



Muş Alparslan Üniversitesi

MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ / MUŞ ALPARSLAN UNIVERSITY

[www.alparslan.edu.tr](http://www.alparslan.edu.tr)

e-ISSN: 2149-6455

Aralık/ December 2023

Cilt/Volume 11

Sayı/Issue 02

**FEN BİLİMLERİ  
DERGİSİ**  
THE JOURNAL of  
SCIENCE



**MAUNFBD**

**Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of Science**

**YIL/YEAR: 2023 • CİLT/VOLUME: 11 • SAYI/NUMBER: 2**

**Yazılarda ifade edilen görüş ve düşünceler yazarlarının kişisel görüşleri olup derginin ve bağlı bulunduğu kurumun görüşlerini yansıtmaz.**

The opinions and views expressed in papers published on the journal belong only to its author(s) and do not necessarily reflect the views of the journal and its publisher.



**MAUNFBD**

**Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of Science**

**Dağıtım**

Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından yapılmaktadır.

ISSN	:	2147-7930
e-ISSN	:	2149-6455
Basım Tarihi	:	30/12/2023
Cilt	:	11
Sayı	:	2
İlk Yayın Tarihi	:	2013
Basım Yeri	:	Muş
Yayın Türü	:	Yılda iki defa olmak üzere altı ayda bir (Haziran ve Aralık) elektronik olarak yayımlanan uluslararası hakemli ve süreli yayındır.
Yayın Dili	:	Türkçe ve İngilizce'dir.
Adres	:	Muş Alparslan Üniversitesi Kampüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır Yolu 7. Km, 49250 – MUŞ / TÜRKİYE
e-posta	:	h.onlu@alparslan.edu.tr
URL	:	<a href="https://dergipark.org.tr/tr/pub/msufbd">https://dergipark.org.tr/tr/pub/msufbd</a>

## MAUNFBD

### Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Mus Alparslan University Journal of Science

Yıl/Year: 2023 • Cilt/Volume: 11 • Sayı/Number: 2

#### Yayın Kurulu • Editorial Board

<b>Muş Alparslan Üniversitesi Adına Sahibi / Owner</b>	<b>Prof. Dr. Mustafa ALİCAN (Rektör)</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
<b>Editör / Editor-in-Chief</b>	<b>Dr. Öğretim Üyesi Harun ÖNLÜ</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
<b>Editör Yardımcıları / Associate Editors</b>	<b>Doç. Dr. Sedat BOZARI</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye <b>Doç. Dr. Abdullah AYDIN</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye <b>Doç. Dr. Zeynal TOPALCENGİZ</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye <b>Doç. Dr. Abdulhakim ZEYBEK</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
<b>Editör Kurulu-Alan Editörleri / Editorial Board Members</b>	<b>Prof. Dr. Murad Aydın ŞANDA</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye <b>Prof. Dr. Gökhan ZENGİN</b> Selçuk Üniversitesi / Türkiye <b>Prof. Dr. Mahmut TOPRAK</b> Bingöl Üniversitesi / Türkiye <b>Prof. Dr. Kenan YILDIRIM</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye <b>Doç. Dr. Derya EFE</b> Giresun Üniversitesi / Türkiye <b>Doç. Dr. Hüseyin KOÇ</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye <b>Doç. Dr. Abdulhakim ZEYBEK</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye <b>Doç. Dr. Abdullah AYDIN</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye <b>Doç. Dr. Zeynal TOPALCENGİZ</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye <b>Dr. Juan Fernando MUÑOZ</b> University of Florida / Ekvador <b>Dr. Svetlana GOROKHOVA</b> Uznyj Matematıceskij Institut VNC RAN / Rusya <b>Dr. Adam BAKER</b> US Food and Drug Administration (FDA) / ABD <b>Dr. Surendra BARPETE</b> ICARDA / Hindistan <b>Dr. Öğr. Üyesi Sabahattin İLBİRA</b> Amasya Üniversitesi / Türkiye <b>Dr. Öğr. Üyesi Ömer ARSLAN</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye <b>Dr. Öğr. Üyesi Şeyma ÖNLÜ</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye <b>Dr. Üyesi Hatice ÜNLÜ EROĞLU</b> Necmettin Erbakan Üniversitesi / Türkiye <b>Dr. Barış KURT</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
<b>Danışmanlar Kurulu / Advisory Board</b>	<b>Prof. Dr. Güleray AĞAR</b> Atatürk Üniversitesi / Türkiye <b>Prof. Dr. Cemil TUNÇ</b> Yüzüncü Yıl Üniversitesi / Türkiye <b>Prof. Dr. Arzu GÖRMEZ</b> Dokuz Eylül Üniversitesi / Türkiye <b>Prof. Dr. Nevzat ESİM</b> Bingöl Üniversitesi / Türkiye <b>Prof. Dr. ERCAN BURSAL</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye <b>Prof. Dr. Ekrem ALMAZ</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye <b>Prof. Dr. Talat KÖRPİNAR</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye <b>Prof. Dr. Muhammed ÇINAR</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye <b>Doç. Dr. Furkan ORHAN</b>

Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi/ Türkiye  
**Doç. Dr. Selçuk SAĞIR**  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
**Doç. Dr. Salih ÖZER**  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye

**MAUNFBD**  
**Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of Science**

Yıl: 2023 • Cilt: 11 • Sayı: 2

**Amaç ve Kapsam**

Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimler Dergisi, temel bilimler, mühendislik bilimleri, çevre ve enerji alanlarında ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan bilimsel nitelikli ve özgün çalışmaları bilimsel bir yaklaşımla ele almak amacıyla yayımlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisinin temel amacı; uluslararası alanda bilim ve teknolojiye yenilikler ve gelişmeler, güncel ortaya konulan bilimsel çalışmalar, tespit edilen sorunların ve çözüm önerilerinin tartışıldığı özgün ve nitelikli makaleler yayımlanan bilimsel bir dergi olmaktır. Ayrıca Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, yükseköğretim kurumlarında görev alan akademisyenler, lisansüstü öğrenciler, sanayi ve endüstride çalışan kişilerin akademik ve mesleki gelişmelerine katkı sağlayan bilimsel, nitelikli akademik çalışmaların yaygınlaştırılmasına hizmet etmeyi hedeflenmektedir.

Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi; temel bilimleri, tarım ve uygulamalı bilimleri, doğa bilimleri ve mühendislik alanları ile alakalı konularda özgün ve nitelikli bilimsel çalışmaları kapsamaktadır. Dergide, yukarıda belirtilen alanlarda yapılmış deneysel ve teorik ilerlemeleri içeren bilimsel ve özgün araştırma makalesi türündeki bilimsel çalışmalara ve güncel içerikli derlemelere yer verilmektedir. Dergide yayımlanan tüm makalelere DOI numarası atanmakta ve yayımlanan makaleler için herhangi bir ücret talep edilmemektedir. Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisinde yayımlanan yazıların bilimsel ve hukukî sorumluluğu, yazarlarına aittir. Yayımlanan yazıların bütün yayın hakları Muş Alparslan Üniversitesi'ne ait olup yayın, yayıncının izni olmadan kısmen veya tamamen elektronik ortama taşınmaz. Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, özgün bilimsel araştırmalar ile uygulama çalışmalarına yer veren Haziran ve Aralık sayısı olmak üzere yılda iki defa düzenli olarak yayımlanan bir dergidir.

Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimler Dergisi aşağıdaki indekslerce taranmaktadır:

- **TR Dizin**
- Academic keys
- CAB Abstract
- CiteFactor
- COSMOS IF
- CrossRef DOI
- DRJI (Directory of Research Journals Indexing)
- Eurasian Scientific Journal Index (ESJI)
- Index Copernicus
- Infobase index
- International Innovative Journal Impact Factor (IIJIF),
- ResearchBib
- ROAD
- Scientific Indexing Service
- Sindex
- SOBİAD

**MAUNFBD**  
**Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of Science**

Yıl/Year: 2023 • Cilt/Volume: 11 • Sayı/Number: 2

**Aims and Scope**

Muş Alparslan University Journal of Science is an international refereed journal that is published with a scientific approach to handle scientific and original studies in the fields of basic sciences, engineering sciences, environment and energy. The main aim of Muş Alparslan University Science Journal is to become a scientific journal which published original and qualified articles, current scientific studies, their identified problems, and their solution suggestions, discussing innovations and developments in science and technology in the international surroundings. In addition, Muş Alparslan University Journal of Sciences is aimed to serve the dissemination of scientific and qualified academic studies which contributed to the academic and professional development of academicians, graduate students, working people in industry.

Muş Alparslan University Journal of Science covers original and qualified scientific studies in the fields of basic sciences, agriculture and applied sciences, natural sciences, and engineering. There are scientific, original research articles and current content reviews that include experimental and theoretical advances mentioned above in the fields in the journal. All published articles in the journal are assigned a DOI number and no fee is charged for the published articles. The authors belong to scientific and legal responsibility of the articles published in Muş Alparslan University Journal of Science. Muş Alparslan University belongs to all publishing rights of the published articles, and it cannot be published to the electronic medium partially or completely without the permission of the publisher. Muş Alparslan University Journal of Science including the June and December issues is a regular journal published twice a year that is included original scientific research and application studies. Mus Alparslan University Journal of Science is included in the following abstracting and indexing services:

- **TR Dizin**
- Academic keys
- CAB Abstract
- CiteFactor
- COSMOS IF
- CrossRef DOI
- DRJI (Directory of Research Journals Indexing)
- Eurasian Scientific Journal Index (ESJI)
- Index Copernicus
- Infobase index
- International Innovative Journal Impact Factor (IIJIF),
- ResearchBib
- ROAD
- Scientific Indexing Service
- Sindex
- SOBIAD

**MAUNFBD**  
**Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of Science**

Yıl/Year: 2023 • Cilt/Volume: 11 • Sayı/Number: 2

**MAUNFBD Dergi Yayın Etiği ve Sorumluluklar**

**MAUNFBD** Dergisinde uygulanan yayın süreçlerinde yazarlar, hakemler ve editörler etik ilkelere yönelik standartlara uyması önem taşımaktadır. **MAUNFBD** Dergisinde yayın etiği kapsamında tüm yazarlar, hakemler ve editörler aşağıdaki etik sorumlulukları taşıması beklenmektedir. Aşağıda yer alan etik görev ve sorumluluklar oluşturulurken açık erişim olarak **Committee on Publication Ethics (COPE)** tarafından yayınlanan etik kurallara ve sorumluluklar dikkate alınarak hazırlanmıştır.

**Yazarların Etik Sorumlulukları**

Yazar(lar)ın gönderdikleri çalışmaların özgün olması beklenmektedir. Yazar(lar)ın başka çalışmalardan yararlanmaları veya başka çalışmaları kullanmaları durumunda eksiksiz ve doğru bir biçimde atıfta bulunmaları ve/veya alıntı yapmaları gerekmektedir. Çalışmanın oluşturulmasında içeriğe katkı sağlamayan kişiler, yazar olarak eklenmemelidir. Yazarlar çalışmalarını aynı anda birden fazla derginin başvuru sürecinde bulunduramaz. Her bir başvuru önceki başvurunun tamamlanmasını takiben başlatılabilir. Başka bir dergide yayınlanmış çalışma **MAUNFBD** Dergisine gönderilemez. Yayınlanmak üzere gönderilen tüm çalışmaların varsa çıkar çatışması teşkil edebilecek durumları ve ilişkileri açıklanmalıdır. Yazar(lar)dan değerlendirme süreçleri çerçevesinde makalelerine ilişkin ham veri talep edilebilir, böyle bir durumda yazar(lar) beklenen veri ve bilgileri yayın kurulu ve bilim kuruluna sunmaya hazır olmalıdır. Değerlendirme süreci başlamış bir çalışmanın yazar sorumluluklarının değiştirilmesi (Yazar ekleme, yazar sırası değiştirme, yazar çıkartma gibi) teklif edilemez. Yazar(lar) kullanılan verilerin kullanım haklarına, araştırma/analizlerle ilgili gerekli izinlere sahip olduklarını veya deney yapılan deneklerin rızasının alındığını gösteren belgeye sahip olmalıdır. Yazar(lar)ın yayınlanmış, erken görünüm veya değerlendirme aşamasındaki çalışmasıyla ilgili bir yanlış ya da hatayı fark etmesi durumunda, dergi editörünü veya yayıncıyı bilgilendirme, düzeltme veya geri çekme işlemlerinde editörle iş birliği yapma yükümlülüğü bulunmaktadır.

**Editörlerin Etik Görev ve Sorumlulukları**

**MAUNFBD** Dergisindeki editörler ve alan editörleri, açık erişim olarak Dergipark sayfasında yayınlanan **Committee on Publication Ethics (COPE)** tarafından belirtilen etik görev ve sorumluluklara sahip olmalıdır:

**Genel Görev ve Sorumluluklar**

Sürekli olarak derginin gelişimini sağlama, dergide yayınlanan çalışmaların kalitesini geliştirmeye yönelik süreçleri yürütme, okuyucuların ve yazarların bilgi ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik çaba sarfetme, düzeltme, açıklama gerektiren konularda yayın açısından açıklık ve şeffaflık gösterme. Fikri mülkiyet hakları ve etik standartlardan taviz vermeden iş süreçlerini devam ettirme editörün görev ve sorumluluklarındandır.

**Hakemlerin Etik Sorumlulukları**

Sadece uzmanlık alanı ile ilgili çalışma değerlendirmeyi kabul etmelidir. Tarafsızlık ve gizlilik içerisinde değerlendirme yapılmalıdır. Gizlilik ilkesi gereği inceledikleri çalışmaları değerlendirme sürecinden sonra imha etmelidir. Değerlendirme sürecinde çıkar çatışması ile karşı karşıya olduğunu düşünürse, çalışmayı incelemeyi reddederek, dergi editörünü bilgilendirmelidir. Değerlendirmeyi nesnel bir şekilde sadece çalışmanın içeriği ile ilgili olarak yapılmalıdır. Değerlendirmeyi yapıcı ve nazik bir dille yapılmalıdır. Düşmanlık, iftira ve hakaret içeren aşağılayıcı kişisel yorumlar yapmamalıdır. Değerlendirmeyi kabul ettikleri çalışmayı zamanında ve yukarıdaki etik sorumluluklarda gerçekleştirilmelidir.

**Yayıncının Etik Sorumlulukları**

**MAUNFBD** Dergisinde gönderilen çalışmaların tüm süreçlerinden editör sorumludur. Bağımsız editör kararı oluşturulmasını taahhüt eder. **MAUNFBD** Dergisinde ekonomik ya da politik kazançlar göz önüne alınmaksızın karar verici kişi editördür. **MAUNFBD** Dergisinde yayınlanmış her makalenin mülkiyet ve telif hakkını korumak zorundadır. Editöre ilişkin her türlü bilimsel suiistimal ve intihalle ilgili önlemleri alma sorumluluğuna sahiptir.

**Yazarlar ile İlişkiler**

Editör, çalışmaların önemi, özgün değeri, geçerliliği, anlatımın açıklığı ve derginin amaç ve hedeflerine dayanarak olumlu ya da olumsuz karar vermemelidir. Yayın kapsamına uygun olan çalışmaların ciddi problemi olmadığı sürece ön değerlendirme aşamasına alınmalıdır. Editör, çalışma ile ilgili ciddi bir sorun olmadıkça, olumlu yöndeki hakem



önerilerini göz ardı etmemelidir. Yeni editör, çalışmalara yönelik olarak önceki editör tarafından verilen kararları ciddi bir sorun olmadıkça değiştirmemelidir. **MAUNFBD** Dergisinde bir Yazar Rehberi yayınlamalıdır. Yazarlara açıklayıcı ve bilgilendirici şekilde bildirim ve dönüş sağlanmalıdır.

### **Hakemler ile İlişkiler**

Editör; dergi yayın politikalarında yer alan **Kör Hakemlik ve Değerlendirme Süreci** politikalarını uygulamakla yükümlüdür. Hakemleri yayının alan konusuna uygun olarak seçilmelidir. Yayının değerlendirme sürecinde gerekli tüm bilgileri hakemlere sağlamakla yükümlüdür. Yazarlar ve hakemler arasından çıkar çatışması olup olmadığını gözetmek durumundadır. Yayının değerlendirme sürecinde hakemlerin kimlik bilgilerini gizli tutmalıdır. Hakemleri tarafsız, bilimsel ve nesnel bir dille çalışmayı değerlendirmeleri için teşvik etmelidir. Hakem havuzunun geniş bir yelpazeden oluşması için adımlar atmalıdır. Hakemlerin performansını artırıcı uygulama ve politikalar belirlemelidir. Bilimsel olmayan değerlendirmeleri engellemelidir.

### **Okuyucu ile İlişkiler**

Editör tüm okuyucuların ihtiyaç duydukları bilgi, beceri ve deneyim beklentilerini dikkate alarak karar vermelidir. Yayımlanan çalışmaların okuyucu, araştırmacı, uygulayıcı ve bilimsel literatüre katkı sağlamasına ve özgün nitelikte olmasına dikkat etmelidir. Editör okuyuculardan gelen geri bildirimleri dikkate almak, açıklayıcı ve bilgilendirici geri bildirim vermekle yükümlüdür.

### **Yayın Kurulu ile İlişkiler**

Editör, tüm yayın kurulu üyelerinin süreçleri yayın politikaları ve yönergelere uygun ilerletmesini sağlamalıdır. Yayın kurulu üyelerini yayın politikaları hakkında bilgilendirmeli ve gelişmelerden haberdar etmelidir. Yeni yayın kurulu üyelerini yayın politikaları konusunda eğitmeli, ihtiyaç duydukları bilgileri sağlamalıdır.

### **Dergi Sahibi ve Yayıncı ile İlişkiler**

Editör ile yayıncı arasında yapılan yazılı sözleşme gereği, editörün alacağı tüm kararlar yayıncı ve dergi sahibinden bağımsızdır. Yani editör ve yayıncı arasındaki ilişki bağımsızlık ilkesine dayanmaktadır.

### **Kişisel Verilerin Korunması**

Editör; değerlendirilen çalışmalarda yer alan deneklere veya görsellere ilişkin kişisel verilerin korunmasını sağlamakla yükümlüdür. Çalışmalarda kullanılan bireylerin açık rızası belgeli olmadığı sürece çalışmayı reddetmekle görevlidir. Ayrıca editör; yazar, hakem ve okuyucuların bireysel verilerini korumaktan sorumludur.

### **Etik Kurul, İnsan ve Hayvan Hakları**

Editör; değerlendirilen çalışmalarda insan ve hayvan haklarının korunmasını sağlamakla yükümlüdür. Çalışmalarda kullanılan deneklere ilişkin etik kurul onayı, deneysel araştırmalara ilişkin izinlerin olmadığı durumlarda çalışmayı reddetmekle sorumludur.

### **Olası Suiistimal ve Görevi Kötüye Kullanmaya Karşı Önlem**

Editör; olası suiistimal ve görevi kötüye kullanma işlemlerine karşı önlem almakla yükümlüdür. Bu duruma yönelik şikayetlerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi konusunda titiz ve nesnel bir soruşturma yapmanın yanı sıra, konuyla ilgili bulguların paylaşılması editörün sorumlulukları arasında yer almaktadır.

### **Fikri Mülkiyet Haklarının Korunması**

Editör; yayımlanan tüm makalelerin fikri mülkiyet hakkını korumakla, olası ihlallerde derginin ve yazar(lar)ın haklarını savunmakla yükümlüdür. Ayrıca editör yayımlanan tüm makalelerdeki içeriklerin başka yayınların fikri mülkiyet haklarını ihlal etmemesi adına gerekli önlemleri almakla yükümlüdür. Bu aşamada yazarlardan makaleleri ile birlikte almış oldukları intihal raporu talep edilmektedir.

### **MAUNFBD Dergisinde Etik Olmayan Bir Durumla Karşılaşırsanız!**

**MAUNFBD** Dergisinde yukarıda bahsedilen etik sorumluluklar ve dışında etik olmayan bir davranış veya içerikle karşılaşırsanız lütfen [h.onlu@alparslan.edu.tr](mailto:h.onlu@alparslan.edu.tr) adresine e-posta yoluyla bildiriniz.

**MAUNFBD**  
**Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of Science**

Yıl/Year: 2023 • Cilt/Volume: 11 • Sayı/Number: 2

**MAUNFBD Journal Editorial Ethics and Responsibilities**

It is important for authors, referees and editors to comply with the standards regarding ethical principles in the publication processes applied in the Journal of MAUNFBD. All authors, referees and editors are expected to have the following ethical responsibilities within the scope of publication ethics in MAUNFBD journal. The following ethical duties and responsibilities have been prepared as open access, taking into account the ethical rules and responsibilities published by the Committee on Publication Ethics (COPE).

**Authors' Ethical Responsibilities**

The works submitted by the author (s) are expected to be original. If the author (s) benefit from other studies or use other studies, they must cite and / or cite completely and accurately. People who do not contribute to the content of the study should not be added as author. The authors work in the application process can not contain more than one journal at a time. The work published in another journal cannot be sent to the MAUNFBD Journal. That might constitute a conflict of interest if all studies submitted for publication must be explained and relationships. Author (s) can be requested from the evaluation process raw data of the frame in the article, in such a case the author (s) must be ready to provide the expected data and information science committee and the editorial board. Replacing the responsibility of the author began a study of the evaluation process (authors add, modify order of authors, writers like stickers) cannot be offered. The author (s) must have a document showing that they have the right to use the data used, the necessary permissions for research / analysis, or that the subjects who have been experimented with have consent. Author (s) of the published case early view or assessment notice a wrong or error about her work on stage, to inform the journal editor or publisher has an obligation to carry editors to cooperate in the correction or retraction.

**Editors' Ethical Duties and Responsibilities**

Editors and field editors in the MAUNFBD Journal should have the ethical duties and responsibilities specified by the Committee on Publication Ethics (COPE) published on the Dergipark page as open access:

**General Duties and Responsibilities**

Continuously improving the quality of the journal, carrying out processes to improve the quality of the work published in the journal, striving to meet the information needs of readers and authors, correcting, showing publicity and transparency in matters requiring explanation, continuing business processes without compromising intellectual property rights and ethical standards is one of his duties and responsibilities.

**Ethical Responsibilities of Referees**

Only study related to the specialty should accept the assessment. It should evaluate in impartiality and confidentiality. The study examined the privacy policy should be destroyed after the evaluation process. If referee thinks that he/she faces a conflict of interest during the evaluation process, he should refuse to review the study and inform the journal editor. The referee should make the assessment objectively only in relation to the content of the study. Referee should make the assessment in a constructive and kind language. It should not make humiliating personal comments that include hostility, slander and insults. They should perform the work they accepted to evaluate on time and with the ethical responsibilities above.

**Publisher's Ethical Responsibilities**

The editor is responsible for all the processes submitted in the MAUNFBD Journal. The independent editor commits to the decision. The decision maker is the editor, regardless of economic or political gains in the Journal of MAUNFBD. It must protect the property and copyright of every article published in the MAUNFBD journal. It has the responsibility to take all sorts of scientific abuse and plagiarism related measures.

### **Relations with Authors**

Editor, the importance of the work, the original value, validity, the openness of expression and should give a positive or negative decision based on the journal's goals and objectives. Unless there is a serious problem for the studies that are suitable for publication, they should take the preliminary evaluation stage. The editor should not ignore the positive reviews of the referees unless there is a serious problem with the work. The new editor should not change the decisions made by the previous editor for the work unless there is a serious problem. It should publish an Author Directory in the MAUNFBD journal. Authors should be provided with informative and informative feedback and feedback.

### **Relations with Referees**

Editor is responsible for applying the Blind Review and Evaluation Process policies included in its publication policies. Referees should be selected in accordance with the subject of the publication. It is obliged to provide all necessary information to the referees during the evaluation process of the publication. It has to observe whether there is a conflict of interest among the authors and reviewers. The identity information of the referees must be kept confidential during the evaluation of the broadcast. Encourage referees to evaluate working in an objective, scientific and objective language. The referee should take steps to make the pool a broad spectrum. Implementations and policies that increase the performance of the referees should be determined. It should prevent unscientific evaluations.

### **Relations with Readers**

The editor should make a decision by considering the knowledge, skills and experience expectations of all readers. The reader should pay attention to the fact that the published studies contribute to the reader, researcher, practitioner and scientific literature and be original. The editor is obliged to take into account the feedback from the readers and to provide explanatory and informative feedback.

### **Relations with the Editorial Board**

The editor should ensure that all editorial board members advance the processes in accordance with editorial policies and guidelines. The editorial board should inform the members of the editorial policies and inform the developments. The new editorial board should educate its members on broadcast policies and provide the information they need.

### **Relations with the Owner of the Journal and the Publisher**

In accordance with the written contract between the editor and the publisher, all decisions taken by the editor are independent of the publisher and magazine owner. In other words, the relationship between the editor and the publisher is based on the principle of independence.

### **Protection of Personal Data**

The editor is obliged to ensure the protection of personal data related to the subjects or images in the evaluated works. Unless the explicit consent of the individuals used in the studies is documented, they are responsible for refusing to work. Also, editor is responsible for protecting the individual data of the author, referee and readers.

### **Ethics Committee, Human and Animal Rights**

The editor is obliged to ensure the protection of human and animal rights in the evaluated works. Ethics committee approval for subjects used in studies is responsible for refusing to work in cases where there is no permit for experimental research.

### **Measure Against Potential Abuse and Abuse**

The editor is obliged to take measures against possible abuse and misconduct. In addition to conducting a rigorous and objective investigation about the identification and evaluation of complaints for this situation, sharing the findings on the subject is among the responsibilities of the editor.

### **Protection of Intellectual Property Rights**

The editor is obliged to protect the intellectual property right of all published articles and to defend the rights of the journal and author (s) in possible violations. In addition, the editor is obliged to take necessary precautions so that the content in all published articles does not violate the intellectual property rights of other publications. At this stage, the plagiarism report they received with the articles is requested from the authors.

**NOTE:** If you encounter an unethical situation in MAUNFBD Journal!

If you encounter any ethical responsibilities and unethical behavior or content mentioned above in MAUNFBD Journal, please report it to **h.onlu@alparslan.edu.tr** by e-mail.

İÇİNDEKİLER • CONTENTS

ÖZGÜN ARAŞTIRMA / ORIGINAL ARTICLE

	Sayfalar/ Pages
<b>Gülbahar AKKAYA SAYĞILI, Hasan SAYĞILI</b> Co-conversion of Industrial Biowaste Mixtures by Hydrothermal Method and Application to Cu <sup>2+</sup> Adsorption <i>Endüstriyel Biyoatık Karışımının Hidrotermal Yöntemle Birlikte Dönüşümü ve Cu<sup>2+</sup> İyonları Adsorpsiyonuna Uygulanması</i>	33-39
<b>Tarık KOÇ, Fikret YALÇINKAYA</b> Experimental Investigation of the Electrical Effect of Twisted Lights on a Semiconductor <i>Bükümlü Işıkların Yarıiletken Üzerindeki Elektriksel Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi</i>	40-44
<b>Ercan IŞIK, Fatih AVCIL, Enes ARKAN, Rabia İZOL</b> Investigation of the Damages Due to Heavy Earthen Roofs on Masonry Buildings during the Kahramanmaraş Earthquakes <i>Kahramanmaraş Depremlerinde Ağır Toprak Damların Yağma Yapılarda Yol Açtığı Hasarların Araştırılması</i>	45-54
<b>Serhat KORLAELÇİ</b> Investigation of TEC Changes on Magnetic Conjugate Pairs over the Africa Region during the Geomagnetic Storm of August 25-26, 2018 <i>25-26 Ağustos 2018 Jeomanyetik Fırtına Sırasında Afrika Bölgesi Üzerindeki Manyetik Eşlenik Çiftleri Üzerindeki TEC Değişikliklerinin İncelenmesi</i>	55-64
<b>Soner DOĞANAY, Mete YANAR</b> Şanlıurfa ili Eyyubiye İlçesi Siğircilik İşletmelerinde Bulunan Barnakların yapısal özellikleri ve Yetiştiricilerin Öğrenim Durumlarıyla İlişkileri <i>Structural Characteristics of Barns Located in Cattle Breeding Enterprises in Eyyubiye County of Şanlıurfa Province and Their Relationships with Educational Status of Breeders</i>	65-74
<b>Murat ÖZDİLEK, Yunus ESEN, Orhan ERMAN</b> Diyarbakır İli Kulp İlçesi Su Keneleri (Acari: Hydrachnidia) Faunası <i>The Water Mite (Acari: Hydrachnidia) Fauna of Kulp District (Diyarbakır Province / Türkiye)</i>	75-82
<b>Madi BÜLBÜL, Hanifi ÇAM</b> Akdeniz Bölgesi Kozmik Radyasyon Doz Eşdeğerinin Fluka/Flair Programı ile Belirlenmesi <i>Average Determination of the Cosmic Radiation Dose Equivalent in the Mediterranean Region by Fluka/Flair Program</i>	83-90
	91-98
<u>DERLEME/ REVIEW ARTICLE</u>	
<b>Alaaddin VURAL, Güllü KIRAT</b> Jeotektonik Süreçler, Deprem ve Maden Yatakları: Kuzey Anadolu Fay Zonu <i>Geotectonics Processes, Earthquake and Mineral Deposits: The North Anatolian Fault Zone</i>	

Okuyucu Mektupları / Letters



Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimler Dergisi'nde yayımlanan çalışmalar hakkındaki değerli görüşlerinizi, yorumlarınızı ve önerilerinizi lütfen dergi editörüne iletiniz.  
h.onlu@alparslan.edu.tr

## Co-conversion of Industrial Biowaste Mixtures by Hydrothermal Method and Application to Cu<sup>2+</sup> Adsorption

Gülbahar AKKAYA SAYĞILI<sup>1</sup>, Hasan SAYĞILI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Science, Faculty of Education, Dicle University, Diyarbakır, Turkey

<sup>2</sup> Vocational School of Technical Sciences, Department of Chemistry and Chemical Process Technology, Batman University, Batman, Turkey

✉: [hasan.saygili@batman.edu.tr](mailto:hasan.saygili@batman.edu.tr) <sup>1</sup>0000-0001-9860-503X <sup>2</sup>0000-0003-4900-8268

Received (Geliş): 19.07.2023

Revision (Düzelme): 12.11.2023

Accepted (Kabul): 17.11.2023

### ABSTRACT

In present work, a novel carbonaceous product (HPSHC) was obtained by hydrothermal co-carbonization (co-HTC) of hazelnut and peanut shells (HS and PS). HS and PS were mixed at a mixing ratio of 1:1 by mass and subjected to co-HTC treatment at 220°C for 6 hours' reaction time. The physicochemical characteristics of the produced HPSHC such as atomic carbon content, mass yield, higher heating value and energy density were determined. In addition, attenuated total reflectance-fourier transform infrared spectroscopy (ATR-FTIR) was taken to determine the surface functional groups and scanning electron microscopy (SEM) images were taken to highlight the surface morphology. HPSHC was utilize as a sorbent sample in copper ions (Cu(II)) adsorption. The rate and equilibrium parameters of the system were calculated by kinetic and isotherm modeling of the adsorption. Kinetic studies showed that the adsorption was consistent with the pseudo-second order kinetic model, and isotherm studies showed that it was obeyed the Langmuir model. A theoretical maximal uptake capacity ( $q_m$ ) was calculated 39.90 mg/g. In addition, as a result of thermodynamic calculations using equilibrium constants, it was observed that the adsorption of Cu(II) on HPSHC is a spontaneous and endothermic process.

**Keywords:** Co-hydrothermal carbonization, Cu(II), Hazelnut shell, Peanut shell, Isotherm, Kinetic

## Endüstriyel Biyoatık Karışımının Hidrotermal Yöntemle Birlikte Dönüşümü ve Cu<sup>2+</sup> İyonları Adsorpsiyonuna Uygulanması

### ÖZ

Mevcut çalışmada, fındık ve fıstık kabuklarının birlikte hidrotermal karbonizasyonu (ko-HTK) ile karbon esaslı yeni bir ürün (HPSHC) elde edildi. Fındık ve fıstık kabukları kütlece 1:1 karışma oranında karıştırılıp 220 °C sıcaklıkta 6 saat reaksiyon süresinde ko-HTK işlemine tabi tutuldu. Üretilen HPSHC'nin atomik karbon içeriği, kütle verimi, üst ısıl değer ve enerji yoğunluğu gibi fizikokimyasal karakteristikleri belirlendi. Ayrıca yüzey fonksiyonel gruplarını belirlemek için fourier transform kızılötesi spektrumu (FTIR) ve yüzey morfolojisini aydınlatmak için taramalı elektron mikroskop (SEM) görüntüleri alındı. HPSHC sulu çözeltiden bakır iyonları (Cu(II)) adsorpsiyonunda adsorptör olarak kullanıldı. Adsorpsiyonun kinetik ve izoterm modellemesi yapılarak, sisteme ilişkin hız ve denge parametreleri hesaplandı. Kinetik çalışmalar, adsorpsiyonun yalancı-ikinci dereceden kinetik modeli ile uyumlu olduğunu ve izoterm çalışmaları ise Langmuir adsorpsiyon izotermine uygunluğunu gösterdi. HPSHC için maksimum Cu(II) adsorpsiyon kapasitesi ( $q_m$ ) 39.90 mg/g olarak hesaplandı. Ayrıca denge sabitleri kullanılarak yapılan termodinamiksel hesaplamalar sonucu, HPSHC üzerinde Cu(II) adsorpsiyonunun kendiliğinden ve endotermik bir süreç olduğu gözlemlendi.

**Anahtar Kelimeler:** Birlikte-hidrotermal karbonizasyon, Cu(II), Fındık kabuğu, Fıstık kabuğu, İzoterm, Kinetik

### INTRODUCTION

As a result of rapid developments in global industrial technologies, copper (Cu(II)) ions are frequently used in the manufacture of semiconductors [1], batteries [2] and electronic components of machines [3]. Some of the industrial waste from this processing industry inevitably results in the release of Cu(II) into the ecological environment. Due to its high toxic potential, environmental persistence, non-biodegradability and

bioaccumulation, aquatic system contamination from copper (Cu(II)) ion causes severe ecological environment and body function disorders [4]. After Fe(II) and Zn(II) ions, Cu(II) is the third most abundant transition metal in the human body [5]. When Cu(II) exceed the normal limit, they can accumulate in human cells and cause many dangerous diseases like Wilson and Alzheimer diseases or cancer [6]. For this reason, the US Environmental Protection Agency specifies that the Cu(II) concentration in drinking water should be less than

20  $\mu\text{M}$  [7]. Therefore, it is of great importance to develop new types of materials that can effectively remove Cu(II) ions from wastewater. Different methods like ion exchange [8], redox [9], chemical precipitation [10] and adsorption [11] are used to remove Cu(II) from wastewater. Among these, the adsorption technique attracts great interest owing to its easy applicability, high purification efficiency and low cost [12].

Hydrothermal carbonization (HTC) of biomass wastes attracts great attention due to the environmental and energy crisis that has increased its impact in recent years. HTC, a thermochemical conversion process of wet biomass to hydrochar, a solid product with high added value, is a low-cost technique [13]. Owing to the presence of oxygen-containing functional groups on its surface, hydrochar is an effective sorbent material for pollution removal. Since oxygen-containing functional groups on the surface play a key role in removing pollutions through surface complexation, electrostatic interaction, and ion exchange [14]. Co-hydrothermal carbonization (co-HTC) technique, in which carbonization stage is applied to more than one feedstock simultaneously, has recently attracted the attention of researchers. This method is applied to improve the resulting hydrochar product properties such as carbon content and fuel quality increase or decrease in ash content relative to the single hydrothermal carbonization product [15].

In this research, a new hydrochar was prepared by co-hydrothermal carbonization of hazelnut and pistachio shells. Next, the obtained HPSHC was implemented in copper Cu(II) ions elimination process. Physicochemical properties of HPSHC were characterized by spectroscopic techniques such as FTIR, SEM and elemental analysis. Cu(II) sorption process was searched including kinetics and isotherms studies, and the impact of several agents on the sorption performance of HPSHC, containing solution pH, temperature and equilibrium-contact time were investigated.

## MATERIALS and METHODS

### Biomass and Chemicals

Hazelnut and pistachio shells (HS and PS) were obtained from the hazelnut processing factory in Ordu and the peanut processing factory in Gaziantep, respectively. Both raw materials were thoroughly cleaned with distilled deionized (DI) water and air-dried for 12 h. After drying, feedstocks were crushed in a pulverizer for 60 sec and sieved at  $<200 \mu\text{m}$  to obtain a homogenous HS and PS powder mixture. The chemicals used in this study were  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , NaOH, HCl and  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  of analytical purity and purchased from Sigma-Aldrich.

### HPSHC production

The co-HTC process of HS and PS was performed in a high-pressure reactor with a volume of 100 mL (Fytronix, FYHT-8000, Turkey). A mixture of 50 mL DI

water and 5 g biomass (2.5 g of HS and 2.5 g of PS) was transferred to the hydrothermal reaction system to keep the biomass/water ratio 1:10. The biomass-water mixture was kept in an autoclave at 220 °C for 6 h and the hydrothermal product was collected by vacuum filtration, washed several times with DI water and dried in electrical oven at 80 °C for 12 h.

### Characterization of HPSHC

The synthesis yield (SY), higher heating value (HHV) and energy yield (EY) of HPSHC were calculated according to the following formulas:

$$SY (\%) = \frac{\text{mass of hydrochar}}{\text{mass of feedstock}} \times 100 \quad (1)$$

$$HHV = 0.3491 C\% + 1.1783 H\% + 0.1005 S\% - 0.1034 O\% - 0.015 N\% - 0.021 \text{ ash}\% \quad (2)$$

$$EY = MY \times \frac{HHV_{\text{hydrochar}}}{HHV_{\text{feedstock}}} \quad (3)$$

The ATR-FTIR spectrum was recorded in the 450-4000  $\text{cm}^{-1}$  wavelength region to perform the qualitative analysis of the functional groups in sorbent surface. The morphological structure pristine and Cu(II)-loaded hydrochar were investigated with scanning electron microscopy (SEM). The fundamental elemental composition of feedstocks and HPSHC were analyzed instrumentally, and percentage of O was calculated by subtraction technic ( $O\% = 100\% - C\% - H\% - N\% - S\% - \text{Ash}$ ). Fixed carbon (FC), volatile matter (VM), moisture (M) and ash content (A) analyzes of hazelnut and pistachio shells and HPSHC were made according to China GB/T212-2008 standard test.

### Adsorption Studies

pH, kinetic and isotherm experimental studies were carried out to investigate Cu(II) adsorption on HPSHC. All experimental studies were carried out with 0.1 gram of HPSHC, each experiment was repeated twice and calculations and models were made with average values. For the investigation of pH effect on sorption process, pH values were set ranging from 2 to 6, at 293 K with 100 ppm. To observe the adsorption kinetics of copper ions, the batch tests were analyzed with temperatures ranging from 293 to 333 K under the optimal working pH (pH:5) and initial concentration of 100 ppm. Supernatants (15 mL) were collected at different contact time intervals (5-360 min). Isotherm experiments were carried out at different concentrations (50-400 ppm) and temperatures (293-333 K) for 10 h. After sorption, heavy metal ion concentration was detected by Atomic Adsorption spectrophotometer (AAS). Each experiment was repeated at least two times. The rate constants for the HPSHC-Cu(II) system were calculated by two models namely pseudo-first order (PFO) [16] (Eq. 4) and pseudo-second order (PSO) [17] (Eq. 5) kinetic equations:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_{ads,1} t}{2.303} \quad (4)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_{ads,2} q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (5)$$

where  $q_e$ ,  $q_t$ ,  $k_{ads,1}$ , and  $k_{ads,2}$  represent adsorption uptake at equilibrium (mg/g), adsorption uptake at time  $t$  (min) (mg/g), rate constant of PFO (1/min), and rate constant of PSO ((g/(mg.min))), respectively.

The isotherms of Langmuir [18] (Eq. 6) and Freundlich [19] (Eq. 7) were analyzed for adsorption system and parameters of equilibrium were calculated:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m b} + \frac{C_e}{q_m} \quad (6)$$

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (7)$$

where  $C_e$  is equilibrium concentration of Cu(II) (mg/L),  $b$  Langmuir constant representing energy of adsorption (L/mg) and  $q_m$  represents maximum adsorption capacity of the adsorbent (mg/g).  $K_F$  ((mg/g)(L/mg)<sup>1/n</sup>) is the equilibrium constant of Freundlich and  $n$  is the heterogeneity factor. In addition, Langmuir's constant  $b$  is used in Eq. (8) to determine the equilibrium factor  $R_L$ :

$$R_L = \frac{1}{1 + b C_0} \quad (8)$$

where  $C_0$  (mg/L) is the initial concentration of metal ion. The  $R_L$  value indicates the type of sorption either unfavourable ( $R_L > 1$ ), linear ( $R_L = 1$ ), favourable ( $R_L < 1$ ) or irreversible ( $R_L = 0$ ).

## RESULTS and DISCUSSION

### Characterization of HPSHC

#### Elemental analysis, fuel properties and proximate analysis

Elemental analyzes of the raw materials (HS and PS) and HPSHC hydrochar produced by the co-HTC technique were carried out to evaluate the change in elemental compositions and the data obtained are shown in Table 1. The content of elemental carbon in HPSHC is higher than that of HS and PS, which is due to the carbonization and hydrolysis reactions that take place during the co-hydrothermal treatment. Also, the decreases of H and O in HPSHC compared to HS and PS are because of decarboxylation, dehydration and condensation reactions that occur through co-HTC process [20]. In addition, the fact that the H/C and O/C atom ratios of HPSHC are lower than the raw biomasses show that the co-hydrothermal process increases the aromatization in the structure. The contents of ash (A), volatile matter (VM) and fixed carbon (FC) in materials are also presented in

Table 1. The ash contents of HS and PS decreased by 52% and 60%, respectively, during the co-HTC treatment. During the HTC process, ash as an inorganic component is mostly inactive, so the reaction and decomposition of the biomass components allows the inorganic structures to easily pass into the liquid phase [21]. When the contents of VM and FC are examined, reducing in VM and rising in FC values are determined after co-HTC for both biomasses. The reduce in VM and the rise in FC are attributed to the condensation and polymerization reactions that occur through co-HTC treatment [22]. According to the data in Table 1, the HHVs of the HS and PS increased after co-HTC treatment and reached 20.12 MJ/kg. In addition, fuel ratios increased by 0.53 and 0.45, respectively, to 0.84 for HS and PS. The increase in HHVs is due to both the increase in %C and the decomposition of cellulose and hemicellulose. That is, after the co-HTC reaction, the contents of ash and volatile matter in raw materials decrease, and hemicellulose and cellulose, which have HHVs ranging from 16.81 to 18.6 MJ/kg, are decomposed at temperatures around 180 °C and 220-230 °C. As a result, components with higher HHV remain in the structure of the hydrochar and increase HHV [23]. Considering the mass and energy yield values, it was calculated as SY: 75.45% and EY: 81.24%, respectively.

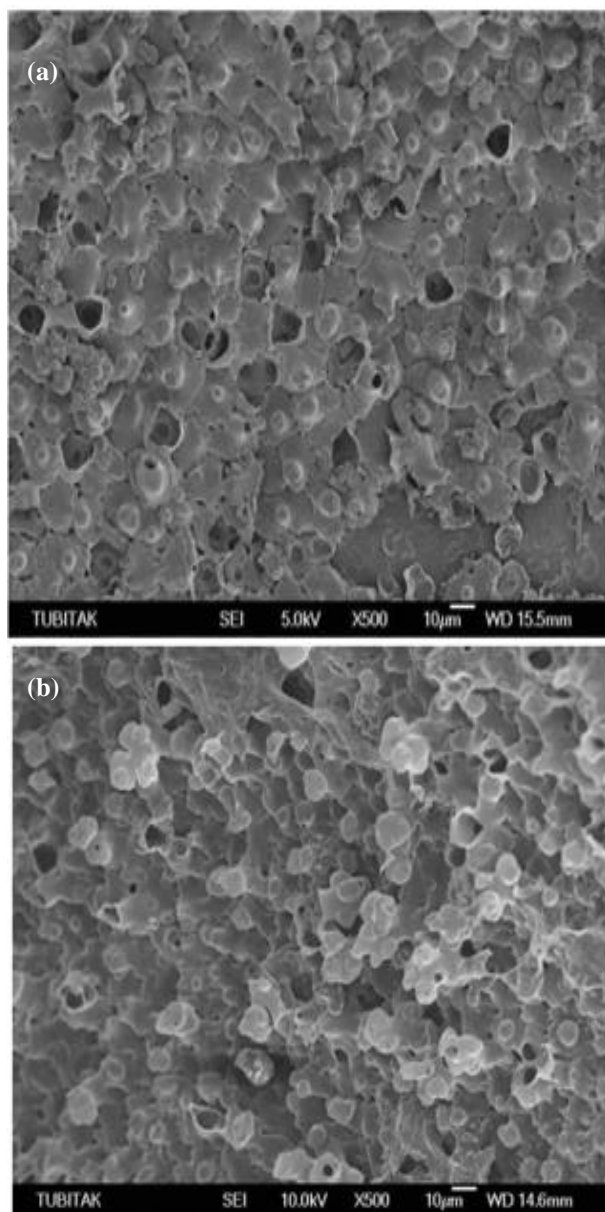
**Table 1.** Physicochemical characteristics of HS, PS and HPSHC

Sample ID	HS	PS	HPSHC
%C	48.46	44.75	51.85
%H	5.661	5.705	5.404
%N	0.458	0.292	0.362
%S	-	0.068	-
%O	44.37	47.93	41.88
H/C	1.40	1.53	1.25
O/C	0.69	0.84	0.61
HHV (MJ/kg)	18.97	17.36	20.12
M(%)	10.62	4.73	4.93
A(%)	1.05	1.26	0.50
VM(%)	57.64	64.62	51.29
FC(%)	30.69	29.39	43.28
FR	0.53	0.45	0.84

#### Morphological characteristics

The surface structures before and after sorption were characterized by SEM technique (Figure 1). From Figure 1, surface of HPSHC is morphologically different from each other before and after loading with copper ions. Before adsorption, the HPSHC surface has an irregular structure, which will increase and ease the sorption of Cu<sup>2+</sup> to HPSHC surface. After loading with Cu<sup>2+</sup>, changes on the HPSHC surface approve the sorption of copper ions.

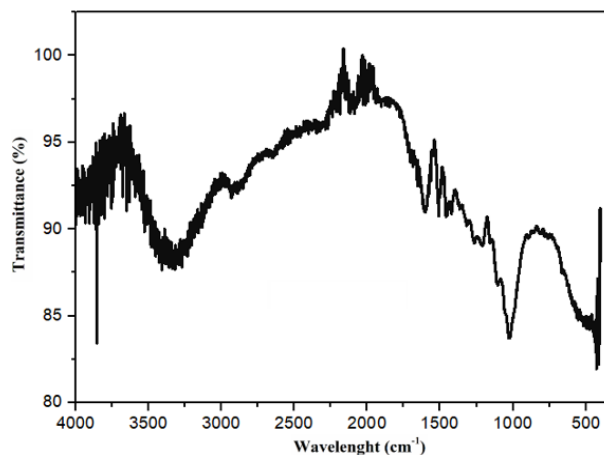




**Figure 1.** Morphology of HPSHC (a) and (b) Cu<sup>2+</sup>-loaded HPSHC

### FTIR analysis

FTIR spectra was presented to analyze the functional groups of HPSHC in Figure 2. The FTIR peak located at 3500-3000 cm<sup>-1</sup> assigned to functional group of -OH vibration. The absorption peaks at between 3000 and 2500 cm<sup>-1</sup> corresponded to the stretching vibrational functional group of to aliphatic -CH<sub>n</sub>. The peaks between 1750 and 1500 cm<sup>-1</sup> belong to -C=O groups originating from ketone and amide structures in the HPSHC. The presence of peak at 1650 cm<sup>-1</sup>, related that the vibration of -C=N group at surface. The bands appearing at 1000 and 950 cm<sup>-1</sup> are due to the aromatic C-H out-of-plane bending vibrations. Additionally, the vibrational peaks observed at 1500 and 1450 cm<sup>-1</sup> confirm the presence of carboxylic groups in the structure.

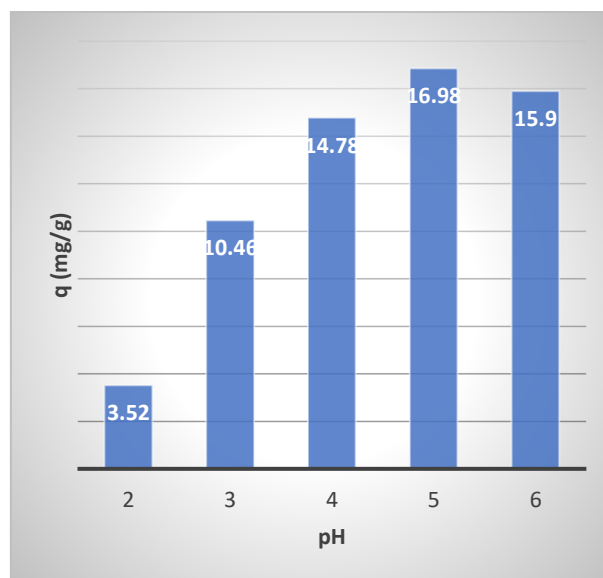


**Figure 2.** FT-IR spectra of HPSHC

### Cu(II) ion adsorption results

#### Influence of pH

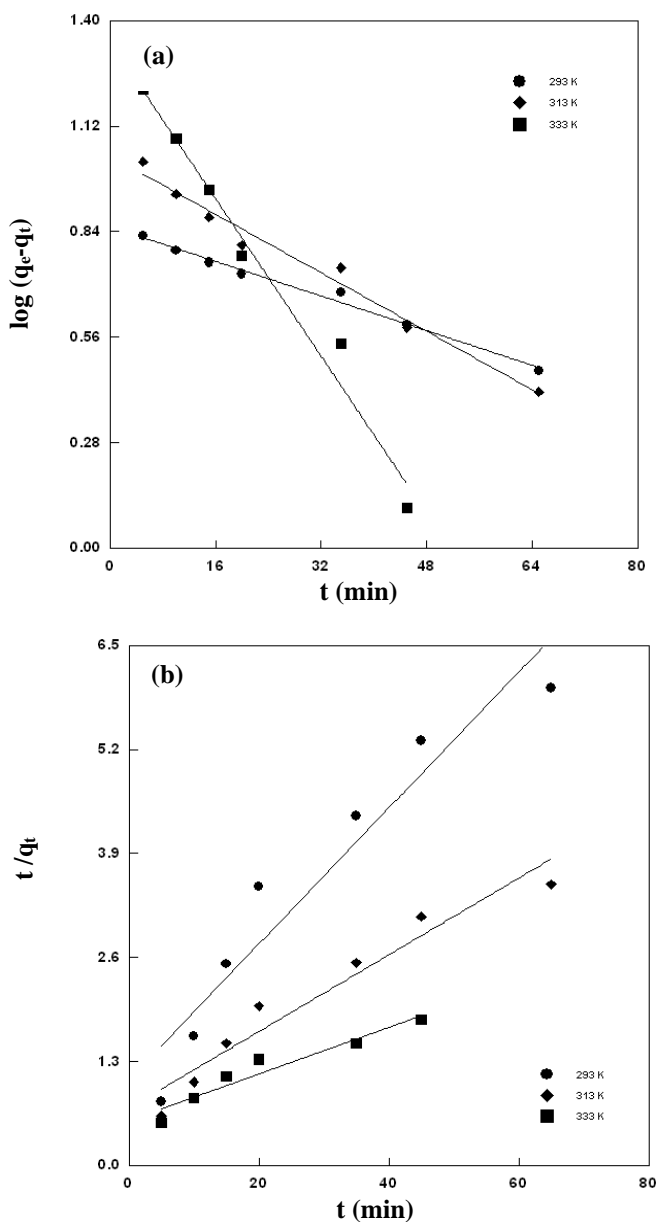
pH is a crucial parameter, which influence the sorption period. Therefore, the effect of solution pH was examined in the range of 2.0-6.0, and the results are presented in Figure 3. As observed in Figure 3, the Cu(II) sorption capacity of hydrochar occurs at pH 5. At low pH, sorption ability of HPSHC was low. The main reason is that the abundant H<sup>+</sup> at low aqueous pH can strongly fight with Cu(II) ions for the same sorption sites of HPSHC. Since the mobility of heavy metal ions is lower than that of H<sup>+</sup>, proton orientation towards adsorption sites is greater. Additionally, when pH is lowered, the functional groups on the HPSHC surface become positively charged, which prevents the positively charged metal cations from approaching the surface [24]. Since metal precipitation occurs at pH values higher than 5, pH 5 was selected as the optimal pH for further experiments.



