yöntemler bu konuda yetersiz kalmıştır. Bu nedenle kapak/supap ikilisi birlikte düşey ve yatay olarak kesilmiş ve arayüzey incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 1b'de sıkışmış vaziyetteki supap ve kapağın dikey kesit görüntüsü verilmiştir. Bu bölge kapağın pirinç gövdeye dişler vasıtasıyla bağlandığı bölgedir. Sarı renkli olan bölge pirinç alaşımı, gümüş renkli olan bölge ise alüminyum alaşımından imal edilmiştir. Çalışmada incelenen alüminyum ve pirinç dişler

arasındaki sıkışma probleminin gözlemlendiği bölge ise kesikli çizgiler (Şekil 1c) ile gösterilmiştir. Sıkışma probleminin sebebinin belirlenmesi amacıyla bu bölge optik mikroskop ile incelenmiştir.

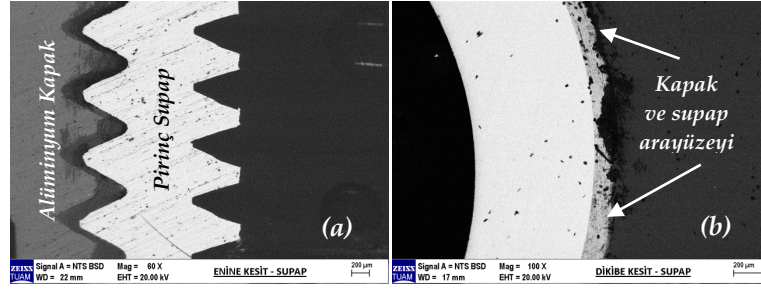


Şekil 1. Otomobil lastiği supap kesit görünümü. Alüminyum kapak ve pirinç supap gövdesindeki sıkışma probleminin yaşandığı bölge.



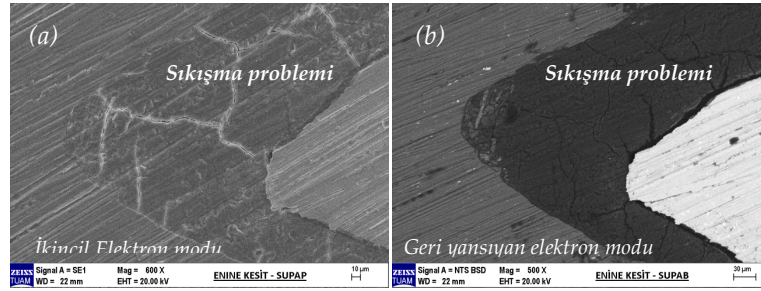
Şekil 2. Otomobil lastiği supap kesit görünümü. Alüminyum kapak ve pirinç supap gövdesindeki sıkışma probleminin yaşandığı bölgenin optik mikroskop görüntüleri.

Optik mikroskopla elde edilen görseller Şekil 2'de verilmiştir. Normal şartlarda kapak ile gövde arasındaki dişlerin arası boş olması beklentisi bulunur. Ancak Şekil 2a ve Şekil 2c'de verilen görsellerde dişler arasının belirgin şekilde opak beyaz renkli bir madde ile dolu olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan genel incelemelerde opak beyaz renkli maddenin çoğu yerde toplanmış tortular şeklinde bulunduğu tespit edilmiştir. Ancak belirli yerlerde ise transparana yakın camsı (Şekil 2b) bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Supap dişleri arasının genel itibarıyla bu madde ile dolu olması, alüminyum kapak ve pirinç supap arasında kilitlenmeye neden olan problemin bu maddeden kaynaklandığını düşündürmektedir.



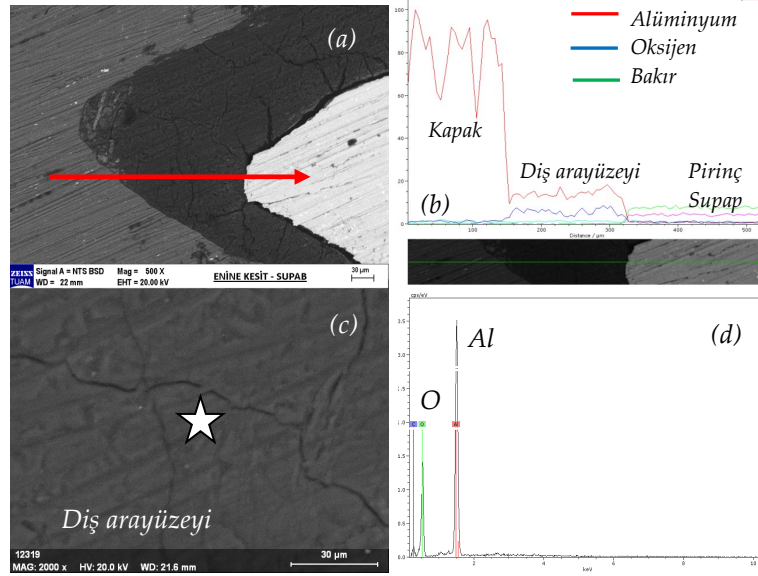
Şekil 3. Alüminyum kapak ve pirinç supabın (a) enine kesit ve (b) düşey kesitlerinin SEM görüntüleri

Şekil 3 verilen görseller taramalı elektron mikroskopuyla (SEM) görüntüleridir. Koyu renkli bölgeler reçine, gri bölümler alüminyum ve açık renkli görülen yerler pirinç bölümlerdir. SEM ile incelenen görüntülerde dişler arasında biriken malzemeler tespit edilmiştir. Bununla birlikte kapağın açılması esnasında sıkışma problemi kaynaklı bazı pirinç dişlerin uçlarının kırıldığı gözlenmiştir. Bu durum, dişler arasını dolduran tortuların oldukça dayanıklı bir madde ile ilişkili olabileceği ihmalini düşündürmektedir.



Şekil 4. (a) Al kapak ve pirinç supab arayüzeyi ikincil elektron (İE) ve (b) geri yansıyan (GY) elektron mikroyapı fotoğrafları

Şekil 4a ve b'de taramalı elektron mikroskopundan çekilmiş İE ve GY elektron moduna ait görseller görülmektedir. İkincil elektron modunda sıkışmaya sebep olan dişler arasında biriken malzemede çatlaklar vardır. Geri yansıyan elektron modunda açık renkli gözlenen bölgeler atom ağırlığı daha yüksek olan pirince, gri renkli bölgeler atom ağırlığı daha düşük olan alüminyuma, ortada kalan koyu renkli bölge de sıkışma problemine neden olan malzemeye aittir. Yapılan SEM incelemelerinde alüminyum ve pirinç dişlerin arasındaki maddenin oldukça yoğun bir şekilde diş aralarını doldurduğu gözlenmiştir. Bu nedenle kapak ve gövde üzerindeki dişler görevini yapamaz hale gelmiştir. Bundan sonraki çalışmalar dişler arasını dolduran bu tortuların kimyasal bileşimi üzerinde devam etmiştir. Bu amaçla, EDX kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 5'te EDX analizi sonuçları verilmiştir. Şekil 5a'da çizgisel analiz yapıldığı bölgenin (alüminyum kapak-diş arası-pirinç gövde) kimyasal analiz sonuçları Şekil 5b'de verilmiştir. Şekil 5b'deki analiz sonuçlarına göre alüminyum kapakta alüminyum, pirinç supapta bakır elementlerinin yüksek miktarda olduğu görülmektedir. Alüminyum ve pirinç arayüzeyinde ise belirli oranda alüminyum ve oksijen elementlerinin bulunduğu belirlenmiştir.



Şekil 5. Alüminyum kapak, dış arayüzeyi ve piriñç gövde bölgelerinde yapılan EDX kimyasal analiz incelemeleri

Şekil 5c’de noktasal analizin yapıldığı bölgenin kimyasal analiz sonuçları Şekil 5d’de verilmiştir. Ayrıca Şekil 5d’deki dişler arasındaki malzemenin analiz sonuçlarına göre yıldız ile işaretlenen noktanın yüksek miktarda alüminyum ve oksijen içerdiği tespit edilmiştir. Dişler arasında bulunan tortu kimyasal analizinde Al ve O elementlerinin bulunması, Al-O bağına içeren alüminyum oksit (Al_2O_3) oluşumu olasılığına işaret etmektedir.

