

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN VE MÜHENDİSLİK  
BİLİMLERİ  
DERGİSİ**

*Afyon Kocatepe University  
Journal of Science and Engineering*

Cilt / Volume 25  
Sayı / Number 2

e – ISSN: 2149-3367

NİSAN 2025

APRIL 2025



## **Dergi Hakkında**

Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi (AKÜ FEMÜBİD), fen ve mühendislik bilimleri alanlarındaki güncel gelişmeleri takip etmek, meslek kuruluşları ve bireylerin ulusal ve uluslararası gelişmelerine katkıda bulunmak ve bu alanlarda nitelikli bir kaynak oluşturmak amacıyla yayımlanmaktadır.

Eski adıyla “Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi”, 1999 yılında yılda 2 sayı olarak Türkçe ve İngilizce makalelerle yayın hayatına başlamıştır. Ocak 2013’ten itibaren isim değiştirerek “Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi” olarak yayın hayatına devam etmiştir. Makale değerlendirme sürecinin şeffaflaştırılması ve optimizasyonu için Şubat 2013 itibarıyla çevrimiçi makale değerlendirme ve takip sistemi uygulamaya alınmıştır. Ocak 2015 itibaren yazarların başvuru işlemlerinin kolaylaştırılması, değerlendirme sürecindeki çalışmaların olabildiğince şeffaf takip edebilmesi, yazar ve editöryal ekip arasındaki iletişimin daha etkin kullanılabilmesi, yayımlanma sürecindeki düzenleme işlemlerinin kolaylaştırılması, okuyucuların yayımlanan makalelere daha kolay ulaşma imkânları gibi avantajlar sağlayan elektronik dergi (e-ISSN: 2149-3367) olarak yayımlanmaktadır. 2015 yılından itibaren yayımlanan sayılarla birlikte TRDizin’de (TÜBİTAK-ULAKBİM) indekslenerek mühendislik ve temel bilimler konularında makaleler yayımlamaya devam etmektedir. Ocak 2020 yılından itibaren AKÜ FEMÜBİD yılda 6 sayı (Şubat, Nisan, Haziran, Ağustos, Ekim ve Aralık) olarak Türkçe ve İngilizce makaleleri Dergi Park aracılığıyla online olarak kabul etmektedir.

Makale göndermek isteyen yazarlarımız, dergi internet sayfamızdan (<https://dergipark.org.tr/tr/pub/akufemubid>) kayıt yaptırarak, özgün bilimsel araştırma makalelerini çevrimiçi olarak gönderebilir ve süreci takip edebilirler. Dergimize yayımlanmak üzere başvurusu yapılan makaleler Dergi Park arayüzü ile en az iki hakem (çift taraflı kör hakemlik sistemi) tarafından değerlendirilmektedir. Yazıları değerlendiren hakemlerin adları yazarlara bildirilmez. Hakemler de yazarların adlarını göremez.

## **Derginin Amacı**

Ulusal ve uluslararası temel bilimler ve mühendislik ile ilgili çeşitli disiplinler üzerine çalışan akademisyenler, araştırmacılar ve öğrencilerin Türkçe ve İngilizce yayın yapabilmesini sağlamak, ayrıca bu alanda nitelikli akademik yayınların toplumsal ve bilimsel gelişime katkı sağlaması için bir ortam sunmak amacını gütmektedir.

Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, özgün bilimsel araştırmalar ile uygulama çalışmalarına yer veren bir dergidir. Dergide, fen ve mühendislik bilimlerinde yapılmış deneysel ve teorik ilerlemeleri içeren bilimsel ve özgün araştırma makalesi türündeki çalışmalara yer verilir. Ayrıca, lisansüstü tezlerden hazırlanan yayınlar veya bu tezlerin bir alt çalışması olarak hazırlanan özgün ve daha önce hiçbir yerde yayımlanmamış olan araştırma makaleleri kabul edilmektedir.