**Figure 3.** Influence of solution pH on Cu(II) adsorption performance

### Studies on adsorption kinetic

In order to make kinetic modeling, the experimental data were evaluated in Eq. 4 and Eq. 5, and plots of PFO and PSO models were obtained (Figure 4a-b). PFO and PSO rate constants were determined from the slope values of these linear graphs. The suitability of the model was investigated by calculating the  $q_{e,cal}$  values from the intercept values and comparing them with the experimental  $q_e$  ( $q_{e,exp}$ ) values. The parameters and correlation coefficients ( $R^2$ ) determined for both kinetic models are reported in Table 2. From Table 2, Cu(II) sorption on HPSHC complies with the PSO kinetics, considering the  $R^2$  values. In addition, the closeness of  $q_{e,cal}$  values and  $q_{e,exp}$  values for the PSO model confirms this situation.



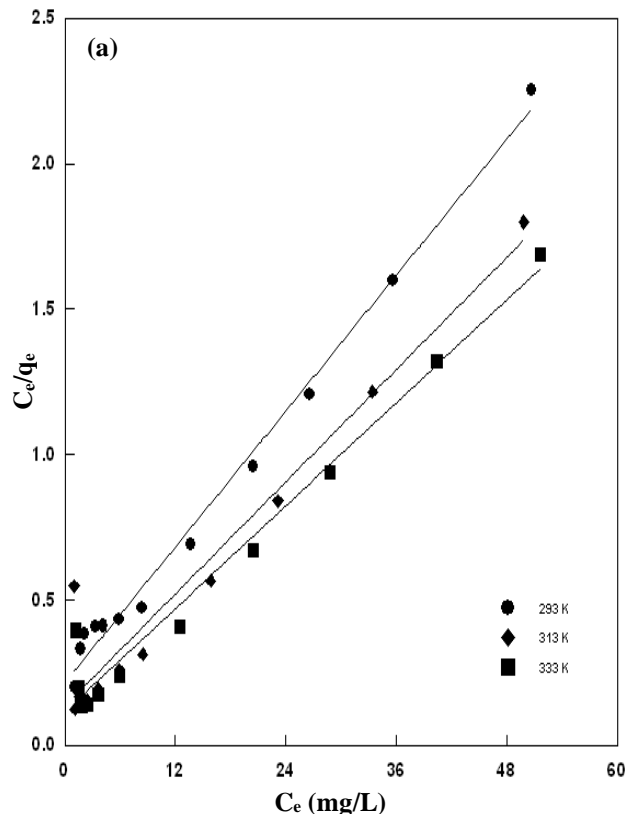
**Figure 4.** Sorption kinetic fitting results for Cu(II) uptake onto HPSHC; Linear fitting curves from PFO (a) and PSO (b) models

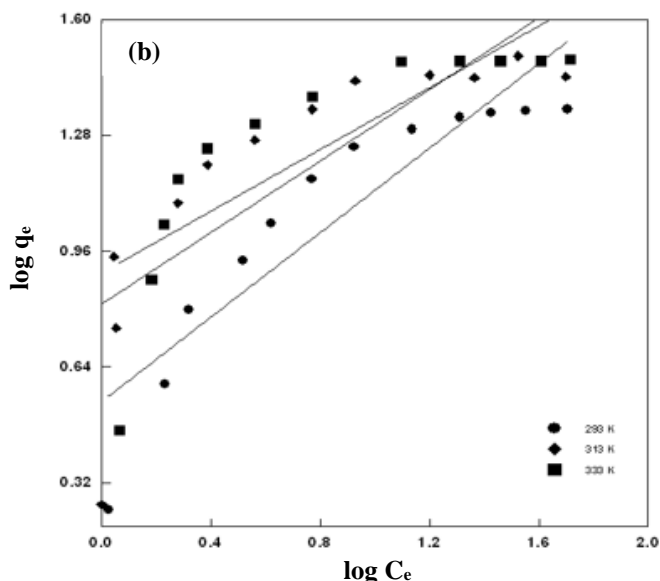
**Table 2.** Kinetic parameters related to Cu(II) adsorption on HPSHC surface at different temperatures

Temper ature (K)	PFO				PSO		
	$q_{e,e}$ $x_p$	$q_{e,c}$ $a_l$	$k_{ads}$ $l$	$R^2$	$q_{e,c}$ $a_l$	$k_{ads,2}$ $10^3$	$R^2$
293	12.	9.4	0.01	0.97	12.	2.04	0.98
	50	2	76	42	02		58
313	17.	11.	0.02	0.98	16.	4.48	0.99
	40	57	29	54	95		17
333	23.	20.	0.05	0.98	22.	5.12	0.99
	50	48	44	82	79		24

### Studies on adsorption isotherm

The results obtained from the sorption experiments were evaluated in the model equations of Langmuir and Freundlich and the plots of these isotherm models were obtained (Figure 5a-b). From the slope and intercept values of these plots, the isotherm parameters were calculated. In addition, the  $R^2$  for both models correlation coefficients were also calculated and all data were collected in Table 3. As observed in Table 3, the  $R^2$  of the Langmuir is higher than the  $R^2$  of the Freundlich isotherm. This shows that Cu(II) sorption on HPSHC fits sorption isotherm of Langmuir. This compatibility indicates that the sorption active centers on HPSHC surface show a uniform distribution. The maximal sorption uptake value calculated from the Langmuir isotherm model was determined as 39.90 mg/g. Also,  $R_L$  calculated with the help of Langmuir equation dispersion factor is in the range of 0.0750-0.0570. This shows that  $Cu^{2+}$  sorption on HPSHC is favorable.





**Figure 5.** Isotherms of adsorbing Cu(II) onto HPSHC with the fitting curves by Langmuir (a) and Freundlich (b) models

**Table 3.** Parameters of isotherms for Cu(II) adsorption onto HPSHC

Temperature (K)	Langmuir				Freundlich		
	$q_m$	$b$	$R_L$	$R^2$	$K_F$	$1/n$	$R^2$
293	28.	0.12	0.07	0.99	4.	0.59	0.96
	54	45	50	88	52	45	57
313	34.	0.22	0.06	0.99	5.	0.48	0.97
	45	57	05	47	67	16	41
333	39.	0.26	0.05	0.99	6.	0.41	0.97
	90	48	70	56	94	17	12

### Adsorption thermodynamics

Thermodynamic evaluation of HPSHC toward copper ions was carried out using the Van't Hoff equation formulated by Eq. 9 below:

$$\ln K_C = -\frac{\Delta H^0}{RT} + \frac{\Delta S^0}{R} \quad (9)$$

where  $K_C$  is the thermodynamic equilibrium constant,  $T$  (K) is temperature, and  $R$  (8.314 J/mol K) is the universal gas constant. Standard enthalpy change ( $\Delta H^0$ ) and change in the entropy ( $\Delta S^0$ ) values were determined from the slope and the intercept between  $\ln K_C - 1/T$  plot, using Eq. 9. In addition, Gibb's free energy ( $\Delta G^0$ ) for all three temperatures was calculated from the equation given by Eq. 10:

$$\Delta G^0 = -RT \ln K_C \quad (10)$$

From the thermodynamic values, which were calculated by isothermal equation listed in Table 4, Cu(II) sorption process on hydrochar is spontaneous ( $\Delta G^0$  values are negative) and an endothermic ( $\Delta H^0$  value is positive). Besides, the positive entropy change  $\Delta S^0$  (63.50 kJ/molK)

confirms the strong interaction between metal ions and sorbent surface.

**Table 4.** Thermodynamic parameters of Cu(II) ions adsorption on HPSHC surface

T (K)	$\Delta G^0$ (kJ/mol)	$\Delta H^0$ (kJ/mol)	$\Delta S^0$ (kJ/molK)	$R^2$
293	-2.1741			
313	-4.2062	19.22	63.50	0.9952
333	-5.8573			

### CONCLUSION

In this study, a new hydrochar was produced by using the co-hydrothermal carbonization technique in which more than one raw material is processed together. Hazelnut and pistachio shells were mixed in equal proportions (1:1) by mass and carbonized at 220 °C for 6 h. The obtained HPSHC hydrochar has a mass yield of 75.45%, an energy density of 81.24% and a HHV value of 20.12 MJ/kg. HPSHC was employed as a sorbent for Cu<sup>2+</sup> removal from water. The impact of pH over Cu(II) sorption of HPSHC was explored and it was observed that the highest adsorption amount was reached in acidic conditions (pH:5). Temperature dependent kinetic and isotherm experiments were performed and experimental data were evaluated in widely used kinetic and isotherm equations. According to the result, Cu<sup>2+</sup> sorption obeyed to the PSO kinetic model and the Langmuir isotherm with the monolayer adsorption capacity of 39.90 mg/g. Thermodynamic study identified the adsorption is spontaneous and endothermic process. In addition, FTIR analysis showed that the HPSHC surface is suitable for Cu(II) ions adsorption in terms of functional groups. SEM images taken before and after adsorption also verified the sorption period. Present work revealed the capability of using cost-efficient HPSHC produced with an environmentally friendly technology as an alternative sorbent for copper ions adsorption.

### REFERENCES

- [1] Fatimah I, Citradewi PW, Fadillah G, Sahroni I, Purwiandono G, Dong RA. Enhanced performance of magnets montmorillonite nanocomposite as adsorbent for Cu(II) by hydrothermal synthesis. *J Environ Chem Eng*, 9, 104968, 2021.
- [2] Sciban M, Klasnja M, Skrbic B. Adsorption of copper ions from water by modified agricultural by-products. *Desalination*, 229, 170-180, 2008.
- [3] Yi XF, Sun FL, Han ZH, Han FH, He JR, Ou MR, Gu JJ, Xu XP. Graphene oxide encapsulated polyvinyl alcohol / sodium alginate hydrogel microspheres for Cu (II) and U (VI) removal. *Ecotox Environ. Safe*, 158, 309-318, 2018.
- [4] Wang CL, Sun Q, Zhang LX, Su T, Yang YZ. Efficient removal of Cu(II) and Pb(II) from water by in situ synthesis of CS-ZIF-8 composite beads. *J Environ Chem Eng*, 10, 107911, 2022.
- [5] Kim HJ, Lee SJ, Park SY, Jung JH, Kim JS. Detection of Cu-II by a chemodosimeter-functionalized monolayer on mesoporous silica. *Adv Mater*, 20, 3229, 2008.



- [6] Jiang X, Su S, Rao JT, Li SJ, Lei T, Bai HP, Wang SX, Yang XJ. Magnetic metal-organic framework (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZIF-8) composite for the efficient removal of Pb(II) and Cu(II) from water. *J Environ Chem Eng*, 9, 105959, 2021.
- [7] Wang SJ, Liu CC, Li GY, Sheng YJ, Sun YH, Rui HY, Zhang J, Xu JC, Jiang DZ. The triple roles of glutathione for a DNA-Cleaving DNzyme and development of a fluorescent glutathione /Cu<sup>2+</sup>-dependent DNzyme sensor for detection of Cu<sup>2+</sup> in drinking water. *ACS Sense*, 2, 364-370, 2017.
- [8] Chitpong N, Husson SM. High-capacity, nanofiber-based ion-exchange membranes for the selective recovery of heavy metals from impaired waters. *Sep Purif Technol*, 179, 94-103, 2017.
- [9] Shi K, Hu K, Wang S, Lau CY, Shiu KK. Structural studies of electrochemically activated glassy carbon electrode: Effects of chloride anion on the redox responses of copper deposition. *Electrochim Acta*, 52, 5907-5913, 2007.
- [10] Song XW, Cao YW, Bu XZ, Luo XP. Porous vaterite and cubic calcite aggregated calcium carbonate got from steamed ammonia liquid waste for Cu<sup>2+</sup> heavy metal ions removal by adsorption process. *Appl Surf Sci*, 536, 147958, 2021.
- [11] Hayati B, Maleki A, Najafi F, Daraei H, Gharibi F, McKay G. Super high removal capacities of heavy metals (Pb<sup>2+</sup> and Cu<sup>2+</sup>) using CNT dendrimer. *J Hazard Mater*, 336, 146-157, 2017.
- [12] Deng JQ, Liu YQ, Liu SB, Zeng GM, Tan XF, Huang BY, Tang XJ, Wang SF, Hua Q, Side ZL. Competitive adsorption of Pb(II), Cd(II) and Cu(II) onto chitosan-pyromellitic dianhydride modified biochar. *J Colloid Interface Sci*, 506, 355-364, 2017.
- [13] Fu HB, Wang BY, Li DT, Xue LH, Hua Y, Feng YF, Xie HF. Anaerobic fermentation treatment improved Cd<sup>2+</sup> adsorption of different feedstocks based hydrochars. *Chemosphere*, 263, 127981, 2021.
- [14] Zhang X, Zhang L, Li A. Co-hydrothermal carbonization of lignocellulosic biomass and waste polyvinyl chloride for high-quality solid fuel production: hydrochar properties and its combustion and pyrolysis behaviors. *Bioresour Technol*, 294, 122113, 2019.
- [15] Zhang X, Zhang L, Li A. Hydrothermal co-carbonization of sewage sludge and pinewood sawdust for nutrient-rich hydrochar production: Synergistic effects and our products characterization. *J. Environ. Manage*, 201, 52-62, 2017.
- [16] Lagergren S. Zur Theorie Der Sogenannten Adsorption Gelöster Stoffe. *K Sven Vetensk. Akad. Handl* 24, 1-39, 1898.
- [17] Ho YS, McKay G. Sorption of Dye from Aqueous Solution by Peat. *J Chem Eng*, 70, 115-124, 1998.
- [18] Langmuir I, The Adsorption of Gases on Plane Surfaces of Glass, Mica and Platinum. *J Am Chem Soc*, 40 (9), 1361-1403, 1918.
- [19] Freundlich HMF, Over the Adsorption in Solution. *J Phys Chem*, 57, 385-470, 1906.
- [20] Hoekman SK, Broch A, Robbins C. Hydrothermal carbonization (HTC) of lignocellulosic biomass. *Energ Fuel*, 25, 1802-1810, 2011.
- [21] Lynam JG, Reza MT, Yan W, Vasquez VR, Coronella CJ. Hydrothermal carbonization of various lignocellulosic biomass. *Biomass Convers. Biorefin*, 5, 173-181, 2015.
- [22] Putra HE, Damanhuri E, Dewi K, Pasek AD. Hydrothermal carbonization of biomass waste under low temperature condition. *MATEC Web Conf*, 154, 01025, 2018.
- [23] Falco C, Bacile N, Shaking MM. Morphological and structural differences between glucose, cellulose and lignocellulosic biomass derived hydrothermal carbon. *Green Chem*, 13, 3273-3281, 2011.
- [24] Sengil IA, Ozacar M, Competitive Biosorption of Pb<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> and Zn<sup>2+</sup> Ions from Aqueous Solutions onto Valonia Tannin Resin. *J Hazard Mater*, 1661(2-3), 488-1494, 2009.

## Experimental Investigation of the Electrical Effect of Twisted Lights on a Semiconductor

Tarık KOÇ<sup>1</sup>, Fikret YALÇINKAYA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye

<sup>2</sup> Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye

✉: [trkcc88@gmail.com](mailto:trkcc88@gmail.com)  <sup>1</sup>0000-0001-9192-4257  <sup>2</sup>0000-0002-2174-918X

Received (Geliş): 18.05.2023

Revision (Düzelme): 12.07.2023

Accepted (Kabul): 25.07.2023

### ABSTRACT

Orbital Angular Momentum (OAM) beams are a special type of light that disrupts the circular symmetry of the optical field and carries the angular momentum of light. These beams enable new applications in optical devices and communication. In addition, as a result of their interaction with matter, OAM beams can transfer both photon energy and angular momentum, enabling the formation of higher currents. Thus, it has been shown that OAM beams can be used to obtain higher energies in increasing photovoltaic efficiency. The effect of OAM beams on photovoltaic efficiency has been a research topic in recent years. Some studies have theoretically shown that OAM beams can increase the electrical production of solar cells. The reason for this is that OAM beams impart angular momentum to electrons in addition to photon energy. The aim of this study is to experimentally investigate the electrical effect of an OAM beam spot produced using an SLM (Spatial Light Modulator) on a semiconductor solar panel. Higher currents were obtained by dropping the OAM beam onto photovoltaics. The current increase was 18.2%.

**Keywords:** Photovoltaics, Light-matter interaction, Orbital Angular Momentum

## Bükümlü Işıkların Yarıiletken Üzerindeki Elektriksel Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi

### ÖZ

Orbital Açısız Momentum (OAM) ışınları, optik alanın dairesel simetrisini bozan ve ışığın açısız momentumunu taşıyan özel bir ışık türüdür. Bu ışınlar, optik cihazlarda ve iletişimde yeni uygulamalara olanak sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, OAM ışınları madde ile etkileşimi sonucunda hem foton enerjisi hem de açısız momentum aktarabilmeleri, daha yüksek akımların oluşumunu sağlamaktadır. Böylece OAM ışınları fotovoltaiik verimliliğin artırılmasında ve daha yüksek enerjilerin elde edilmesinde kullanılabileceği göstermektedir. OAM ışınlarının fotovoltaiik verimlilik üzerine etkisi, son yıllarda araştırma konusu olmuştur. Bazı çalışmalar, OAM ışınlarının güneş hücrelerinin elektrik üretimini arttırılabileceğini teorik olarak göstermiştir. Bunun nedeni, OAM ışınlarının elektrona foton enerjisine ek olarak açısız momentum kazandırmasıdır. Bu çalışmanın amacı, SLM (Spatial Light Modulator) kullanarak üretilen OAM ışın spotunun, yarıiletken bir güneş paneli üzerindeki elektriksel etkisini deneysel olarak incelemektir. OAM ışını fotovoltaiikler üzerine düşürülerek daha yüksek akımlar elde edilmiştir. Akım artışı %18,2 oranında gerçekleşmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fotovoltaiik, Işık-madde etkileşimi, Orbital Açısız Momentum

### INTRODUCTION

Light carrying OAM has opened the way for new applications in many fields such as electronics and natural science, quantum science, astronomy, optical telecommunication, wireless communication and data transmission [1-9]. For example, OAM beams allow for the capture, rotation and manipulation of microscopic objects, atoms, molecules and Bose-Einstein

condensates. In addition, an OAM beam is a type of electromagnetic wave that carries optical angular momentum [3,10]. These beams can create electric current loops in quantum rings associated with light-controlled magnetic field pulses. These loops can affect

the magnetic properties and electronic behavior of quantum rings [11]. An OAM beam is a type of beam in which the phase front of the optical field forms a spiral shape. Mathematically, it can be shown that these beams contain an  $\exp(i\ell_{OAM}\varphi)$  term in the spatial distribution of the field when it is assumed that the z-axis is the direction of light propagation in cylindrical coordinates. Here  $\varphi$  is the azimuth angle and  $\ell$  is an integer indicating the angular momentum of the OAM beam [12]. As light rotates around the optical axis, it gains a kind of rotational energy. This energy is called orbital angular momentum and each light particle (photon) has a certain value. Allen et al. found that this value is constant in the z direction and is  $\hbar\ell_{OAM}\varphi$  per photon.

There are different methods for generating OAM beams: These include computer-generated holograms scanned on SLMs, spiral phase plates and astigmatic mode converters. These methods have different advantages and disadvantages. SLM beam production has low efficiency. In general, the quality of the beam varies with pixel size. However, the ability to dynamically control SLMs is a significant advantage. Other methods are static. But their efficiency is high [1,13-16].

One of the important areas of study for OAM beams is related to light-matter interaction. When OAM interacts with matter, it changes the angular momentum of charge carriers over time. This means that torque is applied to these charge carriers. In other words, OAM applies a force to rotate electrons. For example, Wätzel et al. found that an OAM light spot can affect the movement of electrons on a semiconductor strip and that the electron has obtained a transverse drag depending on the properties of the OAM light [17]. In a different study, the effect of an OAM beam focused on a micro-sized GaAs AlGaAs-based quantum ring was investigated. This effect was achieved by transferring the rotational momentum of the light to the electrons of the semiconductor material and pushing them towards the edges of the ring with centrifugal force. In this way, it was shown that an electric potential was formed between the inner and outer parts of the ring. This potential can be controlled by changing the topological charge of the light and can be used as a fixed voltage source [12]. There are also many theoretical studies related to the light-matter effect of OAM beams [5,18,19].

Photovoltaic cells are semiconductor devices that directly convert sunlight into electrical energy. There are various methods to increase the efficiency of photovoltaic cells [20-25]. One of these is to manipulate light (by creating OAM) to change its effect on the semiconductor material. In this way, the angular momentum of light can affect the formation of higher photovoltaic currents by activating the electrons of the semiconductor material. This approach offers a new opportunity to improve the performance of photovoltaic cells. This study also experimentally demonstrated that OAM beams can be generated and higher current values can be obtained by dropping this beam onto a photovoltaic cell.

## THEORY

Twisted light is a type of light beam that carries OAM; this means that the light rotates around its propagation axis. Twisted light can interact with semiconductor materials that have a bandgap between the valence and conduction bands. When twisted light interacts with a semiconductor, an electrical effect occur due to OAM transfer, which produce a voltage or current.

To mathematically disclose this effect, we need to consider the Hamiltonian of the system that defines the total energy of the light beam and the semiconductor. The Hamiltonian can be written as follows:

$$H = H_S + H_L + H_{LS} \quad (1)$$

Here  $H_L$  is the Hamiltonian of the twisted light beam,  $H_S$  is the Hamiltonian of the semiconductor and  $H_{LS}$  is the Hamiltonian of their interaction. The twisted light beam can be modeled as a superposition of plane waves with different OAM values:

$$E(\vec{r}, t) = \sum_{l=-\infty}^{\infty} E_l(\vec{r}, t) e^{il\phi} \quad (2)$$

Here  $E(\vec{r}, t)$  is the electric field of the beam,  $E_l(\vec{r}, t)$  is the electric field of each plane wave component,  $l$  is the OAM quantum number and  $\phi$  is the azimuth angle. Semiconductors can be modeled as a collection of electrons and holes with different energy levels:

$$\Psi(\vec{r}, t) = \sum_{n,k} c_{n,k}(t) \psi_{n,k}(\vec{r}) \quad (3)$$

Here  $\Psi(\vec{r}, t)$  is the wave function of the semiconductor,  $c_{n,k}(t)$  is the probability amplitude of each state,  $n$  is the band index (valence or conduction) and  $k$  is the wave vector. The interaction between the twisted light beam and the semiconductor can be defined by the dipole approximation. This assumes that the electric field of the beam creates a dipole moment in each electron-hole pair:

$$H_{LS} = -\sum_{n,k} c_{n,k}(t)^* e\vec{r} E_l(\vec{r}, t) c_{n,k}(t) \quad (4)$$

Here  $e$  is the elementary charge and  $\vec{r}$  is the position vector. By solving the Schrodinger equation of this system, we can obtain the dynamics of the probability amplitudes and calculate the electrical effect of twisted light on semiconductors. When the behavior of electrons in a semiconductor material under an electric field is examined, the given Hamilton operator defines the interaction of electrons with the field. Using this Hamilton operator, the Schrodinger equation of the system can be written as follows:

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} c_{n,k}(t) = -e\vec{r} E_l(\vec{r}, t) c_{n,k}(t) \quad (5)$$

This expression is a form of the Schrödinger equation that shows how the wave function of an electron under the influence of an electric field changes over time. Here  $c_{n,k}(t)$  is the probability amplitude of the electron in the  $n$ -th band and  $k$ -th wave vector. To solve this equation, let us assume that the electric field is constant and homogeneous. Then we can simplify the equation as follows:

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} c_{n,k}(t) = -e\vec{r} E c_{n,k}(t) \quad (6)$$

The solution of this equation contains a phase factor as follows:

$$c_{n,k}(t) = c_{n,k}(0)e^{-ie\vec{r} \cdot Et/\hbar} \quad (7)$$

This result shows that the wave function of the electron  $c_{n,k}(0)$  does not change over time, only its phase changes. This phase change causes a change in the momentum of the electron. The momentum of the electron can be calculated as follows:

$$\begin{aligned} \vec{p} &= i\hbar\nabla_k c_{n,k}(t)^* c_{n,k}(t) \\ &= i\hbar\nabla_k |c_{n,k}(t)|^2 e^{-ie\vec{r} \cdot Et/\hbar} \end{aligned} \quad (8)$$

Here  $\vec{p}$  is the momentum vector,  $\nabla_k$  is the partial derivative of the wave vector, and  $c_{n,k}(t)$  represents the electron wave vector. To simplify this expression, let us assume that  $k$  is small and that the wave function changes slowly with respect to  $k$ . Then, by doing a Taylor series expansion, we obtain:

$$\vec{p} = i\hbar\nabla_k |c_{n,k}(0)|^2 - e\vec{r} \cdot Et^{-ie\vec{r} \cdot Et/\hbar} \quad (9)$$

This result shows that the electron's momentum increases linearly [5,12]. The rate of this increase is proportional to the magnitude and direction of the electric field. This means that the electric field creates a current on the semiconductor. To calculate the electrical effect of oblique light, we need to know the angle at which the light hits the surface of the semiconductor and its refractive index. If the angle at which the light hits the surface is  $\theta_i$  and the refractive index is  $n$ , we write Snell's law as follows:

$$n \sin(\theta_i) = (\sin \theta_r) \quad (10)$$

Here  $\theta_r$  is the angle at which the light is refracted. The momentum of the light is given as follows:

$$\vec{p}_{photon} = \frac{hf}{c} \quad (11)$$

Here  $h$  is the Planck constant,  $f$  is the frequency of light and  $c$  is the velocity of light. If we write the components of the momentum of light:

$$\vec{p}_x = \vec{p}_{photon} \cos(\theta_i) \quad (12)$$

$$\vec{p}_y = \vec{p}_{photon} \sin(\theta_i) \quad (13)$$

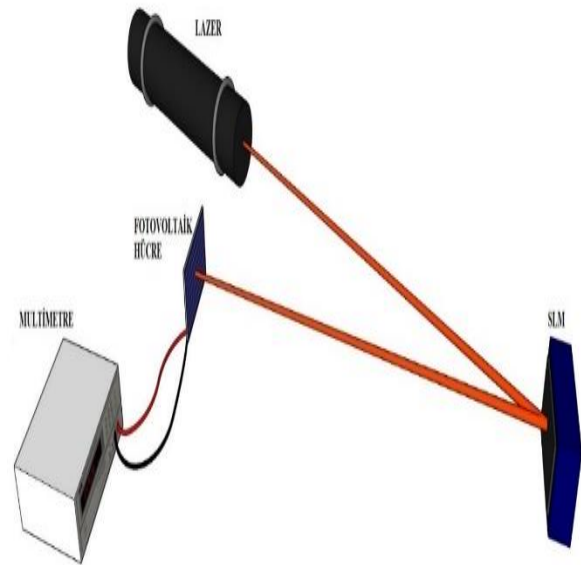
As a result of the refraction of light within the semiconductor, while the horizontal component of the momentum is conserved, the vertical component changes. The new vertical component is as follows:

$$\vec{p}_y = \vec{p}_{photon} \sin(\theta_r) = n \vec{p}_{photon} \sin(\theta_i) \quad (14)$$

In this case, the change in the vertical component of the momentum is used to create an electron-hole pair from some of the photons entering the semiconductor. This event is called photonic emission. The efficiency of photonic emission is related to the bandgap of the semiconductor and the energy of the photon. If the energy of the photon is greater than the bandgap, the probability of photonic emission increases. If the energy of the photon is equal to or less than the bandgap, the probability of photonic emission decreases.

## EXPERIMENTAL SETUP and FINDINGS

The effects of OAM beams on matter-light interaction emerge as a method that can be used to increase the efficiency of photovoltaic cells. In this study, OAM beams with different topological values were generated with SLM and focused on a photovoltaic cell. The effect of OAM beams on the current values on the photovoltaic cell was experimentally measured (Figure 1). The results showed that OAM beams increased the current generation of photovoltaic cells.



**Figure 1.** Schematic of the experimental setup established to investigate the electrical effect of OAM on a photovoltaic cell [26].

In the experimental setup, the distance between the SLM and the photovoltaic panel is 1.5 meters and the experimental set-up used are as follows: diode laser (wavelength  $500 \text{ nm} - 570 \text{ nm}$  and output power is  $200 \text{ mW}$ ), Photovoltaic cell panel (panel size is  $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ ) and measuring device. The resolution and accuracy specifications of the meter are given in Table 1 and other specifications of photovoltaic panel are given in table 2.

In this study, very low currents were measured. These currents can easily be affected by environmental factors such as light. Therefore, the experimental setup was

established in a dark optical laboratory to protect the photovoltaic panel from environmental effects. Measurements were made by focusing an OAM light spot with topological values of -2, -1, 0, 1 and 2 on the photovoltaic panel.

**Table 1.** DC current characteristics of GW Instek GDM-8245 benchtop digital multimeter [26]

Range	Resolution	Accuracy
500 $\mu A$	0.01 $\mu A$	$\pm(0.2\% + 2)$
5 mA	0.1 $\mu A$	$\pm(0.2\% + 2)$
50 mA	1 $\mu A$	$\pm(0.2\% + 2)$
500 mA	10 $\mu A$	$\pm(0.2\% + 2)$
2 A	100 $\mu A$	$\pm(0.3\% + 2)$
20 A	1 mA	$\pm(0.3\% + 2)$

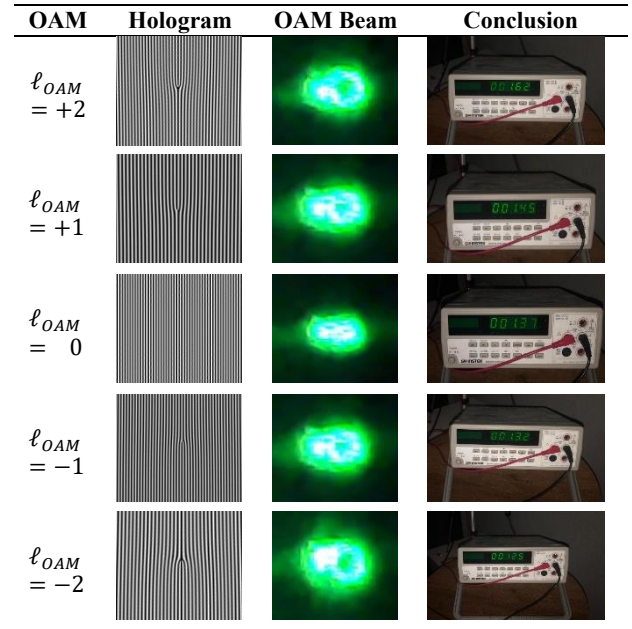
**Table 2.** Photovoltaic panel features [26]

Panel Parameters	Explanation
Nominal Voltage (VMP)	2 V
Nominal Current (IMP)	160 mA
Open Circuit Voltage	2.4 V
Short Circuit Current (ISC)	190 mA
Photovoltaic Material	Monocrystalline Silicon

The aim of this study is to experimentally investigate the photovoltaic effect of OAM. For this purpose, an OAM beam was focused on a photovoltaic panel. Our experimental results showed that the current values of beams with positive OAM values ( $\ell_{OAM} = (+)$ ) were higher than those of beams with zero OAM values ( $\ell_{OAM} = 0$ ). The current values of beams with negative OAM values ( $\ell_{OAM} = (-)$ ) were found to be lower than those of beams with zero OAM values ( $\ell_{OAM} = 0$ ). These results are consistent with theoretical expectations. The experimental results are as follows [26]:

Observations show that as the OAM value increases, the current increases in the positive direction and as the OAM value decreases, the current decreases in the negative direction. These results show that it is possible to transfer the OAM value from a photon to an electron. The rate of increase relative to zero OAM value was measured as 9.1% for  $\ell_{OAM} = +1$  and 18.2% for  $\ell_{OAM} = +2$ . In addition, the current decrease was 3.65% for  $\ell_{OAM} = -1$  and 9.1% for  $\ell_{OAM} = -2$ . Theoretical studies by Watzel et al. showed that the expected increase

rate for  $\ell_{OAM} = +1$  was 2.6% and the expected current decrease for  $\ell_{OAM} = -1$  was 4.2% [17]. The results obtained in this paper clearly show that better results were obtained for positive OAM values [26].



**Figure 2.** Current results according to OAM values

## CONCLUSION

This study aims to experimentally investigate the electrical effect of an OAM beam spot obtained using SLM on a semiconductor photovoltaic panel. In experiments with OAM beams with different topological values, it was predicted that positive angular momentum values would increase the current and negative angular momentum values would cause a decrease in current. The results obtained support these predictions (Table 3). In addition, the results, which were compared with similar theoretical studies, have experimentally demonstrated the transferability of the OAM value to the electron. Furthermore, an increase in the topological value of the OAM beam in the positive direction causes higher currents to be generated.

**Table 3.** Comparison of the effect of OAM on a semiconductor with a theoretical study [26].

OAM value	The values obtained in this study		The theoretical values obtained in the compared study	
	$\ell_{YAM} = +1$	$\ell_{YAM} = -1$	$\ell_{YAM} = +1$	$\ell_{YAM} = -1$
<b>Increase and Decrease rate</b>	(+) %9.1	(-) %3.65	(+) %2.6	(-) %4.2



An OAM beam is a type of beam that can be used to generate and direct load currents on a semiconductor. The magnitude and direction of these currents depend on the topological property of the OAM beam. By changing this value, the currents can be controlled as Expected. An OAM beam can also be used to increase the photovoltaic effect in solar energy production. As the number of OAM beam spots falling on a solar panel increases, more electric current is obtained.

To increase the efficiency of photovoltaic panels, usually the properties of the material are manipulated. However, in this study, it has been shown that it is also possible to increase efficiency by manipulating the properties of light. The current increase obtained with a single OAM light spot was found to be 9.1%. This rate can be further increased by increasing the number or OAM value of OAM light spots.

Various sources are used to meet the energy needs of the world. One of these is renewable energy. Interest in renewable energy sources contributes to both reducing environmental problems and producing lower-cost energy. Therefore, it is very important to increase the efficiency of renewable energy sources. This study reveals how higher currents can be obtained by manipulating light. It is thought that this study will contribute to future studies on producing more energy from sunlight.

## REFERENCES

- [1] Yalcinkaya, F., Koc, T., Pala, Z. Spatial light modulator design and generation of structured electromagnetic waves using digital light processors, *Optica Applicata*, 52:3 461–479, 2022.
- [2] Franke-Arnold, S., Leach, J., Padgett, M. J., Lembessis, V. E., Ellinas, D., Wright, A. J., Girkin, J. M., Öhberg, P. ve Arnold, A. S. Optical ferris wheel for ultracold atoms. *Optics Express*, 15:14 8619, 2007.
- [3] Dávila Romero, L. C., Andrews, D. L., Babiker, M. A. Quantum electrodynamics framework for the nonlinear optics of twisted beams. *Journal of Optics B: Quantum and Semiclassical Optics*, 4:2 S66-S72, 2002.
- [4] Brüning, R., Ndagano, B., McLaren, M., Schröter, S., Kobelke, J., Duparré, M., Forbes, A. Data transmission with twisted light through a free-space to fiber optical communication link. *Journal of Optics (United Kingdom)*, 18:3 03LT01, 2016.
- [5] Quinteiro, G. F., Tamborenea, P. I. Theory of the optical absorption of light carrying orbital angular momentum by semiconductors. *Epl*, 85:4 0–5, 2009.
- [6] Tamburini, F., Thidé, B., Della Valle, M. Measurement of the spin of the M87 black hole from its observed twisted light. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, 492:1 L22–L27, 2020.
- [7] Jing, H., Cheng, W., Zhang, W., Lyu, R. OAM based wireless communications with non-coaxial uca transceiver. 2019 IEEE 30th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC). 1-6, 2019.
- [8] Feng, P.-Y., Qu, S.-W., Yang, S. OAM-generating transmitarray antenna with circular phased array antenna feed. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 68:6 4540–4548, 2020.
- [9] Jing, H., Cheng, W., Li, Z., Zhang, H. Concentric uca based low-order oam for high capacity in radio vortex wireless communications. *Journal of Communications and Information Networks*, 3:4 85–100, 2018.
- [10] Barreiro, S., Tabosa, J. W. R. Generation of light carrying orbital angular momentum via induced coherence grating in cold atoms. *Physical Review Letters*, 90:13 133001, 2003.
- [11] Quinteiro, G. F., Tamborenea, P. I., Berakdar, J. Orbital and spin dynamics of intraband electrons in quantum rings driven by twisted light. *Optics express*, 19:27 26733-26741, 2011.
- [12] Wätzel, J., Berakdar, J. Centrifugal photovoltaic and photogalvanic effects driven by structured light. *Scientific Reports*, 6:1 1–7, 2016.
- [13] Heckenberg, N. R., McDuff, R., Smith, C. P., White, A. G. Generation of optical phase singularities by computer-generated holograms. *Optics Letters*, 17:3 221, 1992.
- [14] Kennedy, S. A., Szabo, M. J., Teslow, H., Porterfield, J. Z., Abraham, E. R. I. Creation of Laguerre-Gaussian laser modes using diffractive optics. *Physical Review A*, 66:4 043801, 2002.
- [15] Carpentier, A. V., Michinel, H., Salgueiro, J. R. Olivieri, D. Making optical vortices with computer-generated holograms. *American Journal of Physics*, 76:10 916–921, 2008.
- [16] Beijersbergen, M. W., Allen, L., van der Veen, H. E. L. O., Woerdman, J. P. Astigmatic laser mode converters and transfer of orbital angular momentum. *Optical Angular Momentum*, 96 135–144, 2016.
- [17] Wätzel, J., Moskalenko, A. S., Berakdar, J. Photovoltaic effect of light carrying orbital angular momentum on a semiconducting stripe. *Optics Express*, 20:25 27792, 2012.
- [18] Quinteiro, G. F. ve Berakdar, J. Electric currents induced by twisted light in quantum rings. *Optics Express*, 17:22 20465, 2009.
- [19] Quinteiro, G. F., Reiter, D. E., Kuhn, T. Formulation of the twisted-light–matter interaction at the phase singularity: The twisted-light gauge. *Physical Review A*, 91:3 033808, 2015.
- [20] Grätzel, M. Photoelectrochemical cells. *nature*, 414:6861 338-344, 2001.
- [21] Peet, J., Kim, J. Y., Coates, N. E., Ma, W. L., Moses, D., Heeger, A. J., Bazan, G. C. Efficiency enhancement in low-bandgap polymer solar cells by processing with alkane dithiols. *Nature Materials*, 6:7 497–500, 2007.
- [22] Thompson, B. C., Fréchet, J. M. J. Polymer–fullerene composite solar cells. *Angewandte Chemie International Edition*, 47:1 58–77, 2008.
- [23] Yang, X., Loos, J., Veenstra, S. C., Verhees, W. J. H., Wienk, M. M., Kroon, J. M., Michels, M. A. J., Janssen, R. A. J. Nanoscale morphology of high-performance polymer solar cells. *Nano Letters*, 5:4 579–583, 2005.
- [24] Li, G., Shrotriya, V., Huang, J., Yao, Y., Moriarty, T., Emery, K., Yang, Y. High-efficiency solution processable polymer photovoltaic cells by self-organization of polymer blends. *Nature Materials*, 4:11 864–868, 2005.
- [25] Timmerman, D., Izeddin, I., Stallinga, P., Yassievich, I. N., Gregorkiewicz, T. Space-separated quantum cutting with silicon nanocrystals for photovoltaic applications. *Nature Photonics*, 2:2 105–109, 2008.
- [26] Koç, T. Bükümlü ışıkların fotovoltaiıklar üzerindeki elektriksel etkisinin deneysel olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, 2022.

## Investigation of the Damages Due to Heavy Earthen Roofs on Masonry Buildings during the Kahramanmaraş Earthquakes





Ercan IŞIK<sup>1</sup>, Fatih AVCİL<sup>2</sup>, Enes ARKAN<sup>3</sup>, Rabia İZOL<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil Engineering, Bitlis Eren University, 13100, Bitlis, Türkiye

<sup>2</sup>Department of Civil Engineering, Bitlis Eren University, 13100, Bitlis, Türkiye

<sup>3</sup>Department of Architecture, Bitlis Eren University, 13100, Bitlis, Türkiye; earkan@beu.edu.tr

<sup>4</sup>Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering Middle East Technical University, TR- 06410, Ankara, Türkiye

✉: [favcil@beu.edu.tr](mailto:favcil@beu.edu.tr)  10000-0001-8057-065X  20000-0001-6550-550X  30000-0002-6588-7234  
 4 0000-0002-7568-3817

Received (Geliş): 29.07.2023

Revision (Düzelme): 04.10.2023

Accepted (Kabul): 14.10.2023

### ABSTRACT

Kahramanmaraş earthquakes, which occurred on 06 February 2023 at 4.17 (Pazarcık) and 13.24 (Elbistan) local time, caused very important structural damages in both urban and rural building stock. This paper deals with field investigations involving structural damages in masonry buildings with heavy earthen roofs after the Kahramanmaraş earthquakes. It also includes location-specific earthquake ground accelerations and response spectra for these earthquakes. 11 provinces were affected by the earthquakes that occurred on the same day, and more than 300,000 buildings were damaged or collapsed. With the examinations made in rural areas, it has been observed that the dominant building stock is masonry buildings and these buildings are mostly built using heavy earthen roofs and wooden beams. Especially in buildings where the wooden beams are not properly connected to the wall, it has been observed that the roof collapses completely or causes out-of-plane damage to the wall as a result of the large moments of inertia it creates. As a result, it has been observed that most of the buildings built in rural areas are not built in accordance with the regulations and are built without any engineering service.

**Keywords:** Damage, Earthquake, Heavy earthen roof, Kahramanmaraş, Masonry building

### Kahramanmaraş Depremlerinde Ağır Toprak Damların Yığma Yapılarda Yol Açtığı Hasarların Araştırılması

#### ÖZ

06 Şubat 2023 yerel saat ile 4.17 (Pazarcık) ve 13.24 (Elbistan) meydana gelen Kahramanmaraş depremleri hem kentsel hem de kırsal yapı stokunda çok önemli yapısal hasarlara sebep olmuştur. Bu makale, meydana gelen Kahramanmaraş depremleri sonrasında ağır toprak damlara sahip yığma binalarda oluşan yapısal hasarları içeren saha araştırmalarını ele almaktadır. Aynı zamanda bu depremler için il bazlı yer ivmeleri ve tepki spektrumlarını içermektedir. Aynı gün içerisinde meydana gelen depremlerden 11 il etkilenmiş ve toplamda 300.000'den fazla bina hasar görmüş veya çökmüştür. Kırsal bölgelerde yapılan incelemede hakim yapı stokunun yığma bina olduğu ve bu binaların genelde ağır toprak dam ve ahşap kirişler kullanılarak yapıldığı gözlemlenmiştir. Özellikle ahşap kirişlerin duvara bağlantısının düzgün yapılmadığı binalarda çatının tamamen göçtüğü ya da oluşturduğu büyük atalet kuvvetleri neticesinde duvarda düzlem dışı hasara neden olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, kırsal bölgelerde inşa edilen binaların çoğunun yönetmeliklere uygun yapılmadığı ve herhangi bir mühendislik hizmeti almadan inşa edildiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hasar, Deprem, Ağır toprak dam, Kahramanmaraş, Yığma yapı

#### INTRODUCTION

Two separate earthquakes occurred at 04:17 and 13:24 local time on 06 February 2023 in the Pazarcık and Elbistan districts of Kahramanmaraş province. The epicenter of the first earthquake is Pazarcık, the second earthquake's epicenter is Elbistan, and the earthquake magnitudes are  $M_w=7.7$  and  $M_w=7.6$ , respectively. Many

aftershocks occurred after these earthquakes. As a result of both main earthquakes and aftershocks, 11 provinces were significantly affected. The extent of the destruction was much greater, especially in the provinces of Hatay, Kahramanmaraş, and Adıyaman and their districts. These earthquakes have been described as the disaster of the century by causing great economic losses for Turkey, loss of life, and structural damage. The fact that the

earthquakes occurred in the same region with very short intervals combined with the soil and structural features adversely affected the damage levels. In the rural areas of 11 provinces affected by earthquakes, the dominant building stock consists of masonry structures.

Masonry structures are generally built by local craftsmen and workers using local materials, without any engineering service. The earthquake resistance of such structures is quite low. Earthen roofs are commonly preferred as roofs in such structures. Wooden roofs can be used on earthen roofs in regions exposed to severe climatic conditions. Heavy earthen roofs can create additional loads in the structure and cause significant damage both on the roof and on the load-bearing walls that form masonry structures [1-4].

It is necessary to examine existing masonry structures, determine possible earthquake safety, and take precautions accordingly. Rapid evaluation methods can be used to make decisions about the existing building stock [5-7]. Also, there are many studies dealing with the damage to masonry structures after devastating earthquakes in countries with high earthquake risk. Structural damages in masonry structures after earthquakes such as Bilgin et al. [8] 2019-Albania earthquake, Işık et al. [9] 2023-Kahramanmaraş earthquake, Hafner et al. [10], and Ademović et al. [11] 2020-Zagreb earthquake, Karaşin et al. [12], Tondo et al. [13] and Indirli et al. [14] 2009 L'Aquila earthquake, Göçer [15] 2014 Gökçeada earthquake, Furukawa et al. [16] 2015 Gorkha earthquake, Argiento et al. [17] 2016-2017 Central Italy earthquake, Dizhur et al. [18] 2010 Darfield earthquake, Celep et al. [19] 2010-Elazığ earthquake, Işık et al. [20], Günaydin et al. [21], and Nemitlu et al. [22] 2020-Elazığ earthquake were evaluated in terms of earthquake and civil engineering. Although heavy earthen roof damages were also mentioned in some of these studies, specifically heavy earthen roof damages were not examined. In this study, the effect of heavy earthen roofs on structural damage was specifically investigated.

Kahramanmaraş earthquakes on 06 February 2023 caused great destruction in many provinces. Earthen roofs form the roof system commonly used in masonry buildings, which constitute a large part of the existing structure stock in rural regions affected by earthquakes. Due to heavy earthen roofs, different levels of damage have occurred both on the roof floors and on the load-bearing masonry walls. In this study, the structural damages caused by heavy earthen roofs in Hatay, Kahramanmaraş, Adıyaman, and different rural parts of these provinces after these earthquakes were specifically examined. Information about the 2023 Kahramanmaraş earthquakes was also given. The part that distinguishes this study from other studies is the analysis of the study in terms of heavy earthen roofs, which are very preferred in rural areas and cause great destruction as a result of these earthquakes.

## 06 FEBRUARY 2023 KAHRAMANMARAŞ EARTHQUAKES

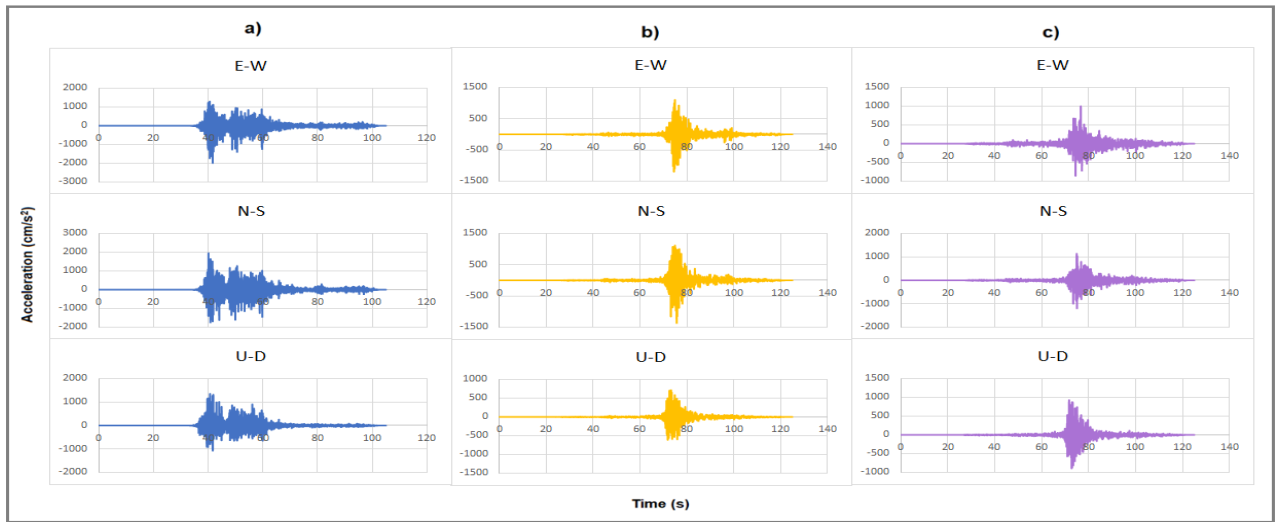
Kahramanmaraş earthquakes with epicenters in Pazarcık (4:17 local time,  $M_w=7.7$ ) and Elbistan (13:24 local time,  $M_w=7.6$ ) affected a total of 11 cities which are Hatay, Kahramanmaraş, Adıyaman, Gaziantep, Malatya, Adana, Şanlıurfa, Osmaniye, Diyarbakır and Kilis and Elazığ. The depth of the first earthquake with the Pazarcık epicenter was 8.6 km, while the depth of the second earthquake with the Elbistan epicenter was 7 km. More than 100,000 buildings were damaged or destroyed during the earthquakes that occurred, and more than 50,000 people lost their lives. Some parameters for the 3 stations with the largest PGA values observed in both earthquakes are given in Table 1. The three components of the acceleration records of the 6 selected stations are given in Figures 1 and 2 [23]. As shown in the figures, for station 4614 in the Kahramanmaraş earthquake with Pazarcık epicenter; the highest ground accelerations ( $a_{max}$ ) were measured as 2016.99  $cm/s^2$  in the north-south direction, 2039.20  $cm/s^2$  in the east-west direction and 1582.62  $cm/s^2$  in the vertical direction, and it is the station with the highest acceleration record in the first earthquake. In the Kahramanmaraş earthquake with Elbistan epicenter, the highest ground accelerations for the station code 4612 were 635.45  $cm/s^2$  in the north-south direction, 523.21  $cm/s^2$  in the east-west direction and 494.91  $cm/s^2$  in the vertical direction, and it was the station with the highest acceleration record in the second main earthquake that took place 9 hours later.

The acceleration response spectrum is a graphic that visualizes earthquake movements and shows the effect of earthquake accelerations on the structure according to periods. Horizontal acceleration spectrum curves with a 5% damping ratio were obtained for 3 directions by using the values obtained from station 4614 for the Kahramanmaraş earthquake with Pazarcık epicenter and station 4612 for the second earthquake in Elbistan (Figure 3). The acceleration response spectrum values in the first earthquake were higher than the values in the second earthquake. According to the selected stations, a steeper and narrower curve was obtained in the first earthquake, while it had a flatter and wider shape in the second earthquake. It can be said that the accelerations increased rapidly in the first earthquake, the structures were exposed to faster and more severe vibrations, and the accelerations increased more slowly in the second earthquake, that is, the structures were exposed to a lower acceleration for a longer period of time.

