



**MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ**  
**DERGİSİ**

2020  
**1** Haziran  
Cilt/8

Muş Alparslan University Journal of Science \* Published since 2013

❖ **Yeni Bir Tahribatsız Muayene Yöntemi: Bakteri Kültürüyle Mikro Hata Tespiti**  
*Bahar Şölen AKDEMİR, Hülya DURMUŞ*

❖ **Bazı Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Süneye (*Eurygaster integriceps* Put.) Mukavemet Bakımından Değerlendirilmesi**  
*Hasan KILIÇ, Hüsnü AKTAŞ, Enver KENDAL, Yunus BAYRAM*

❖ **Ti6Al4V Alaşımı Üzerine Sol-Jel Yöntemi ile Yapılan SiO<sub>2</sub> Kaplamalarda Kurutma Kontrol Kimyasallarının Kaplama Morfolojisine Etkisi**  
*Canser GÜL, Sevda ALBAYRAK, Hülya DURMUŞ*

❖ **Alkol Olarak Fuzel Yağı Kullanılan Bir Esterleşme Reaksiyonunda Tall Yağı Asitlerinden Biyodizel Üretimi**  
*Salih ÖZER*

❖ **Hahn-Banach Theorem for Operators on Lattice Normed Riesz Algebras**  
*Abdullah AYDIN*

❖ **Ortam Şartlarının Bir Haptik-Teleoperasyon Sisteminin İki-Yönlü Kontrolü Üzerindeki Etkisi**  
*Tayfun ABUT, Servet SOYGÜDER*

❖ **Influence of Fuel Types and Combustion Environment on Emission of VOCs from Combustion Sources**  
*Ömer ARSLAN, Bülent ÖZDALYAN*

Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi \* 2013'den beri yayında



<http://dergipark.gov.tr/msufbd>  
e-ISSN:2149-6455



***MSUFBD***

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

**YIL/YEAR: 2020 • CİLT/VOLUME: 8 • SAYI/NUMBER: 1**

**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.



**MSUFBD**

**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	:	15/06/2020
Cilt	:	8
Sayı	:	1
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 Bilimler Enstitüsü, Diyarbakır Yolu 7. Km, 49250 – MUŞ / TÜRKİYE
e-posta	:	a.cetin@alparslan.edu.tr
URL	:	<a href="http://dergipark.gov.tr/msufbd">http://dergipark.gov.tr/msufbd</a>

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

Yıl/Year: 2020 • Cilt/Volume: 8 • Sayı/Number: 1

**Yayın Kurulu • Editorial Board**

<b>Muş Alparslan Üniversitesi Adına</b>	
<b>Sahibi / Owner</b>	Prof. Dr. Fethi Ahmet POLAT (Rektör) Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
<b>Editör / Editor-in-Chief</b>	Dr. Adnan ÇETİN Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
<b>Editör Yardımcısı / Associate Editor</b>	Doç. Dr. Sedat BOZARI Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
<b>Yayın Kurulu Üyeleri / Editorial Board Members</b>	Prof. Dr. Murad Aydın ŞANDA Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
	Prof. Dr. Mahmoud ELAASSER Al-Azhar University / Egypt
	Prof. Dr. Sadulla JAFAROV Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
	Prof. Dr. Charis SEMİDALES University of Athena / Greek
	Prof. Dr. Nizameddin İSKENDEROV University of Baku State / Azerbaijan
	Prof .Dr. Vugar İSMAİLOV National Academy Of Sciences / Azerbaijan
	Doç. Dr. Wael Ibrahim Mostofa MORTADA Mansoura University / Egypt
	Doç. Dr. Esin KAYA Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
	Doç. Dr. Wasim Akhtar Jamia Hamdard University/ India
	Prof. Dr. ERCAN BURSAL Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
	Dr. Derya YANMIŞ Giresun Üniversitesi/ Türkiye
	Dr. Furkan ORHAN Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi/ Türkiye
	Doç. Dr. Kenan YILDIRIM Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
	Dr. Ömer ARSLAN Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
	Dr. Garima Verma Jamia Hamdard University/ India
<b>Sekreteryaya / Secretariat</b>	Arş. Gör. Emine ŞAHİN
<b>Teknik Redaksiyon / Redaction</b>	Arş. Gör. Rukiye İŞİK
	Arş. Gör. Tayfun ABUT
<b>Grafik Tasarım / Design</b>	Okt. Seyhan SAYIM Levent Günaydın



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

Yıl: 2020 • Cilt: 8 • Sayı: 1

**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 çalışmalarını bilimsel bir yaklaşımla ele almak amacıyla yayımlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimler 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 Bilimler Dergisi, yükseköğretim kurumlarında görev alan akademisyenler, lisansüstü öğrenciler, sanayi ve endüstride çalışan kişilerin akademik ve mesleki gelişimlerine katkı sağlayan bilimsel, nitelikli akademik çalışmaların yaygınlaştırılmasına hizmet etmeyi hedeflenmektedir.

Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimler Dergisi; temel bilimleri, tarım ve uygulamalı bilimleri, doğa bilimleri ve mühendislik alanları ile alakalı konularda özgün ve nitelikli bilimsel çalışmalarını 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 Bilimler 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 Bilimler 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:

- International Innovative Journal Impact Factor (IIJIF),
- Research Bible
- Scientific Indexing Service
- Infobase index
- DRJI (Directory of Research Journals Indexing)
- CrossRef DOI
- Academic keys
- COSMOS IF
- Eurasian Scientific Journal Index (ESJI)
- Index Copernicus
- National Science Digital Library
- CiteFactor

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

Yıl/Year: 2020 • Cilt/Volume: 8 • Sayı/Number: 1

**Aims and Scope**

Muş Alparslan University Journal of Science is an international refereed journal that is published with a scientific approach in order 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 is covered 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 are included 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 are belong to scientific and legal responsibility of the articles published in Muş Alparslan University Journal of Science. Muş Alparslan University is belong to all publishing rights of the published articles and it cannot be publish 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.

Muş Alparslan University Journal of Science is included in the following abstracting and indexing services:

- International Innovative Journal Impact Factor (IIJIF),
- Research Bible
- Scientific Indexing Sevice
- Infobase index
- DRJI (Directory of Research Journals Indexing)
- CrossRef DOI
- Academic keys
- COSMOS IF
- Eurasian Scientific Journal Index (ESJI)
- Index Copernicus
- National Science Digital Library
- CiteFactor

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

Yıl/Year: 2020 • Cilt/Volume: 8 • Sayı/Number: 1

**MSUFBD Dergi Yayın Etiği ve Sorumluluklar**

**MSUFBD** Dergisinde uygulanan yayın süreçlerinde yazarlar, hakemler ve editörler etik ilkelere yönelik standartlara uyması önem taşımaktadır. **MSUFBD** 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 **MSUFBD** 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 işbirliği yapma yükümlülüğü bulunmaktadır.

**Editörlerin Etik Görev ve Sorumlulukları**

**MSUFBD** 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 yapmalıdır. Değerlendirmeyi yapıcı ve nazik bir dille yapmalıdır. Düşmanlık, iftira ve hakaret içeren aşağılayıcı kişisel yorumlar yapmamalıdır. Değerlendirmeyi kabul ettikleri çalışmayı zamanında ve yukarıdaki etik sorumluluklarda gerçekleştirilmelidir.

**Yayıncının Etik Sorumlulukları**

**MSUFBD** Dergisinde gönderilen çalışmaların tüm süreçlerinden editör sorumludur. Bağımsız editör kararı oluşturulmasını taahhüt eder. **MSUFBD** Dergisinde ekonomik ya da politik kazançlar göz önüne alınmaksızın karar verici kişi editördür. **MSUFBD** 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 vermektedir. 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. **MSUFBD** 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.

### **NOT: MSUFBD Dergisinde Etik Olmayan Bir Durumla Karşılaşırsanız!**

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

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

Yıl/Year: 2020 • Cilt/Volume: 8 • Sayı/Number: 1

**MSUFBD 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 MSUFBD. All authors, referees and editors are expected to have the following ethical responsibilities within the scope of publication ethics in MSUFBD 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 MSUFBD 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 MSUFBD 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 MSUFBD Journal. The independent editor commits to the decision. The decision maker is the editor, regardless of economic or political gains in the Journal of

MSUFBD. It must protect the property and copyright of every article published in the MSUFBD 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 MSUFBD 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 MSUFBD Journal!

