

CIHANNÜMA

# TEKNOLOJİ, FEN ve MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ

AKADEMİ DERGİSİ

2022 EKİM SAYI 2  
[www.cihannumaakademi.org](http://www.cihannumaakademi.org)

**Cihannüma Teknoloji, Fen ve Mühendislik  
Bilimleri Akademi Dergisi**  
Journal of Cihannuma Technology, Engineering and  
Natural Sciences Academy  
المجلة جيهان نوما للهندسة التكنولوجية والعلوم الطبيعية الأكاديمية

ISSN: 2822-2342  
E-ISSN: 2822-356X

**Periyot / Period / فترة**  
**Yılda iki sayı yayımlanır.**  
This journal is published biannually.  
تنشر المجلة عددین لكل سنة في مارس و أكتوبر.

**Cilt: 1 - Sayı: 2 - EKİM 2022**  
Volume: 1 - Issue: 2 - October 2022  
المجلد: ١ - العدد: ٢ - أكتوبر ٢٠٢٢

[www.cihannumaakademi.org/cfbad](http://www.cihannumaakademi.org/cfbad)  
[www.cihannumaacademy.org](http://www.cihannumaacademy.org)

**Ankara- TÜRKİYE**  
تركيا - أنقرة

**Yayımcı / Publisher / الناشر**  
**Cihannüma Dayanışma ve İşbirliği Derneği (Adına)**  
**Av. Rıza YORULMAZ**

On behalf of the Cihannuma Solidarity and Cooperation  
Association

**Att. Rıza YORULMAZ**  
باليابة عن جمعية جيهانوما للتضامن والتعاون  
رضا يورولماز

**Yazı İşleri Müdürü / Managing Editor / مدير التحرير**

Doç. Dr. Adem POLAT  
Ankara Hacı Bayram Veli  
Üniversitesi, Türkiye

Assoc. Prof. Adem POLAT  
Ankara Hacı Bayram Veli  
University, Türkiye

الأستاذ المشارك آدم بولات  
جامعة أنقرة حاجي بايرام ولي، تركيا

adem.polat@hbv.edu.tr

**Baş Editör / Editor in Chief / رئيس التحرير**

Doç. Dr. Ebubekir  
CEYLAN  
İstanbul Teknik Üniversitesi,  
Türkiye

Assoc. Prof. Ebubekir  
CEYLAN  
İstanbul Technical University,  
Türkiye

الأستاذ المشارك أبو بكر جيلان  
جامعة اسطنبول التقنية  
تركيا

ceylaneb@itu.edu.tr

**Editör / Editor / محرر**

Doç. Dr. Kadri DOĞAN  
Artvin Çoruh Üniversitesi, Türkiye

Assoc. Prof. Kadri DOĞAN  
Artvin Çoruh University, Türkiye

الأستاذ الدكتور قدرى دوغان  
جامعة ارتفين كوروه، تركيا

dogankadri@artvin.edu.tr

**Alan Editörleri / Section Editors / محروو المجالات**

Prof. Dr. Adnan ÇALIK  
Isparta Uygulamalı Bilimler  
Üniversitesi, Türkiye  
Makine Mühendisliği

Prof. Dr. Adnan ÇALIK  
Isparta University of Applied  
Sciences, Türkiye  
Mechanical Engineering

الأستاذ الدكتور عدنان الجالبيك  
جامعة اسبرطة للعلوم التطبيقية،  
تركيا،  
قسم هندسة ميكانيكية

adnancalik@isparta.edu.tr

Prof. Dr. Bayram Ali  
ERSOY  
Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye  
Matematik

Prof. Dr. Bayram Ali  
ERSOY  
Yıldız Technical University, Türkiye  
Mathematics

الأستاذ الدكتور بايرم علي  
جامعة يلديز التقنية، تركيا  
رياضيات

ersoya@yildiz.edu.tr

Prof. Dr. Erol KAM  
İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye  
Fizik

Prof. Dr. Erol KAM  
Istanbul Technical University, Türkiye  
Physics

الأستاذ الدكتور أروى كام  
جامعة اسطنبول التقنية، تركيا  
فيزياء

erolkam@yildiz.edu.tr

Prof. Dr. Doğan  
KARADAĞ  
Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye  
Çevre Mühendisliği

Prof. Dr. Doğan  
KARADAĞ  
Yıldız Technical University, Türkiye  
Environmental Engineering

الأستاذ الدكتور دوغان قاراداغ  
جامعة يلديز التقنية، تركيا  
قسم الهندسة البيئية

dkaradag@yildiz.edu.tr

Doç. Dr. Abid BALİN  
İstanbul Üniversitesi, Türkiye  
Endüstri Mühendisliği

Assoc. Prof. Dr. Abid  
BALİN  
Istanbul Univ., Türkiye  
Industrial Engineering

الأستاذ المشارك عابد بالين  
جامعة اسطنبول تركيا  
قسم الهندسة الصناعية

abitbalin@istanbul.edu.tr

Doç. Dr. Zeki Ünal  
YÜMÜN  
Tekirdağ Namık Kemal  
Üniversitesi, Türkiye  
Jeoloji Mühendisliği

Assoc. Prof. Dr. Zeki Ünal  
YÜMÜN  
Tekirdağ Namık Kemal University,  
Türkiye  
Geological Engineering

الأستاذ المشارك زكي أونال  
يومان  
جامعة تكيرداغ نامق كمال،  
تركيا  
قسم الهندسة الجيولوجية

zyumun@nku.edu.tr

Doç. Dr. Yaşar  
KAHRAMAN  
Sakarya Üniversitesi, Türkiye  
Makine Mühendisliği

Assoc. Prof. Dr. Yaşar  
KAHRAMAN  
Sakarya University, Türkiye,  
Mechanical Engineering

أستاذ مشارك ياشار كهرمان  
جامعة ساكاريا، تركيا  
قسم الهندسة الميكانيكية

kahraman@sakarya.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet  
Arif KAYA  
Tekirdağ Namık Kemal  
Üniversitesi, Türkiye  
Kimya Mühendisliği

Assist. Prof. Dr. Mehmet  
Arif KAYA  
Tekirdağ Namık Kemal University,  
Türkiye  
Chemical Engineering

الأستاذ المساعد محمد عارف  
كيا  
جامعة تكيرداغ نامق كمال،  
تركيا،  
قسم الهندسة الكيميائية

marifkaya@yaloova.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Ümit  
GÜNEŞ  
Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye  
Gemi Mühendisliği

Assoc. Prof. Dr. Ümit  
GÜNEŞ  
Yıldız Technical University, Türkiye  
Naval Engineering

الأستاذ المساعد أوميت  
غونيش  
جامعة يلديز التقنية،  
تركيا،  
قسم الهندسة السفينة

ugunes@yildiz.edu.tr

## Yayın Kurulu / Editorial Board / مجلس التحرير

Prof. Dr. Aslan GÜLCÜ Atatürk Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Aslan GÜLCÜ Atatürk University, Türkiye	الأستاذ الدكتور أصلان غولجو جامعة أتاتورك، تركيا
Prof. Dr. Bayram Ali ERSOY Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Bayram Ali ERSOY Yıldız Technical University, Türkiye	الأستاذ الدكتور بيرم علي أرسوي جامعة يلديز التقنية، تركيا
Prof. Dr. Bayram ŞAHİN Ege Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Bayram ŞAHİN Ege University, Türkiye	الأستاذ الدكتور بايرام شاهين جامعة إيجة، تركيا
Prof. Dr. Bijan Davvaz Yazd Üniversitesi, İran	Prof. Dr. Bijan Davvaz Yazd University, İran	الأستاذ الدكتور بيجان داوواز جامعة يز، إيران
Prof. Dr. Bünyamin AYDIN Necmettin Erbakan Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Bünyamin AYDIN Necmettin Erbakan University, Türkiye	الأستاذ الدكتور بنيامين أيدين جامعة نجم الدين اربكان، تركيا
Prof. Dr. Ekrem SAVAŞ Uşak Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Ekrem SAVAŞ Uşak University, Türkiye	الأستاذ الدكتور أكرم ساواش جامعة أوشاك، تركيا
Prof. Dr. Erol KAM İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Erol KAM İstanbul Technical University, Türkiye	الأستاذ الدكتور إيرول كام جامعة اسطنبول التقنية، تركيا
Prof. Dr. Fahrettin GÖKTAŞ Firat Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Fahrettin GÖKTAŞ Firat University, Türkiye	الأستاذ الدكتور فخرالدين غوكتاش جامعة فيرات، تركيا
Prof. Dr. Fatih NURAY Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Fatih NURAY Afyon Kocatepe University, Türkiye	الأستاذ الدكتور فاتح نوراي جامعة أميون كوجاتپه، تركيا
Prof. Dr. Hakkı ALMA Iğdır Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Hakkı ALMA Iğdir University, Türkiye	الأستاذ الدكتور حقي ألما جامعة إغدير، تركيا
Prof. Dr. Hasan GENÇ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Hasan GENÇ Van Yüzüncü Yıl University, Türkiye	الأستاذ الدكتور حسن كنج جامعة وان يوزونجوي ييل، تركيا
Prof. Dr. İsmail KÜÇÜK İstanbul Sebahattin Zaim Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. İsmail KÜÇÜK İstanbul Sebahattin Zaim University, Türkiye	الأستاذ الدكتور إسماعيل كوجوك جامعة اسطنبول صباح الدين زعيم، تركيا
Prof. Dr. Jintai DİNG Tsinghua Üniversitesi, Çin	Prof. Dr. Jintai DING Tsinghua University, China	الأستاذ الدكتور جينتاي دينغ جامعة تسينجوا، صين
Prof. Dr. Kostaq Hila Gjirokastrë Universiteti, Arnavutluk	Prof. Dr. Kostaq Hila Gjirokastrë University, Albania	الأستاذ الدكتور كوستاك هيللا جامعة جيروكاسترو، ألبانيا

Prof. Dr. Lokman Hakan TECER İstanbul Sebahattin Zaim Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Lokman Hakan TECER İstanbul Sebahattin Zaim University, Türkiye	الأستاذ الدكتور لقمان هاكان تجر جامعة اسطنبول صباح الدين زعيم، تركيا
Prof. Dr. Lokman KUZU Karabük Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Lokman KUZU Karabük University, Türkiye	الأستاذ الدكتور لقمان كوزو جامعة كارابوك، تركيا
Prof. Dr. Mehmet KARACA Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi	Prof. Dr. Mehmet KARACA Burdur Mehmet Akif Ersoy University	الأستاذ الدكتور محمد كاراجا جامعة بوردور محمد عاكف أرصوي ، تركيا
Prof. Dr. Mehmet Sabri ÇELİK Harran Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Mehmet Sabri ÇELİK Harran University, Türkiye	الأستاذ الدكتور محمد صبري جيليك جامعة حاران، تركيا
Prof. Dr. Metin GÜMÜŞ Marmara Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Metin GÜMÜŞ Marmara University, Türkiye	الأستاذ الدكتور ميتين غوموش جامعة مرمره، تركيا
Prof. Dr. Mustafa BÖYÜKATA Yozgat Bozok Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Mustafa BÖYÜKATA Yozgat Bozok University, Türkiye	الأستاذ الدكتور مصطفى بويوكاتا جامعة يوزغات بوزوك، تركيا
Prof. Dr. Mustafa Kasım KARAHOCAGİL Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Mustafa Kasım KARAHOCAGİL Kırşehir Ahi Evran University, Türkiye	الأستاذ الدكتور مصطفى قاسم كاراهوجاغيل جامعة كير شهير أحي أوران، تركيا
Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK İstanbul Ticaret Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK İstanbul Ticaret University, Türkiye	الأستاذ الدكتور نجيب شيمشك جامعة اسطنبول التجارية، تركيا
Prof. Dr. Nevzat AYDIN Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Nevzat AYDIN Karamanoğlu Mehmet Bey University, Türkiye	الأستاذ الدكتور نوزاد آيدين جامعة قرامان أوغلو محمد بق، تركيا
Prof. Dr. Sophiana TAHAR Concordia University, Canada	Prof. Dr. Sophiana TAHAR Concordia University, Canada	الأستاذة الدكتورة صوفيانا طاهر جامعة كونكورديا، كندا
Prof. Dr. Vatan KARAKAYA Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Vatan KARAKAYA Yıldız Technical University, Türkiye	الأستاذ الدكتور وطن كاراكايا جامعة يلديز التقنية ، تركيا
Prof. Dr. Violeta Fotea Alexandru Ioan Cuza Üniversitesi, Romanya	Prof. Dr. Violeta Fotea Alexandru Ioan Cuza University, Romania	الأستاذ الدكتور فيوليتا فوتيا جامعة الكسندرو ايوان كوزا، رومانيا
Prof. Dr. Salem Abdullah Abdul Wali Khan Üniversitesi Mardan, Pakistan	Prof. Dr. Salem Abdullah Abdul Wali Khan University Mardan, Pakistan	الأستاذ الدكتور سالم عبدالله جامعة عبد الولي خان مردان، باكستان
Dr. İbrahim Taşdemir Milli Eğitim Bakanlığı, Türkiye	Dr. İbrahim Taşdemir Ministry of Education, Türkiye,	ابراهيم تاشدمير وزارة التربية والتعليم ، تركيا

**Dış Temsilciler Koordinatörü**  
**General Coordinator of Foreign Editors**  
**المنسق العام للممثلين في خارج تركيا**

Prof. Dr. Yakup CİVELEK  
Ankara Yıldırım Beyazıt  
Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Yakup CİVELEK  
Ankara Yıldırım Beyazıt University,  
Türkiye

الأستاذ الدكتور يعقوب جيولك  
جامعة أنقرة يلدريم بيازيد،  
تركيا

**Dış Temsilciler/ Representative of Foreign Country /**  
**الممثلون في الدول الأجنبية**

Levent Ali YILDIZ  
ABD  
Doç. Dr. Necati ANAZ  
Kanada  
Doç. Dr. Süleyman ELİK  
Kore  
Dr. Recep YÜRÜMEZ  
Kırgızistan  
Dr. Abdullah TIRABZON  
Bulgaristan

Levent Ali YILDIZ  
USA  
Assoc. Prof. Necati ANAZ  
Canada  
Assoc. Prof. Süleyman  
ELİK  
Korea  
Dr. Recep YÜRÜMEZ  
Kyrgyzstan  
Dr. Abdullah TIRABZON  
Bulgaria

لوند علي يلدز  
الولايات المتحدة الأمريكية  
الأستاذ المشارك الدكتور نجاتي  
عناز  
كندا  
الأستاذ المشارك الدكتور  
سليمان أليك  
كوريا  
الدكتور رجب يورومز  
قيرغيزستان  
الدكتور عبدالله طرابزون  
بلغاريا

Amaç ve Kapsam  
**Aim and Scope**  
**الهدف والمحتوى**

CİHANTEFMAD Teknoloji, Fen ve Mühendislik Bilimleri Akademi Dergisi, teknoloji, mühendislik ve doğa bilimlerindeki son gelişmeleri bilim insanlarına ve okuyucularına ulaştırmayı hedefler. Dergi, bu üç temel alandaki deneysel ve kuramsal çalışmalarını kendisine konu edinir.

CİHANTEFMAD Teknoloji, Fen ve Mühendislik Bilimleri alanlarında yapılan özgün çalışmaları yayımlayan, mevcut bilimsel literatürü geliştirerek bilimsel çevrelere sunan, saygın, bilimsel bir dergi olarak Türkçe, İngilizce ve Arapça dillerinde yazılmış araştırma makalelerine ve eser tanıtma yazılarına yer veren, uluslararası hakemli bir dergidir.

JOCTENSA Journal of Cihannuma Technology, Natural Science and Engineering Academy aims to provide scientists and readers with the latest developments in technology, engineering and natural sciences. The journal focuses on experimental and theoretical studies in the abovementioned three main areas.

JOCTENSA is an international peer-reviewed journal that publishes authentic studies in the fields of Science, Technology and Engineering Sciences; expands the existing scientific literature and disseminates the studies within scientific circles. As a respected scientific journal, it includes research articles and work reviews written in Turkish, English and Arabic languages.

مجلة « JOCTENSA » الأكاديمية للتكنولوجيا والعلوم والهندسة تهدف إلى تقديم أحدث التطورات في التكنولوجيا والهندسة والعلوم الطبيعية للعلماء والقراء وتركز المجلة على عملها التجريبي والنظري في هذه المجالات الرئيسية الثلاثة.

مجلة « JOCTENSA » هي مجلة دولية خاضعة لاستعراض النظراء تنشر دراسات أصلية في مجالات التكنولوجيا والعلوم والهندسة، وتطور الأدبيات العلمية القائمة وتقدمها إلى الأوساط الأكاديمية، وتشمل مقالات بحثية وأعمالاً باللغات التركية والإنجليزية والعربية كمجلة علمية ذات سمعة طيبة.



# CIHANNÜMA TEKNOLOJİ, FEN ve MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ AKADEMİ DERGİSİ

## *Yeni Bir Başlangıç...*

Gelecek, bir bahçe gibi, bilim ile yeşerir. Bilgi ile donanmış zihinler, ufuklara yelken açar, her biri bir öğretici, bir yaşam dersi anlatır ve bu okyanusta yüzen her bir gemi, her kelime bir düşünce köprüsü olup güç verir ve ışığını tüm yollara saçar, aydınlık gelecekler için yol gösterir. Akademik dergiler, genel olarak, bilim dünyasında bilginin üretilmesi, paylaşılması, eleştirilmesi ve geliştirilmesi için kritik bir rol oynar. Bu dergiler, bilimsel topluluğun etkileşimini artırarak daha güçlü ve sağlam bilimsel temeller oluşturmanın yanı sıra, toplumun geneline bilgi akışını sağlarlar. Bilimsel araştırmaların yayımlandığı ve paylaşıldığı önemli kaynaklardır. Bu dergiler, bilim dünyasında bilgiyi yayma, paylaşma ve eleştirme süreçlerine katkıda bulunurlar. Her bir sayısı yeni bir başlangıç olan **Cihannüma Teknoloji, Fen ve Mühendislik Bilimleri Akademi (CIHANTEFMAD) Dergisinin** ikinci sayısında sırasıyla Makine Mühendisliği, Ziraat Mühendisliği, Kimya ve Elektrik Elektronik Mühendisliği olmak üzere 4 farklı alanda araştırma makalesi bulunmaktadır. Birinci çalışmada, bir PV\*SOL simülasyon programı aracılığı ile kurulması istenilen GES'in ilk yatırım maliyeti ve kaç yıl içerisinde kendini amorti edebileceği ekonomik açıdan araştırılmış; ikinci çalışmada, hızlı ıslah teknolojisinin buğdayda kısa sürede araştırma materyali geliştirmek için etkin olarak kullanılabilmesi gösterilmiş; üçüncü çalışmada, tekstil endüstrisinde boyar madde olarak yüksek oranda kullanılan Remazol blue maddesinin sucul ortamdan giderimi incelenmiştir. Son çalışma ise X bantta çalışan ve birden fazla bant geçiren filtre özelliği gösteren "Frekans Seçici Yüzey" tasarımını içermektedir. Değerli katkılarından dolayı dergimize çalışma gönderen tüm yazarlarımıza teşekkür eder, dergimizin çıkacak diğer sayıları için yeni çalışmalarınızı bekleriz.

Editör  
Doç. Dr. Kadri Doğan

# JOURNAL OF CIHANNUMA TECHNOLOGY, ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES ACADEMY

## *A New Start...*

The future, like a garden, develops with science. Minds equipped with knowledge sail to the horizons; each one tells a new teaching, a life lesson. Each ship floating in this ocean turns into a bridge of thought, giving strength and shining its light on all roads, showing the way for bright futures. Academic journals, in general, play a critical role in the production, development, dissemination and critique of knowledge in the scientific world. These journals not only create stronger and more solid scientific foundations by increasing the interaction of the scientific community, but also ensure the flow of information to the general society. They are important sources where scientific research is published and shared. These journals contribute to the processes of spreading, sharing and criticizing knowledge in the scientific world. The second issue of the **Journal of Cihannüma Technology, Science and Engineering Sciences Academy (JOCTENSA)** contains research articles in 4 different fields: Mechanical Engineering, Agricultural Engineering, Chemistry and Electrical and Electronics Engineering respectively. In the first article, the initial investment cost of the solar power plant to be installed and the number of years in which it can amortize itself were investigated economically through a PV\*SOL simulation program. In the second study, it was shown that speed breeding technology can be used effectively to develop research material in wheat in a short time. The third article examines the removal of Remazol blue, which is widely used as a dye in the textile industry, from the aquatic environment. Finally, in the last article of this issue, a frequency-selective surface (FSS) design was implemented on the proposed geometry. It demonstrates that this geometry, both in unit cell structures and array configurations, possesses the ability to pass certain frequencies while blocking others. We would like to thank all of our authors who sent their works to our journal for their valuable contributions, and we look forward to your new works for the other issues of our journal.

**Assoc. Prof. Kadri Doğan**  
Editor

## Dizinler / Indexing and Abstracting

Cihannüma Sosyal Bilimler Akademi Dergisi aşağıdaki uluslararası indeksler tarafından taranmaktadır:

JOCTENSA is indexed and listed by the following international indexing services:

- Crossref
- Google Scholar
- Asos Index

### Makale İşleme Ücreti / Article Processing Charge / رسوم لإصدار المقالة

Makaleler için makale işleme ücreti talep edilmez.

*The journal does not charge an Article Processing Fee (APC).*  
المجلة لا تتقاضى رسوم لإصدار المقالات. (CPA)

### Hakemlik/ Peer-review / التحكيم

Dergi çift taraflı kör hakemlik sistemi kullanır. Hakem listesi her yılın sonunda dergi web sayfasında yayımlanır.

*The journal uses a double-sided blind review system. The referee list is published on the web page at the end of each year.*

تستخدم المجلة نظام مراجعة أعمى على الوجهين. يتم نشر قائمة الحكام على موقع الإنترنت للمجلة في نهاية كل عام.

### Açık Erişim / Open Access / الوصول المفتوح

Dergi açık erişimlidir (CC BY-NC).

*The journal is an Open Access (CC BY-NC).*  
المجلة مفتوحة الوصول (CN-YB CC).

### Adres / Executive Office / العنوان

Hacı Bayram Mah. Haşimi (Kutlu) Sok. No: 12

Altındağ, Ankara, Türkiye

حي حاجي بيرم سوقاق هاشمي كوتلو. رقم: ٢١ آلتينداغ - أنقرة , تركيا

cihantefmad@gmail.com

### Web siteleri / Websites / مواقع الإنترنت

<https://www.cihannumaakademi.org/cfbad>

[www.cihannumaacademy.org](http://www.cihannumaacademy.org)

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS / المحتويات

### Araştırma Makaleleri / Research Articles/ المقالات البحثية

- Adnan Çalık ve Önder Emre** عدنان الجالیک, اوندیر امره ..... 12-35  
Isparta İli İçin Güneş Enerjisi Santrali (Fotovoltaik) Çatı Uygulamasından  
Elde Edilen Simülasyon Verilerinin Ekonomik Analizi  
*Economic Analysis of Simulation Data Obtained from Solar Power Plant  
(Photovoltaic) Roof Application for Isparta province*
- Bedrettin Demir, Yaşar Karaduman, Nevzat Aydın**  
**بدرالدین دمیر, یاشار کارادومان, نوزاد آیدین** ..... 57-36  
Hızlı İslah Teknolojisi Kullanılarak Ekmeklik Buğdayda Rekombinant  
Kendilenmiş Hat Popülasyonunun Geliştirilmesi  
*Development of Recombinant Inbred Line Population in Bread Wheat Using Speed  
Breeding Technology*
- Yüksel Bayrak** یوکسل بایراق ..... 65-58  
Tekstil Boyar Maddesinin Aktif Portakal Kabukları İle Giderilmesi  
*Removal of Textile Dye with Activated Orange Pells*
- Ömer Kasar** عمر قاسار ..... 72-66  
Mikrodalga Frekanslarda Yeni bir Frekans Seçici Yüzey Geometrisi Tasarımı  
*Design of a New Frequency-Selective Surface Geometry at Microwave Frequencies*



# Isparta ili için güneş enerjisi santrali (fotovoltaik) çatı uygulamasından elde edilen simülasyon verilerinin ekonomik analizi

Economic analysis of simulation data obtained from solar power plant (photovoltaic) roof application for Isparta province

**Adnan Çalık<sup>1</sup>, Önder Emre<sup>2</sup>**

\*1) Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye,

**ORCID:** 0000-0002-4991-9048, adnancalik@isparta.edu.tr,

2) Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye,

**ORCID:** 0000-0003-4748-2273, onderemre1988@gmail.com

**Geliş Tarihi:** 27/05/2022 – **Kabul Tarihi:** 11/09/2022

**DOI:** 10.55205/joctensa.12202261

**ATIF:** Çalık, A., ve Emre Ö. (2022). Isparta ili için güneş enerjisi santrali (fotovoltaik) çatı uygulamasından elde edilen simülasyon verilerinin ekonomik analizi. Cihannüma Teknoloji Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2(1), 12-35.