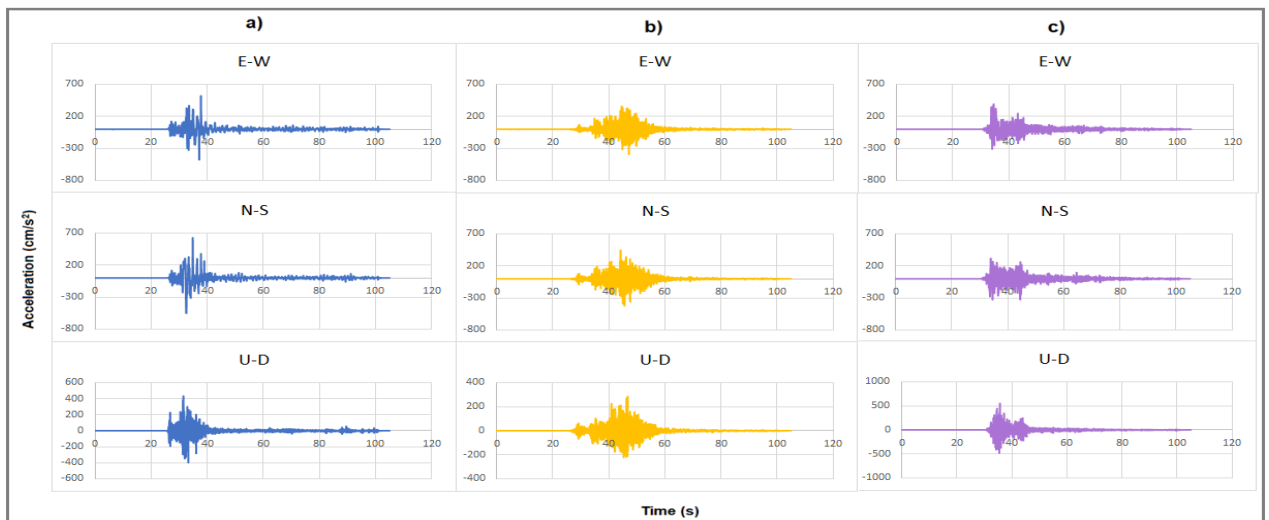
It can be said that the accelerations increased rapidly in the first earthquake, the structures were exposed to faster and more severe vibrations, and the accelerations increased more slowly in the second earthquake, that is, the structures were exposed to a lower acceleration for a longer period of time.

**Table 1.** Parameter of February 06, 2023, Kahramanmaraş Earthquakes

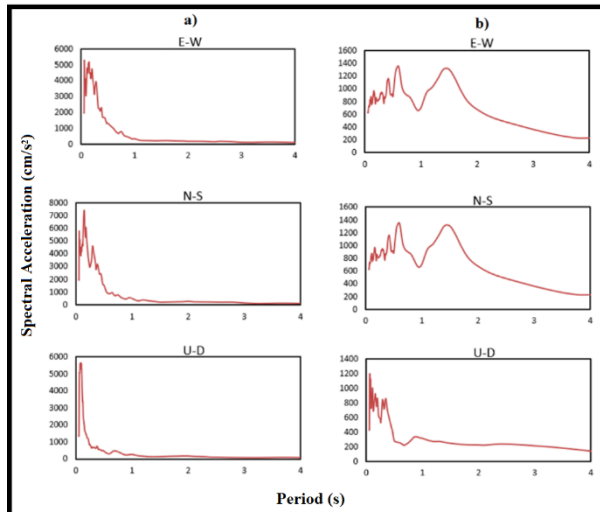
The earthquake with the epicenter of Pazarcık (4:17 local time, $M_w = 7.7$ )							
Station Code	Latitude (N)	Longitude (E)	Depth (km)	PGA-N-S ( $\text{cm/s}^2$ )	PGA-E-W ( $\text{cm/s}^2$ )	PGA-U-D ( $\text{cm/s}^2$ )	Region
4614	37.48513	37.29775	8.6	2016.99	2039.20	1582.62	Kahramanmaraş-Pazarcık
3129	36.19117	36.1343	8.6	1351.50	1198.74	716.94	Hatay-Defne
3126	36.2202	36.1375	8.6	1178.12	999.38	921.57	Hatay-Antakya
The earthquake with the epicenter of Elbistan (13:24 local time, $M_w = 7.6$ )							
Station Code	Latitude (N)	Longitude (E)	Depth (km)	PGA-N-S ( $\text{cm/s}^2$ )	PGA-E-W ( $\text{cm/s}^2$ )	PGA-U-D ( $\text{cm/s}^2$ )	Region
4612	38.02395	36.48187	7	635.45	523.21	494.91	Kahramanmaraş-Göksun
4406	38.34388	37.97378	7	467.20	409.31	318.75	Malatya-Akçadağ
4631	37.966325	37.427653	7	337.38	388.61	610.04	Kahramanmaraş-Nurhak



**Figure 1.** Three components of ground accelerations for the February 06, 2023, Pazarcık, Kahramanmaraş earthquake at a) 4614, b) 3129, and c) 3126 station [23].



**Figure 2.** Three components of ground accelerations for the February 06, 2023, Elbistan, Kahramanmaraş earthquake at a) 4612, b) 4406, and c) 4631 station [23].



**Figure 3.** Acceleration Response Spectrum of E-W, N-S, and U-D components February 06, 2023, Pazarcık and Elbistan (Kahramanmaraş) earthquakes a) for 4614 station, b) for 4612 station

#### TYPES OF EARTHEN ROOFS and FORMS OF CONSTRUCTION IN RURAL AREAS

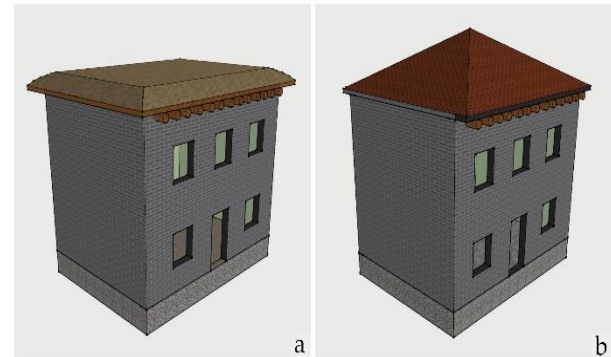
The masonry buildings constructed in rural areas are commonly formed by combining the building materials found in the region. However, these structures are built without material tests and necessary controls. In addition, it causes the structures not to comply with the standards required in the design of the connection areas and therefore not to provide sufficient load transfer. This means that the masonry structures in these regions do not show sufficient strength under earthquake forces. 86.7 percent of the buildings in the earthquake zone are reinforced concrete. 2.4 percent of the buildings are steel, 3.5 percent are masonry, and 3.6 percent are prefabricated. Although the level of masonry structures, which is the most problematic category in terms of earthquake resistance, remains numerically low, it is the type of structure with the highest damage rate [24].

In the field observations made in rural areas after earthquakes, it was observed that earthquake damage occurred according to the construction style of the roofs and the materials used. The structural members built to protect the buildings against external influences such as snow, rain, wind, hot, and cold and to limit the space are called roofs. Roofs are constructed by using various types of building materials together.

The climatic conditions of the region where the building will be built and local construction technologies are effective factors in deciding the shape and material of both the structure and the roof to be used in the building [25]. In addition, elements such as gutters and vertical pipes are used as complementary roof elements in roof design [26]. While these elements increase the durability of the structures against external factors, they also contribute to the longevity of the structures.

Flat earthen roofs have been widely used as roofs in masonry structures in rural areas affected by the

Kahramanmaraş earthquakes that occurred on February 06, 2023. In some regions, wooden roof systems were built on flat earthen roofs. Different types of earthen roof typologies are shown in Figure 4.

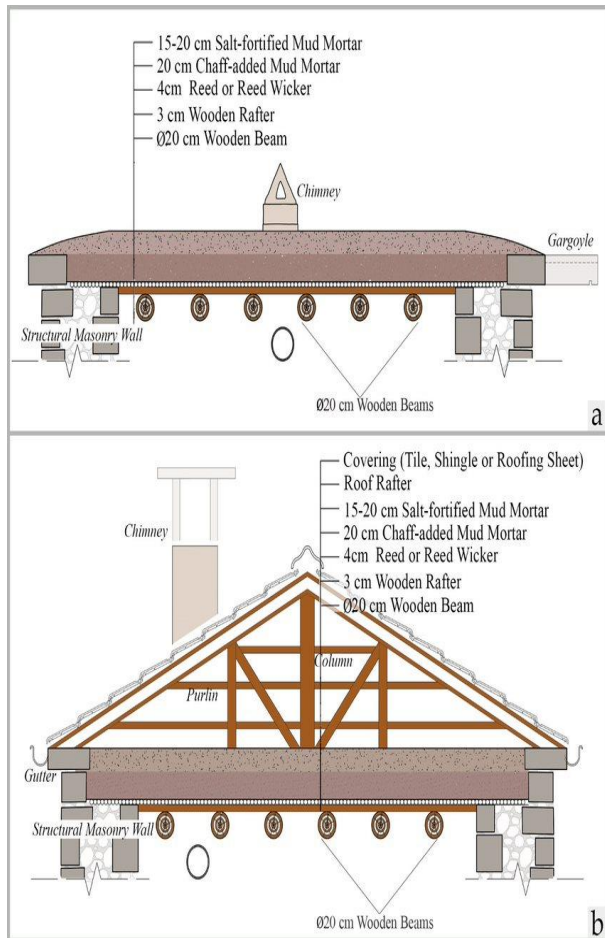


**Figure 4.** Different typologies of constructed earthen roofs; a) Flat earthen roofs b) Earthen roofs with roof rafters

Earthen roofs built for roof purposes from the earthquake zone are constructed by going through the following stages;

- Wooden beams are placed in a circular section on the outer and inner wall tops. Wooden beams are generally obtained from poplar wood.
- Flat veneer boards are placed on the wooden beams without interruption in order to make the wooden beams look aesthetically pleasing from the inside and to prevent the soil material from spilling down. Nails provide the connection between these two members.
- Reeds obtained from the region are placed on the boards by building them as poles or wickers.
- Local soil laying is done on the reeds. The first layer consists of mud with chaff. On top of this, the material obtained with a mixture of clay, salt, and water is laid.
- The soil, whose construction is completed in this way, is left on the roof for 1 or 2 days and then compacted by logging. The compressed soil is polished over the roof with the help of a hand roller to ensure fewer voids. In general, this process takes between 7-15 days. As a result, a compacted roof cover with a smooth surface is obtained.
- The edges of the flat roof constructed are chamfered, allowing the precipitation to flow over the roof. In order to discharge the waters caused by the deflections that occur over time, a gutter drain is performed in some regions. On roofs covered with wood, the outer wall is raised and the edges of the roof are placed on the wall.
- Seasonal periodic maintenance-repair interventions are carried out. The soil mortars added during these maintenances bring a plus load to the roof. By transferring the section with the clayey top layer every 2-3 years, the excess load is removed and the atmospheric effects are prevented from penetrating the interior.

The cross-sections of heavy earthen roofs commonly used in masonry buildings in rural areas and their representation on a sample structure are shown in Figure 5.



**Figure 5.** Examples of earthen roof cross-sections; a) flat earthen roof b) earthen roof with roof rafter

### DAMAGES OBSERVED ON HEAVY EARTHEN ROOFS DURING THE EARTHQUAKE

Roofs in masonry buildings commonly used in rural regions are usually built using heavy earthen roofs and wooden girders. The lower layers are compressed and the roofs become heavier as a new layer is added to them, especially when the seasons change. During the earthquake, heavy earthen roofs caused substantial damage to both themselves and the load-bearing walls. [27-30].

As a result of the observations made in rural areas after the Kahramanmaraş earthquakes, the fall down of the heavy earthen roofs made the structures unusable. Such heavy earthen roofs, in conjunction with the vertical acceleration part of the earthquake, push the load-bearing walls in/out of the plane during the earthquake. Thus, these walls, which have poor in/out-of-plane stiffness and insufficient connection to the roof, are unable to transfer the load appropriately, suffer an abrupt loss of strength, and collapse together with the roof. In buildings with lightweight cover or metal material on the roof and used for warehouses/barns etc., the collapse was relatively less. Completely collapsed earthen roofs are shown in Figure 6.



**Figure 6.** Examples of completely collapsed earthen roofs

It has been researched that heavy earthen roofs increase the lateral forces by 10-15% during the earthquake [31] and due to collapses on weak roofs, it has seriously damaged the load-bearing walls. The area's hefty clay roofs were constructed from wooden logs and a substantial coating of soil. Due to the impact of climatic and environmental factors, earthen roofs are compacted by adding new soil layers each season to protect them from rain and melting snow. As a result, the already-heavy clay roof becomes even heavier, which causes the walls to be forced in and out during the earthquake with considerable force and causes the walls on the building's vulnerable side to fall. In the examinations made in rural areas after the Kahramanmaraş earthquakes, it was observed that the roof collapsed due to the earthquake and the walls displayed out-of-plane failure (Figure 7). Another damage observed in structures with heavy earthen roofs is the partial collapse of the roofs (Figure 8).

In structures with heavy earthen roofs, the collapse of a part of the roof forced the wall on the collapsed side to out-of-plane behavior and it was observed that the wall in that area also collapsed (Figure 9).



**Figure 7.** Example of load-bearing wall damages



**Figure 8.** Example of partial collapse damage of heavy earthen roofs



**Figure 9.** Load-bearing wall damages due to partial collapse of heavy earthen roofs

Wooden beams are positioned at specific intervals on the underside of the soil layer in buildings with earthen roofs. The aged wooden logs are gradually replaced by fresh ones. The wooden girders, which are subjected to heavier loads during earthquakes and wear out over time, reducing their bearing capacity, are unable to handle the additional horizontal load and are prone to varying degrees of damage as a result of the increased roof mass. Furthermore, increased loads will harm beams that are not properly supported on the roof and load-bearing walls, perhaps causing them to perform at levels that would cause a collapse. Examples of such damage are shown in Figure 10.



**Figure 10.** Damages due to insufficient support of wooden beams on heavy earthen roofs

Examples of damage to structures that were forced by the additional forces from heavy earthen roofs but did not reach the collapse mechanism are shown in Figure 11. The reason for this is that the wooden beams are well supported on the walls they sit on, but with the addition of a new soil layer to the building during the season transitions (with the additional roof load), deflections have occurred due to the insufficient size of the wooden beams.



**Figure 11.** Examples of wooden beams forced to collapse

Heavy earthen roofs in the earthquake zone are constructed in two different ways. Examples of cracking

and partial collapse damage occurring on flat heavy earthen roofs are shown in Figure 12.



**Figure 12.** Example of the structural damage on flat earthen roofs

Another application used in the earthquake zone is to build wooden roof rafters on heavy earthen roofs. Different levels of damage have occurred on earthen roofs in such structural systems (Figure 13).



**Figure 13.** Examples of damage to earthen roofs with wooden roof rafters

In some masonry structures, reinforced concrete bond beams are used under the earthen roofs. The lack of sufficient interlocking between this bond beam and the earthen roofs and insufficient reinforced concrete strength, which was built without any engineering service, caused damages. An example of this type of damage is shown in Figure 14.



**Figure 14.** Structural damage despite the use of reinforced concrete bond beams

In the examinations carried out in the region, samples of heavy earthen roofs that were not damaged at all were also found. Examples of heavy earthen roofs that have never been damaged are shown in Figure 15.



**Figure 15.** Example of heavy earthen roof with no damage

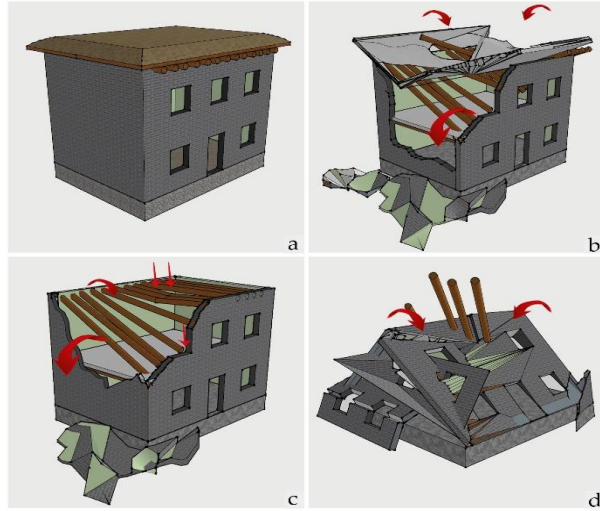
The schematic representation of the structural damage caused by heavy earthen roofs as a result of the field investigations is given in Figure 16.

It has been compared within the framework of the rules in the last two earthquake regulations used in Turkey regarding the slab made in masonry structures. The rules regarding the slab in the 2007 Earthquake Code are as follows;

- The slabs of masonry structures will be RC slabs or ribbed slabs with dimensions and reinforcements designed according to the rules in TS-500.
- The masonry buildings whose slabs do not comply with the above rule will be constructed in all earthquake zones, with a maximum of two floors, if any, without counting the basement. In such buildings, the horizontal bond beams under the slabs will be made according to the criteria given in the regulation. Buildings with adobe

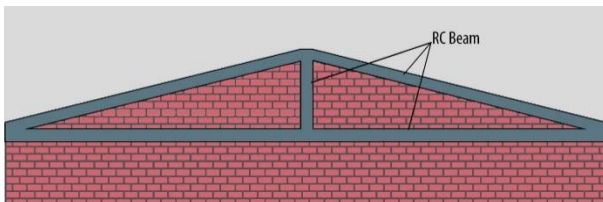


walls, on the other hand, will be built with at most one storey without counting the basement.



**Figure 16.** Schematic representation of structural damage observed in heavy earthen roofs. a) Undamaged masonry structure b) Heavy earthen roof damage and resulting damage to walls c) Insufficient support in wooden beams and forced to collapse d) Complete collapse

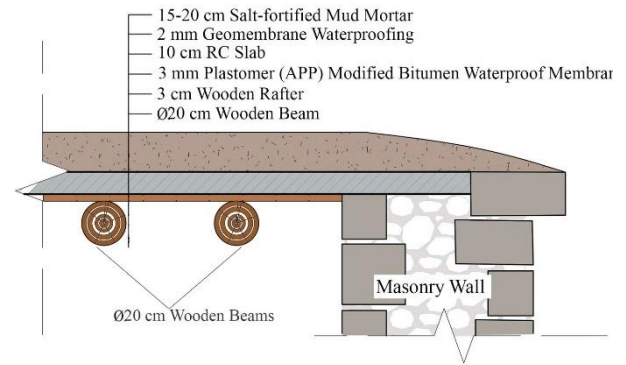
- Roofs of masonry structures can be made as reinforced concrete terrace roofs and wooden or steel roofs.
- The connections of the wooden roof equipment with the horizontal bond beams on the floor and load-bearing walls will be made according to the rules given in TS-2510 (Figure 17).
- If the height of the roof wall sitting on the horizontal bond beam on the top floor is greater than 2.0 m, vertical and inclined beams should be made.
- Roofs of adobe masonry buildings will be made as light as possible, with eaves that exceed the outer walls by 500 mm at most.
- No earthen roof will be built in the first and second-degree earthquake zones. In the third and fourth-degree earthquake zones, the soil cover thickness of the earthen roof cannot be greater than 150 mm. Roofs of adobe structures can be made as wooden trusses or reinforced concrete slabs.



**Figure 17.** Roof, horizontal, and vertical bond beams.

In the currently used Turkish Building Earthquake Code (TBEC-2018) [32], the construction of earthen roofs is strictly prohibited. In this situation;

- Reinforced concrete slabs with a thickness of at least 100 mm will be made to provide the rigid diaphragm effect in unreinforced masonry buildings, reinforced masonry buildings, and confined masonry buildings. These slabs should be supported on horizontal bond beams with a cross-section height of at least 300 mm and with  $6\phi 12$  longitudinal,  $\phi 8/150$  mm transverse reinforcements. The width of the horizontal bond beams will be at least as much as the wall thickness. The vertical spacing of the horizontal bond beams shall not exceed 4 m.
- While it was stipulated in the previous regulation that heavy earthen roofs should not be built only in 1st and 2nd-degree earthquake zones, it was stated that earthen roofs could be built in other earthquake zones. However, heavy earthen roof is prohibited with the current regulation.
- Within the scope of this study, the roofing detail proposed by the authors in a way that does not remove the aesthetically old appearance is shown in Figure 18.



**Figure 18.** Recommended roof slab section

Buildings can be modeled using the finite element method to obtain information about their structural behavior. [33-36]. In order to make comparisons between building behaviors, the traditional roof system and the roof system suggested by the authors can be modeled with the finite element method in future studies.

## CONCLUSIONS

Within the scope of this study, structural damages in heavy earthen roofs, which are commonly used in masonry structures, due to the Kahramanmaraş earthquakes that occurred on February 06, 2023, at 9-hour intervals were investigated.

Earthen roofs, which are already heavy in masonry structures that do not receive any engineering service, become even heavier with additional soil due to maintenance and repairs during seasonal transitions. Heavier earthen roofs create additional seismic forces and cause structural damage at different levels. In buildings with heavy earthen roofs, the rate of destruction is higher when the use of low-strength materials, the inability to provide the necessary and sufficient connection between the walls, and the excessive number

of doors and windows openings. Although it is completely prohibited by the latest earthquake regulation, it is still used in some regions. In this context, the building control mechanism should also be implemented in rural areas. Currently, building inspection operates only for urban buildings. For all kinds of buildings to be built in rural areas, building inspection should be made effective from the design stage to the start of operation. Therefore, if there is any structural damage to the heavy earthen roof structures commonly used in rural areas, demolition of these structures should be recommended.

Generally, the damages that occur in heavy earthen roofs, the construction of masonry structures without any engineering service, the high self-weight of earthen roofs, an additional weight due to maintenance and repairs in seasonal transitions, not using horizontal reinforced concrete bond beams on load-bearing walls, insufficient support between the load-bearing wall and roof slab, the errors in determining the size and spacing of wooden beams, and aging of wooden beams over time can be listed.

## REFERENCES

- [1] Işık M.F., Işık E., Harirchian E. Application of IOS/Android rapid evaluation of post-earthquake damages in masonry buildings. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 36-50, 2021.
- [2] Arkan E., Işık E., Harirchian E., Topçubaşı M., Avci F. Architectural Characteristics and Determination Seismic Risk Priorities of Traditional Masonry Structures: A Case Study for Bitlis (Eastern Türkiye). *Buildings*, 13(4), 1042, 2023.
- [3] Biçen V.S., Işık E., Özlük M.H., Ülker M. Solution for existing soil housetops of traditional Bitlis houses. *International Engineering, Science and Education Conference*, December 2016. Diyarbakır-Türkiye, 2016.
- [4] Biçen V.S., Işık E., Arkan E., Ulu A.E. A study on determination of regional earthquake risk distribution of masonry structures. *ArtGRID-Journal of Architecture Engineering and Fine Arts*, 2(2), 74-86, 2020.
- [5] Clarke J. A., Laefer D. F. Systematic approach for large-scale, rapid, dilapidation surveys of historic masonry buildings. *International Journal of Architectural Heritage*, 8(2), 290-310, 2014.
- [6] Işık E., Karaşin İ. B., Eren B. Mevcut bir yığma yapının farklı hızlı değerlendirme yöntemleri ile değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 70-76, 2016.
- [7] Angjeliu G., Cardani G., Garavaglia E. Rapid assessment of seismic vulnerability of historic masonry structures through fragility curves approach and national database data. *Developments in the Built Environment*, 14, 100140, 2023.
- [8] Bilgin H., Shkodrani N., Hysenlliu M., Ozmen H.B., Isik E., Harirchian E. Damage and performance evaluation of masonry buildings constructed in 1970s during the 2019 Albania earthquakes. *Engineering Failure Analysis*, 131, 105824, 2022.
- [9] Işık E., Avci F., Büyüksaraç A., İzol R., Arslan M.H., Aksoylu C., Harirchian, E. Eyisüren, O. Arkan, E. Güngür, M.Ş. Günay M., Ulutaş H. Structural damages in masonry buildings in Adıyaman during the Kahramanmaraş (Türkiye) earthquakes (Mw 7.7 and Mw 7.6) on 06 February 2023. *Engineering Failure Analysis*, 107405, 2023.
- [10] Hafner I., Lazarević D., Kišiček T., Stepinac M. Post-Earthquake assessment of a historical masonry building after the Zagreb earthquake—case study. *Buildings*, 12(3), 323, 2022.
- [11] Ademović N., Toholj M., Radonić D., Casarin F., Komesar S., Ugarković K. Post-Earthquake Assessment and Strengthening of a Cultural-Heritage Residential Masonry Building after the 2020 Zagreb Earthquake. *Buildings*, 12(11), 2024, 2022.
- [12] Karaşin İ.B., Bakır D., Ülker M., Ulu A.E., The Structural Damages After Nepal Earthquakes, *IOSR Journal of Engineering*7(6), 2017.
- [13] Tondo G., Perrone D., Monteiro R., Aiello M.A. Development and rapid visual screening analysis of an Italian masonry building portfolio using post-earthquake damage observations. *Procedia Structural Integrity*, 44, 243-250, 2023.
- [14] Indirli M., Kouris, L. A. S, Formisano A., Borg R. P., Mazzolani F. M. Seismic damage assessment of unreinforced masonry structures after the Abruzzo 2009 earthquake: The case study of the historical centers of L'Aquila and Castelvécchio Subequo. *International Journal of Architectural Heritage*, 7(5), 536-578, 2013.
- [15] Göçer C. Structural evaluation of masonry building damages during the April 24, 2014 Gökçeada earthquake in the Aegean Sea. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18, 3459-3483, 2020.
- [16] Furukawa A., Kiyono J., Parajuli R. R., Parajuli H. R., Toki, K. Evaluation of damage to a historic masonry building in Nepal through comparison of dynamic characteristics before and after the 2015 Gorkha earthquake. *Frontiers in Built Environment*, 3, 62, 2017.
- [17] Argiento L. U., Maione A., Giresini, L. The corner failure in a masonry building damaged by the 2016-2017 central Italy earthquake sequence. In *Proceedings of COMPDYN 2019 7th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering* (pp. 633-650). National Technical University of Athens (NTUA), 2019.
- [18] Dizhur D., Ismail N., Knox C., Lumantarna R., Ingham J. M. Performance of unreinforced and retrofitted masonry buildings during the 2010 Darfield earthquake. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 43(4), 321-339, 2010.
- [19] Celep Z., Erken A., Taskin B., Ilki A. Failures of masonry and concrete buildings during the March 8, 2010 Kovanclar and Palu (Elazığ) earthquakes in Turkey. *Engineering Failure Analysis*, 18(3), 868-889, 2011.
- [20] Işık E., Ulu A. E., Büyüksaraç A., Aydın, M.C. A study on damages in masonry structures and determination of damage levels in the 2020 Sivrice (Elazığ) earthquake. In *International Symposium on Innovative and Interdisciplinary Applications of Advanced Technologies* (pp. 35-54). Cham: Springer International Publishing, 2022.
- [21] Günaydin M., Atmaca B., Demir S., Altunışık A.C., Hüsem M., Adanur S., ... Angin Z. Seismic damage assessment of masonry buildings in Elazığ and Malatya following the 2020 Elazığ-Sivrice earthquake, Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 19, 2421-2456, 2021.
- [22] Nemitlu O. F., Balun B., Sari A. Damage assessment of buildings after 24 January 2020 Elazığ-Sivrice earthquake. *Earthquakes and Structures*, 20(3), 325, 2021.
- [23] <https://deprem.afad.gov.tr/event-catalog>.
- [24] TC SBB, 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu 2023, <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/03/2023-Kahramanmaraş-ve-Hatay-Depremleri-Raporu.pdf> (date of access: 03 September 2023)

- [25] Gürer İ., Koç L. Estimating snow loads on roofs, *Technical Journal of Turkish Chamber of Civil Engineers*, 2435-2463, 2001.
- [26] Fırat S. 17 Ağustos 1999 Marmara depremde sıkça rastlanan çatı hasarları, *Politeknik Dergisi*, 10(2),211-217, 2007.
- [27] Bayraktar A., Coşkun N., Yalçın A. Damages of masonry buildings during the July 2, 2004 Doğubayazıt (Ağrı) earthquake in Turkey. *Engineering Failure Analysis*, 14(1), 147-157, 2007.
- [28] Isik E., Aydın M. C., Büyüksarac A. 24 January 2020 Sivrice (Elazığ) earthquake damages and determination of earthquake parameters in the region. *Earthquakes and Structures*, 19(2), 145, 2020.
- [29] Preciado A., Santos J.C., Ramirez-Gaytan A., Ayala K., Garcia J.D.J. A correlation between moisture and compressive strength of a damaged 15-year-old rammed soil house. *Geomech Eng*, 23(3), 227-244, 2020.
- [30] Işık E., Büyüksarac A., Avcil F., Arkan E., Ulu A.E. Aydın M.C. Damage evaluation of masonry buildings during Kahramanmaraş (Türkiye) earthquakes on February 06, 2023, *Earthquakes and Structures*, 25(3), 2023.
- [31] Bayraktar A., Altunışık A. C., Muvafık, M. Field investigation of the performance of masonry buildings during the October 23 and November 9, 2011, Van Earthquakes in Turkey. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 30(2), 04014209, 2016
- [32] TBEC-2018; Turkish Building Earthquake Code. T.C. Resmi Gazete: Ankara, Türkiye, 2018.
- [33] Toydemir B., Koçak A., Sevim B., Zengin B. Ambient vibration testing and seismic performance of precast I beam bridges on a high-speed railway line. *Steel and Composite Structures*, 23, 2017.
- [34] Usta P. Assessment of seismic behavior of historic masonry minarets in Antalya, Turkey. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00665, 2021.
- [35] Algin H. M., Ekmen A. B., Kaya E. 3D seismic response assessment of barrette piled high-rise building with comprehensive subsurface modelling. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 163, 107488, 2022.
- [36] Ekmen A. B., Avcı Y. Artificial Intelligence-Assisted Optimization of Tunnel Support Systems Based on the Multiple Three-Dimensional Finite Element Analyses Considering the Excavation Stages. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 47(3), 1725-1747, 2023.

## Investigation of TEC Changes on Magnetic Conjugate Pairs over the Africa Region during the Geomagnetic Storm of August 25-26, 2018.

Serhat KORLAELCİ<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Department of Medical Services and Techniques, Vocational School of Health Services, Mus Alparslan University, Mus, Turkey

✉: [s.korlaelci@alparslan.edu.tr](mailto:s.korlaelci@alparslan.edu.tr)  0000-0002-0956-4721

Received ( Geliş ) : 31.08.2023

Revision ( Düzeltme ) : 20.11.2023

Accepted ( Kabul ) : 05.12.2023

### ABSTRACT

In this study, we investigated two magnetic conjugate pairs over the African region during the geomagnetic storm of August 25-26, 2018. The effects of geomagnetic conditions, represented by the Dst index and IMF Bz values, on the Total Electron Content (TEC) values at the conjugate stations were compared for stormy and quiet periods. During the storm period, the effect of the TEC values at the stations in the northern hemisphere on the TEC values at the stations in the southern hemisphere is greater than the effect of the TEC values in the southern hemisphere on the TEC values in the northern hemisphere. According to this result, it can be said that the southward electromagnetic convection was more than the northward convection during the dates examined. When the coefficients are analyzed, it can be said that the interaction is higher in the magnetic conjugate pair closer to the equator during the storm period, while the interaction is higher in the magnetic conjugate pair farther from the equator during the quiet period. When the coefficients calculated for Dst and IMF Bz are considered, it is seen that the TEC values are very small compared to their coefficients. It can be concluded that the effect of Dst and IMF Bz is much smaller than the effect of TEC values at a station on TEC values at its magnetic conjugates.

**Keywords:** Ionosphere, Autoregressive Distributed Lag, magnetic conjugate pairs, Total Electron Content, geomagnetic storm

## 25-26 Ağustos 2018 Jeomanyetik Fırtına Sırasında Afrika Bölgesi Üzerindeki Manyetik Eşlenik Çiftleri Üzerindeki TEC Değişikliklerinin İncelenmesi

### ÖZ

Bu çalışmada, 25-26 Ağustos 2018 jeomanyetik fırtınası sırasında, Afrika bölgesi üzerinde iki manyetik eşlenik çifti incelendi. Dst indeksi ve IMF Bz değerleri ile sunulan jeomanyetik koşulların, eşlenik istasyonlardaki Toplam Elektron İçeriği (TEC) değerleri üzerindeki etkileri fırtınalı ve sessiz dönemler için karşılaştırılmıştır. Fırtına döneminde kuzey yarımküredeki istasyonlardaki TEC değerlerinin güney yarımküredeki istasyonlardaki TEC değerlerine etkisi, güney yarımküredeki TEC değerlerinin kuzey yarımküredeki TEC değerlerine etkisinden daha fazladır. Bu sonuca göre incelenen tarihlerde güney yönlü elektromanyetik taşınımın kuzey yönlü taşınımından daha fazla olduğu söylenebilir. Katsayılar incelendiğinde fırtına döneminde ekvatora daha yakın olan manyetik eşlenik çiftinde etkileşimin daha fazla olduğu, sessiz dönemde ise ekvatora uzak olan manyetik eşlenik çiftinde etkileşimin daha fazla olduğu söylenebilir. Dst ve IMF Bz için hesaplanan katsayılar dikkate alındığında TEC değerlerinin katsayılarına göre çok küçük olduğu görülmektedir. Buradan Dst ve IMF Bz'nin etkisinin, bir istasyondaki TEC değerlerinin, manyetik eşleniklerindeki TEC değerleri üzerindeki etkisinden çok daha küçük olduğu sonucuna varılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** İyonosfer, Otoregresif Dağıtılmış Gecikme, Manyetik Eşlenik noktalar, Toplam Elektron İçeriği, Jeomanyetik Fırtına

### INTRODUCTION

Ninety percentage of intense geomagnetic storms (Dst  $\leq$  -100 nT) are caused by the effect of Coronal Mass Ejections (CME) [1, 2]. The major source of strong space weather irregularities occurring on Earth is considered to be CME [3, 4]. The slow-moving CME that occurred on August 20, 2018, appeared to have turned into a large geomagnetic storm, although it was expected to cause a

minor storm. The August 26, 2018 space weather event is known as the largest storm at the minimum phase of 24th solar cycle, after two major geomagnetic storms in 2015 [5]. This storm has been studied with different aspects in many studies [6–8]. Storms are closely related to physical processes in the ionosphere [9].

The effects of geomagnetic storms on the ionosphere can significantly change parameters such as electron density and Total Electron Content (TEC) [10]. During the storm,

vertical plasma drift occurs in the equatorial ionosphere due to changes in the electric field. When the field is eastward it causes strong plasma drift. When the electrical field is westward it causes weak plasma drift. That is, eastward plasma drift increases the irregularities, while westward drift decreases it [11, 12]. The proof of the formation of ionospheric irregularities is also expressed as rapid decrease in TEC values [13]. TEC is the number of electrons in a cylinder of unit cross section along the signal path between a satellite and its receiver. The unit of TEC is TECU and 1 TECU is  $10^{16}$  electrons/m<sup>2</sup> [14].

The special electrodynamic processes such as the equatorial ionization anomaly (EIA), the Post Sunset Rise (PSSR), the Rayleigh–Taylor instability (RTI), and Equatorial Plasma Bubbles (EPBs) is effected to equatorial ionosphere [15, 16]. These electrodynamic processes cause increased ionization in the equatorial region (about  $\pm 15$  degrees of the magnetic equator)[12, 17]. Another process that affects the ionization process is the connection between the ionospheric magnetic conjugate points formed by the high electrical conductivity in the geomagnetic field. This connection causes ionospheric changes at the conjugate points [18]. In the magnetosphere-ionosphere system, intense electric fields and currents are always excited and their effects are global. These effects, which are also caused by geomagnetic storms, occur simultaneously in the polar regions and spread to the equator [19]. Hanson (1963) first proposed the possibility of photoelectron transfer between magnetic conjugate points. Unlike charged thermal energy particles, photoelectrons can establish a direct link between their magnetic conjugate regions [20]. Since then the relationship between magnetic conjugate points has been studied by many researchers [21–28].

Significant progress has been made in identifying sources of irregularities in TEC, such as coronal mass ejection, galactic and cosmic rays, earthquakes, volcanoes, typhoons [29–32]. However, there is still a need to increase the measurement accuracy rate even further. In this context, the interaction of TEC measurements obtained between magnetic conjugate points should be considered. In this study, the relationship between TEC measurements obtained from two pairs of magnetic conjugate GPS (Global Positioning System) stations in the African low latitude region was examined for the August 26, 2018, geomagnetic storm and calm conditions. In addition, the interaction rates obtained in this study were compared with the Dst index, which is the main indicator of the changes in the geomagnetic field in the equatorial region, and the effect of the z-direction component of the interplanetary magnetic field (IMF Bz).

## MATERIAL and METHOD

In the present study, two magnetic conjugate pairs were identified to investigate the ionospheric TEC changes in the African region. These pairs are Haifa (32.77° N, 35.02° E)- Ambalavao (21.90° S, 46.79° E) and Djibouti

(11.52° N, 42.84° E)-Malindi (2.99° S, 40.19° E) and their geographic locations are shown in Figure 1. Their geographic and geomagnetic coordinates are given in Table 1 and were obtained from the World Data Center for Geomagnetism (<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/igrf/gggm/>). The GPS receiver data for these stations are obtained from (<https://network.igs.org/>) of the IGS for the period of 1-7 August 2018 and 25-31 August 2018, in Receiver INdependent EXchange (RINEX) format. These data were converted to 30-second VTEC data by the IONOLAB-TEC/STEC software on the Ionospheric Research Laboratory (IONOLAB) (<http://www.ionolab.org/>) [33–35].



**Figure 1:** Geographic coordinates of two different magnetic conjugate pairs over the African region.

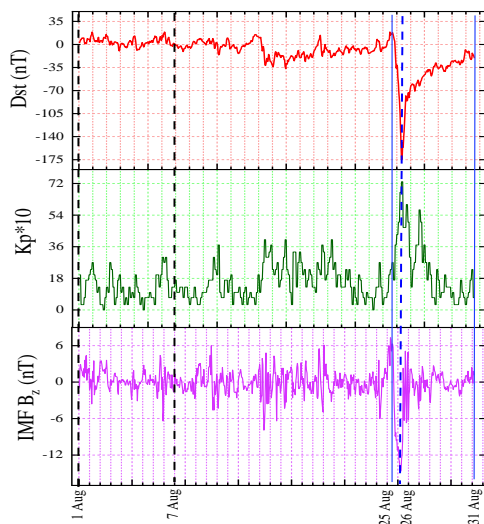
**Table 1:** Geographic and geomagnetic coordinates of the stations where TEC data was obtained.

Station Name	Geographic Coordinates		Geomagnetic Coordinates	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
Haifa	32.77° N	35.02° E	29.78° N	113.16° E
Ambalavao	21.90° S	46.79° E	26.84° S	116.06° E
Djibouti	11.52° N	42.84° E	7.49° N	117.50° E
Malindi	2.99° S	40.19° E	7.28° S	112.13° E

The time for the geomagnetic storm period, the date range from 25-31 August 2018 was chosen. To determine the geomagnetic storm period, Dst, Kp values which are the indicators of the changes in the geomagnetic field, and IMF Bz values, which is the z component of the interplanetary magnetic field, were obtained from the NASA Space Physics Data Facility (SPDF)(<https://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html>).

The main phase of the storm (26 August 2018) was determined by considering the maximum changes in these indices. The storm period was determined as the date range (25-31 August 2018) covering three days before and after the main phase. The time frame for the quiet period, the date range from 1-7 August 2018 was chosen. The temporal changes in IMF B<sub>z</sub> and geomagnetic indices for these periods are given in Figure 2.

The positive values of Dst, which indicates the initial phase of the geomagnetic storm, started at 03:00 UT on August 25 and continued until 17:00 UT. During this time, the IMF B<sub>z</sub> value changed from 0.4 nT to -6.3 nT, and the K<sub>p</sub> value changed from 1.0 to 1.7. Then, the main phase of the storm, which started at about 18:00 on August 25, ended at 06:00 UT on August 26. During the main phase, the Dst value reached a maximum of -175 nT. During this period, the IMF B<sub>z</sub> value changed from -8.9 nT to -12.7 nT, and the K<sub>p</sub> value changed from 3.7 to 7.3. It is seen that the storm's return phase started from approximately 06:00 UT on August 26. All these results represent a geomagnetic storm process [36, 37]. Dst value varies between -10 and 19 nT, and K<sub>p</sub> value varies between 0 and 3 in the date range of 1-7 August 2018, which we have determined as the quiet period. Considering, K<sub>p</sub> < 3; the Dst < -50 nT values for quiet period as a reference, it is compatible with the literature [38, 39].



**Figure 2:** Temporal changes of IMF B<sub>z</sub>, K<sub>p</sub> index, and Dst indices during 1-31 August 2018. The black dashed vertical lines in the figure represent the quiet period range. The blue vertical dashed line represents the maximum storm time and the blue vertical lines the storm period.

The Autoregressive Distributed Lag (ARDL) approach developed by Pesaran et al. (2001) was used to examine the relationship between the variables [40]. When the variables are integrated of different order (I (0) or I (1)), the cointegration relationship between the variables can

be analyzed with the ARDL method (See, for example,). Therefore, the ARDL estimation technique is one of the most appropriate when the integration order of the variables is different. Moreover, according to Pesaran and Shin (1999), the ARDL technique produces consistent results in the case of autocorrelation and endogeneity problems [40, 41].

$$\Delta Y_t = \gamma_0 + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1}^n \delta_i \Delta X_{t-i} + \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Y<sub>t</sub> and X<sub>t</sub> are the dependent and independent variables, respectively. γ<sub>0</sub>, γ<sub>i</sub>, δ<sub>i</sub>, φ<sub>1</sub>, φ<sub>2</sub> are the coefficient of the variables. The significance of the lagged variables in Eq. (1) is determined by the F test. However, the asymptotic distribution of the F-statistics is non-standard. Therefore, the critical values produced by Pesaran et al. (2001) are used. The cointegration relationship between the variables in Eq. (1) is determined by testing α<sub>1</sub> = α<sub>2</sub> = 0 hypotheses. Following the estimation of Eq. (1) with the ARDL method, the joint significance of the α<sub>1</sub> and α<sub>2</sub> coefficients are tested using the F test statistic. The variables are cointegrated if the calculated F statistic is greater than the critical upper bound. If the F value is less than the critical lower bound, it means that there is no cointegration among the underlying variables. If the calculated F statistics fall between the lower and upper bounds, it is inconclusive. Hence, no decision can be made by using the bound test.

The ARDL model, which is a powerful statistical model, was applied to reveal how much any magnetic conjugate point is affected by the other magnetic conjugate point and by the geomagnetic index (Dst) and IMF B<sub>z</sub>. The ARDL model is a linear time series model in which both dependent and independent variables have a relationship, in which the lagged and level values are integrated. Time series must be stationary to be analyzed statistically. The unit root test determines whether the series in a data set are stationary. If the series are stationary, that is, it has no unit root, it has a finite variance. In this study, stationarity analysis was performed by two different unit root tests (Augmented Dickey-Fuller (ADF) and Phillips-Perron (PP)), which are widely used [42–44]. The equation has been formulated as follows.

$$\Delta Y_t = \mu + \beta_t + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \alpha_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (2)$$

where Y<sub>t</sub> is the variable under stationary test, Δ is the difference operator, μ, β, δ and α are the equation coefficients, t is a time trend, ε<sub>t</sub> is the error term, and k is the optimal lag length.

## RESULTS and DISCUSSION

The interaction rates of TEC values at conjugate stations and the interaction rates from solar and geomagnetic indices for two magnetic conjugate pairs selected over

the African region were examined by the statistical ARDL model in this study. In this model, the stationarity of dependent and independent variables was analyzed first. The unit root test results of the dependent variable (TEC) and independent variables (Dst and IMF Bz) data in the analyses are given in Table 2. If the absolute value of the coefficients of the variables given in this table is greater than the MacKinnon (1996) critical values in Table 2 and the probability value in the parentheses is significant, it is stationary according to the unit root test [45]. For example, the ADF unit root coefficient in Haifa TEC's Quiet Days is -5.50 and its probability value is

(0.0000). The absolute value of this number is higher than the MacKinnon (1996) critical values (-4.09, -3.47, -3.16) and the probability value is less than 0.01. In this case, it is stated that the Haifa TEC values are stationary at 1% (this ratio is expressed with an \* sign). If the probability value is not significant at the level, the first difference is checked and if it is not significant, it is concluded that the data set is not suitable for analysis. According to the results in the table, it is seen that the variables in the data set were stationary at the level or the first difference.

**Table 2:** Unit Root Test results

Variables	Quiet Days		Storm Days		
	ADF	PP	ADF	PP	
Level	Haifa TEC	-5.50	-3.88	-4.94	-3.19
	(Probability)	(0.0000)*	(0.0028)*	(0.0001)*	(0.0230)*
	Ambalavao TEC	-7.28	-3.61	-3.93	-3.01
	(Probability)	(0.0000)*	(0.0066)*	(0.0024)*	(0.0365)*
	Djibouti TEC	-8.46	-3.94	-8.46	-3.80
	(Probability)	(0.0000)*	(0.0123)**	(0.0000)*	(0.0035)*
	Malindi TEC	-6.13	-3.82	-6.77	-3.80
(Probability)	(0.0000)*	(0.0176)**	(0.0000)*	(0.0035)*	
Dst	-4.14	-3.16	-2.30	-2.15	
(Probability)	(0.0011)*	(0.0242)**	(0.1727)	(0.2243)	
IMF B <sub>z</sub>	-5.21	-5.23	-3.08	-3.69	
(Probability)	(0.0000)*	(0.0000)*	(0.0298)**	(0.0051)	
First Difference	Haifa TEC	-5.99	-6.49	-3.68	-7.03
	(Probability)	(0.0000)*	(0.0000)*	(0.0055)*	(0.0000)*
	Ambalavao TEC	-5.02	-6.57	-5.72	-5.47
	(Probability)	(0.0000)*	(0.0000)*	(0.0000)*	(0.0000)*
	Djibouti TEC	-8.73	-7.45	-9.03	-8.16
	(Probability)	(0.0000)*	(0.0000)*	(0.0000)*	(0.0000)*
	Malindi TEC	-5.73	-5.76	-6.22	-6.30
(Probability)	(0.0000)*	(0.0000)*	(0.0000)*	(0.0000)*	
Dst	-9.82	-10.71	-6.73	-6.74	
(Probability)	(0.0000)*	(0.0000)*	(0.0000)*	(0.0000)*	
IMF B <sub>z</sub>	-14.41	-23.65	-5.96	-13.41	
(Probability)	(0.0000)*	(0.0000)*	(0.0000)*	(0.0000)*	
MacKinnon (1996) critical values	ADF	PP	The level of significance		
	-4.09	-4.08	1%		
	-3.47	-3.47	5%		
	-3.16	-3.16	10%		

(\*), (\*\*), (\*\*\*) indicate 1%, 5% and 10% significance levels, respectively. Considered according to MacKinnon (1996).

Transports between magnetic conjugate points occur through electromagnetic processes [19]. This movement may be from the Northern Hemisphere to the Southern Hemisphere, or it may be in the opposite direction. For this reason, the TEC value at each station was evaluated separately as the dependent variable to see the effect of bidirectional transport in magnetic conjugate pairs.

#### Haifa-Ambalavao Magnetic Conjugate Pair

The regression analysis equation, which is also used in many ionospheric studies, was used to examine the TEC

changes of the Haifa - Ambalavao magnetic conjugate pair during the storm period (25-31 Aug 2018) [46, 50]. This equation returns the result of the relationship between the variables as a coefficient. Accordingly, the regression equations for the two stations during the storm period are given as follows.

$$(TEC_{Haifa}) = \alpha_0 + \alpha_1(TEC_{Ambalavao}) + \alpha_2(Dst) + \alpha_3(IMF B_z) + \varepsilon \quad (3)$$

$$(TEC_{Ambalavao}) = \beta_0 + \beta_1(TEC_{Haifa}) + \beta_2(Dst) + \beta_3(IMF B_z) + \varepsilon \quad (4)$$

For the quiet period on 1-7 Aug 2018, the interaction of the magnetic conjugate points with each other was examined. The equations for the quiet period are as follows.

$$(TEC_{Haifa}) = \alpha_0 + \alpha_1(TEC_{Ambalavao}) + \alpha_2(Dst) + \alpha_3(IMF B_z) + \varepsilon \quad (5)$$

$$(TEC_{Ambalavao}) = \beta_0 + \beta_1(TEC_{Haifa}) + \beta_2(Dst) + \beta_3(IMF B_z) + \varepsilon \quad (6)$$

where  $(\alpha_0, \beta_0)$  denotes the regression constant  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \beta_1, \beta_2,$  and  $\beta_3,$  regression coefficients

and  $\varepsilon$  the error term. The existence of the relationship between the dependent and independent variables was examined by the ARDL bounds test approach. The validity of the test for the model under consideration was made by calculating the F-statistics and by comparing the Pesaran et al. (2001) critical values. The F-statistics values obtained for equations (3), (4), (5), and (6) were found to be at a significance level of 1% according to the Pesaran et al. (2001) critical values. In this situation, it is understood that the F statistical values given in the Table 3 are greater than the Pesaran et al. (2001) critical values. This result shows that the statistical expressions established by equations (3), (4), (5) and (6) are meaningful.

**Table 3:** ARDL F-Bounds Test Results of Haifa-Ambalavao magnetic pair

	Equation 3	Equation 4	Equation 5	Equation 6
<b>F-statistic</b>	(7.70)*	(7.86)*	(8.77)*	(16.82)*
<b>Pesaran et al. (2001) critical values</b>				
<b>Signif.</b>	<b>I(0)</b>		<b>I(1)</b>	
10%	3.03		4.06	
5%	3.47		4.57	
2.5%	3.89		5.07	
1%	4.4		5.72	

Critical values were taken from Pesaran et al. (2001), from Table CI (iii). (\*) indicates 1% significance level.

Assumption tests were performed to examine the fit of the model. Diagnostic tests are essential for consistent results. For example, the relationship between the error terms reveals the existence of autocorrelation. In the case of autocorrelation, least squares estimators of parameters are unbiased and consistent, but ineffective. Similarly, in the case of heteroscedasticity, the minimum variance property of the parameters is no longer valid. If heteroscedasticity exists, the estimation efficiency decreases. As a rule of thumb, if the probability value of the diagnostic tests is greater than 0.05, which is a commonly used confidence level in statistics, the desired properties are valid. The results of the various diagnostic tests are shown in Table 4. The coefficient of the

diagnostics test varies depending on the number of observations, the number of explanatory variables, and the significance level. First, the Ramsey-Reset test confirms that the functional form used for the estimations is accurate. Second, the result of the Breusch-Godfrey LM test shows that serial correlation is not present in our estimations. Third, the result of the Jarque-Berra test statistic shows that the residuals are normally distributed. Fourth, Breusch-Pagan-Godfrey test results validate those residuals are homoscedastic. Last, CUSUM and CUSUMQ (Cumulative sum and cumulative sum of squares) tests confirm the stability property of the models.

**Table 4:** Hypothesis tests of the Haifa – Ambalavao magnetic conjugate pair.

	Equation 3		Equation 4		Equation 5		Equation 6	
	F-Statistic	(prob.)	F-Statistic	(prob.)	F-Statistic	(prob.)	F-Statistic	(prob.)
<b>Breusch-Godfrey LM Test</b>	0.44	0.64	0.42	0.66	1.32	0.27	1.84	0.16
<b>Jarque-Bera Test</b>	3.67	0.15	1.31	0.51	0.48	0.78	0.11	0.94
<b>Breusch-Pagan-Godfrey</b>	0.54	0.92	1.04	0.41	0.85	0.69	1.25	0.20
<b>Ramsey</b>	0.42	0.67	1.99	0.16	0.01	0.91	2.85	0.09
<b>Cusum</b>	stable	stable	stable	stable	stable	stable	stable	stable
<b>Cusumq</b>	stable	stable	stable	stable	stable	stable	stable	stable



According to these test results, the ARDL model to be applied to the equations was found to be appropriate. The results of the ARDL model are given in Table 5. When the coefficient values for Eq. (3) are investigated, a change of 1% in the TEC value at the Ambalavao station causes an increase of 0.414% in the TEC value at the Haifa station, which is the magnetic conjugate point. A 1 nT change in Dst and IMF B<sub>z</sub> causes a decrease of 0.003 TECU / an increase of 0.028 TECU in the TEC value at the Haifa station, respectively. In addition, the coefficient of error correction term of -0.25 indicates that the effect of TEC change at Haifa station will stabilize at a rate of 25% every hour starting from the first hour.