4. Sonuç

Piriñç, Cu-Zn alaşımlarının genel adıdır ve otomobil lastiklerindeki supap gövdelerinin üretiminde kullanılmaktadır. Böylece, otomobil lastiklerinin içerisine hapsedilen havanın dış ortama kaçması engellenir ve ihtiyaç duyulduğunda tekrar lastik içerisine havanın veya gaz malzemelerin depolanabilmesini sağlar. Supapların hava giriş kısımlarında ise plastik kapakların tercih edildiği görülmektedir. Bazı ticari ürünlerde plastik yerine alüminyum gibi metal kapaklar da kullanılabilir. Fakat belli bir süre kullanım sonucunda alüminyum kapak ve piriñç gövde arayüzeyinde bir sıkışma sorunu ortaya çıkmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda lastik supap kapaklarındaki açılmama sorununun alüminyum ve piriñç dişler arasında alüminyum ve oksijen içerikli oksit tortu oluşumundan kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Kaynaklar

[1] <https://tr.wikipedia.org/wiki/Al%C3%BCminyum>

[2] <https://www.assanaluminyum.com/tr-tr/surdurulebilirlik/her-yonuyale-aluminyum>

[3] https://tr.wikipedia.org/wiki/Al%C3%BCminyum_oksit

[4] [https://tr.wikipedia.org/wiki/Pirin%C3%A7_\(ala%C5%9F%C4%B1m\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/Pirin%C3%A7_(ala%C5%9F%C4%B1m))

[5] <https://uslularhadde.com/pirinc-aliasimi-ozellikleri#:~:text=Pirin%C3%A7%20malzemeler%20sonsuz%20dek%20atmosfer,da%20korozyona%20u%C4%9Framadan%20rahatl%C4%B1kla%20kullan%C4%B1labilir.>

[6] <https://tr.wikipedia.org/wiki/Supap>

[7] <https://www.arabam.com/blog/danisman/lastik-sibopu-nedir-sibop-degisimi-ne-kadar-onemlidir/>

[8] <https://rolmet.net/lastik/sik-sorulan-araba-lastik-sibop-kapagi-olmazsa-ne-olur.html>

Birinci Dereceden Kanonik Parçalı Lineer Fonksiyonların Lipschitz Katsayıları İle Gösterimi

Zeynep Önder¹, Ömer Karal², Ali Değirmenci³

¹Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, mzeyneponder@gmail.com

²Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, karal@ybu.edu.tr

³Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, adeğirmenci@ybu.edu.tr

Özet

Parçalı lineer fonksiyonların kanonik gösterimleri, bu fonksiyonlara kapalı form ifadesi kazandırarak standart matematiksel işlemler ile ifade edilebilme özelliği getirmiştir. Parçalı lineer fonksiyonların genel ifadesinde yüksek sayıda parametreye gereksinim vardır. Hatta boyut arttıkça parçalı fonksiyonlar daha yüksek depolama ortamına da ihtiyaç duyar. Kanonik gösterim aynı zamanda bu dezavantajlara çözüm sunmaktadır. Bu çalışmada parçalı lineer fonksiyonların kanonik gösterimleri ile Lipschitz koşulu arasında bir ilişki kurulmuş ve kanonik gösterimde kullanılan parametreler Lipschitz katsayıları ile ifade edilmiştir. Deneysel çalışmalar, yeni gösterimin 1 boyutlu fonksiyonlara kullanılabileceğini göstermiştir. Gelecekte daha yüksek boyutlar için çalışmalar yürütülecektir.

Anahtar kelimeler: Parçalı Lineer Fonksiyonlar; Kanonik Gösterim; Lipschitz Koşulu; Lipschitz Katsayısı

Representation Of First Order Canonical Piecewise Linear Functions With Lipschitz Constants

Abstract

Piecewise-linear functions can be expressed in closed form using canonical representations of piecewise linear functions. The general expression of piecewise linear functions requires a large number of parameters. In fact, as the dimension increases, piecewise functions also require higher storage space. Canonical representation also offers solutions to these disadvantages. In this study, a relationship between the canonical representations of the first order piecewise linear functions and the Lipschitz condition was linked, and the parameters used in the canonical representation were expressed with Lipschitz constants. Experimental studies have shown that the Lipschitz representation can be used for 1-dimensional functions. Future research will include studies on higher dimensions.

Keywords: Piecewise Linear Functions; Canonical Representation; Lipschitz Condition; Lipschitz Constant

1. Giriş

Çoğu fiziksel sistem doğada sıkça karşılaşılan doğrusal olmayan (non-linear) sistemlerdir ve hem mühendislik hem de fizik bilimleri gibi birçok disiplin tarafından incelenmişlerdir. Bu sistemler çoğu zaman başlangıç koşullarına aşırı duyarlılık, küçük parametre değişimlerinin sistem çıktısını yüksek derecede etkileyebilmesi ve sistem çözümlerinin yüksek hesaplama gücü gerektirebilmesi gibi nedenlerden ötürü daha az tercih edilmektedir. Doğrusal olmayan sistemlerin doğrusallaştırılmasıyla daha öngörülebilir ve orantılı çıktılar elde edilebilir. Günümüzde Parçalı-Linear Yaklaşım (PWL) modelleri doğrusal olmayan sistem analizlerinde oldukça faydalı olabilmektedirler. PWL yaklaşımlarında doğrusal olmayan fonksiyonlar parçalı doğrusal eşleme (linear mapping) ile en uygun parçalı linear sonuca eşlenir. Parçalı-linear terimi durum uzayının bir dizi bölgeye ayrılması ve her bölgede, bölge sınırları içerisindeki dinamikleri açıklayan denklemler bulunmasıyla ifade edilebilir.

Parçalı linear fonksiyonların ifadesinde, özellikle yüksek boyutlu fonksiyonlarda, gereksinilen parametre sayısı çok fazla olabilmektedir. Ayrıca bu fonksiyonların genelini analiz etmek ve gözlemlemek her zaman kolay olmayabilir. Chua ve Kang parçalı-linear fonksiyonların kanonik gösterimleri üzerinde çalışmışlardır [1]. Kanonik gösterim ile bu fonksiyonları ifade etmek ve analiz etmek daha kolay hale gelmiştir. Ayrıca, daha yüksek boyutlu fonksiyonların parametreleri için gerekli depolama alanı da azalır [2]. Ö.Karal, Parçalı-Linear fonksiyonların kanonik gösterimlerinden esinlenerek parça doğrusal vektör modelleri üzerinde çalışmıştır[3]. Bir diğer çalışmada ise Güzelış ve Göknar, linear olmayan devre analizlerinde de kanonik gösterimden yararlanmışlardır [4].

Bu çalışmada, parçalı-linear fonksiyonların Lipschitz katsayıları ile ifade edilmesi üzerine çalışılmıştır. Lipschitz katsayısı, Lipschitz sürekliliğini sağlayan fonksiyonlara özgü bir terim olup ilgili fonksiyonun sınırları ve fonksiyonun ne kadar hızlı hareket değiştirdiği hakkında bilgi verir [5]. Ayrıca, Picard-Lindelöf teoreminde ve daralma dönüşüm prensibinde (contraction mapping) de sağlanması gereken bir koşuldur [6].

Bu bildirinin takip eden bölümleri şu şekilde düzenlenmiştir. Bölüm 2'de kanonik formül ile Lipschitz katsayısı arasındaki matematiksel ilişki gösterilmiştir. Bölüm 3'te sonuçlar ve ileride yapılabilecek geliştirmelerden bahsedilmiştir.

2. Metot

Bu bölümde birinci dereceden parçalı-lineer fonksiyonların kanonik gösterimlerinin Lipschitz katsayılarıyla ifade edilebileceği gösterilmiştir.

Tanım 2.1 $f: X \rightarrow Y$ de tanımlı, tüm $x_1, x_2 \in X$ olmak üzere,

$$|f(x_2) - f(x_1)| \leq L \times |x_2 - x_1| \quad (1)$$

İfadesini sağlayan bir $L \geq 0$ sayısı varsa f ye Lipschitz sürekli fonksiyon denir.