## **Dergideki Yayın Çeşitliliği**

Özellikle araştırma makaleleri, orijinal modelleme ve matematiksel çalışmalar, disiplinlerarası mühendislik uygulamalarını içeren çalışmalar ve son teknoloji araştırmaları dergimize kabul edilmektedir. Teknik notlar, derlemeler, editöre mektuplar ve kısa bildirimler kabul edilmemektedir. Lütfen gönderiminizi yaparken seçenekler listesinden uygun makale türünü seçtiğinizden emin olunuz. Özel sayılara başvuru yapan yazarların, özel sayı makale türünü bu listeden seçtiklerinden emin olmaları gerekmektedir.

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ**

*Afyon Kocatepe University*  
*Journal of Science and Engineering*

**İMTİYAZ SAHİBİ/OWNER**

---

Bekir YALÇIN Mechanical Engineering Afyon Kocatepe University, (Türkiye)  
*e-mail: bekiryalcin@aku.edu.tr*

**EDİTÖRLER / EDITORS-IN-CHIEF**

---

Bekir YALÇIN Mechanical Engineering Afyon Kocatepe University, (Türkiye)  
*e-mail: bekiryalcin@aku.edu.tr*

Ziya Özgür YAZICI Materials Science and Engineering. Afyon Kocatepe University, (Türkiye)  
*e-mail: zyazici@aku.edu.tr*

**YARDIMCI EDİTÖRLER / ASSISTANT EDITORS-IN-CHIEF**

---

Can BAŞARAN Geological Engineering, Afyon Kocatepe University, (Türkiye)  
*cbasaran@aku.edu.tr*

İbrahim YAVUZ Automotive Engineering, Afyon Kocatepe University, (Türkiye)  
*iyavuz@aku.edu.tr*

Şükrü TORTOP Mathematics, Afyon Kocatepe University, (Türkiye)  
*stortop@aku.edu.tr*

**İLETİŞİM VE DESTEK/ CONTACT AND SUPPORT**

Afyon Kocatepe Üniversitesi,  
Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Ahmet Necdet Sezer Kampusu,  
03200, Afyonkarahisar/Türkiye

Telefon/Phones: 444 03 03 / 1472-1473  
Belgegeçer/Fax: 0 272 218 14 62  
e-posta/e-mail: fmbd@aku.edu.tr

## ALAN EDİTÖRLERİ/ EDITORIAL BOARD

---

|                   |  |
|-------------------|--|
| Ayça H. ATLI      | Statistics, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>aturkan@aku.edu.tr</i>                                |
| Bekir ORUNCAK     | Physics, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>boruncak@aku.edu.tr</i>                                  |
| Can BAŞARAN       | Geological Engineering, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>cbasaran@aku.edu.tr</i>                   |
| Emre AKARSLAN     | Renewable Energy Systems, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>akarслан@aku.edu.tr</i>                 |
| Erhan ÜNAL        | Internet and Info. Technol. Management, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>eunal@aku.edu.tr</i>      |
| Fatih ÖZDİNÇ      | Management Information Systems, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>fozdinc@aku.edu.tr</i>            |
| Fatma KAYNARCA    | Mathematics, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>fkaynarca@aku.edu.tr</i>                             |
| G. Emre GÜRAKSIN  | Computer Engineering, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>emreguraksin@aku.edu.tr</i>                 |
| Güray SONUGÜR     | Mechatronics Engineering, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>gsonugur@aku.edu.tr</i>                 |
| Hakan TERZİ       | Molecular Biology and Genetics, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>hterzi@aku.edu.tr</i>             |
| İ. Sinan ATLI     | Metallurgical and Materials Engineering, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>sinanatli@aku.edu.tr</i> |
| Mehmet KILINÇ     | Food Engineering, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>mkilinc@aku.edu.tr</i>                          |
| Mürüvvet KURT     | Chemistry, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>muruvvetduz@aku.edu.tr</i>                             |
| Nevzat OLGUN      | Software Engineering, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>nolgun@aku.edu.tr</i>                       |
| Oğuzhan ALAGÖZ    | Chemical Engineering, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>oalagoz@aku.edu.tr</i>                      |
| Ömer F. GÜLER     | Mechanical Engineering, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>ofguler@aku.edu.tr</i>                    |
| Ömer G. NARİN     | Geomatics Engineering, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>gokberknarin@aku.edu.tr</i>                |
| Ramazan EROL      | Mathematics and Science Education, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>rerol@aku.edu.tr</i>           |
| Recep KURTULUŞ    | Materials Science and Engineering, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>rkurtulus@aku.edu.tr</i>       |
| Şükrü A. BAYDIR   | Automotive Engineering, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>abaydir@aku.edu.tr</i>                    |
| Şükrü TORTOP      | Mathematics, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>stortop@aku.edu.tr</i>                               |
| Tolga ÖZER        | Electric-Electronic Engineering, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>tolgaozer@aku.edu.tr</i>         |
| Tuğba YALÇIN UZUN | Mathematics, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>tyalcin@aku.edu.tr</i>                               |
| Uğur FİDAN        | Biomedical Engineering, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>ufidan@aku.edu.tr</i>                     |
| Veli BAŞARAN      | Civil Engineering, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>vbasaran@aku.edu.tr</i>                        |
| Z. Ebru SAYIN     | Mining Engineering, Afyon Kocatepe University, (Turkiye)<br><i>zerkan@aku.edu.tr</i>                         |