When the coefficient values for Eq. (4) were investigated, a change of 1% in the TEC value at the Haifa station causes an increase of 0.611% in the TEC value at the Ambalavao station, which is the magnetic conjugate point. A change of 1 nT in the Dst and IMF B<sub>z</sub> index causes a decrease of 0.015 TECU / an increase of 0.036 TECU in TEC at Ambalavao station, respectively. In addition, the coefficient of error correction term of -0.37 indicates that the effect of TEC change at Ambalavao

station will stabilize at a rate of 37% every hour starting from the first hour.

When the coefficient values for Eq. (5) were investigated, a change of 1 % in the TEC value at Ambalavao station causes a decrease of 2.85% in the TEC value at Haifa station, which is the magnetic conjugate point. A change of 1 nT in the Dst index causes a decrease of 0.006 TECU in the TEC value at the Haifa station. Since the probability value (>0.05) in IMF B<sub>z</sub> is insignificant, no statistical result can be said for this coefficient. The coefficient of error correction term of -0.29 shows that the effect of TEC change in Haifa station will stabilize at a rate of 29% every hour starting from the first hour.

When we look at the coefficient values for Eq. (6), a change of 1% in the TEC value at the Haifa station causes an increase of 10.05% in the TEC value at the Ambalavao station, which is the magnetic conjugate point. Since the probability value (>0.05) in the Dst index and IMF B<sub>z</sub> is insignificant, an evaluation cannot be made for these coefficients. In addition, the coefficient of error correction term of -0.30 shows that the effect of TEC change at Ambalavao station will stabilize at a rate of 30% every hour starting from the first hour.

**Table 5:** Equation coefficients in ARDL model of Haifa – Ambalavao magnetic conjugate pair.

Variable	Equation 3		Variable	Equation 4	
	Coefficient	Prob.		Coefficient	Prob.
Ambalavao TEC	0.414	(0.000)*	Haifa TEC	0.411	(0.000)*
Dst	-0.003	(0.058)***	Dst	-0.015	(0.023)**
IMF B <sub>z</sub>	0.028	(0.061)***	IMF B <sub>z</sub>	0.036	(0.052)***
CointEq(-1)	-0.25	(0.000)*	CointEq(-1)	-0.37	(0.000)*

Variable	Equation 5		Variable	Equation 6	
	Coefficient	Prob.		Coefficient	Prob.
Ambalavao TEC	-2.85	(0.004)*	Haifa TEC	10.05	(0.001)*
Dst	-0.006	(0.036)**	Dst	0.002	(0.66)
IMF B <sub>z</sub>	-0.010	(0.39)	IMF B <sub>z</sub>	-0.018	(0.35)
CointEq(-1)	-0.29	(0.000)*	CointEq(-1)	-0.30	(0.000)*

Critical values were taken from Pesaran et al. (2001), from Table CI (iii). (\*) indicates 1% significance level.

### Djibouti-Malindi Magnetic Conjugate Pair

The regression equations established to examine the TEC changes of the Djibouti-Malindi magnetic conjugate pair during the storm period (25-31 Aug 2018) are given below:

$$(TEC_{Djibouti}) = \alpha_0 + \alpha_1(TEC_{Malindi}) + \alpha_2(Dst) + \alpha_3(IMF B_z) + \varepsilon \quad (7)$$

$$(TEC_{Malindi}) = \beta_0 + \beta_1(TEC_{Djibouti}) + \beta_2(Dst) + \beta_3(IMF B_z) + \varepsilon \quad (8)$$

$$(TEC_{Djibouti}) = \alpha_0 + \alpha_1(TEC_{Malindi}) + \alpha_2(Dst) + \alpha_3(IMF B_z) + \varepsilon \quad (9)$$

$$(TEC_{Malindi}) = \beta_0 + \beta_1(TEC_{Djibouti}) + \beta_2(Dst) + \beta_3(IMF B_z) + \varepsilon \quad (10)$$

When the F-statistics values obtained for equations (7), (8), (9), and (10) were compared with the critical values in Table 6, the significance level was found to be at a significance level of 1%. This result shows that there is a relationship between the variables in equations (7), (8), (9), and (10).

The regression equations that indicate the interaction of the same magnetic conjugate points with each other during the calm period on 1-7 Aug 2018 are as follows: Then, assumption tests were performed to examine the fit of the model. The results of the assumption tests were shown in Table 7. When the results obtained were examined, the accuracy of these test results, like the assumption tests in the previous magnetic conjugate pair, was found to be > 0.05 in the table (prob.). Again, according to the results of the CUSUM and CUSUMQ tests, it was seen that the coefficients were stable, and the model was stable during the estimation period.

**Table 6:** ARDL F-Bounds Test Results of Djibuti-Malindi magnetic pair

	Equation 7	Equation 8	Equation 9	Equation 10
<b>F-statistic</b>	(13.48)*	(10.51)*	(11.45)*	(6.64)*
<b>Pesaran vd. (2001) critical values</b>				
<b>Signif.</b>	<b>I(0)</b>		<b>I(1)</b>	
10%	3.03		4.06	
5%	3.47		4.57	
2.5%	3.89		5.07	
1%	4.4		5.72	

Critical values were taken from Pesaran et al. (2001), from Table CI (iii). (\*) indicates 1% significance level.

**Table 7:** Hypothesis tests of the Djibouti-Malindi magnetic conjugate pair.

	Equation 7		Equation 8		Equation 9		Equation 10	
	F-Statistic	(prob.)	F-Statistic	(prob.)	F-Statistic	(prob.)	F-Statistic	(prob.)
<b>Breusch-Godfrey LM Test (SERIAL)</b>	0.58	0.55	0.61	0.54	0.29	0.74	1.93	0.14
<b>Jarque-Bera Test (NORMALITY)</b>	1.94	0.37	5.30	0.07	1.85	0.39	5.66	0.06
<b>Breusch-Pagan-Godfrey Ramsey</b>	1.57	0.07	1.17	0.09	0.58	0.86	1.13	0.34
<b>Cusum</b>	0.15	0.87	0.86	0.38	0.14	0.70	0.63	0.52
<b>Cusumq</b>	stable	stable	stable	stable	stable	stable	stable	stable
	stable	stable	stable	stable	stable	stable	stable	stable

Table 8 shows the results obtained by the ARDL model for the Djibouti-Malindi magnetic conjugate pair. When the coefficient values for equation (7) are examined, a change of 1% in the TEC value at the Malindi station causes a decrease of 0.57% in the TEC value at the Djibouti station. Since the Dst index and IMF B<sub>z</sub> (prob.) were >0.05, it was seen that there was no meaningful relationship. The coefficient of error correction term of -0.59 shows that the effect of TEC change at Djibouti station will stabilize at a rate of 59% per hour starting from the first hour.

When the coefficient values for Eq. (8) are examined, a change of 1% in the TEC value at the Djibouti station causes an increase of 9.69% in the TEC value at the Malindi station. Again, there was no meaningful relationship because the Dst index and IMF B<sub>z</sub> (prob.) were >0.05. In addition, the coefficient of error correction term of -0.32 shows that the effect of TEC change at Malindi station will stabilize at a rate of 32% per hour starting from the first hour.

When the coefficient values for Eq. (9) are examined, a change of 1% in TEC value at Malindi station causes a decrease of 1.02% in TEC value at Djibouti station. Since coefficient. The coefficient of error correction term, -0.23, shows that the effect of TEC change at Djibouti station will stabilize at a rate of 23% every hour starting from the first hour. the prob. value in the Dst index and IMF B<sub>z</sub> is statistically (>0.05) insignificant, no result can be said for this

Due to the ionospheric conductivity and the effect of neutral winds occurring in the ionosphere, an asymmetric

dynamo effect is observed between the conjugate points. Together with the dynamo effect, there is a gradual difference in electrical potentials between the conjugate points. This potential difference is balanced by field-aligned currents occurred between the northern hemisphere and the southern hemisphere [50, 51]. The results obtained for interaction between Djibouti TEC-Malindi TEC, and Ambalavao TEC-Haifa TEC can be explained by the mechanism proposed in Yamazaki (2017).

## CONCLUSIONS

The interactions of the TEC changes at two magnetic conjugate pairs in Africa during the storm period (August 25-31, 2018) including the geomagnetic storm on August 26, 2018, and during the quiet period (August 1-7, 2018) were examined and the effect of the geomagnetic Dst and IMF B<sub>z</sub> index on these changes were compared.

During the storm period, the effect of TEC values at stations in the northern hemisphere (Haifa and Djibouti) on TEC values at stations in the southern hemisphere (Ambalavao and Malindi) is greater than the effect of TEC values in the southern hemisphere on TEC values in the northern hemisphere. According to this result, it can be said that the south-directed electromagnetic transport is more than the north-directed transport in the examined dates. When the coefficients are examined, it can be said that while the interaction is greater in the magnetic conjugate pair that is closer to the equator in the storm period, it is more in the magnetic conjugate pair that is

**Table 8:** Equation coefficients of Djibouti-Malindi magnetic conjugate pair in ARDL model.

Variable	Equation 7		Variable	Equation 8	
	Coefficient	Prob.		Coefficient	Prob.
Malindi TEC	-0.57	(0.000)*	Djibouti TEC	9.69	(0.000)*
Dst	0.0001	(0.62)	Dst	0.001	(0.404)
IMF B <sub>z</sub>	-0.0004	(0.90)	IMF B <sub>z</sub>	-0.017	(0.172)
CointEq(-1)	-0.59	(0.000)*	CointEq(-1)	-0.32	(0.000)*

Variable	Equation 9		Variable	Equation 10	
	Coefficient	Prob.		Coefficient	Prob.
Malindi TEC	-1.02	(0.037)**	Djibouti TEC	0.67	(0.000)*
Dst	-0.007	(0.58)	Dst	-0.13	(0.13)
IMF B <sub>z</sub>	-0.002	(0.57)	IMF B <sub>z</sub>	-0.18	(0.51)
CointEq(-1)	-0.23	(0.000)*	CointEq(-1)	-0.19	(0.000)*

(\*), (\*\*), (\*\*\*) indicate 1%, 5% and 10% significance levels, respectively.

far from the equator in the quiet period. Considering the coefficients calculated for Dst and IMF B<sub>z</sub>, it is seen that of Dst and IMF B<sub>z</sub> is much smaller than the effect of TEC values in a station on the TEC values in its magnetic conjugate.

The obtained results show that the interaction in a magnetic conjugate pair is bidirectional. Therefore, the inclusion of the magnetic conjugate effect in the empirical models is important for the ionospheric delay error estimation.

### Acknowledgments

The author would like to thank the IONOLAB group and the International GNSS Service for access to GNSS data to founders for TEC data, used in this study; and the Omni Web Plus NASA/Goddard Space Flight Center service for the data on geomagnetic and solar flux indices.

### REFERENCES

- [1] Scolini, C., Chané, E., Temmer, M., Kilpua, E.K.J., Dissauer, K., Veronig, A.M., Palmerio, E., Pomoell, J., Dumbović, M., Guo, J., Rodriguez, L. and Poedts, S. CME–CME Interactions as Sources of CME Geoeffectiveness: The Formation of the Complex Ejecta and Intense Geomagnetic Storm in 2017 Early September. *The Astrophysical Journal Supplement Series*. 247, 1, 21, 2020.
- [2] Zhang, J., Richardson, I.G., Webb, D.F., Gopalswamy, N., Huttunen, E., Kasper, J.C., Nitta, N.V., Poomvises, W., Thompson, B.J., Wu, C.-C., Yashiro, S. and Zhukov, A.N. Solar and interplanetary sources of major geomagnetic storms (Dst ≤ -100 nT) during 1996–2005. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*. 112, A10, 2007.
- [3] Gosling, J.T. Coronal Mass Ejections: An Overview. *Geophysical Monograph Series*. N. Crooker, J.A. Joselyn, and J. Feynman, eds. American Geophysical Union. 9–16, 2013.
- [4] Kilpua, E.K.J., Jian, L.K., Li, Y., Luhmann, J.G. and Russell, C.T. Multipoint ICME encounters: Pre-STEREO and STEREO observations. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 73, 10, 1228–1241, 2011.
- [5] Cherniak, I. and Zakharenkova, I. Large-Scale Traveling Ionospheric Disturbances Origin and Propagation: Case Study of the December 2015 Geomagnetic Storm. *Space Weather*. 16, 9, 1377–1395, 2018.
- [6] Blagoveshchensky, D.V. and Sergeeva, M.A. Ionospheric parameters in the European sector during the magnetic storm of August 25–26, 2018. *Advances in Space Research*. 65, 1, 11–18, 2020.
- [7] Yang, Y. -Y., Zhima, Z. -R., Shen, X. -H., Chu, W., Huang, J. -P., Wang, Q., Yan, R., Xu, S., Lu, H. -X. and Liu, D. -P. The First Intense Geomagnetic Storm Event Recorded by the China Seismo-Electromagnetic Satellite. *Space Weather*. 18, 1, 2020.
- [8] Zhang, J., Richardson, I.G., Webb, D.F., Gopalswamy, N., Huttunen, E., Kasper, J.C., Nitta, N.V., Poomvises, W., Thompson, B.J., Wu, C.-C., Yashiro, S. and Zhukov, A.N. Solar and interplanetary sources of major geomagnetic storms (Dst ≤ -100 nT) during 1996–2005. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*. 112, A10, 2007.
- [9] Richmond, A. D., Lu, G. Upper-atmospheric effects of magnetic storms: a brief tutorial. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 62, 1115–1127, 2000.
- [10] Arowolo, O.A., Akala, A.O. and Oyeyemi, E.O. Interplanetary Origins of Some Intense Geomagnetic Storms During Solar Cycle 24 and the Responses of African Equatorial/Low-Latitude Ionosphere to Them. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*. 126, 2, 2021.
- [11] Abdu, M.A. Equatorial spread F/plasma bubble irregularities under storm time disturbance electric fields. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 75–76, 2012.

- [12] Amaechi, P.O., Oyeyemi, E.O. and Akala, A.O. Geomagnetic storm effects on the occurrences of ionospheric irregularities over the African equatorial/low-latitude region. *Advances in Space Research*. 61, 8, 2074–2090, 2018.
- [13] Valladares, C.E., Sheehan, R., Basu, S., Kuenzler, H. and Espinoza, J. The multi-instrumented studies of equatorial thermosphere aeronomy scintillation system: Climatology of zonal drifts. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*. 101, A12, 26839–26850, 1996.
- [14] Ansari, K., Panda, S.K. and Jamjareegulgarn, P. Singular spectrum analysis of GPS derived ionospheric TEC variations over Nepal during the low solar activity period. *Acta Astronautica*. 169, 216–223, 2020.
- [15] Kelley, M.C. and Heelis, R.A. *The earth's ionosphere: plasma physics and electrodynamics*. Academic Press, 1989.
- [16] Takahashi, H., Essien, P., A. O. B. Figueiredo, C., M. Wrasse, C., Barros, D., A. Abdu, M., Otsuka, Y., Shiokawa, K., Li, G., Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Brazil, Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Nagoya, Japan, and Institute of Geology and Geophysics, 5, 5, 1–10, 2021.
- [17] Appleton, E.V. Two Anomalies in the Ionosphere. *Nature*. 157, 3995, 691–691. 1946.
- [18] Li, M. and Parrot, M. Statistical analysis of the ionospheric ion density recorded by DEMETER in the epicenter areas of earthquakes as well as in their magnetically conjugate point areas. *Advances in Space Research*. 61, 3, 974–984, 2018.
- [19] Sergeenko, N.P. Irregular Phenomena in Magnetically Conjugate Regions of the F2 Layer of the Ionosphere. *Geomagnetism and Aeronomy*. 58, 6, 823–830, 2018.
- [20] Hanson, W.B. Electron temperatures in the upper atmosphere. *Space Research*. 5, 282–302, 1963.
- [21] Bittencourt, J.A. and Sahai, Y. F-region neutral winds from ionosonde measurements of hmF2 at low latitude magnetic conjugate regions. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*. 40, 6, 669–676, 1978.
- [22] Campbell, W. H., Matsushita, S. World maps of conjugate coordinates and L contours. *Journal of Geophysical Research*. 72, 3518–3521, 1967.
- [23] Gulyaeva, T.L., Arikan, F., Stanislawska, I. and Poustovalova, L.V. Symmetry and asymmetry of ionospheric weather at magnetic conjugate points for two midlatitude observatories. *Advances in Space Research*. 52, 10, 1837–1844, 2013.
- [24] Le, H., Liu, L., Yue, X. and Wan, W. The ionospheric behavior in conjugate hemispheres during the 3 October 2005 solar eclipse. *Annales Geophysicae*. 27, 1, 179–184, 2009.
- [25] Oguti, T. Conjugate point problems. *Space Science Reviews*. 9, 6, 745–804, 1969.
- [26] Timocin, E., Unal, I., Tulunay, Y. and Goker, U.D. The effect of geomagnetic activity changes on the ionospheric critical frequencies (foF2) at magnetic conjugate points. *Advances in Space Research*. 62, 4, 821–828, 2018.
- [27] Unal, I. The Comparison of Responses to Geomagnetic Activity Changes of foF2 Predicted by IRI with Observations at Magnetic Conjugate Points for Middle and High Latitudes. *Sakarya University Journal of Science*. 619–625, 2020.
- [28] Wescott, E.M. Magnetoconjugate phenomena. *Space Science Reviews*. 5, 507–561, 1966.
- [29] Dabbakuti, J.R.K.K., Yarrakula, M., Panda, S.K., Jamjareegulgarn, P. and Haq, M.A. Total electron content prediction using singular spectrum analysis and autoregressive moving average approach. *Astrophysics and Space Science*. 367, 1, 8, 2022.
- [30] Gordiyenko, G.I., Maltseva, O.A., Arikan, F. and Yakovets, A.F. An evaluation of the IRI-Plas-TEC for winter anomaly along the mid-latitude sector based on GIM-TEC and foF2 values. *Advances in Space Research*. 64, 10, 2046–2063, 2019.
- [31] Shubin, V.N. and Gulyaeva, T.L. Global mapping of total electron content from GNSS observations for updating IRI-Plas model. *Advances in Space Research*. 69, 1, 168–175, 2022.
- [32] Siddiqui, T.A., Yamazaki, Y., Stolle, C., Maute, A., Laštovička, J., Edemskiy, I.K., Mošna, Z. and Sivakandan, M. Understanding the Total Electron Content Variability Over Europe During 2009 and 2019 SSWs. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*. 126, 9, 2021.
- [33] Arikan, F. Regularized estimation of vertical total electron content from Global Positioning System data. *Journal of Geophysical Research*. 108, A12, 1469, 2003.
- [34] Nayir, H., Arikan, F., Arikan, O. and Erol, C.B. Total Electron Content Estimation with Reg-Est. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*. 112, A11, 2007.
- [35] Sezen, U., Arikan, F., Arikan, O., Ugurlu, O. and Sadeghimorad, A. Online, automatic, near-real time estimation of GPS-TEC: IONOLAB-TEC. *Space Weather*. 11, 5, 297–305, 2013.
- [36] Lissa, D., Srinivasu, V.K.D., Prasad, D.S.V.V.D. and Niranjana, K. Ionospheric response to the 26 August 2018 geomagnetic storm using GPS-TEC observations along 80° E and 120° E longitudes in the Asian sector. *Advances in Space Research*. 66, 6, 1427–1440, 2020.
- [37] Mansilla, G.A. and Zossi, M.M. Ionospheric response to the 26 August 2018 geomagnetic storm along 280° E and 316° E in the South American sector. *Advances in Space Research*. 69, 1, 48–58, 2022.
- [38] Jenan, R., Dammalage, T.L. and Panda, S.K. Ionospheric total electron content response to September-2017 geomagnetic storm and December-2019 annular solar eclipse over Sri Lankan region. *Acta Astronautica*. 180, 575–587, 2021.



- [39] Sharma, S.K., Singh, A.K., Panda, S.K. and Ahmed, S.S. The effect of geomagnetic storms on the total electron content over the low latitude Saudi Arab region: a focus on St. Patrick's Day storm. *Astrophysics and Space Science*. 365, 2, 35, 2020.
- [40] Pesaran, M.H., Shin, Y. and Smith, R.J. Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*. 16, 3, 289–326, 2001.
- [41] Pesaran, M.H. and Shin, Y. An Autoregressive Distributed-Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis. *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century*. S. Strom, ed. Cambridge University Press. 371–413, 1999.
- [42] Atici, R. and Sagir, S. The Effect on Sporadic-E of Quasi-Biennial Oscillation. *Journal of Physical Science and Application*. 6, 2, 2016.
- [43] Dickey, D.A. and Fuller, W.A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*. 74, 366, 427–431, 1979.
- [44] Phillips, P.C.B. and Perron, P. Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*. 75, 2, 335–346, 1988.
- [45] MacKinnon, J.G. Numerical Distribution Functions for Unit Root and Cointegration Tests. *Journal of Applied Econometrics*. 11, 6, 601–618, 1996.
- [46] Sağır S, Atıcı R. Jeomanyetik fırtına süresince NeQuick2 modelinin performansı. *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 2019;7(2):689–696. doi:10.18586/msufbd.650664
- [47] Sagir S, Karatay S, Atici R, Yesil A, Ozcan O. The relationship between the Quasi Biennial Oscillation and Sunspot Number. *Advances in Space Research*. 2015;55(1):106–112. doi:<https://doi.org/10.1016/j.asr.2014.09.035>
- [48] Atici, R. and Sagir, S. The effect of QBO on foE. *Advances in Space Research*. 60, 2, 357–362, 2017.
- [49] Sagir, S. and Atici, R. Comparison of the QBO and F10.7 Solar Flux Effects on Total Mass Density. *Geomagnetism and Aeronomy*. 58, 7, 841–845, 2018.
- [50] Fukushima, N. Electric potential difference between conjugate points in middle latitudes caused by asymmetric dynamo in the ionosphere. *Journal of geomagnetism and geoelectricity*. 31, 3, 401–409, 1979.
- [51] Yamazaki Y, Maute A. Sq and EEJ—A Review on the Daily Variation of the Geomagnetic Field Caused by Ionospheric Dynamo Currents. *Space Science Reviews*. 2017;206(1–4):299–405. doi:10.1007/s11214-016-02

## Şanlıurfa İli Eyyubiye İlçesi Sığırcılık İşletmelerinde Bulunan Barınakların Yapısal Özellikleri ve Yetiştiricilerin Öğrenim Durumlarıyla İlişkileri

Soner DOĞANAY<sup>1</sup>, Mete YANAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tarım Kredi Kooperatifleri, Gaziantep Bölge Birliği, Gaziantep, TÜRKİYE

<sup>2</sup> Zootekni Bölümü, Ziraat Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

✉: [mtyanar@gmail.com](mailto:mtyanar@gmail.com) <sup>1</sup>0000-0003-2173-0080 <sup>2</sup>0000-0002-5311-5675

Geliş (Received): 03.08.2023

Düzeltilme (Revision): 10.09.2023

Kabul (Accepted): 11.09.2023

### ÖZ

Şanlıurfa ili Eyyubiye ilçesinde mevcut sığır barınaklarının yapısal özellikleri ile mevcut problemlerinin ortaya konulması amacıyla bu araştırma yürütülmüştür. Eyyubiye ilçesinde faaliyet gösteren 985 adet sığırcılık işletmesinden basit rastgele örnekleme yöntemi kullanılarak belirlenen 135 yetiştiriciyle anket yapılmıştır. İlçedeki sığır barınaklarının %61.5'inin müstakil, %25.9'unun mağara ve %12.6'sı ise ev altı konumlarda oldukları ve yetiştiricilerin öğrenim seviyeleri yükseldikçe ev altı ahırlara sahip işletmeci sayısının azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, ahırların çoğunluğunun (%35.1'i) 100 baş ve üzeri kapasiteye sahip olduğu, %44'ünün yarı açık ahır ve %26.1'inin de mağara tipinde olduğu tespit edilmiştir. Ahırlarda duvar yapı malzemesi olarak genellikle taş, briket ve ahşap kullanılırken, çatı malzemesi olarak ta büyük oranda (%51.1) sacın tercih edildiği tespit edilmiştir. Eyyubiye ilçesindeki sığırcılık işletmelerinin %65.9'unda ahır içi ayrı buzağı bölümü, %51.1'in de hasta hayvan bölümü, %14.8'inde doğum bölümü, %13.3'ünde de damızlık boğa bölümü bulunduğu da belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, eski ve halen kullanılan sığır barınaklarının yapısal sorunları olduğunu gösterirken, son yıllarda yapılan yarı açık ahırlarda söz konusu problemlerin minimum düzeylerde olduğu da belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Şanlıurfa, Sığırcılık, Ahırlar, Yapısal özellikler

## Structural Characteristics of Barns Located in Cattle Breeding Enterprises in Eyyubiye County of Şanlıurfa Province and Their Relationships with Educational Status of Breeders

### ABSTRACT

This research was carried out to reveal the structural characteristics and current problems of existing cattle barns in the Eyyubiye county in Şanlıurfa province. A survey was carried out with 135 breeders determined using a simple random sampling method from 985 cattle breeding enterprises operating in Eyyubiye county. It has been found that 61.5% of the cattle shelters in the county are detached, 25.9% are caves, and 12.6% are in house-barn locations, and the number of enterprisers with house-barns is decreasing as the education levels of enterprisers increase. Furthermore, it was found that the majority of barns (35.1%) have a capacity of 100 heads or more, 44.0% are semi-open barns, and 26.1% are cave type. It has been found that while stone, briquette, and wood are usually used as wall building materials in barns, sheet metal is preferred to a large extent (51.1%) as roofing material. It was also determined that 65.9% of the cattle breeding enterprises in Eyyubiye county have a separate calf section in the barn, 51.1% have a sick animal compartment, 14.8% have maternity pens, and 13.3% have a breeding bull compartment. Although the findings obtained reveal that the old and still used cattle shelters have structural problems, it has also been determined that these problems are minimal in the semi-open barns built in recent years.

**Keywords:** Şanlıurfa, Cattle Breeding, Barns, Structural Characteristics

### GİRİŞ

Hayvansal üretim sürecinde, doğru tasarlanmış ve yapılmış sığır barınakları hayvanların sağlıklı ve konforlu bir ortamda yaşamalarını sağlamaları, yüksek verim vermeleri ve işçi sağlığı ile çalışma etkinliği gibi birçok açıdan önem taşımaktadır. İdeal koşullara sahip barınaklar, hayvan refahı açısından sığırların strese girmelerini önleyebildiği gibi, yem tüketimi ile yemden yararlanmayı iyileştirerek üretim performansını artırır ve

genç hayvanlarda büyümeyi de teşvik ederler [1]. Ayrıca hijyenik ahır ortamları hastalıkların yayılmasını engelleyerek sığırların genel sağlık durumlarının korunmasına katkıda bulunabilirler. Bu da sığırların daha az hastalanmasını ve veteriner sağlık maliyetlerinin azalmasını sağlar [2]. Bunların yanı sıra, uygun ve modern anlamda yapılan büyükbaş hayvan barınakları, sığırların besleme programlarının ve yönetim stratejilerinin etkin bir şekilde uygulanmasına katkıda bulunur, ahır komplekslerinin önemli bir parçası olan

uygun yem depolama alanlarıyla yemlerin taze ve bozulmadan kalmasını sağlar, etkin ve verimli bir besleme uygulamalarına da olanak verir [3].

Yaklaşık on beş yıl öncesine kadar, Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer alan Şanlıurfa ilinde yürütülen hayvancılık faaliyetinin büyük bir bölümünü küçükbaş hayvan yetiştiriciliği oluşturmaktaydı [4]. Son yıllarda devlet destekli kurulan sığırcılık işletmeleri ve ülke çapındaki büyük süt işleme firmalarının çiğ süt ihtiyacını karşılamak için büyük çaplı yatırımlarıyla ilin hayvancılığının yapısı hızla büyükbaş hayvan yetiştiriciliği yönünde değişmeye başlamıştır. Bu bağlamda, il de yetiştirilen sığır sayısı son yıllarda yaklaşık 1.5 kat artış göstererek 330.344 başa ulaşmıştır [4]. Sığır yetiştiriciliği alanında ilde yaşanan bütün bu olumlu gelişmelere rağmen, Şanlıurfa ilindeki toplam sığır popülasyonunun %10.2'sine sahip olan Eyyübiye ilçesinde faaliyet gösteren sığırcılık işletmelerinde mevcut barınakların yapısal özellikleri, ahır içi koşulları, barınakların hayvanlar üzerindeki etkileri ve mevcut ahırların problemleri ile çözüm önerilerini ortaya koyan herhangi bir bilimsel çalışma yapılmamıştır. Bu nedenle, söz konusu Şanlıurfa ili merkez Eyyübiye ilçesinde yer alan sığırcılık işletmelerinde yetiştirilen sığırların verimlerinin artırılması ve işletmelerin karlı bir hayvansal üretim yapmaları amacıyla, mevcut barınaklarda kullanılan yapı elemanları, ahır içi yapısal unsurların yerleşimi, havalandırma, aydınlatma, gübre depolama ve değerlendirme ile diğer barınak özellikleri incelemek, yapısal problemlere ait çözüm önerileri ve yetiştiricilerin eğitim düzeyleri ile barınakların yapısal özellikleri arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla bu araştırma yürütülmüştür.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Birim Etik Kurul Başkanlığı tarafından 22.02.2022 tarihli 2022/6 sayılı oturumda bilim etiği yönünden yapılmasında bir sakınca olmadığı yönünde alınan karar çerçevesinde yürütülen bu çalışmada kullanılan veri setini, Şanlıurfa ili merkez Eyyübiye ilçesinde faaliyet gösteren sığırcılık işletmelerinden örneklenen 135 adet işletmeden toplanan bilgiler oluşturmaktadır. Bu amaçla, merkeze bağlı 985 sığırcılık işletmesi arasından şansa bağlı olarak basit rastgele örnekleme yöntemi kullanılarak belirlenen işletmelere gidilerek, işletmecilerle anket çalışması yapılmıştır. Minimum örnek sayısının tespiti için popülasyonu sınırlı, olasılığa bağlı nitel değişkenlerin olduğu ve varyansın bilinmediği durumlarda Arıkan [5]'nin bildirdiği yöntem kullanılmıştır. Aşağıda verilen bu formülde, örnekleme hatası 0.05, güven seviyesi %95 olarak alınmış ve minimum örnek sayısı 109 olarak hesaplanmıştır. Daha sonra belirlenen minimum anket sayısı 35 adet (%23.8 oranında) daha artırılarak toplam 135 yetiştiriciyle yüz yüze anket uygulaması gerçekleştirilmiştir.

$$n = \frac{N \cdot t^2 \cdot p \cdot q}{(N - 1) \cdot D^2 + t^2 \cdot p \cdot q}$$

Bu formülde, n= minimum örnek sayısını, N= sonlu popülasyon büyüklüğünü, D= kabullenilen örnekleme hatası, t= Tablo değerini (t=1.96;  $\alpha=0.05$ ), p= hesaplanması istenen oran (0.5) ve q= 1-p ifade etmektedir.

Anket sonucu elde edilen veriler Microsoft Office Excel programına aktarılarak, sınıflandırmaları ve kodlamaları yapılmış ve sonra SPSS istatistik paket programı (versiyon, 22) yardımıyla deskriptif istatistik analizleri yapılarak frekans ve oransal değerler elde edilmiştir [6]. Ayrıca Ki-kare bağımsızlık testi kullanılarak işletmecilerin eğitim durumu (okuryazar, ilkökul terk, ilkökul, ortaokul, lise, üniversite mezunu) ile sığır barınaklarının yapısal özellikleri arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir [7].

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### *Barınakların Konumu:*

Şanlıurfa ili Eyyübiye ilçesinde bulunan araştırma kapsamındaki sığırcılık işletmelerindeki ahırlar değerlendirildiğinde, sığır barınaklarının %61.5'i müstakil, %25.9'u, mağara ve %12.6'sının da ev altı konumlarda oldukları saptanmıştır. Ayrıca yeni yapılan veya yapılmakta olan ahırlarda genelde müstakil, evden uzakta olacak şekilde bir ahır planlaması yapıldığı da belirlenmiştir. Daha küçük ve eski aile işletmelerinde rastlanılan ev altı ahırların oranının evlerde daha fazla koku problemi oluşturması yanı sıra, temizlik problemlerini artırması ve hijyenik ortamların sağlanmasını güçleştirilmesi gibi sakıncalardan dolayı hızla azaltılması için gerekli tedbirlerin alınmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Öte yandan, Eyyübiye ilçesinin Topdağı bölgesinde yaygın olan ve ilçedeki mevcut sığır barınaklarının yaklaşık 1/4'ünü oluşturan mağara tipi barınaklar yöreye özgü bir barınak çeşidi olup, söz konusu bu bölgede müstakil ve ev altı sığır barınaklarının çok daha az bulunduğu da belirlenmiştir (Şekil 1).

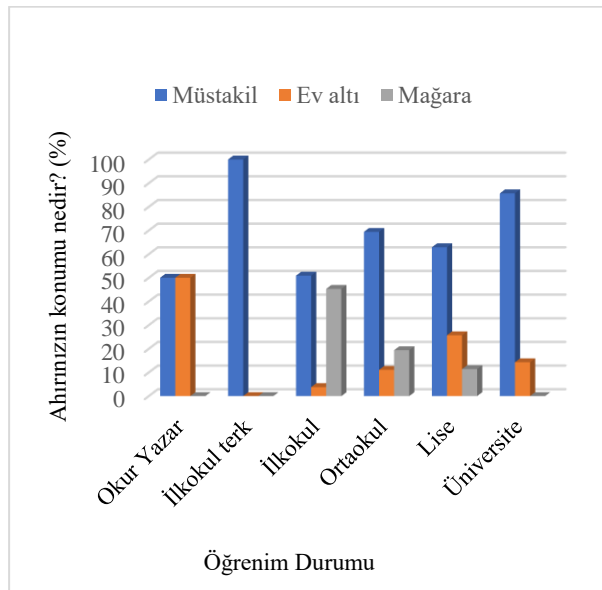


Şekil 1. Mağara tipi sığırcılık işletme örneğine ait iç görünüm

Türkiye'deki sığırcılık işletmelerinde kullanılan ahırların konumları bölgelere göre farklılık göstermekle birlikte genellikle müstakil konumda olduğu bildirilmiştir. Örneğin, Şeker ve ark. [8], Muş ilindeki işletmelerin %77.0'sinde ahırların evden ayrı konumda, %17.2'sinin ev altında ve %5.7'sinin de ise her iki konumda olduğu

bildirilirken, Koçyiğit ve ark. [9], Erzurum ili Aşkale ilçesindeki süt sığırı barınaklarının %77.4'ünün müstakil, %22.6'sının ise ev altı konumda olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, Diyarbakır ili Ergani ilçesindeki sığırcılık işletmelerin de %90.4'ünün müstakil yapıda olduğunu Han ve Bakır [10] tarafından rapor edilmiştir. Öte yandan, Tugay ve Bakır [11], tarafından Karadeniz Bölgesinde Giresun ilinde bulunan süt sığırı işletmelerinin değerlendirildiği bir çalışmada, mevcut ahırların %62.2'sinin ev altı konumda, %35.7'sinin müstakil yapıda, %2.1'inin ise müstakil ve ev altı olduğunu bildirmişlerdir.

Eyyübiye ilçesindeki bulunan ahırların konumları ile işletme sahiplerinin öğrenim seviyeleri arasındaki ilişkiler Şekil 2' de sunulmuştur. İlçedeki işletmecilerin öğrenim seviyelerinin, kullanılan ahırların konuma önemli (P<0.05) etkisinin olduğu belirlenmiş, yetiştiricilerin öğrenim seviyeleri yükseldikçe ev altı ahırlara sahip işletmeciler sayısının azaldığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Aydın ve ark. [12] Erzurum ili Hıms ilçesindeki sığırcılık işletmelerinde sığır barınaklarının konumu ile eğitim seviyeleri arasında önemli ilişkilerin bulunduğunu ve ev altı ahırlara sahip işletmecilerin %88.7'sinin ilköğretim eğitim kategorisinde olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, üniversite mezunu işletmecilerin %100'nün ise müstakil ahırlara sahip oldukları da rapor edilmiştir.



Şekil 2. İşletmecilerin öğrenim durumlarına göre ahır konumlarının değişimi.

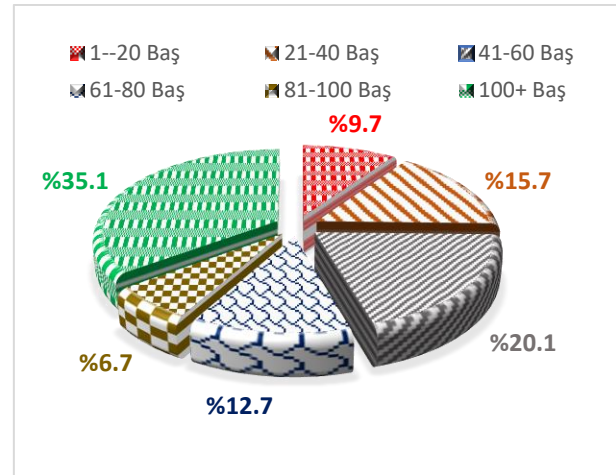
#### Ahır Kapasiteleri:

Bu çalışmaya konu olan Eyyübiye ilçesindeki işletmelerin %9.7'si 1-20 baş, %15.7'si 21-40 başlık, %20.1'i 41-60 baş, %12.7'si 61-80 baş, %6.7'si 81-100 baş ve %35.1'i ise 100 baş ve üzerinde bir kapasiteye sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). Barınak kapasitelerinin yüksek oranda 100 baş ve üzerinde olduğu, küçük ölçekli işletmelerinin oranının da oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Benzer olarak Erzurum ili

Hıms ilçesinde yapılan bir çalışmada [12] sığırcılık işletmelerinin %57.1'inin 41 baş ve daha fazla sayıda kapasiteye sahip ahırların bulunduğu, 1-10 baş arası kapasiteli küçük kapasiteli barınakların oranının da düşük oranda (%16.7) olduğu bildirilmiştir. Çapadağ [13] ise, Erzurum'un Yakutiye ilçesinde yaptığı bir çalışmada işletmelerin ortalama kapasitelerinin 43.7 baş olarak tespit etmişlerdir. Antalya ilinde yapılan bir çalışmada da, ortalama barınak kapasitesinin 19 baş olduğu rapor edilmiştir [14]. Mersin yöresinde bulunan büyükbaş hayvancılık işletmelerinde yapılan bir çalışmada maksimum 350 baş ve minimum ise 3 baş kapasitede olduğu Erkan [15] tarafından saptanmıştır.

#### Ahır Tipleri:

Ahır tiplerine etki eden önemli faktörlerin başında iklim koşulları, barındırılacak hayvan sayısı, güvenlik durumu ve işletme türü gelmektedir. Bunların yanı sıra işletmenin eski veya yeni yapılmış olması ile yerleşim konumu da ahır tiplerini etkileyen faktörler arasında sayılabilir.

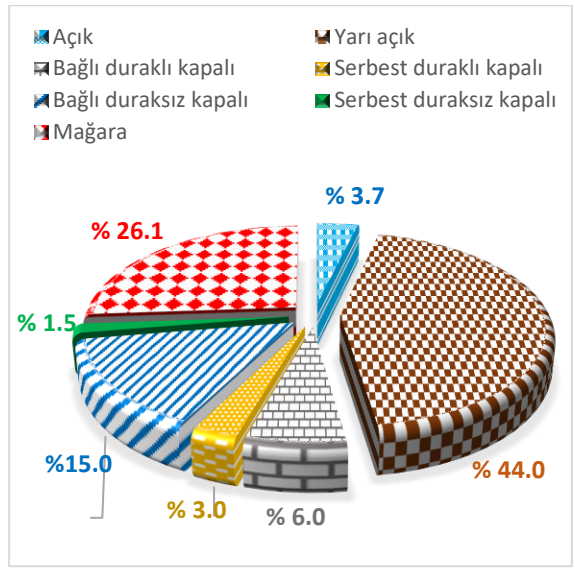


Şekil 3. İşletmelerdeki barınak kapasitelerinin yüzdelik dağılımı

Bu çalışmaya konu olan işletmelerde mevcut ahır tipleri değerlendirildiğinde, %3.7'sinin açık ahır, %44'ünün yarı açık ahır, %6.7'sinin bağlı duraklı kapalı ahır, %3'ünün serbest duraklı kapalı ahır, %1.5'inin bağlı duraksız kapalı ahır ve 26.1'inin de ilçeye özgü doğal sığır barınağı olarak kullanılan mağaralar olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4). Konu ile ilgili olarak yapılan bir çalışmada, Bitlis ili Ahlat ilçesinde mevcut sığır barınaklarının tamamının bağlı duraklı ahırlar şeklinde yapıldığı ve bu barınakların büyük bir kısmında planlama yapısal kusurların bulunduğu Bayraktar ve ark. [16] tarafından rapor edilmiştir. Konya ilinde yürütülen diğer bir çalışmada ise, kapalı ahırların %86.1, yarı açık ahırların %11.8 ve açık ahırlarında %2.0 oranında olduğu saptanmıştır. Ayrıca bu ahırların %80.5'inin bağlı duraklı, %12.4'ünün serbest duraklı ve %7.1'inin de duraksız olduğunu Akkuş [17] tarafından bildirilmiştir. Güler ve ark. [18] da Erzurum ili Narman ilçesinde yürüttükleri bir çalışmada, mevcut ahır tiplerinin %55.3'ünün bağlı duraksız, %38.5'inin bağlı duraklı,



%6.3'ü ise serbest duraklı kapalı ahırlar olduğunu tespit etmişlerdir. Kars'ın merkez ilçesinde faaliyet gösteren sığırcılık işletmelerinin de ise mevcut ahırların büyük çoğunluğunu (%95.1'i) kapalı ahırların, %4.9'unun ise yarı açık ahırların oluşturduğu Demir ve ark. [19] tarafından rapor edilmiştir. Erzincan ili merkez ilçesindeki sığır barınaklarının ise %95.0'inin kapalı, %4.8'inin yarı açık ve %0.3'ünün de açık ahır olduğu bildirilmiştir [20]. Benzer durumun Kahramanmaraş [21], Kayseri [22], Muş [8] illerindeki sığırcılık işletmelerinde de söz konusu olduğu belirlenmiştir. Doğu Anadolu Bölgesi ve Orta Anadolu bölgelerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde oranları değişmekle birlikte kapalı ahırların daha yaygın olduğu görülmektedir. Öte yandan, Ege bölgesi illerinden Muğla ve İzmir ili ödemiş ilçesindeki sığır barınaklarının büyük bir kısmının yarı açık ve sundurma tipi ahırlar olduğu, kapalı ahır oranının düşük seviyelerde kaldığı Aydın ve Keskin [23], Yaylak ve ark. [24] tarafından belirtilmiştir. İç Ege bölgesinde yer alan Afyonkarahisar ilinde incelenen 43 işletmenin %56.9'unda kapalı ahırlar, %43.1'inde yarı açık ahırların bulunduğu rapor edilmiştir [25].

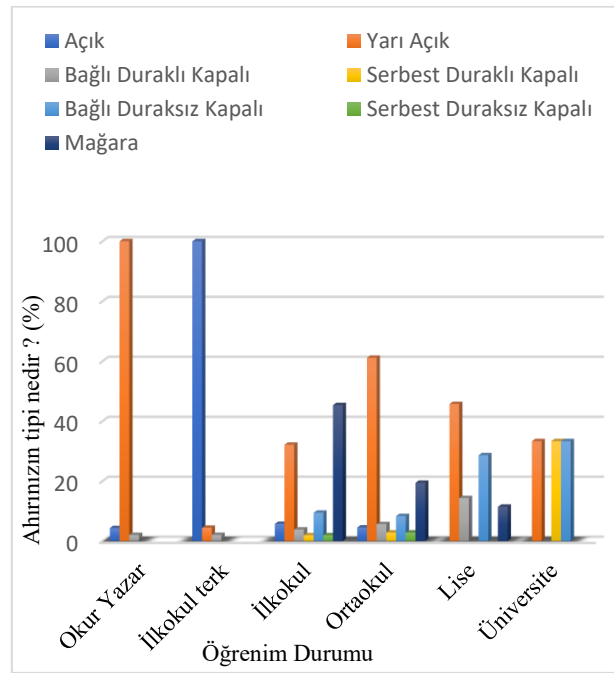


Şekil 4. İlçede mevcut ahır tiplerinin yüzdelik dağılımları

İşletme sahiplerinin öğrenim durumlarına göre tercih edilen ahır tiplerinin dağılımı Şekil 5'te sunulmuştur. İşletmecilerin öğrenim durumlarının seçilen ahır tipleri üzerine etkisinin çok önemli ( $P<0.01$ ) olduğu tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmede, öğrenim durumu okur-yazar olan yetiştiricilerin genellikle yarı açık ahır tipini tercih ettikleri halde, öğrenim durumları İlkokul terk durumunda olan üreticilerin ise genelde, bağlı duraksız kapalı ahırları tercih ettikleri belirlenmiştir. Ortaokul ve sonrası düzeylerde eğitim alan yetiştiriciler arasında ise daha ziyade yarı açık ahır kullanımının ön plana çıktığı saptanmıştır (Şekil 5).

Şanlıurfa'nın Eyyübiye ilçesinde kışın sıcak yazın ise serin olma özellikleri ile ön plana çıkan mağara tipi ahırlar büyükbaş ve küçükbaş hayvancılıkta oldukça rağbet gördüğü yapılan değerlendirmeler sonucu

saptanmıştır. Türkiye'de pek fazla rastlanmayan bu tip barınakların genelde besi sığırcılığı yapan işletmeler tarafından daha yaygın olarak kullanıldığı belirlenmiştir. Söz konusu mağaraların sığır barınağı olarak tercih edilme nedenleri sorulduğunda, yetiştiricilerin %71.4'ü mağaraların daha ekonomik oluşu, %42.9'unun diğer işletme modellerine kıyasla daha verimli olması, %14.3 başka imkânlarının olmaması, %17.1 ise yıllardır bu tip ahırlarda çalışmaya alıştığı yönünde yanıtlar alınmıştır. Alınan cevaplar içinde işletmecilerin birden fazla seçeneği işaretleyebildiği için toplam yüzde oranlar %100'ün üzerinde olmuştur.

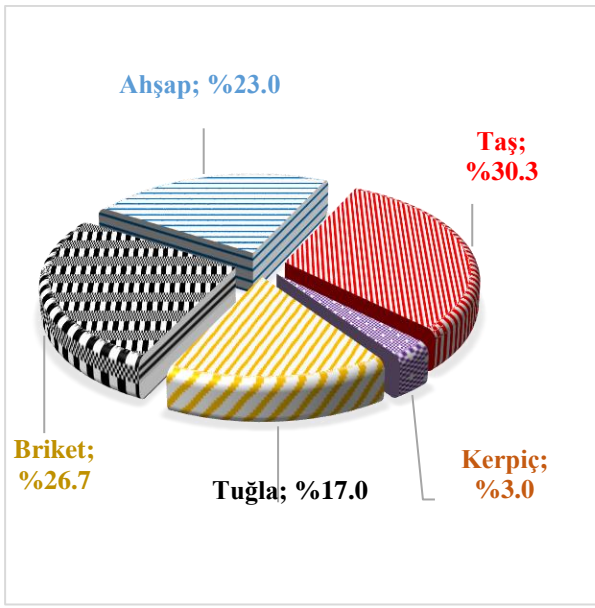


Şekil 5. İşletme sahiplerinin öğrenim durumlarına göre ahır tiplerinin dağılımı.

#### Barınaklarda Kullanılan Duvar Yapı Malzemeleri:

İlçede mevcut sığır barınaklarının duvarlarında kullanılan yapı malzemeleri değerlendirildiğinde, %30.3'ünün taş, %26.7'sinin Briket, %23.0'ünün ahşap, %17.0'sinin tuğla ve %3.0'ünün kerpiç olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6). İklim koşullarının il genelinde yazları sıcak ve kışları ise ılıman geçtiğinden dolayı barınak duvarlarının sadece çatıyı taşımak, sert rüzgârlara karşı koruma sağlamak ve kısmen de olsa kontrolü ve güvenliği sağlamak amacı ile yapıldığı belirlenmiştir. Genellikle duvarların yaklaşık sığırların yüksekliğinde yapıldığı, çatıya kadar duvar örülmediği de gözlenmiştir. Ayrıca, yeni yapılan ahırlarda duvar yapı malzemesi olarak kerpiç kullanılmadığı, bu tip malzemenin daha çok eski yıllarda inşa edilmiş küçük işletmelerde daha yaygın olduğu da tespit edilmiştir. Benzer durum, Tugay ve Bakır [11] tarafından Giresun ilinde yürütülen bir çalışmada da saptanmış olup, ahırlarda kullanılan duvar yapı malzemeleri içinde en yaygın olarak taş kullanıldığı (%62.3) bildirilmiştir. Tilki ve ark. [26] da, Kars ilindeki sığır barınak duvarlarının yapımında büyük oranda (%39.8) taşın kullanıldığını

belirlemişlerdir. Özsağlıcak ve Yanar [20], Erzincan ili merkez ilçesinde bulunan sığır ahırlarında duvar yapı malzemesi olarak çoğunlukla briketin tercih edildiği (%50.6), bunu taş (%22.7), kerpiç (%12.6), tuğla (%11.6), bims (%2.2) ve ahşap (%0.3) kullanımının izlediğini rapor etmişlerdir. Benzer şekilde, Bitlis ili ve Ahlat ilçelerindeki sığırçılık işletmelerinde de duvar yapı malzemesi olarak en fazla briketin (%61.0) kullanıldığı Bayraktar ve ark. [16] tarafından bildirilmiştir. Bu sonuçlara dayanarak, farklı yörelerde kullanılan duvar yapım malzemelerinin tercihinde iklim koşulları yanı sıra maliyet, alışkanlıklar, yetiştiricilerin sosyo-demografik farklılıklarından dolayı tercihleri ve yakın çevreden temin edilme gibi faktörlerin rol oynadığı söylenebilir.