Tanım 2.2 $f: R^n \rightarrow R^n$ de tanımlı olan ve sonlu sayıda n bölgeye ayrılmış, bulunduğu bölge k olmak üzere genel ifadesi

$$a_k + \beta_k x, \quad x_k < x \leq x_{k+1} \quad (2)$$

Şeklinde olan fonksiyonlar parçalı lineer olarak adlandırılır.

Chua ve Kang tarafından ortaya konulan parçalı-lineer fonksiyonların kanonik formülü ise aşağıdaki gibi tanımlanmıştır [1]:

$$f(x) = a_0 + a_1 x + \sum_{j=1}^n \{b_j |x - x_j| + c_j \operatorname{sgn}(x - x_j)\} \quad (3)$$

Denklemden bulunan katsayılar aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$a_1 = \frac{1}{2} (m_0 + m_n),$$
$$b_j = \frac{1}{2} (m_j - m_{j-1}), \quad (4)$$

$$c_j = \begin{cases} 0 & , \text{ eğer } f(\cdot) \text{ kırılma noktasında sürekli ise} \\ \frac{1}{2} [f(x)^+ - f(x)^-] & , \text{ diğer durumlarda} \end{cases}$$

$$a_0 = f(0) - \sum_{j=1}^n (b_j |x_j| - c_j \operatorname{sgn}(x_j))$$

Eşitliklerde bulunan m_j ilgili bölgedeki fonksiyonun eğimini ifade ederken, m_0 ve m_n ilk ve son parçaların eğimlerini temsil etmektedir.

Kanonik formülün Lipschitz katsayılarıyla ifadesinde, eşitliklerde kullanılan eğimler Lipschitz katsayılarıyla ilişkilendirilmiştir. Bunun için öncelikle lineer fonksiyonların mutlak eğimlerinin, Lipschitz katsayısı olarak ifade edilebileceği gösterilmiştir.

Önerme 2.1 $f: R \rightarrow R$ de tanımlı $f(x) = \beta x + \alpha$ formatında lineer sürekli bir fonksiyon ve $f'(x) = \beta$ fonksiyonun eğimi ise, fonksiyona ait Lipschitz katsayısı için $|\beta| \leq K$ denebilir.

İspat 2.1 $f: R \rightarrow R$ de tanımlı $f(x) = \beta x + \alpha$ sürekli fonksiyonu ve $x', x'' \in R$ için, Eşitlik (1) de kullanılırsa,

$$|(\beta x' + \alpha) - (\beta x'' + \alpha)| = K |x' - x''|, \quad (5)$$

$$|\beta||x' - x''| \leq K |x' - x''|, \quad (6)$$

$$|\beta| \leq K \quad (7)$$

Parçalı-lineer fonksiyonların alt fonksiyonları da lineer olduklarından, her bir alt fonksiyonun Lipschitz katsayısı ilgili fonksiyonun mutlak eğimi ile Eşitlik (7)'deki gibi ilişkilendirilebilir. Ardından Eşitlik (7)'de bulunan mutlak eğim $|\beta|$ ile kanonik formülde kullanılan β arasında ilişki kurulmuştur.

Öncelikle kullanılan signum ve mutlak değer (abs) fonksiyonlarının tanımı aşağıdaki gibi yapılmıştır:

$$sgn(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ -1, & x \leq 0 \end{cases} \quad (8)$$

$$abs(x) = f(x) = \begin{cases} x, & x > 0 \\ -x, & x \leq 0 \end{cases}$$

Ardından mutlak değer fonksiyonun x ile bölünmesiyle Eşitlik (9) elde edilmiştir:

$$\frac{|x|}{x} = f(x) = \begin{cases} \frac{x}{x} = 1, & x \geq 0 \\ \frac{-x}{x} = -1, & x < 0 \end{cases} \quad (9)$$

$$|x| = x * sgn(x), \quad (10)$$

$$x = |x| * sgn(x) \quad (11)$$

Eşitlik (11) kullanılarak lineer fonksiyonlarda eğimlerin mutlak değer ve signum fonksiyonları ile aşağıdaki gibi ifade edilebildiği görülmektedir:

$$m_n = |m_n| * sgn(m_n) \quad (12)$$

Eşitlik (12)'de mutlak değer eğimlerinin Lipschitz katsayısı olarak alınabileceği gösterilmiştir. Buna göre kanonik formun (Eşitlik 3) her bir katsayısı Lipschitz katsayısı ile Eşitlik (12) kullanılarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

Katsayı a_1 için:

$$a_1 = \frac{1}{2} (m_0 + m_n) = \frac{1}{2} (K_0 * sgn(m_0) + K_n * sgn(m_n)) \quad (13)$$

Katsayı b_j için:

$$b_j = \frac{1}{2} (m_j - m_{j-1}) = \frac{1}{2} (K_j * sgn(m_j) - K_{j-1} * sgn(m_{j-1})) \quad (14)$$

Katsayı c_j için:

$$c_j = \frac{1}{2} [f(x)^+ - f(x)^-] \quad (15)$$

$f(x)^+ = \beta_j x + a_j$ ve $f(x)^- = \beta_{j-1} x + a_{j-1}$ olmak üzere,

$$c_j = \frac{1}{2} [f(x)^+ - f(x)^-] = \frac{1}{2} [(\beta_j x + a_j) - (\beta_{j-1} x + a_{j-1})] \quad (16)$$

$|\beta_j| = K_j$ ve $|\beta_{j-1}| = K_{j-1}$ olmak üzere,

$$c_j = \frac{1}{2} [(K_j * \text{sgn}(\beta_j) - K_{j-1} * \text{sgn}(\beta_{j-1}))x + (a_j - a_{j-1})] \quad (17)$$

Kat sayı a_0 için:

$$a_0 = f(0) - \sum_{j=1}^n (b_j |x_j| - c_j \text{sgn}(x_j)) \quad (18)$$

b_j yerine Eş.(14) ve c_j yerine Eş.(17) konulursa,

$$a_0 = f(0) - \sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{2} (K_j * \text{sgn}(m_j) - K_{j-1} * \text{sgn}(m_{j-1})) |x_j| - \left(\frac{1}{2} [(K_j * \text{sgn}(\beta_j) - K_{j-1} * \text{sgn}(\beta_{j-1}))x + (a_j - a_{j-1})] c_j \text{sgn}(x_j) \right) \right) \quad (19)$$

elde edilir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Bir boyutlu parçalı-lineer fonsiyonların kanonik ifadelerinin Lipschitz katsayıları ile ifadesi bu çalışmada incelenmiştir. Bu sayede parçalı-lineer fonsiyonların Lipschitz-kanonik gösterimleri üzerinden fonsiyon hareketi hakkında yorum yapılabilmekte ve bu fonsiyonlar üzerinden Lipschitz koşuluna bağlı işlemler yapılabilir hale getirilmiştir. Oluşturulan kanonik ifadelerin Lipschitz analizi ve daha yüksek boyutlar için kullanımları gelecek çalışma planları arasında yer almaktadır.

Kaynaklar

- [1] L. O. Chua, S. M. Kang, Section-wise piecewise-linear functions: Canonical representation, properties, and applications. Proceedings of the IEEE, 65(6) (1977) 915-929.
- [2] L. O. Chua, A. C. Deng, Canonical piecewise-linear representation. IEEE Transactions on Circuits and Systems, 35(1) (1988) 101-111.
- [3] Ö. Karal, Piecewise affine and support vector models for robust and low complex regression, Doctoral dissertation, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, (2011)
- [4] C. Guzelis, I. C. Goknar, A canonical representation for piecewise-affine maps and its applications to circuit analysis. IEEE Transactions on Circuits and Systems, 38(11) (1991) 1342-1354.
- [5] R. P. Agarwal, V. Lakshmikantham, Uniqueness and nonuniqueness criteria for ordinary differential equations, World Scientific, 6 (1993)
- [6] Z. Feng, F. Li, Y. Lv, S. Zhang, A note on Cauchy-Lipschitz-Picard theorem, Journal of Inequalities and Applications, 1(2016) 1-6.