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

**Danışma Kurulu**

Prof. Dr. Erdal Necip YARDIM  
Bitlis Üniversitesi / Türkiye  
Prof. Dr. Mehmet Serdar GÜLTEKİN  
Atatürk Üniversitesi / Türkiye  
Prof. Dr. Cemil TUNÇ  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi / Türkiye  
Prof. Dr. Mehmet Serdar GÜLTEKİN  
Atatürk Üniversitesi / Türkiye  
Prof. Dr. Ekrem ATALAN  
İnönü Üniversitesi / Türkiye  
Prof. Dr. Refik ABDULLA  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Prof. Dr. Güleray AĞAR  
Atatürk Üniversitesi / Türkiye  
Prof. Dr. Esvet AKBAŞ  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi / Türkiye  
Prof. Dr. Cevat SELAM  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Prof. Dr. Giray TOPAL  
Atatürk Üniversitesi / Türkiye  
Prof. Dr. İshak BİLDİRİCİ  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi / Türkiye  
Doç. Dr. Arzu ALA GÖRMEZ  
Atatürk Üniversitesi / Türkiye  
Doç. Dr. Ersin KILINÇ  
Mardin Artuklu Üniversitesi / Türkiye  
Doç. Dr. Banu Bayram  
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi / Türkiye  
Doç. Dr. Cezmi KAYAN  
Dicle Üniversitesi / Türkiye  
Doç. Dr. Tarık ARAL  
Batman Üniversitesi / Türkiye  
Doç. Dr. Refik SAMET  
Ankara Üniversitesi / Türkiye  
Doç. Dr. Ekrem YILMAZ  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Doç. Dr. Talat KÖRPİNAR  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Dr. Fırat KURT  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Dr. Murat DEMİR  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Dr. Selçuk SAĞIR  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Prof. Dr. Murat AYDEMİR  
Dicle Üniversitesi / Türkiye  
Dr. Erdal KORKMAZ  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Doç. Dr. Muhammed ÇINAR  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Dr. Adem KORKMAZ  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Dr. Ramazan ATICI  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye

**Advisory Board**

Prof. Dr. S. S. VOLOSIVETS  
Saratov State University / Russia  
Prof. Dr. Vladimir ANDRIEVSKI  
Kent State University / USA  
Prof. Dr. Ramazan MAMADOV  
Pamukkale Üniversitesi / Türkiye  
Prof. Dr. Daniyal ISRAFILOV  
Balıkesir Üniversitesi / Türkiye  
Prof. Dr. Urfat NURİYEV  
Ege Üniversitesi / Türkiye  
Prof. Dr. Abdülvahabova SACİDE  
University of Baku State / Azerbaijan  
Prof. Dr. Goayev NİFTALİ  
University of Baku State / Azerbaijan  
Prof. Dr. Agamaliyev FARZALİ  
University of Baku State / Azerbaijan  
Prof. Dr. Harun POLAT  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Doç. Dr. Nevzat ESİM  
Bingöl Üniversitesi / Türkiye  
Dr. Tomasz JAROZS  
Silesian University of Technolgy / Poland  
Doç. Dr. Harun POLAT  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Dr. Santosh Kumar BHARDWAJ  
Jiwaji University / India  
Dr. Bamidele Joseph OKOLİ  
Vaal University of Technology / South Africa  
Dr. Marcelo MURGUIA  
Universidad de Valencia/Spain  
Dr. Muhsin İNCESU  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Dr. Murat SÜNKÜR  
Batman Üniversitesi / Türkiye  
Dr. Deniz Barış CEBE  
Batman Üniversitesi / Türkiye  
Doç. Dr. Nevin TURAN  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Dr. İbrahim DOLAK  
Dicle Üniversitesi / Türkiye  
Mohammed Faraz KHAN  
Jamia Hamdard University/ India  
Dr. Salih ÖZER  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Dr. Hüseyin ALLAHVERDİ  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Dr. Fuat YETİŞSİN  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Dr. Yusuf ALAN  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Dr. Kenan BULDURUN  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye  
Dr. Ahmet SAVCI  
Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye



**İÇİNDEKİLER • CONTENTS**

**ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE**

<i>MSUFBD Yönetimi</i>	X
Hocamız Prof. Dr. Bülent Özdalyan Anısına <i>Bahar Şölen AKDEMİR, Hülya DURMUŞ</i>	707-714
Yeni Bir Tahribatsız Muayene Yöntemi: Bakteri Kültürüyle Mikro Hata Tespiti <i>Hasan KILIÇ, Hüsnü AKTAŞ, Enver KENDAL, Yunus BAYRAM</i>	715-723
Bazı Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Süneye ( <i>Eurygaster integriceps</i> Put.) Mukavemet Bakımından Değerlendirilmesi <i>Canser GÜL, Sevda ALBAYRAK, Hülya DURMUŞ</i>	725-729
Ti6Al4V Alaşımı Üzerine Sol-Jel Yöntemi ile Yapılan SiO <sub>2</sub> Kaplamalarda Kurutma Kontrol Kimyasallarının Kaplama Morfolojisine Etkisi <i>Salih ÖZER</i>	731-736
Alkol Olarak Fuzel Yağı Kullanılan Bir Esterleşme Reaksiyonunda Tall Yağı Asitlerinden Biyodizel Üretimi <i>Abdullah AYDIN</i>	737-741
Hahn-Banach Theorem for Operators on Lattice Normed Riesz Algebras <i>Tayfun ABUT, Servet SOYGÜDER</i>	743-746
Ortam Şartlarının Bir Haptik-Teleoperasyon Sisteminin İki-Yönlü Kontrolü Üzerindeki Etkisi	

**DERLEME MAKALESİ / REVIEW ARTICLE**

<i>Ömer ARSLAN, Bülent ÖZDALYAN</i>	747-756
Influence of Fuel Types and Combustion Environment on Emission of VOCs from Combustion Sources	

**Okuyucu Mektupları / Letters**

Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimler Dergisi'nde yayımlanan çalışmalar hakkındaki değerli görüşlerinizi, yorumlarınızı ve önerilerinizi lütfen dergi editörüne iletiniz.  
Dr. Adnan ÇETİN  
a.cetin@alparslan.edu.tr

## HOCAMIZ, PROF. DR. BÜLENT ÖZDALYAN ANISINA,

Hocamız Prof. Dr. Bülent ÖZDALYAN 1964 yılında Ankara Polatlı'da doğmuştur. 1984 yılında Ankara Yüksek Teknik Öğretmen Okulu Otomotiv Öğretmenliği bölümüne girmiş ve buradan 1988 yılında başarılı bir şekilde mezun olmuştur. 1988 yılında Ankara'dan ayrılarak Malatya Şehit Kemal Özalper Endüstri Meslek lisesine teknik öğretmen olarak atanmıştır. 1993 yılına kadar Malatya'da teknik öğretmen olarak görev yapmıştır. 1992 yılında Milli Eğitim Bakanlığı'nın yurt dışına akademisyen yetiştirmek amacıyla açtığı sınava girmiş ve derece ile kazanmıştır. Aynı yıl Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi adına yurt dışı araştırmacı olarak göreve başlamıştır. Özdalyan, Türkiye'nin otomotiv alanında yurt dışına gönderdiği ilk grup araştırmacılarıdandır. 1993 yılında İngiltere Coventry Üniversitesinden kabul alarak yurt dışı öğretim hayatı başlamıştır. Yüksek lisansta Mike EVATT ile çalışmıştır. 1995 yılında kentsel çevre için gelecekte kullanılacak yakıtlar konulu tezini tamamlayarak başarı ile mezun olmuştur. Aynı yıl başarılı ve çalışkan tavırları ile Dunloop firmasına danışmanlık yapan Coventry Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği bölüm başkanı Mike V. BLUNDEL'den doktora kalması için teklif almıştır. Doktora başlayan Özdalyan lastik, süspansiyon ve ABS fren sistemlerinin bir araç üzerinde simülasyonunun yapılması konulu tezini 1999 yılında bitirerek Türkiye'ye dönmüştür. 2000 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Anabilim Dalına Yrd. Doç. Dr. olarak atanmıştır. 2012 yılında Doçentlik sözlü mülakatını başarı ile tamamlamıştır. 2012 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine mühendisliği bölümünde doçent olarak atanmıştır. Raylı sistemler mühendisliği bölümü ve tıp mühendisliği bölümlerinin açılması için yoğun çaba sarf etmiştir. 2018 yılında aynı bölümde profesör unvanını almıştır.

Özdalyan'ın otomotiv mühendisliği, makine mühendisliği, raylı sistemler mühendisliği ve tıp mühendisliği bölümlerinde Türkçe ve İngilizce dersler vermiştir. Türkçe ve yabancı dergilerde yayımlanmış çok sayıda akademik makaleleri bulunmaktadır. Ölümüne kadar geçen süreçte 4 doktora öğrencisi ve 14 yüksek lisans öğrencisi mezun etmiştir.