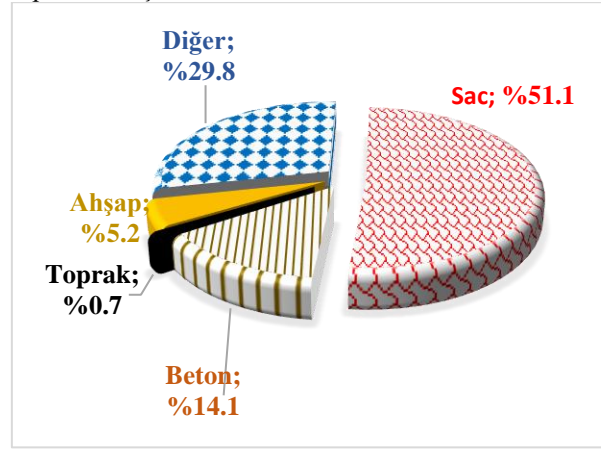


Şekil 6. Ahır duvarlarında kullanılan yapı malzemeleri yüzde oranları

#### Barınaklarda Kullanılan Çatı Yapı Malzemeleri:

Bu araştırma kapsamındaki sığır barınaklarının çatı yapımında kullanılan yapı elemanları değerlendirildiğinde, sacın büyük oranda (%51.1) kullanıldığı, bunu %14.1 oranıyla beton, ahşap (%5.2) ve toprak (% 0.7) ve %28.9'u diğer malzemelerin izlediği tespit edilmiştir (Şekil 7). İlçedeki eski yıllarda yapılan ahırların çatılarının toprak, ev altı barınakların çatıları beton, yılın belli dönemlerinde kullanılan barınakların çatılarının da ahşaptan yapıldığı belirlenmiştir. Diğer çatı malzemesi olarak ifade edilen kısmının içinde ise, ağırlıklı olarak tavanı ve çatısı da dahil olmak üzere kayadan ibaret olan mağara tipi işletmeler yer almıştır (Şekil 8). Bu çalışmanın sonuçlarına paralel olarak, Türkiye'nin farklı bölgelerinde yapılan çalışmalarda da (Konya, Erzincan, Kahramanmaraş, Aydın, Ağrı) ahırlarda çatı malzemesi olarak sacın yaygın olarak kullanıldığı bildirilmiştir [17, 20, 21, 27, 28]. Öte yandan, Antalya ili, Manavgat ilçesindeki ahırların %79.03'ünde çatı yapı malzemesi olarak beton ve eternitin kullanıldığı Demirtaş [29] tarafından bildirilirken, Kars ilinde bulunan sığır barınaklarının %40'ının alüminyum ve

%60'nın da toprak çatılı olduğunu Özen [30] tarafından rapor edilmiştir.



Şekil 7. Ahır çatılarında kullanılan yapı malzemeleri yüzde oranları



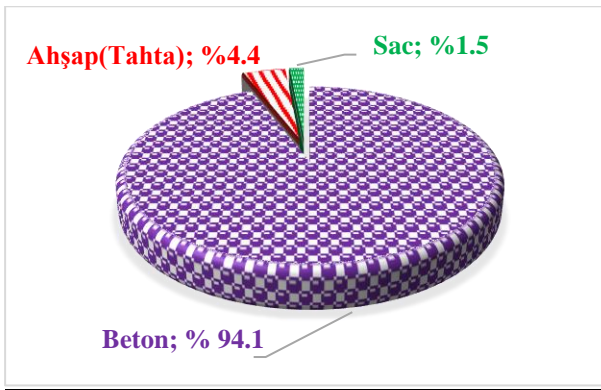
Şekil 8. Mağara tipi sığır barınaklarında tavan ve çatı yapısı

#### Ahır İçi Bölümleri:

Eyyubiyi ilçesinde incelemeye konu teşkil eden sığırçılık işletmelerinin %43.4'ünde gezinti avlusu mevcut iken %57.5'sinde bulunmadığı saptanmıştır. Ayrıca bu işletmelerin %65.9'unda ahır içi ayrı buzağı bölümü, %51.1'in de hasta hayvan bölümü, %14.8'inde doğum bölümü, %13.3'ünde de damızlık boğa bölümü bulunduğu belirlenmiştir. Söz konusu revir ve buzağı bölmelerinin süt sığırcılık işletmelerinde yaygın olduğu, mağara tipi barınaklarda ise nadiren bu bölmelerin bulunduğu gözlenmiştir. Konu ile ilgili olarak Edirne'de bulunan sığırçılık işletmelerinin %56.9'unda gezinti avlusu, %8.3'ünde doğumhane, %2.9'unda hasta hayvan bölümü, %12.3'ünde ise buzağı kulübelerinin olduğu İmri [31] tarafından bildirilmiştir. Ayrıca, Bursa ili Karacabey ilçesinde faaliyet gösteren sığırçılık işletmelerinin %83.0'ünde buzağı bölümü, %62.0'sinde hasta hayvan bölümü ve işletmelerin tamamında da gezinti avlusu bulunduğu da Özyaydın [32] tarafından rapor edilmiştir. Yine aynı ile bağlı Nilüfer ilçesinde incelenen sığır barınaklarının %66.7'sinde gezinti alanının bulunduğu, %33.3'ünde bulunmadığı bildirilmiştir [33]. Erzurum ili Aşkale ilçesindeki sığır barınaklarının ise %93.3'ünde gezinti avlusunun bulunmadığı tespit edilmiştir [9]. Ayrıca, Erzurum ili

Hınıs ilçesindeki ahırların ancak %25.1'i [12] ve Kars'ta %17.3'ünde [26] doğum bölmelerinin mevcut olduğu da rapor edilmiştir.

Eyyubiye ilçesinde incelenen sığırcılık işletmelerinde bulunan yemliklerin yapımında kullanılan malzemelerin oranları %94.1'i beton, %4.4'ü ahşap ve %1.5'i sac olarak saptanmıştır (Şekil 9). Ayrıca, küçük ölçekli işletmelerde ve mağara tipi ahırlarda yemliklerin yerleşimi genelde duvara bitişik olarak yapılmış iken, büyük işletmelerde yemlik yolunun bulunduğu ve yem dağıtımının buradan yapıldığı da tespit edilen kilitli sistemlerin tercih edildiği tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Erzurum ili Narman ilçesinde ahırların sadece %6.3'ünde yemlik yolu bulunduğu, %93.7'sinde yemlik yolu bulunmadığı ve yemliklerin doğrudan duvarlara bitişik bir halde yapıldığı rapor edilmiştir [18].



**Şekil 9.** Yemlik yapımında kullanılan malzemelerin yüzde oranları

Yurdumuzun farklı bölgelerinde kullanılan yemlik çeşitleri değerlendirildiğinde, Kahramanmaraş yöresi [34] ve Erzincan ili merkez ilçesindeki [20] işletmelerde büyük çoğunlukla (sırasıyla %85.27, %94.8) betonarme yemliklerin, Erzurum ili Narman ilçesinde ise ahşap yemliklerin büyük çoğunlukla (%48.1) kullanıldığı bildirilmiştir [18]. Genel olarak değerlendirildiğinde, birçok farklı bölgede sığır barınaklarında ağırlıklı olarak beton yemlik kullanımının tercih edildiği diğer araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir [11, 12, 16, 35].

#### *Aydınlatma:*

Eyyubiye ilçesinde anket çalışması yapılan sığırcılık işletmelerinde, gündüz aydınlatmasının %72.4 gibi yüksek bir oranda doğal olarak çatı ve duvar arasında kalan açıklıklarla ve pencerelerle yapıldığı, %27.6 oranında da elektrik ile sağlandığı saptanmıştır. Gündüz barınak içi aydınlatmasında elektrik kullanımının daha çok mağara tipi ahırların bulunduğu işletmelerde yaygın olduğu, iklim koşullarının uygunluğu nedeniyle diğer işletmelerde ise pencereler vasıtasıyla doğal aydınlatmanın gerçekleştirildiği gözlenmiştir. Benzer sonuçlar, Erzurum ili Yakutiye ilçesinde bulunan sığırcılık işletmelerinde de saptanmış olup, söz konusu barınakların %92.3'ünde gündüz aydınlatmasının güneş ışığıyla pencereler yoluyla yapıldığı bildirilmiştir [13].

Aynı ilin güney ilçelerinden olan Hınıs'taki sığır barınaklarının %63.5 inde doğal aydınlatma, %36.5'inde de elektrik ile gün içi aydınlatmanın sağlandığı Aydın ve ark. [12] tarafından tespit edilmiştir. Yaylak ve ark. [24] ise, İzmir ili Ödemiş ilçesindeki sığırcılık işletmelerinin %91.0 'inde gündüz aydınlatılmasının gün ışığı ile sağlandığını rapor etmişlerdir. Öte yandan, iklim koşullarının özellikle kış aylarında sert ve uzun süreli geçtiği Bingöl ilinde ise sığır barınaklarının yeterli pencere alanlarının olmaması nedeniyle büyük oranda elektrik ile gündüz aydınlatması yaptıkları Daş ve ark. [36] tarafından belirtilmiştir.

#### *Havalandırma:*

Ahır içi havalandırma sistemlerinin temel amacı, ahır içinde ısınan hava ve karbondioksit, amonyak, metan ve hidrojen sülfür gibi insan ve hayvan sağlığına zararlı gazların barınak dışına atılması ve en uygun ahır içi sıcaklık, nem ve hava kalitesinin sağlanmasıdır. Bu amaçla değişik yöntemlerle ahır içi havalandırma metodları kullanılmaktadır. Bu çalışmaya konu teşkil eden sığırcılık işletmelerinde ahır içi havalandırmanın pencerelerden (%43.0), havalandırma bacalarından (%9.6), çatı ile duvar arası boşluklardan (%48.9) ve %39.3 oranında ise, vantilatörler veya fanlar vasıtası ile yapıldığı belirlenmiştir. İncelenen barınaklarda birden fazla havalandırma seçeneğinin söz konusu olmasından dolayı toplam oranların %100'ün üzerinde olduğu görülmektedir. Doğal olarak oluşmuş havalandırma bacalarının genellikle mağara tipi barınaklarda rastlanıldığı belirlenmiştir (Şekil 10). Bunun yanı sıra, barınak içi hava sirkülasyonunu sağlamak veya mevcut hava akımını artırmak amacıyla çoğunlukla son yıllarda inşa edilen ahırlarda normal veya su püskürtücülü vantilatörlerin kullanımının yaygın olduğu da gözlenmiştir (Şekil 11).

İklim koşullarının ahırlarda havalandırma uygulamalarını önemli ölçüde etkilediği, Uşak ilindeki barınakların %88.0'inde havalandırmanın yeterli düzeyde sağlandığı, benzer şekilde Doğu Anadolu bölgesinde yer alan ancak mikroklima ılık bir iklimle sahip olan Erzincan ili merkez ilçesindeki sığır barınaklarının %82.7'sinde de ahır bacalarının bütün yıl boyunca açık tutulduğu Özsağlıcak ve Yanar [20] tarafından bildirilmiştir. Öte yandan, kış aylarının daha soğuk geçtiği Kars ve Van illerinde yapılan çalışmalarda söz konusu dönemlerde bütün havalandırma bacaları ile pencerelerin kapatıldığı ve barınak içi havalandırmanın minimum seviyelere düşürüldüğü ve hatta havalandırmanın yaptırılmadığı Tilki ve ark. [26] ve Bakır [37] tarafından rapor edilmiştir.

#### *Gübre Temizliği ve Depolanması:*

Şanlıurfa İli Eyyubiye ilçesindeki sığırcılık işletmelerinde istihdam edilen iş gücünün büyük bir kısmı ahır içi gübre temizliği amacıyla kullanıldığı ve bunun bir sonucu olarak söz konusu işletmelerin %80'ninde gübre temizliğinin insan gücü kullanılarak süpürge, fırça ve el arabalarıyla yapıldığı, ancak %5.9'unda ahır içi gübre sıyırıcıların bulunduğu ve

%14.1’inde ise traktörle çekilen sıyrıcılar, forklift ve küçük kepçelerin ahır içi gübre temizliğinde kullanıldığı araştırma kapsamındaki yetiştiriciler tarafından ifade edilmiştir (Şekil 12). Benzer şekilde insan gücü ile ahır



Şekil 10. Mağaralarda doğal oluşum havalandırma baca örnekleri.

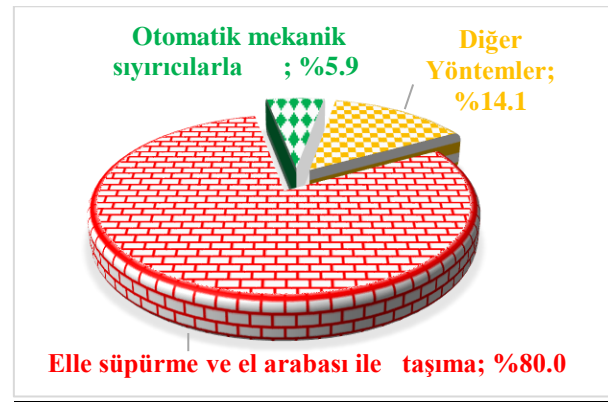


Şekil 11. Hava sirkülasyonunu hızlandırmak için vantilatör kullanan işletme örnekleri.

içinde gübre temizlik uygulamalarının Trakya yöresindeki işletmelerin %94.7’sinde [38], Kahramanmaraş bölgesindeki işletmelerin %97.0’sinde [21], Erzincan ili merkez ilçedeki işletmelerin ise %97.5’inde [20] yapıldığı bildirilmiştir. Öte yandan, Aydın ilinde Soyer [39] tarafından yapılan bir araştırmada ise, işletmelerin %67.8’inde gübrenin barınaklardan traktöre bağlı sıyrıcılar yardımıyla temizlendiği ve bunu %14.9 ile kürek ve el arabası ile yapılan temizlik uygulamalarının izlediği bildirilmiştir. Benzer durum İzmir ilinde Tire yöresinde Öztürk ve Ünal [40]’ın yürüttüğü bir araştırmada, çalışma kapsamındaki işletmelerde gübre temizliği sırasında mekanizasyon uygulamalarından yararlananların oranının %74.0 olduğu rapor edilmiştir.

Gübrenin genellikle küçük ölçekli işletmelerde ahır yakınında açıkta yığılarak depolandığı, özellikle modern süt sığırı ahırlarında ise, özel sıyrıcılar vasıtası ile

temizlenerek özel kapalı depolama alanlarında biriktiren sistemlerin kullanıldığı tespit edilmiştir. Mağara tipi barınaklarda ise gübrelere barınak dışında belirli bir yerlerde açığa döküldüğü ve buradan da belirli aralıklarla uzaklaştırıldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda, Eyyubiye ilçesindeki araştırma konusu işletmelerin %89.6’sında açıkta ahır civarında, %5.2’sinde gübre çukurlarında ve %5.2’sinde diğer yöntemlerle gübrenin depolandığı belirlenmiştir. İlçede modern işletmecilik anlamında sığır barınaklarında üretilen gübrenin ancak %10.4’ünün kapalı koşullarda depolandığı, benzer oranların Erzurum Askale ilçesinde (%13.4), Burdur ilinde (%5.0), Mersin ilinde (15.8) ve Kahramanmaraş ilindeki (%13.8) işletmelerde de söz konusu olduğu sırasıyla Koçyiğit ve ark. [9], Çayır ve ark. [41], Erkan, [15], Güzel [34] tarafından bildirilmiştir.



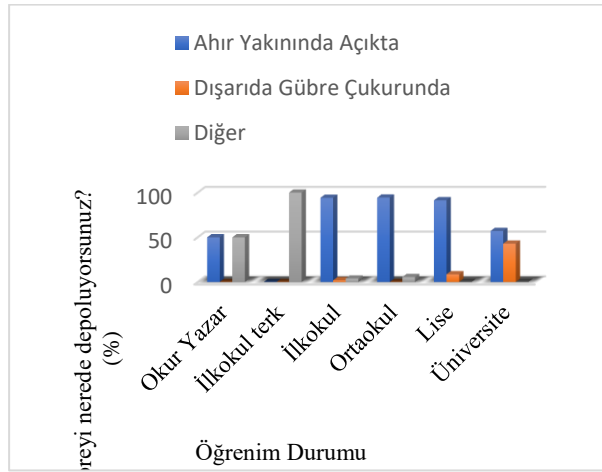
Şekil 12. İşletmelerde gübrenin ahırdan temizleme yöntemine ait oranlar

Yetiştiricilerin öğrenim seviyelerine göre gübre depolama yerlerinin değişimine ait sonuçlar Şekil 13’de sunulmuştur. Yapılan istatistiksel değerlendirme gübrenin depolanma alanlarının seçimi üzerine yetiştiricilerin öğrenim durumlarının önemli derecede ( $P<0.05$ ) etkili olduğu saptanmıştır. Öğrenim seviyesinin artışıyla beraber gübreyi gübre çukurlarında depolayan işletmelerin sayısının arttığı görülmektedir. Öte yandan, yetiştiricilerin öğrenim seviyesi düştükçe, ahır civarında açık bir halde gübre depolamasının daha yaygın hale geldiği belirlenmiştir.

#### Gübrenin Değerlendirilmesi:

Eyyubiye ilçesindeki sığırcılık işletmelerinde üretilen gübrenin %1.5’inin yakıt olarak kullanıldığı, %18.5’inin satıldığı, %24.4’ünün çöp olduğu, %39.3’ünün de bitkisel üretimde gübre olarak kullanıldığı, işletmelerin %15.6’sında bu belirtilen seçeneklerin hepsinin ve %0.7’sinde de diğer seçeneklerin geçerli olduğu tespit edilmiştir (Şekil, 14). Genelde kendi arzısı olmayan işletmecilerin gübrelere satan kesimi oluşturduğu, bitkisel üretimde de bulunan işletmecilerin gübreyi kendi arazilerinde kullandığı, çöp oluyor diyen yetiştiricilerin ise, barınakları yerleşim alanları içinde olan ve kısa zaman aralıklarla üretilen gübreyi şehir dışına taşımak zorunda kalan işletmecilerden oluştuğu görülmüştür. İklim, coğrafik ve ekonomik koşullara bağlı olarak ahır

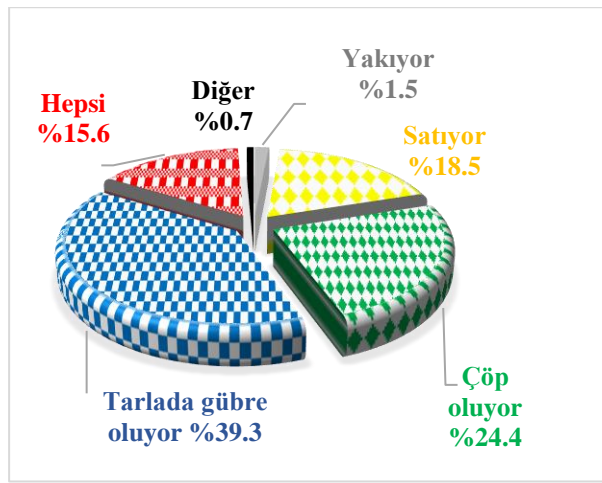
gübresinin değerlendirilme alanları farklılıklar arz edebilmektedir. Örneğin, İzmir ilinde Tire yöresinde yapılan bir araştırmada, kooperatife kayıtlı işletmelerin %99.0'nın gübreyi bitkisel üretimde kullandığı, ancak işletmelerin %1.0'inin yakacak olarak kullanıldığı saptanmıştır [40]. Boz [42] ise, Doğu Akdeniz Bölgesi'nde gübreyi kendi arazisinde değerlendirenlerin oranının %62.5, diğer çiftçilere satanların oranının da ise %20.0 olduğu rapor etmişlerdir. Öte yandan, Meyer ve ark. [43]'da, ABD'nin Kaliforniya eyaletinde bulunan sığırcılık işletmelerinin %78.4'ünün ürettikleri gübreyi kendi arazilerinde kullandıkları bildirilmiştir.



**Şekil 13.** İşletmelerde öğrenim durumlarına göre, gübrenin depolandığı yerin değişimi.

#### *Yataklık Kullanma ve Temizlik Yapma Sıklığı:*

Eyyubiyi ilçesindeki sığırcılık işletmelerinin %79.8'inde altlık kullanılmadığı, ve altlık kullanmama sebepleri arasında, altlıkların serilmesi tekrardan toplanmasının ekstra işgücü gerektirmesi ve zaman alıcı olması yanı sıra altlık kullanmaksızın günlük yapılan temizliklerin yeterli olacağı gibi kanaatlerin rol oynadığı yetiştiriciler tarafından ifade edilmiştir. İlçede altlık kullanmayı tercih



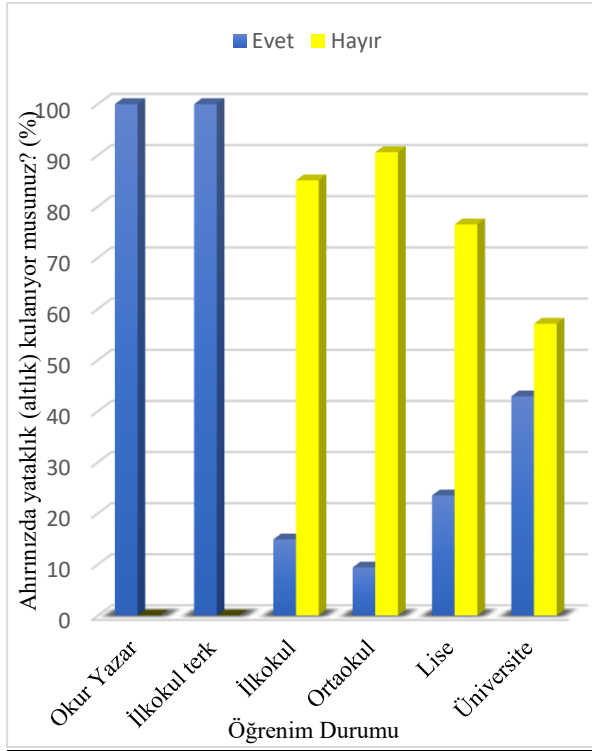
**Şekil 14.** İşletmelerde gübrenin değerlendirilme şekli yüzde oranları

etmeyen işletmelerin genelde günlük temizlik yaptıkları ya da aylık olarak biriken gübrenin kepçeli traktörler yardımıyla ahırda uzaklaştırıldığı belirlenmiştir. Bu konuda farklı bölgelerde yapılan çalışmalarda, Erzincan ili merkez ilçedeki sığır ahırlarının %79.8'inde, Uşak ilindeki işletmelerin %92.0'sinde, Ankara ili Ayaş ilçesindeki sığır barınaklarının %89.3'ünde, Diyarbakır ilindeki işletmelerin %93.4'ünde altlık kullanılmadığı Özsağlıcak ve Yanar [20], Köse [44], Şahin [45] ve Han ve Bakır [10] tarafından bildirilirken, bu oran Erzurum ili Narman ilçesinde %78.8 [18], Kars ili merkez ilçede %71.6 [19] ve Muş ilinde %55.9 olarak [8] rapor edilmiştir.

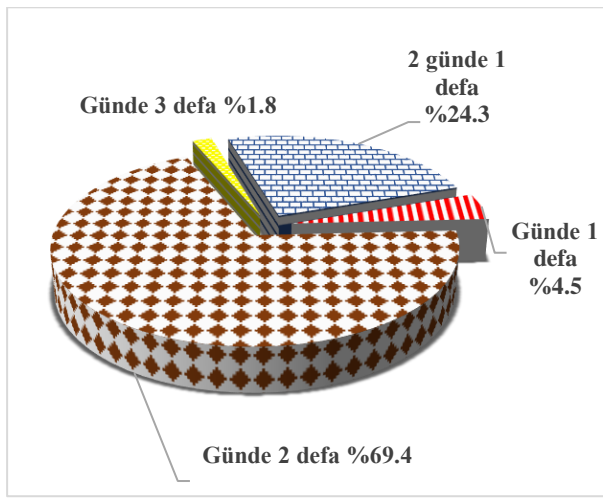
İşletme sahiplerinin öğrenim durumları ile altlık kullanımları arasındaki ilişkiler incelendiğinde elde edilen sonuçlar Şekil 15'de gösterilmiştir. Yapılan analiz sonucunda işletmecilerin öğrenim durumlarının, altlık kullanımını üzerine etkisi çok önemli ( $P<0.01$ ) bulunmuştur. Elde edilen bulgular, okuryazar ve ilkökullük terk öğrenim seviyesinde olan işletmecilerin daha yaygın oranda altlık kullandığını ortaya koymuştur.

Şanlıurfa ili merkez Eyyubiyi ilçesinde %20.2 oranında altlık kullanan sığırcılık işletmelerinin, %56'sı hububat sapını, %32'si hububat samanını ve %12'si de kurutulmuş gübreyi yataklık olarak tercih ettikleri tespit edilmiştir. Yörede buğday ekiminin yaygın, fiyatının ekonomik ve kullanımının kolay olması söz konusu sığırcılık işletmelerinde yaygın olarak buğday sapı ve samanının altlık olarak kullanılmasına neden olduğu söylenebilir. Türkiye'nin farklı bölgelerinde bulunan sığırcılık işletmelerinde kullanılan altlık malzemenin yörelere bağlı olarak değişim gösterdiği, Giresun bölgesindeki sığır barınaklarının %52'sinin bölgede kolay bulunan gazel-fındık patos artığı, %14.7'si kuru yaprakları ve %14.2'si kuru gübreyi altlık olarak kullanıldığı Tugay ve Bakır [11] tarafından bildirilmiştir. Öte yandan, Demir ve ark. [19] ise, Kars bölgesinde yaptığı bir çalışmada, altlık kullanan işletmelerin %67.2'sinde yataklık malzemesi olarak saman kullanıldığı, Güler ve ark. [18] da, kurutulmuş gübrenin (%87.8) en yaygın olarak kullanılan altlık malzemesi olduğunu, bunu %10.9 oranıyla hububat sapı ve samanının takip ettiğini belirtmişlerdir. Aksaray'daki sığır ahırlarında kullanılan en yaygın yataklık malzemenin kuru gübre (%69.1) olduğu, bunu %30.9 oranıyla sap ve saman kullanımının takip ettiği Tatar [35] tarafından bildirilmiştir. Aynı araştırmacı, Ankara'daki sığırcılık işletmelerinde ise, sap-saman-talaşın (%85.7) en yaygın olarak tercih edilen yataklık malzemesi olduğu ve bunu kauçuk altlık (%14.3) kullanımının takip ettiğini tespit etmiştir.

Altlık kullanılmayan işletmelerde genellikle günlük temizlik yapıldığı, ya da biriken gübrenin aylık olarak traktöre takılan bir aparat veya kepçe yardımıyla temizlendiği belirlenmiştir. Söz konusu bu işletmelerin %4.5'i günde bir defa, %69.4'ü günde iki defa, %1.8'i günde 3 defa, %24.3'ü ise iki günde bir defa olmak üzere temizlik yaptıkları ve bu işletmelerde genellikle sabah ve akşam olmak üzere günde 2 kez gübre temizliği yapıldığı belirlenmiştir (Şekil 16).



Şekil 15. İşletme sahiplerinin öğrenim durumlarına göre, altlık kullanımının değişimi.



Şekil 16. Altlık kullanmayan işletmelerde hangi sıklıkta hayvan altlarının temizlendiğinin yüzde oranları.

## SONUÇ

Şanlıurfa ili merkez Eyyubiye ilçesinde mevcut sığır barınaklarının konumları açısından değerlendirildiğinde yaklaşık  $\frac{3}{4}$  nün müstakil konumda olduğu ve  $\frac{1}{4}$  nün ise Türkiye'nin diğer bölgelerinde pek fazla rastlanılmayan mağara tipi sığır barınakları şeklinde olduğu belirlenmiştir. Yetiştiriciler arasında mağaraların yaygın bir oranda sığır barınağı olarak tercih edilme sebebi "mağara barınak kiralalarının oldukça ekonomik olmasından dolayı" olduğu işletmecilerin %71.4'ü tarafından ifade edilmiştir. Elde edilen bulgular ve

gözlemler, özellikle önceki yıllarda yapılan, eski ve halen kullanılan sığır barınaklarının yapımında gerekli ahır standartlarına tam olarak uyulmadığı ve ciddi oranda yapısal problemlerin bulunduğu ortaya koymuştur. Diğer yandan il genelinde son yıllarda plan ve projelerine bağlı olarak yapılan yarı açık sığır barınaklarında iklimlendirme ile ilgili herhangi bir sorunla karşılaşmadığı, barınak problemlerinin minimum düzeylerde olduğu da belirlenmiştir. İlçedeki yetiştiricilerin öğrenim seviyeleri yükseldikçe ev altı ahırlara sahip işletmeci sayısının azaldığı, yarı açık ahır tipini tercih ettikleri gözlenmiştir. Eyyubiye ilçesinde bulunan sığır barınaklarında belirlenen eksikliklerin ve kusurların düzeltilmesi ile genel anlamda hayvan refahının ve ekonomik olarak da verimlerinin yükselleceği ifade edilebilir.

## KAYNAKÇA

- [1] Özhan M., Tüzemen N., Yanar M. Büyükbaş Hayvan Yetiştirme (Süt ve Et sığırçılığı). (Düzeltilmiş 6. Baskı). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, 2015.
- [2] Can E. Hygiene conditions and animal environment relations in farm animals barns. Black Sea Journal of Engineering and Science, 3 64-70, 2020.
- [3] Ambazamkandi P., Thyagarajan G., Sambasivan S., Davis J., Shanmugam S., Joseph B.A. Shelter Design for Different Livestock from a Climate Change Perspective. In: Sejian, V., Gaughan, J., Baumgard, L., Prasad, C. (eds) Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation. Springer, New Delhi, 2015.
- [4] TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu. Hayvancılık İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr>. Erişim Tarihi: 28.05.2023.
- [5] Arıkan R. Araştırma Teknikleri ve Rapor Hazırlama. Asil Yayın Dağıtım Ltd., Ankara. 2007.
- [6] SPSS. SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. IBM Corp., Armonk, NY, USA. 2013.
- [7] Yıldız N., Akbulut Ö., Bircan H. İstatistiğe Giriş,Uygulamalı Temel Bilgiler Çözümlü ve Cevaplı Sorular. (Genişletilmiş 3. Baskı), Aktif Yayınevi, Erzurum, 2002.
- [8] Şeker İ., Tasalı H., Güler H. Muş ilinde sığır yetiştiriciliği yapılan işletmelerin yapısal özellikleri. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimler Veterinerlik Dergisi, 261 9-16, 2012.
- [9] Koçyiğit R., Yanar M., Aydın R., Özdemir V.F., Ergün O.F., Bayram B., Şat O. Erzurum İli Aşkale İlçesindeki Süt Sığırı İşletmelerinde Mevcut Barınak Yapısal Özellikleri ile İşletme Büyüklükleri Arasındaki İlişkiler. Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi, 12 38-49, 2023.
- [10] Han Y., Bakır G. Özel besi işletmelerinin barınak yapısı ve etkileyen faktörler. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 41 45-51, 2010.
- [11] Tugay A., Bakır G. Giresun yöresindeki özel süt sığırçılığı işletmelerinin ırk tercihleri ve barınakların yapısal durumu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37 39-47, 2006.
- [12] Aydın R., Güler O., Yanar M., Diler A., Koçyiğit R., Avcı M. Erzurum ili Hınıs ilçesi sığırçılık işletmelerinin barınak özellikleri üzerine bir araştırma. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 19 98-111, 2016.
- [13] Çapadağ M. Erzurum ili Yakutiye ilçesi büyükbaş hayvancılık işletmelerinin yapısal özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum. 2017.

- [14] Kum G. Antalya ili Holstein ırkı damızlık sığır yetiştiricileri birliğine üye işletmelerin mevcut durumu, besleme alışkanlıkları ve sorunları. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 2006.
- [15] Erkan M. Mersin yöresindeki büyükbaş hayvancılık tesislerinin mevcut durumu ve bu tesislerde ortaya çıkan atıkların yarattığı çevre kirliliği üzerinde bir araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Adana, 2005.
- [16] Bayraktar H., Uğurlu N., Yılmaz A.M. Bitlis ili Ahlat ve Adilcevaz ilçeleri süt sığırı işletmelerinde barınakların değerlendirilmesi, Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 24 17-22, 2010.
- [17] Akkuş Z. Konya ilindeki süt sığırcılığı işletmelerinin yapısal özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2009.
- [18] Güler O., Aydın R., Diler A., Yanar M., Koçyiğit R., Maraşlı A. A research on housing characteristics of cattle enterprises; The case of Erzurum, Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences , 27 396-405, 2017.
- [19] Demir P., Adıgüzel S., Sarı M., Ayvazoğlu C. Kars merkez ilçedeki süt sığırcılık işletmelerinin genel yapısı ve ekonomik boyutu, Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi, 28 09-13, 2014.
- [20] Özsağlıcak S., Yanar M. Erzincan İli Merkez İlçesi Sığırcılık İşletmelerinde Barınakların Yapısal Özellikleri ve İşletmecilerin Öğrenim Durumlarıyla İlişkileri. Anadolu, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 32 62-75, 2022.
- [21] Kaygısız A., Tümer R. Kahramanmaraş ili süt sığırı işletmelerinin yapısal özellikleri: 2. Barınak özellikleri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 121 40-47, 2009.
- [22] Uğurlu N., Şahin S. Kayseri ili süt sığırı barınaklarının yapısal özellikleri. Selçuk Journal of Agriculture and Food Science, 242 23-26, 2010.
- [23] Aydın M.K. Keskin M. Muğla İlinde Süt Sığırı Yetiştiriciliğinin Mevcut Durumu, Bazı Verim ve Yapısal Özellikleri. Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 59 57-63, 2019.
- [24] Yaylak E., Konca Y., Koyubenbe N. İzmir ili Ödemiş ilçesinde damızlık sığır yetiştiricileri birliği üyesi işletmelerde sığırların barındırılması. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 3 316-324, 2015.
- [25] Varol H. Hayvancılık işletmelerinde oluşan atıkların işletimi ve olası çevre etkileri Afyonkarahisar örneği. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2017.
- [26] Tilki M., Sarı M., Aydın E., Işık S. Aksoy A.R. Kars İli Sığır İşletmelerinde Barınakların Mevcut Durumu ve Yetiştirici Talepleri: I. Mevcut Durum. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 19 109-116, 2013.
- [27] Bardakçıoğlu H. E., Türkyılmaz M. K., Nazlıgül A., Aydın ili süt sığırcılık işletmelerinde kullanılan barınakların özellikleri üzerine bir araştırma. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 30 51-62, 2004.
- [28] Bakan Ö. Ağrı İli Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Yapısal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2014.
- [29] Demirtaş M. Manavgat İlçesi Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Genel Profili Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 2006.
- [30] Özen B. Kars ilindeki sığırcılık işletmelerinin yapısal özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kars, 2008.
- [31] İmri V. Edirne ili süt sığırcılığı işletmelerinin yapısal özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 2018.
- [32] Özyaydınlı Y. Karacabey Süt Sığırı İşletmelerinde Hayvan Barınaklarının Hayvan Refahı Yönüyle Değerlendirilmesi Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2018.
- [33] Kırbıyık U. Bursa Nilüfer İlçesi Karacaoba Mahallesi Süt Sığırı İşletmelerinin Yapısal Ve Mekansal Sorunlarının Belirlenmesi ve Örnek Bir İşletmenin Modellenmesi. Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2022.
- [34] Güzel M. Kahramanmaraş ili süt sığırcılığı işletmelerinin yapısal ve mekanizasyon özelliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2016.
- [35] Tatar A.M. Ankara ve Aksaray damızlık sığır yetiştiricileri il birliklerine üye süt sığırcılığı işletmelerinin yapısı ve sorunları. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.
- [36] Daş A., İnci H., Karakaya E., Şengül A.Y. Bingöl ili damızlık sığır yetiştiricileri birliğine bağlı sığırcılık işletmelerinin mevcut durumu. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1 421-429, 2014.
- [37] Bakır G. Van ilindeki özel süt sığırcılığı işletmelerinin yapısal durumu. Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 12 1-10, 2002.
- [38] Önal A.R., Özder M. Edirne ili damızlık sığır yetiştiricileri birliğine üye işletmelerin yapısal özellikleri. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 5 197-203, 2008.
- [39] Soyer G. Aydın ili süt sığırcılığı işletmelerinde gübre yönetim uygulamaları ve bitkisel üretimde gübre kullanım olanaklarının geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 2014.
- [40] Öztürk İ., Ünal H.B. Evaluation of manure management in dairy cattle farms: The case of İzmir-Tire (Turkey) region. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 17 741-747, 2011.
- [41] Çayır M., Atılğan A., Öz H. Büyükbaş hayvan barınaklarındaki gübrelikler ve su kaynaklarına olan durumlarının incelenmesi. Ziraat Fakültesi Dergisi, 7 1-9, 2012.
- [42] Boz İ. Doğu Akdeniz Bölgesi'nde süt sığırcılığı yapan işletmelerin yapısı, sorunları ve çözüm önerileri. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 16 24-32, 2013.
- [43] Meyer D.M., Garnett I., Guthrie J.C. A Survey of dairy manure management practices in California. Journal of Dairy Science, 80 1841-1845, 1997.
- [44] Köse K. Uşak İli Damızlık Sığır Yetiştiriciler Birliğine Kayıtlı İşletmelerin Genel Yapısı. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 2006.
- [45] Şahin O. Ayaş ilçesine bağlı köylerdeki süt sığırcılığının yapısı. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1994.

## Kulp İlçesi (Diyarbakır / Türkiye) Su Keneleri (Acari: Hydrachnidia) Faunası

Murat ÖZDİLEK<sup>1</sup>, Yunus ESEN<sup>2</sup>, Orhan ERMAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kulp Yatılı Bölge Ortaokulu, Kulp, Diyarbakır, Türkiye.

<sup>2</sup> Bingöl Üniversitesi, Solhan Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, 12700, Bingöl, Türkiye.

<sup>3</sup> Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 23119, Elazığ, Türkiye.

✉: [yesen@bingol.edu.tr](mailto:yesen@bingol.edu.tr) <sup>1</sup>0000-0002-2173-8536 <sup>2</sup>0000-0002-6231-1467 <sup>3</sup>0000-0002-4300-0452

Geliş (Received): 30.04.2023

Düzeltilme (Revision): 21.06.2023

Kabul (Accepted): 28.07.2023

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı Türkiye su keneleri faunasına katkı sağlamaktır. Kulp ilçesinden (Diyarbakır, Türkiye) 2020-2021 yıllarında akarsu ve kaynaklardan toplanan su keneleri (Acari, Hydrachnidia) örnekleri değerlendirilmiştir. 22 farklı lokaliteden toplam 713 su kenesi örneği toplanmıştır. Bu örneklerin değerlendirilmesi sonucu 14 familyaya ait toplam 58 tür tespit edilmiştir. Tespit edilen türlerin tamamı Diyarbakır ilinden ilk defa kaydedilmiştir. *Tadjikothyas connexa* Sokolow, 1948 Türkiye su keneleri faunası için yeni kayıttır.

**Anahtar Kelimeler:** Su keneleri, yeni kayıt, akarsu, Kulp ilçesi, *Tadjikothyas*

## The Water Mites (Acari: Hydrachnidia) Fauna of Kulp District (Diyarbakır Province / Türkiye)

### ABSTRACT

The aim of this study is to contribute to the water mites fauna of Türkiye. In this study, the water mites have been collected from running waters and springs in Kulp District (Diyarbakır Province, Türkiye) between 2020-2021 years. In total, 713 specimens were collected from 22 different localities. As a result of this study, 58 water mites which belongs to 14 families have been determined. All identified species have been recorded for the first time from Diyarbakır Province. Additionally, the species *Tadjikothyas connexa* Sokolow, 1948 is also a new record for the Turkish water mites fauna.

**Keywords:** Water mites, new record, running waters, Kulp District, *Tadjikothyas*

### GİRİŞ

Acari alt sınıfı içinde yer alan su keneleri polifiletik gruplarındandır. Hydrachnellae, Hydracarina veya Hydrachnidia olarak da bilinmektedir. Hydracarina ilk önce kullanılan terimdir. Fakat bu isimlendirme Halacaridae'yi de kapsamaktadır. Bununla birlikte morfolojik ve yaşam döngüleri açısından Halacaridae üyeleri Hydrachnidia'dan farklıdır [1].

Göz alıcı ve parlak renkleri, değişebilen morfolojik yapıları ve 0,2-10 mm arasında değişen büyüklükleri ile 8 üstfamilya içinde, 57 familya, 400 üzerinde cins ve 6000'den fazla türü barındırmaktadır. Dünyada tüm iç sularda 10.000 üzerinde türün olabileceği düşünülmektedir. Türkiye'nin de içerisinde yer aldığı Palaearktik bölge en iyi araştırılmış alanlardan biridir. Bölgede kaydedilmiş tür sayısı 1642'dir [2]. Türkiye'de toplam 25 familya, 65 cins ve 335 tür belirlenmiştir [3-4].

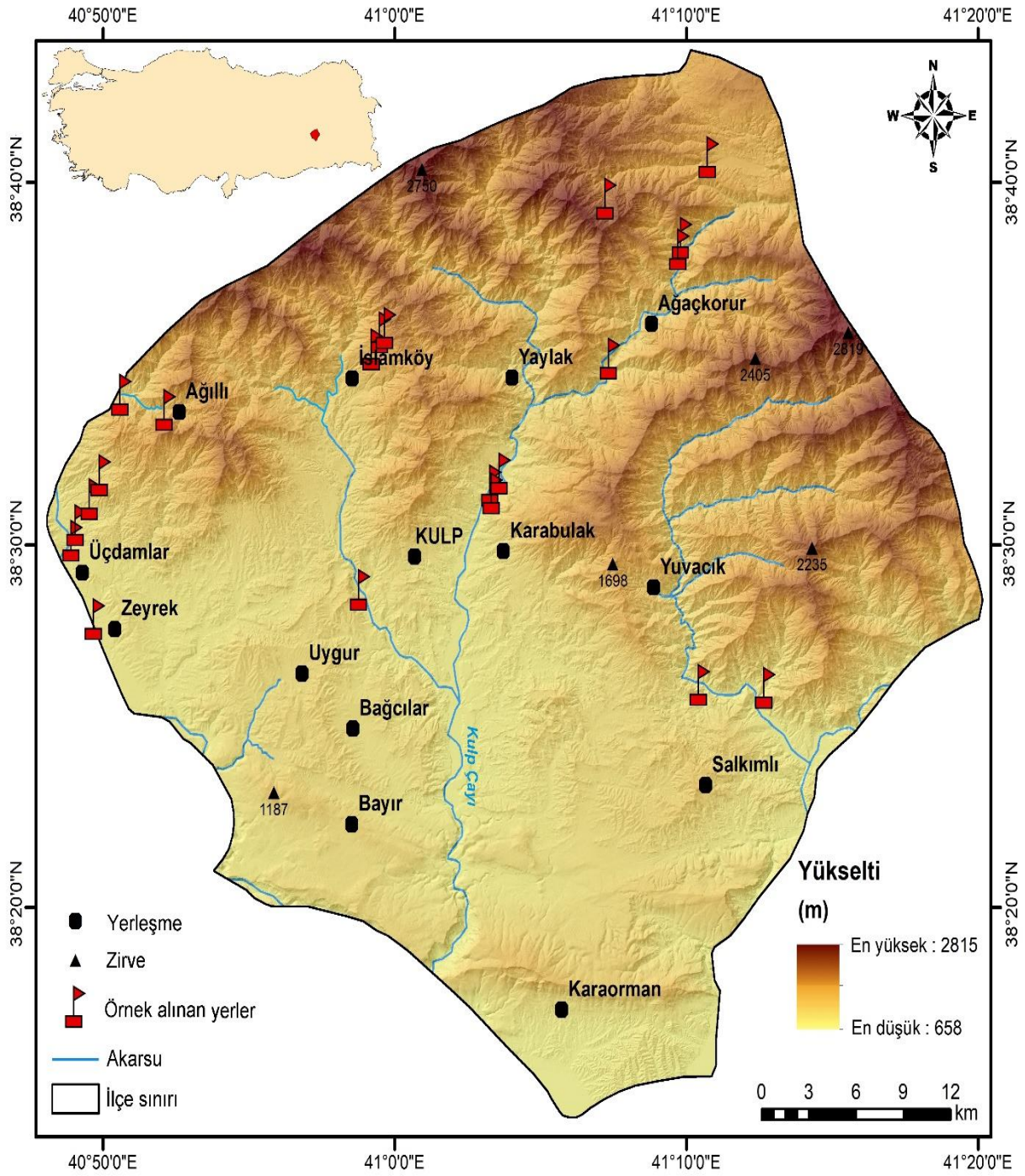
Bu çalışmanın amacı, şimdiye kadar su kenelerine ait herhangi bir kayıt bulunmayan Diyarbakır ili Kulp ilçesinin su keneleri varlığını ortaya koymaktır. Birikinti sular bakımından sınırlı, fakat akarsu ve kaynak suları bakımından zengin olan bu ilçeden toplanan su keneleri

örnekleri değerlendirilen bu çalışmayla Türkiye su keneleri faunasına ve problemlı türlerin sistematik sorunlarının çözümüne katkıda bulunulmuştur.

### MATERYAL ve YÖNTEM

Arazi çalışmaları, Haziran 2020 ve Ekim 2021 arasında yapılmıştır. Örnekler, Diyarbakır ili Kulp ilçesi sınırları içinde bulunan kaynak, dere ve çaylardan (Şekil 1) tülden yapılmış akvaryum kepçeleri, damlalık ve gözenek çapları 0,5 ile 2 mm arasında değişen elekler kullanılarak toplanmıştır. Bu alanlardan alınan yosun, çamur ve kum örnekleri tazyikli su altında elek serilerinden geçirilmiş, içerisinde bir miktar su bulunan beyaz zeminli küvetlere boşaltılmış ve su keneleri pipetlerle ayıklanmıştır. Küçük saklama şişelerine alınan su kenesi örnekleri Koenike sıvısında (5 kısım gliserin, 3 kısım saf su, 2 kısım sirke asidi,) tespit edilmiştir. Toplanan su keneleri incelenmek amacı ile lamlara alınmış, birkaç damla gliserin içerisinde özel şekiller verilmiş, ince uçlu pens ve diseksiyon iğnesi yardımı ile steromikroskop altında, farklı organları çıkarılan örneklerin şekilleri çizilmiş ve ölçümleri yapılmıştır.





Şekil 1. Kulp (Diyarbakır / Türkiye) Haritası

Bazı örneklerin ağartılması için %70'lik laktik asitte 15 dakika, %10'luk KOH çözeltisinde 20-30 dakika bekletilmiştir [5].

## BULGULAR

Diyarbakır'ın Kulp ilçesinden tespit edilen türlerin lokalite ve örnek sayıları ile Türkiye faunası için yeni kayıt olan *Tadjikothyas connexa* Sokolow, 1940'ın tanımı ve çizimleri aşağıdaki gibi verilmiştir.

Üstfamilya: HYDRYPHANTOIDEA

Familya: HYDRYPHANTIDAE Piersig, 1896

1. *Hydryphantes* (s.str.) *ruber* (De Geer, 1778): Hanzık Deresi, 29.08.2020, 1 nimf.
2. *Tadjikothyas connexa* Sokolow, 1940: Hışkabut Köyü, kaynak, 05.09.2021, 1 ♂ (Şekil 2-3).

## ERKEK

Vücut sırt ve karın yönünde basık, 830/605 µm büyüklüğündedir. Sırt plakları kitin köprülerle birbirine bağlıdır. Yalnız birinci merkezi plaklar (Dc-1)

birbirinden uzaklaşmış ve kitin köprü yoktur (Şekil 2A). Gözler arasındaki mesafe 340 µm'dir.

Gnatozoma çıkıntısı hafifçe aşağı doğru eğik, yüzeyi nokta çukurlukludur. Gnatozoma alt kenar uzunluğu 170 µm'dir. Keliser 206 µm, tırnak 51 µm uzunluğundadır (Şekil 2C). Kolların palp parçalarına dağılımı; 1-5-2-3-2 şeklindedir (Şekil 2D). Palp parçalarının üst uzunluğu; 30-80-40-109-36 = 295 µm'dir.

Epimer boyları sırasıyla 170-153-174-165 µm'dir. Epimer yüzeyleri kalbur şeklinde çukurlukludur (Şekil 2B).

Eşeyssel bölgenin boyu 161 µm, genişliği 142 µm'dir. Eşeyssel plaklar iç kenarda 20-22 adet kıl taşır (Şekil 2E). Plakların yüzeyi nokta çukurlukludur. Eşeyssel çukurluklar 30 µm boyundadır. Boşaltım açıklığı plak üzerinde, oval ve 38 µm genişliğindedir.

Bacaklarda yüzme kılı yoktur (Şekil 3A-D).

**Dünyadaki Yayılışı:** Tacikistan ve İran [6]. Türkiye faunası için yeni kayıttır.

3. *Protzia halberti* (Walter, 1920): İslamköy, Kaynak, 23.10.2021, 1♀.

**Familiya: HYDRODROMIDAE K. Viets, 1936**

1. *Hydrodroma torrenticola* (Walter, 1908): Karabulak-Kaniya Bawiya, Dere, 10.07.2020, 3 ♂♂, 5 ♀♀; Taşdiken-Değirmen, Dere, 14.07.2020, 2 ♂♂, 6 ♀♀; Şenyayla, Dere 14.07.2020, 2 ♀♀, 1 nimf; 05.09.2021, 2 ♂♂, 7 ♀♀, 1 nimf; Ağilli - Gomak, Dere, 27.09.2020, 6 ♀♀, 2 ♂♂; Koçkar Deresi, 19.05.2021, 1 ♀, 2 ♂♂; Şakirhan Çayı, 05.06.2021, 3 ♀♀, 2 nimf; Kulp Çayı, 19.06.2021, 3 ♀♀; Sarum Çayı, 24.06.2021, 1 ♂, 4 ♀♀; Karabulak, Çay Gölü, 05.08.2021, 4 ♂♂, 1 ♀; Soravan Çayı, 05.09.2021, 1 ♀.

**Üstfamiya: LEBERTIOIDEA**

**Familiya: SPERCHONTIDAE Thor, 1900**

1. *Sperchon (Hispidosperchon) beckeri* Bader & Sepasgozarian, 1984: Gomak Deresi, 27.09.2020, 1 ♀; İslamköy, Su deposu, kaynak, 23.10.2021, 1 ♂.
2. *Sperchon (Hispidosperchon) clupeifer* Piersig, 1896: Gomak Deresi, 27.09.2020, 5 ♂♂, 1 nimf; Balurka Çayı, 09.05.2021, 1 ♀.
3. *Sperchon (Hispidosperchon) hispidus* (Koenike, 1895): Karpuzlu-Mezra Deresi, 27.09.2020, 1 ♂; Şenyayla, Dere, 05.09.2021, 1 ♂, 1 ♀.
4. *Sperchon (Hispidosperchon) papillosus* (Thor, 1901): Gomak Deresi, 04.09.2021, 1 ♀.
5. *Sperchonopsisverrucosa* (Protz, 1896): Gomak Deresi, 04.09.2021, 1 ♂.

**Familiya: TEUTONIIDAE Koenike, 1910**

1. *Limnolegeria longiseta* Motaş, 1928: Gomak Deresi, 27.09.2020, 1 ♂ 1 ♀; 04.09.2021, 1 ♂ 4 ♀♀, 2 nimf.

**Familiya: ANISITSIELLIDAE Koenike, 1910**

1. *Nilotonia (Dartiella) longipora* (Walter, 1925): Çağlayan-Germebat, kaynak, 05.09.2020, 1 ♀; Hanzık Köyü, kaynak, 23.10.2021, 1 ♀.