Tuzlukçu (Konya) ve Yakın Civarında Gözlenen Asismik Yüzey Deformasyonlarının Karakteristik Özellikleri, Afyon-Akşehir Grabeni, Batı Anadolu

Doğukan Mert Özcan^{1*}, Çağlar Özkaymak^{2,3}, Özcan Özyıldırım⁴

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 03200

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 03200

³ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, 03200

⁴ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Jeotermal ve Maden Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi, 03200

Özet

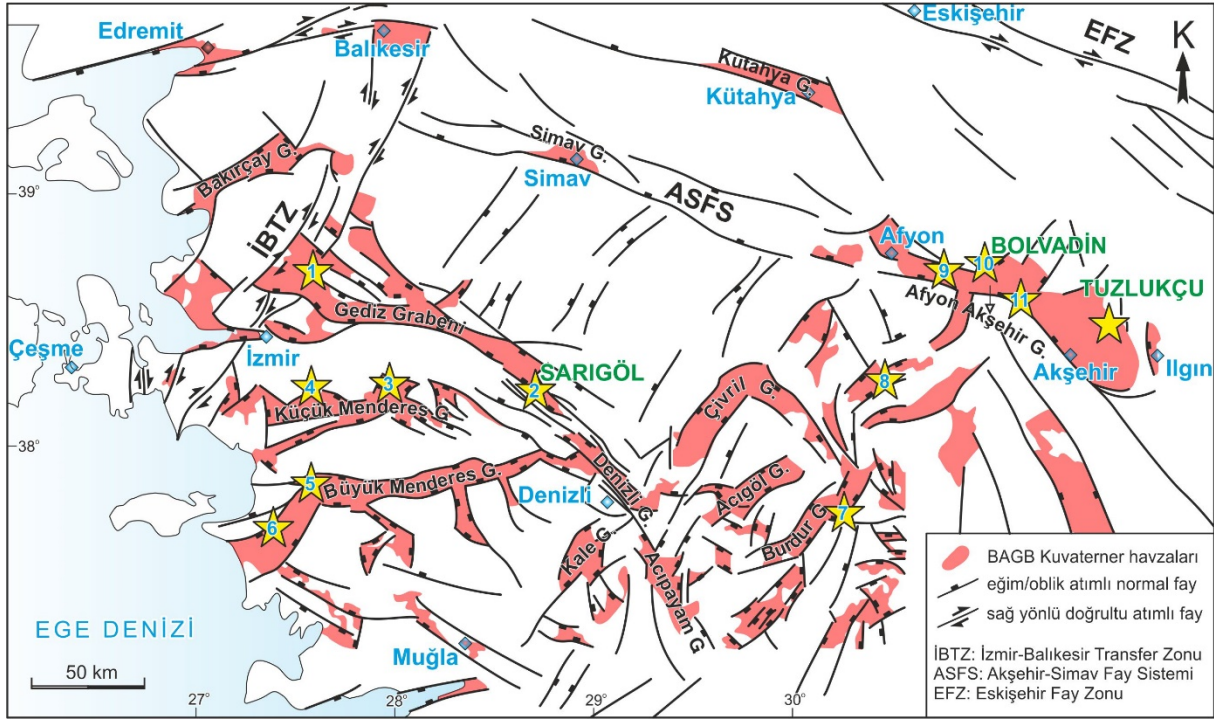
Afyon Akşehir Grabeni doğusunda yer alan Konya iline bağlı Tuzlukçu ilçesi yakın çevresinde, son 5 yıldan beri, yıkıcı deprem olmaksızın bazı çizgisel gidişli yüzey deformasyonları meydana gelmektedir. Tuzlukçu bölgesinde gözlenen yüzey deformasyonları, genel olarak çizgisel gidişli yarık ve çatlaklar ile belirgin yüzey faylanması şeklinde iki farklı lokasyonda gelişmektedirler. Tuzlukçu Yerleşim alanı batısında (Pazarkaya güneyi) gözlenen deformasyonlar, K70°D genel uzanıma sahiptir. Yaklaşık 600 metre boyunca sağa ve sola sıçramalı yer yer sağa ve sola büküm yapan ya da çatallanan çatlak ve yarıklar şeklinde gözlenmiştir. Bu çizgisel deformasyon zonu boyunca deformasyonun ayırdığı bloklardan güneydoğu blok maksimum 10 cm civarında düşmüştür. Tuzlukçu Yerleşim alanı doğusunda (Çöğürlü Köyü) gözlenen asismik yüzey deformasyonları üzerinde yapılan ölçümlere göre, çizgisel gidişli yarık ve çatlakların doğrultuları K28°D ile K10°B arasında değişmekte olup, K-G genel uzanıma sahiptir. Bu bölgede gözlenen asismik yüzey deformasyonları yaklaşık 3 kilometre boyunca takip edilebilir. Yarıklar yer yer 70 cm genişliğe ulaşmakta olup, yarıkların görünür derinliği 2 metre civarındadır. Bu çizgisel deformasyon zonu boyunca deformasyonun ayırdığı bloklardan batı blok maksimum 40 cm düşmüştür. 5 yıl içerisinde ölçülen düşey yer değiştirme miktarının 40 cm olarak ölçülmesi, bu bölgedeki deformasyon hızının kabaca 8 cm/yıl olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Bu bölgede 2011 yılında güncellenen Türkiye Diri Fay Haritası'nda K-G uzanımlı Ilgın Fay Zonu, Yavaşlı Fayı ve Tuzlukçu doğusunda K-G uzanımlı bazı isimsiz faylar haritalanmıştır. Elde edilen ön bulgular, Çöğürlü köyünde yaklaşık 3 km boyunca takip

edilebilen asismik yüzey deformasyonlarının, bu bölgede var olan ancak henüz literatürde bilinmeyen yaklaşık K-G uzanımlı fay kollarından birisinin üzerinde gelişmiş olabileceğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Aktif tektonik, Asismik yüzey deformasyonu, Batı Anadolu, Tuzlukçu.

1.Giriş

Batı Anadolu'da son 30 yıldır yıkıcı deprem olmaksızın meydana gelen bazı yüzey deformasyonları oluşmuş ve oluşmaya devam etmektedir (Şekil 1). Meydana gelen bu yüzey deformasyonları Asismik Yüzey Deformasyonu (AYD) olarak tanımlanırlar (Holzer, 1984; Pewe, 1990; Koca vd. 2011; Hernández-Madrigal vd. 2014; Özkaymak vd., 2017; 2019). Genellikle insan aktiviteleri sonucu yer altı su seviyesinin düşmesi sonucu yüzey altındaki konsolide olmayan sedimanların sıkışmasına bağlı olarak gelişen oturma ilişkili deformasyonlar olarak tanımlanırlar (Holzer, 1984; Pewe, 1990; Koca vd. 2011; Hernández-Madrigal vd. 2014). Asismik yüzey deformasyonlarının olduğu alanlarda, insan yapımı yapılar ve doğal oluşumlar ciddi hasar görmektedir. Batı Anadolu Genişleme Bölgesinde (BAGB) meydana gelen Asismik yüzey deformasyonları grabenlerin kenar fay zonlarında gözlemlenmektedir (Koca vd., 2011; Özkaymak vd., 2017; 2019). Bu çalışmada Konya iline bağlı Tuzlukçu ve yakın çevresinde gözlenen AYD incelenmiştir.



Ödemiş, 4: Bayındır-İzmir (Küçük Menderes Grabeni), 5: Germencik, 6: Söke-Aydın (Büyük Menderes Grabeni), 7: Yassıgüme-Burdur (Burdur Grabeni), 8: Kınık-Dinar- Afyon (Gül Ovası Grabeni), 9: Çobanlar, Eber-Deresinek, ve Bolvadin-Afyon (Afyon-Akşehir Grabeni (AAG)).