Özdalyan 2018 yılında Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesine Dekan olarak görevlendirilmiştir. Ölümüne kadar geçen sürede yeni bölümlerin açılması ve akademik çalışmalar için yoğun çaba harcamıştır. Özdalyan akademik personeli ile sıkı ilişkiler kuran samimi ve sıcak sohbetleri ile tanınan birisi olarak hatırlanacaktır.

04 Mayıs 2020 tarihinde aramızdan ayrılan hocamız akademik camiaya katkılar sağlayan saygın bir bilim adamı olarak hep hatıralarımızda yer alacak. Merhum Hocamızı unutmayacağız ve hep rahmetle anacağız.



Nur içinde yatsın.

## Yeni Bir Tahribatsız Muayene Yöntemi: Bakteri Kültürüyle Mikro Hata Tespiti

Bahar Şölen AKDEMİR<sup>1</sup>, Hülya DURMUŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye

<sup>2</sup> Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye

✉: solenakdemir@gmail.com,  <sup>1</sup>0000-0001-7478-6753,  <sup>2</sup>0000-0002-7270-562X

Geliş (Received): 26.03.2019

Düzeltilme (Revision):03.12.2019

Kabul (Accepted): 27.12.2019

### ÖZ

Mikro boyutta üretim bilimsel, teknolojik ve endüstriyel alanlarda oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Hali hazırda kullanılan tahribatsız muayene yöntemleri bu tip mikro hataların tespitinde yetersiz kalmaktadır. Makalede açıklanan yeni teknikle bakteri hücreleri, incelenmek istenen yüzeye uygulanarak yüzeye açık olan mikro boyuttaki yarıklar, çatlaklar ve boşluklar tespit edilebilmektedir. Bu tekniğin temelini bakterilerin oldukça küçük boyutları, yüksek penetrasyon kapasiteleri, hareket edebilirlikleri, tutunabilirlikleri, floresans özellikleri, elektrik ve manyetik alana duyarlılıkları ve tekrar üretilebilir olmaları gibi özellikleri oluşturmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Bakteri Kültürü, Mikro Hata, Tahribatsız Muayene

## New Non-Destructive Test: Micro Defect Detection by Bacterial Cell

### ABSTRACT

Micro production is crucial for scientific, technologic and industrial areas. As used non-destructive testing methods are insufficient for determining these kinds of micro defects. With this new technique micro defects on surface like fissures, cracks and voids could be determined by applying bacterial cells on the surface to be examined. The considerably small dimensions, high penetration abilities, mobilities, adhesive properties, fluorescence properties, sensitivities to magnetic and electric field and reproducibility of bacterial cells create the base of this technique.

**Keywords:** Bacterial cell, micro defect, non-destructive technique

### GİRİŞ

Yeni üretim süreçlerinin, tekniklerinin ve malzemelerinin geliştirilmesiyle tahribatsız muayene tekniklerinde bazı zorluklarla karşılaşmaya başlanmıştır. Yeni nesil teknolojiler için üretilen ürün bileşenlerinin boyutlarındaki küçülme, ileri malzemeler ve yeni üretim teknikleri gerektirmektedir. Bu da mikro ve nano boyutta yüzey hatalarının tespit edilmesi ve karakterizasyonu gibi ihtiyaçlarını doğurmaktadır. Biyomedikal [1], elektronik [2] ve kalıp üretim endüstrileri ve ayrıca mikro üretim süreçleri [3] bu tip hataların görülebileceği uygulama alanlarındadır [4]. Mikro ölçekte üretim, çevresel etkinin düşürülmesine katkı sağlama amacıyla parçaların ya da cihazların ağırlıklarının düşürülmesi üzerine kurulmuştur. Ama aynı uygulamada kullanılan makro bileşenlerle aynı yüklerle maruz kalmaktadırlar. Performanslarındaki gelişme bu tarz belirli hataların azalmasını zorunlu kılmıştır. Hali hazırda kullanılan tahribatsız muayene teknikleri mikro hataların tespitinde yetersiz

kalmaktadır. Bu nedenle, yeni teknikler geliştirilmesi kaçınılmaz olmuştur [5].