## Öz

Güneş enerjisi santrali (GES) kurulumu yapılmadan önce ciddi bir ekonomik analiz yapılması gerekmektedir. Ekonomik analiz GES kurulumu için gerekli finansman giderlerin kendisini ne zaman amorti edeceği, yapılan yatırımın ne zaman kâra geçeceğini ortaya koyar. İyi yapılan bir ekonomik analiz sonucunda yatırımın yapılıp yapılmayacağına karar verilmelidir. Bu çalışmada Isparta ilinin merkez ilçesinde bir kamu binası çatısına 10kW gücünde bir GES kurulumu yapılmadan önce PV\*SOL simülasyon programı kullanılarak GES için bir fizibilite çalışmasının yapılması ve bu projede kullanılması gereken ekipmanların belirlenmesi ve ekonomik olarak yapılan yatırımların değerlendirilmesi gibi faktörler incelenmiştir. PV\*SOL simülasyon programı aracılığı ile GES için kullanılması gereken fotovoltaik güneş panellerinin özelliği, kullanılacak doğru akım (DC) kablo kesiti ve kullanılacak invertör seçimi yapılmıştır. Ayrıca GES'in tasarlanması düşünülen lokasyon belirlenerek kamu binası çatısının uygun cephesine GES kurulumu tamamlandıktan sonra kurulumu tamamlanan bu GES'in aylık ve yıllık olarak üretim miktarı incelenerek bir ekonomik analiz sonucunda yıl bazında kazancın değerlendirilmesi yapılmıştır. Böylece projelendirilmiş olan GES yatırımının kendisini 4 yıl gibi bir sürede amorti edebileceği ve ilerleyen yıllarda ekonomik bir kazanç sağlanabileceği gözlemlenmiştir.

**Anhtar Kelimeler:** Fotovoltaik, Güneş paneli, PV\*SOL, Ekonomik analiz, Isparta.

\* Sorumlu Yazar: adnancalik@isparta.edu.tr

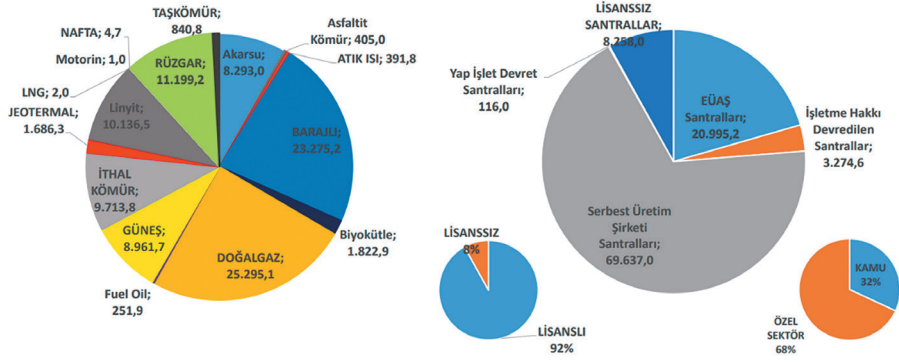
## Abstract

A serious economic analysis is required before installing a solar power plant (SPP). The economic analysis reveals when the financing expenses required for the installation of the SPP will pay off and when the investment will turn into a profit. As a result of a good economic analysis, it should be decided whether to invest or not. In this study, factors such as carrying out a feasibility study for the SPP using the PV\*SOL simulation program, determining the equipment to be used in this project and evaluating the economically made investments were examined before a 10kW SPP was installed on the roof of a public building in the central district of Isparta province. By means of the PV\*SOL simulation program, the characteristics of the photovoltaic solar panels to be used for the SPP, the direct current (DC) cable section to be used and the inverter to be used were selected. In addition, the location where the SPP is planned to be designed was determined, and the monthly and annual production amount of this SPP, whose installation was completed after the installation of the SPP on the appropriate façade of the public building roof, was examined and the annual earnings were evaluated as a result of an economic analysis. Thus, it has been observed that the projected SPP investment can pay for itself in a period of four years and an economic gain can be achieved in the following years.

**Keywords:** Photovoltaic, Solar panel, PV\*SOL, Economic analysis, Isparta.

## GİRİŞ

Günümüzde yaşayan insan nüfusunun artması ve teknolojinin de gelişmesiyle birlikte enerjiye olan ihtiyaç da artmaktadır. Ülkeler arasında savaşların yapılmasıyla birlikte ciddi enerji krizleri yaşanmaktadır. Öyle ki ülkemizde enerji anlamında maalesef dışa bağımlı bir ülke konumundadır. Dolayısı ile enerjide dışa bağımlı olmanın bir sonucu olarak ülkeler arasında enerji transferi gibi olumsuz etkilerden Türkiye doğrudan veya dolaylı olarak etkilenmektedir. Ülkemizin böylesi enerji krizlerinden etkilenmemesi veya daha az etkilenmesi anlamında yapılması gereken kendi öz kaynaklarımız ile enerji üretimini artırmaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak elektrik enerjisi üretilmesi ülkemizin enerji anlamında dışa bağımlılığını azaltacaktır. Böylece kendi elektrik enerjimizi üretebileceğimiz gibi ekonomik anlamda kalkınmanın yolu da açılmış olacaktır. Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) 2022 Eylül kurulu güç raporuna göre ülkemizde elektrik enerjisi üretimi için kurulu gücünün yaklaşık %55'i yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanırken geriye kalan yaklaşık %45'i de yenilenemeyen enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Kaynaklara ve kuruluşlara göre Eylül 2022 kurulu güç raporu Şekil 1'de gösterilmektedir (Anonim, 2022). Elektrik enerjisinin üretiminde fosil kaynaklar yerine yenilenebilir kaynakların kullanılması enerjide dışa bağımlılığı azaltmada bir hayli etkili olmaktadır. Ayrıca fosil kaynakların çevreye olan olumsuz etkilerini azaltmak için de yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik enerjisi üretiminin gün geçtikçe artması gerektiği görülmektedir. Fosil enerji kaynakları terk edilerek yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması hem ülkemizin geleceğini korumak hem de dünyanın geleceğini korumak için oldukça önemlidir. Gelecek nesillere daha temiz ve yaşanılabilir bir dünya bırakmak adına yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak elektrik enerjisi üretimi kaçınılmaz bir gerçektir.



Şekil 1

Kaynaklara ve Kuruluşlara Göre Eylül 2022 Kurulu Güç (Anonim, 2022)

Elektrik enerjisinin üretilmesi ve tüketilmesi insanlar için oldukça önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir. Elektrik enerjisinin tüketiminin artması aynı zamanda üretiminin de buna paralel olarak artmasını gerekli kılmıştır. Elektrik enerjisinin tüketimi arttıkça farklı elektrik enerjisi üretme yöntemleri geliştirilmiş ve geliştirilmeye de devam edilmektedir. Elektrik enerjisi üretimi genel olarak fosil yakıtlarla sağlanmakta ve bu yakıtlarla enerji üretimi gerçekleştirilirken doğaya ciddi zararlar verilmektedir. Fosil yakıtların hem tükenir (yenilenemeyen) hem de elektrik enerjisi üretimi sırasında çevreye zararlı atıklar bırakması alternatif enerji kaynaklarına olan yönelimi arttırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının doğal yaşam içerisinde kendini yenileyebilmesi ve çevreye fosil kaynaklar gibi ciddi zararlar vermemesi yenilenebilir kaynakları ile elektrik enerjisi üretimini kaçınılmaz bir hale getirmektedir. Güneş enerjisini kullanarak elektrik enerjisi üretmek ise yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli ve vazgeçilemez bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durumun sebepleri arasında güneş enerjisi ile elektrik üretimi sırasında çevre kirliliği oluşturmaması, sessiz çalışması ve montajının ve bir yerden başka bir yere taşınmasının oldukça kolay olması sayılabilmektedir.

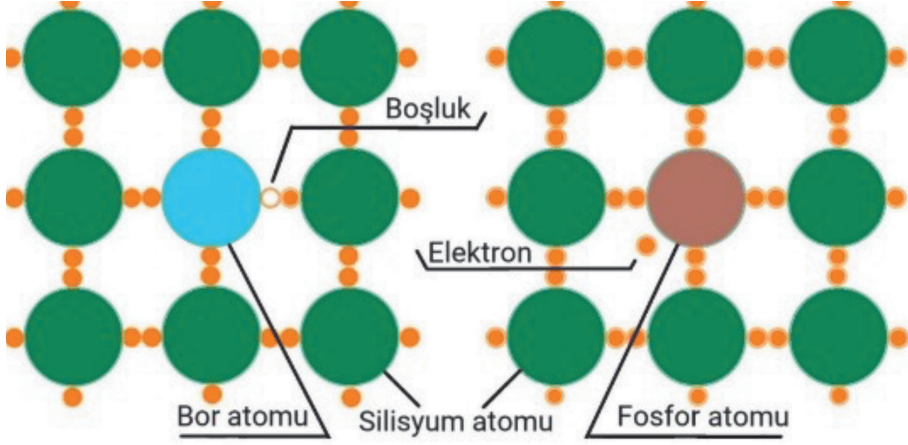
Yaşam kaynağı olan güneş hidrojen ve helyum gazlarından oluşan orta büyüklükte bir yıldızdır. 1 milyon °C'den fazla bir sıcaklıkta hidrojenin izo-

toplari olan döteryum ve trityum bir araya gelerek helyum çekirdeklerini oluştururken çok yüksek bir enerji ortaya çıkar. Güneşte füzyon adı verilen tepkime sayesinde dört hidrojen çekirdeği bir helyum çekirdeğini meydana getirir. Güneşin yüzey sıcaklığı 6 bin °C iken merkezine doğru bu sıcaklık 20 milyon °C değerlerine ulaşmaktadır. Güneşin merkezinde saniyede 564 milyon ton hidrojen 560 milyon ton helyuma dönüşür. Bu dönüşüm sırasında aradaki 4 milyon ton fark ısı ve ışık enerjisi olarak uzaya yayılmaktadır. Bu tepkime sonucunda oluşan ısı enerjisi ile dünyamız ısınırken yayılan radyasyon (ışınım) enerjisi ile de dünyamız aydınlanmaktadır. Güneş enerjisinin en önemli faydalarından biri ise dünya üzerinde bulunan bitkilerin fotosentez yapabilmelerini sağlamasıdır (Ceylan & Gürel, 2018). Güneş enerjisinin şiddeti watt cinsinden belirtilirse yaklaşık olarak 1370 W/m<sup>2</sup> değerindedir. Atmosfer katmanlarından tamamı yeryüzüne ulaşamayan bu enerjinin sadece 0-1100 W/m<sup>2</sup> değerinde olan kısmı ulaşmaktadır. Buna rağmen güneşten yeryüzüne gelen güneş radyasyonunu şu an insanlığın tükettiği enerjiden çok çok fazladır (Onay, 2019).

Aslında uzun yıllardan beri güneş insanlar tarafından bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktaydı. Önceleri insanlar güneş enerjisi ile ısınma ve sıcak su elde etmek amacı ile faydalanırken günümüzde ise güneş kolektörleri ile sıcak su elde edebilirken fotovoltaik (PV) paneller sayesinde elektrik enerjisi üretmekte ve fotovoltaik termal paneller ile de hem sıcak su hem de elektrik enerjisi elde edilebilmektedir.

Fotovoltaik hücreler güneş radyasyonunu doğrudan elektrik enerjisine dönüştürürler. Güneşten fotovoltaik hücre üzerine düşen ışık (foton) fotovoltaik hücre tarafından soğurularak elektrik akımını oluşturmaktadır. Fotovoltaik hücre temel olarak pozitif (P) ve negatif (N) katmandan oluşurlar. Örneğin silisyum (Si) fotovoltaik hücrelere silisyum yarıiletkenine bor (B) atomu katılarak (doping) elektron eksikliği oluşturulur ve böylece P tipi katman elde edilir. Yine silisyum yarıiletken atomuna fosfor (P) yarıiletken atomu doping edilerek elektron fazlalığı oluşturulur ve böylece N tipi katman oluşturulur. Güneş radyasyonu fotovoltaik güneş hücreleri üzerine düşmesi ile N tipi katmandan P tipi katmana doğru bir elektron akışı oluşur. Böylece elektrik akımı oluşmuş olur. Bor ve fosfor atomu doping edilmiş silisyum fotovoltaik hücre yapısı Şekil 2'de gösterilmiştir (Öztürk, 2016; Haselhuhn, 2012).





**Şekil 2**

*Doping Yapılmış Silisyum Fotovoltaik Hücre Yapısı*

Fotovoltaik hücre ilk kez 1957 yılında Bell laboratuvarlarında üretilmiştir. Ancak fotovoltaik hücreden laboratuvar ortamında elde edilen verim %6 seviyelerindedir. Bu durum fotovoltaik hücrenin ticarileşmesi önünde büyük bir engel oluşturmuştur. Zaman içerisinde fotovoltaik hücelere ilgi bir hayli artmış ve bu alanda çalışmalar hız kazanmaya başlamıştır. 2000'li yıllara gelindiğinde ise %20 verimli fotovoltaik paneller üretilmeye başlanmıştır. Bu çalışmaların artmasıyla daha yüksek verimli fotovoltaik güneş panelleri üretilmekle birlikte güneş enerjisi santralının (GES) de sayısı giderek artmaktadır. Öyle ki büyük güçte GES'in yanı sıra daha küçük güçte GES'in kurulumları da gerçekleşmiştir. Gerek şebekeye entegre santraller gerekse şebekeden bağımsız santraller kurulabildiği içinde elektrik şebekesinin olmadığı bölgelerde bireysel olarak insanlar kendi elektrik enerjisini üretip kullanabildiklerinden dolayı GES oldukça fazla tercih edilir olmuştur.

GES kurulurken genel olarak kullanılan yöntemler on-grid ve off-grid sistem olmak üzere santral kurulumu yapılabilir. Bu iki tip santralin birbirine göre avantajları olmakla birlikte dezavantajları da bulunmaktadır. Bu avantaj ve dezavantajların başında iki santral tipi arasında elbette ki ihtiyaç belirleme gelmektedir. Ayrıca maliyet ve şebekeye olan mesafe de oldukça belirleyici olmaktadır. Bulunan bölgenin şebekeye olan uzaklığı, maliyet,

istek ve ihtiyaçlara göre şebekeye entegre (on-grid) veya şebekeden ayrık (off-grid) sistem tasarımı yapılabilir. On-grid sistemde güneş ışınımının olduğu durumlarda elektrik enerjisi ihtiyacı güneş panellerinden üretilen enerji ile karşılanırken, güneş ışınımının olmadığı durumlarda ise elektrik enerjisi ihtiyacı şebekeden karşılanmaktadır. Off-grid sistemlerde ise güneş ışınımının olduğu durumlarda elektrik enerjisi ihtiyacı güneş panellerinden üretilen enerji ile karşılanırken, güneş ışınımının olmadığı durumlarda ise elektrik enerjisi ihtiyacı sisteme entegre edilen ve güneş panelleri sayesinde doldurulan akümülatörler (akü) yardımıyla karşılanmaktadır. GES de kullanılan başlıca elektronik devre elemanları ve makineleri fotovoltaik (PV) güneş panelleri, invertör, akümülatör, şarj kontrol cihazı ve transformatör gibi elektronik devre elemanlarıdır. Bir GES'in çalışması incelendiğinde on-grid sistemler düşünüldüğünde fotovoltaik (PV) paneller sayesinde üretilen doğru akım (DC) invertörler aracılığı ile alternatif akıma (AC) dönüştürülür. Elde edilen AC elektrik enerjisi transformatörler aracılığı ile uygun gerilim elde edilerek şebekeye aktarılmış olur. Off-grid sistemlerde ise fotovoltaik (PV) paneller aracılığı ile üretilen DC elektrik enerjisi bir şarj kontrol cihazına bağlanır ve şarj kontrol cihazından akümülatörlere ve invertöre bağlantı yapılır. Böylece elde edilen elektrik enerjisi istenildiğinde AC elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılırken ihtiyaç fazlası olan elektrik enerjisi ise akümülatörlerde depolanarak daha güneş ışığının olmadığı saatlerde kullanılmak üzere depolanır. On-grid sistemler şebeke elektriğinin bulunduğu bölgelerde tasarlanırken off-grid sistemler ise şebeke elektriğinin olmadığı yerde tasarlanmaktadır.

Fotovoltaik (PV) güneş enerjisi santralleri 4 yıl gibi bir zaman diliminde kendilerini amorti etmelerinin yanında ilk yatırım maliyetleri oldukça yüksektir. Haliyle büyük yatırımların yapıldığı bir ortamda kurulum aşamasında ve sonrasında olacakları tahmin edebilmek bir hayli önem arz etmektedir. Bunun içindir ki yüksek miktarlarda yatırım yapılacağı zaman GES kurulacak bölgenin iyi araştırılması gerekmektedir. GES kurulacak bölgenin güneş ışınımı (radyasyon) değerleri, günlük güneşlenme süreleri, rüzgâr hızı, yağmur ve kar yükü gibi doğa şartlarının iyi incelenmesi ve o doğrultuda bir GES tasarlanması olası hataların önüne geçebileceği gibi kurulum maliyeti anlamında da oldukça önemli rol oynamaktadır. Özellikle GES yatırımı yapılmadan önce ilk yatırım maliyetinin ne olacağını ve daha sonra bu yatırımın ne kadar sürede karşılanabileceğini bilmek kurulumu



gerçekleştirilecek GES için oldukça önem arz etmektedir. İşte bu gibi etkenleri önceden tahmin edebilmek adına birçok simülasyon programı geliştirilmiştir. Bu simülasyon programları aracılığı ile GES yatırımı yapılacak bölgede kurulmak istenilen GES'in istenilen değerlerde bir simülasyonu gerçekleştirilebilmektedir. Bu simülasyon aracılığı ile kurulması istenilen GES'in ilk kurulum maliyetini ve kaç yıl içerisinde kendisini amorti edeceği öğrenilebilmektedir.

Ülkemizde günlük güneşlenme süreleri ve güneş radyasyon değerleri oldukça yeterli düzeydedir. Genel olarak araziye kurulabilecek GES'in yanı sıra çatı alanlarının değerlendirilmesi küçük güçlü GES'in kurulması da oldukça önemlidir. Böylelikle bina çatılarında kalan boş alanlar değerlendirileceği gibi binanın kendi elektrik ihtiyacını da karşılaması söz konusudur. Çatı alanlarına kurulan GES binanın kendi öz tüketimini karşılamakla birlikte ihtiyaç fazlası elektrik enerjisini de şebekeye satarak ekonomik olarak kâr sağlanabilmektedir. Çatı GES kurmak için yeterli çatı alanı bulunan her binanın çatısına kurulabilmektedir. Ancak elektrik enerjisi tüketiminin fazla olduğu sanayi tesislerinde veya kamu binalarında kurulması daha kârlı bir yatırım olacaktır. Bir çatı uygulaması olarak tasarlanan fotovoltaik güneş enerjisi santralinden elde edilen elektrik enerjisi ihtiyaç olan elektrik enerjisinin tamamına karşılamayabilir. Ancak kurulacak olan sistem elektrik enerjisi ihtiyacının bir kısmını karşılasa bile şebekeden alınan elektrik enerjisi azalacaktır. Böylece elektrik enerjisine ödenen maliyet azalmış olacaktır.

Bu çalışmada bir PV\*SOL simülasyon programı aracılığı ile Isparta ilinde bulunan bir kamu binasına 10 kW gücünde olacak şekilde kurulması istenilen GES'in ilk yatırım maliyeti ve kaç yıl içerisinde kendini amorti edebileceği ekonomik açıdan araştırılacaktır. 2022 yılı itibariyle GES kurulumu kW başına yaklaşık olarak 22.200 TL olarak belirtilmektedir. Kurulması istenilen GES 10kW güce sahip olacağından yaklaşık maliyetinin 222.000 TL olacağı söylenebilir. Bu değerlere göre PV\*SOL simülasyon programı kullanılarak bir proje tasarlanacaktır. Tasarlanan projeden elde edilen simülasyon sonuçlarına göre kamu binalarına kurulan bir GES'in ekonomik açıdan olumlu ve olumsuz yönleri değerlendirilecek ve bir sonuç elde edilecektir.

## GES PROJESİ VE SİMÜLASYONUN YAPILIŞI

GES arazi uygulaması şeklinde yapılabildiği gibi çatı cephe uygulaması şeklinde de karşımıza çıkmaktadır. Çatı cephe uygulaması yapılırken genel olarak çatı alanları kullanılırken bazı uygulamalarda ise binanın pencere olmayan kör cepheleri de kullanılabilir. Cephe uygulamalarında yapılan güneş enerjisi santrali elektrik enerjisi üretmenin yanı sıra aynı zamanda ısı ve ses yalıtım görevi de görmektedir (Mutlu, 2010). Öncelikle bir GES projesine başlarken GES'in kurulması istenilen bölgenin matematik konumunun iyi bilinmesi gerekmektedir. GES kurulacak bölgenin güneş radyasyon değerlerini, günlük güneşlenme sürelerinin, yağmur ve kar yükü gibi iklim olaylarının bilinmesi GES kurulması için önceden yapılması gereken çalışmalar arasındadır. Ayrıca GES kurulacak bina çatı alanının etrafında bulunan gölge oluşturabilecek engellerin bilinmesi gerekir. Bu istenilen değerleri simülasyon yapmak için kullanılacak olan PV\*SOL programı yazılımsal olarak kendisi gerçekleştirip bir sonuç elde etmektedir. Tasarımı yapılan GES projesi Isparta ilinin merkez ilçesinde bulunan bir kamu binası çatısı üzerine 10kW gücünde olacak şekilde simüle edilmiştir. Bu sistemin tasarlanmasında PV\*SOL GES simülasyon programı kullanılmıştır. PV\*SOL simülasyon programından elde edilen veriler sayesinde ekonomik olarak bir analiz yapılarak bir sonuç elde edilmiştir.