2. Asismik Yüzey Deformasyonları

Asismik yüzey deformasyonları (AYD), genellikle insan aktiviteleri sonucu yeraltı su seviyesinin düşmesi sonucu yüzey altındaki konsolide olmayan sedimanların sıkışmasına bağlı olarak gelişen oturma ilişkili deformasyonlar olarak tanımlanır (Holzer, 1984; Pewe, 1990; Koca vd. 2011; Hernández-Madrigal vd. 2014; Özkaymak vd., 2017). Yüzey yarıkları ve yüzey faylanmaları şeklinde iki tip olarak gelişirler. Yüzey yarıkları, genişleme gerilmesi ile ilişkilidir ve yarık düzlemine dik yönlü açılma geometrisine sahiptirler. Yeraltı su seviyesinin düşmesine bağlı olarak gelişen yüzey faylanmaları ise, o bölgede daha önceden var olan faylar boyunca meydana gelirler (Van Sicken, 1967; Holzer, 1980).

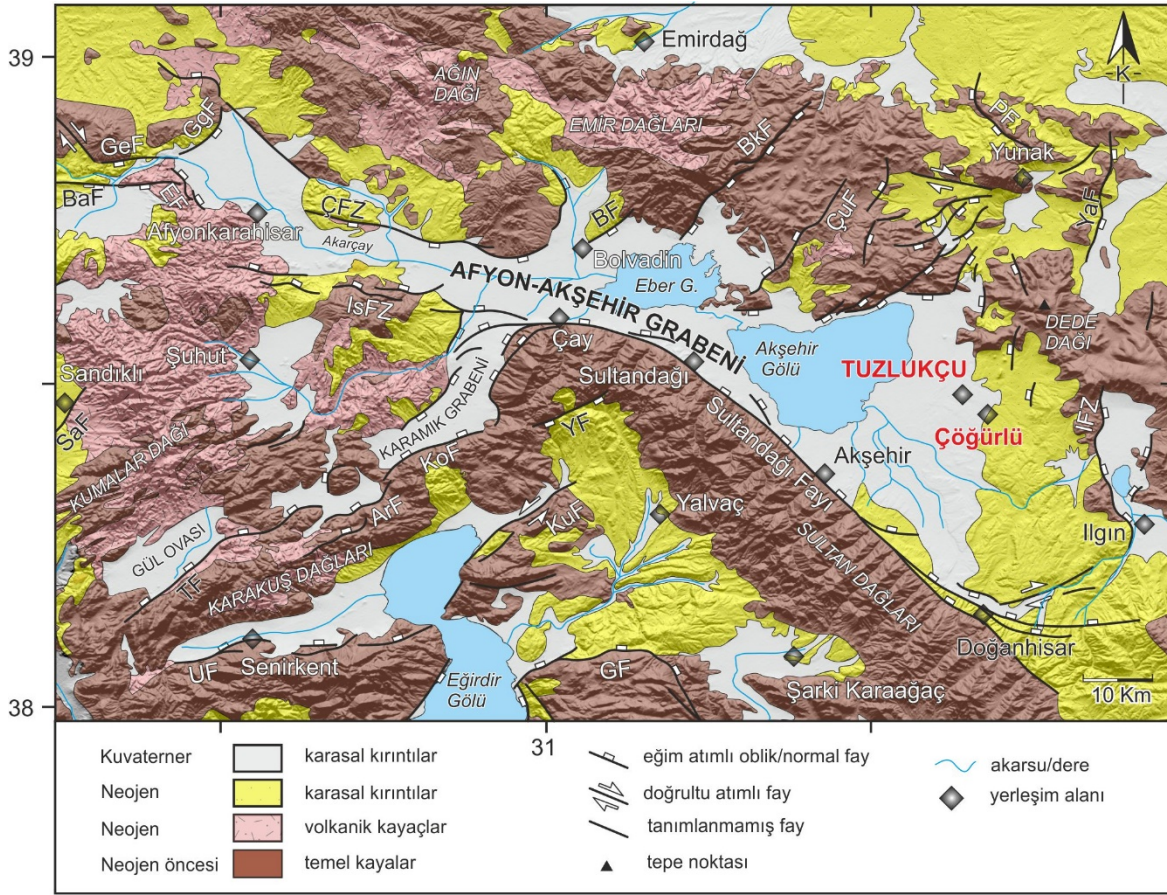
Çizelge 1. Asismik Yüzey Deformasyonlarının sınıflandırılması (Holzer, 1984; Pewe, 1990; Holzer ve Galloway, 2005; Pacheco-Martínez vd. 2013; Hernández-Madrigal vd. 2014, Özkaymak vd. 2017).

Yüzey Faylanması (Surface Faults)	Yüzey Yarıkları (Earth Fissures)
Deformasyon, varolan bir fayı takip eder	Derinlere inmezler
Düşey yönde yerdeğiştirme gözlenir	Genellikle drenajlara paralel gelişirler
Tektonik krip gelişebilir	Düşey yönde bir yerdeğiştirme gözlenmez
Sarplıklar genellikle 0,5 m'den fazladır	Yarıklara dik yönde açılmalar gözlenir
Deformasyonun uzunluğu genellikle 1 km'den fazladır	Tektonik krip gözlenmez
Borulanma gerçekleşebilir	Borulanma gerçekleşebilir

3. Bölgenin Sismotektonik Yapısı

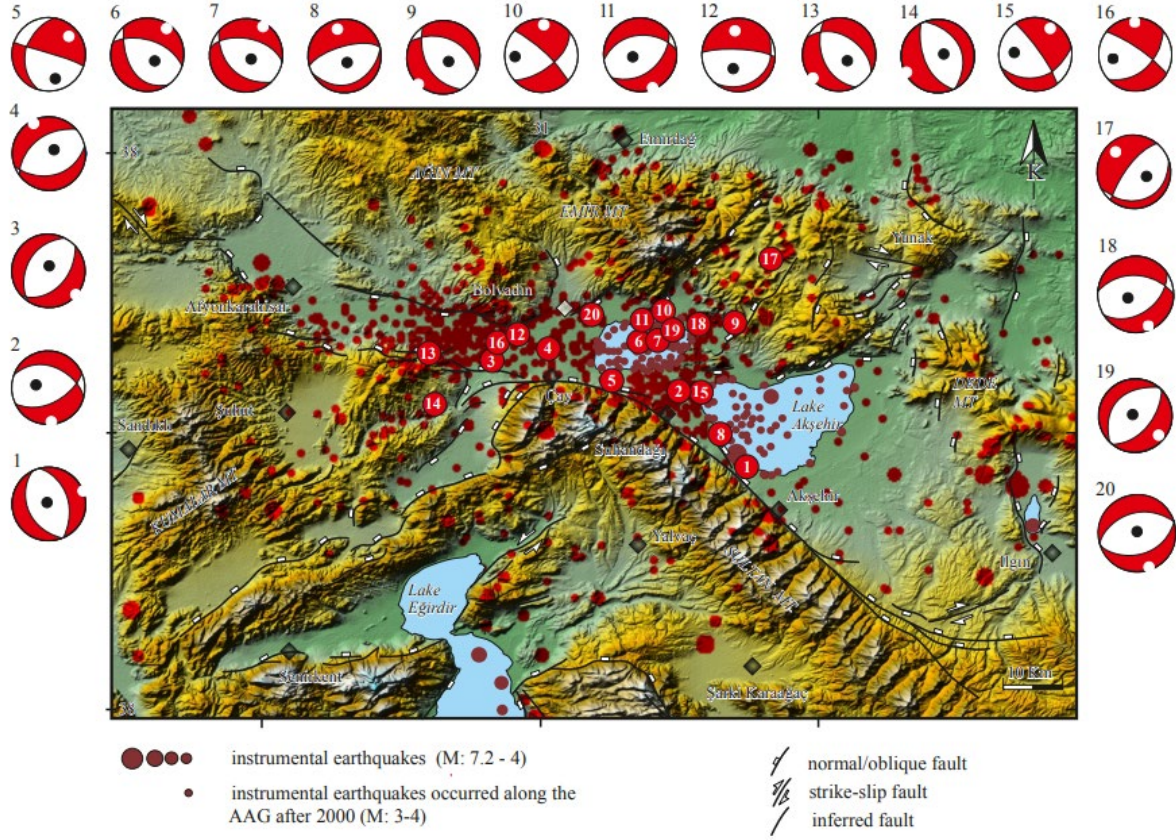
Akşehir-Simav Fay Sistemi (ASFS)'nin güneydoğu kesiminde yer alan Afyon-Akşehir grabeni (AAG), kuzeydoğuda yer alan Orta Anadolu ile güneybatıda yer alan Isparta açısını (Blumenthal, 1963) birbirinden ayıran, yaklaşık 4-20 km genişliğinde, 130 km uzunluğunda olan, KB-GD uzanımlı, aktif olarak büyüyen bir kıtasal rift alanıdır (Şekil 1) (Koçyiğit, 1984, Koçyiğit vd. 2000; Koçyiğit ve Özacar, 2003).