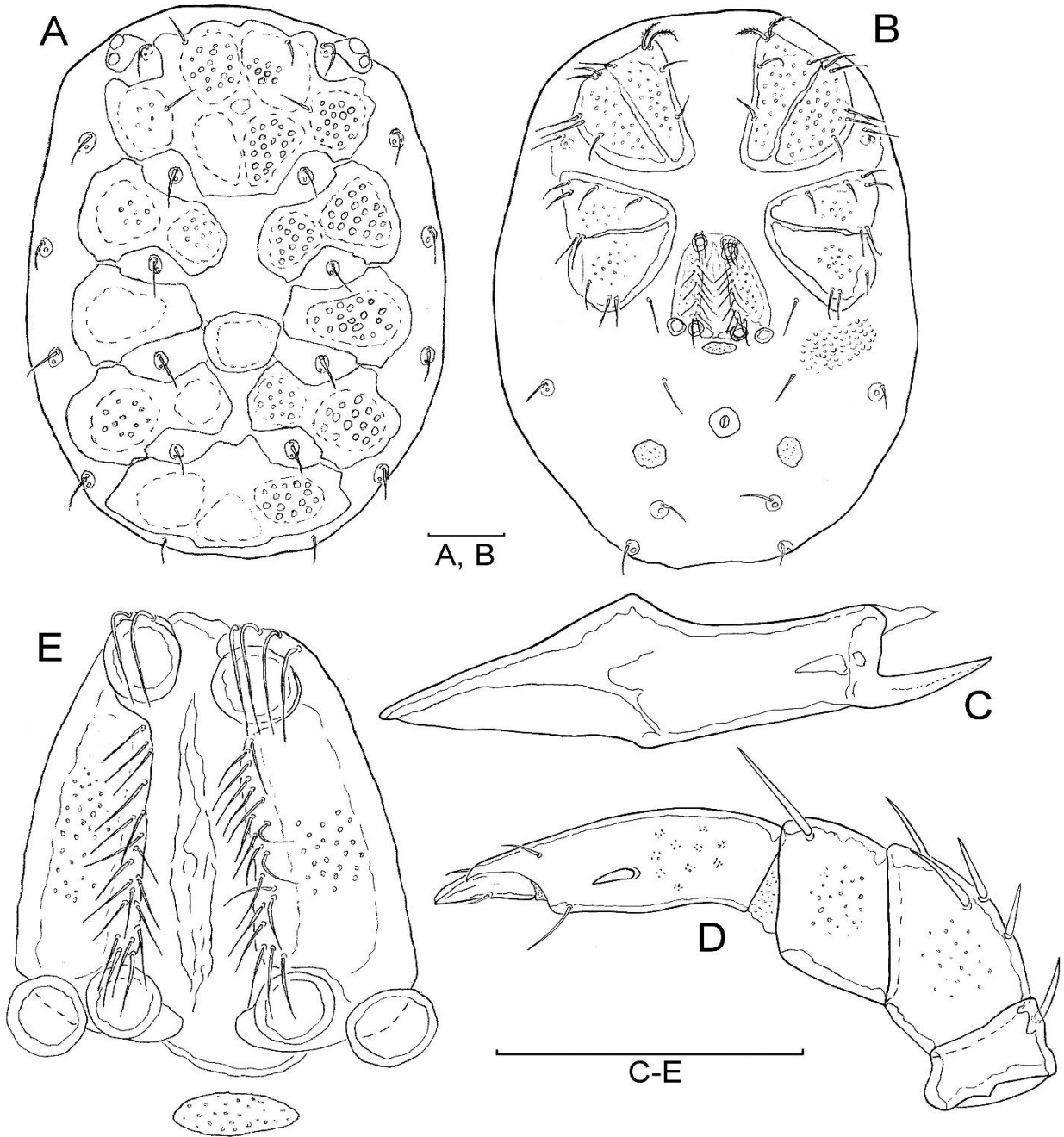
**Familiya: LEBERTIIDAE Thor, 1900**

1. *Lebertia (s.str.) glabra* Thor, 1897: Hanzık Deresi, 29.08.2020, 1 ♀; Gomak Deresi, 04.09.2021, 1 ♂.
2. *Lebertia (Pilolebertia) insignis* Neuman, 1880: Soravang, Dere, 08.07.2020, 3 ♀♀; Karpuzlu-Mezra Deresi, 27.09.2020, 1 ♀; Gomak Deresi, 04.09.2021, 1 ♂, 4 ♀♀.
3. *Lebertia (Pilolebertia) longiseta* Bader, 1955: Gomak Deresi, 04.09.2021, 2 ♂♂, 1 ♀; Şenyayla Deresi, 05.09.2021, 4 ♂♂.
4. *Lebertia (Pilolebertia) porosa* Thor, 1900: Şenyayla Deresi, 14.07.2020, 2 ♀♀; 05.09.2021, 5 ♂♂, 2 ♀♀; Sarum Çayı 05.09.2020, 1 ♂; 24.06.2021, 1 ♂; Zıkte Deresi, 05.09.2020, 1 ♂, 4 ♀♀; Gomak Deresi, 27.09.2020, 3 ♂♂, 4 ♀♀; Şakirhan Çayı, 05.06.2021, 2 ♂♂; Mezra Deresi, 04.09.2021, 1 ♀.
5. *Lebertia (Mixolebertia) sefvei* Walter, 1911: İslam Köyü, Kaynak, 29.08.2020, 3 ♀♀.

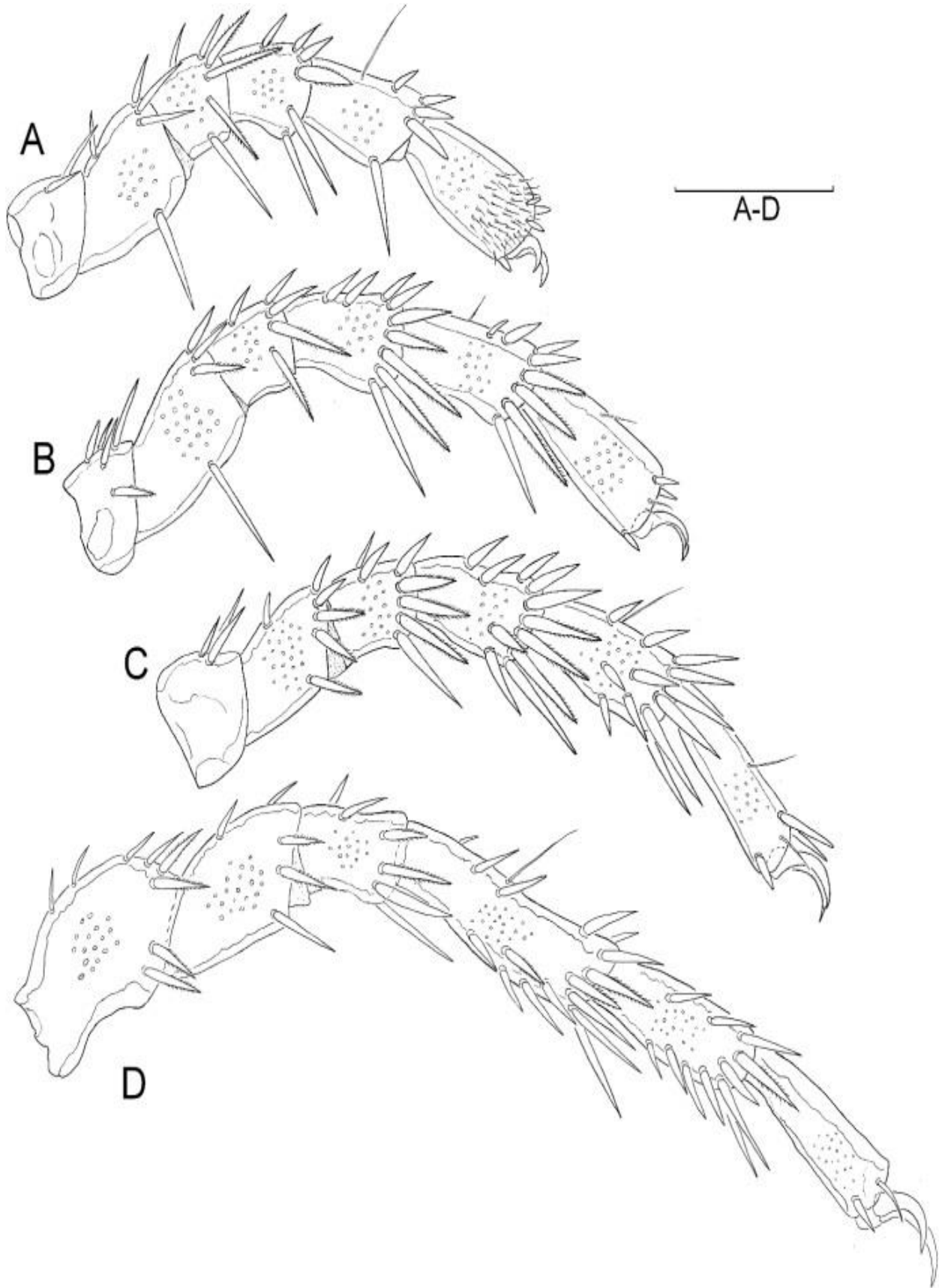
**Familiya: TORRENTICOLIDAE Piersig, 1902**

1. *Monatractides (s.str.) aberratus* (Lundblad, 1941): Mezra Deresi, 27.09.2020, 2 ♂♂, 1 ♀; 04.09.2021, 1 ♀.
2. *Monatractides (s.str.) algeriensis* (Lundblad, 1941): Balurka Çayı, 19.05.2021, 2 ♀♀.
3. *Monatractides (s.str.) lusitanicus* (Lundblad, 1941): Mezra Deresi, 27.09.2020, 1 ♀; Gomak Deresi, 27.09.2020, 1 ♀; 04.09.2021, 5 ♂♂, 9 ♀♀; İslam Köyü, Hanzık Deresi, 23.10.2021, 1 ♀.
4. *Monatractides (s.str.) madritensis* (Viets, 1930): Şenyayla Deresi, 05.09.2021, 2 ♂♂; Gomak Deresi, 27.09.2020, 1 ♂.
5. *Monatractides (s.str.) persicus* Pesic, 2004: Kulp Çayı, 10.07.2020, 1 ♀.
6. *Monatractides (s.str.) stadleri* (Walter, 1921): Karabulak Köyü, Dere, 10.07.2020, 1 ♂; Taşdiken-Değirmen, Dere 14.07.2020, 3 ♂♂, 1 ♀; Balurka Çayı, 09.05.2021, 2 ♀♀; Çağlayan, Dere, 05.09.2020, 1 ♀; Kulp Çayı, 19.06.2021, 2 ♀♀; Gomak Deresi, 04.09.2021, 20 ♂♂, 29 ♀♀; 27.09.2020, 11 ♂♂, 6 ♀♀; İslam Köyü, Hanzık Deresi, 23.10.2021, 3 ♀♀.
7. *Monatractides (s.str.) vafaei* Pesic, 2004: Sarum Çayı, 24.06.2021, 1 ♂, 9 ♀♀; 05.09.2020, 1 ♂, 1 ♀; Soravan Çayı, 05.09.2021, 1 ♂.

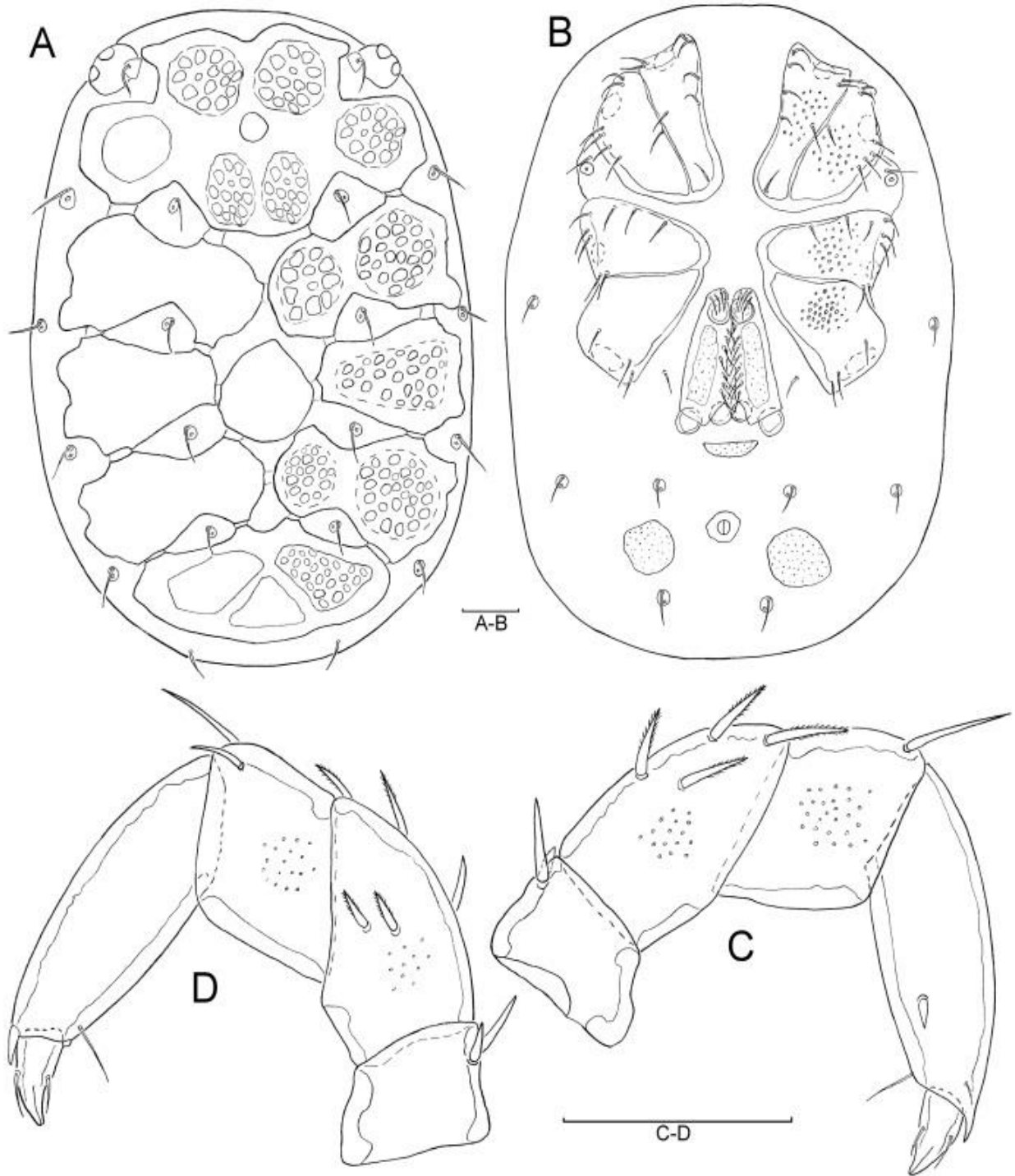
8. *Torrenticola* (s.str.) *barsica* (Szalay, 1933):İslam Köy, kaynak, 29.08.2020, 2 ♀♀; Şakirhan Çayı, 05.06.2021, 1 ♀, 3 ♂♂.
9. *Torrenticola* (s.str.) *brevirostris* (Halbert, 1911): Mezra Deresi, 27.09.2020, 1 ♀, 2 ♂♂; Koçkar Deresi, 19.05.2021, 1 ♀; Kulp Çayı, 19.06.2021, 1 ♀.
10. *Torrenticola* (s.str.) *dudichi* (Szalay, 1933):Şenyayla Deresi, 14.07.2020, 5♀.
11. *Torrenticola* (s.str.) *laskai* Di Sabatino, 2009:İslam Köy, Dere, 29.08.2020, 1 ♀, 1 ♂.
12. *Torrenticola* (s.str.) *oraviensis* Láska, 1953:Şenyayla Deresi, 05.09.2021, 2 ♂♂.
13. *Torrenticola* (s.str.) *ungeri* (Szalay, 1927):Şakirhan Çayı, 18.11.2020, 1 ♂; Kulp Çayı, 19.06.2021, 1 ♂;Gomak Deresi, 04.09.2021, 6 ♂♂, 1 ♀; Şenyayla Deresi, 05.09.2021, 4 ♂♂, 12 ♀♀.
14. *Torrenticola* (*Megapalpis*) *jasminae* Bader, 1988: Şenyayla Deresi, 05.09.2021, 2 ♂♂.
15. *Torrenticola* (*Megapalpis*) *persica* Pesic, 2004:Şenyayla Deresi, 05.09.2021, 2 ♂♂.



Şekil 2. *Tadjikothyas connexa* Erkek, A = Vücut, üstten, B = Vücut, alttan, C = Keliser, D = Palp, içten, E = Eşysel bölge (Ölçekler = 100 µm).



Şekil 3. *Tadjikothyas connexa* Erkek. A = I. bacak, B = II. bacak, C = III. bacak, D = IV. bacak (Ölçek = 100 µm)



Şekil 4. *Tadjikothyas connexa schwoerbeli* Dişi. A = Vücut, üstten, B = Vücut, alttan, C = Palp, içten, D = Palp, dıştan (Ölçekler = 100 µm).

Üstfamilya: HYGROBATOIDEA

Familya: LIMNESIIDAE Thor, 1900

1. *Limnesia* (s.str.) *walteri* Migot, 1926: Balurka Çayı, 09.05.2021, 1 ♂; Sarım Çayı, 24.06.2021, 1 ♂.

Familya: HYGROBATIDAE Koch, 1842

1. *Atractides* (s.str.) *allgaier* Gerecke, 2003: İslam Köyü, kaynak, 29.08.2020, 1 ♀.
2. *Atractides* (s.str.) *anellatus* Lundblad, 1956: Ağılı-Gomak Deresi, 27.09.2020, 1 ♀.
3. *Atractides* (s.str.) *fluviatilis* (Szalay, 1929): Şenyayla Deresi, 05.09.2021, 2 ♀♀.
4. *Atractides* (s.str.) *glandulosus* (Walter, 1918): Ağılı-Gomak Deresi, 04.09.2021, 1 ♂.

5. *Atractides* (s.str.) *graecus* K. Viets, 1950:Ağilli-Gomak Deresi, 27.09.2020, 2 ♀♀.
6. *Atractides* (s.str.) *inflatipalpis* (K. Viets, 1950):Şenyayla Deresi, 14.07.2020, 1 ♀.
7. *Atractides* (s.str.) *inflatus* (Walter, 1925): Balurka Çayı, 09.05.2021, 1 ♀; Koçkar Deresi, 19.05.2021, 4 ♀♀.
8. *Atractides* (s.str.) *nodipalpis* (Thor, 1899): Şenyayla Deresi, 14.07.2020, 1 ♀.
9. *Atractides* (s.str.) *panniculatus* (Viets, 1925):Astol Deresi, 05.09.2020, 1 ♀.
10. *Atractides* (s.str.) *robustus* (Sokolow, 1940):Değirmen Deresi, 14.07.2020, 1 ♀.
11. *Atractides* (*Tympanomegapus*) *acutirostris* (Motaş & Angelier, 1927): Mezra Deresi, 27.09.2020, 2 ♂♂; Koçkar Deresi, 19.05.2021, 1 ♀; Şakirhan Çayı, 05.06.2021, 2 ♀♀.
12. *Hygrobatas* (s.str.) *anatolicus* Esen & Pešić, 2013: Gomak Deresi, 04.09.2021, 10 ♂♂, 11 ♀♀; Şenyayla Deresi, 05.09.2021, 3 ♂♂.
13. *Hygrobatas* (s.str.) *calliger* Piersig, 1896: Şenyayla Deresi, 14.07.2020, 1 ♂; 05.09.2021, 5 ♂♂, 2 ♀♀; Sarum Çayı, 24.06.2021, 2 ♂♂, 1 ♀; Şakirhan Çayı, 05.06.2021, 3 ♂♂, 2 ♀♀; Kulp Çayı, 19.06.2021, 1 ♀; Gomak Deresi, 04.09.2021, 3 ♂♂, 1 ♀.
14. *Hygrobatas* (s.str.) *longiporus* Thor, 1898: Şenyayla Deresi, 14.07.2020, 2 ♀♀; Gomak Deresi, 27.09.2020, 1 ♂, 1 ♀; 04.09.2021, 3 ♂♂, 5 ♀♀; Soravan Çayı, 05.09.2021, 1 ♂; Sarum Çayı, 24.06.2021, 2 ♂♂.
15. *Hygrobatas* (s.str.) *nigromaculatus* Lebert, 1879:Ağaçkurur-Soravang, Dere, 08.07.2020, 1 ♀.
16. *Hygrobatas* (s.str.) *trigonicus* Koenike, 1895: Soravang Deresi, 08.07.2020, 2 ♂♂, 3 ♀♀; Karabulak, Dere, 10.07.2020, 5 ♂♂, 7 ♀♀; 05.08.2021, 4 ♂♂; Şenyayla Deresi, 14.07.2020, 19 ♂♂, 11 ♀♀, 1 nimf; Sarum Çayı-Çavuş Gölü, 05.09.2020, 1 ♂, 6 ♀♀; Gomak Deresi, 27.09.2020, 1 ♀, 2 nimf; Kulp Çayı, 19.06.2021, 7 ♂♂, 1 ♀; Balurka Çayı, 09.05.2021, 7 ♂♂, 35 ♀♀; Koçkar Deresi, 19.05.2021, 2 ♀♀, 1 ♂; Şakirhan Çayı, 05.06.2021, 1 ♂, 2 ♀♀; Sarum Çayı, 24.06.2021, 11 ♂♂, 12 ♀♀.
17. *Hygrobatas* (s.str.) *turcicus* Pešić, Esen & Dabert, 2017: Koçkar Deresi, 19.05.2021, 3 ♀♀; Gomak Deresi, 04.09.2021, 2 ♂♂, 6 ♀♀; Kulp Çayı, 19.06.2021, 1 ♀; Şenyayla Deresi, 05.09.2021, 1 ♀; Sarum Çayı, 24.06.2021, 1 ♀.

#### Familya: UNIONICOLIDAE Oudemans, 1909

1. *Neumania* (s.str.) *uncinata* Walter, 1927:Mezra Deresi, 27.09.2020, 1 ♂, 1 ♀, 1 nimf; 04.09.2021, 5 ♂♂, 22 ♀♀; Gomak Deresi, 04.09.2021, 1 nimf.

#### Familya: PIONIDAE Thor, 1900

1. *Forelia variegator* (Koch, 1837): Soravan Çayı, 05.09.2021, 1 ♀.

#### Familya: ATURIDAE Thor, 1900

1. *Axonopsis* (*Hexaxonopsis*) *serrata* Walter, 1928:Mezra Deresi, 27.09.2020, 2 ♂♂, 1 ♀; Balurka Çayı, 04.09.2021, 12 ♂♂, 11 ♀♀; Şenyayla Deresi, 05.09.2021, 3 ♂♂, 1 ♀; Soravan Çayı, 05.09.2021, 1 ♀.
2. *Brachypoda* (*Hemibrachypoda*) *baderi* Di Sabatino & Cicolani, 1991: Mezra Deresi, 27.09.2020, 5 ♂♂, 11 ♀♀.
3. *Brachypoda* (*Hemibrachypoda*) *orientalis* Pešić & Esen, 2013: Mezra Deresi, 27.09.2020, 2 ♂♂, 3 ♀♀; 04.09.2021, 20 ♂♂, 14 ♀♀; Gomak Deresi, 27.08.2020, 1 ♀; 04.09.2021, 5 ♂♂, 11 ♀♀; Şenyayla Deresi, 05.09.2021, 3 ♂♂, 2 ♀♀.

#### Familya: MIDEOPSIDAE Koenike, 1910

1. *Mideopsis* (s.str.) *crassipes* Soar, 1907: Sarum Çayı, 24.06.2021, 1 ♂, 3 ♀♀; Gomak Deresi, 04.09.2021, 4 ♂♂, 9 ♀♀; Şenyayla Deresi, 05.09.2021, 5 ♀♀.
2. *Mideopsis* (s.str.) *orbicularis* (Müller, 1776): Soravang, Dere, 08.07.2020, 1 ♀; Karabulak, Dere, 10.07.2020, 2 ♀♀; Şenyayla Deresi, 14.07.2020, 1 ♂, 7 ♀♀; Gomak Deresi, 27.09.2020, 2 ♂♂, 8 ♀♀; 04.09.2021, 3 ♂♂, 10 ♀♀; Koçkar Deresi, 19.05.2021, 1 ♂.

#### Familya: ARRENURIDAE Thor, 1900

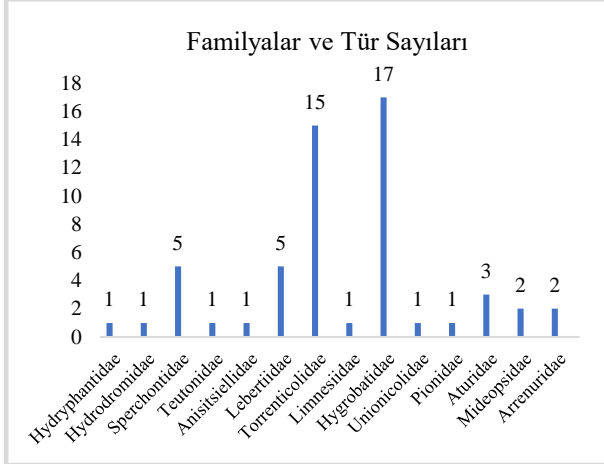
1. *Arrenurus* (s.str.) *albator* (Müller, 1776): Mezra Deresi, 04.09.2021, 2 ♀♀.
2. *Arrenurus* (*Micruracarus*) *bipapillosus* Halbert, 1911: Mezra Deresi, 04.09.2021, 1 ♂, 2 ♀♀, 1 nimf; Soravan Çayı, 05.09.2021, 2 ♂♂, 1 ♀.

#### SONUÇ

Bu çalışmada, Diyarbakır'ın Kulp ilçesinde çeşitli su kaynaklarından toplanan 14 familyadan 713 bireye ait 58 farklı tür teşhis edilmiştir. Türlerin familyalara göre dağılımı sırası ile şu şekildedir; Hydryphantidae 3, Hydrodromidae 1, Sperchontidae 5, Teutonidae 1, Anisitsiellidae 1, Lebertiidae 5, Torrenticolidae 15, Limnesiidae 1, Hygrobatidae 17, Unionicolidae 1, Pionidae 1, Aturidae 3, Mideopsidae 2 ve Arrenuridae 2 (Şekil 5). Hygrobatidae en fazla tür tespit edilen familyadır. Kulp ilçesinde birikinti, göl ve gölet bulunmadığı için tespit edilen türlerin hepsi akarsu ve kaynak örnekleridir. Bu bağlamda, akarsu örneklerinin değerlendirilmesi sonucunda biyoçeşitliliğin oldukça zengin olduğu söylenebilir.

Çalışma sahasında tespit edilen türlerden *Sperchon* (*Hispidosperchon*) *beckeri* Bader & Sepasgozarian, 1984'nin, Elazığ ilinden sonraki ilk kaydı Kulp ilçesinden verilmiştir. Bu kayıt, türün yayılış alanının daha da geniş olduğunu göstermektedir. Malatya ilinden

ilk defa tespit edilen *Lebertia (Mixolebertia) sefvei* Walter, 1911'in üç dişi bireyi kaydedilmiştir. Ayrıca Türkiye faunası için endemik olan ve Kahramanmaraş ilinden tespit edilen *Hygrobatas (s.s.tr) anatolicus* Pešić & Esen, 2013 türü, Siirt ilinden sonra bu çalışma ile Kulp ilçesinden de kaydedilmiştir. *H. anatolicus*'un yayılış alanının daha geniş olabileceğini düşünmekteyiz.



Şekil 5. Kulp ilçesinden tespit edilen su kenelerinin familyalara göre tür sayıları.

Ülkemiz sularından *Tadjikothyas connexa*'nın alt türü olan *T. connexa schwoerbli* Özkan, 1988'nin kayıtları Muş [7], Kayseri [8], Tunceli ve Erzincan'dan [9] verilmiştir. Özkan [7] alttürü *T. connexa* ve *T. fibulata* ile karşılaştırdığında palpin kısa, P-2 ve P-4'te ikişer kıl bulunduğunu, sırt plaklarındaki nokta çukurlukların az sayıda ve düzensiz, I. frontal plağın ucunun öne yönelik, oval karın plaklarının boşaltım açıklığının kitin halkasından büyük ve bacak kıllarının farklı olduğunu belirtmiştir. Sultan sazlığından kaydedilen bir örnekte de P-1'de iki kıl bulunmakta, I. frontal plağın ucu öne yöneliktir [10].

Muş'tan ilk defa tanımlanan alttür sırasıyla Kayseri, Tunceli ve Erzincan'dan da kaydedilmiştir. Bu türe ait Tunceli ve Erzincan'dan toplanan örnekler *T. connexa schwoerbli* ile uygunluk göstermektedir (Şekil 4). İncelenen dişi örneklerde önemli bazı vücut bölümlerinin ölçümleri; vücut büyüklüğü 1075-1162/790-808 µm; palp parçalarının üst uzunluğu (41-50)-(110-117)-(52-66)-(150-165)-(34-39) = 387-437 µm; keliser uzunluğu 290-377 µm; tırnak uzunluğu 65-70 µm; gnatozoma alt kenar uzunluğu 220-250 µm; eşeysel bölge büyüklüğü 252-256/170-191 µm; boşaltım açıklığı genişliği 55 µm; boşaltım açıklığına eşlik eden plakların genişliği 85-113 µm şeklindedir.

Kulp ilçesinden toplanan, bir erkek bireye ait örneğimizde, P-1'de bir kıl, P-4'te iç yan tarafta kalın bir kıl ve uç kısımda iki ince kıl olmak üzere toplam 3 kıl vardır. I. frontal plakların ucu hafif yana yönelik, karın plaklarının büyüklüğü boşaltım açıklığı kitin halkası ile hemen hemen aynı büyüklüktedir. *T. connexa schwoerbli* P-1'de iki kıl bulunması ve boşaltım açıklığının yanında bulunan plakların daha geniş olması

ile *T. connexa*'dan kolayca ayrılmaktadır. *T. connexa* örneğimiz Pesic vd. [11]'nin İran'dan verdiği bir dişi örnek ile P-1'de bir kıl bulunması, karın plaklarının boşaltım açıklığı kitin halkası büyüklüğünde olması ve bacak kıllarının benzerlik göstermesi bakımından tamamen uyusmaktadır. Kulp ilçesinden yakalanan örnekte birinci merkezi sırt plakları (Dc-1) ortada birbirbirinden uzaklaşmış ve aralarında kitin köprü yoktur. Bu özellikleri ile tür için daha önce verilen özelliklerden farklılık göstermektedir. *T. connexa schwoerbli* ve *T. connexa*'nın sistematik durumu daha fazla toplanacak örneklerin değerlendirilmesi ile açıklığa kavuşturulabilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Murat ÖZDİLEK'in Prof. Dr. Yunus ESEN danışmanlığındaki yüksek lisans tezinin özetidir.

## KAYNAKÇA



- [1] Bartsch I., Davids, C., Deichse R., Di Sabatino A., Gabrys G., Eberhard, W., Gerecke, R. (Ed.). *Chelicerata: Acari I*, Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, p. 386, 2007.
- [2] Di Sabatino A., Smit H., Gerecke R., Goldschmidt T., Matsumoto N., Cicolani, B. Global diversity of water mites (Acari, Hydrachnidia) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595 303-315, 2008.
- [3] Erman O., Pešić V., Esen Y., Özkan, M. A checklist of the water mites of Turkey (Acari: Hydrachnidia) with description of two new species. *Zootaxa*, 2624 1-48, 2010.
- [4] Erman O., Gülle P., Özkan M., Candoğan H., Boyacı, Y.Ö. Checklist of the water mites (Acari: Hydrachnidia) of Turkey: First supplement. *Zootaxa*, 4686 376-396, 2019.
- [5] Gerecke R., Weigmann G., Wohltmann A., Wurst E. Order Acari – General introduction and key to major groups. In: Gerecke, R. (Ed), Süßwasserfauna von Mitteleuropa, Vol. 7, 2-1, Elsevier GmbH, Spektrum Akademischer Verlag, München, p. 14-57, 2007.
- [6] Pešić V., Saboori A. A checklist of the water mites (Acari: Hydrachnidia) of Iran. *Zootaxa*, 1473 45-68, 2007.
- [7] Özkan M. *Tadjikothyas* cinsi (Hydrachnellae, Acari) ve Türkiye'den yeni bir alt türü hakkında. *Doga Turkish Journal Zoology*, 12 1-53, 1988.
- [8] Özkan M., Erman O. Boyacı Y.Ö. Sultan Sazlığı'nın (Kayseri) Su Akarı (Hydrachnellae, Acari) Faunası Üzerine Bir Araştırma. *Turkish Journal of Zoology*, 20 95-98, 1996.
- [9] Esen, Y.. Contribution to the water mite (Acari, Hydrachnidia) fauna of Turkey. *Acarological Studies*, 4:1 28-35, 2022.
- [10] Özkan M., Erman O., Boyacı Y.Ö. Sultan Sazlığı'nın (Kayseri) Su Akarları (Hydrachnellae, Acari) Faunası. Proje No: TBAG 1064. p 187, 1993.
- [11] Pesic V., Saboori A., Asadi M. New records of water mite species (Acari, Hydrachnidia) from Iran, with the description of one new species. *Systematic & Applied Acarology*, 10 137-147, 2005.

## Akdeniz Bölgesi Kozmik Radyasyon Doz Eşdeğerinin Fluka/Flair Programı ile Belirlenmesi

Madi BÜLBÜL<sup>1</sup>, Hanifi ÇAM<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fizik Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, Sütçü İmam Üniversitesi, K. Maraş, Türkiye

<sup>2</sup> Elektrik ve Otomasyon Bölümü, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Sütçü İmam Üniversitesi, K. Maraş, Türkiye

✉: [madibulbul123@gmail.com](mailto:madibulbul123@gmail.com)  <sup>1</sup>0000-0002-0053-1907  <sup>2</sup>0000-0002-9980-0037

Geliş (Received): 20.06.2023

Düzeltilme (ReVision): 20.11.2023

Kabul (Accepted): 07.12.2023

### ÖZ

Bu çalışmada; Akdeniz Bölgesine ait olan Adana, Antalya, Burdur, Isparta, Mersin, Hatay, Kahramanmaraş ve Osmaniye illerinin yıllık ortalama kozmik radyasyon doz eşdeğerleri tespit edilmeye çalışılmış olup bu değerler RGY(Radyasyon Güvenlik Yönetmeliği) ve ICRP(Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu)'nun belirlemiş olduğu değerler ile karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda Orta Karadeniz Bölgesinde, aynı programla yapılan farklı çalışma ile sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan tüm ölçümler sonucunda en fazla maruziyet 467,6  $\mu\text{Sv/y}$  değer ile Isparta iline ait iken en az maruziyet değeri ise 285,4  $\mu\text{Sv/y}$  ile Mersin iline ait çıkmıştır. RGY ve ICRP'ye göre maruziyet oranı çok düşük olduğu ve maruziyet etkisinin rakım ile doğrudan orantılı olduğu tespit edilmiştir. Aynı enlem üzerinde bulunan bölgeler için ise boylamın bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kozmik radyasyon, Akdeniz Bölgesi, Rakım, Fluka/Flair

## Average Determination of the Cosmic Radiation Dose Equivalent in the Mediterranean Region by Fluka/Flair Program

### ABSTRACT

In this study, which belongs to the Mediterranean region, Adana, Antalya, Burdur, Isparta, Mersin, Hatay, Kahramanmaraş and Osmaniye provinces and these values have been studied to determine the equivalent dose of cosmic radiation, the average annual RGY (Radiation safety regulation) and ICRP (International Commission on Radiation Protection) are compared with a set of rules. At the same time, the results were compared with a study conducted with the same program in the Central Black Sea Region. As a result of all measurement comparisons, the maximum exposure belongs to the province of Isparta with a value of 467.6  $\mu\text{Sv} / \text{y}$ , while the minimum exposure value belongs to the province of Mersin with a value of 285.4  $\mu\text{Sv} / \text{y}$ . According to RGY and ICRP, the exposure rate was found to be very low and the exposure effect was directly proportional to the altitude. For regions located on the same latitude, longitude has no effect.

**Keywords:** Cosmic Radiation, Mediterranean Region, Altitude, Fluka/Flair

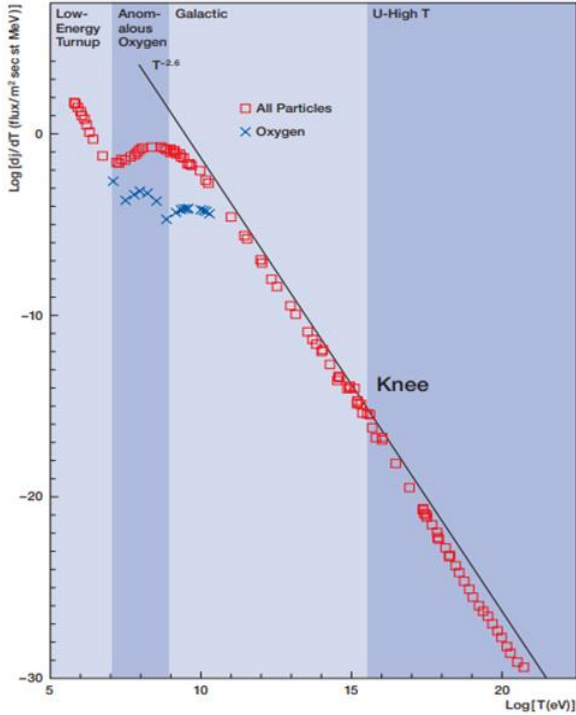
### GİRİŞ

Kozmik ışınlar, çok yüksek hıza ulaşmış elektronlar, nötronlar ve atom çekirdeklerinden oluşur. Temel bileşimleri, kaynak bölgedeki kimyasal parçalanma hakkında bilgi sağlamanın yanı sıra, bu bölgenin doğası ve yıldızlararası uzayda kozmik ışınların yayılması hakkında da bazı bilgiler sağlar. Kozmik ışın izotopları kaynak bölgenin doğasını, enjeksiyonun zaman çizelgelerini ve ilk ivmeyi daha derinlemesine inceler.  $\text{Be}^{10}$ ,  $\text{Al}^{26}$  ve  $\text{Cl}^{36}$  gibi radyoaktif izotoplar, disk ve hale bölgelerindeki kozmik ışınların zamansal geçmişini ortaya çıkarır. Yük ve kütle bileşiminin enerji ile değişimi-enerji spektrumları-hızlanma süreci ve Galaksideki parçacık taşınımı ile ilgilidir. Ultra yüksek enerjilerde iyileştirilmiş ölçümler mevcut

olduğunda, bu parçacıkların galaktik mi yoksa ekstra galaktik kökenli mi olduğunu belirlemek mümkündür. Yüksek enerjilerde kozmik ışın varış yönü, güçlü kaynakların yaklaşık yönünü de gösterebilir. Kozmik ışınların en dikkat çekici özelliği enerji spektrumlarıdır. Bu spektrumların enerji durumları Şekil 1'de gösterilmiş olup  $10^9$  eV'den  $10^{20}$  eV'ye kadar ki spektrumların yoğunluğu yaklaşık 10 büyüklük skalası üzerinde nispeten özelliksiz bir güç yasası dağılımı gösterir. Birkaç GeV'in altındaki enerjilerde güneş modülasyonunun etkisi 11-22 yıllık güneş ve heliomanyetik döngülerle ve 1AU' daki zamansal varyasyonlarla önem kazanır. 40 MeV'den daha düşük enerjilerde oksijen spektrumları anormal kozmik ışınların varlığını göstermektedir. Bunlar, güneş rüzgârı sonlandırma şokunda hızlanan kısmen



iyonize yıldızlararası atomlardır. 10 MeV'e yakın, güneş / gezegenler arası kökenli parçacıklar tarafından üretilen iyon spektrumunda oldukça değişken bir artış vardır, ancak bazı güneş patlaması olaylarında onlarca GeV'den daha fazla enerjilerle hızlandıkları kaydedilmiştir [1].



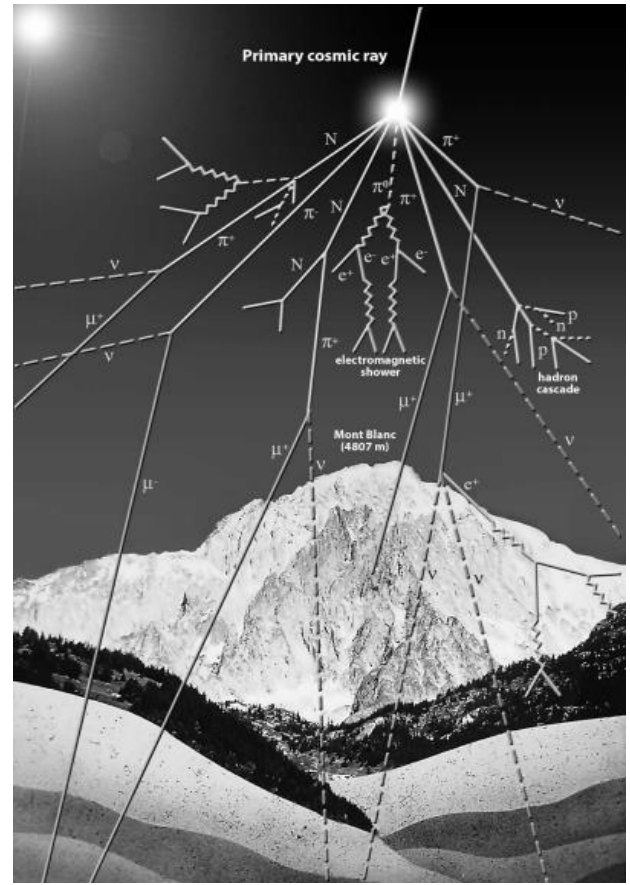
Şekil 1. Dünya'dan ölçülen kozmik ışınların enerji spektrumu [1]

10<sup>14</sup> eV'in üzerinde, kozmik ışınların akışı, birincil parçacıkların doğrudan algılanmasının istatistiksel olarak görünmediği noktaya kadar azalır. Bu enerjinin üzerinde kozmik ışınlar, Dünya atmosferi ile etkileşimlerini gözlemleyerek dolaylı olarak tespit edilebilir. İlk etkileşim tipik olarak, toplam enerjinin yaklaşık yarısını (etkileşimin tam esnekliğine bağlı olarak) taşıyan bir pion duşu üretirken, kalan kozmik ışınların primeri tekrar etkileşime devam eder. Duşun gelişimi ilk birkaç etkileşimde üretilen parçacıkların davranışları izlenerek bulunabilir [2].

Hava duşunun oluşmasını sağlayan kozmik ışınların, enerjisine bağlı olarak; elektronlar, pozitronlar, piyonlar, müonlar, gamalar ve nötrinolar gibi milyonlarca hatta milyarlarca parçacık oluşabilir. Hava duşu gösterimi Şekil 2'de gösterilmiştir [3].

Newton'a göre, kapsamlı hava duşlarının gelişimini modellemek için Monte Carlo simülasyonları yapılabilir, ancak yüksek enerjilerde meydana gelen fiziksel süreçler hakkındaki bilgi eksikliği, farklı modeller arasında tutarsızlıklara yol açar. Parçacık kesitleri ve ikincil parçacıkların çokluğu üzerine çalışmalar, 10<sup>15</sup> eV'lik sabit hedef enerjilerinden eşdeğer kütle merkezi enerjilerine kadar hızlandırıcılarda gerçekleştirilmiştir (bir parçacığın

geri kalan çerçevesinde) ve sonuçta 10<sup>20</sup> eV'lik enerjilere ulaştığı hesaplanmıştır [2].



Şekil 2. Kozmik hava duşu [3]

Kozmik etkileşimlerin daha iyi anlaşılması, hava duşu modellerinde iyileştirmelere yol açması ve bu da kozmik ışın verilerinin daha iyi yorumlanmasına izin vermiştir. Yüksek irtifa balon deneylerinde hızlandırıcı fizikten algılama teknikleri uygulanması ve atmosferin tepesindeki kozmik ışın bileşiminin doğrudan ölçülmesine izin verebilir [3].

Birincil kozmik ışınlar yıldızlardan, Güneşten ve diğer galaksilerden gelen yüksek enerji içeren parçacıklar olup bunların %9'unu Helyum, %90'ını Hidrojen ve geri kalanını ise Uranyum'a kadar olan diğer ağır parçacıkların oluşturduğu bilinmektedir. Birincil ışınların enerji miktarları 10<sup>7</sup> ile 10<sup>20</sup> arasındadır. Birincil parçacıkların Dünya atmosferinin en üst kısmına düşme oranı içerdiği enerji ile ters orantılıdır. 1 GeV enerjisine sahip olan parçacıklar m<sup>2</sup> başına 10<sup>4</sup> oranında düşerken, daha yüksek enerjiye sahip parçacıklar her yüzyılda km<sup>2</sup> içine 1 adetten az düşebilirler [4].

Birincil kozmik ışın parçacıklarının atmosfere girdiğinde yaptığı hadronik etkileşim sonucunda ikincil kozmik ışınlar oluşur ve oluşan nükleonlar,

kaonlar( $K^-$ ,  $K^0$ ,  $K^+$ ) ve pionlar( $\pi^-$ ,  $\pi^0$ ,  $\pi^+$ ) başta olmak üzere mezonlar da oluşmaktadır. Pionların yarı ömürleri kısa olduğu için yeryüzüne ulaşamazlar. Yüklü pionlar ( $\pi^-$ ,  $\pi^+$ ) bozunarak müonlar ( $\mu^-$ ,  $\mu^+$ ) oluşmakla birlikte elektronlar ve müon nötrinoları ( $V_e, V_\mu$ ) oluşur. Nötr pionların ( $\pi^0$ ) bozunması ile kaybolan enerjiye denk gelen ve elektronun yavaşlamasıyla Bremsstrahlung ışını oluşur. Bu ışınlar pozitron ve elektron ( $e^-$ ,  $e^+$ ) oluşturarak çift oluşumu sağlar. Sonuçta pionlar bozunarak kararsız lepton olan müon, bozunarak pozitron, elektron, nötrino ile müon nötrinolarına dönüşür [5].

Müonlar, bir adet elektronun kütlelerinin 200 katı kütleyle sahip temel yüklü bir parçacıktır. Bu parçacıklar zayıf etkileşme nedeniyle bozunurlar. Müonlar atmosferin üst yörüngesindeki gazlarla etkileşim haline geçerek çok sayıda çok miktarda oluşan pionların ve pi mezonlarının bozunması ile oluşur. Müonlar zayıf etkileşimleri nedeniyle deniz düzeyine ulaşabilecek kadar uzun bir yarı ömre sahiptir. Bu yarı ömür ise  $2.2 \times 10^{-6}$  saniye kadardır [6]. Bu parçacıkların sembol, kütle ve yarı ömürleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

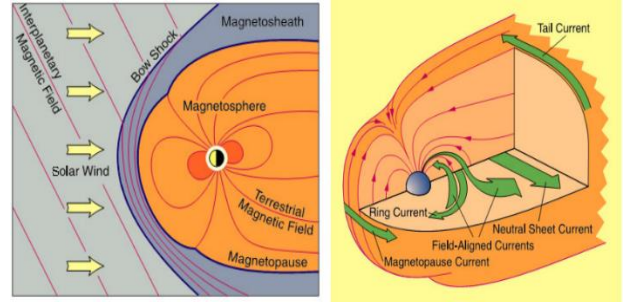
**Tablo 1.** Temel parçacıkların yarı ömrü [5]

Tip	İsim	Semb.	Kütle (MeV/c <sup>2</sup> )	Yarı Ömür
Lepton	Elektron	$e^-$	0,511	$>4.6 \times 10^2$
	Pozitron	$e^+$		<sup>0</sup> yıl
	Müon	$\mu^-$	105,6	$2.2 \times 10^{-6}$
	Antimüon	$\mu^+$		s
	Tau	$\tau^-$	1777	$2.9 \times 10^{-13}$
Antitau	$\tau^+$		s	
Mezon	Nötral Pion	$\pi^0$	135	$8.4 \times 10^{-17}$
	Yüklü Pion	$\pi^+$ , $\pi^-$	139,6	$2.6 \times 10^{-8}$
				s
Baryo	Proton	$p^+$	938,2	$>10^{29}$ yıl
	Antiproton	$p^-$		
	Nötron	$n$	939,6	885,7 s
	Antinötron	$n^*$		

Dünya'nın manyetosferi, Dünya'nın manyetik alanının hâkim olduğu Güneş rüzgârı akışıyla çevrili ayrı bir bölgedir. Yaklaşan Güneş rüzgârları Dünya'nın manyetik alanının gündüz tarafında itilmesine ve gece tarafında gerilmesine neden olur. Bu nedenle oluşan duruma manyetotay denir. Güneş rüzgârının ve Dünya'nın manyetik alanının hâkim olduğu her iki ortamı da ayıran sınıra manyetopoz sınırı denir. Bu sınırda güneş rüzgârı dinamik basıncı, Dünya'nın manyetik basıncına eşittir. Güneşten atılan plazma, önce güneş rüzgârının süpersonik akışının ses altı akışına indirildiği ve manyetopoz ile yay şoku

arasında sıkışarak çalkantılı hale geldiği yay şokuyla karşılaşır. Bu bölgeye ise manyetosheath denir.

Dünya'nın manyetosferindeki sürekli hareket eden yüklü parçacıklar iyonosferde alan hizalı akımlar (FAC'LER) yoluyla kapanan akımlar oluşturur ve tüm bu sistem güneş rüzgârı koşullarından etkilenir. Ortalama güneş rüzgârı, santimetre küp başına 1.4-1.6 = 105 K sıcaklıkta 3 ila 6 atom içerir ve 400 km / sn hızla gelen yaklaşık 1.2 nPa dinamik bir basınca sahiptir [7].



**Şekil 3.** Manyetosferik Çevre [8]

Şekil 3'te yukarıda belirtilen süreçler nedeniyle oluşan akımlar ve bölgeler görülmektedir. Gün tarafında, Dünya'nın manyetik alanı ile güneş rüzgârı dinamik basıncı arasındaki dengenin gerekliliği nedeniyle gün tarafında manyetopoz akımı akar [8].

Bu akım sistemi, dinamik basınç arttığında yüksek yoğunluklu ve / veya hızlı güneş rüzgârı dönemlerinde Dünya'ya doğru itilir ve yönü nedeniyle Dünya'nın manyetik alanında pozitif dalgalanmalar yaratır. Gece yarısında, parçacıkların kayması nedeniyle batıya doğru akan Dünya çevresindeki halka akımına ek olarak, kuyruk arası akım sistemi görülür. Manyetosferik konveksiyon, o bölgedeki parçacıkların sayı yoğunluğunu kontrol eder. Akım, iyonosferik akımlar yoluyla veya manyetosferde her iki alan hizalı akımda da kapalıdır. Halka akımı Dünyanın gece tarafında daha güçlüdür ve tekdüze değildir [9].

Akdeniz Bölgesi adını komşu olduğu Akdeniz'den alan Türkiye yüzölçümünün %14,2'sini kaplayan bölgeden oluşmaktadır. Akdeniz Bölgesi, nüfus yoğunluğu ve yüzölçümü bakımından diğer bölgeler arasında 4. sırada iken, nüfus çokluğu oranında 3. sırada yer almaktadır. Akdeniz Bölgesi Türkiye'nin güney kısmında bölgesel olarak genişleyip daralan bir yapıya sahiptir [10].

Bölgeyi oluşturan şehirler ise; Adana, Antalya, Osmaniye, Hatay, Mersin, Kahramanmaraş, Isparta ve Burdur illeridir. Bu il merkezlerinin en yüksek rakımlısı 1049 metre ile Isparta iken en düşük rakımlısı ise 10 metre ile Mersin ilidir. Bölge bir şerit halinde uzandığı için iller arası enlem farkı en fazla

Hatay ile Burdur arasında görülmektedir. Söz konusu özellikler tablo 2 ve şekil 4'te görülmektedir.

**Tablo 2.** Akdeniz bölgesi illerinin rakım ve koordinatları

İl	Rakım (Metre)	Enlem	Boylam
Adana	23	37 N	35,321333 E
Antalya	39	36,88414 N	30,705630 E
Burdur	950	37,718416 N	30,282007 E
Hatay	100	36,202216 N	36,161948 E
Isparta	1049	37,764771 N	30,556561 E
K. Maraş	568	37,574957 N	36,924115 E
Mersin	10	36,8 N	34,633333 E
Osmaniye	129	37,074478 N	36,246295 E

Kozmik ışınlar aynı enlem üzerinde bulunan bölgelerin boylamına göre değişim göstermezler. Uluslararası Radyasyon Birimleri Komisyonu (ICRU) tarafından belirlenen doz birimlerine göre aktivite; radyoaktif bir maddede bir saniye içerisinde gerçekleşen bozunma adedine denk gelmektedir. Birimi becquerel'dir. Birim zamanda ışınlanma miktarına ışınlanma dozu, birim kütlede soğurulan radyasyon miktarına absorbe doz ve canlı dokunun her bir gramında 1 rad değerinde etki gösteren ışın miktarına ise insan eşdeğer dozu denip, birimi ise sievert(Sv)dır [12].