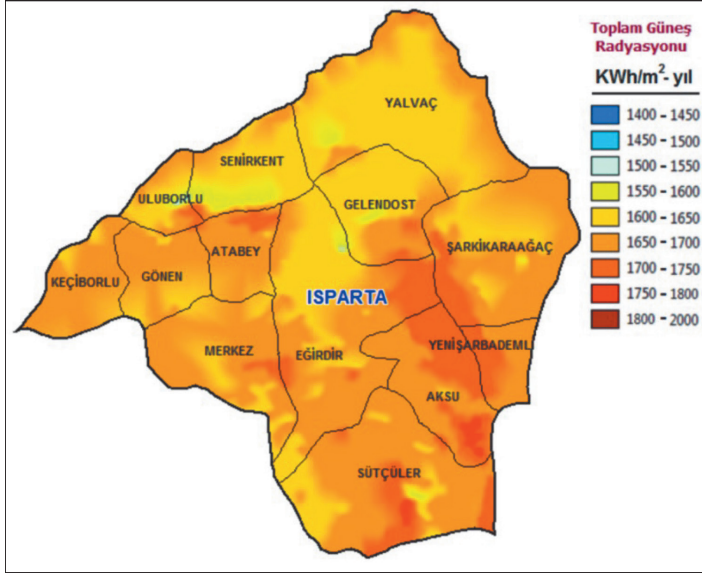
### PV\*SOL Programı

PV\*SOL programı ülkelere ve bölgelere göre güneş radyasyon değerlerini, bölge haritalarını, GES kurulabilmesi için gerekli olan fotovoltaik güneş panel marka ve çeşitlerini, invertör üretici firma ve çeşitlerini içerisinde barındıran ve kurulması istenilen bir GES için ekonomik analizler yapabilen bir GES simülasyon programıdır. Valentin Software firmasının dinamik yazılımı olan PV\*SOL, off-grid ya da on-grid olmak üzere iki farklı fotovoltaik sistem tasarımı yapabilen ve tasarlanan sistemde etrafta oluşabilecek gölgelenme etkisini veya herhangi bir verim kaybını hesaplayabilmektedir. Üç boyutlu bir tasarım yapılabilen PV\*SOL programında doğru ve kesin sonuçlar elde edilebilir (Anonim, 2022).

### Isparta İlinin Güneş Radyasyonu Değerleri

Genel olarak ülkemiz güneş radyasyonu değerleri bakımından iyi bir coğrafi konumda yer almaktadır. Özellikle ülkemizin güneyinde yer alan

Akdeniz bölgesinin radyasyon değerleri oldukça yüksektir. Isparta ili de Akdeniz bölgesinde yer aldığından ülkemizdeki şehirler arasında güneş radyasyon değerleri arasında en yüksek güneş radyasyon değerine sahip iller arasında yer almaktadır. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün oluşturduğu güneş enerjisi potansiyel atlasının oluşturduğu Isparta ilinin güneş radyasyon haritası Şekil 3'te gösterilmiştir.

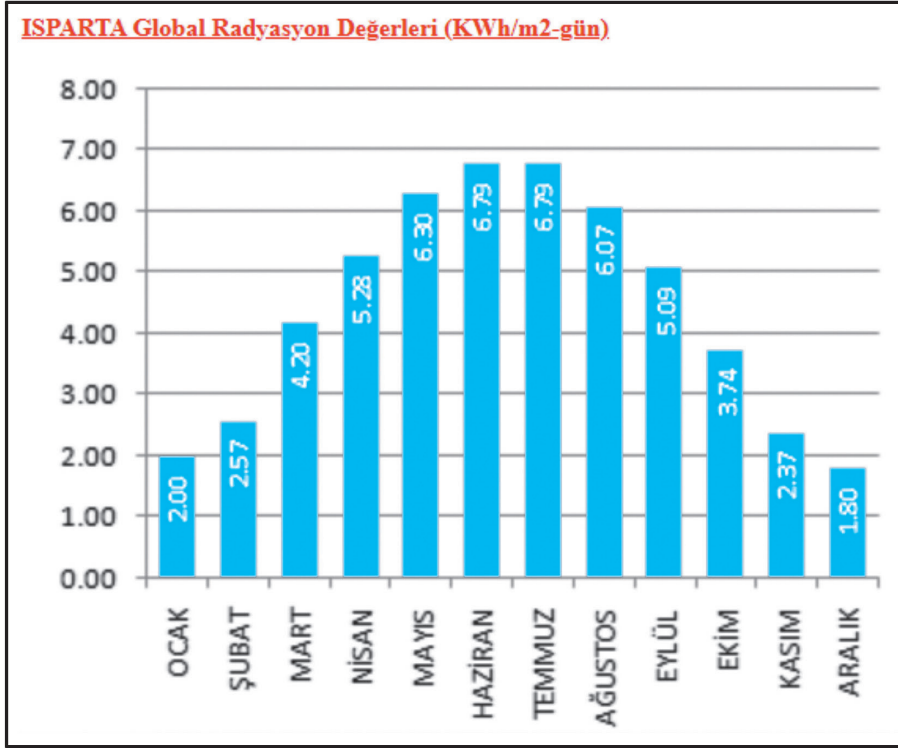


**Şekil 3**

*Isparta İlinin Güneş Radyasyon Haritası (Anonim, 2020)*

Isparta ili güneş radyasyon haritası incelendiğinde Isparta ilinin birçok bölgesinin güneş radyasyonu açısından oldukça iyi değerlerde olduğu görülecektir. Güneş radyasyon değerlerinin iyi olduğu Isparta bölgesi GES kurulumu yapmak için verimlilik açısından ideal bir konumda yer almaktadır. Şekil 3'te verilen Isparta ilinin güneş radyasyon haritasına göre bakıldığında yıl içerisinde toplam güneş radyasyon değerleri 1600 – 2000 kWh/m<sup>2</sup>-yıl aralığında olduğu gözlemlenmektedir. Bu aralık ise GES kurulması için oldukça yeterli bir seviyeyi temsil etmektedir. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün güneş enerjisi potansiyel atlası şeklinde oluşturduğu Isparta ilinin global radyasyon değerleri Şekil 4'te gösterilmiştir. Isparta ilinin global rad-

yasyon değerleri incelendiğinde en fazla güneş radyasyon değerlerinin yaz aylarında olduğu görülecektir. Güneş radyasyon değerlerinin yaz aylarında daha fazla olması ülkemizin yaz aylarında güneşe daha yakın ve güneş ışınlarını daha dik açı ile almasından kaynaklanmaktadır. Kış aylarında ise güneş radyasyon değerlerinin az olması hem güneş ışınlarının yaz aylarına nazaran daha eğimli bir açı ile gelmesi hem de kapalı havalar yüzünden güneşli gün sayısının az olmasından kaynaklanmaktadır. Yıl içerisinde en fazla güneş radyasyon değeri  $6.79\text{kWh/m}^2\text{-gün}$  ile haziran ve temmuz aylarında görülürken en düşük güneş radyasyon değeri ise  $1.80\text{kWh/m}^2\text{-gün}$  ile aralık ayında görülmektedir.



Şekil 4

*Isparta İlinin Global Radyasyon Değerleri (Anonim, 2020)*

## Projenin Tasarlanması

1MWp kapasiteli çatı tipi dağıtık güneş enerji santralinin tasarımı ve simülasyon uygulaması adlı çalışmada GES santrali yatırımı yapılmadan önce simülasyon çalışmalarının hem fizibilite çalışmalarında hem de daha uygun bir yerleşim planı oluşturmada faydalı bir yöntem olabileceği gözlemlenmiştir (Turan, 2022). Ülkemizde fotovoltaik güneş panellerinden en iyi verimi alabilmek için optimum eğimde ve tam güneşe bakacak şekilde konumlandırılmalıdır. Ancak çatılarda GES uygulaması yapılırken fotovoltaik güneş panelleri istenilen eğimde yerleştirilemezler çünkü mevcut çatı eğimine uyulmak zorunda kalınır. Ayrıca bina çatı alanı tam güney olmaya bilir bu durumda ise en uygun alan tercih edilmelidir. Projede kullanılacak olan malzeme listesi Tablo 1’de gösterilmiştir.

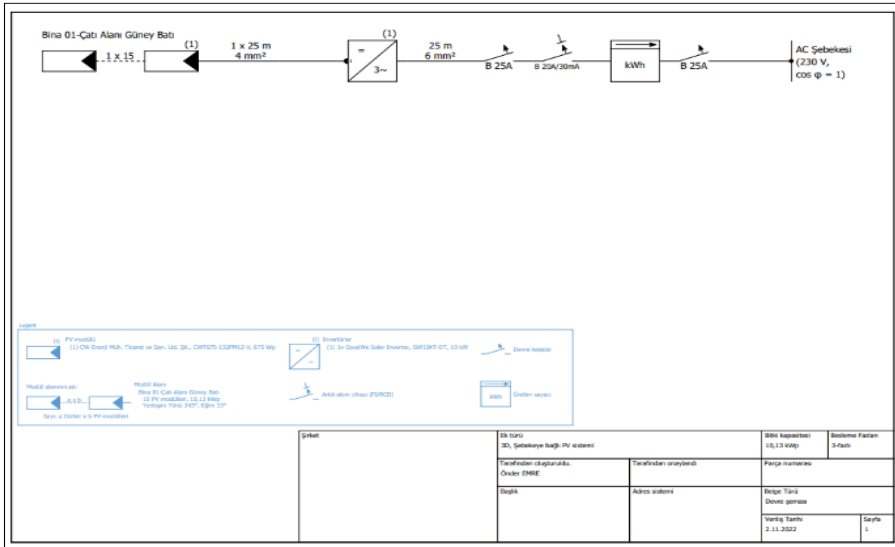
Tür	Üretici	İsim	Miktar	Birim
PV modülü	CW Enerji Müh. Ticaret ve San. Ltd. Şti.	CWT675-132PM12-V	15	Adet
İnvertörler	GoodWe Solar Inverter	GW10KT-DT	1	Adet
Kablolar		AC kabloları 3-fazlı 6 mm <sup>2</sup> Bakır	25	m
Kablolar		Dizi Kablosu 4 mm <sup>2</sup> Alüminyum	25	m
Bileşenler		Üretim sayacı	1	Adet
Bileşenler		Devre kesicisi B 25A	2	Adet
Bileşenler		Artık-akım cihazı (FI/RCD) B 20A/30mA	1	Adet

**Tablo 1**

*Projede Kullanılacak Malzeme Listesi*

Tablo 1’de malzeme listesinde verilen malzemeler özellik ve miktarına dikkat edilerek seçilmiştir. Tasarımı yapılacak projede CW Enerji Müh. Ticaret ve San. Ltd. firmasına ait CWT675-132PM12-V model numarasına sahip olan 675Wp 15 adet monokristal hulf-cut (yarım kesim) fotovoltaik güneş paneli kullanılacaktır. Ayrıca GoodWe Solar Inverter firmasına ait olan GW10KT-DT model numarasına sahip 1 adet 10kW solar invertör kullanılacaktır. Kullanılan diğer malzemeler ise alternatif akım (AC) kabloları

3-fazlı 6 mm<sup>2</sup> bakır iletken ve kablo uzunluğu 25m, dizi kablosu 4 mm<sup>2</sup> alüminyum ve kablo uzunluğu 25m, bir adet üretim sayacı, iki adet devre kesicisi B 25A, bir adet Artık-akım cihazı (FI/RCD) B 20A/30mA kullanılacaktır. Seçimi yapılan bu malzemeler ile PV\*SOL simülasyon programında proje tasarlanmıştır. Böylece PV\*SOL simülasyon programından projenin tek hat şeması elde edilmiştir. Tasarlanan projenin tek hat şeması Şekil 5'te gösterilmiştir. Şekil 5 incelendiğinde 15 adet fotovoltaik güneş paneli seri bağlı tek string (dize) oluşturacak şekilde bağlantısı yapıldığı görülmektedir.



**Şekil 5**


*Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santrali Tek Hat Şeması*

Simülasyonu yapılacak olan 10kW gücündeki GES için seçilen bina çatısı Isparta ilinin merkez ilçesinde bulunan, çatı eğim açısı 33° ve çatı yönü güney batıya bakan bir kamu binası çatısıdır. Bu bina çatı alanına on-grid olarak bir GES projesi yapılacaktır. Fotovoltaik güneş panellerinin verimli bir şekilde çalışabilmesi için güneyle 90° açı yapacak şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Fotovoltaik güneş panellerinin eğim açılarının belirlenmesinde birden fazla yaklaşım bulunmaktadır. Bu çalışmada iki farklı yaklaşımdan söz edilecektir. Birinci yaklaşıma göre fotovoltaik güneş panellerinin eğim açısı sistem yaz ve kış aylarında çalışacaksa GES kurulacak



bölgenin enlem açısı ile aynı olmalıdır. Sistemin sadece yazın kullanılması gerekli ise eğim açısı bölgenin enlem açısından  $15^\circ$  düşük olmalıdır. Eğer sistemin sadece kışın kullanılması gerekli ise eğim açısını bölgenin enlem açısından  $15^\circ$  yüksek olmalıdır. Çünkü güneş ışınları yaz aylarında kış aylarına nazaran daha dik açı ile geldiğinden böyle bir yöntem tercih edilmektedir (Anonim, 2012). Bir diğer yaklaşıma göre ise kurulumu yapılacak GES için optimum eğim açısının GES kurulacak bölgenin enlem açısının 0.69 katının 3.7 fazlası optimum eğim açısı olarak seçilmelidir. İki yaklaşım karşılaştırıldığında yılın her ayın da kullanılabilir bir sistem tasarlanmak istendiğinde ikinci yaklaşımın daha kullanılabilir olduğu söylenebilir (Ceylan & Gürel, 2021). Isparta ili  $37^\circ$  kuzey enleminde yer almaktadır. Bunun

1. Modül Alanı - Bina 01-Çatı Alanı Güney Batı	
<b>PV jeneratörü, 1. Modül Alanı - Bina 01-Çatı Alanı Güney Batı</b>	
İsim	Bina 01-Çatı Alanı Güney Batı
PV modülleri	15 x CWT675-132PM12-V (v1)
Üretici	CW Enerji Müh. Ticaret ve San. Ltd. Şti.
Eğim	$33^\circ$
Yerleşim Yönü	Güneybatı $243^\circ$
Montaj Türü	Çatı paraleli - iyi hava aldırır
PV jeneratör yüzeyi	46,6 m <sup>2</sup>



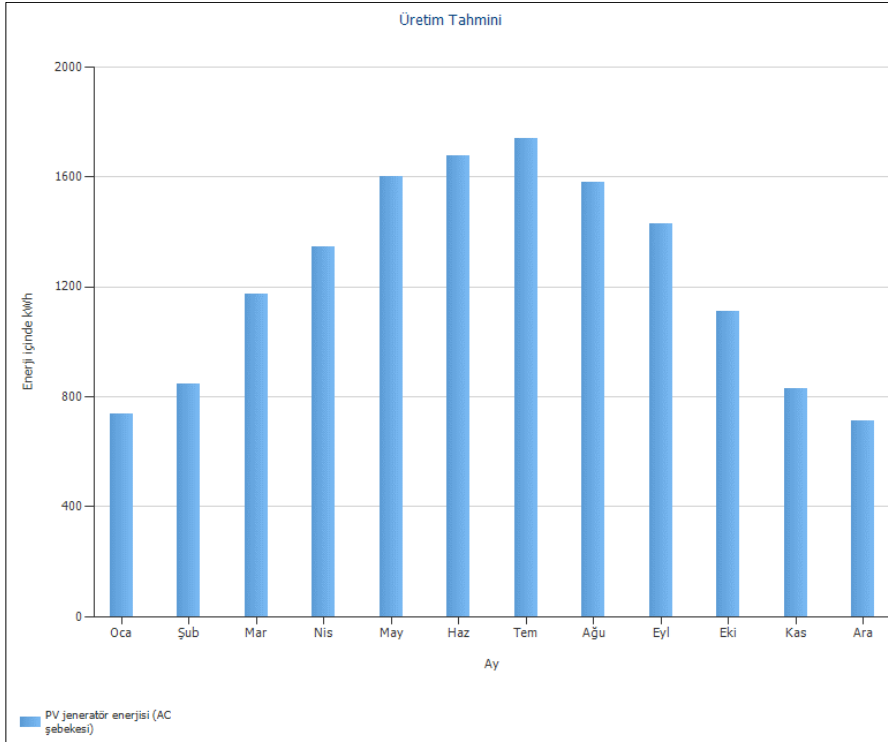
Resim: 1. Modül Alanı - Bina 01-Çatı Alanı Güney Batı

**Şekil 6**

*Bina Çatısı ve Fotovoltaik Panel Yerleşimi*

yanı sıra Çatı GES kurulumlarında çatı eğimine bağlı kalınacağından optimum eğimde bir kurulum yapılamayabilir. Bu çalışmada Isparta ilinde GES kurulumu yapmak için seçilen kamu binasının çatı eğimi ise  $33^\circ$  olarak belirtilmiştir. Bununla birlikte çatı yönü ise güney batı olarak seçilmek zorunda kalmıştır. GES projesinin PV\*SOL programı kullanılarak tasarlanmış görseli Şekil 6'da gösterilmiştir.

Şekil 6 incelendiğinde PV\*SOL simülasyon programı aracılığı ile tasarlanan projenin çatı alanı ve fotovoltaik güneş panellerinin yerleşim planının nasıl yapıldığı gösterilmektedir. Ayrıca Şekil 6 da 15 adet fotovoltaik güneş panelinin kullanıldığı, fotovoltaik güneş paneli üretici firmasının kim olduğu, çatı eğiminin  $33^\circ$  olduğu, fotovoltaik güneş panelinin yerleşim yönünün  $243^\circ$  güney batı olduğu ve fotovoltaik güneş panellerinin  $46,6\text{m}^2$  aralan kapladığı gibi bilgilere de yer verilmektedir. Çatı alanına fotovoltaik güneş panelleri dikey olacak şekilde konumlandırılmıştır. Bütün

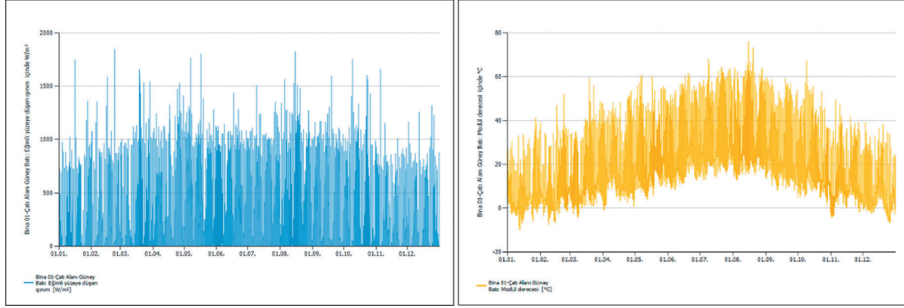


Şekil 7

Bir Yıllık Üretim Tahmini

bu değerler dikkate alınarak tasarlanan projenin simülasyonu yapıldığında 10kW gücündeki fotovoltaik güneş santralının bir yıl içerisinde her aya ait üretim verilerini kWh olarak simülasyon aracılığı ile elde edilebilmektedir. Şekil 7 de bir yıllık üretim tahmini grafik olarak gösterilmiştir. Bununla birlikte istenirse PV\*SOL simülasyonu aracılığı ile daha hassas verilere ulaşabilmek için günlük olarak da üretim tahminleri verisi de elde edilebilmektedir. Ancak bu çalışmada aylık olarak üretim tahmini verileri göz önünde bulundurularak bir simülasyon tasarımı yapılmaktadır.

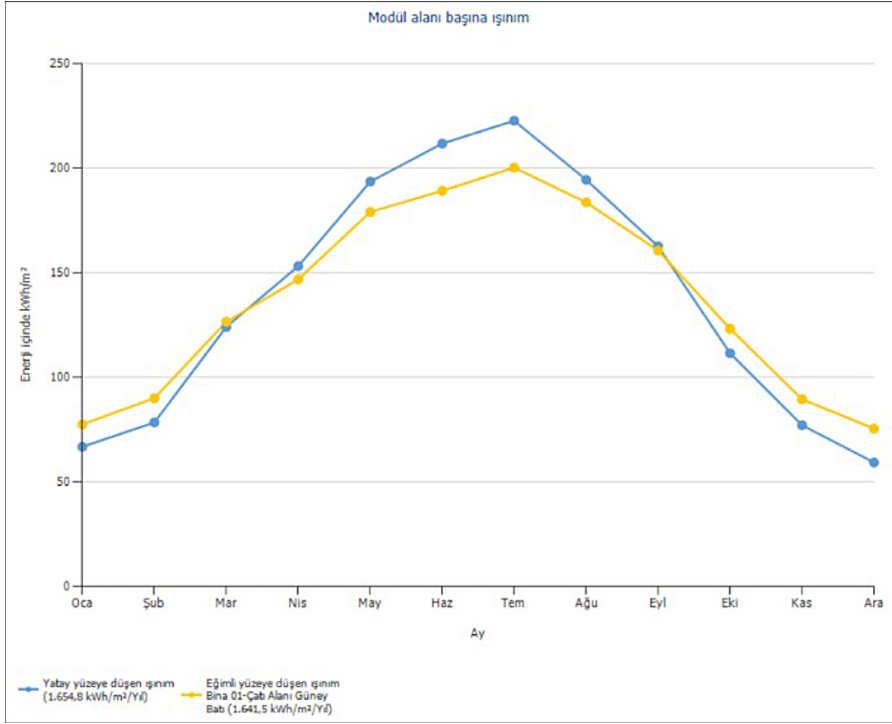
Şekil 7 incelendiğinde bir yıl içerisinde her ayın üretim tahmini kWh cinsinden gösterilmektedir. PV\*SOL simülasyonundan elde edilen bu veriler gösteriyor ki yaz aylarında günlük güneşlenme sürelerinin artması, güneşin fotovoltaik güneş panelleri üzerine daha dik bir açı ile gelmesi ve buna bağlı olarak da fotovoltaik güneş panelleri üzerine düşen güneş radyasyonunun artması ile birlikte yaz aylarında üretim sonbahar ve kış aylarına nazaran bir hayli artış göstermiştir. Son bahar ve kış aylarında fotovoltaik güneş panellerinin üzerinin karla kaplı olması durumunda üretim durmaktadır. Ayrıca yağmur sularının da verime geçerli bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir (Sadıkoğlu, 2018). Fotovoltaik güneş panelleri üzerine düşen güneş radyasyonu ne kadar fazla ve ne kadar dik açı ile gelirse elektrik enerjisi üretim miktarı da ona göre artacaktır. Şekil 8 (a)'da simülasyonu yapılan çatı güney batı yönünde eğimli yüzeye düşen ışınım grafiği gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde yaz aylarında eğimli yüzeye düşen güneş radyasyon miktarında artışlar gözlemlenmektedir. Yaz aylarında güneşli gün sayısının fazla olması ve güneş ışınlarının daha dik açı ile gelmesi bu durumun temel nedenleri arasında yer almaktadır. Burada ışınım miktarı güneş radyasyonunun eğimli yüzeye geliş açısına, yönüne ve güneşlenme süresine göre değişmektedir. Simülasyonu yapılan binanın çatı alanı yönü güneybatı olmak yerine tam güneye bakan bir cephe olsaydı eğimli yüzeye düşen güneş radyasyonu miktarı da artmış olacaktı. Eğimli yüzeye düşen güneş radyasyon miktarının artması ve eğimli yüzeye daha dik bir açı ile gelmesi sonucunda elektrik enerjisi üretimi artarken fotovoltaik güneş hücrelerinin iç sıcaklıkları da artmaktadır. Bu artış ısınmaya bağlı olarak direncin artması ile verimi belirli bir miktar düşürmektedir. Yapılan bu simülasyonda bina çatısı güney batı yönüne montajı yapılan fotovoltaik güneş hücrelerinin iç sıcaklıkları yaz aylarında 70°C düzeylerine kadar çıkmaktadır. Şekil 8 (b)'de güney batı çatı alanı modül sıcaklık derecesi gösterilmiştir.