Aletsel ve tarihsel dönemden bu yana çok sayıda depremin meydana geldiği bilinmekte olup, bu bakımdan aktif bir bölgedir.



Şekil 2. Afyon-Akşehir Grabeni ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Emre vd. 2011; Turan, 2002; Özkaymak vd., 2017). Kısaltmalar: BaF: Balmahmut Fayı; GgF: Gazlıgöl Fayı; EF: Erkmn Fayı; ÇFZ: Çobanlar Fay Zonu; IsFZ: Işıklar Fay Zonu; BF: Bolvadin Fayı; BkF: Büyük Karabağ Fayı; ÇuF: Çukurcak Fayı; PF: Piribeyli Fayı; YaF: Yavaşlı Fayı; IFZ: Ilgın Fay Zonu; YF: Yarikkaya Fayı; KuF: Kumdanlı Fayı; GeF: Gecek Fayı, GF: Gelendost Fayı; KoF: Koçbeyli Fayı; ArF: Arızlı Fayı; UF: Uluborlu Fayı; TF: Tatarlı Fayı; SaF: Sandıklı Fayı.

Afyon-Akşehir Grabeni ve yakın çevresinde aletsel dönem boyunca büyüklükleri 4 ile 7.2 arasında değişen 267 adet deprem meydana gelmiştir (KOERİ, 2022). Grabenin orta kısımlarında sismik aktivitelerin daha da yoğun olduğu görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Afyon-Akşehir Grabeni ve yakın çevresinin sismotektonik haritası (Özkaymak vd., 2017, Faylar Emre vd. 2011'den; Odak Mekanizma Çözümleri, EMSC, 2022'den; Afyon-Akşehir Grabeni içerisinde 2000 yılından sonra meydana gelen (M:3-4) depremler KOERİ, 2022'den alınmıştır).

Çalışma alanının da içerisinde yer aldığı Grabenin doğu bölümü de sismik açıdan önemli bir alandır. Grabenin doğu bölümünde maksimum 6,8 büyüklüğüne kadar deprem üretebilme potansiyeline sahip olan fay sistemleri dahil olmak üzere 8 tane fay zonu bulunmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Afyon-Akşehir Grabeni Doğu bölümünde bulunan fay sistemleri (Emre vd., 2018'dan alınmıştır.)

No	Fayın İsmi	Tip	Uzunluğu (km)	Maksimum Deprem Büyüklüğü
1	Sultandağı F	Eğim Atımlı normal	18,11,22,26,20, 18	6.7
2	Büyük Karabağ F	Eğim Atımlı normal	29	6.8
3	Çukurcak F	Eğim Atımlı normal	23	6.7
4	Yunak FZ	Eğim Atımlı normal	9,18,27,20	6.8
5	Piribeyli F	Eğim Atımlı normal	17	6.4
6	Yavaşlı F	Eğim Atımlı normal	22	6.6
7	İlgin FZ	Eğim Atımlı normal	27,9	6.7
8	Yazlıca F	Sağ Doğrultu Atımlı	20	6.5

4. Tuzlukçu Bölgesinde Meydana Gelen Yüze Deformasyonlarının Arazi Gözlemleri

Afyon-Akşehir Grabeninin doğusundaki Akşehir Gölünün doğusunda yer alan Tuzlukçu bölgesi ve yakın çevresinde son zamanlarda yıkıcı deprem olmaksızın gelişen yüze deformasyonları gözlemlenmiştir. Batı Anadolu Genişleme Bölgesi içerisinde yer alan Manisa'ya bağlı Sarıgöl ve Afyonkarahisar'a bağlı Bolvadin yerleşim alanlarında da benzer yüze deformasyonları gözlemlenmiştir (Koca vd., 2011; Özkaymak vd., 2017). Yapılan çalışmalar bu tip deformasyonların genellikle diri faylar üzerinde oluştuğuna işaret etmektedir (Gürsoy vd. 1997; Demirtaş vd. 2008a; Koca vd. 2011; Tiryakioğlu vd., 2017; 2018; Özkaymak vd. 2014; 2015; 2017;2019). Bu çalışmada bölgede gözlenen yüze deformasyonlarının geometrisi ve deformasyon özellikleri hakkında veri toplamak için arazi çalışmaları yapılmıştır.

Tuzlukçu bölgesinde gelişen yüze deformasyonları iki farklı lokasyonda gözlemlenmiştir. Gözlenen bu deformasyonlar çizgisel gidişli yarı ve çatlaklar ile belirgin yüze faylanması şeklinde oluşmuştur. Bölgenin batısında (Pazarkaya güneyi) gözlenen deformasyonlar genel olarak K70°D uzanımına sahiptir.

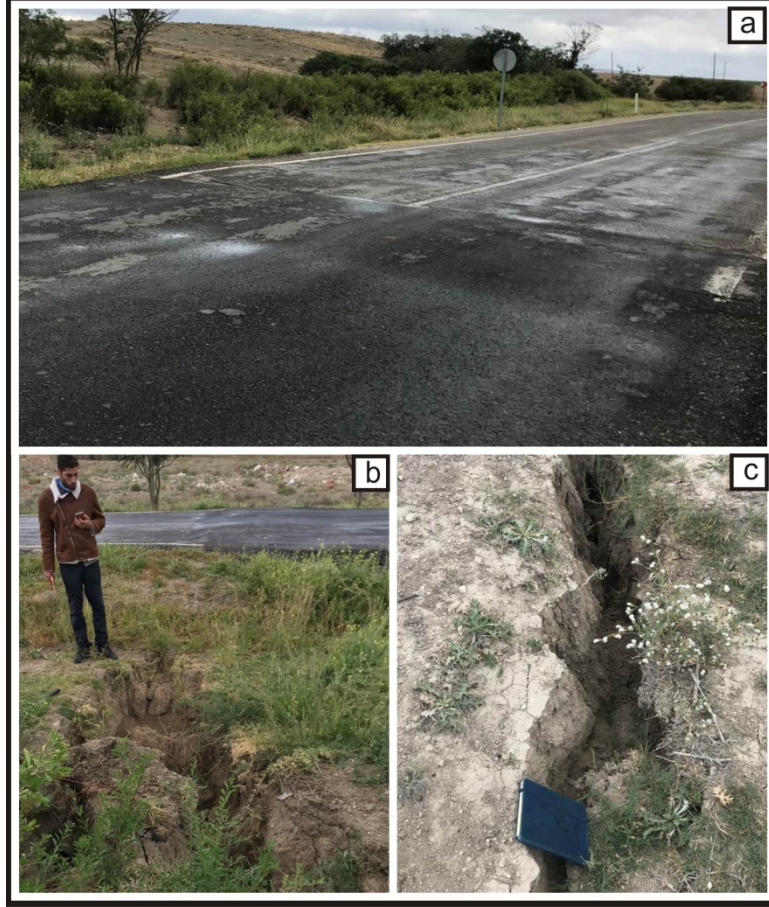
Yaklaşık 600 metre boyunca sağa ve sola sıçramalı yer yer sağa ve sola büküm yapan ya da çatallanan çatlak ve yarıklar şeklinde gözlenmiştir. Gözlemlenen yarıklar yer yer 30 cm genişliğe ulaşmaktadır. Görünür derinliklerine bakıldığında ise 60 cm civarında olduğu saptanmıştır. Deformasyon zonu boyunca deformasyonun ayırdığı bloklardan güneydoğu blok maksimum 10 cm civarında düşmüştür.