**Tablo 3.** Radyasyon dozu birimleri [12]

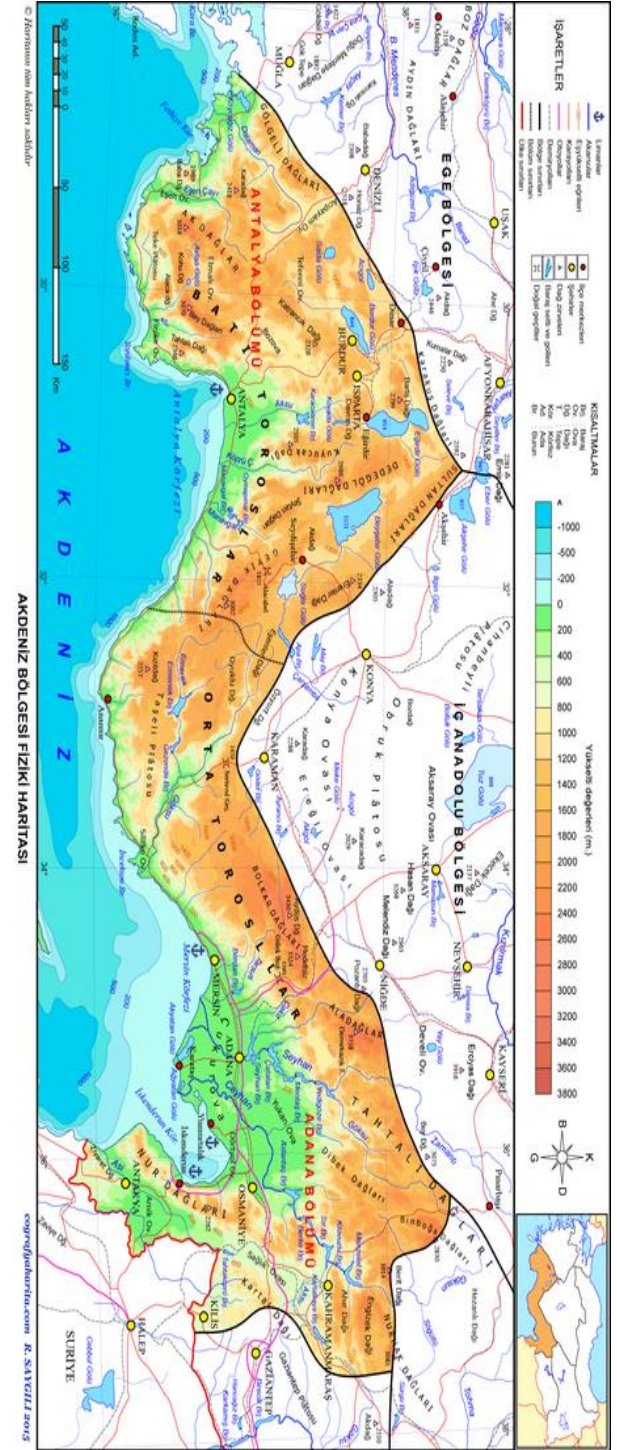
	Eski Birim	Yeni Birim	Dönüşüm
Aktivite	Curie	Becquerel	1 Ci=3,7x10 <sup>10</sup> Bq
Işınlanma Dozu	Röntgen	Coulomb/kg	1R=2,58x10 <sup>-4</sup> C/kg
Soğurulmuş Doz	Rad	Gray(Gy)	1Gy=100 rad
Eşdeğer Doz	Rem	Sievert(Sv)	1Sv=100 rem

Radyasyon güvenlik yönetmeliği gereğince;

a) Radyasyon altında çalışan personeller için ard arda gelen beş yılın ortalama değeri 20 mSv'i, herhangi bir senede ise 50 mSv'i geçemez. Ayak ve el veya vücut için yıllık doz eşdeğer sınırı 500 mSv, göz için ise 150 mSv'dir. Cilt için en fazla radyasyona maruz bulunan 1cm'lik bölgenin doz eşdeğeri, diğer bölgelerin dozuna bakılmaksızın ortalama cilt doz eşdeğeri olarak belirlenmektedir.

b) Topluğa ait bir bireyde etkili doz yıllık 1mSv'i geçemez. İstisnai durumda; ard arda beş yılın ortalama değeri 1mSv olmak kaydıyla 5 mSv'da kadar uygun görülür. Cilt için yıllık doz eşdeğere sınırı 50 mSv iken göz merceğinde 15 mSv'dir.

c)18 yaşından küçük bireyler radyasyon ortamı altında çalıştırılmazlar [13].



**Şekil 4.** Akdeniz Bölgesi [11]

ICRP (Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu)'nin belirlemiş olduğu ölçütler ise tablo 4'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Yıllık alınan doz ve önlem düzeyleri (ICRP) [14]

Yüksek	>100 mSv
Artmış	10-100 mSv
Düşük	1-10 mSv
Çok Düşük	<1 mSv
Önemsiz	<0.01 mSv

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Fluka/Flair Programı

Fluka, proton ve elektron hızlandırıcı korumadan hedef tasarıma, kalorimetriye, aktivasyona, dozimetriye, dedektör tasarımına, Hızlandırıcı tahrikli sistemlere, kozmik ışınlar, nötrino fiziği, radyoterapi vb. konulara kadar uzanan, geniş bir uygulama yelpazesini kapsayan parçacık taşınımı ve madde ile etkileşimlerin hesaplanması için genel amaçlı bir araçtır.

Fluka'nın tasarım ve geliştirilmesindeki en büyük öncelik, her zaman sağlam ve modern fiziksel modellerin uygulanması ve geliştirilmesi olmuştur. Mümkün olduğunda mikroskobik modeller benimsenir, tüm reaksiyon basamakları ve reaksiyon tipleri arasında tutarlılık sağlanır. Her adımda koruma yasaları uygulanır. Sonuçlar tek etkileşim düzeyinde deneysel verilere göre kontrol edilir. Sonuç olarak, tüm enerji / hedef / mermi kombinasyonları için sabitlenmiş minimum serbest parametre seti ile nihai tahminler elde edilir. Bu nedenle, karmaşık durumlarda sonuçların yanı sıra özellikler ve ölçeklendirme yasaları, temel fiziksel modellerden doğal olarak ortaya çıkar, deneysel verilerin doğrudan meVcut olmadığı yerlerde verimlilik sağlanır ve etkileşimler içindeki ve dış bileşenleri arasındaki korelasyonlar korunur.

Fluka, 100 eV–1 KeV'den binlerce TeV'e fotonlar, elektronlar, nötrinolar, herhangi bir enerjinin müonları, 20 TeV'e kadar olan enerjilerin (Fluka'yı Dpmjet koduyla bağlayarak 10 peV'e kadar) hadronları dâhil olmak üzere yaklaşık 60 farklı parçacığın maddesindeki etkileşimi ve yayılımı, yüksek doğrulukla ve karşılık gelen tüm anti partikülleri, termal enerjilere ve ağır iyonlara kadar nötronlar simüle edebilir. Program ayrıca polarize fotonları (örneğin senkrotron radyasyonu) ve optik fotonları da taşıyabilir. Kararsız artık çekirdeklerden yayılan radyasyonun zaman evrimi ve takibi hat üzerinde gerçekleştirilebilir.

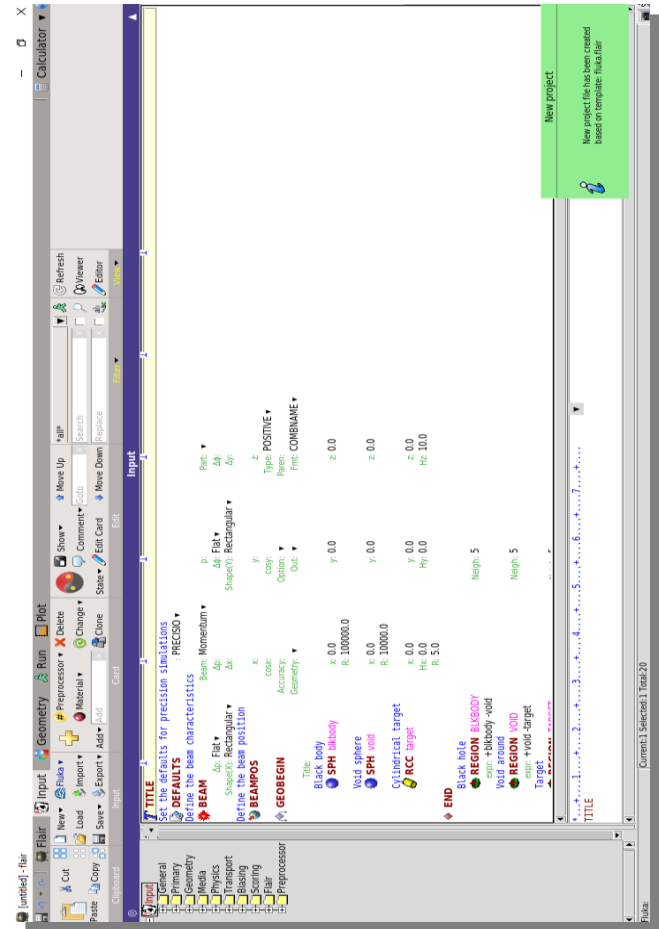
Fluka, iyi bilinen Kombinatoriyal Geometri (CG) paketinin geliştirilmiş bir sürümünü kullanarak çok karmaşık geometrileri bile işleyebilir. Fluka CG, yüklü parçacıkları (manyetik veya elektrik alanların varlığında bile) doğru bir şekilde izlemek üzere tasarlanmıştır. Çeşitli görselleştirme ve hata ayıklama araçları da mevcuttur.

Çoğu uygulama için kullanıcıdan programlama gerekmez. Ancak, özel gereksinimleri olan kullanıcılar için bir dizi kullanıcı arabirimi yordamları (Fortran 77'de) kullanılabilir.

Fluka fiziksel modelleri çeşitli dergi ve konferans makalelerinde açıklanmıştır; Teknik tarafta, verimlilik, doğruluk, tutarlılık ve esneklik gibi görünüşte birbiriyle çelişen dört gereksinime vurgu yapılmıştır.

Tablo arama örneklemesine sık sık başvurularak verimlilik sağlanmış ve sistematik bir çift kesinlik kullanımı genel doğruluk üzerinde büyük bir etkiye sahip olmuştur: her iki nitelik de benimsenen algoritmaların dikkatli bir seçiminden yararlanılmıştır. Kullanıcı tarafından yazılan kod ihtiyacını en aza indirirken makul bir esneklik elde etmek için, programa kullanıcıya sunulan çok sayıda seçenek sağlanmış ve dinamik boyutlandırma getirilerek tamamen yeniden yapılandırılmıştır.

Muhtemelen başka hiçbir Monte Carlo programında bulunmayan Fluka'nın bir başka özelliği de tamamen analog bir modun yanı sıra önyargılı bir modda da kullanılabilme yeteneğidir. Bu, dalgalanmaları, sinyal tesadüflerini ve diğer ilişkili olayları tahmin etmek için kullanılabilmesine rağmen, birçok büyüklük sırasına göre zayıflamalarla bağlantılı olarak diğer nadir olayları araştırmak için çok çeşitli istatistiksel tekniklerin de mevcut olduğu anlamına gelir [15].



**Şekil 5.** Fluka/Flair Arayüzü

## Fluka/Flair'de Kozmik Işın Hesabı

Fluka'da bir işlemin yapılabilmesi için öncelikle problem belirlenir ve problem üzerine program mimarisi inşa edilir. Çalışmamızda kozmik ışın radyasyon doz eşdeğeri hesabı yapılacağı için bu doğrultuda tanımlamalar yapılır. Ölçüm yapılacak bölgenin irtifasına göre ABD standartlarında fluka atmosferik katman yapısına karşılık gelen kodlar kullanılır.

FLUKA region	km from s.l.	US St. Atm. Depth (g/cm <sup>2</sup> )	FLUKA region	km from s.l.	US St. Atm. Depth (g/cm <sup>2</sup> )	FLUKA region	km from s.l.	US St. Atm. Depth (g/cm <sup>2</sup> )
1.0	70.0	0.092	35.0	31.6	9.367	69.0	10.7	242.777
2.0	68.5	0.108	36.0	30.8	10.540	70.0	10.2	260.107
3.0	67.1	0.126	37.0	30.0	11.849	71.0	9.8	278.093
4.0	65.6	0.146	38.0	29.2	13.309	72.0	9.4	296.729
5.0	64.2	0.170	39.0	28.4	14.937	73.0	8.9	316.007
6.0	62.8	0.198	40.0	27.7	16.748	74.0	8.5	335.921
7.0	61.5	0.230	41.0	26.9	18.763	75.0	8.1	356.460
8.0	60.1	0.266	42.0	26.2	21.004	76.0	7.7	377.615
9.0	58.8	0.308	43.0	25.5	23.492	77.0	7.3	399.374
10.0	57.5	0.356	44.0	24.8	26.255	78.0	6.9	421.727
11.0	56.2	0.411	45.0	24.1	29.290	79.0	6.6	444.661
12.0	55.0	0.474	46.0	23.4	32.613	80.0	6.2	468.163
13.0	53.8	0.546	47.0	22.7	36.244	81.0	5.8	492.219
14.0	52.5	0.628	48.0	22.1	40.205	82.0	5.5	516.815
15.0	51.4	0.722	49.0	21.4	44.516	83.0	5.1	541.936
16.0	50.2	0.828	50.0	20.8	49.201	84.0	4.8	567.566
17.0	49.1	0.950	51.0	20.2	54.283	85.0	4.4	593.691
18.0	47.9	1.088	52.0	19.6	59.785	86.0	4.1	620.295
19.0	46.8	1.245	53.0	19.0	65.733	87.0	3.8	647.359
20.0	45.7	1.423	54.0	18.4	72.152	88.0	3.4	674.869
21.0	44.7	1.625	55.0	17.8	79.068	89.0	3.1	702.807
22.0	43.6	1.854	56.0	17.2	86.506	90.0	2.8	731.155
23.0	42.6	2.112	57.0	16.7	94.493	91.0	2.5	759.898
24.0	41.6	2.404	58.0	16.1	103.057	92.0	2.2	789.016
25.0	40.6	2.734	59.0	15.6	112.224	93.0	1.9	818.493
26.0	39.6	3.106	60.0	15.0	122.023	94.0	1.6	848.311
27.0	38.7	3.525	61.0	14.5	132.482	95.0	1.3	878.453
28.0	37.7	3.996	62.0	14.0	143.628	96.0	1.1	908.900
29.0	36.8	4.526	63.0	13.5	155.489	97.0	0.8	939.636
30.0	35.9	5.121	64.0	13.0	168.094	98.0	0.5	970.643
31.0	35.0	5.789	65.0	12.5	181.471	99.0	0.3	1001.903
32.0	34.1	6.538	66.0	12.0	195.646	100.0	0.0	1033.400
33.0	33.3	7.378	67.0	11.6	210.649			
34.0	32.4	8.317	68.0	11.1	226.507			

Şekil 6. Fluka atmosferik derinlik [16]

Kozmik ışın hesaplamaları SPECSOU ve GCR-SPE (başlatma amacıyla) kullanılır. Ayrıca atmogeo.cards adı ile üretilen dünya geometrisi programa eklenerek hesaplama işlemi yapılır.

## TARTIŞMA

Yapılan çalışmada Akdeniz bölgesine ait illerin kozmik radyasyon doz eşdeğerleri fluka/flair programı ile hesaplanmış olup değerler Tablo 7'de görülmektedir. Yapılan hesaplamalar ise mikroSieVert/year türündendir. Tablo 7 incelendiğinde en fazla kozmik ışın radyasyonuna maruz kalan ilin 1049 metre rakımı ve 467,6  $\mu$ S değeri ile Isparta olduğu görülmekle birlikte en az radyasyon maruziyetinde kalan ilin ise 10 metre rakımı ve 285,4  $\mu$ S/y değeri ile Mersin olduğu görülmektedir. Osmaniye ve Hatay arasındaki 1 derecelik enlem faktörünün ve 23 metrelik rakım değerinin sadece 3  $\mu$ S/y'lık bir etki yaptığı yani enlem faktörünün kısa mesafelerde çok etkili olmadığı görülmektedir.

Tablo 5'te ise Gazi üniversitesi tarafından yapılan Orta Karadeniz kozmik radyasyon doz eşdeğeri verilerinin alındığı illere ait coğrafi veriler görülmektedir.

Tablo 5. Orta Karadeniz'in rakım, enlem ve boylamı [17]

İller	Enlem	Boylam	Rakım(m)
Amasya	40,6668	35,8353	409
Çorum	40,5461	34,9362	776
Ordu	40,9838	37,8858	5
Samsun	41,3442	36,2564	4
Sinop	42,0299	35,1545	0
Tokat	40,3112	36,5577	611

Gazi üniversitesi tarafından yapılan bu çalışmada Orta Karadeniz kozmik radyasyon doz eşdeğer verileri Tablo 8'de verilmektedir. Bu verileri incelediğimizde rakımı 0 metre olan Sinop ili 341  $\mu$ Sv/y'lık bir değerde iken rakımı 776 metre olan Çorum ilinin kozmik radyasyon maruziyeti 441  $\mu$ Sv/y bir değerde olduğu görülmektedir. Ayrıca yapılan bu çalışma, bizim çalışmamızı doğrular nitelikte olup kozmik radyasyon doz eşdeğerinin rakım ile doğru Orantılı bir şekilde arttığını ispat ederken enlem faktörünün kısa mesafelerde çok etkili olmadığını göstermiştir. Yapılan her iki çalışmada en fazla etkiye sahip olan parçacığın müonlar olduğu tespit edilmiş olup bu parçacığın en fazla etki göstermesinin nedeni ise ikincil kozmik ışınlar içerisinde en son oluşan parçacıklar olması olduğu düşünülmektedir.

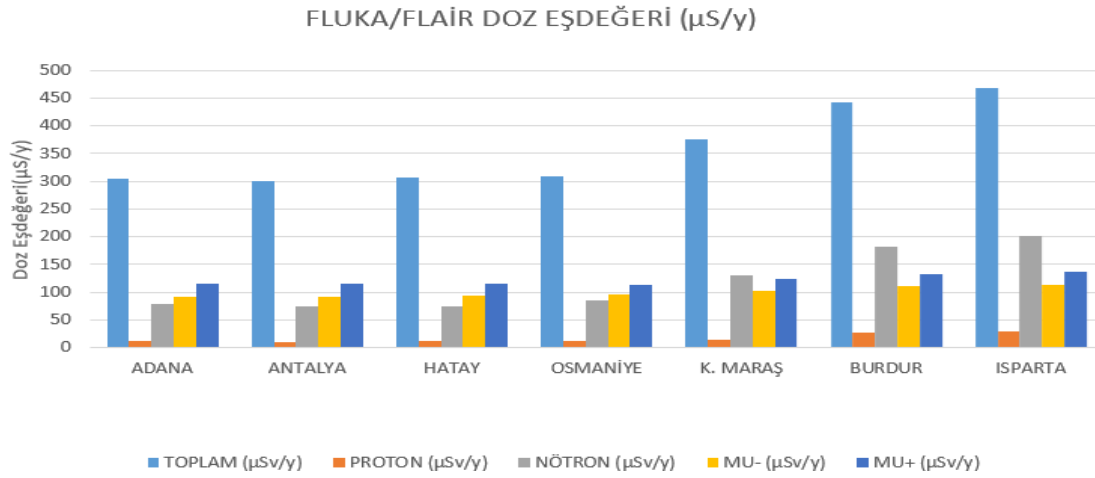
Protonların en az etki göstermesinin sebebi ise birincil parçacıklara ait olmaları ve kapsamlı hava duşları ile yeryüzüne ulaşana kadar parçalanmaları olduğu düşünülmektedir. Bunu doğrulayan bir kanıt ise rakım değeri arttıkça proton maruziyetinin artmasıdır. Yine aynı şekilde rakım arttıkça nötron maruziyeti de artmaktadır.

Şekil 7 ve tablo 6'da çalışmamıza ait verilerin sütun grafik ve yüzdesel dağılımları verilmektedir.

Tablo 6. Parçacık maruziyet oranı

İl	Proton (%)	Nötron (%)	-Mu (%)	+Mu (%)
Adana	4,02	25,77	30,3	37,6
Antalya	3,5	24,95	30,6	38,2
Burdur	6,2	41,33	25,08	30,02
Hatay	3,86	24,18	30,43	37,37
Isparta	6,37	43,07	24,16	29,02
K.Maraş	4	34,77	26,98	32,77
Mersin	3,29	24,07	33,11	38,99
Osmaniye	3,63	27,78	30,83	36,7

Parçacıkların toplam etki üzerindeki yüzdelik dilimleri incelendiğinde %70 seviyesinde muon parçacıklarının etkili olduğu görülmektedir. Bu etkiyi sırası ile nötron ve proton takip etmektedir.



Şekil 7. Fluka/Flair doz eşdeğer grafiği

Tablo 7. Orta Karadeniz bölgesi illerine ait veriler

İl	Toplam(μSv/y)	Proton(μSv/y)	Nötron(μSv/y)	-Muon(μSv/y)	+Muon(μSv/y)
Adana	305,3±0,89	12,3±0,4	78,7±1,06	92,5±0,65	114,8±0,65
Antalya	300,6±0,92	10,4±0,34	75±1,24	92±0,68	114,5±0,64
Burdur	441,3±5,04	27,4±0,62	182,4±2,04	110,7±0,71	132,5±0,72
Hatay	305,6±0,97	11,8±0,37	73,9±1,02	93±0,71	114,2±0,84
Isparta	467,6±5,14	29,8±0,71	201,4±3,02	113±0,9	135,7±0,76
K.Maraş	375±2,46	15±0,43	130,4±1,86	101,2±0,88	122,9±0,68
Mersin	285,4±0,87	9,4±0,33	68,7±0,68	94,5±0,74	111,3±0,7
Osmaniye	308,4±0,98	11,2±0,35	85,7±1,12	95,1±0,72	113,2±0,69

Tablo 8. Orta Karadeniz bölgesi illerine ait veriler[17]

İl	Toplam(μSv/y)	Proton(μSv/y)	Nötron(μSv/y)	-Muon(μSv/y)	+Muon(μSv/y)
Amasya	378	17	136	99	125
Çorum	441	22	180	105	134
Ordu	310	13	88	93	117
Samsun	319	14	90	94	120
Sinop	341	15	100	98	126
Tokat	363	17	128	96	122

## SONUÇ

Bu çalışmada, Akdeniz Bölgesine ait olan illerin kozmik radyasyon doz eşdeğerleri tespit edilmiş olup diğer şehirler ve ICRP (Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu)'nin belirlemiş olduğu sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen ölçüm değerlerine göre maruziyet oranı 467,6 μSv/y değeri ile en yüksek çıkan il olan Isparta bile radyasyon güvenlik yönetmeliğinin yılda 1mSv'lık değerinin %50'lik kısmını kaplayamamıştır. ICRP (Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu)'nin belirlemiş olduğu ölçütlere göre 1mSv'nin altında bulunduğu için çok düşük kategorisinde yer almaktadır.

Rakım ve enlem artışı ile kozmik ışın maruziyeti arasında bir paralellik tespit edilmiş olup rakım artışının ihmal edilemeyecek derecede maruziyet artışına sebep olduğu görülmüştür. Bununla birlikte aynı enlem üzerinde yer alan bölgelerde boylamın etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Dünya'nın manyetik alanın yapısı ile kozmik radyasyon artış bölgelerine bakıldığında kutuplara doğru van allen radyasyon kuşağındaki incelmeden dolayı kutup bölgelerine gidildikçe kozmik radyasyon doz eşdeğerinin arttığı düşünülmektedir. Ayrıca 10 metre rakıma sahip Mersin ilinin 285,4 μSv/y değeri ile 5 metre rakımdaki Ordu ilinin 310 μSv/y'lık değerleri kıyaslandığında rakımları hemen hemen aynı olmasına rağmen daha kuzeyde bulunan Ordu ilinin kozmik radyasyon maruziyetinin daha fazla olması savımızı kanıtlar niteliktedir.

Kozmik ışının parçacık dağılımı incelendiğinde ise ikincil parçacıklar arasında yer alan müonların en fazla dilimi kapladığı görülmüştür. Müonların en fazla sayıda bulunmasının nedeni ise oluşan hava duşu ürünlerinin son kısmında yer alması olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda protonun en az etkiye sahip olması da birincil parçacıklar arasında olması düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Çalışmam esnasında bana derin tecrübe ve bilgileri ile yardımcı olan sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Hanifi ÇAM Bey'e teşekkürlerimi sunarım.

## KAYNAKÇA



- [1] Schlaepfer, H. Cosmic Rays, 2003, 15(1), 1. 2003.
- [2] Newton, D. W. Measuring the Lateral Distribution of Extensive Air Showers to Characterise Properties of Cosmic Rays Above 1EeV, 2005, Leeds Üniversitesi, Doctora Tezi, 7-9s, Leeds. 2005.
- [3] Harmsna, S. Radio signals of cosmic ray induced air showers at the Pierre Auger Observatory. 2011. Groningen Üniversitesi, Doktora Tezi, 4-6s, Hollanda. 2011.
- [4] Bomoni, G., Checchia P., D'Errico M., Pagano D., Saragino G., Progress in Particle and Nuclear Physics, 112, 103768, 2020.
- [5] Ergi, H. Kozmik ışın kaynaklı nötronların akısı ve enerji dağılımı. 2014. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 49s, Ankara. 2014.
- [6] Ahmed, S. N., Physics and Engineering of Radiation Detection, Academic Press, Elsevier, 2007.
- [7] Parker, E. Solar wind In C. Kamide handbook of the solar terrestrial environment. Springer. 2007. Berlin Heidelberg New York, 539s. 2007.
- [8] Kalafatoğlu, E. C. Upper atmospheric joule heating and magnetospheric: A case study. 2010. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 69s, İstanbul. 2010.
- [9] McPherron, R. Physical processes producing magnetospheric substorms and magnetic storms. 1991. In J. Jacobs, Geomagnetism, London, 739sf. 1991.
- [10] Özçağlar, A. 2012. Akdeniz bölgesi. <https://geography.humanity.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/277/2015/08/ADANA-B%C3%96LGES%C4%B0-1.pdf> (Erişim Tarihi: 29.11.2022)
- [11] <https://www.sutori.com/en/story/akdeniz-bolgesi--vuStfso8PnbiOXdSvdPZ352m> (Erişim Tarihi: 29.11.2022)
- [12] Coşkun, A. Radyoloji birimlerinin ortam radyasyon doz dağılımlarının belirlenmesi. 2015. Amasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 59s, Amasya. 2015.
- [13] Radyasyon güvenlik yönetmeliği (2000), T. C. Resmi Gazete, 23999, 24 Mart 2000.
- [14] Parlak, Y. Uysal B., Kıraç, F. S., Kovan, B., Demir, M., Ayan, A., Poyraz, L., Özaslan, İ. A., Köseoğlu, K., Yeyin, N., Dönmez, S., Radyasyon güvenliği klavuzu: Genel tanımlar ve nükleer tıp uygulamalarında radyasyondan korunma kuralları. 2020. Galenos YayıneVi, 6(1). 71-89. 2020.
- [15] Ferrari, A. Sala, P. R., Fasso, A., Ranft, J., Fluka: a Multi – paticle transport code (program version 2021). CERN-400 copiesprinted. Milan, 507s. 2021.
- [16] <https://www.fluka.org/fluka.php?id=manon!&sub=102> (Erişim Tarihi: 30.11.2022)
- [17] Pehlivan, M. Orta Karadeniz bölgesi yer seviyesi kozmik radyasyon dozunun fluka simülasyon programı yoluyla hesaplanması. 2019. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 75s, Ankara. 2019

## Jeotektonik Süreçler, Deprem ve Maden Yatakları: Kuzey Anadolu Fay Zonu

Alaaddin VURAL<sup>1</sup>, Güllü KIRAT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jeoloji Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Jeoloji Mühendisliği, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Yozgat, Türkiye

✉: [alaaddinvural@hotmail.com](mailto:alaaddinvural@hotmail.com)  <sup>1</sup>0000-0002-0446-828X  <sup>2</sup>0000-0002-1167-0574

Geliş (Received): 1 Nisan 2023

Düzeltilme (Revision): 12 Ekim 2023

Kabul (Accepted): 13 Kasım 2023

### ÖZ

Kıtaların oluşumu, birleşmesi, parçalanması-yeni mikro kıtaların oluşumu, yitim ve dağ oluşumları yer kürenin dinamik yapısının bir sonucudur. Türkiye'nin de içinde yer aldığı Tetis kuşağı ve ilişkili metalojeni kuşağı Tetis okyanusundaki Afrika, Arap ve Hindistan Plakalarının birbirine yaklaşması ve Avrasya kıtasıyla çarpışması sonucunda oluşumu da bu dinamik yapının sonucudur. Türkiye'nin jeotektonik çatısı içinde, Pontid yayı ile Anadolu-Torid platformunun İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu boyunca çarpışmasıyla Neotetisin Kuzey kolunun Geç Paleosen-Eosen aralığında kapanması önemli bu olaylardır ve bu süreç Türkiye'nin en büyük deprem üreticisi Kuzey ve Doğu Anadolu Fay Zonlarını da geliştirmiştir. Bu fay zonlarının gelişimi aynı zamanda bu zonlarla ilişkili önemli maden yataklarının oluşumuna da katkı sağlamıştır. Kuzey Anadolu Fay Zonunda hidrotermal süreçler Geç Paleosen'de başlamış olup, zon içindeki maden yataklarının fay zonunun şekillenmesi ve maden yataklarının oluşumunun ilişkisi açıktır. Dolayısıyla yer küreyi şekillendiren tektonik olaylar/tektonik hatlar deprem gibi büyük doğal afetleri oluştururken doğal kaynakların oluşumuna da katkı vermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Tektonik Evrim, Paleotetis, Neotetis, Tetis Kuşağı, Metalojeniz, Jeodinamik, Maden Yatakları

## Geotectonics Processes, Earthquake and Mineral Deposits: The North Anatolian Fault Zone

### ABSTRACT

The dynamic structure of the Earth results in the formation, amalgamation, and fragmentation of continents, as well as the emergence of microcontinents, subduction processes, and mountain formations. One outcome of this dynamic structure is the creation of the Tethyan belt and its associated metallogenic zone, which encompasses Türkiye. This geological development arises from the convergence of the African, Arabian, and Indian Plates within the Tethys Ocean and their subsequent collision with the Eurasian continent. Within the geotectonic framework of Türkiye, significant events include the collision of the Pontide arc with the Anatolian-Tauride platform along the İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone and the closure of the Northern branch of the Neotethys during the Late Paleocene-Eocene interval. Notably, this process is linked to Türkiye's most prominent earthquake source, the North and East Anatolian Fault. These tectonic events also contribute to the formation of crucial mineral deposits through the development of fault zones. Hydrothermal processes within the North Anatolian Fault Zone, initiated during the Late Paleocene, demonstrate a clear relationship between fault zone formation and mineral deposit genesis. Consequently, while tectonic processes shape the Earth and give rise to significant natural disasters, such as earthquakes, they simultaneously play a role in the formation of valuable natural resources.

**Keywords:** Tectonic Evolution, Paleotethys, Neotethys, Tethys Belt, Metallogenesis, Geodynamics, Mineral Deposits

### GİRİŞ

Dünyanın jeodinamik çatısı geçirdiği jeodinamik evrimin sonucunda gelişmektedir. Dünyanın önemli jeotektonik çatılarından birisi de Tetis kuşağıdır (Şekil 1). Bu kuşak kuzeybatı Afrika ve Batı Avrupa'dan güneybatı pasifik okyanusuna kadar uzanan dünyanın en uzun ve en önemli orojenik kuşağıdır (Şekil 1). Bu kuşak boyunca birçok farklı jeodinamik ortamda çok çeşitlilik ve sayıda maden yatağı bulunmaktadır [1] (Şekil 1 içindeki alıntı şekil). Türkiye de bu kuşağın içinde yer almakta olup, hem kuşağın anlaşılmasında hemde ilişkili doğal kaynakların

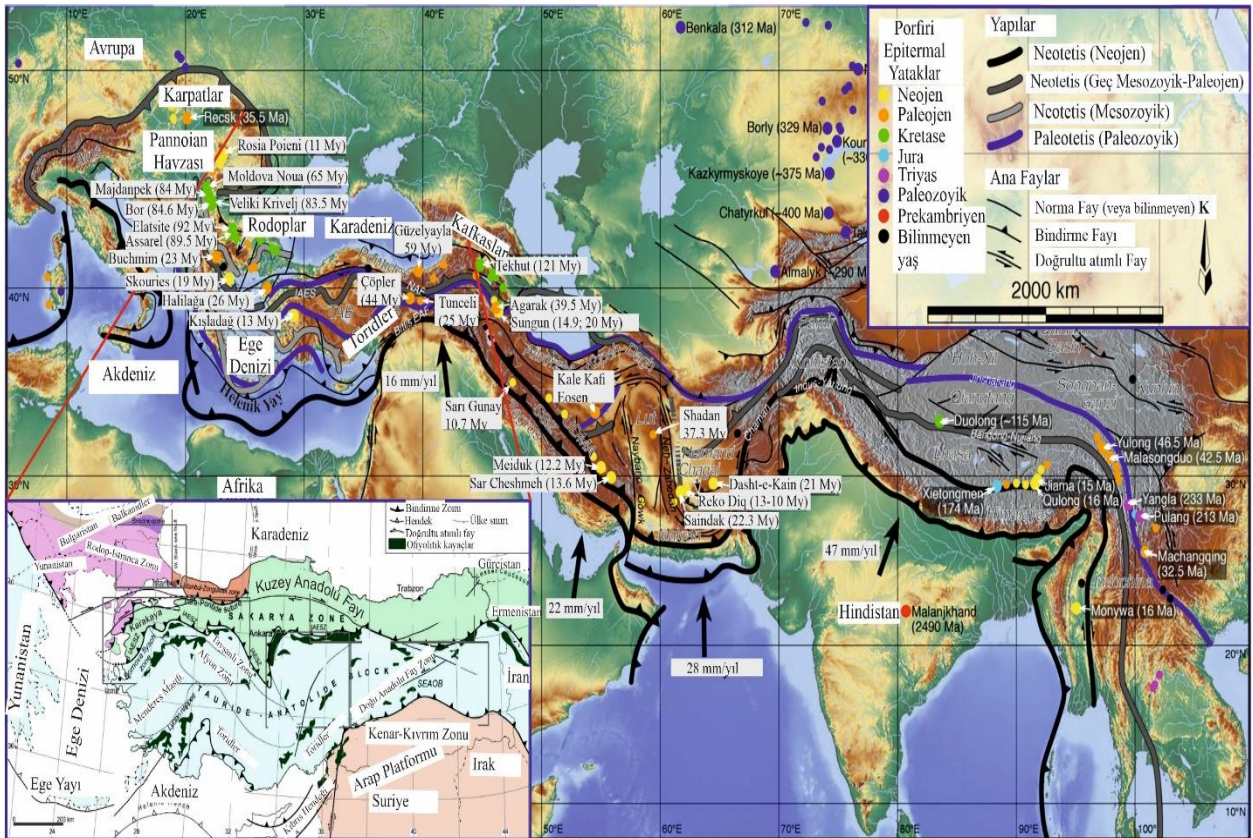
kökensel özelliklerinin anlaşılmasında önemli bir yere sahiptir [2] (Şekil 2). Tetisin jeodinamik evrimi Türkiye'nin bu günkü jeolojik çeşitliliğinde en önemli katkıyı vermiştir. Özellikle son zamanlarda oluşturduğu depremler nedeniyle önemli bir gündem olan Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Faylarını içine alan aktif tektoniği (Şekil 1 içindeki alıntı şekil), metalojenik özellikleri bu jeodinamik süreçle, özellikle de Paleotetis ve Neotetis'in gelişim ve kapanması süreçleriyle yakın ilişkilidir [1-3] (Şekil 1 ve 2). Türkiye gündemine özellikle 1999 depremi sonrasında giren Kuzey Anadolu Fayı (KAF; İngilizce yaygın kısaltası, NAF) (Şekil 3) ve



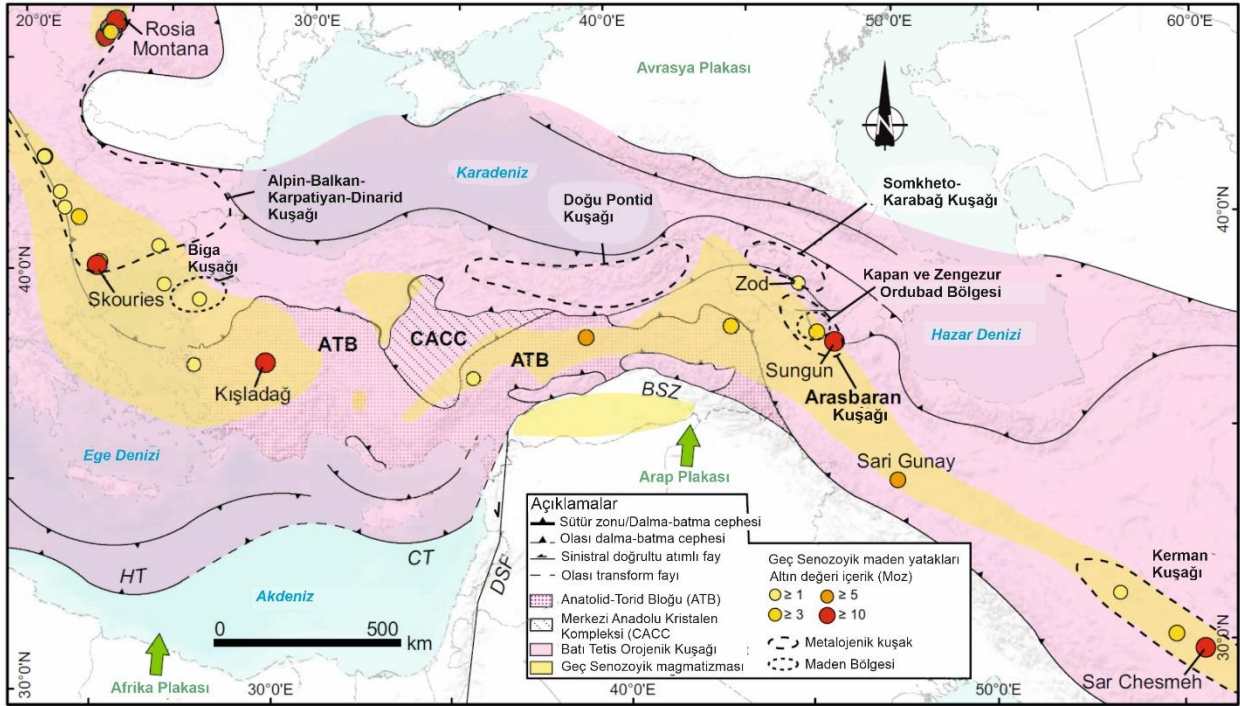
2023 yılı içinde yaşadığımız büyük deprem felaketinin kaynağı Doğu Anadolu Fayı (DAF, İngilizce yaygın kısaltması, EAF) Türkiye Neotektoniğinin en etkin unsurlarıdır (Şekil 1 içindeki alıntı şekil). Çalışmaya konu olan Kuzey Anadolu Fayı günümüzde aktif olan dünyadaki en önemli doğrultu atımlı faylardan biridir [4]. Kuzey Anadolu Fayı (KAF) doğuda Karlıova'dan başlayarak Türkiye'nin kuzeyi boyunca batıya doğru uzanmakta ve ana kolu Saroz Körfezi'nden Ege Denizi'ne ulaşmaktadır (Şekil 3). 1200 km uzunluğa sahip olan KAF tali birçok kola da ayrılmakta ve bu geometrisiyle de fay zonu (Kuzey Anadolu Fay Zonu, KAFZ; İngilizce yaygın kısaltması, NAFZ) olarak değerlendirilmektedir. Kuzey Anadolu Fayı'nın varlığı 1850'lerden beri bilinmekle birlikte Türkiye'nin en önemli yerbilimcilerinden olan İhsan Ketin tarafından 1948 yılında doğrultu atımlı fay olarak tanımlanmıştır [4]. Günümüzde Kuzey Anadolu Fayı gibi aktif faylar daha çok oluşturdukları depremler nedeniyle dikkat çekmekte ve olumsuzlukları ile gündeme gelmektedirler. Aktif fayların sonuçlarının yanında oluşum süreçleri dikkate alındığında aslında yeryüzünün kullanışlı hale gelmesinde, doğal kaynakların oluşumunda ve bu kaynaklardan yararlanılmasında da fayların çok önemli rolleri bulunmaktadır.

Mesozoyik dönemdeki yay oluşumu ve yitimle ilişki olarak gelişmiş magmatizma süreçleri ve akabindeki yay olgunlaşma süreçleri Türkiye'nin jeotektoniğini şekillendirmiştir. Daha sonraki Senozoyik dönemdeki

yay gerisi ve çarpışma sonrası jeolojik olaylar ve magmatik süreçler de Türkiye Jeotektonik evriminde etkili olmuştur. Türkiye için hem Mesozoyik dönemdeki hem de Senozoyik dönemdeki jeolojik/jeotektonik süreçler Türkiye'nin bir çok bölgesinde porfiri/epitermal sistemlerin gelişimi ve bunlarla birlikte de skarn ve karbonat ornatım tip yataklar yanında yine bu süreçlerle ilişkili değişik tipte maden yataklarının oluşumunu da sağlamıştır [1,5-9]. Tetis metalojenik kuşağının jeodinamik evrimi Arap ve Gondwana mikrolevhalarının Avrasya kıtasıyla yaklaşma, yitim, yığılma ve/veya çarpışması süreçlerini yaşamıştır [10,11] (Şekil 1). Jura'dan Kretase'nin sonuna kadar Pontid kuşağı güney Avrasya kenarı boyunca nispeten devam eden, Neotetis'in kuzey kolunun K-KD'ya uzanan bir magmatik yay parçasıydı [10]. Bu dönemde oluşmuş maden yatakları; porfiri bakır ( $\pm$ molibden), yüksek sülfidasyon epitermal Au-Cu ve skarn yataklarıdır. Bunun dışında Geç Kretase döneminde volkanojenik masif sülfid yatakları yanında Kretase sonrası epitermal, porfiri, skarn ve konak kayası karbonat olan yataklar da özellikle doğu Pontidler'de bilinmektedir [12-18]. Geç Kretase-Eosen arasında, Gondwana kökenli kıta bloklarının Avrasya kenarı ile tekrarlı çarpışması ve yığılması, Amasya-Sevan-Akera ve İzmir-Ankara-Erzincan kenet zonları boyunca Neotetis'in kuzey kolunun giderek kapanması sürecinde meydana gelmiştir.



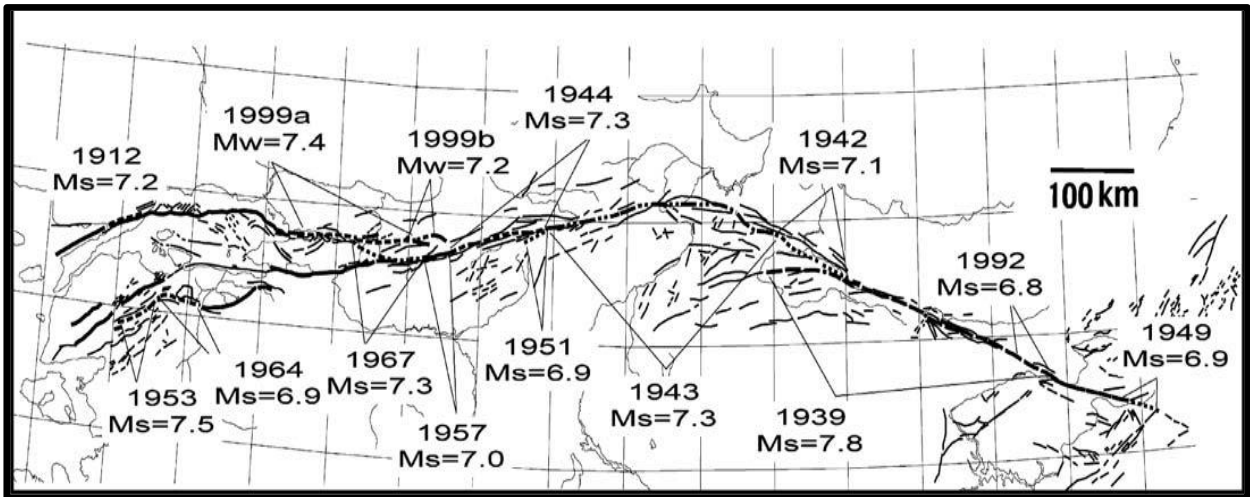
Şekil 1. Alpin Himalaya Tetis Orogenik kuşağı ve dönemsel maden yatakları [3]. Şekilde ayrıca Anadolu Tektonik birlikleri ve ana tektonik hatları sol alt çerçeve içinde ayrıca verilmiştir [19].



Şekil 2. Tetis orojenik kuşağının batı bölümünün tektonik haritası ve kuşak üzerindeki Geç Senozoyik yaşlı porfiri ve epitermal yatakların milyon ons olarak altın eşlenikleri. Şekil ve açıklamaları [2'den alınmıştır.]

Kuzeydoğu Türkiye'nin Doğu Pontid Tektonik Kuşağı ise Tetis orojenik kuşağının ana metalojenik parçalarından birisini oluşturmaktadır. KAFZ ile ilişkili hidrotermal süreçlerin Geç Paleosen'de başladığına işaret eden veriler yanında [20,21], Re-Os jeokronoloji çalışmalarıyla Cu-Mo porfiri oluşumlarının da doğu Pontidlerin tüm jeodinamik evrimi esnasında

oluşturduğuna işaret etmektedir [22]. Bu veriler birlikte değerlendirildiğinde KAFZ'nin oluşumunda etkin olan jeodinamik süreçlerin bölgede birçok maden yatağı ve doğal kaynakların oluşumuna da katkı verdiği anlaşılmaktadır.



Şekil 3. Kuzey Anadolu Faz Zonu ve bu zon üzerinde tarihte oluşmuş depremler [4]

### KAFZ ve İLİŞKİLİ MADEN YATAKLARI

Yeraltı kaynaklarından yararlanmak insanlığın vazgeçilmez bir parçasıdır. Medeniyetlerin gelişimini de etkileyen en önemli unsurlar maden yataklarının keşfi ve kullanımıyla ilişkili olmuştur. Yeraltı kaynaklarına sahip

olan ve/veya bunları yöneten devletler daima diğer uluslara göre bir adım önde olmuş onlara karşı ciddi avantajlar da sağlamışlardır [23–29]. Coğrafi konumundan dolayı Anadolu'da madencilik antik çağdan beri yapılmaktadır [30]. Anadolu coğrafyası jeodinamik evriminin de bahsettiği jeolojik ortam ve

imkanlardan dolayı birçok tip maden yatağı ve endüstriyel hammadde kaynaklarına sahiptir. Porfiri yataklar, skarn tipi yataklar, epitermal yataklar, polimetalik volkanojenik masif sülfid yatakları, kromit yatakları, lateritik nikel yatakları, konak kayası karbonat olan kurşun-zinko yatakları, karstik ve lateritik boksit yatakları, orogenik altın yatakları, listvenitler bunların başında sayılabilir [31–38].

Türkiye’deki madenlerin çoğunluğu Neotetis ile ilişkili Alpin Orojenezi döneminde, çok azı ise Paleotetis ile ilişkili Hersiniyen (Variskan) orojenizi ile ilişkili oluşmuştur (Şekil 1). Dolayısıyla Türkiye’nin jeotektonik çatısını oluşturan jeodinamik süreçler aynı zamanda cevherleşmelerin ve doğal kaynakların oluşumlarının da etkili faktörleri olmuştur [1,39]. KAFZ aktif karakteri nedeniyle depremler açısından önemli bir tektonik zon olmakla birlikte bu fay zonu aynı zamanda birçok maden yatağının oluşum ve gelişim süreçlerinde de katkı vermiştir [2]. Örneğin KAF Zonu’nun çok parçalı kollarının bir arada ve yoğun olduğu Biga yarımadasında, değerli ve baz metal cevherleşme ve yatakları oldukça çoktur. Kuru, Tesbihdere, Balya, Arapuçandere, Kalkım-Handeresi, Küçükdere yatakları, Kısacık altın yatağı, Dombaycılar listvenitlere bağlı altın zenginleşmeleri, Kirazlı altın, gümüş, bakırlı maden yatakları, Kartaldağı ve Madendağı değerli ve baz metal yatakları bunların en bilinenleridir [32,34–38,40–54].

KAF Zonu içinde yer alan porfiri yatakların çoğunluğu Geç Kretase-Miyosen yaşlı ada yayı ve kıtasal yay granitoidlerle ilişkidir [31]. Zon içinde en bilinen porfiri yatakların başında Köseadağı, Bakırçay, Ağıdağı, Serçeler, Kuşçayırı, Aladağı, Eğmir, Bakırlık, Kızıldam, Dikmen yatakları gelmektedir [19]. Bu yatakların bir kısmı farklı yazarlarca farklı tipte de sınıflandırılabilir. Çalışmanın konusu dışında olduğu için bu ayrımlar ve tartışmalar bu çalışma haricinde tutulmuştur. Zon içindeki porfiri yataklardan Palamutoba, Tepeoba, Dikmen, Sarıcaıyayla yatakları Biga Yarımadası’nı da içine alan Kuzeybatı Anadolu’da yer almaktadır. Bakırçay (Amasya) Porfiri yatağı ise Orta Pontidler’de yer almakta olup, bölgedeki Eosen granitoidlerle ilişkili olarak gelişmişlerdir. Yatakla ilgili olarak biyotitten yapılan jeokronolojik yaş çalışmalarına göre yaklaşık 38.6 My yaş bulguları elde edilmiştir [31]. Doğrudan KAFZ üzerinde olmamakla birlikte Batı Anadolu’da bulunan Miyosen yaşlı, çok fazlı latit porfir sokulumlarında gelişmiş olan Kışladağı Porfiri altın yatağı dünya ölçeğinde büyük rezervi ile Türkiye’nin en önemli porfiri altın yataklarından birisidir (Şekil 4a).

Skarnlar ve skarn tip yataklar her ne kadar Türkiye’nin değişik bölgelerinde saçılmış olarak bulunsun da KAF Zonu ile ilişkilendirilebilecek yataklar daha çok altın cevherleşmesi için önemli olan yataklardır. Bölgede skarn yatakları daha çok porfiri sistemlerle ilişkili olarak gözlenmektedirler. KAF Zonu üzerinde skarn yatakları Kuzeybatı Anadolu’da, Biga Yarımadası ve yakın çevresinde yer almaktadırlar. Bölgedeki skarn yataklarının başlıcaları; Şamlı, Asartepe, Handeresi, Uludağ (W yatağı), Maden, Dudaş skarn yataklarıdır. Doğu Pontidler de birçok skarn cevherleşmesi (örn:

Çambaşı, Kurtulmuş, Gümüşkaya, Zemberek Yayla, Karadağ, Eğrikar, Kartiba Gırlak [31,55–57] bulunmakla birlikte doğrudan KAF zonu üzerinde olan literatürde yer almış skarn cevherleşmesine literatürde rastlanmamıştır (Şekil 4b).