**Şekil 8**

(a) Çatı Alanı Güney Batı Eğimli Yüzeye Düşen Işınım

(b) Çatı Alanı Güney Batı Modül Derecesi

Şekil 8 (a) ve Şekil 8 (b) karşılaştırıldığında görülecektir ki fotovoltaik güneş panelleri üzerine düşen ışınım ile fotovoltaik güneş modüllerinin iç sıcaklığı arasında pozitif bir korelasyon vardır. Buradan da anlaşılmalıdır ki güneş radyasyon miktarı arttıkça fotovoltaik güneş modülleri sıcaklıkları artmakta bu sıcaklığın artışı ile birlikte ise fotovoltaik güneş hücrelerinin direncinin artmasına bağlı olarak elektrik enerjisi üretimi düşmektedir. Fotovoltaik güneş panellerinin elektrik enerjisi üretiminde verimi artırabilmek çatı kurulumlarında eğimli çatı yüzeyi ile fotovoltaik güneş panelleri arasında belirli bir yükseklik bırakılması gerekir. Çatı yüzeyi ile fotovoltaik güneş paneli arasında kalan boşlukta bir hava sirkülasyonu olacağından panellerin aşırı ısınması da önlenmiş olacaktır. Böylece ısınmanın verime olan olumsuz etkisi azaltılmış olacaktır. Eğimli yüzeyde fotovoltaik güneş panelleri üzerine üç farklı güneş ışınımı düşebilmektedir. Bu ışınımalar direkt, yansıyan ve difüz ışınım olarak tanımlanabilir. Direkt ışınım güneşten doğrudan fotovoltaik güneş panelleri üzerine düşen, yansıyan ışınım bir yüzeye çarptıktan sonra fotovoltaik güneş panelleri üzerine düşen ve difüz ışınım ise atmosferdeki bulutlar ve tozlardan geçerek saçılma uğradıktan sonra fotovoltaik güneş panelleri üzerine düşen güneş ışınımıdır (Abuşka, 2014). PV\*SOL programı ile yapılan simülasyon sonucunda elde edilen on iki aya ait modül alanı başına ışınım değerleri kWh/m<sup>2</sup> olarak Şekil 9'da gösterilmiştir.



**Şekil 9**

*Modül Alanı Başına Işınım*

Şekil 9 incelendiğinde yatay yüzeye düşen ışınımın yaz aylarında arttığı, kış aylarında ise azaldığı gözlemlenebilmektedir. Yine aynı şekilde eğimli yüzeye düşen ışınım miktarının da yaz aylarında artış gözlemlenirken, kış aylarında ise azaldığı gözlemlenmektedir. Güneş ışınlarının geliş açısı yaz aylarında kış aylarına nazaran daha dik bir açı ile geldiğinden güneş radyasyon değerlerinde yaz aylarında artış görülürken kış aylarında ise azalma görülmektedir. Bununla birlikte Şekil 9'da verilen grafik incelendiğinde en fazla güneş radyasyon değerinin temmuz ayında olduğu gözlemlenirken, en düşük güneş radyasyon değerinin ise aralık ayında olduğu gözlemlenmektedir.

## Projenin Ekonomik Analizi

PV\*SOL simülasyon programı aracılığı ile yıllık, aylık hatta günlük verilere de ulaşabilmektedir. Elde edilen bu veriler ile simülasyon programı içerisinde algoritmik olarak değerlendirme yaparak bir ekonomik analiz gerçekleştirilir. Bu ekonomik analiz, simülasyonu yapılan GES'in günlük, aylık ve yıllık olarak üretilen elektrik enerjisinden ne kadar kâr sağlanabileceğini ortaya koymaktadır. GES ilk yatırım maliyeti yüksek olsa da kendisini belirli bir süre sonra amorti etmesinden ve yenilenebilir enerji kaynağı olmasından dolayı tercih sebebi olmaktadır.

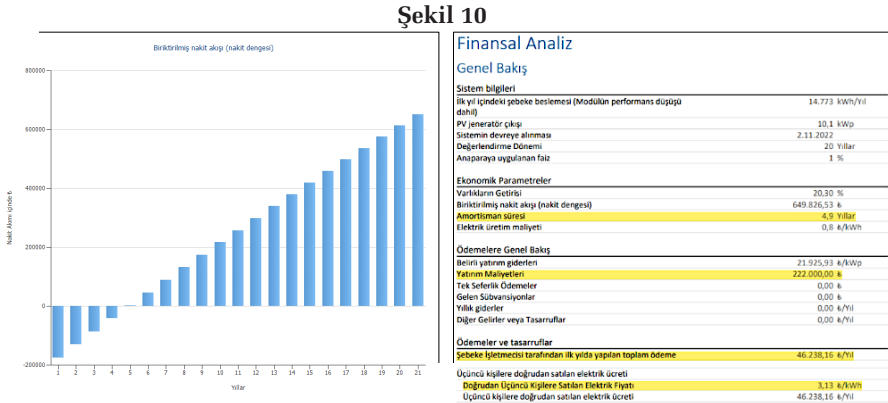
Dinçer (2020), 10 kW Kurulu Güce Sahip Güneş Enerjisi Santrali Çatı Tasarımı ve Maliyet Analizi adlı çalışmada Antalya da bulunan iki çocuklu bir ailenin yaşadığı konut çatısına PV\*SOL programını kullanarak 10 kW kurulu gücü olan bir GES simülasyonu yapmıştır. Yapılan bu simülasyon sonucunda herhangi bir yere GES kurulmak istenildiğinde GES'in kurulmasının yapılmadan önce karşılaşılabilecek sorunları önceden görmeye yardımcı olacağı ve elektrik enerjisi üretim değerlerinin önceden görülebileceği sonucuna ulaşmıştır.

Al-Shagea (2021), Lisanssız elektrik üretiminde şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemlerin performans analizi adlı çalışmada, Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği binasının çatısında bulunan GES gerçek verileri ile simülasyon verilerini karşılaştırmıştır. Yapılan karşılaştırmada birden farklı program kullanılmıştır. Kullanılan programlar incelendiğinde 2018-2019 yılları arasında üretim verileri ile PVsyst verilerine göre %87.5-%91, global solar atlası (GSA) performans yüzdesinin %96.6- %100 aralığında ve PVSOL verilerine göre ise %97.3-%98.1 olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Yapılan bu karşılaştırma sonucunda daha sonra yapılacak çalışmalarda PV\*SOL simülasyon programının kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Kumluoğlu ve Ateş (2022), İskenderun Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi çatısına için 60 kWp/60 kW Çatı GES tasarımını PVGIS, PVSOL, PVSyst isimli üç farklı simülasyon programı kullanarak gerçekleştirmiştir. Projesi yapılan GES'in güncel fiyatlar kullanılarak bir kıyaslaması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yapılan yatırımın kendisini 4.9 yılda amorti edebildiği ve 38 ton karbon salınımının da önüne geçileceği ispatlamıştır.

Ayrıca elde edilen sonuçlar uluslararası enerji ajans kaynakları ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda yapılan çalışmanın tutarlılığı ispatlanmıştır.

Bu çalışmada Isparta ilinde merkez ilçesinde bir kamu binası çatısına kurulan 10 kW güce sahip olan GES'in PV\*SOL programı ile simülasyonu gerçekleştirilmiştir. PV\*SOL ile yapılan projede 2022 yılına ait güncel fiyatlar kullanılarak simülasyon gerçekleştirilmiştir. PV\*SOL programının 2022 yılına ait simülasyonundan elde edilen veriler incelenerek ekonomik bir analiz yapılmıştır. Simülasyonu yapılan GES'in 4.9 yıl gibi bir sürede kendini amorti ettiği ve daha sonraki yıllarda kâr elde ettiği gözlemlenmiştir. Şekil 10 (a)'da biriktirilmiş nakit akışı grafiği ve Şekil 10 (b)'de finansal analiz genel bakışı gösterilmiştir.



(a) Biriktirilmiş Nakit Akış Grafiği

(b) Finansal Analiz Genel Bakış

Şekil 10 (a)'da biriktirilmiş nakit akış grafiği incelendiğinde simülasyonu gerçekleştirilen GES'in dördüncü yılın sonlarına doğru yatırım maliyetini amorti ettiği gözlemlenmektedir. Şekil 10 (b) incelendiğinde ise kurulması düşünülen GES'in yatırım maliyetinin 222.000 TL olduğu ve elektrik enerjisinin satışının kW başına 3,13 TL olduğu buna bağlı olarak yıllık kazancın 46.238,16 TL olduğu görülmektedir. Simülasyonu yapılan GES'in yıllık kazancının her yıl sabit olduğu var sayıldığından GES'in 4.9 yılda kendisini amorti edeceği görülmektedir. Görüldüğü üzere 10 kW gibi küçük güçlü bir GES'in bile ilk yatırım maliyeti oldukça yüksektir. Bu açıdan bakıldığında

ilk yatırım maliyetinin yüksek olması bir dezavantaj olarak söylenebilir. İlk yatırım maliyetinin yüksek olmasında fotovoltaik hücre üretiminde kullanılan bazı maddelerin ithal edilmesinden kaynaklanmaktadır. Ülkemizde kurulan fotovoltaik hücre üreten fabrikaların sayısı arttıkça ve fotovoltaik hücre üretim teknolojisi geliştikçe ilk yatırım maliyetinin daha aşağılara çekilebileceği bir gerçektir. Burada dikkat edilmesi gereken simülasyon programının elektrik enerjisinin satış işlemini sabit bırakması sonucu oluşan hata payıdır. Elektrik enerjisi satışı her zaman sabit değildir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun (EPDK) her dönem belirlediği tarife tutarı bir önceki döneme göre artarak devam etmektedir. PV\*SOL simülasyon programı ise elektrik enerjisi satış değerini her geçen yıl değiştirmeyip sabit tutmaktadır. Bu açıdan bakıldığında elektrik enerjisi satış ücretinin sabit tutulmasının bir eksiklik olduğu söylenebilir. Elektrik enerjisi satışı her dönem için bir önceki döneme göre daha fazla olacağı hesaba katıldığında simülasyonu yapılan GES'in kendisini 4 yıl belki de 4 yılın da altına amorti edebilmesi mümkündür. Elektrik enerjisini dağıtım şirketine satarken, simülasyonun yapıldığı gün itibarıyla kWh başına değeri 3,13 TL'dir. Ancak elektrik enerjisini dağıtım şirketinden alırken kWh başına alınan 3,13 TL'nin üzerine bir de vergiler bindiğinden elektrik enerjisi alım ücreti 3,13 TL değerinden daha fazla olacaktır. Burada satılan elektrik enerjisinden ziyade kullanılan elektrik enerjisinden daha fazla kâr sağlandığı görülmektedir. Böylece GES kurulacak olan kamu binası kendi elektrik enerjisini ürettiği için şebekeden elektrik enerjisi almadığı miktar kadar da vergilendirilmeden muaf olacağından daha da fazla kâr sağlanacağı görülmektedir. Durum böyle iken kurulması düşünülen GES'in amortisman süresi simülasyonda hesap edilen 4.9 yıldan daha kısa zamanda gerçekleşecektir. Kendisini amorti ettikten sonra ise üretilen elektrik enerjisi tamamen kâr olarak kullanılmasının yanında üretim fazlası oluşması durumunda ise gerekli anlaşmaların yapılması ile ilgili dağıtım şirketine satılması mümkün olmaktadır. Ülkemizde dağıtım şirketleri ile yapılan anlaşmalar 10 yıl ile sınırlı olmaktadır. 10 yıl için imzalanan sözleşme süresi geçtikten sonra uygun şartların oluşması ve gerekli revizyonların yapılması durumunda ise yeniden elektrik enerjisi satışı için yeni bir sözleşme imzalanarak elektrik satışına devam edilebilmektedir.

Simülasyonu yapılan GES'in 4 yıl gibi bir sürede kendisini amorti ettiği görülmektedir. Fotovoltaik hücre üretim teknolojisi geliştikçe fotovoltaik hücre verimliliği artacaktır. Fotovoltaik hücre verimliliğinin artması ile bir-





likte fotovoltaik güneş panelleri daha az alan kaplayacaktır. Yani daha küçük bir alandan daha fazla elektrik enerjisi elde edilebilecektir. Bu gibi teknolojik gelişmelerin ülkemizde ve dünyada artmasıyla birlikte fotovoltaik güneş paneli üretim maliyeti düşecektir. GES yatırımında en büyük maliyeti oluşturan fotovoltaik güneş panellerinin üretim maliyetinin düşmesi ilk yatırım maliyetini de düşürecektir. Böylece kurulacak GES'in amortisman süreleri daha aşağılara çekilebilecektir. Ancak şu an ki durumda GES'in amortisman süresi 4 yıl gibi bir zaman almaktadır. 4 yıl amortisman süresi için biraz fazla görülse de daha sonraki yıllarda elektrik enerjisi tüketimine para harcanmayacağı gibi üretilen fazla elektrik satılabileceğinden oldukça kârlı bir yatırım olarak görülmektedir. Ayrıca elektrik enerjisi ihtiyacı fosil kaynaklar yerine yenilenebilir bir kaynak olan güneş enerjisinden karşılanmış olacaktır.

## Sonuç

Bu çalışmada PV\*SOL simülasyon programı kullanılarak Isparta ilinde merkez ilçesinde bir kamu binası çatısına 10kW gücünde bir GES kurulumu yapılmıştır. 2022 yılında yapılan bu simülasyon sonucunda oluşan veriler ekonomik olarak analiz edilmiştir. Simülasyon sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde simülasyonu yapılan GES bugün ki elektrik satış fiyatları dikkate alındığında bir yılda toplam 45690 TL kazandırmaktadır. Sistemin bu doğrultuda çalışması durumunda amortisman süresinin 4,9 yıl olduğu anlaşılmaktadır. Ancak elektrik satış ücreti sabit olmayıp belirli aralıklarla zam yapılması söz konusudur. Durum böyle iken üretilen elektrik enerjisi yıl bazında kWh olarak kayda değer bir değişim göstermezken her yılın kazanç miktarı TL bazında aynı olmayacak ve her yıl elde edilen kazanç bir önceki elektrik enerjisi satış dönemine göre fazla olacağından simülasyonu yapılan GES'in amortisman süresinin daha kısa olacağı görülmektedir. Ayrıca elektrik enerjisinin şebekeden alınması durumunda alınan elektrik enerjisine vergilerinde eklenmesi söz konusudur. Yani dağıtım şirketinden elektrik enerjisi satın alırken projenin tasarlandığı gün itibariyle 3,13 TL olan elektrik enerjisi fiyatının üzerine vergilerinde binmesiyle 3,13 TL'den daha fazla bir değerde satın alınmış olmaktadır. Oysa ki bir GES kurulumu yapıldığında kendi elektrik enerjisi ihtiyacını kendisi karşılayan bir sistem kurulduğundan bahsedilen vergilerinde alınmayacağından bu konuda da bir avantaj sağlanmış olacaktır. Hal böyle iken kurulumu yapılan

GES'in amortisman süresinin 4 yıl belki de 4 yılın altında olacağı görülmektedir. Yani bir kamu binası ya da herhangi bir konut çatısına yapılacak olan GES kendisini 4 yıl gibi bir sürede amorti ederek sonraki yıllarda ise yıllık yaklaşık olarak 14.000 kW elektrik enerjisi tüketen kamu binası veya herhangi bir konutun tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabileceği gözlemlenmiştir. Yapılan bu sistem ile doğadaki sera gazı emisyonunu salınımı engellendiğinden daha temiz ve daha yaşanılabilir bir dünyaya katkıda bulunulurken hem de maddi kazanç sağlanmış olacaktır.

Bu çalışmada görüldüğü üzere bir GES kurulmadan önce santralin kurulması istenilen bölgede, PV\*SOL simülasyon programı aracılığı ile bir proje tasarlanmıştır. GES'in kurulum maliyeti, amortisman süresi ve ilerleyen yıllarda elde edilecek kazanç hesaplanmıştır. Kurulması istenilen bir GES için PV\*SOL veya benzeri programların kullanılması, yatırım yapılmadan önce karşılaşılabilecek sorunları ve bu sorunları giderme anlamında oldukça faydalı olacağı görülmüştür.



## Kaynaklar

- Anonim (2022). Güneş. <https://www.teias.gov.tr/kurulu-guc-raporlari> (Son erişim tarihi: 03.011.2022)
- Anonim (2020). Güneş. <https://gepa.enerji.gov.tr/> (Son erişim tarihi: 03.011.2022)
- Anonim (2022). Fotovoltaik Sistemler Tasarım Yazılımı. <https://catakli-enerji.com/pv-sol-software/> (Son erişim tarihi:10.11.2022)
- Abuşka, M. (2014). Güneş Enerjisi ve Uygulamaları Ders Notları. Manisa: Celal Bayar Üniversitesi Akhisar Meslek Yüksekokulu.
- Anonim (2022). Panel, A. A. G., & Kurulması, S. Yenilenebilir Enerji Teknolojileri.
- Al-Shagea, E. (2021). Lisanssız Elektrik Üretiminde Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Sistemlerin Performans Analizi (Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Ceylan, İ., & Gürel, A. E. (2018). Güneş Enerjisi Sistemleri ve Tasarımı. Bursa: Dora basım-yayın dağıtım.
- Ceylan, İ., & Gürel, A. E. (2021). Güneş Enerjisi Sistemleri ve Tasarımı. Bursa: Dora basım-yayın dağıtım.
- Diñçer, F. (2020). 10 kW Kurulu Güce Sahip Güneş Enerjisi Santrali Çatı Tasarımı ve Maliyet Analizi. *Recent Advances in Science and Technology*, 237.
- Haselhuhn, R., & Hemmerle, C. (2012). Temeller: Fotovoltaik sistemler. Editörler: Çataklı, M., Çataklı Enerji Yayıncılık, İstanbul
- Kumluoğlu, L. C., & Ateş, S. B. (2022). Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli ve İskenderun için Örnek Üretim Projeksiyonu. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 37(1), 293-305.
- Mutlu, A. (2010). Fotovoltaik çatı sistemlerinin tasarımı için bir model önerisi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Onay, E. (2019). Fotovoltaik panellerin verimliliğinin artırılmasında otomasyon sistemli su soğutma uygulaması: Antalya örneği. (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Öztürk, H. H. Güneş enerjisinden fotovoltaik yöntemle elektrik üretiminde güç dönüşüm verimi ve etkili etmenler.
- Sadıkoğlu, F. (2018). 1 MWp şebekeye bağlı güneş enerjisi santrali performans analizi (Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Turan, O. 1 MWp Kapasiteli Çatı Tipi Dağıtık Güneş Enerji Santralinin Tasarımı ve Simülasyon Uygulaması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 34(2), 609-626.

## **Yazar Katkıları**

Çalışmanın her aşamasında tüm yazarlar ortak katkı sağlamıştır.

## **Çıkar Çatışması**

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## **Fonlama**

Bu çalışma için herhangi bir finansman desteği alınmamıştır.

## **Not**

“Isparta ili için güneş enerjisi santrali (fotovoltaik) çatı uygulamasından elde edilen saha verileri ile simülasyon verilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi” İsimli yazılmakta olan yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

## **Etik Bildirim**

Çalışma Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.



# Hızlı Islah Teknolojisi Kullanılarak Ekmeklik Buğdayda Rekombinant Kendilenmiş Hat Popülasyonunun Geliştirilmesi

Development of Recombinant Inbred Line Population in Bread Wheat  
Using Speed Breeding Technology

Bedrettin DEMİR<sup>1</sup>, Yaşar KARADUMAN<sup>2</sup>, Nevzat AYDIN<sup>3\*</sup>

1) Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye,

**ORCID:** 0000-0002-8892-2282, bedrettindemir@kmu.edu.tr,

2) Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye,

**ORCID:** 0000-0003-1306-3572, yasar.karaduman@ogu.edu.tr

\*3) Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye,

**ORCID:** 0000-0003-3251-6880, nevzataydin@kmu.edu.tr

**Geliş Tarihi:** 27/05/2022 - **Kabul Tarihi:** 11/09/2022

**DOI:** 10.55205/joctensa.12202269

**ATIF:** Demir B., Karaduman Y. ve Aydın N. (2022). Hızlı Islah Teknolojisi Kullanılarak Ekmeklik Buğdayda Rekombinant Kendilenmiş Hat Popülasyonunun Geliştirilmesi. Cihannüma Teknoloji Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2(1), 36-57.

## Öz

Çavdar translokasyonu buğday ıslahında yaygın olarak kullanılan önemli bir genetik kaynak olmakla birlikte buğdayın ekmeklik kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmada farklı Yüksek ve Düşük Molekül ağırlıklı glütenin alt ünite (YMA-GA, DMA-GA) kombinasyonlarını taşıyan aynı zamanda çavdar translokasyonu taşıyıp taşıymasına göre genetik bir açılım gözlenen rekombinant kendilenmiş hat popülasyonu geliştirilmiştir. Rekombinant kendilenmiş hat popülasyonunun geliştirilmesinde hızlı ıslah teknolojisi ve tek tohum soy yöntemi kullanılmıştır. Bir generasyon süresi 50-70 gün arasında değişmiştir. F<sub>5,6</sub> generasyonunda 287 adet kendilenmiş hattın elde edildiği çalışmada genetik olarak beklenen 16 farklı YMA-GA ve DMA-GA kombinasyonu gözlenmiştir. Geliştirilen hatların 99 adedinin *TBL1RS* çavdar translokasyonu taşıdığı belirlenmiştir. Protein kalitesinin belirlenmesi için yapılan Gluten Şişme İndeksi (GSI) analizi sonucunda Glu-B3b alleli taşıyan hatların 3.089 değerine sahip iken, çavdar translokasyonu taşıyan (*Glu-B3j* alleli) hatların 3.013 değerine sahip olduğu saptanmıştır. Protein oranının ise Glu-B3b alleli taşıyan hatlarda %21.41, *Glu-B3j alleli* taşıyan hatlarda %20.33 olduğu saptanmıştır. Elde edilen rekombinant kendilenmiş hat popülasyonu çavdar translokasyonu ile YMA-GA ve DMA-GA ünitelerinin ekmeklik buğdayın kalite özelliklerine etkisinin araştırılabileceği materyal olarak kullanılabilir. Araştırma sonuçları hızlı ıslah teknolojisinin buğdayda kısa sürede araştırma materyali geliştirmek için etkin olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

**Anhtar Kelimeler:** Hızlı Islah, Çavdar Translokasyonu

\* Sorumlu Yazar: nevzataydin@kmu.edu.tr

## Abstract

Rye translocation is a significant genetic resource widely used in bread wheat breeding, but it negatively affects the bread-making quality. A recombinant inbred line population (RILs) containing different glutenin subunit (GS) combinations of High and Low Molecular Weight (HMW and LMW) and also carries rye translocation or not was developed in the study. We used speed breeding technology and the single seed descent method to develop recombinant lines (RILs). The plants were grown in the plant growth room using Light-Emitting Diode (LED) lamps with a broad spectrum in 22 hours of light and 2 hours of darkness. A generation period ranged between 50-70 days. We obtained two hundred eighty seven inbred lines in  $F_{5,6}$  generation of the RILs population containing 16 different HMW-GS and LMW-GS combinations, genetically anticipated. Ninety-nine of the RILs carried 1BL.1RS rye translocation. As a result of the Gluten Swelling Index (GSI) analysis performed to determine the protein quality, it was determined that the lines carrying the Glu-B3b allele had a GSI value of 3.089, while the lines carrying the rye translocation (*Glu-B3j* allele) had a GSI value of 3.013. The protein content was found to be 21.41% in the lines carrying the Glu-B3b allele and 20.33% in the lines carrying the *Glu-B3j* allele. The RILs could be used to investigate the effect of HMW-GS and LMW-GS and rye translocation on the quality properties of bread wheat. The results showed that speed breeding technology is helpful to develop research material in bread wheat in a short period.