Şekil 4. Tuzlukçu bölgesinin batısında gözlenen K70°D doğrultulu asismik yüzey deformasyonları

Tuzlukçu yerleşim alanı doğusunda yer alan Çöğürlü Köyü ve yakın civarında gözlenen yüzey deformasyonlarında yapılan saha çalışmaları sonucu elde edilen bulgulara göre yine çizgisel gidişli bir deformasyon türü olduğu, yarık ve çatlakların doğrultularının K28°D ile K10°B arasında değişmekte olduğu saptanmıştır. Yüzey deformasyonları Çöğürlü Köyü kuzeyinde ve güneyinde K-G genel uzanımına sahiptir. Köyün ortasından geçerek yapılara da zarar veren deformasyonlar ise sağa büküm yapan bir geometride ortalama K20°D uzanımlıdır. Bu bölgede gözlenen asismik yüzey deformasyonları yaklaşık 3 kilometre boyunca takip edilebilir.

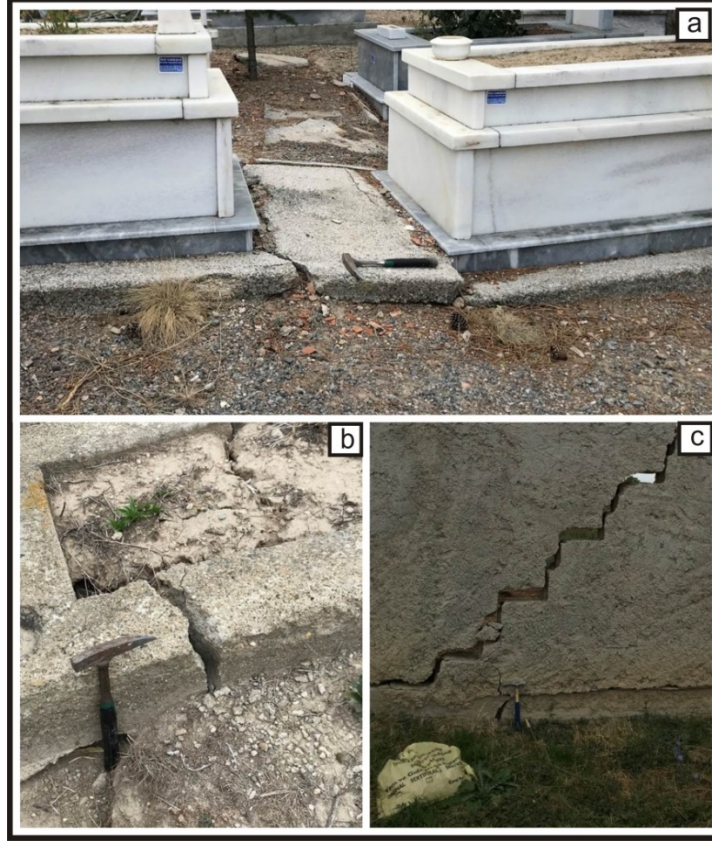
Yarıklar yer yer 70 cm genişliğe ulaşmakta olup, yarıkların görünür derinliği 2 metre civarındadır (Şekil 5). Bu çizgisel deformasyon zonu boyunca deformasyonun ayırdığı bloklardan batı blok maksimum 40 cm civarında düşmüştür. Deformasyonların kestiği asfalt yol 2021 yılı içerisinde araç geçişine kapatılarak yeniden asfaltlanmış olup, asfalt üzerindeki düşey yer değiştirme belirgindir (Şekil 5).



Şekil 5. Tuzlukçu doğusunda yer alan Çöğürlü Köyü ve yakın civarında gözlenen asismik yüzey deformasyonlarına ait saha fotoğrafları, a) Asfalt yoldaki düşey yönde yer değiştirme, b) Bölgedeki asismik yüzey deformasyonları, c) Bölgede bulunan asismik yüzey deformasyonunun düşey yöndeki yer değişimi.

Çöğürlü Köyü Muhtarı (Çabuk, 2021), köy içerisinden geçen bu çizgisel gidişli deformasyonların 5 yıl önce başladığını ifade etmiştir. Saha gözlemlerinden elde edilen bulgulara göre de düşey yöndeki yer değiştirme miktarı 40cm'dir. Elde edilen mevcut verilere göre deformasyon hızın 8 cm/yıl olduğu söylenebilir. Tiryakioğlu ve diğerlerinin 2019 yılında Bolvadin'de yaptıkları Jeodezik çalışmada deformasyon hızının 8,5 cm/yıl, Poyraz ve diğerlerinin, 2015 yılında, Sarıgöl'de yaptıkları Jeodezik çalışmada ise deformasyon hızlarının 10 cm/yıl olduğu saptanmıştır. Tuzlukçu bölgesindeki deformasyon hızı da bu bölgelerle benzerlik göstermektedir.

Köyde yer alan AYD üzerindeki yapılar zarar görmüştür. Deformasyonlar, yol, duvar, mezarlık, bina gibi yapılar üzerinde izler bırakmış ve deforme etmiştir. Bu yapılarda düşey yöndeki harekete bağlı olarak çatlak ve yarıkların oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Tuzlukçu bölgesindeki gözlenen asismik yüzey deformasyonlarına ait saha fotoğrafları, a) Düşey yönde yer değiştirme ile deformasyona uğramış mezar, b) Açılmalar ve düşey yönde yer değiştirme ile deformasyona uğramış mezar duvarı, c) Asismik yüzey deformasyonları tarafından deforme olmuş bahçe duvarı.

5. Sonuçlar

Afyon Akşehir Grabenin'nin doğu bölümünde gerçekleştirilen arazi çalışmalarında, Tuzlukçu ve yakın civarında son yıllarda yıkıcı deprem olmaksızın gelişen asismik yüzey deformasyonları gözlemlenmiştir ve haritalanmıştır. Tuzlukçu bölgesinin batısında ve doğusunda olmak üzere iki ayrı lokasyonda gelişen deformasyonlar, genel olarak çizgisel gidişli yarık ve çatlaklar ile belirgin yüzey faylanması şeklinde Asismik gözlenmiştir. Tuzlukçu batısında gözlenen yüzey deformasyonları, K70°D genel uzanımlı, yaklaşık 600 metre boyunca sağa sola sıçramalı yer yer sağa ve sola büküm yapan ya da çatallanan yarık

ve çatlaklar şeklinde gelişmiştir. Yarıklar yer yer 30 cm genişliğe ulaşmakta olup, yarıkların görünür derinliği 60 cm civarındadır. Bu çizgisel deformasyon zonu boyunca deformasyonun ayırdığı bloklardan güneydoğu blok maksimum 10 cm civarında düşmüştür. Tuzlukçu Yerleşim alanı doğusunda (Çöğürlü) gözlenen asismik yüzey deformasyonları üzerinde yapılan ölçümlere göre, çizgisel gidişli yarıklar ve çatlakların doğrultuları K28°D ile K10°B arasında değişmekte olup, Çöğürlü Köyü kuzeyinde ve güneyinde K-G genel uzanımına sahiptir. Yarıklar yer yer 70 cm genişliğe ulaşmakta olup, yarıkların görünür derinliği 2 metre civarındadır. Bu çizgisel deformasyon zonu boyunca deformasyonun ayırdığı bloklardan batı blok maksimum 40 cm civarında düşmüştür. Proje kapsamında yapılan ölçümlere göre, Tuzlukçu bölgesindeki deformasyon hızı yaklaşık 8 cm/yıl olarak hesaplanmıştır. Tuzlukçu bölgesinde hesaplanan deformasyon hızı batı Anadolu'da benzer asismik deformasyonların gözlemlendiği Bolvadin ve Sarıgöl gibi bölgelerde daha önce hesaplanan deformasyon hızları (Bolvadin: 8,5 cm/yıl, Tiryakioğlu vd., 2019; Sarıgöl: 10 cm/yıl Poyraz vd., 2015) ile uyum göstermektedir. Çöğürlü köyünde yaklaşık 3 km boyunca takip edilebilen asismik yüzey deformasyonlarının, bu bölgede var olan ancak henüz literatürde bilinmeyen yaklaşık K-G uzanlı fay kollarından birisinin üzerinde gelişmiş olabileceğine işaret etmektedir.