## **DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD**

---

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Prof.Dr. Mustafa Bakkal             | İstanbul Technical University, Turkey       |
| Prof.Dr. Mustafa Kemal Yıldız       | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Jose Manuel Torralba       | IMDEA Materials Institute, Spain            |
| Prof.Dr. Bekir Yalçın               | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Tai Keun Kwak              | Daejin University, Korea                    |
| Prof.Dr. Atilla Evcin               | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Yüksel Oğuz                | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Karl-Henrich Grote         | Otto Von Guericke University, Germany       |
| Prof.Dr. Ömer Hazman                | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Ahmet Yıldız               | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Assoc.Prof.Dr. Evren Yasa           | The University of Sheffield, UK             |
| Prof.Dr. İbrahim Mutlu              | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. İbrahim Hakkı Cığerci      | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Oğuzhan Yılmaz             | Gazi University, Turkey                     |
| Prof.Dr. Mustaque Hossain           | Kansas State University, USA                |
| Prof.Dr. İsmail Sedat Büyüksağış    | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Cevat İnal                 | Konya Technical University, Turkey          |
| Prof.Dr. Regita Bendikiene          | Kaunas University of Technology, Lithuania  |
| Prof.Dr. Harun Dıraman              | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Ersin Kıvrak               | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Halil Zeki Gök             | Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Turkey |
| Prof.Dr. Mustafa Yılmaz             | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Hüseyin Ali Yalim          | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Bojan Zlender              | University of Maribor, Slovenia             |
| Prof.Dr. İsmail Zorluer             | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Mustafa Kurt               | Marmara University, Turkey                  |
| Prof.Dr. Yusuf Kayalı               | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Taher Abuain               | University of Tripoli, Libya                |
| Prof.Dr. Abdurrahman Karabulut      | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Ulvi Şeker                 | Gazi University, Turkey                     |
| Prof.Dr. Ahmet Serteser             | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Fatih Onur Hocoaoğlu       | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Levent Özcan               | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Cemal Çifci                | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Assoc. Prof.Dr. Ahmad Azmin Mohamad | Universiti Sains Malaysia, Malaysia         |
| Prof. Dr. Afife Binnaz Hazar        | Yıldız Technical University, Turkey         |
| Prof.Dr. Kubilay Aslantaş           | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Prof.Dr. Cahit Gürer                | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Assoc.Prof.Dr. Engin Taş            | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Assoc.Prof.Dr. Ahmet Yönetken       | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Assoc.Prof.Dr. Gür Emre Güraksın    | Afyon Kocatepe University, Turkey           |
| Assoc.Prof.Dr. Ziya Ozgur Yazici    | Afyon Kocatepe University, Turkey           |

## **DİL EDİTÖRLERİ / LANGUAGE EDITORS**

---

İ. Sinan ATLI Metallurgical and Materials Engineering, Afyon Kocatepe University, (Türkiye)  
*sinanatli@aku.edu.tr*

## **MİZANPAJ EDİTÖRÜ / LAYOUT EDITOR**

---

İbrahim YAVUZ Automotive Engineering, Afyon Kocatepe University, (Türkiye)

*iyavuz@aku.edu.tr*

İsmail YILDIZ İncehisar Vocational School, Afyon Kocatepe University, (Türkiye)

*iyildiz@aku.edu.tr*