**Keywords:** Speed Breeding, Rye Translocation.

## GİRİŞ

Günümüzde olduğu gibi gelecekte de gıda güvenliği insanlığın ilk önceliği olacaktır. Geniş adaptasyon yeteneği ve birim kalori üretiminde diğer bitkilere kıyasla daha düşük su tüketimiyle tahıllar gıda temininde kullanılan stratejik bitkilerdir. 2050 yılında gıda temininin karşılanabilmesi için tahıl üretiminin %50 oranında artırılması gerektiği ön görülmektedir (Lopes vd., 2012). Pirinç, patates ve mısırla birlikte dünyada kalori ihtiyacının yaklaşık olarak yüzde 60'ını karşılayan buğday bu anlamda gelecekte de önemli bir yere sahip olacaktır (Shewry ve Hey., 2015). Biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin arttığı bir dünyada gıda ihtiyacının karşılanması tarımsal araştırmaların en zorlu görevidir. Şüphesiz bu görevin başarılmasında bitki ıslahının katkısı önemlidir (Hickey vd., 2017). Günümüzde bitki ıslahı teknolojik gelişmeler sonucunda fenotipik ve genotipik veri üretiminde önemli bir potansiyele kavuşmuştur (Elango vd., 2021). Bununla birlikte ıslah programları için önemli sınırlayıcılardan biri açılan generasyonda homozigot bireylerin yetiştirilmesi için geçen süredir. Nitekim bu konuda beklenen yenilik, 2018 yılında hızlı ıslah teknolojisinin geliştirilmesiyle yaşanmıştır (Watson vd., 2018; Ghosh vd., 2018). Yazlık buğdayda yılda 6 generasyon yetiştirme imkânı sağlayan hızlı ıslah teknolojisi yayınlanmasının ardından dünyada birçok ıslah programı tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Hızlı

ıslah teknolojisi yeni çeşitlerin geliştirilmesi yanında tarımsal araştırmalara konu olacak genetik materyallerin geliştirilmesinde de önemli bir katkı sağlamaktadır (Ghosh vd., 2018).

Ekonomik öneme sahip özellikleri kontrol eden genlerin moleküler olarak belirlenmesi ıslah programlarına değerli katkılar sağlamaktadır. Genotipik verilerin üretilmesinde farklı özelliklere sahip haritalama popülasyonları kullanılmaktadır (Moose ve Mumm., 2008). Rekombinant kendilenmiş hat popülasyonları homozigot hatlarda çalışma imkânı sunması ve hatlarda ortaya çıkan yüksek rekombinasyon oranıyla hem genetik araştırmalar da hem de elit materyal geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Bordes vd., 2014). Buğday ıslahında genotipik bilgilerin üretilmesi yanında diğer önemli bir konu da genetik varyasyonun ıslah hedeflerine uygun şekilde geniş tutulmasıdır (Lopes vd., 2015).

Genetik varyasyonun genişletilmesi ve hedef genlerin kullanılmasında sırasıyla yerel genotipler ve yabancı türler tercih edilmektedir. Bu amaçla kullanılan diğer önemli bir kaynak da akraba türlerdir. Bu kapsamda buğday ıslahında kullanılan önemli genetik kaynaklardan biri de çavdardır. Çavdar translokasyonu dünyadaki birçok buğday ıslah programında yaygın olarak kullanılmaktadır. Çavdar translokasyonu taşıyan çeşitler Dünya’da yoğun olarak yetiştirilmekte ve bu genotipler ıslah programlarında ebeveyn olarak kullanılmaktadır (Rabinovich, 1998; Graybosch, 2001). Çavdar translokasyonları verim potansiyeli, stabilite, abiyotik ve biyotik stres faktörlerine tolerans konusunda önemli avantajlar sağlamasına rağmen (Moreno-Sevilla vd., 1992; Moreno-Sevilla vd., 1995; Villareal vd., 1998; Graybosch., 2001; Kim vd., 2004; Hoffman., 2008; Ehdaie., 2011) buğdayın ekmeklik kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Zeller ve Hsam, 1984; Dhaliwal ve MacRitche, 1990; Graybosch vd., 1990; Bullrich vd., 1998; Graybosch, 2001; Gobaa vd., 2008; Li vd., 2009; Zheng vd., 2009; Moiraghi vd., 2013; Ma vd., 2019; Rasheed vd., 2019). Çavdar translokasyonu taşıyan genotiplerde kalitenin düşük olması genellikle *Glu-B3* lokusunda bulunan DMA glutenin alt ünitelerinin bulunmaması ve çavdardan transfer edilen secalin proteini nedeniyle. Bununla birlikte çavdar translokasyonu taşıyan genotiplerin kalite veya agronomik özelliklerine bu genotiplerin genetik tabanlarının etkisinin olduğu da unutulmamalıdır. Günümüz buğday ıslah programlarının önemli araştırma hedeflerinden biri de çavdar translokasyonu taşıyan

genotiplerin kabul edilebilir kalite özelliklerine sahip olmasıdır. Bu hedefin başarılmasında ilk akla gelen genotipik kaynaklar, YMA-GA ve DMA-GA üniteleridir. Bu polimerik yapıların tek başına buğdayın ekmeklik kalitesinde ortaya çıkan değişimin yüzde 47-60'ının kaynağı olduğu bildirilmiştir (Payne, 1987; Rakszegi vd., 2005). Graybosch (2001) çavdar translokasyonu taşıyan genotiplerin kalite özelliklerini iyileştirmeyi hedefleyen çalışmalarda ebeveynlerden birinin güçlü glutene sahip olması ve ideal YMA glutenin alt ünitelerini taşıması gerektiğini bildirmiştir.

Bu kapsamda ilk akla gelen genetik kaynak overexpress özelliğe sahip olan Bx7<sup>OE</sup> alt ünitesidir. Overexpress özelliğe sahip Bx7<sup>OE</sup> YMA glutenin alt ünitesinin buğday ununda extra güçlü glutenin genetik kaynağı olduğunu gösteren birçok araştırma bulunmaktadır (Marchylo vd., 1992; D'Ovidio vd., 1997; Butow vd., 2003; Ragupathy vd., 2008; Li vd., 2014; Rasheed vd., 2019). Howell vd., (2014) çavdar translokasyonu taşıyan Arjantin buğdaylarında Bx7<sup>OE</sup> YMA alt ünitesinin ekmek olma kalitesini olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Türkiye'de yapılan bir çalışmada güncel yetiştiriciliği yapılan çeşitlerin de bulunduğu genotiplerden 100 tanesi taranmış ve genotiplerin sadece dört tanesinin çavdar translokasyonu taşıdığı tespit edilmiştir (Yediay vd., 2010). Bu çeşitler; Yıldız98, Tahirova2000, Osmaniye ve Seri82'dir. Türkiye'de çavdar translokasyonu taşıyan çeşit sayısının bu denli az olmasında ekmeklik kalite özelliklerinin bu genotiplerde düşük olması etkili olabilir. Rasheed vd., (2019) dünyadaki ıslah programlarında wbm (wheat bread-making gene) ve Bx7<sup>OE</sup> alt ünitesinin çok yaygın olmadığını bildirmişlerdir.

Çavdar translokasyonu taşıyan genotiplerin diğer önemli bir özelliği de genetik tabana bağlı olarak kurağa tolerans göstermeleridir. Çavdar translokasyonu taşıyan genotiplerin kuraklığa toleransı genellikle kök özellikleriyle ilişkilendirilmiş ve bu ilişkinin moleküler kaynakları belirlenmiştir (Villareal vd., 1998; Ehdaie vd., 2003; Sharma vd., 2009; Sharma vd., 2011). Ayrıca bitki örtüsü sıcaklığı ile kök özellikleri arasındaki güçlü ilişki de (Lopes ve Reynolds, 2010) göz önüne alındığında çavdar translokasyonunun kurak alanlar için önemi bir kat daha artmaktadır. Howell vd., (2014) standart çavdar translokasyonu taşıyan ve Sec-1 lokusu taşımayan yakın izogenik hatlarda yaptıkları çalışmada standart çavdar translokasyonu taşıyan hatların, Sec-1 lokusu taşımayan hatlardan daha yüksek verim potan-





siyeline ve kuraklıkla ilişkili daha avantajlı parametrelere sahip olduklarını belirlemişlerdir. Araştırma sonuçları moleküler olarak Sharma vd., (2011) tarafından elde edilen sonuçlarla uyum içerisindedir.

Araştırmada hızlı ıslah teknolojisi kullanılarak çavdar translokasyonu taşıyan ve taşımayan hatların yer aldığı ekmeklik buğdayın kalite özellikleri üzerine farklı YMA-GA ve DMA-GA ünite kombinasyonlarının etkilerinin araştırılabileceği bir rekombinant kendilenmiş hat popülasyonu geliştirilmiştir.

## MATERYAL VE METOD

### Bitki Materyali

Tosunbey ve Tahirova2000 ekmeklik buğday çeşitlerini kullanarak geliştirmiş olduğumuz rekombinant kendilenmiş hat popülasyonundan kalite özelliklerine ve çavdar translokasyonu taşıyıp taşımasına göre iki tane hattı ebeveyn olarak seçtik. Bu hatlardan biri 2\*, 7+9, 5+10 YMA glütenin alt ünitelerini ve DMA glütenin alt ünitelerini kodlayan *GluA3e*, *GluB3j* ve *GluD3b* allellerini ve 1BL.1RS çavdar translokasyonu taşımaktadır ve bu hattın protein kalitesi düşüktür ve bu çalışmada RILs44 olarak adlandırılmıştır. Diğer hat ise 1, 17+18, 5+10 YMA glütenin alt ünitelerini ve DMA glütenin alt ünitelerini kodlayan *GluA3b*, *GluB3b* ve *GluD3b* allellerini taşımakta ve çavdar translokasyonu taşımamaktadır ve protein kalitesi yüksek bir hattır. Bu hatta, Kanada kökenli Glenlea çeşidinden overexpress özelliğine sahip 7<sup>OE</sup>+8\* alt ünitesini biyokimyasal markör destekli geriye melezleme yöntemiyle transfer ettik. BC4F<sub>3:4</sub> generasyonunda 1, 7<sup>OE</sup>+8\*, 5+10 alt ünitelerini ve *GluA3b*, *GluB3b* ve *GluD3b* allellerini taşıyan yakın izogenik bir hat elde ettik ve bu hat araştırmada NILs78 olarak adlandırılmıştır. RILs44 ve NILs78 hatları kullanılarak yeni bir rekombinant kendilenmiş hat popülasyonu geliştirilmiştir. Araştırma sonucunda 16 farklı YMA-GA ve DMA-GA kombinasyonunun gözlendiği F<sub>5:6</sub> generasyonunda 287 adet kendilenmiş hat geliştirilmiştir (Tablo 1).

## Populasyonun geliştirilmesi

Populasyonun geliştirilmesinde tek tohum soy yöntemi (Brim, 1966) ve hızlı ıslah teknolojisi (Watson vd., 2018, Hickey vd., 2017) kullanılmıştır. Bitkiler, ışıklandırması geniş spektrumlu Light-Emitting Diode (LED) lambaların kullanıldığı bitki büyütme odasında 22 saat ışık, 2 saat karanlık periyotta yetiştirilmiştir. Işıklı periyotta oda sıcaklığı  $25 \pm 1$  °C, karanlık periyotta ise  $18 \pm 1$  °C olacak şekilde klima (Mitsubishi) ile iklimlendirilmiştir. Rekombinant kendilenmiş hat populasyonunun geliştirilmesinde kullanılan genotipler 4°C'deki buzdolabında yaklaşık 30 gün süreyle vernalize edilmiştir. Bitkilerin yetiştirilmesi için Klassman TS1 besin elementi katkılı torf (Almanya) kullanılmıştır. Vernalize olan bitkiler 4x4 cm çapında ve 6,5 cm yüksekliğindeki gözlere sahip çoklu saksılara (viyol) dikilmiştir. Bitkilere düzenli olarak makro ve mikrobis elementleri içeren kombi gübrelerle gübreleme yapılmıştır. Bitkilerde besin elementi eksikliği gözlenmesi durumunda yapraktan gübreleme uygulaması da yapılmıştır. Bitkilerin gelişme dönemlerine ilişkin veriler toplanmıştır. Bitkilerin ilk yaprak ve üçüncü yaprak çıkışı, sapa kalkma dönemi, gebecik (booting), başaklanma ve çiçeklenme dönemlerine ilişkin veriler toplanmıştır. Bitkiler çoklu saksılarda yetiştirildiği için hatların tek tek verileri alınamamış genel olarak ilk gelişme gösteren ve son gelişme gösteren hatlara ilişkin veriler toplanmıştır. Hasat zamanı son çiçeklenen bitkilere göre yapılmıştır. F3 generasyonundan sonra populasyondaki bitkiler erkenciler ve gecçiler olarak iki farklı grup halinde ekilmeye ve hasat edilmeye başlanmıştır. Bitkilerin hasat edilmesi genel olarak çiçeklenmeden 17-20 gün sonra gerçekleştirilmiş ve hasat edilen başaklar 35 °C kurutulmuştur (Daihan inkübatör). Kurutulan başakların her birinden bir tane alınarak 4 °C'deki buzdolabında dormansilerinin kırılması amacıyla 4-5 gün süreyle tutulmuştur. Daha sonra bu tohumlar 20 °C'deki bitki büyütme kabini (Nüve Bitki Büyütme Kabini) iki gün süreyle tutulmuş ve petri içerisinde çimlenmeye başlayan tohumlar vernalize edilmek üzere buzdolabına alınmıştır. Bu işlemler (Watson vd., 2018) ve (Hickey vd., 2017) tarafından belirtilen hızlı ıslah teknolojisine göre gerçekleştirilmiştir.

## Kalite özelliklerinin belirlenmesi için sera denemesinin yürütülmesi

Geliştirilen haritalama populasyonundan farklı HMW-GS ve LMW-GS kombinasyonları sahip RILs seçilmiş ve tam kontrollü serada denemeye alınmıştır. Serada sıcaklık  $25 \pm 3$  °C olacak şekilde ayarlanmıştır. Sera saat 17.00-02.00 saatleri arasında 400 w değerindeki halojen lambalarla aydınlatılmıştır. RILs bitkileri 3 litrelik saksılara ekilmiştir (Akyüz saksı). Bitkilerin yetiştirilmesinde popülasyonların geliştirilmesi başlığı altındaki agronomik uygulamalar yapılmıştır. Gübreleme ve sulama miktarları her saksı için eşit miktarda uygulanmıştır. Saksıların yeri her hafta periyodik olarak aynı sıralamayla değiştirilmiştir. Bitkilerin gelişme dönemleri yanında bitki boyu, başak boyu, başakta tane sayısı ve tane ağırlığı gibi bitkisel özelliklerine ilişkin veriler toplanmıştır.

## Kalite analizleri

Çalışmada NILs78 ve RILs44'ün melezlenmesinden elde edilen glutenin alt ünitelerini taşıyan kendilenmiş hatların  $F_{5,6}$  tohumları kullanılmıştır. Elde edilen tohumlar siklon değirmende öğütülerek un haline getirilmiştir. Perten Inframatic IM 9500 cihazının (Perten Instruments, Sweden) un modülü kullanılarak unların protein oranları belirlenmiştir ve kuru maddedeki içeriğine göre yüzde olarak ifade edilmiştir.

*Gluten* şişme indeksi (GSI) Wang ve Kovacs (2002) tarafından geliştirilen yöntemle göre yapılmıştır. Her generasyona sahip örneklerden 40 mg tartılarak 1.5 ml plastik mikrosantrifüj tüpüne konulmuş ve 0.6 ml distile su ilave edilmiştir. Tüpler hızla kapatılarak vorteks karıştırıcı (Vortex Genie 2, Scientific Industries, Bohemia, NY) ile beş saniye boyunca iyice karıştırılmıştır. Daha sonra tüpler bir termomikserde (Eppendorf model 5436, Brinkmann Instruments, Westbury, NY) 1400 rpm'de 20 dakika boyunca karıştırılmıştır. Approved Method 56-70'de (AACC 2000) tarif edildiği gibi 0.6 ml SDS-laktik asit stok solüsyonu eklenmiştir ve tüpler beş saniye vortekslenmiştir. Tüpler daha sonra 10 ve 20 dakika aralıklar da beş saniye vorteksleme yapılarak 20 dakika boyunca 1400 rpm'de termomiksere yerleştirilmiş ve ardından beş dakika boyunca 300 x g'de santrifüjlenmiştir (Micromax model, International Equipment Co., Needham Height, MA). Kalıntının yüzeyine temas etmemesine özen göstererek süpernatant atılmıştır.

Daha sonra tüpler ve çökeltiler tartılmış ve GSI %14 nem esası dikkate alınarak şişmiş çökeltinin ağırlığının orijinal numune ağırlığına bölünmesiyle hesaplanmıştır. Serada yürütülen denemeler augmentin deneme desenine göre kurulmuştur. Bu deneme deseninde kontrol olarak kullanılan hatlar her bir blokta yer alırken hatlar bloklarda tekerrürsüz olarak bir kez yer almaktadır.

## Moleküler analizler

Yüksek molekül ağırlıklı (YMA) ve Düşük molekül ağırlıklı (DMA) glutenin alt (GA) ünitelerinin belirlenmesi için buğday genotiplerinin YMA-GA, Masci vd. (2000) ve Gianibelli vd. (2002) tarafından tanımlanan ve Koyuncu (2009) tarafından modifiye edilerek detaylı protokolü verilen sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforez (SDS-PAGE) yöntemi ile belirlenmiştir. 287 adet kendilenmiş rekombinant hatta ait her bir tohum numaralandırılarak yarısı neşter ile kesilmiştir. Kesilen buğday tanesi havanda ezildikten sonra sırasıyla %70 (v/v) etanol ve %50 (v/v) 1-propanol ile muamele edilmiştir. *Glutenin* olmayan proteinler uzaklaştırılmıştır. Daha sonra Singh vd., (1991) tarafından önerilen yöntemle glutenin proteinleri ekstrakte edilerek indirgenmiş ve SDS-PAGE sistemi kullanılarak yürütülmüştür. YMA ve DMA glutenin alt üniteleri görüntü işleme sisteminde (BioRad) görüntülenmiş ve hatların sahip olduğu alt üniteler belirlenmiştir.

## BULGULAR

### Haritalama populasyonunda yer alan hatların YMA ve DMA glutenin alt ünite kombinasyonları

Araştırmada çavdar translokasyonu taşıyan ve taşımayan hatlarda farklı YMA ve DMA glutenin alt ünitelerinin buğdayın kalitesine etkisini araştırma amacıyla kullanılacak bir haritalama populasyonu geliştirilmiştir. Haritalama populasyonunun geliştirilmesinde Mendel açılımına göre gerçekleşmesi muhtemel YMA ve DMA glutenin alt ünitesi kombinasyonları ve araştırma sonucu bu kombinasyonlarda gerçekleşen hat sayılarına ilişkin veriler Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde görüleceği üzere hem *Glu-B3j* allelini yani çavdar translokasyonu taşıyan hem de overexpress özelliğine sahip 7 nolu alt üniteyi taşıyan dört adet kombinasyon belirlenmiştir. Teorik olarak protein kalitesinin  $7^{OE}+8^*$  YMA glutenin alt ünitesi



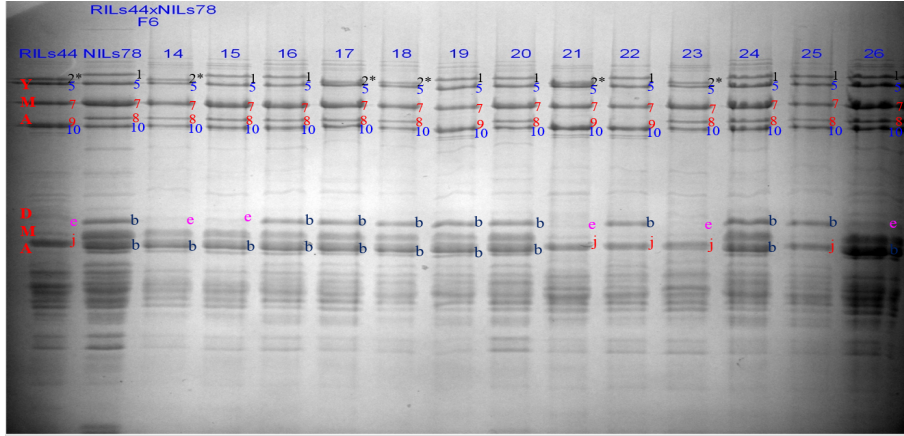
yanında *Glu-A3* ve *Glu-B3* allelleri için DMA alt ünitesini taşıyan hatlarda yüksek olması beklenirken, çavdar translokasyonu taşıyan (*Glu-B3j*) hatların protein kalitesinin düşük olması beklenir. Ebeveyn genotipler *Glu-D1* ve *Glu-B3* allelleri için aynı alt üniteleri taşıdığı için bu alleller bakımından açılım gözlenmemiştir.

Haritalama popülasyonunda toplam olarak  $F_{5:6}$  generasyonunda 287 adet hat geliştirilmiştir. Farklı allel kombinasyonlarına sahip hatların sayısı 6 ile 51 arasında değişmiştir (Tablo 1). Tek tohum soy yöntemine göre geliştirilen haritalama popülasyonunda hatların allel kombinasyonu dengeli bir şekilde dağılmamıştır, bu da beklenen bir durumdur. Bazı kombinasyonlardaki hat sayısının artması için popülasyondaki hat sayısı F2 generasyonundan itibaren artırılmalıdır. Geliştirilen haritalama popülasyonu çavdar translokasyonu taşıyan hatların protein kalitesi üzerine YMA glutenin alt üniteleri ve DMA glutenin alt allellere ait etkilerinin belirlenmesi amacıyla kullanılabilir.

**Tablo 1**

*Haritalama popülasyonunda yer alan hatların YMA-GA ve DMA-GA kombinasyonları ve geliştirilen hat sayıları*

YMA-GA üniteleri			DMA-GA üniteleri			Hat Sayısı
<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	<i>Glu-A3</i>	<i>Glu-B3</i>	<i>Glu-B3</i>	
1	7 <sup>OE+8*</sup>	5+10	b	b	b	24
1	7 <sup>OE+8*</sup>	5+10	e	b	b	25
1	7 <sup>OE+8*</sup>	5+10	b	j	b	7
1	7 <sup>OE+8*</sup>	5+10	e	j	b	6
2*	7 <sup>OE+8*</sup>	5+10	b	b	b	51
2*	7 <sup>OE+8*</sup>	5+10	e	b	b	39
2*	7 <sup>OE+8*</sup>	5+10	b	j	b	9
2*	7 <sup>OE+8*</sup>	5+10	e	j	b	11
1	7+9	5+10	b	b	b	12
1	7+9	5+10	e	b	b	8
1	7+9	5+10	b	j	b	26
1	7+9	5+10	e	j	b	12
2*	7+9	5+10	b	b	b	12
2*	7+9	5+10	e	b	b	17
2*	7+9	5+10	b	j	b	13
2*	7+9	5+10	e	j	b	15
Toplam						287
Ebeveyn						
2*	7+9	5+10	e	j	b	RILs44
1	7 <sup>OE+8*</sup>	5+10	b	b	b	NILs78



**Şekil 1** NILs78 x RILs44 melezinin F<sub>6</sub> generasyonundaki tohumlarının SDS-PAGE jel görüntüsü

Şekil 1’de NILs78 x RILs44 melezlemesi sonucu elde edilen F<sub>6</sub> generasyonundaki tohumların SDS-PAGE görüntüsüne yer verilmiştir. Hatların YMA-GA ve DMA-GA verileri protein temelli markör olan SDS-PAGE yöntemi kullanılarak saptanmıştır.

## Haritalama popülasyonuna ilişkin fenotipik veriler

NILs78 x RILs44 melezi sonucu elde edilen hatların F<sub>2:3</sub>, F<sub>3:4</sub>, F<sub>4:5</sub> ve F<sub>5:6</sub> generasyonlarının gelişim dönemlerine ilişkin ekim zamanı ve fenotipik gözlem verileri sırasıyla Tablo 2, 3, 4 ve 5’te yer almaktadır.