KATKI BELİRTME

Yapılan çalışmalar, 121Y021 numaralı TÜBİTAK ve 22.FEN.BİL.03 numaralı AKÜ BAP projeleri tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Blumenthal, M., 1963. Le systeme structural du Taurus sud-Anatolien. In Livre a memoire du Professeur P. Fallot. Memoire de la Societe Geologique de France, 2, 611-662.
- [2] Çabuk, E., 2021. Çöğürlü Köyü Muhtarı Sayın Eşref Çabuk ile sözlü görüşme, Çöğürlü Köyü, Tuzlukçu, Konya.
- [3] Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Olgun, Ş. ve Elmacı, H., 2011. 1:250.000 scale active fault map series of Turkey, Afyon (NJ 36-5) Quadrangle. Serial number: 16, General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Turkey.
- [4] Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H. and Çan, T., 2018. Active fault database of Turkey. Bulletin of Earthquake Engineering, 16 (8), 3229-3275.
- [5] EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre), 2022. <http://www.emsc-csem.org>, 23 March 2022.
- [6] Demirtaş, R., Ercan, S., Demir, B. ve Aktan, M., 2008a. Ege Çöküntü Bölgesi'nde Alüvyal Havzalarda Son 20 Yılda Oluşmuş Yüzey Deformasyonlarının Oluşum Mekanizması. ATAG 12 Bildiri Özleri Kitabı, 42-44.

- [7] Gürsoy H, Temiz H, Tatar O, Barka A., 1997. Gediz grabeni güney kenarındaki güncel deformasyon verileri. II. İzmir ve Çevresinin Jeoteknik ve Deprem Sorunları Sempozyumu, Bildiri Özetleri, İzmir, Turkey. pp 14 (in Turkish).
- [8] Hernández-Madrigal, V. M., Muñoz-Jauregui, J. A., Garduño-Monroy, V. H, Flores-Lázaro, N. ve Figueroa-Miranda, S., 2014. Depreciation factor equation to evaluate the economic losses from ground failure due to subsidence related to groundwater withdrawal. *Natural Science*, 6 (3), 108-113.
- [9] Holzer, T.L., 1980. Faulting Caused by Ground-Water Level Declines, San Joaquin Valley, California. *Water Resources Research*, 16 (6), 1065- 1070.
- [10] Holzer T.L., 1984. Ground failure induced by groundwater withdrawal from unconsolidated sediment. *Reviews in Engineering Geology* 6: 67-105.
- [11] Holzer, T.L. ve Galloway, D.L., 2005. Impacts of land subsidence caused by withdrawal of underground fluids in the United States. *Geological Society of America, Reviews in Engineering Geology*, 16, 87-99.
- [12] Kaymakçı, N., 2006. Kinematic development and paleostress analysis of the Denizli Basin (Western Turkey): Implications of spatial variation of relative paleostress magnitudes and orientations. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 207–222.
- [13] Koca MY, Sözbilir H, Uzel B., 2011. An Investigation on the Causes of Deformations Formed Along the Sarıgöl Fault Zone. *Journal of Geological Engineering* 35 (2): 151-173.
- [14] Koçyiğit A., 1984. Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 27 (1): 1- 15 (in Turkish).

- [15] Koçyiğit A, Ünay E, Saraç G., 2000. Episodic graben formation and extensional neotectonic regime in west Central Anatolia and the Isparta Angle: a case study in the Akşehir-Afyon Graben, Turkey. Geological Society of London Special Publication 173: 405-421.
- [16] Koçyiğit A, Özacar A., 2003. Extensional neotectonic regime through the NE edge of outer Isparta Angle, SW Turkey: new field and seismic data. Turkish Journal of Earth Sciences 12: 67-90.
- [17] KOERI (Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü) 2022. Recent Earthquakes in Turkey [online]. Website [http:// www.koeri.boun.edu.tr/](http://www.koeri.boun.edu.tr/), 2022.
- [18] Özkaymak, Ç., Sözbilir, H. ve Uzel B., 2013. Neogene– Quaternary evolution of the Manisa Basin: Evidence for variation in the stress pattern of the İzmir-Balıkesir Transfer Zone, western Anatolia. Journal of Geodynamics Special issue: Tethyan Evolution, Anatolia. 65, 117-135
- [19] Özkaymak Ç, Yıldız A, Sarıkaya H, Başaran C, Dumlupınar İ et al., 2014. Bolvadin Fayı boyunca meydana gelen yüzey deformasyonları, Batı Anadolu-Türkiye. 18th Meeting of Active Tectonic Research Group; Muğla, Turkey. pp. 52 (in Turkish).
- [20] Özkaymak Ç., (2015). Tectonic analysis of the Honaz Fault (western Anatolia) using geomorphic indices and the regional implications. Geodinamica Acta 27 (2-3): 110-129
- [21] Özkaymak Ç, Sözbilir H, Tiryakioğlu İ. Baybura T., 2017. Geologic, Geomorphologic and Geodetic Analyses of Surface Deformations Observed in Bolvadin (Afyon-Akşehir Graben, Afyon). Geological Bulletin of Turkey 60: 169-188.
- [22] Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Geçievi, M.O. and Tiryakioğlu, İ., 2019. Late Holocene coseismic rupture and aseismic creep on the Bolvadin Fault, Afyon Akşehir Graben, Western Anatolia. Turkish Journal of Earth Science, 28, 787-804.

- [23] Tiryakioğlu, I., Yavaşoğlu, H., Uğur, M.A., Özkaymak, Ç., Yılmaz, M., Kocaoğlu, H. and Turgut, B. 2017. Analysis of October 23 (Mw 7.2) and November 9 (Mw 5.6), 2011 Van Earthquakes Using Long-Term GNSS Time Series. *Earth Science Research Journal*, 21, 3, 147-156.
- [24] Tiryakioğlu İ, Özkaymak Ç, Baybura T, Sözbilir H, Uysal M (2018). Comparison of Palaeostress Analysis, Geodetic Strain Rates and Seismic Data in the Western Part of The Sultandağı Fault in Turkey. *Annals of Geophysics*, 61 (3): GD335.
- [25] Tiryakioğlu İ, Yiğit CO, Özkaymak Ç, Baybura T, Yılmaz M et al., 2019. Active surface deformations detected by precise levelling surveys in the Afyon-Akşehir Graben, Western Anatolia, Turkey. *Geofizika*, 36: 33-52.
- [26] Turan, N., 2002. Geological map of Turkey in 1:500.000 scale: Ankara sheet. Publication of Mineral Research and Explantion Direction of Turkey (MTA), Ankara.
- [27] Pacheco-Martínez, J., Hernandez-Marín M., Burbey., T. J., González-Cervantes, N., Ortíz-Lozano, J.Á., Zermeño-De-Leon, M.E. ve Solís-Pinto, A., 2013. Land subsidence and ground failure associated to groundwater exploitation in the Aguascalientes Valley, México. *Engineering Geology*, 164, 172– 186.
- [28] Pewe, 1990. Land subsidence and earth-fissure formation caused by groundwater withdrawal in Arizona; A review. *Groundwater Geomorphology The role of subsurface water in Earth-surface processes and Landforms*, edited by Charles G. Higgins, Donald Robert Coates, Geological Society of America pub. p.252.
- [29] Poyraz, F., Tatar, O., Hastaoğlu, K.Ö., Tiryakioğlu, İ., Gürsoy Ö., Koçbulut F., Türka, T., Demirel, M., Duman, H., Ciğer, A.F. ve Güle, D., 2015. Gediz Grabeninin Doğu Kesimindeki Güncel Tektonik Hareketlerin GPS ve Ps-InSAR Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi; İlk Sonuçlar. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi* 7(1), 17-28.
- [30] Van Siclen, D. C., 1967. The Houston Fault Problem, in *Proceedings, American Institute of Professional Geologists, Texas Section, Annual Meeting, 3rd, Dallas*, p. 9-31.