Mikro üretimde gerçekleşen yeni gelişmeler, var olan tahribatsız muayene tekniklerinin tespit edemediği mikro hataların tespiti için gerçekçi, ekonomik ve çevre dostu tahribatsız muayene teknikleri gerektirmektedir. Mikro üretimde genel olarak karşılaşılan hatalar; pürüzlülük, yüzey mikro çatlakları ya da boşluklarıdır. Nano yapı malzemeler, fonksiyonel yüzeyler ve termal yüzey kaplamaları, mikroelettronik ve optik bileşenler, güneş pilleri, biyomedikal ve ortodontik cihazlar gibi yeni nesil mühendislik malzemelerinin verimlilikleri ve güvenilirlikleri mikro çatlakların varlığına oldukça bağlıdır. Bu mikro boyuttaki yüzey çatlakları mekanik stresin yoğunlaştığı, yorulmanın başladığı, korozyon ve aşınma gibi çevresel hasarlı noktalar olduğu için çok kritik bir öneme sahiptir [6].

Geleneksel tahribatsız muayene tekniklerinin gelişimi bilimsel, teknolojik ve endüstriyel alandaki gelişmelerin yanında yetersiz kaldığı için mikro çatlak tespitlerinde yetersiz kalmaktadır [4]. Mikro bileşenlerin küçük

boyutları, ultrasonik muayene ve girdap akımları tekniklerinde kullanılan problemlerin verimli şekilde çalışmasını engellemektedir [7]. Optik görüntüleme tekniğiyle ürünlerin mikro parçalarının değişik şekillere sahip olmaları nedeniyle ışığın nüfuz edemediği yerlerdeki çatlaklar görülememektedir [8]. Radyografi ve tomografi teknikleri çok pahalı birer tahribatsız muayene tekniği olmalarının yanı sıra, kalınlığın yaklaşık %2'sinden küçük çatlakların görüntülenmesinde ve karmaşık 3 boyutlu şekillerin yorumlanmasında zorluklar barındırmaktadır [9, 10]. Sıvı penetrant testi ile yaklaşık 0.9  $\mu\text{m}$  boyuta ama yüzey açıklığından daha fazla derinliğe sahip çatlakların kontrolü yapılabilmektedir [11]. Manyetik parçacık testi ise sadece ferromanyetik malzemelere uygulanabilmektedir. Polimerler, seramikler, kompozitler ya da alüminyum, bakır, titanyum, magnezyum ve paslanmaz çelik gibi metaller üzerinde manyetik parçacık testi uygulanabilirliğe sahip değildir [12].

Geleneksel tahribatsız muayene yöntemlerinin hataları tespit edebilirlik ve hassaslık limitleri son yıllarda oldukça artmış olmasına rağmen mikrometre düzeyinde hataların tespiti arka plan gürültülerinden dolayı hala oldukça zordur. Taramalı akustik mikroskop (scanning acoustic microscope/SAM), taramalı yakın alan mikroskopisi (near-field scanning optic microscopy/MSOM), taramalı elektron mikroskopu (scanning electron microscopy/SEM) ve atomik kuvvet mikroskopu (atomic force microscopy/AFM) gibi karakterizasyon tekniklerini kullanmak mümkündür. Ancak pahalı olmaları, kontrol alanlarının küçük boyutlu olması ve gerekli analiz ve yorumlama için oldukça fazla zamana ihtiyaç olması kullanılabilirliklerini düşürmektedir [6, 8, 13, 14].

Bu nedenlerden dolayı ucuz, kısa sürede cevap alınabilecek, kolay teknikler geliştirilmesi gerekmektedir. Bakteri hücreleri kullanılarak yapılan teknikte ise; mikro hataların tespitinde ve malzeme karakterizasyonunda floresan sıvı ile işaretlenmiş bakterilerden yararlanılmaktadır. Santos ve arkadaşlarının (2014) çalışmasında belirtilen, *Rhodococcus erythropolis* bakterilerinin bakır, alüminyum ve çelikte sırasıyla 6.8, 4.3 ve 2.9  $\mu\text{m}$  boyutlara sahip çatlakların tespitinde oldukça başarılı olduğu görülmektedir [15]. Yine Santos ve arkadaşları (2016) çalışmalarında *R. erythropolis* ve *Staphylococcus sp.* bakterilerinin manyetik ve elektrik alana maruz kaldıklarında nanoindentasyon ile üretilmiş ya da mikro-toz enjeksiyon döküm ve mikro-lazer kaynak ile üretim sırasında oluşmuş hatalara difüze olabilmelerinin arttığını gözlemlemişlerdir [4]. Carvalho ve arkadaşları (2017) ise girdap akımlarının boy-kesit limitlerinin dışında, sıvı penetrant testi için düşük derinlik-açık yüzey oranına sahip, radyografi, tomografi ve optik görüntüleme için kalın numuneler kullanmışlardır [6].