**Tablo 2**

*NILs78 x RILs44 melezinin F<sub>2:3</sub> generasyonuna ait fenotipik gözlemler (Gün)*

Ekim Tarihi	31.10.2019	
	Başaklanma süresine göre gruplar	
	Erkenciler	Geççiler
1.Yaprak çıkışı	1	1
3.Yaprak çıkışı	7	8
Sap uzaması	23	43
Gebecik	29	48
Başaklanma	30	50
Çiçeklenme	34	54
Hasat	55	70

Vernalizasyon sonrasında ekimleri gerçekleştirilen NILs78 x RILs44 melezinin F<sub>2:3</sub> generasyonundaki hatlar F<sub>3</sub> generasyonunda erken başaklananlar ve geç başaklananlar olarak iki farklı grupta hasat edilmiştir ve bu grup-



lar farklı çoklu saksılara ekilmiştir. Hızlı ıslah teknolojisine göre yetiştirilen genotipler çiçeklenmeden yaklaşık olarak 15-20 gün sonra hasat edilmiştir. Erkenci olarak seçilen hatların hasadı ekimden 55 gün sonra yapılırken, geçci olarak seçilen hatların hasadı ekim tarihinden 70 gün sonra yapılmıştır. Gelişim dönemleri arasında erkenci ve geçci grup arasındaki farklılık sapa kalkma süresinde yaşanmıştır. Erkenci gruptaki hatlar ortalama 23 günde sapa kalkarken, geçci gruptaki hatların sapa kalkma süresi 43 gün sürmüştür. Tahıllarda başaklanma vernalizasyon, fotoperiyot ve erkencilik genlerinin kontrolündedir (Hay ve Ellis, 1998). Her iki grupta da sapa kalkma döneminden sonraki dönemler arasında geçen süreler yaklaşık olarak benzerlik göstermiştir. Araştırmada saptanan generasyon süreleri hızlı ıslah teknolojisini geliştiren araştırma grubunun verileriyle uyum içerisindedir (Watson vd., 2018).

**Tablo 3**

*NILs78 x RILs44 melezinin F<sub>3:4</sub> generasyonuna ait fenotipik gözlemler (Gün)*

Ekim Tarihi	07.02.2020	
	Başaklanma süresine göre gruplar	
	Erkenciler	Geççiler
1.Yaprak çıkışı	1	1
3.Yaprak çıkışı	5	6
Sap uzaması	21	27
Gebecik	29	38
Başaklanma	31	44
Çiçeklenme	35	48
Hasat	50	63

Hızlı ıslah teknolojisine göre yetiştirilen haritalama popülasyonundaki F<sub>3:4</sub> generasyonuna ait hatların erken ve geç başaklananları bir önceki generasyonda olduğu gibi bir ay süreyle vernalize edilmiş ve iki farklı grup olarak çoklu saksılara ekimleri yapılmıştır. Bu generasyonda erkenci olarak seçilen hatların hasadı ekimden 50 gün sonra, geçci olarak seçilen hatların hasadı ekim tarihinden 63 gün sonra yapılmıştır. Tablo 3'de görüleceği üzere NILs78 x RILs44 melezinin F<sub>3:4</sub> generasyonunda da erkenci ve geçci grup arasında farklılık sap uzaması döneminde yaşanmıştır ama fark bir önceki generasyona göre oldukça düşük gerçekleşmiştir. Erkenci gruptaki hatların gebecik dönemine ulaşma süresi ortalama 29 gün iken, geçci gruptaki hatların gebecik dönemine ulaşma süresi 38 günde gerçekleşmiştir.

**Tablo 4***NILs78 x RILs44 melezinin F<sub>4:5</sub> generasyonuna ait fenotipik gözlemler (Gün)*

Ekim Tarihi	27.05.2020	
	Başaklanma süresine göre gruplar	
	Erkenciler	Geççiler
1.Yaprak çıkışı	1	1
3.Yaprak çıkışı	7	8
Sap uzaması	24	27
Gebecik	32	35
Başaklanma	34	39
Çiçeklenme	36	42
Hasat	51	60

Popülasyonun F<sub>4:5</sub> generasyonundaki hatlar yine iki farklı olgunlaşma grubuna göre yetiştirilmiştir. Erkenci hatların yer aldığı grubun generasyon süresi 51 günde tamamlanırken, geççi gruptaki hatların generasyon süresi 60 günde tamamlanmıştır. Genotiplerin hasadı çiçeklenmeden sonra yaklaşık olarak 15-20 gün içerisinde gerçekleştirilmiştir. Tablo 4'teki erkenci ve geççi grup arasındaki gelişim dönemleri incelendiğinde gelişim dönemleri arasındaki farklılığın başaklanma süresinde gözlenmeye başladığı anlaşılmaktadır.

**Tablo 5***NILs78 x RILs44 melezinin F<sub>5:6</sub> generasyonuna ait fenotipik gözlemler (Gün)*

Ekim Tarihi	02.10.2020	
	Başaklanma süresine göre gruplar	
	Erkenciler	Geççiler
1.Yaprak çıkışı	1	1
3.Yaprak çıkışı	6	5
Sap uzaması	27	28
Gebecik	32	34
Başaklanma	34	39
Çiçeklenme	37	45
Hasat	51	60

Tek tohum soy yöntemiyle geliştirilen popülasyonun F<sub>5:6</sub> generasyonunda erkenci ve geççi grupların hasat süreleri bir önceki generasyonla benzerlik göstermiştir. Benzer şekilde geççi gruptaki hatların generasyon süresinin uzamasında başaklanma ve çiçeklenme dönemlerinin daha uzun olması etkili olmuştur. Elde edilen sonuçlara göre erkenci ve geççi grup arasındaki generasyon süresi farklılıkları erken generasyonlarda sapa kalkma süresinde yaşanırken, daha ileri generasyonlarda başaklanma ve çiçeklenme sürelerinde yaşanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre hızlı ıslah teknolojisi kullanılarak buğdayda generasyon süresinin önemli oranda kısaltılacağı görülmüştür.





Geliştirilen haritalama populasyonunda bazı kalite analizlerini yapmak için farklı YMA ve DMA glütenin alt ünitesi kombinasyonuna sahip  $F_{5,6}$  generasyondaki hatlar tam kontrollü sera şartlarında saklılarda yetiştirilmiştir. Yetiştirilen bitkilerin bitki boyu, başak boyu, başakta tane sayısı ve başakta tane ağırlığı değerlerine ilişkin ortalamalara Tablo 6'da yer verilmiştir.

**Tablo 6**

*Tam kontrollü serada yetiştirilen  $F_{5,6}$  hatlarının bitki boyu, başak boyu, başakta tane sayısı ve başakta tane ağırlığına ilişkin ortalama değerler*

	Bitki Boyu (cm)		Başak Boyu (cm)		Başakta Tane Sayısı		Başakta Tane Ağırlığı (g)	
	DO	SH	DO	SH	DO	SH	DO	SH
Ortalama	61.2	3.53	6.58	0.44	24.90	3.88	0.76	0.12
Maksimum değer	80.5	4.11	9.83	0.51	44.75	4.51	1.64	0.14
Minimum değer	38.5	2.60	4.24	0.32	13.00	2.85	0.27	0.09
VK %	9.45		10.97		25.45		26.31	

DO: Düzeltilmiş Ortalama SH: Standart Hata VK: Varyasyon Katsayısı

Yetiştirilen bitkilerde en yüksek bitki boyu 80.5 cm olurken, en kısa bitki boyu 38.5 cm olarak belirlenmiştir. Ortalama bitki boyu 61.2 cm olarak gerçekleşmiştir. Hatların başak boyu 4.24 - 9.83 cm arasında değişmiş ve ortalama başak boyu 6.58 cm olarak gerçekleşmiştir. Bir başağın ortalama boy uzunluğu ise 6.58 cm'dir. Genotiplerin ortalama başakta tane sayısı 24.90 adet olarak gerçekleşmiş ve başakta tane sayısı değerleri 13.00 – 44.75 adet arasında değişmiştir. Başakta tane ağırlığı bakımından hatlar incelendiğinde ortalama değer 0.76 g olduğu ve bu değer bakımından verilerin 0.27 – 1.64 g arasında değişmiştir. Elde edilen veriler serada yetiştirilen bitkiler için kabul edilebilir nitelikte göstermiştir.

## Gluten Şişme İndeksi (GSI) ve Protein oranı

Çalışmanın bu bölümünde amacımız arazi şartlarına çıkmadan önce geliştirmiş olduğumuz hatların kalite özellikleri konusunda sera şartlarında hızlı ve küçük miktarda örnekler kullanılarak kalite analizleri gerçekleştirmek ve hatlar hakkında fikir sahibi olmaktır. Protein kalitesinin belirlenmesinde çok az miktardaki örnekle yapılabilen *Gluten* Şişme İndeksi (GSI) ve Near Infrared Reflectance (NIR) cihazı kullanılarak protein oranı saptanmıştır.

**Tablo 7***Tam kontrollü serada yetiştirilen hatların GSI (ml) değerlerine ilişkin varyans analiz tablosu*

Varyans Kaynakları	GSI (ml)		
	SD	KO	F
Model	6	0.263	8.97
<i>Glu-A1</i>	1	0.099	3.40
<i>Glu-B1</i>	1	0.002	0.06
<i>Glu-A3</i>	1	0.031	1.07
<i>Glu-B3</i>	1	0.259	8.82*
<i>GluA1 x GluB1</i>	1	0.813	27.70**
<i>GluA3 x GluB3</i>	1	0.058	1.99
Hata	285	0.029	
Toplam	141		

\*0,05 düzeyinde. \*\*0,01 düzeyinde önemli, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, GSI: Gluten Şişme İndeksi

Hatların GSI özelliğine ilişkin varyans analiz verilerine Tablo 7’de yer verilmiştir. İstatistik analiz programı için Jump 12.0 kullanılmıştır. Yapılan istatistik analiz sonucunda *GluA1 x GluB1* kombinasyonuna sahip genotiplerinin GSI oranları arasındaki farkların istatistiki olarak %1 düzeyinde, *Glu-B3* alleli taşıyan genotiplerin GSI değerleri arasındaki farkların ise istatistiki olarak %5 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur.

**Tablo 8***Tam kontrollü serada yetiştirilen hatların protein oranına (% km) ilişkin varyans analiz tablosu*

Varyans Kaynakları	Protein (%)		
	SD	KO	F
Model	6	10.21	3.87
<i>Glu-A1</i>	1	1.22	0.46
<i>Glu-B1</i>	1	8.98	3.40
<i>Glu-A3</i>	1	0.17	0.06
<i>Glu-B3</i>	1	25.0	9.49**
<i>GluA1 x GluB1</i>	1	13.86	5.26*
<i>GluA3 x GluB3</i>	1	21.10	8.0**
Hata	129	2.62	
Toplam	141		

\*0,05 düzeyinde. \*\*0,01 düzeyinde önemli SD: Serbestlik derecesi KO: Kareler ortalaması

Hatların protein oranına ilişkin varyans analiz verilerine Tablo 8’de yer verilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda *Glu-B3* allelini taşıyan genotiplerin protein oranları arasındaki farkın istatistiki %1 düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. Ayrıca *GluA1 x GluB1* ve *GluA3 x GluB3* allel kombinasyonlarını taşıyan genotiplerin protein oranları arasındaki farkların ista-

tistikî olarak sırasıyla %5 ve %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler sera şartlarında yetiştirilen bitkilerin ve az numune miktarı kullanılarak yapılan kalite özellikleri arasındaki farklılıkların belirlenebileceğini göstermektedir.

**Tablo 9**

*Tam kontrollü serada yetiştirilen hatların GSI (ml) ve protein oranına (%) YMA-GA ve DMA-GA etkisi*

YMA-GA Üniteleri	GSI (ml)		Protein (% km)		
	DO	SH	DO	SH	
<i>Glu A1</i>	1	3.031	0.015	20.77	0.207
	2*	3.071	0.015	20.97	0.213
<i>Glu B1</i>	7 <sup>OE</sup> + 8*	3.054	0.016	20.57	0.228
	7+9	3.048	0.015	21.18	0.217
<i>Glu A1 x Glu B1</i>	1, 7 <sup>OE</sup> +8*	2.980 b	0.022	20.14 b	0.304
	1, 7+9	3.083 a	0.022	21.40 a	0.304
	2*, 7 <sup>OE</sup> +8*	3.129 a	0.021	20.99 a	0.292
	2*, 7+9	3.014 b	0.021	20.95 ab	0.313
DMA-GA Üniteleri		DO	SH	DO	SH
<i>Glu A3</i>	<i>b</i>	3.063	0.014	20.91	0.197
	<i>e</i>	3.040	0.016	20.83	0.225
<i>Glu B3</i>	<i>b</i>	3.089 a	0.014	21.41 a	0.196
	<i>j</i>	3.013 b	0.019	20.33 b	0.206
<i>GluA3 x Glu B3</i>	<i>bb</i>	3.085 a	0.017	21.02 b	0.246
	<i>bj</i>	3.040 ab	0.025	20.80 bc	0.350
	<i>eb</i>	3.094 a	0.020	21.81 a	0.284
	<i>ej</i>	2.986 b	0.027	19.86 c	0.364
VK %		1.12		7.73	

DO: Düzeltilmiş Ortalama SH: Standart Hata VK: Varyasyon Katsayısı GSI: Gluten Şişme İndeksi km: Kuru Madde

Tam kontrollü serada yetiştirilen hatların protein kalitesi ve miktarının belirlenmesi amacıyla GSI ve protein oranı analizleri yapılmış ve bu özelliklere YMA-GA ve DMA-GA ünitelerinin etkisi araştırılmıştır. Elde edilen verilere Tablo 9'da yer verilmiştir. Hatların tamamı *Glu-D1* alleli tarafından kodlanan 5+10 alt ünitesini ve *Glu-D3b* allellerini taşıdığı için bu alt ünitelere Tablo 9'da yer verilmemiştir. Tablo incelendiğinde görüleceği üzere araştırmada kullanılan kalite özelliklerine etkili en önemli faktörün *Glu-B3* alleli olduğu saptanmıştır. *Glu-B3j* allelini taşıyan yani çavdar translokasyonu taşıyan hatların kalite özellikleri arasındaki farklılıklar başarıyla saptanmıştır ve farklılıklar istatistiki olarak da önemli bulunmuştur. *Glu B3b* alleli taşıyan hatların ortalama GSI değeri 3.089, *GluB3j* alleli taşıyan yani çavdar translokasyonu taşıyan hatların ortalama GSI değeri ise 3.013 olarak saptanmıştır. Benzer şekilde *Glu-A3* x *Glu-B3* allel kombinasyonunda sahip hatlarda *GluB3j* alleli taşıyan kombinasyonların ortalama GSI değerleri daha düşüktür. Birçok araştırmacı çavdar translokasyonunun buğdayda protein kalitesi olumsuz yönde etkilediğini bildirmiştir (Zeller ve Hsam, 1984; Dhaliwal ve MacRitchie, 1990; Graybosch vd., 1990; Bullrich vd., 1998; Graybosch, 2001; Gobaa vd., 2008; Lee vd., 1995; Li vd., 2009; Zheng vd., 2009; Moiraghi vd., 2013; Ma vd., 2019; Rasheed vd., 2019). *Glu-B3* alleli ve *Glu-A3* x *Glu-B3* allel kombinasyonlarının protein oranına etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Çavdar translokasyonu taşımayan (*Glu-B3b*) hatlar, çavdar translokasyonu taşıyan (*Glu-B3j*) hatlardan daha yüksek protein oranına sahiptir. Benzer şekilde *Glu-A3* x *Glu-B3* allel kombinasyonunda çavdar translokasyonu taşıyan hatların protein oranı, taşımayanlara kıyasla daha düşüktür.

GSI ve protein oranı için *Glu-B1* alleli tarafından kodlanan  $7^{OE} + 8^*$  ve  $7+9$  alt üniteleri arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Overexpress özelliği taşıyan 7 alt ünitesi taşıyan hatların GSI değeri daha yüksek çıkmış ama fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte *Glu-A1* x *Glu-B1* allel kombinasyonlarına sahip hatların GSI ve protein oranı arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir. GSI değerlerine ilişkin YMA glutenin alt ünitelerindeki kombinasyonlarına sahip  $2^*$ ,  $7^{OE}+8^*$  alt ünitelerini taşıyan hatların ortalama 3.129 değer ile en yüksek değere sahip iken,  $1$ ,  $7^{OE}+8^*$  alt ünitelerini taşıyan hatların ortalama 2.980 değer ile en düşük değere sahiptir. Protein oranı için YMA glutenin alt ünitelerinin etkisi araştırıldığında  $2^*$ ,  $7^{OE}+8^*$  alt ünitelerini taşıyan hatların ortalama

ma protein oranı %20.99 iken, 1, 7<sup>OE</sup>+8\* taşıyan hatların ortalama protein oranı %20.14 olarak gerçekleşmiştir. 1, 7+9 alt ünitelerini taşıyan hatların ortalama protein oranı %21.40 iken, 2\*, 7+9 alt ünitelerini taşıyan hatların ortalama protein oranı %20.95 olarak gerçekleşmiştir. Çok az miktarda örnekle gerçekleştirilen kalite analizlerinin sonuçları, hassas uygulama isteyen bir yöntem olan GSI ve protein oranı analizlerinin sera şartlarında genotiplerin kalitesinin belirlenmesinde kullanılabileceğini göstermiştir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen hatlar buğday kalite ıslah araştırmalarında çavdar translokasyon taşıyan ve kabul edilebilir ekmeklik kalitesine sahip çeşitlerin geliştirilmesinde elit materyal olarak kullanılabilir.

## SONUÇ

Araştırmada rekombinant kendilenmiş hat populasyonu geliştirilmesi amacıyla NILs78 × RILs44 melezi yapılmış ve F<sub>2:3</sub>, F<sub>3:4</sub>, F<sub>4:5</sub> ve F<sub>5:6</sub> generasyonları hızlı bitki büyütme odasında hızlı ıslah teknolojisi kullanılarak yetiştirilmiştir. Populasyonlar geliştirilirken erken generasyonda çiçeklenme sürelerine göre erkenci ve geçici gruplara ayrılarak büyütülmüştür. Erkenci ve geçici gruplar arasında erken generasyonlarda gelişim farklılığı sap uzaması süresinde yaşanırken, ilerleyen generasyonlarda başaklanma sürelerinde farklılıklar gözlenmiştir. Tahıllarda çiçeklenme vernalizasyon, fotoperiyot ve çiçeklenme genleri tarafından kontrol edilen karmaşık bir özelliktir. Hızlı ıslah teknolojisinin kullanıldığı yetiştirme işleminde generasyonların süresi 50-70 gün arasında değişmiştir. Bu sonuçlara göre bir generasyonunun serada yetiştirilme süresinin ortalama 60 gün civarında süreceği söylenebilir. Hatların kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla F<sub>5:6</sub> generasyonunda bulunan ve farklı YMA ve DMA glutenin alt üniteleri taşıyan hatlar seçilmiş ve tam kontrollü sera şartlarında saklılarda yetiştirilmiştir. Yetiştirilen bitkilerin ortalama bitki boyu 61.2 cm, ortalama başak boyu 6.58 cm ve ortalama başakta tane sayısı 24 adet olarak gerçekleşmiştir. Bitkilerin başaktaki ortalama tane ağırlığı 0.76 g, başaktaki maksimum tane ağırlığı 1.64 g, başaktaki minimum tane ağırlığı ise 0.27 g olarak saptanmıştır (Tablo 6).

Protein kalitesinin belirlenmesi için çok az miktardaki örnekle yapılan *Gluten* Şişme İndeksi (GSI) ve protein oranının belirlenmesi için NIR cihazıyla protein oranı belirlenmiştir. Çavdar translokasyonu taşıyan hatla-

rın protein kalitesinin ve protein oranının daha düşük olduğu saptanmıştır. Araştırma sonuçları hızlı ıslah teknolojisinin buğdayda generasyon süresini önemli oranda kısalttığını göstermiştir. Bu nitelikli araştırma materyali ve çeşit geliştirmek isteyen araştırmacılar için zaman açısından önemli bir avantaj sağlayacaktır. Sera şartlarında yetiştirilen ve küçük miktarda numuneye sahip örneklerin kullanıldığı GSI ve NIR sistemindeki protein oran analizinin hatların ekmeklik kalitesi hakkında ön bilgi üretmek için kullanılabilir. Çalışma sonucunda geliştirilen genetik materyal hem çavdar translokasyonu taşıyan hem de kabul edilebilir ekmeklik kalitesine sahip genotiplerin geliştirilmesinde elit materyal olarak kullanılabilir.



## KAYNAKLAR

- Bordes, J., Goudemand, E., Duchalais, L., Chevarin, L., Oury, F. X., Heumez, E. & Charmet, G., (2014). Genome-wide association mapping of three important traits using bread wheat elite breeding populations. *Molecular breeding*, 33(4), 755-768.
- Bullrich, L., Tranquilli, G., Pfluger, L. A., Suárez, E. Y. & Barneix, A. J., (1998). Bread-making quality and yield performance of 1BL/1RS wheat isogenic lines. *Plant breeding*, 117(2), 119-122.
- Butow, B. J., Ma, W., Gale, K. R., Cornish, G. B., Rampling, L., Larroque, O. & Békés, F., (2003). Molecular discrimination of Bx7 alleles demonstrates that a highly expressed high-molecular-weight glutenin allele has a major impact on wheat flour dough strength. *Theoretical and Applied Genetics*, 107(8), 1524-1532.
- Dhaliwal, A.S. & MacRitche, F., (1990). Contributions of protein fractions to dough handling properties of wheat-rye translocation cultivars. *J Cereal Sci* 12:113-122.
- D'Ovidio, R., Masci, S., Porceddu, E. & Kasarda, D. D., (1997). Duplication of the Bx7 high-molecular-weight glutenin subunit gene in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar 'Red River 68'. *Plant Breeding*, 116(6), 525-531.
- Ehdaie, B., Whitkus, R.W. & Waines, J.G., (2003). Root biomass, water-use efficiency, and performance of wheat-rye translocations of chromosomes 1 and 2 in spring bread wheat "Pavon". *Crop Sci.* 43:710-717.
- Ehdaie, B., Layne, A.P. & Waines, J.G., (2011). Root system plasticity to drought influences grain yield in bread wheat. *Euphytica* 186:219-232.
- Elango, D., Sandoya, G., & Chopra, S., (2021). Techniques and Tools of Modern Plant Breeding. *Plant Biotechnology: Experience and Future Prospects*, 17-26.
- Ghosh, S. & Hickey LT., (2018). Speed breeding in growth chambers and glasshouses for crop breeding and model plant research. *Nature Protocols*. 13:2944-2963.
- Ghosh, S., Watson, A., Gonzalez-Navarro, O. E., Ramirez-Gonzalez, R. H., Yanes, L., Mendoza-Suárez, M., ... & Hickey, L. T. (2018). Speed breeding in growth chambers and glasshouses for crop breeding and model plant research. *Nature protocols*, 13(12), 2944-2963.
- Gianibelli, M.C., Echaide, M., Larroque, O.R., Carrillo, J.M., Dubcovsky, J. (2002). Biochemical and molecular characterisation of Glu-1 loci in Argentinean wheat cultivars. *Euphytica*, 128, 61-73.
- Gobaa, S., Brabant, C., Kleijer, G. & Stamp, P., (2008). Effect of the 1BL. 1RS translocation and of the Glu-B3 variation on fifteen quality tests in a doubled haploid population of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Cereal Science*, 48(3), 598-603.
- Graybosch, R.A., Peterson, C.J., Hansen, L.E. & Mattern, P.J., (1990). Relationships between protein solubility characteristics, 1BL/1RS, high molecular weight glutenin composition, and end-use quality in winter wheat germ plasm. *Cereal Chem* 67:342-349.
- Graybosch, R.A., (2001). Uneasy Unions: Quality effects of rye chromatin transfers to wheat. *J Cereal Sci* 33:3-16.