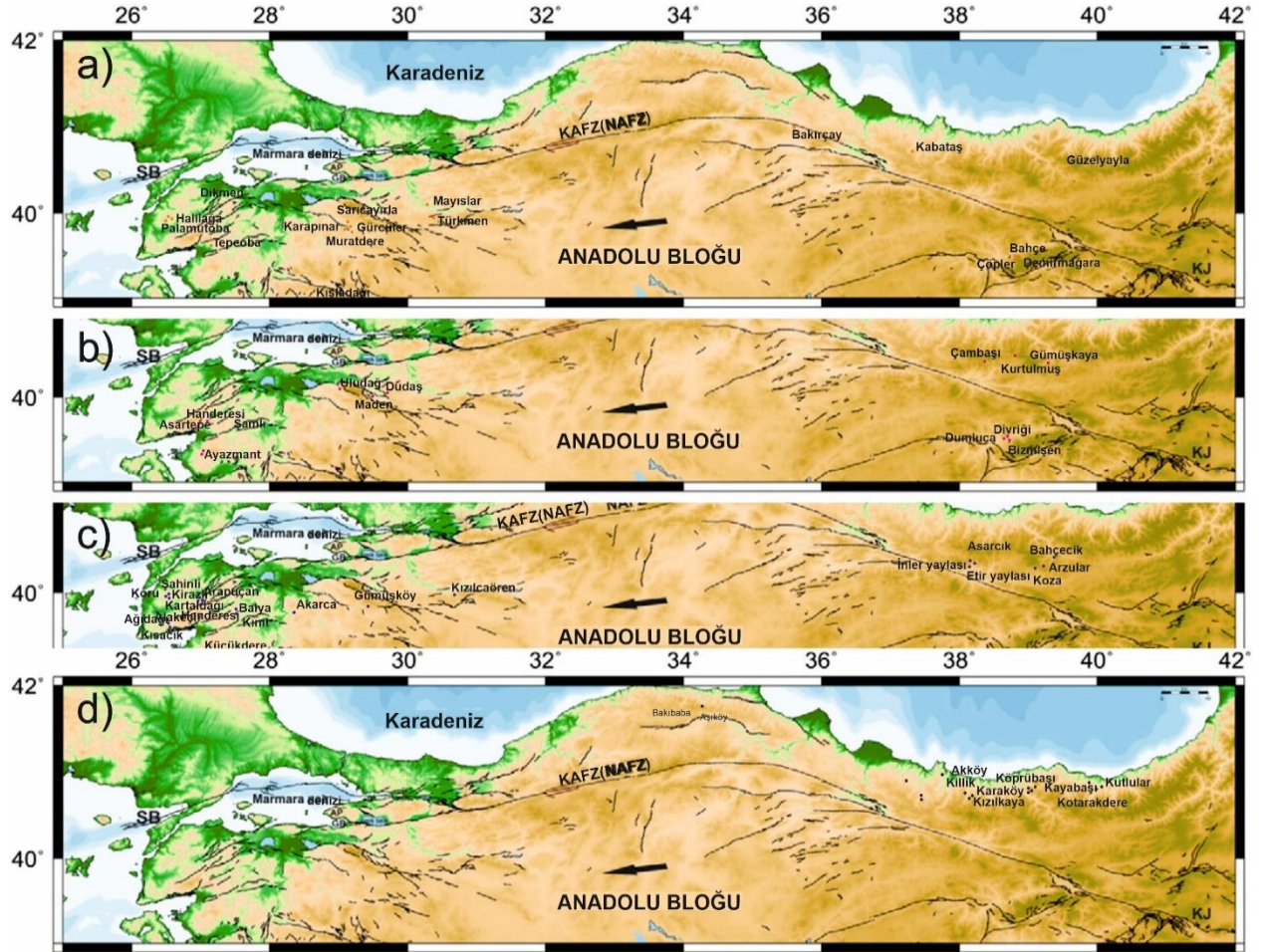
Epitermal yataklar ve çoğunlukla yakın ilişkili oldukları porfiri yataklar; çarpışma orojenik kuşaklarında, yitim sonrasında ve bir çarpışma esnası veya sonrası oluşturmaktadırlar [2] (Şekil 4c). Epitermal yataklar çoğunlukla Au-Ag ve Hg-Sb yatakları şeklinde yaygın olarak Türkiye’nin kuzeydoğu Anadolu ve Batı Anadolu bölgesinde, Karadeniz ve Marmara’ya paralel bir zon üzerinde bulunmaktadır [5,31]. Bu yatakların çoğunluğu aynı zamanda KAF Zonu üzerinde yer almakta olup, çoğunlukla da karasal veya denizaltı kalkalkalin volkanik kayalar içinde gelişmişlerdir. Batı Anadolu kesimindeki epitermal maden yataklarından Kısacık, Küçükdere, Balya, Arapuçan, Akarca, Kirazlı, Doğancılar, Akbaba, Madendağ, Kuşçayırı, Kartaldağı, Ağıdağı, Doğancılar, Şahinli, Kuru bunların başlıcalarıdır [31,38,43,48,52,58]. Bunlardan, Kartaldağı altın yatağı bölgedeki granodiyorit sokulumlarının volkanik eşleğini olan Orta Miyosen dasit porfirler içinde gelişmiştir. Madendağı değerli ve baz metal yatağı ise Orta Miyosen-Geç Oligosen yaşlıdır. Kestanelik (Şahinli) altın yatağı ve Korudere-Tesbihdere madenleri ise Erken Oligosen bazaltik andetik ve dasitik kayalar içinde gelişmiştir [31,46,48]. Kısacık altın yatağı ise Alt-Orta Miyosen volkanik kayalarda, özellikle de riyolitik karakterdeki kayalar içinde gelişmiştir [38,54,59]. Doğu Pontidler’de ise KAF Zonu’na yakın/dolaylı ilişkili bölgelerde Dereköy, İler yaylası, Etir, Asarcık epitermal yataklar bilinmektedir. Bu yatakların bir kısmının porfiri sistemle de bağlantıları gözetilerek bazı yazarlarca [19] porfiri yataklar olarak da ele alınmışlardır. Epitermal süreçlerle gelişmiş bir altın yatağı türü de listvenitlere bağlı gelişmiş altın zenginleşmeleridir. KAF Zonu üzerinde Biga Yarımadası’nda Dombaycılar (Alakeçi) altın zenginleşmesi bu türde bir saha olup, halihazır bulgularla ekonomik boyuta ulaşamadığı düşünülen bir sahadır [36,38,41,60,61]. Eskişehir Kaymaz (Sivrihisar) altın sahası da her ne kadar doğrudan KAF Zonu üzerinde olmasa da Türkiye’nin listvenitlere bağlı önemli cevherleşme sahalarından birisidir [31].

Volkanojenik Masif Sülfid (VMS) yatakları Türkiye’de Doğu Pontidler, Orta Pontidler ve Bitlis Zagros Kenet Zonu’nda rastlanmaktadır [62]. Türkiye; Kuruko, Besshi ve Kıbrıs tip VMS yataklarına ev sahipliği yapmaktadır [62]. Kuruko tip yataklar daha çok Doğu Pontidlerde rastlanırken [31], Besshi ve Kıbrıs tip yataklar ise Kuzey Anadolu Fay zonu üzerinde Orta (Merkezi) Pontidler’de görülmektedir (Şekil 4d) [62]. Kuruko tip bazı cevherleşme alanları Şebinkarahisar’da olduğu gibi Üst Kretase dasitleri içinde hidrotermal alterasyona bağlı olarak endüstriyel mineraller ve endüstriyel killer de oluşturmuştur. Orta Pontidlerde yer alan ve KAFZ ile dolaylı da olsa ilişkili olan Bakıba ve Aşıköy VMS yatakları Kıbrıs Tip, Kargı VMS yatağı ise Besshi Tip cevherleşmelerdir [62]. Doğu Pontidler’de KAF Zonu dışında Kuruko Tip’te birçok VMS yatağı

bulunmaktadır. Bunlardan bazıları, Akköy, Killik, Köprübaşı, Kayabaşı, Karagöl, Harköy, Akköy, Kızılkaya VMS'dir.

Neojen volkanik kayalar uyumsuz olarak üzerleyen sedimanter birimler içinde gelişmiş sedimanter kökenli Büyük Eymir Demir yatağı ve Şamlı Demir yatağı da KAFZ içinde bulunan önemli demir yataklarıdır [63]. Ayrıca KAFZ içinde Türkiye'nin önemli mangan cevherleşmelerine de rastlanmaktadır [64].

Yukarıda sayılan maden yatakları dışında, ayrıca Balıkesir, Bursa, Kütahya (Tavşanlı) ve çevresindeki kromit oluşumları KAFZ gelişiminde etkili olan jeodinamik sürecin ürünleridir [65]. Bunlardan podiform krom yatakları KAFZ içinde Bursa Harmancık bölgesinde yer alır. KAFZ Zonu içinde ayrıca konak kayası karbonat olan maden yatağına örnek olarak Batı Anadolu Biga Yarımadası'ndaki Papazlık yatağı gösterilebilir.



Şekil 4. Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerindeki önemli maden yatakları. a) Porfiri yatakları, b) Skarn tipi yataklar, c) Epitermal tip yataklar, d) Volkanojenik Masif Sülfid Yatakları. Maden yerleri haritada yaklaşık gösterilmiştir [66'den değiştirilmiştir].

## SONUÇ

Tetis'in jeodinamik evrimi içinde, Anadolu da bu süreçten fazlasıyla etkilenmiştir. Süreç ile Anadolu'nun jeotektonik çatısına Kuzey ve Doğu Anadolu Fayları eklenmiştir. Türkiye'nin Neotektoniğinde, gerek gelişim süreçleriyle ilişkili jeolojik, jeokimyasal ve petrolojik olaylar gerekse büyük magnitütlerde deprem oluşturma potansiyelleri nedeniyle önemli bir konuma sahip olmuşlardır. Son yüzyılım ilk çeyreğinden sonra bu faylardan kaynaklı oluşan depremler ciddi can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Deprem olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik yapılan düzenlemelere rağmen 6 Şubat 2023'te Kahramanmaraş merkezli ana

deprem ve akabinde gelişen artçı depremler neticesinde 50 bini aşkın kişi hayatını kaybetmiştir. Yaşanan depremler, depremlerin kurallarına göre yaşamamız gerektiği gerçeğini bir kez daha ve en acı şekilde göstermiştir. Depremlerin birincil sebepleri olan jeodinamik yapı ve bunlardan kaynaklı faylar dünyamızın reddedilemez gerçekleridir. Dünyanın varlığını sürdürmesinin yanında insanoğlunun yararlandığı ve yararlanmak zorunda olduğu birçok doğal kaynaklar da yine fayları oluşturan süreçlerle ilişkili olmaktadır. Dolayısıyla fay gerçeğinden, özellikle de deprem üreten aktif faylar haberdar olunarak, aktif fayların olumsuz etkilerini bertaraf etmeye yönelik ilgili gerekli tedbirler alınarak planlamalar yapılmalıdır.

Fayların dünyanın felaketi olarak algılanması yerine birçok faydalarının olduğu, hatta yerkürenin vazgeçilmez bir gerçeği olduğu da unutulmamalıdır.

#### KAYNAKÇA

- [1] Moritz R, Baker T. Metallogeny of the Tethyan Orogenic Belt: From Mesozoic magmatic arcs to Cenozoic back-arc and postcollisional settings in southeast Europe, Anatolia, and the Lesser Caucasus: An introduction. *Economic Geology* 2019;114:1227–35. <https://doi.org/10.5382/econgeo.4683>.
- [2] Rabayrol F, Hart CJR, Creaser RA. Tectonic triggers for postsubduction magmatic-hydrothermal gold metallogeny in the Late Cenozoic Anatolian metallogenic trend, Turkey. *Economic Geology* 2019;114:1339–63. <https://doi.org/10.5382/econgeo.4682>.
- [3] Richards JP. Tectonic, magmatic, and metallogenic evolution of the Tethyan orogen: From subduction to collision. *Ore Geology Reviews* 2015;70:323–45. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.11.009>.
- [4] Şengör AMC, Tüysüz O, Imren C, Sakinç M, Eyidoğan H, Görür N, et al. The North Anatolian Fault: A new look. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 2005;33:37–112. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.32.101802.120415>.
- [5] Yigit O. Gold in Turkey - A missing link in Tethyan metallogeny. *Ore Geology Reviews* 2006;28:147–79. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2005.04.003>.
- [6] Kırat G. Relationship Between Metals In Ovacık Stream Sediment Samples. *International Scientific and Vocational Studies Journal* 2021;5:192–9. <https://doi.org/10.47897/bilmes.1017882>.
- [7] Kırat G, Aydın N. Geochemical properties of soils surrounding the Deliklitaş Au deposit, Turkey. *Journal of African Earth Sciences* 2016;120:173–80. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.05.006>.
- [8] Kırat G, Aydın N. Stream sediments geochemical investigations in Deliklitaş and Ovacık (Balıkesir), Turkey. *Separation Science and Technology (Philadelphia)* 2019;54:2334–41. <https://doi.org/10.1080/01496395.2018.1541468>.
- [9] Kırat G. Aktarma (Balıkesir) Dere Sediment Örneklerinde Bulunan Elementler Arasındaki İlişkiler. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2022;18:530–9.
- [10] Şengör AMC, Yılmaz Y. Tethyan evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. *Tectonophysics* 1981;75:181–241.
- [11] Okay Aİ, Tüysüz O. Tethyan sutures of northern Turkey. In: Durand B, Jolivet L, Horvath L, Serranne M, editors. *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogeny*, London: Geological Society, Special Publications 156; 1999, p. 475–515.
- [12] Revan MK, Hisatani K, Miyamoto H, Delibaş O, Hanılçı N, Aysal N, et al. Geology, U-Pb geochronology, and stable isotope geochemistry of the Tunca semi-massive sulfide mineralization, Black Sea region, NE Turkey: Implications for ore genesis. *Ore Geology Reviews* 2017;89:369–89. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2017.06.024>.
- [13] Vural A, Kaygusuz A. Avliyana (Torul-Gümüşhane) Antimonit Cevherleşmesinin Jeolojisi-Mineralojisi ve Kökeninin Araştırılması. *Gümüşhane, Türkiye: 2016*.
- [14] Vural A, Kaygusuz A. Petrographic and geochemical characteristics of late Cretaceous volcanic rocks in the vicinity of Avliyana (Gümüşhane, NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science* 2021;10:1796–810.
- [15] Vural A. Avliyana Cevherleşme/Alterasyon Sahasının Kütle Değişim Özellikleri ve Asit Maden Drenaj Potansiyelinin Araştırılması. *Icontech International Journal of Surveys, Engineering, Technology* 2022;6:1–23. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7489730>.
- [16] Vural A, Akpınar İ, Kaygusuz A, Sipahi F. Petrological characteristics of Eocene volcanic rocks around Demirören (Gümüşhane, NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science* 2021;10:1703–16.
- [17] Vural A, Akpınar İ, Kaygusuz A. Petrological characteristics of Cretaceous volcanic rocks of Demirören (Gümüşhane, NE Turkey) region. *Journal of Engineering Research and Applied Science* 2021;10:1828–42.
- [18] Vural A, Kaygusuz A. Petrology of the Paleozoic Plutons in Eastern Pontides: Artabel Pluton (Gümüşhane, NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science* 2019;8:1216–28.
- [19] Kuşçu İ, Tosdal RM, Gençlioğlu-Kuşçu G. Episodic porphyry Cu (-Mo-Au) formation and associated magmatic evolution in Turkish Tethyan collage. *Ore Geology Reviews* 2019;107:119–54. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.02.005>.
- [20] Uysal İT, Mutlu H, Altunel E, Karabacak V, Golding SD. Clay mineralogical and isotopic (K-Ar,  $\delta^{18}O$ ,  $\delta D$ ) constraints on the evolution of the North Anatolian Fault Zone, Turkey. *Earth and Planetary Science Letters* 2006;243:181–94. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2005.12.025>.
- [21] Vural A. K-Ar dating for determining the age of mineralization as alteration product: A case study of antimony mineralization vein type in granitic rocks of Gümüşhane area, Turkey. *Acta Physica Polonica A* 2017;132:792–5. <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.132.792>.
- [22] Delibaş O, Moritz R, Selby D, Göç D, Revan MK. Multiple porphyry Cu-Mo events in the eastern Pontides metallogenic belt, Turkey: From Early Cretaceous subduction to Eocene postcollision evolution. *Economic Geology* 2019;114:1285–1300.
- [23] Vural A, Ural N, Çiftçi A. Değerli Metallerin Sosyal / Siyasal / Ekonomik Olaylarla İlişkinin N- gram Yöntemi İle Değerlendirilmesi. *Social Mentality and Researcher Thinkers Journal* 2020;6:247–57.
- [24] Ural MN, Vural A, Çiftçi A. Analysis of Rare Earth Elements (REE) in the Literature by Using N-gram Method and Comparison with Social/ Political/ Economic Even. *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences* 2020;6:369–79.
- [25] Vural A, Çiftçi A. Analysis of Raw Material Supply-Demand Relationship Using N-Gram: Chrome Mine Example. *Euroasia Journal of Social Sciences and Humanities* 2021;8:1–9.
- [26] Vural A, Ural MN, Çiftçi A. Analysis of Energy Raw Material Coal , Industrialization and Industrial Revolution Phenomena with N-gram. *Journal of Investigations on Engineering & Technology* 2022;5:11–20.
- [27] Çiftçi A, Ural MN, Vural A. Baz metallerin dünya siyasi tarihindeki önemli olaylarla bağlantısının retrospektif literatür taraması yöntemi ile araştırılması. *International Social Sciences Studies Journal* 2020;6:1453–61.

- [28] Vural A, Ural MN, Çiftçi A. Yenilenebilir ve Nükleer Enerji Kaynaklarının Retrospektif Değerlendirilmesi. *Journal of Investigations on Engineering & Technology* 2022;5:115–34.
- [29] Vural A, Çiftçi A, Ural MN. Kıymetli Taşlar ve Sömürgecilik: Dijital Veri Materyallerinin Analizi Örneğiyle (Precious Stones and Colonialism: Example of Analysis of Digital Data Materials). *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences* 2020;7:122–34. <https://doi.org/10.38065/euroasiaorg.404>.
- [30] Vural A, Kaya S, Başaran N, Songören OT. Anadolu Madenciliğinde İlk Adımlar. Ankara, Türkiye: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, MTA Kültür Serisi-3; 2009.
- [31] Yigit O. Mineral deposits of Turkey in relation to tethyan metallogeny: Implications for future mineral exploration. *Economic Geology* 2009;104:19–51. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.104.1.19>.
- [32] Vural A. Güneyköy ve Çevresi (Eşme-Uşak) Arsenopirit Cevherleşmelerinin Maden Jeolojisi. Ankara Üniversitesi, 1998.
- [33] Vural A, Erşen F. Eski Gümüşhane (Argyropolis) Manganez Yataklarının Jeolojik Ve Jeokimyasal Özellikleri. 66. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Türkiye: 2013, p. 162–3.
- [34] Vural A, Ünlü T. The geology and mineralogical/petrographic features of Umurbabadağ and its surroundings (Eşme, Uşak - Turkey ). *Journal of Engineering Research and Applied Science* 2020;9:1561–87.
- [35] Vural A, Ünlü T. Güneyköy ve Çevresindeki Kalıntı Altınlı Arsenopirit Cevherleşmelerinin Maden Jeolojisi Açısından İncelenmesi. 69. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Türkiye: Türkiye Jeoloji Kurultayı; 2016, p. 374–5.
- [36] Vural A, Aydal D. Soil geochemistry study of the listvenite area of Ayvacık (Çanakkale, Turkey). *Caspian Journal of Environmental Sciences* 2020;18:205–15.
- [37] Aydal D, Vural A, Taşdelen Uslu İ, Aydal EG. Crosta Technique Application on Bayramiç (Alakeçi-Kısacık) Mineralized Area by Using Landsat 7 Etm+ Data. *Journal of Engineering and Architecture Faculty of Selcuk University* 2007;22:29–40.
- [38] Vural A. Bayramiç (Çanakkale) ve Çevresindeki Altın Zenginleşmelerinin Araştırılması. Ankara Üniversitesi, 2006.
- [39] Yigit O. A prospective sector in the Tethyan Metallogenic Belt: Geology and geochronology of mineral deposits in the Biga Peninsula, NW Turkey. *Ore Geology Reviews* 2012;46:118–48. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2011.09.015>.
- [40] Vural A, Aydal D. Bayramiç ve Yakın Çevresindeki Altın Zenginleşmelerinin Araştırılması. 69. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Türkiye: Türkiye Jeoloji Kurultayı; 2016, p. 376–7.
- [41] Vural A, Aydal D. Soil geochemical prospecting at listvenite area, Bayramiç, (Çanakkale Turkey). 34th National and the 2nd International Geosciences Congress, Tehran, Iran: 2016.
- [42] Vural A, Aydal D. Using soil geochemistry for gold exploration: Ayvacık (Çanakkale-Northwest Turkey). 34th National and the 2nd International Geosciences Congress, Tehran, Iran: 2016.
- [43] Vural A, Aydal D, Akpınar İ. A low sulphur epithermal gold mineralization in Kısacık-Ayvacık area (Çanakkale-Turkey). *Goldschmidt Conference Abstracts, Prague, Czech Republic*: 2011, p. 2105.
- [44] Aydal D, Vural A, Taşdelen Uslu İ, Aydal EG. Kuşçayırı-Kartaldağı (Bayramiç-Çanakkale) cevherleşme bölgesinin LANDSAT 7 ETM+ kullanılarak Crosta tekniği ile incelenmesi. 1.Uzaktan Algılama-CBS Çalıştay ve Paneli, 2006, p. 11.
- [45] Bozkaya G, Gökçe A, Grassineau NV. Fluid inclusion and stable isotope characteristics of the Arapuçandere Pb-Zn-Cu deposits, Northwest Turkey. *International Geology Review* 2008;50:848–62. <https://doi.org/10.2747/0020-6814.50.9.848>.
- [46] Bozkaya G, Gökçe A. Lead and sulfur isotope studies of the Koru (Çanakkale, Turkey) lead-zinc deposits. *Turkish Journal of Earth Sciences* 2009;18:127–37. <https://doi.org/10.3906/yer-0806-5>.
- [47] Bozkaya G, Gökçe A. Koru (Çanakkale) Kurşım-Çinko Yataklarının Ana , Eser ve Nadir Toprak Elementleri Jeokimyası İncelemeleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni* 2002;45:1–17.
- [48] Bozkaya G, Banks DA, Ozbas F, Wallington J. Fluid processes in the Tesbihdere base-metal-Au deposit: Implications for epithermal mineralization in the Biga Peninsula, NW Turkey. *Central European Journal of Geosciences* 2014;6:148–69. <https://doi.org/10.2478/s13533-012-0169-9>.
- [49] Çiçek M, Oyman T. Origin and evolution of hydrothermal fluids in epithermal Pb-Zn-Cu ± Au ± Ag deposits at Koru and Tesbihdere mining districts , Çanakkale , Pliocene volcanics. *Ore Geology Reviews* 2016;78:176–95. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.03.020>.
- [50] Yılmaz H, Oyman T, Sonmez FN, Aehart GB, Billor Z. Intermediate sulfidation epithermal gold-base metal deposits in Tertiary subaerial volcanic rocks, Sahinli/Tespah Dere (Lapseki/Western Turkey). *Ore Geology Reviews* 2010;37:236–58. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2010.04.001>.
- [51] Aydal D, Vural A, Polat O. Volkanik kayaçlarda baz metal ve altın içeren hidrotermal altere alanların Landsat 7 TM ile tanımlanması ve verilerin CBS ortamında değerlendirilmesi : Bayramiç (Çanakkale) çalışmaları. 57. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 2004, p. 89–90.
- [52] Aydal D, Vural A, Polat O. Definition of the Base Metal and Gold Bearing Hydrothermally Altered Areas in Volcanic Rocks Using by Landsat 7 TM Imagery: Case Study from Bayramiç (Çanakkale). 57th Geology Congress, Ankara, Türkiye: 2004, p. 89–90.
- [53] Aydal D, Vural A, Taşdelen Uslu İ, Aydal EG. Crosta Technique Application on Bayramiç (Alakeçi-Kısacık) Mineralized Area by Using Landsat 7 TM Data. 30th Anniversary Fikret Kurtman Geology Symposium, Konya, Türkiye: 2006, p. 195.
- [54] Vural A, Aydal D. Determination of Lithological Differences and Hydrothermal Alteration Areas by Remote Sensing Studies: Kısacık (Ayvacık-Çanakkale, Biga Peninsula, Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science* 2020;9:1341–57.
- [55] Sipahi F, Vural A, Akpınar I, Saydam Eker Ç, Kaygusuz A. Comparison of Fluid Inclusions of Egrikar Fe-Cu, Kopuz Fe And Karadag Fe-Cu Skarns Occurrences (Gümüşhane, Turkey). 3rd International Conference on Engineering and Natural Science I(CENS 2017), 2017, p. 561–561.
- [56] Sipahi F, Akpınar İ, Saydam Eker Ç, Kaygusuz A, Vural A, Yılmaz M. Formation of the Eğrikar (Gümüşhane) Fe-Cu skarn type mineralization in NE Turkey: U–Pb zircon age, lithochemistry, mineral chemistry, fluid

- inclusion, and O-H-C-S isotopic compositions. *Journal of Geochemical Exploration* 2017;182:32–52. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.08.006>.
- [57] Sipahi F, Saydam Eker Ç, Akpınar İ, Gücer MA, Vural A, Kaygusuz A, et al. Eocene magmatism and associated Fe-Cu mineralization in northeastern Turkey: a case study of the Karadağ skarn. *International Geology Review* 2022;64:1530–55. <https://doi.org/10.1080/00206814.2021.1941323>.
- [58] Bozkaya G, Banks DA. Physico-chemical controls on ore deposition in the Arapucandere Pb – Zn – Cu-precious metal deposit , Biga Peninsula , NW Turkey. *Ore Geology Reviews* 2015;66:65–81. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.10.014>.
- [59] Vural A, Kaygusuz A. Alakeçi-Kısacık volkanitlerinin Petrografisi ve Jeokimyası (KB Türkiye). 4th International European Conference on Interdisciplinary Scientific Research, Warsaw, Poland: 2021, p. 1–14.
- [60] Vural A. Heavy metal pollution from listwaenitization: In case of Alakeçi (Bayramiç-Çanakkale/West Türkiye). *Turkish Journal of Analytical Chemistry* 2022;4:94–102. <https://doi.org/10.51435/turkjac.1190831>.
- [61] Vural A, Kaygusuz A. On Heavy Metal Pollution Associated with Listvenite Developments: Ayvacık-Bayramiç/ Çanakkale-West Türkiye). 8th International Zeugma Conference on Scientific Researches, Gaziantep, Türkiye: 2022, p. 492–501.
- [62] Çiftçi E. Volcanogenic Massive Sulfide (VMS) Deposits of Turkey. In: Pirajno F, Ünlü T, Dönmez C, Şahin MB, editors. *Mineral Resources of Turkey, Modern Approaches in Solid Earth Sciences*. Springer; 2019, p. 427–95. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0_9).
- [63] Ünlü T, Dumanlılar Ö, Tosun L, Akıska S, Tiringa D. Turkish Iron Deposits. In: Pirajno F, Ünlü T, Dönmez C, Şahin MB, editors. *Mineral Resources of Turkey, Modern Approaches in Solid Earth Sciences*, Springer; 2019, p. 225–60. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0_5).
- [64] Öztürk H, Kasapçı C, Özbaş F. Manganese Deposits of Turkey. In: Pirajno F, Ünlü T, Dönmez C, Şahin MB, editors. *Mineral Resources of Turkey, Modern Approaches in Solid Earth Sciences*, Springer; 2019, p. 261–81. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0_6).
- [65] Çiftçi Y, Dönmez C, Parlak O, Günay K. Chromitite Deposits of Turkey in Tethyan Ophiolites. In: Pirajno F, Ünlü T, Dönmez C, Şahin MB, editors. *Mineral resources of Turkey. Modern approaches in solid earth sciences*, Springer; 2019, p. 73–157. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0_3).
- [66] Altuncu Poyraz S, Teoman MU, Türkelli N, Kahraman M, Cambaz D, Mutlu A, et al. New constraints on micro-seismicity and stress state in the western part of the North Anatolian Fault Zone: Observations from a dense seismic array. *Tectonophysics* 2015;656:190–201. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2015.06.022>.

**MAUNFBD**  
**Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of Science**

**Yazım Kuralları**

*Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Haziran ve Aralık sayısı olmak üzere yılda iki defa yayımlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Derginin asıl amacı fen bilimleri, temel alanlar ve mühendislik alanlarında nitelikli akademik çalışmaların yayımlanmasına katkı yapmaktır.*

*Dergide yayımlanan makaleler yazı işlerinin izni olmaksızın başka hiç bir yerde yayımlanamaz veya bildiri olarak sunulamaz. Kısmen veya tamamen yayımlanan makaleler kaynak gösterilmeden hiçbir yerde kullanılamaz. Dergiye gönderilen makalelerin içerikleri özgün, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmamış veya yayımlanmak üzere gönderilmemiş olmalıdır. Makaledeki yazarlar isim sırası konusunda fikir birliğine sahip olmalıdır.*

*Makalenin hazırlanması sırasında yardımcı olması amacıyla, internet sitemizde yazarlar için linkinin altında yer alan **MAUNFBD** Dergisi yazım kurallarına göre hazırlanmış "örnek\_makale" dosyasını bilgisayarınıza indirmeniz ve makalenizi bu makaleyi örnek alarak hazırlamanız, düzenlemelerde kolaylık ve zaman tasarrufu sağlayacaktır. Bu makaleyi bilgisayarınıza Word programında şablon (template) olarak kaydederek de makalenizi hazırlayabilirsiniz.*

- Makaleler MS Word 2007 veya üstü bir sürümde hazırlanarak gönderilmelidir.
- Sayfa yapısı özel boyutta (15.5x23 cm), MS Word programında, Times New Roman veya benzeri bir yazı karakteri ile 10 punto, tek satır aralığıyla yazılmalıdır. Sayfa kenarlarında üst 2.5 cm olmak üzere diğer kenarlar için 2.5 cm boşluk bırakılmalı ve sayfalar numaralandırılmalıdır.
- Yazar(lar)ın ad(lar) ve soyad(lar), kurumsal unvanları; yazar(lar)ın görev yaptığı kurum(lar) ve e-posta adres(ler) bilgileri verilmelidir. Ayrıca makalelerde sorumlu yazar belirtilmelidir. Times New Roman 10 punto, tek satır aralığıyla yazılmalıdır.
- Makale başlığı, içerikle uyumlu, içeriği en iyi ifade eden bir başlık olmalıdır. Başlık, kalın ve 12 punto büyüklüğünde olmalı ve ilk harfler büyük olacak şekilde sayfa ortalanarak yazılmalıdır. Makaleler aynı özellikte İngilizce bir başlık/title içermelidir.
- Makalenin başında, konuyu kısa ve öz biçimde ifade eden ve en az 75, en fazla 150 kelimedenden oluşan Türkçe "Öz" bulunmalıdır. Öz içinde, yararlanılan kaynaklara, şekil ve çizelge numaralarına değinilmemelidir. Adres/ler den 2 satır boşluk bırakıldıktan sonra, Times New Roman 10 punto, tek satır aralığıyla yazılmalıdır. Özün altında bir satır boşluk bırakılarak, en az 3, en çok 6 sözcükten oluşan anahtar kelimeler verilmelidir. Anahtar kelimeler makale içeriği ile uyumlu ve kapsayıcı olmalıdır. Aynı şekilde makaleler İngilizce bir başlık/title, anahtar sözcükler/keywords ve öz/abstract içermelidir.
- **MAUNFBD**'in yayın dili Türkçe ve İngilizcedir.
- Herhangi bir sempozyum veya kongrede sunulmuş olan çalışmalar kongrenin adı, yeri ve tarihi belirtilerek yayımlanabilir. Bir araştırma kurumu veya fonu tarafından desteklenen çalışmalarda desteği sağlayan kuruluşun adı ve proje numarası verilmelidir.
- Makaleler Giriş, Materyal ve Metod, Deneysel Kısım, Gereç ve Yöntem, Tartışma, Sonuç vb. yer alacak şekilde hazırlanmalı ve alt başlıklar ikinci derece başlıklar Times New Roman 10 punto ile sağa hizalı olarak düzenlenmelidir.
- Formüller ve denklemler Math Type ya da Word Denklem Düzenleyici kullanılarak yazılmalıdır.
- Çalışma, dil bilgisi kurallarına uygun olmalıdır. Makalede noktalama işaretlerinin kullanımında, kelime ve kısaltmaların yazımında en son çıkan TDK Yazım Kılavuzu esas alınmalı, açık ve yalın bir anlatım yolu izlenmeli, amaç ve kapsam dışına taşan gereksiz bilgilere yer verilmemelidir. Makalenin hazırlanmasında geçerli bilimsel yöntemlere uyulmalı, çalışmanın konusu, amacı, kapsamı, hazırlanma gerekçesi vb. bilgiler yeterli ölçüde ve belirli bir düzen içinde verilmelidir.
- Bir makalede sırasıyla özet, ana metnin bölümleri, kaynakça ve (varsa) ekler bulunmalıdır. Makalenin bir "Giriş" ve bir "Sonuç" bölümü bulunmalıdır. "Giriş" çalışmanın amacı, önemi, dönemi, kapsamı, veri metodolojisi ve planını mutlaka kapsamalıdır. Konu gerektiriyorsa literatür tartışması da bu kısımda verilebilir. "Sonuç" araştırmanın amaç ve kapsamına uygun olmalı, ana çizgileriyle ve öz olarak verilmelidir. Metinde sözü edilmeyen hususlara "Sonuç"ta yer verilmemelidir. Belli bir düzen sağlamak amacıyla ana, ara ve alt başlıklar kullanılabilir.
- Tablo/Şekillerin numarası ve başlığı bulunmalıdır. Tablo çiziminde dikey çizgiler kullanılmamalıdır. Yatay çizgiler ise sadece tablo içindeki alt başlıkları birbirinden ayırmak için kullanılmalıdır. Tablo/Şekil numarası üste, tam sola dayalı olarak Times New Roman 10 punto yazılmalı; tablo/şekil adı ise, her sözcüğün ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Ayrıca tablo/şekiller siyah beyaz baskıya uygun hazırlanmalıdır.
- Makalede, düzenli bir bilgi aktarımı sağlamak üzere ana, ara ve alt başlıklar kullanılabilir. Makale başlığı dışındaki diğer tüm başlıklar 10 punto yazılmalıdır. Birinci derece başlıklar büyük ve koyu karakterde; ikinci derece başlıklar, yalnız ilk harfleri büyük ve koyu olmayan; üçüncü derece başlıklar ise yalnız ilk harfleri büyük, koyu olmayan ve italik harflerle yazılmalıdır. Ayrıca başlıklar, öncesi ve sonrası 6 nk olacak şekilde ayarlanmalıdır.



**MAUNFBD**  
**Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of Science**

**BİRİNCİ DERECE BAŞLIK**

İkinci Derece Başlık

*Üçüncü Derece Başlık*

- Kaynak göstermede makale içerisinde “köşeli parantez içerisinde numara” ile yazılmalıdır. Her kaynak kendi orijinal dilinde verilmelidir. Kaynaklar Times New Roman 9 punto ile yazılmalıdır. Kaynaklar yazılırken sıralama aşağıdaki şekilde olmalıdır:
- Chen Y. R., Chao K., Kim M. S. Machine vision technology for agricultural applications, Computers and Electronics in Agriculture, 36, 173-191, 2002.
- Kumar A. Computer vision based fabric defect detection: a survey, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 55, 348-363, 2008.
- Yetis H., Baygin M., Karaköse M. A New Micro Genetic Algorithm Based Image Stitching Approach for Camera Arrays at Production Lines, The 5th International Conference on Manufacturing Engineering and Process (ICMEP 2016), 25-27 May, 2016.
- Aydın I., Karaköse E., Karaköse M., Gençoğlu M.T., Akin E., A New Computer Vision Approach for Active Pantograph Control, IEEE International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications (IEEE INISTA 2013), Albena, Bulgaria, 2013.
- Lim S. H. Video-processing applications of high speed cmos image sensors, The Degree of Doctor of Philosophy, Stanford University, 2003.
- **MAUNFBD'e** yazım kurallarına uygun olarak gönderilen makaleler, daha sonraki aşamada intihal denetiminden geçirilir. Dergide intihal denetimi iThenticate programı ile yapılmaktadır ve intihal denetiminde kabul edilebilir benzerlik oranı en fazla %20 olmalıdır.
- Yayım aşamasının ilk adımı için makaleler Online Başvuru Sistemi aracılığıyla yollanmalıdır. Başvurunun hemen ardından elektronik posta adresinize otomatik olarak bir onay mesajı gönderilecektir. Daha fazla bilgi için <http://dergipark.gov.tr/MAUNfbd> elektronik adresi aracılığıyla editörümüzle bağlantıya geçilebilir.

## Instructions for Authors

**MAUNFBD** is an international peer-reviewed journal that is published two times a year. The purpose of the journal is to make contributions to publishing qualified academic studies in sciences, basic and engineering areas.

The articles that are published in the journal cannot be published or presented anywhere else unless permission is granted from the editorial board. The articles that are published either partially or completely cannot be used anywhere else unless reference is given. The content of the articles that are sent to the journal has to be authentic, not previously published or sent to be published. The authors of the articles have to have a consensus regarding the list of the names in the article.

If you download the "sample article" that was prepared according to spelling rules and format of the **MAUNFBD** Journal from our website through the link for authors to help you prepare the article, this will save your time and facilitate the preparation process. You can also prepare your article by saving this sample as a template on the Microsoft Word program.

- The articles should be in MS Word 2007 or higher version.
- The layout has to be custom-designed (15.5x23 cm). The file format has to be MS Word. The font has to be Times New Roman or a similar one with a size of 10. The file has to have single-line spacing. Page margins have to be 2.5 cm on the top and 2.5 cm for all the other sides. The pages have to be numbered.
- The articles need to include the name(s), surname(s), institutional title(s), institution name(s), and e-mail address(es) of the author(s). In addition, the corresponding author has to be indicated in the articles. The font has to be Times New Roman with a size of 10 and single line spacing.
- The title of the article has to be consistent with the content and must reflect the content in the best way possible. The title has to be boldface with a font size of 12. The first letter of all the words has to be uppercase. The title has to be centered. The articles need to have an English title with the same properties.
- The article needs to include an "Abstract" at the beginning not less than 75 words nor longer than 150 words summarizing the content in the most precise and concise way. The abstract must not include references, figures, and table numbers. Leaving a space under the abstract, the author has to add keywords including at least 3 and utmost 6 words. The keywords have to be consistent with the content and need to be comprehensive. Similarly, the articles have to include an English title, keywords, and abstract.
- **MAUNFBD** is published in Turkish and English.
- The works that are presented in any symposium or congress can be published after specifying the name, place and the date of the congress. The works that are supported by a research organization or fund have to indicate the name of the supportive organization and the number of project.
- The articles have to be organized as introduction, body, experimental, result and discussion and conclusion. Sub-titles and lower-level titles have to have a font size of 10 and be right-aligned.
- Formulas and equations need to be written via Math Type or Word Equation Editor.
- The study has to comply with grammatical rules. The latest Turkish Language Association Spell Check has to be employed regarding the use of punctuation, spelling of the words, and abbreviations. The text is expected to be clear and simple. No expressions out of purpose and scope must be included in the work. The valid scientific methods have to be employed to prepare the article. The content, purpose, scope, justification, etc. of the study have to be provided as much as needed in a certain order.
- An article is expected to include abstract, sections of the main text, references, and appendices (if there is any) respectively. An article has to have an "Introduction" and "Conclusion" sections. The "Introduction" is definitely expected to include the purpose, importance, period, scope, data methodology, and outline of the study. If it is necessary for the subject to be dealt with, literature review can be given in this section as well. The "conclusion" needs to be in compliance with the study's purpose and scope. It needs to be given generally and concisely. The points that are not mentioned within the text must not be included in "conclusion". Headings, titles, and sub-titles can be used to organize the text.
- Tables/Figures need to be numbered and given with their titles. No vertical lines must be used to draw the tables. Horizontal lines can only be used to separate the sub-titles within the table from each other. Table/Figure number has to be at the top left-aligned and non-Italic with Times New Romans 10 font. The name of tables/figures has to be written with each word having its first letter uppercase. In addition, tables/figures have to comply with black and white print. If there is anything in the table that requires reference, the references must be given at the bottom of the table with in-text reference format.
- Headings, titles, and sub-titles can be used to ensure an ordered information transfer. All the other titles except for the title of the article have to have a font size of 10. First-level titles need to be uppercase and boldface; the first letters of

**MAUNFBD**  
**Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of Science**

all the words in the second-level titles need to be uppercase and not boldface; and only the first letters of the words in the third-level titles need to be uppercase, and these titles have to be italic. In addition, the titles have to be organized with 6 nk before and after the title.

**FIRST-LEVEL TITLE**

Second-Level Title

*Third-level Title*

(i) The reference should be marked with "number in square brackets" in the article. Each reference must be given in its original language. The references should be written in Times New Roman 9 point. When writing the references, the sequence should be as follows:

- Chen Y. R., Chao K., Kim M. S. Machine vision technology for agricultural applications, Computers and Electronics in Agriculture, 36, 173-191, 2002.
  - Kumar A. Computer vision based fabric defect detection: a survey, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 55, 348-363, 2008.
  - Yetis H., Baygin M., Karaköse M. A New Micro Genetic Algorithm Based Image Stitching Approach for Camera Arrays at Production Lines, The 5th International Conference on Manufacturing Engineering and Process (ICMEP 2016), 25-27 May, 2016.
  - Aydin I., Karakose E., Karaköse M., Gençoğlu M.T., Akin E., A New Computer Vision Approach for Active Pantograph Control, IEEE International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications (IEEE INISTA 2013), Albena, Bulgaria, 2013.
  - Lim S. H. Video-processing applications of high speed cmos image sensors, The Degree of Doctor of Philosophy, Stanford University, 2003.
- The manuscripts that comply with the publication principles of anemon are passed through plagiarism checking. The journal uses the Ithenticate software to detect instances of overlapping and similar text in submitted manuscripts. If the similarity level is above %20, the manuscript is not accepted for publication.
  - The articles are sent through Online Application System for the first step of the publication. An automatically-sent confirmation message is sent to your e-mail address upon the completion of the application. For further information, please contact the editor via <http://dergipark.gov.tr/MAUNfbd>.

## Değerlendirme Süreci

- **MAUNFBD'**e gönderilen yazılar, önce Yayın Kurulunca dergi ilkelerine uygunluk açısından bir ön değerlendirmeye tabi tutulur. Dergi kapsamına girmeyen veya bilimsel bir yazı formatına içerik ve şekil şartları açısından uymayan yazılar, hakemlik süreci başlatılmadan geri çevrilir ya da bazı değişiklikler istenebilir. Yayın için teslim edilen makalelerin değerlendirilmesinde akademik tarafsızlık ve bilimsel kalite en önemli ölçütlerdir.
- **MAUNFBD'**e yayın kurallarına uygun olarak gönderilen makaleler, daha sonraki aşamada intihal denetiminden geçirilir. Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi'nde intihal denetimi, Ithenticate paket programı aracılığıyla gerçekleştirilmekte ve intihal denetiminde, benzerlik oranının %20'nin üstüne çıkmaması gerekmektedir. İlgili çalışmada herhangi bir intihale rastlanmadığı takdirde değerlendirilmek üzere o alandaki çalışmaları tanınmış iki hakeme gönderilir. **MAUNFBD** Dergisi, sürecin her aşamasında, hakem ve yazarların isimlerinin saklı tutulduğu çift-kör hakemlik sistemini kullanmaktadır. Hakem raporlar beş yıl süreyle saklanır. Makaleyi değerlendiren iki hakemden birisinin olumlu diğerinin olumsuz rapor vermesi durumunda makale üçüncü hakeme gönderilmekte veya Yayın Kurulu, hakem raporlarını inceleyerek nihai kararı vermektedir.
- **MAUNFBD'**e gönderilen çalışmalarda yazarlar, hakem ve Yayın Kurulunun eleştiri ve önerilerini dikkate alırlar. Katılmadıkları hususlar varsa gerekçeleriyle birlikte itiraz etme hakkına sahiptirler. Dergideki hakemlik sürecinde, akademik unvana sahip kişilerin yayınları için ancak eşit ya da üst derecede akademik unvana sahip kişiler hakem olabilir.
- **MAUNFBD'**e hakem değerlendirme süreci, istenilmeyen nedenlerden dolayı bazen uzun sürebilmektedir. Normal koşullarda editör tarafından ön değerlendirme aşaması bir hafta; hakem değerlendirme süreci de 8 hafta olarak planlanmaktadır. Ancak hakemlerden zamanında dönüş olmaması nedeniyle yeniden hakem atama vb. nedenlerden dolayı hakem değerlendirme süreci uzayabilmektedir.
- **MAUNFBD'**e makale gönderen yazar/yazarlar, Derginin söz konusu hakem değerlendirme koşullarını ve sürecini kabul etmiş sayılırlar.
- **MAUNFBD'**de yayımlanmasına karar verilen (kabul edilen) çalışmaların telif hakkı, Muş Alparslan Üniversitesi'ne devredilmiş sayılır.

**MAUNFBD**  
**Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of Science**

**Peer Review Process**

- The papers that are sent to **MAUNFBD** are subjected to preliminary assessment by the Editorial Board to see whether the work complies with the principles of the journal. The papers that are out of the scope of the journal or do not comply with the format of a scientific text either in terms of content or style are either rejected or demanded to be corrected prior to peer-review process. Academic objectivity and scientific quality are the most important criteria for the assessment of the articles that are submitted to be published.
- The articles that comply with the publication principles of **MAUNFBD** are passed through plagiarism checking. Journal of Social Sciences of Muş Alparslan University uses the iThenticate software to detect instances of overlapping and similar text in submitted manuscripts. The journal allows an overall similarity of 20% for a manuscript to be considered for publication. After determining an acceptable similarity rate, the article is sent to two reviewers who are known for their studies in the relevant field. **MAUNFBD** employs double-blind review system in which the names of neither the reviewers nor the authors are disclosed in any of the phases of the process. Reviewer reports are saved for five years. If one of the reviewers gives positive feedback while the other gives negative feedback, the article is either sent to a third reviewer or Editorial Board examines the reviewer reports to make the final decision.
- The authors submitting papers to **MAUNFBD** take into account the criticisms and suggestions of the reviewers and the Editorial Board. The authors also have the right to object to the points with which they disagree. In the reviewing process, the publications of people with academic titles are only reviewed by academics of either an equal or a higher degree.
- Assessment process of **MAUNFBD** may sometimes take long periods of time due to undesired reasons. Normally, preliminary assessment by the editor takes a week while reviewer's assessment period takes 8 weeks. However, reviewer assessment process may get longer when reviewers do not respond on time or in cases of appointing a new reviewer and so on.
- The author/authors submitting papers to **MAUNFBD** is/are considered to have accepted the aforementioned reviewing conditions and process of the journal.
- The copyrights of the works that are decided to be published (accepted) in **MAUNFBD** is transferred to Muş Alparslan University.

**MAUNFBD**  
**Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of Science**

**Yayın İlkeleri**

- **MAUNFBD**, ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan, fen, temel alanlar ve mühendislik bilimleri alanında özgün ve nitelikli çalışmaları, bilimsel bir yaklaşımla ele alarak fen bilimler alanlarındaki çalışmaların niteliğinin yükselmesine, yöntem ve uygulamaların gelişmesine, kuram ve uygulama alanlarındaki çalışmalar arasında iletişimin güçlenmesine ve fen bilimleri alanındaki literatürün zenginleşmesine katkı sağlamak amacıyla yayımlanmaktadır.
- **MAUNFBD**'e, matematik, fizik, kimya, biyoloji, çevre bilimi, sağlık, eczacılık, mühendislik bilimleri vb. tüm fen bilimlerine ait özgün ve nitelikli bilimsel çalışmaları destekleyerek bilim camiasında üretilen bilgileri akademisyenlerin ve kamuoyunun istifadesine sunmak amacıyla yeni ve özgün çalışmalara yer verilmektedir.
- **MAUNFBD**'e gönderilecek çalışma, alanında bir boşluğu dolduracak özgün bir yazı olmalı ya da daha önce yayımlanmış çalışmaları değerlendiren, konuya dair yeni ve dikkate değer görüşler ortaya koyan inceleme olmalıdır.
- **MAUNFBD**'e gönderilecek yazılar makale, çeviri ve kitap tanıtımı türünde olmalıdır. Dergimize gönderilen çeviri yazılar için, makale sahibinin yayın izni ve orijinal metin gereklidir.
- **MAUNFBD**'e yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir.
- **MAUNFBD**'e gönderilen çalışmalar daha önce hiçbir yerde yayımlanmamış ve halihazırda yayımlanmak üzere sunulmamış olmalıdır. Bilimsel bir toplantıda sunulmuş bildiriler, durum açıkça belirtilmek şartıyla dergiye gönderilebilir.
- **MAUNFBD**'e Kış/Aralık ve Yaz/Haziran sayısı olmak üzere yılda iki defa düzenli olarak yayımlanmaktadır.
- **MAUNFBD**'e gönderilen yazılara telif hakkı ödenmez. Yayımlanan makalelerin telif hakkı Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimler Dergisi'ne aittir.
- **MAUNFBD**'de yayımlanan yazıların bilimsel ve hukuki sorumluluğu yazarlarına aittir.
- **MAUNFBD**'de yer alan yazılardaki görüş ve düşünceler yazarlarının kişisel görüşleri olup derginin ve bağlı olduğu kurumların görüşlerini yansıtmaz.
- **MAUNFBD**'e gönderilen çalışmalar, TÜBİTAK ULAKBİM'in DergiPark Sistemi (UDS) üzerinden elektronik ortamda gönderilmektedir. Bu sisteme <http://dergipark.gov.tr/MAUNfbd> da yer alan "Kullanıcı Sayfası/Yeni Gönderi" linkinden ulaşılabilir. Söz konusu sisteme kayıt yapıp makale gönderildikten sonra hakem süreciyle ilgili gelişmeler ve hakem değerlendirme raporları yazarlar tarafından kolaylıkla takip edilebilir.

**MAUNFBD**  
**Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of Science**

**Editorial Principles**

- **MAUNFBD** is a national and international peer-reviewed journal that publishes authentic and qualified works with a scientific approach in the fields of science, basic and engineering sciences. It is published to contribute to raising the quality of the social sciences studies, development of methods and practices, to strengthen the communication between theoretical and practical studies, and to enrich the science literature.
- **MAUNFBD** supports all the authentic and qualified scientific studies in the science fields including maths, physic, chemistry, biology, health, pharmacy, engineering sciences *etc*. It publishes new and authentic works to offer the knowledge produced by scientific circles for the benefit of academics and public.
- The works that are sent to **MAUNFBD** must be both an authentic work to eliminate a lack in the literature or a review assessing the previously-published works and suggesting relevant, new, and noteworthy opinions.
- The texts that are sent to **MAUNFBD** include articles, translations, and book promotions. For the translated texts, publication permission of the owner of the article and the source text are required.
- Publication languages of **MAUNFBD** are Turkish and English.
- The works that are sent to **MAUNFBD** must not be published previously anywhere. They have to be ready for publication. The papers that have previously been presented in a scientific meeting can be sent to the journal if it is clearly indicated.
- **MAUNFBD** is regularly published in Winter/December and Summer/June per year.
- No copyright payment is made for the papers that are sent to **MAUNFBD**. The copyrights of the works that are published in **MAUNFBD** are transferred to Mus Alparslan University Journal of Science.
- Scientific and legal liabilities of the articles published in **MAUNFBD** belong to the authors.
- All the opinions and ideas indicated in the articles that are published in **MAUNFBD** are authors' personal opinions and do not reflect the opinions of the Journal or the affiliated institutions by any means.
- The works that are sent to **MAUNFBD** are sent to TUBITAK ULAKBİM's DergiPark System (UDS) in electronical environment. This system can be accessed via <http://dergipark.gov.tr/MAUNfbd> under the link "User Page/New Submission". After registering in the system and submitting the paper, the developments regarding the reviewing process and reviewer reports can be followed by the authors.

**MAUNFBD**  
**Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of Science**

**Yazışma Adresi / Address**

Muş Alparslan Üniversitesi  
MAUNFBD Dergi Editörlüğü

Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
49250 – MUŞ/TÜRKİYE

Tel: 0 436 249 49 49 / 3671 - Fax: 0 436 213 00 28

Web: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/msufbd>

e-mail: [msufbd@alparslan.edu.tr](mailto:msufbd@alparslan.edu.tr)