- Hay, R. K. M., & Ellis, R. P. (1998). The control of flowering in wheat and barley: what recent advances in molecular genetics can reveal. *Annals of Botany*, 82(5), 541-554.
- Hickey, L. T., Germán, S. E., Pereyra, S. A., Diaz, J. E., Ziem, L. A., Fowler, R. A. & Dieters, M. J., (2017). Speed breeding for multiple disease resistance in barley. *Euphytica*, 213, 1-14.
- Hoffman, B. (2008). Alteration of drought tolerance winter wheat caused by translocation of rye chromosome segment 1RS. *Cereal Res Commun* 36:269-278.
- Howell, T., Hale, I., Jankuloski, L., Bonafede, M., Gilbert, M. & Dubcovsky, J., (2014). Mapping a region within the 1RS. 1BL translocation in common wheat affecting grain yield and canopy water status. *Theoretical and applied genetics*, 127, 2695-2709.
- Kim, W. & Johnson, J., (2004). Agronomic effect of wheat-rye translocation carrying rye chromatin (1R) from different sources. *Crop Sci* 1254-1258.
- Koyuncu, M. (2009). Yerel durum buğday çeşitlerinin makarnalık kalitelerini etkileyen önemli parametreler bakımından taranması. (Master's thesis, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Lee, J. H., Graybosch, R. A., & Peterson, C. J., (1995). Quality and biochemical effects of a 1BL/1RS wheat-rye translocation in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 90, 105-112.
- Li, B., Zheng, Y., Pan, Z. & Hartsough, B., (2009). Improved properties of medium-density particleboard manufactured from saline Creeping Wild Rye and HDPE plastic. *Industrial Crops and products*, 30(1), 65-71.
- Li, J., Han, C., Zhen, S., Li, X. & Yan, Y., (2014). Characterization of HMW glutenin subunit Bx7OE and its distribution in common wheat and related species. *Plant Genetic Resources*, 12(2), 191-198.
- Lopes, M. & Reynolds, M.P. (2010). Partitioning of assimilates to deeper roots is associated with cooler canopies and increased yield under drought in wheat. *Functional Plant Biology* 37: 147-156.
- Lopes, M., Reynolds, M. P. & Manes, Y., (2012). Genetic yield gains ve changes in associated traits of CIMMYT spring bread wheat in a 'Historic' set representing 30 years of breeding. *Crop Sci.*, 52, 1123–1131.
- Lopes, M. S., El-Basyoni, I., Baenziger, P. S., Singh, S., Royo, C., Ozbek, K. & Vikram, P., (2015). Exploiting genetic diversity from landraces in wheat breeding for adaptation to climate change. *Journal of experimental botany*, 66(12), 3477-3486.
- Ma, F., Kim, J., Cho, E., Brown-Guedira, G., Park, C. S. & Baik, B. K., (2019). HMW-GS composition and rye translocations of US eastern soft winter wheat and their associations with protein strength. *Journal of Cereal Science*, 89, 102799.
- Marchylo, B.D., Lukow, O.M. & Kruger, J.E., (1992). Quantitative variation in high molecular weight subunit 7 in some Canadian wheats. *J Cereal Sci* 15: 29–38.
- Masci, S., D'ovidio, R., Lafiandra, D., Kasarda, D. D. (2000). A 1B-coded low-molecular-weight glutenin subunit associated with quality in durum wheats shows strong similarity to a subunit present in some bread wheat cultivars. *Theoretical Applied Genetics*, 100.





- Moiraghi, M., Vanzetti, L., Pflüger, L., Helguera, M. & Perez, G.T., (2013). Effect of high molecular weight glutenins and rye translocations on soft wheat flour cookie quality. *Journal of Cereal Sci* 58:424-430.
- Moose, S. P., & Mumm, R. H., (2008). Molecular plant breeding as the foundation for 21st century crop improvement. *Plant physiology*, 147(3), 969-977.
- Moreno-Sevilla, B., Baenziger, P.S., Peterson, C.J. & Graybosch, R.A., (1992). Comparison of 1B and 1BL/1RL lines derived from wheat cultivar 'Rawhide'. *Agron Abstr*: 107.
- Moreno-Sevilla, B., Baenziger, P.S., Peterson, C.J., Graybosch, R.A. & McVey, D.V., (1995). The 1BL/1RS translocation: agronomic performance of F3-derived lines from a winter wheat cross. *Crop Sci* 35:1051-1055.
- Payne, P.I., (1987). The genetical basis of breadmaking quality in wheat. *Aspects Appl Biol* 15:79-90.
- Payne, P.I., Nightingale, M.A., Krattiger, A.F. & Holt L.M., (1987). The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. *J Sci Food Agric* 40. 51-65.
- Rabinovich, S. V., (1998). Importance of wheat-rye translocations for breeding modern cultivar of *Triticum aestivum* L. *Euphytica*, 100(1), 323-340.
- Ragupathy, R., Naeem, H. A., Reimer, E., Lukow, O. M., Sapirstein, H. D. & Cloutier, S., (2008). Evolutionary origin of the segmental duplication encompassing the wheat GLU-B1 locus encoding the overexpressed Bx7 (Bx7OE) high molecular weight glutenin subunit. *Theoretical and Applied Genetics*, 116(2), 283-296.
- Rakszegi M., Bekes F, Lang L., Tamas L., Shewry P.R. & Bedo Z., (2005). Technological quality transgenic wheat expressing an increased amount of HMW glutenin subunit. *J Cereal Sci* 42:15-23.
- Rasheed, A., Jin, H., Xiao, Y., Zhang, Y., Hao, Y., Zhang, Y. & He, Z., (2019). Allelic effects and variations for key bread-making quality genes in bread wheat using high-throughput molecular markers. *Journal of cereal science*, 85, 305-309.
- Sharma, S., Bhat, P.R., Ehdaie, B., Close, T.J., Lukaszewski, A.J. & Waines, J.G., (2009). Integrated genetic map and genetic analysis of a region associated with root traits on the short arm of rye chromosome 1 in bread wheat. *Theor Appl Genet* 119:783-793.
- Sharma, S., Xu, S., Ehdaie, B., Hoops, A., Close, T.J., Lukaszewski, A.J. & Waines, J.G., (2011). Dissection of QTL effects for root traits using a chromosome arm-specific mapping population in bread wheat. *Theor Appl Genet* 122:759-769.
- Shewry, P. R. & Hey, S. J., (2015). The contribution of wheat to human diet ve health. *Food ve Energy Security*, 4(3), 178–202.
- Singh, N.K., Shepherd, K.W., Cornish, G.B. 1991. A simplified SDS-PAGE procedure for separating LMW subunits of glutenin. *Journal of Cereal Science*, 14:203-208.
- Villareal, R.L., Banuelos, O., Mujeeb-Kazi, A. & Rajaram, S., (1998). Agronomic performance of chromosomes 1B and T1BL.1RS near-isolines in the spring bread wheat Seri M82. *Euphytica*. 103: 195-202.

- Wang, C. & M.I.P, Kovacs. (2002). Glutenin testinin şişme indeksi. I. Sedimentasyon, Jel-Protein ve Çözünmeyen glutenin testleri ile yöntem ve karşılaştırma. *Tahıl Kimyası* 79(2):183–189.
- Watson, A. & Hickey, LT., (2018). Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding. *Nature Plants*. 4: 23-29.
- Yediay, F. E., Baloch, F. S., Kilian, B. & Özkan, H., (2010). Testing of rye-specific markers located on 1RS chromosome and distribution of 1AL. RS and 1BL. RS translocations in Turkish wheat (*Triticum aestivum* L., T. durum Desf.) varieties and landraces. *Genetic resources and crop evolution*, 57(1), 119-129.
- Zeller, F.J. & Hsam, S.L.K., (1984). Broadening the genetic variability of cultivated wheat by utilizing rye chromatin. *Proc 6th Int Wheat Genetic Symp, Kyoto, Japan* pp. 161-173.
- Zheng, S., Byrne, P. F., Bai, G., Shan, X., Reid, S. D., Haley, S. D. & Seabourn, B. W., (2009). Association analysis reveals effects of wheat glutenin alleles and rye translocations on dough-mixing properties. *Journal of cereal science*, 50(2), 283-290.

## Yazar Katkıları

Çalışmanın her aşamasında tüm yazarlar ortak katkı sağlamıştır.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Fonlama

Bu makale, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen 01-D-20 nolu proje kapsamında elde edilen verilerden üretilmiştir.

## Etik Bildirim

Çalışma için etik kurul izni gerekmemektedir.



# Tekstil Boyar Maddesinin Aktif Portakal Kabukları İle Giderilmesi

Removal of Textile Dye with Activated Orange Pells

Yüksel Bayrak<sup>1</sup>

1\*) Trakya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölüm, Edirne, Türkiye,

**ORCID:** 0000-0002-5008-456X, yukselbayrak@trakya.edu.tr

**Geliş Tarihi:** 27/05/2022 - **Kabul Tarihi:** 11/09/2022

**DOI:** 10.55205/joctensa.12202275

**ATIF:** Bayrak, Y. (2022). Tekstil Boyar Maddesinin Aktif Portakal Kabukları İle Giderilmesi. Cihannüma Teknoloji Fen ve Mühendislik BilimleriDergisi, 1(2), 58-65.

## Öz

Bu çalışmada, tekstil endüstrisinde boyar madde olarak büyük oranda kullanılan, Remazol blue maddesinin sucul ortamdan giderimi incelenmiştir. Giderim işlemi adsorpsiyon yöntemi ile gerçekleştirilmiş olup, aktif karbon olarak portakal kabuğu kullanılmıştır. Uygun boyutlar haline getirilen ve bir dizi fiziksel işlemlerden geçirilen portakal kabuğu adsorpsiyon prosesi içerisinde adsorbent olarak görev yapmıştır. Remazol blue tekstil boyar maddesi ile oluşturulan sucul kirlilik adsorpsiyon yöntemi ile giderilerek en uygun şartlar açıklanmıştır. Adsorpsiyon sırasında ortamın sıcaklığı, boyar madde ve aktif karbonun temas süresi, adsorbent ve boyar madde miktarları ve pH parametreleri karşılaştırılmalı olarak incelenerek optimum şartlar belirlenmiştir. Deneysel sonuçlara göre belirlenen optimum şartlar sırasıyla; 55 °C' ta, 80 dakika temas süresinde, 1000 mg/50 ml adsorbent miktarı ve 40mg/L boyar madde miktarı ile pH 9 olarak belirlenmiştir. Bu şartlarda sucul ortamda gerçekleşen Remazol blue gideriminin yaklaşık olarak % 86 olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Remazol blue, Portakal kabuğu, Adsorbent, Adsorpsiyon, Aktif karbon.

## Abstract

In this study, removal of Remazol blue, which is widely used as a dye in the textile industry, from the aquatic environment was examined. The removal process was carried out by the adsorption method, and orange peel was used as activated carbon. Orange peel, cut into appropriate sizes and subjected to a series of physical processes, served as an adsorbent in the adsorption process. Aquatic pollution caused by Remazol blue textile dyestuff was removed by adsorption method and the most suitable conditions were explained. Optimum conditions were determined by comparatively examining the temperature of the environment during adsorption, the contact time of the dyestuff and activated carbon, the amounts of adsorbent and dyestuff, and the pH parameters. The optimum conditions determined according to experimental results are as follows; 55 °C, with a contact time of 80 minutes, with an adsorbent amount of 1000 mg/50 ml and a dye amount of 40 mg/L at pH 9. It was concluded that the removal of Remazol blue in the aquatic environment under these conditions was approximately 86%.

**Keywords:** Remazol blue, Orange peel, Adsorbent, Adsorption, Activated carbon.

\* Sorumlu Yazar: yukselbayrak@trakya.edu.tr

## GİRİŞ

Su canlıların yaşamsal faaliyetlerini devam ettirmeleri için olmazsa olmazdır. Canlılığın devamının yanı sıra günlük ihtiyaçları karşılamak, üretim ve endüstriyel gelişimleri gerçekleştirmek, tarım ve besinsel gereksinimleri karşılayabilmek için suya büyük ölçüde ihtiyaç duyulmaktadır.

Ülkemizde tekstil endüstrisi en hızlı büyüyen sanayii dallarından biridir ve endüstriyel ölçekte su tüketimini, çokça gerçekleştirmektedir. Su tüketiminin yanı sıra, tekstil endüstrisinin sucul çevreye bıraktığı boyar maddeler sudaki spesifik kirlilikleri arttırarak sucul çevrede yaşayan canlılara ve insan sağlığına karşı olumsuz etkiler göstermektedir (Başıbüyük vd., 2011).

Tekstil boyar maddelerinin suda renk vererek çözünmekte olup, genel olarak yapısında bulundurduğu azo gruplarının varlığı canlılarda toksik özellik göstererek kanserojen etki yaratmaktadır. Ayrıca boyar maddelerin doğrudan ortama deşarj edilmesi kontrolsüz anaerobik şartlarda toksik-karsinogenik aromatik aminlerin oluşmasını sağlayarak birincil çevresel sorunları meydana getirmektedir. Bu canlı organizmaların uğrayacağı en büyük yıkım sayılarak söz konusu tekstil boyar maddelerin eser miktarlarının dahi suda bulunması istenmeyen bir durum olarak kabul edilmiştir (Arslan vd., 2021).

Atıksulardan boya giderimi yapabilmek için; adsorpsiyon, kimyasal ve elektro koagülasyon, iyon değişimi, membran prosesler, kimyasal oksidasyon, kimyasal çöktürme, elektrokimyasal yöntemler, ozonlama ve biyolojik arıtım yöntemleri gibi birçok metot kullanılmaktadır fakat bu yöntemlerden adsorpsiyon, atıksuda bulunan tehlikeli inorganik ve organik kirliticileri gidermek isteyen endüstrilerin ileri atıksu arıtımının en etkili proseslerinden biridir (Petrovic vd., 2013).

Geleneksel su arıtma yöntemlerinde kimyasal ve biyolojik su arıtma yöntemleri kullanılmaktadır. Biyolojik arıtımda, arıtım esnasında sudaki boyar madde konsantrasyonunun giderilmesi gerekliliği ve kimyasal arıtımda, koagülasyon/flokülasyon metodunun uygulanmasındaki yetersizlik ve yöntemin pahalılığı gibi dezavantajlar alternatif bir yöntem gereksinim duyulduğunu göstermiştir (Benaissa, 2005).



Atık sularda bulunan organik kirleticiler, tekstil ve çeşitli boyar maddeler, ağır metal iyonları, sucul çevredeki ilaç ve pestisit kalıntıları adsorpsiyon yöntemiyle verimli bir şekilde giderilmektedir (Robinson vd., 2001).

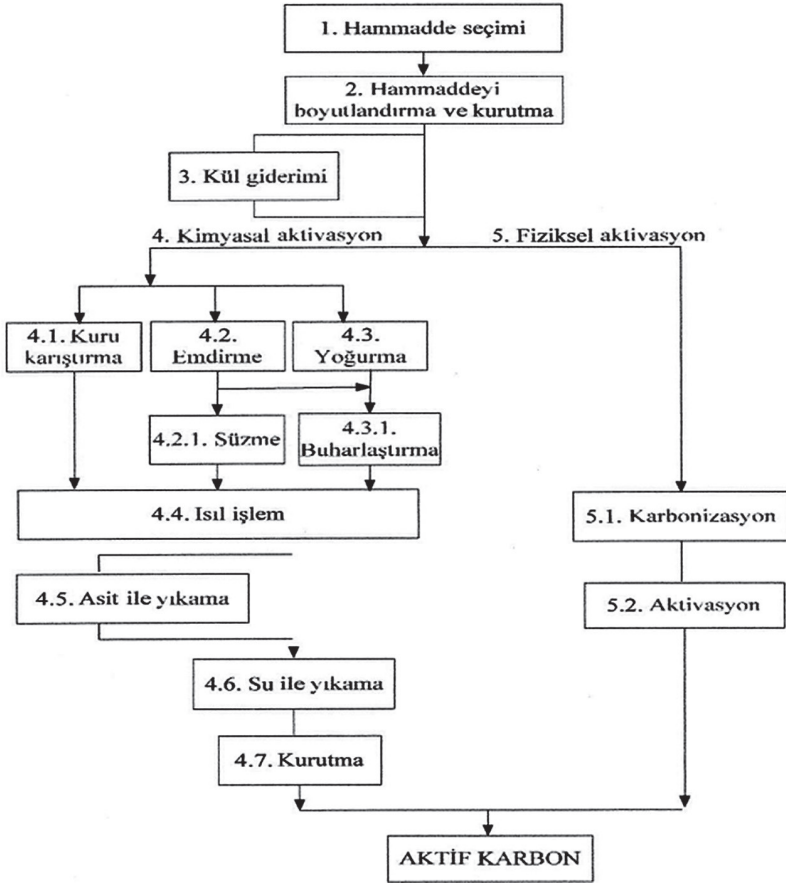
Adsorpsiyon yöntemi uygun adsorbanların kullanıldığı, endüstriyel atıksulardan renkli ve renksiz organik kirleticilerin giderilmesinde başarılı bir proses uygulaması olarak gösterilebilir. Uygulanabilirliğinin kolay olması, ulaşılabilir olması, ekonomik olması ve yeterli giderimi sağlaması bakımından diğer klasik yöntemlere üstünlük sağlamaktadır (Ölmez vd., 2003).

Gaz veya çözünmüş maddelerin katı yüzeyinde yoğunlaşması olayına adsorpsiyon adı verilir. Yüzeyde konsantrasyonu artmış maddeye adsorplanmış madde, adsorplayan maddeye de adsorplayıcı madde veya adsorban denir.

Atık sulardan çeşitli kirlilikleri uzaklaştırmak için kullanılan adsorpsiyon işlemi çevre dostu arıtma teknolojilerinden biridir. Bu işlemde çeşitli doğal kaynaklardan elde edilebilen selülozik maddeler adsorplayıcı madde olarak kullanılabilir (Yahya vd., 2015).

Adsorpsiyon yöntemi için bir çok adsorbent madde aktif karbon olarak kullanılacak şekilde uygun hale getirilerek kullanılabilir. Bunlardan birkaçı; kullanılmış selüloz, kitosan, ağaç kabukları, talaş, reçine, sert meyve kabuk ve çekirdek posaları (Hindistan cevizi, ceviz, fındık, fıstık, yer fıstığı, kayısı, kök ve saplar), tahıl (buğday, pirinç), çay ve kahve posaları, tarımsal kabuk atıkları (meyve ve sebzeler: portakal, limon, muz, karpuz, kavun, cassava, mango), yün, pamuk, çeşitli sanayi/endüstriyel (uçucu kül, çelik-yüksek sıcaklık fırın cürufu, alüminyum/kırmızı çamur, gübre, deri, kağıt) ve evsel atıklar şeklinde örneklendirilebilir (Donald vd., 2011).

Şekil 1.'de görüldüğü gibi bir çok madde uygun boyutlara getirildikten sonra kimyasal işlem uygulayarak ve ya uygulamadan kullanım amacına ve araştırma konusuna göre aktif karbon olarak kullanılabilir.



Şekil 1

Aktif Karbon Üretim Basamakları (Chercmisinoff, vd. 1978).

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal

Atıl durumdaki portakal kabukları kurutularak çok küçük boyutlara getirildi. Safsızlıklardan uzaklaştırmak için distile su ile yıkanarak etüvde 60-80°C' ta, 24 saat boyunca kurutuldu. ( H. Benaïssa , 2005 ; R. Siveraj, C. Nama-sivayam, and K. Kadirvelu, 2000; C. Namasivayam and D. J. S. E. Arası, 1996).

Katı toz formda bulunan Remazol blue boyasından 500 mg alınarak 1000 ml saf suda çözüldü. Remazol blue boyası için UV' de okutulan dalga boyu-nun 595 nm olduğu kaydedildi.

Yapılan adsorpsiyon işlemi süresince kullanılan hassas terazi; APX-200 Model, Denver Instrument Company, Nortfolk, İngiltere, çalkalamalı su ban-yosu; Type 3047, Köttermann Labortechnik, Uetze-Hanigsen, Almanya, pH metre; FE 439 SCHOTT handylap, UV spektrofotometresi; Visible U-1601 spectrophotometer Shimadzu , etüv; D2A Model , Genlab , England marka ve modellerindedir.

### Yöntem

0,2 , 0,4, 0,6, 0,8 ve 1 gram portakal kabuğu hassas terazide tartılarak, 50 ml 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm ve 40 ppm'lik boya çözeltileri ilave edildi. Çözelti ortamı pH 5-7-9 olarak hazırlandı. Hazırlanan karışım adsorpsiyon işleminin gerçekleşmesi için çalkalamalı su banyosuna ayrı ayrı 25°C, 35°C, 45°C ve 55°C sıcaklıklarda bırakıldı. 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 ve 120 dakika zaman aralıklarıyla numuneler alınarak santrifüj işlemi yapıldı. UV spektrofotometresinde ölçümler alınarak adsorpsiyon işlemi sonunda kalan boya miktarı tespit edildi.

## BULGULAR

**Tablo 1**

*1.0 gram Portakal Kabuğu Üzerinde 25°C, 35°C, 45°C Ve 55°C'de 40 ppm pH=5, pH=7, pH=9 İçin Remazol Blue Tekstil Boyasının % Giderim Değerleri.*

Sıcaklık	25 °C	35 °C	45 °C	55 °C
pH	% giderim	% giderim	% giderim	% giderim
5	82,4634	71,6521	66,8471	68,6490
7	66,2465	68,3487	70,1505	79,1599
9	72,3580	74,3549	77,6584	85,7668

Yapılan adsorpsiyon deneylerinde 10, 20, 30, 40, 60, 80,100 ve 120 dakikalık sürelerde 25°C, 35°C, 45°C, 55°C sıcaklıklarda pH=5, pH=7 ve pH=9' değerlerinde çeşitli deneyler yapılarak özet bir tablo oluşturulmuştur.

pH=5 değeri için yapılan adsorpsiyon işleminde; 25°C'den 55°C'ye doğru adsorplama kapasitesinin azaldığı gözlenmektedir. pH=5'te 25°C'de en yüksek adsorplama kapasitesine ulaştığı gözlemlenmektedir.

pH=7 değeri için yapılan adsorpsiyon işleminde; 25°C'den 55°C'ye doğru grafiğin sayısal değerlerinde bir artış gözlenmektedir. Buna göre pH=7'de sıcaklık arttıkça adsorplama kapasitesinin arttığı anlaşılmaktadır.

pH=9 değeri için yapılan adsorpsiyon işleminde; 25°C'den 55°C'ye doğru grafiğin değerlerinde bir artış gözlenmektedir. Buna göre pH=9'da sıcaklık arttıkça adsorplama kapasitesinin arttığını ve aynı zamanda 55 °C sıcaklık değerinde maksimum giderimin gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

**Tablo 2**

*Portakal Kabuğu Üzerinde Remazol Blue Tekstil Boyasının 55°C Sıcaklıkta 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120 Dakika Sürelerle 1 Gram Adsorban Tarafından Adsorplanan Adsorbat Miktarının (mg g<sup>-1</sup>) 10 Ppm, 20 Ppm, 30 Ppm, 40 Ppm'deki Değerleri.*

Konsantrasyon	10 ppm	20 ppm	30 ppm	40 ppm
Zaman (dk)	q (mg g <sup>-1</sup> )	q (mg g <sup>-1</sup> )	q (mg g <sup>-1</sup> )	q (mg g <sup>-1</sup> )
10	0,2454	0,6012	0,9270	0,7183
20	0,2574	0,6733	1,0051	0,8144
30	0,2694	0,7213	1,0652	0,9225
40	0,2934	0,8295	1,1132	1,0727
60	0,3415	0,8895	1,2334	1,3309
80	0,3715	0,9496	1,2574	1,4931
100	0,3835	0,9556	1,3054	1,5532
120	0,3895	0,9616	1,3234	1,5832

Yapılan adsorpsiyon deneylerinde incelenen diğer bir önemli parametre; adsorpsiyon zaman parametresi olup Tablo 2'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

10 dakika süre ile gerçekleştirilen adsorpsiyon işleminde 1 gram portakal kabuğu adsorbanı tarafından adsorplanan maksimum Remazol Blue boyar maddesi miktarı 30 ppm çözeltilerden 0,9270 mg g<sup>-1</sup> miktarında gerçekleştirilmiştir.

20 dakika süre ile gerçekleştirilen adsorpsiyon işleminde 1 gram portakal kabuğu adsorbanı tarafından adsorplanan maksimum Remazol Blue boyar maddesi miktarı 30 ppm çözeltilerden 1,0051 mg g<sup>-1</sup> miktarında olduğu gözlemlenmiştir.





30 dakika süre ile gerçekleştirilen adsorpsiyon işleminde 1 gram portakal kabuğu adsorbanı tarafından adsorplanan maksimum Remazol Blue boyar maddesi miktarı 30 ppm çözeltilerden 1,0652 mg g<sup>-1</sup> miktarında olduğu gözlemlenmiştir.

40 dakika süre ile gerçekleştirilen adsorpsiyon işleminde 1 gram portakal kabuğu adsorbanı tarafından adsorplanan maksimum Remazol Blue boyar maddesi miktarı 30 ppm çözeltilerden 1,1132 mg g<sup>-1</sup> miktarında olduğu gözlemlenmiştir.

60 dakika süre ile gerçekleştirilen adsorpsiyon işleminde 1 gram portakal kabuğu adsorbanı tarafından adsorplanan maksimum Remazol Blue boyar maddesi miktarı diğerlerinden farklı olarak, 40 ppm çözeltilerden 1,3309 mg g<sup>-1</sup> miktarında olduğu izlenmiştir.

80 dakika süre ile gerçekleştirilen adsorpsiyon işleminde 1 gram portakal kabuğu adsorbanı tarafından adsorplanan maksimum Remazol Blue boyar maddesi miktarı yine, 40 ppm çözeltilerden 1,4931 mg g<sup>-1</sup> miktarında olduğu izlenmiştir.

100 dakika süre ile gerçekleştirilen adsorpsiyon işleminde 1 gram portakal kabuğu adsorbanı tarafından adsorplanan maksimum Remazol Blue boyar maddesi miktarı, 40 ppm çözeltilerden 1,5532 mg g<sup>-1</sup> miktarında olduğu izlenmiştir.

120 dakika süre ile gerçekleştirilen adsorpsiyon işleminde 1 gram portakal kabuğu adsorbanı tarafından adsorplanan maksimum Remazol Blue boyar maddesi miktarı, 40 ppm çözeltilerden 1,5832 mg g<sup>-1</sup> miktarında olduğu ve bu sonucun yapılan en fazla adsorpsiyon miktarı olduğu kaydedilmiştir.

## Sonuç

Adsorbent olarak portakal kabuğunun kullanıldığı, sıcaklık, zaman, konsantrasyon, pH, parametrelerinin birlikte incelenerek Remazol blue tekstil boyar maddesinin oluşturduğu kirliliği gidermek için adsorpsiyon yöntemi kullanılmıştır. Deneysel verilerin sonucunda optimum şartların; 55°C'ta, 80. dakikada 40 ppm Remazol blue boyası ve 1 gram portakal kabuğu konsantrasyonlarında, pH=9'da yaklaşık olarak %86 verimle gerçekleştiği hesaplanmıştır. Bu sayısal değerler dışında, atık durumunda olan portakal kabuğunun adsorbent olarak kullanılarak değerlendirilmesi, uygulanması kolay ve maliyeti çok düşük olan adsorpsiyon yöntemiyle atık sulardan tekstil boyar madde gideriminin etkili bir yöntem olup yüksek verim sağladığı sonucuna varılmıştır.

## Kaynaklar

Arslan, R., Tozluoğlu, A., Sertkaya, S., Fidan, H., ve Küçük S.,2021. Functionalized Nanocellulose Based Adsorbents for Dye Removal From Wastewater. Journal of Forestry Faculty. 22,148-60.

- Başbüyük, M., Yüceer, A. ve Yılmaz, T., Tekstil atıksularında renk giderilmesinde kullanılan ileri teknolojiler, Kayseri I. Atıksu Sempozyumu, Kayseri, (1998) 82-86.
- Benaissa, H., Removal Of Acid Dyes From Aqueous Solutions Using Orange Peel As A Sorbent Material, Ninth International Water Technology Conference, IWTC9 2005, Sharm El-Sheikh, Egypt, 1175-1187.
- Chermisinoff P.N., Ellersbusch, F. (1978) Carbon Adsorption Handbook, Ann Arbor Science Publishers, New York.
- Donald J, Ohtsuka Y and Xu CC (2011) Effects of activation agents and intrinsic minerals on pore development in activated carbons derived from a Canadian peat. *Materials Letters* 65: 744–747.
- Ölmez, T. , Kabdağlı, I. , Tünay, O. , 2003. Tekstil Endüstrisi Reaktif Boya Banyolarında Ozon Ğle Renk Giderimine Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi. *SKKD*, 13(1); 19-24.
- Petrovic, M., Gonzalez, M. ve Barceló, D., 2003. Analysis and Removal of Emergin Contaminants in Wastewater and Drinking Water, *Trends Analyt. Chem.*, 22, 685-696.
- Robinson, T., Mc Mullan, G., Marchant, R., Nggam, P., Remediation of dyes in textile effluent: critical review on current treatment technologies with a proposed alternative, *Biore-source Technology*, 7<sub>7,2</sub> 47-255 (2001).
- Yahya MA, Al-Qodah Z, Zanariah Ngah CW (2015) Aktif karbon üretimi için kullanılan potansiyel sürdürülebilir öncüler olarak tarımsal biyo-atık malzemeler: Bir inceleme. *Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji İncelemeleri* 46: 218–235.

## Yazar Katkıları

Prof. Dr. Yüksel BAYRAK çalışmayı düzenleyerek, sayısal verileri sadeleştirerek anlaşılmaaya uygun ve adsorpsiyon yöntemini detaylı olarak inceleyerek bir çalışma sunmuştur.

## Çıkar Çatışması

Çalışma tek yazarlı olup, yazar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Fonlama

Herhangi bir fon desteği alınmamıştır.

## Etik Bildirim

Çalışma için etik kurul izni gerekmemektedir.



# Mikrodalga Frekanslarda Yeni bir Frekans Seçici Yüzey Geometrisi Tasarımı

Design of a New Frequency-Selective Surface Geometry at Microwave Frequencies

Ömer KASAR \*

\*Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü. Artvin/TÜRKİYE

**ORCID:** 0000-0003-1859-5236 , omerkasar@artvin.edu.tr

**Geliş Tarihi:** 27/05/2022 - **Kabul Tarihi:** 11/09/2022

**DOI:** 10.55205/joctensa.12202274

**ATIF:** Kasar, Ö. (2022). Mikrodalga Frekanslarda Yeni bir Frekans Seçici Yüzey Geometrisi Tasarımı. Cihannüma Teknoloji Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1(2), 66-72.

## Öz

Bu çalışmada, önerilen bir geometri üzerinde frekans seçici yüzey (FSY) tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu geometrinin, hem birim hücre yapılarında hem de dizi yapılarında aynı tepkiyi vererek belirli bir frekansı geçirirken diğer frekansları durdurma yeteneğine sahip olduğu başarıyla gösterilmiştir.

Özellikle X bandında yapılan birim hücre ve dizi tasarımları, S parametreleri ile bant geçiren filtre özelliği sergilemiştir. Bu tasarımların frekans seçici yüzeyler aracılığıyla çalışma frekansını filtreleme ve işlemi başarılı bir şekilde gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. 1x1 birim hücre, iki katmanlı 1x1 birim hücre, 3x3 dizi ve iki katmanlı 3x3 dizi frekans seçici yüzey yapılarının 9-12,5 GHz frekans aralığında iletim sağladığı görülmüş, diğer frekanslarda ise iletimin engellendiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, iletim bandının dışında yansımanın arttığı gözlemlenmiştir.

Bu sonuçlar, çalışmanın temel bulgularını yansıtarak, Frekans Seçici Yüzey (FSY) tasarımının bant geçiren filtre özelliklerini başarıyla sunabileceğini ve özellikle iletimin filtrelenmesi ve yansımanın artırılması gereken uygulamalarda önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Frekans Seçici Yüzeyler, Mikrodalga, Dizi FSY.

## Abstract

In this study, a frequency-selective surface (FSS) design was implemented on the proposed geometry. It was successfully demonstrated that this geometry, both in unit cell structures and array configurations, possesses the ability to pass certain frequencies while blocking others.

Specifically, unit cell and array designs conducted in the X band exhibited the characteristics of a band-pass filter, as indicated by the S parameters. These designs effectively filtered the operating frequency through frequency-selective surfaces. It was observed that the 1x1 unit cell, two-layered

\* Sorumlu Yazar: omerkasar@artvin.edu.tr

1x1 unit cell, 3x3 array, and two-layered 3x3 array frequency-selective surface structures facilitated transmission within the 9-12.5 GHz frequency range while preventing transmission at other frequencies. Additionally, an increase in reflection was observed outside the transmission band.

These findings, reflecting the core outcomes of the study, demonstrate the successful implementation of FSS design with band-pass filter characteristics. Furthermore, they highlight the significant role FSS design can play, particularly in applications requiring transmission filtering and enhanced reflection.

**Keywords:** Frequency Selective Surfaces, Microwave, FSS Array.

## GİRİŞ

Frekans Seçici Yüzeyler (FSY), elektromanyetik dalgaların kontrolünü sağlayan metal yamalar veya yarıkların düzlemsel periyodik dizilerinden oluşan mekânsal filtreleme elemanlarıdır. Elektromanyetik dalgaların istenmeyen etkilerinden kaçınmak ve kablosuz iletişim sinyallerinin girişimini önlemek gibi özel uygulamalarda yaygın olarak kullanılırlar. Özellikle mobil iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler, elektromanyetik paraziti arttırmış ve sinyal girişimini bazı yapılar için bir sorun haline getirmiştir (Mahouti et al., 2016; Pozar, 2006).

FSY'ler, tasarladıkları periyodik birim hücre geometrilerine bağlı olarak belirli frekanslarda elektromanyetik dalgaların geçişine izin verirken diğer frekanslarda durdurabilirler. Bu özellikleri modern askeri platformlarda, özellikle antenlerin ve radarların kesitini azaltmak amacıyla gemiler, uçaklar ve füzeler gibi araçlarda yaygın olarak kullanılır (Güneş et al., 2017; Kasar et al., 2018; Munk, 2003).

FSY'ler, pasif ve aktif olarak iki kategoriye ayrılır. Pasif FSY'ler, alçak geçiren, yüksek geçiren, bant geçiren veya bant durduran gibi filtreleme özellikleri sunarlar. Bu özellikler, birim hücre rezonatör elemanlarının yapısı, boyutları ve alt yapı özellikleri tarafından belirlenir. Bir FSY'nin performansını değerlendiren önemli parametreler,  $S_{21}$  iletimi ve  $S_{11}$  de yansımalarını ifade eden Saçılma (S) parametreleridir.

FSY'lerin yaygın kullanım alanlarından biri frekans seçiciliğidir. FSY'ler, belirli frekansları geçiren ve diğerlerini durduran süzgeç benzeri cihazlar olarak çalışabilirler. Bu frekans seçiciliği,  $S_{21}$  ve  $S_{11}$  parametreleri ile değerlendirilir. Tasarlanan FSY yapıları için, mikrodalga frekanslarda iletim ve yansıma özelliklerini sağlayan belirli frekanslar "geçirme bandı" olarak

adlandırılırken diğer frekanslar “durdurulan frekanslar” olarak kabul edilir (Pozar, 2006).

FSY'lerin bir diğer yaygın kullanımı anten kazancını arttırmaktır. FS-Y'ler, antenlerin önüne yerleştirilerek anten yönlü kazancını arttırabilirler. Bu, çeşitli anten türlerinin performansını iyileştirmek için kullanılır (Çiğdem et al., 2016; Mondal, 2019).

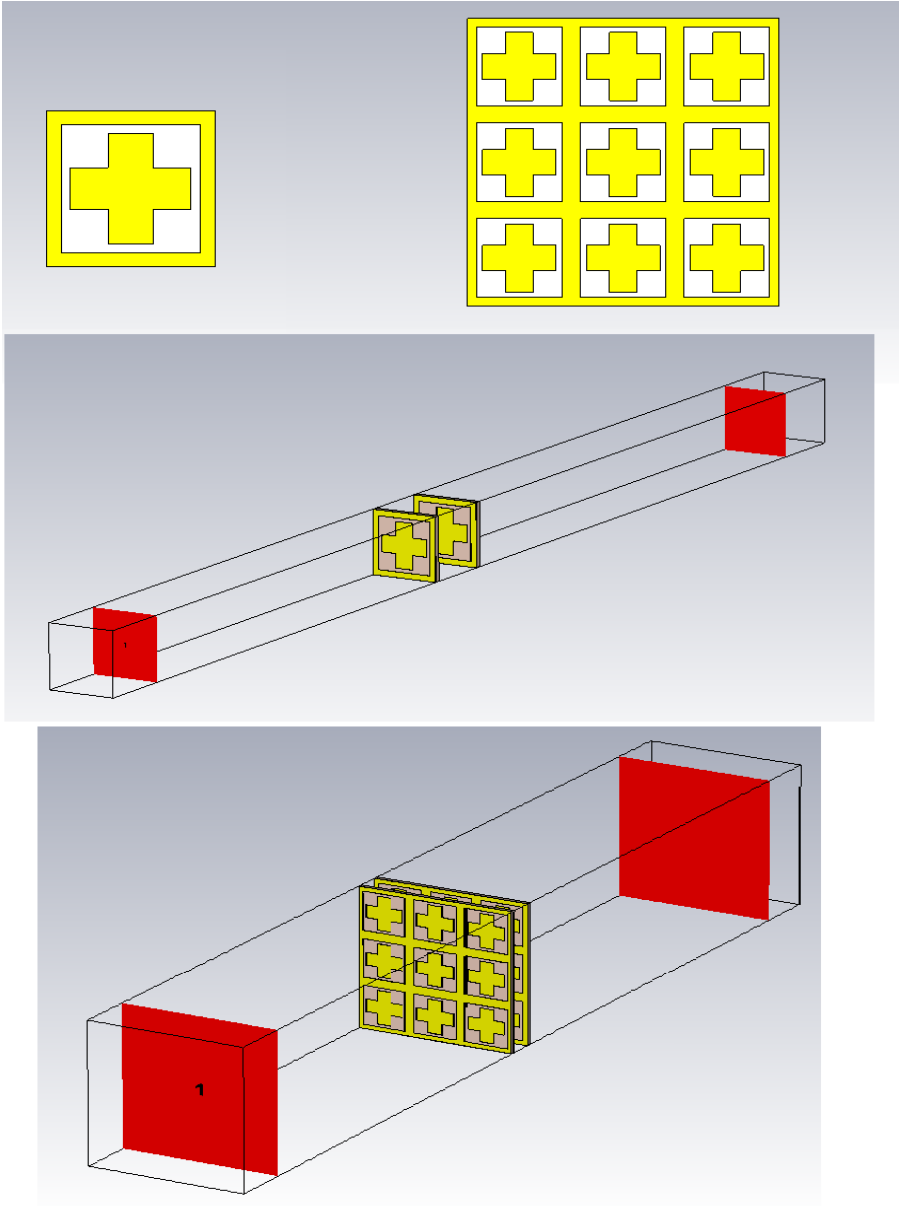
Bu çalışma, X bantta çalışan ve birden fazla bant geçiren filtre özelliği gösteren FSY tasarımını içermektedir. Araştırma sonuçları, FSY tasarımı ve uygulamasıyla ilgili önemli bulgular sunmaktadır. Gelecekteki çalışmalar için öneriler de bu çalışmanın bir parçası olacaktır. Bu araştırma, mikrodalga frekans seçici yüzeylerin radar uygulamalarındaki önemini vurgulamaktadır ve bu alandaki gelişmelere katkıda bulunmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde temel frekans seçici yüzey tasarımı ve çalışma parametrelerine simülasyon ile örnek bir çalışma yapılmıştır. Frekans seçici yüzeyin birim hücre ve dizi yapısı anlatılmış ve birim ve dizi için S Parametreleri karakteristikleri çalışılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Tek bir birim hücre, AD300D alıtış malzeme üzerine tek tarafı bakır olacak şekilde bir kare çerçeve ve içerisine de ‘artı’ (+) şekline benzeyen yama tasarımı olarak tasarlanmıştır. Alıtış malzeme kalınlığı 0,7 mm dielektrik katsayısı ise  $\epsilon_r=2,94$  ‘tür. Bakırın kalınlığı da 35  $\mu\text{m}$ ’dir.

Kare çerçevenin boyutları  $\text{mm}^2$ ’dir. Çerçeve metal genişliği 1 mm’dir. İçerideki yama 7,5 mm uzunluğunda ve hat genişliği 2,5 mm’dir. Dizi yapısı tek bir birim hücrenin yanyana ve üst üste gele dizi oluşturmasıyla elde edilmiştir. Dolayısıyla Dizi FSY’nin boyutları  $\text{mm}^2$ ’dir. Tasarımda uygulanan bir takım parametrik iyileştirmeler sonucunda dizinin arkasına tam olarak 4mm mesafede ikinci bir dizi katmanı eklenmiştir. Horn anten içine iki katman FSY yapısı eklenerek anten frekansını filtreleme ve kazancı arttırma çalışması yapılmıştır. FSY’leri antenin içine yerleştirerek çalıştığı GHz’de kazanç iyileştirme yapılmıştır. Geri kalan frekanslarda da  $S_{11}$  ve  $S_{21}$  olarak filtrelemeye uğruyor. Şekil 1’de FSY tasarımının birim hücresi, dizi yapısı gösterilmiştir. Ayrıca iki katman şeklindeki simülasyonlara da yer verilmiştir.



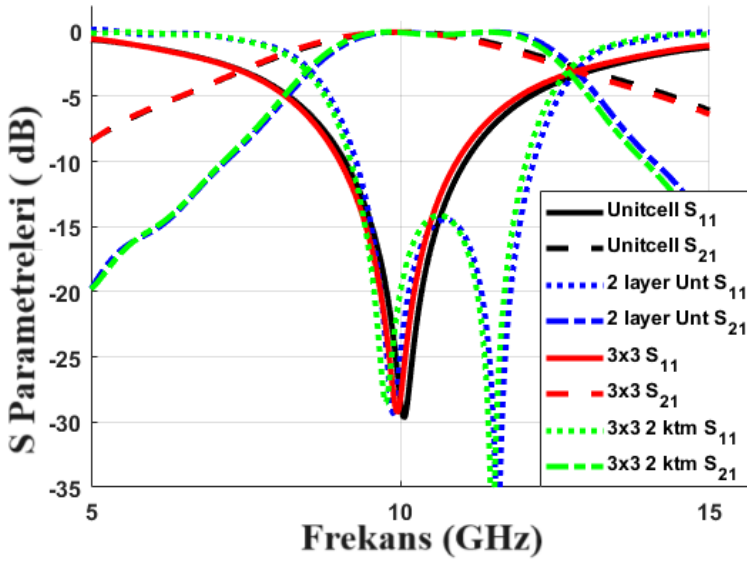
Şekil 1. birim hücresi, dizi yapısı ve iki katmanlı simülasyonu

## BULGULAR

Frekans seçici yüzeylerde bir yüzeye gelen elektromanyetik dalganın geldiği yöne gerisingeri döndüğünün derecesidir. Yansıma (genellikle) istenmeyen bir durumdur. Mikrodalga devrelerde logaritmik olarak dB olması istenir. Böylelikle gücün çoğunluğu iletilmiş olur.

S parametrelerinden ise iletimi ifade eder. İletim, bir FSY'ye gelen elektromanyetik dalganın FSY'nin arka tarafına geçmesidir. FSY bir filtre özelliği gösteren devre gibi düşünüldüğünde bazı frekansların iletilip bazılarının da iletilmemesi istenir. Bir frekansta elektromanyetik dalganın iletilip iletilmemesinin ölçüsü olarak da  $S_{21} \geq -3$  dB olmalıdır. Bunu da logaritma hesabı yapıldıktan sonraki anlamı, gücün en az yarısını geçirmesidir.

Gerek birim hücre ve dizi olarak, gerekse de katman sayısı artırıldığında S Parametrelerinin iletim ve yansıma özellikleri Şekil 2.2'de tüm sadeliğiyle anlaşılmaktadır. Birim hücre dizi ve iki katmanlı FSY yapısı için  $S_{11} \leq -10$  dB değerlerini sağladığı bant olan GHz frekanslarında iletim şartı  $S_{21} \geq -3$  dB da sağlanmaktadır. Böylelikle önerilen frekans seçici yüzey çalışması frekans seçiciliği konusunda başarı sağladığı söylenebilir.



Şekil 2 Birim Hücre, Dizi ve iki katmanlı FSY için S parametresi karakteristikleri

## Sonuç

Bu çalışmada önerilen bir geometri için frekans seçici yüzey geometrisi denenmiştir. Bu geometrinin gerek birim hücre ve gerekse dizi yapılarında aynı tepkiyi vermesi ve bir frekansı geçirirken diğer frekansları durdurması, bir 'bant geçiren filtre özelliği gösterdiği kanıtlanmıştır.

X Bantta birim hücre ve dizi tasarımları S parametreleri bant geçiren filtre özelliği göstermiştir. İkinci olarak, frekans seçici yüzey yardımıyla çalışma frekansını filtreleme ve işlemi yapılmıştır. birim hücre, iki katmanlı birim hücre, dizi ve iki katmanlı dizi frekans seçici yüzey yapılarının simülasyon ile GHz'de iletimde olduğu görülmüştür. Geri kalan frekanslarda da iletim olarak filtrelemeye uğramaktadır. Ayrıca iletim bandının dışında yansıma da artmaktadır. Bu çalışma literatürde, boyut olarak küçüklüğü ve bant genişliği açısından da büyük olması yönüyle, tasarımları oldukça güncel olan 'FSY geometrileri' çalışmalarına destek olabilecek bir niteliktedir.

## Kaynaklar

- Çiğdem, S., Tunca, C., Can, S., & Yılmaz, A. E. (2016). Double bow-tie FSS for X-band and Ku -band operations with its parametric analyses. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 24(6), 4751-4762.
- Güneş, F., Sharipov, Z., Belen, M. A., & Mahouti, P. (2017). GSM filtering of horn antennas using modified double square frequency selective surface. *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, 27(9), 1-8.
- Mahouti, P., Güneş, F., Belen, M. A., Çalışkan, A., Demirel, S., & Sharipov, Z. (2016). Horn antennas with enhanced functionalities through the use of frequency selective surfaces. *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, 26(4), 287-293.
- Mondal, K. (2019). Bandwidth and gain enhancement of microstrip antenna by frequency selective surface for WLAN, WiMAX applications. *Sādhanā*, 44(11), 233.
- Munk, B. A. (2003). *Finite antenna arrays and FSS*. Wiley.
- Pozar, D. M. (2006). *Microwave Engineering* (3rd ed.). Wiley.





Kasar, Ö., & Belen, M. A. (2020). Realization of reconfigurable filtering horn antennas using active frequency selective surfaces for GSM and LTE signal filtering. *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, 30(11), e22429.

Kasar, Ö., Geçin, M., & Gözel, M. A. (2018). Açılabilir Olarak Değiştirilebilir Dikdörtgen Yamalı Frekans Seçici Yüzeylerle, Ayarlanabilir Bant Geçiren Filtre Tasarımı. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 5(3), 756-762.

## Çıkar Çatışması

Çalışma tek yazarlı olup, yazar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Fonlama

Bu araştırmanın kazandığı bilimsel sonuçlar ve ilerlemeler, “AÇÜ-BAP-2020.F14.02.01” projesi tarafından finanse edilen Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. Yazar, Artvin Çoruh Üniversitesi’ne olan şükranını ve minnettarlığını dile getirmektedir.

## Etik Bildirim

Çalışma için etik kurul izni gerekmemektedir.



CİHANNÜMA  
**TEKNOLOJİ, FEN  
ve MÜHENDİSLİK  
BİLİMLERİ**  
AKADEMİ DERGİSİ