*Rhodococcus erythropolis* bakterisi biyogüvenlik açısından 1. seviye kabul edilmektedir. *Staphylococcus aureus* bakterisi ise 2. seviye olarak kabul edilmekle

birlikte insanların burunlarındaki ve derilerindeki florada da bulunmaktadır. Bu sebeple insan sağlığı için herhangi bir tehlike arz etmemektedirler [6, 16].

Biyogüvenlik seviyeleri yaşanan tecrübeler sonucunda Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi (Center for Disease Control and Prevention/CDC) ve Dünya Sağlık Enstitüsü (National Institutes for Health/NIH) tarafından mikropların ve biyolojik ajanların insan sağlığı üzerindeki tehdidini azaltmak ve önlemek için oluşturulmuştur. Dört temel biyogüvenlik seviyesi bulunmaktadır. Tablo 1'de risk gruplarına karşılık gelen biyogüvenlik seviyeleri belirtilmiştir [17, 18].

**Tablo 1.** Risk Gruplarına Karşılık Biyogüvenlik Seviyeleri [17]

Risk Grup	Biyogüvenlik Seviyesi	Laboratuvar Tipi	Laboratuvar Uyg.	Güvenlik Ekipman
1	Temel Biyogüvenlik seviye 1 (BSL-1)	Temel öğretim laboratuvarı -Araştırma laboratuvarı	İyi laboratuvar uygulamaları (İLU)	Gerekmez (açık banyo çalışması yeterlidir)
2	Temel Biyogüvenlik seviye 2 (BSL-2)	Halk sağlığı laboratuvarı -Klinik mikrobiyoloji laboratuvarı -Araştırma laboratuvarı	İLU ile birlikte Biyolojik tehlike işareti -Koruyucu giysi giyilmesi	Açık banyo yanında potansiyel aerosol için biyogüvenlik kabinleri (BGK)
3	Tecrit Biyogüvenlik seviye 3 (BSL-3)	Özel tanı laboratuvarı -Araştırma laboratuvarı	BSL-2'ye ilave olarak -Özel koruyucu giysi - Kontrollü giriş-çıkış -Tek yönlü hava akımı/negatif basınç	BGK ve/veya tüm aktiviteler için diğer birincil koruma ekipmanları
4	Maksimum tecrit Biyogüvenlik seviye 4 (BSL-4)	Çok tehlikeli patojen çalışma laboratuvarı	BSL-3'e ilave olarak -Hava kilitli giriş -Duşlu çıkış -Özel atık sistemi	Sınıf III/BGK veya Sınıf II/BGK ile birlikte pozitif basınçlı özel koruyucu giysi

Tablo 1'de de belirtildiği gibi Seviye 2 bakterilerle deney yapılırken potansiyel sıçramaların ve ayresollerin önlenemediği açık laboratuvar tezgahlarında çalışılması, koruyucu giysi olarak laboratuvar önlüğü ve eldiven giyilmesi yeterlidir [6]. Çalışmalarda farklı elektrik ve manyetik alan büyüklükleri denenmiştir. Bunun sebebi bakterilerin farklı alan yoğunluklarında numune üzerinde aldıkları mesafenin ya da yüzey potansiyellerinin değişmesidir. Carvalho ve arkadaşları (2017) çalışmalarında *Staphylococcus aureus* bakterileri için 1.25, 5 ve 15 Hz frekanslara sahip manyetik alan kullanmışlardır. *Staphylococcus aureus* bakterileri bu değişen alanlarda sırasıyla 38, 66 ve 70  $\mu\text{m}$  yol kat etmektedirler. *Rhodococcus erythropolis* bakterileri için ise 160 ve 320 kV/m yoğunluğa sahip elektrik alan

kullanmışlardır. Böylelikle *Rhodococcus erythropolis* bakterilerinin yüzey potansiyelleri değişmiş ve numune üzerinde aldıkları yollar değişiklik göstermiştir [6].

## MATERYAL ve YÖNTEM

Bakteri kullanılarak yapılan bu tahribatsız muayene tekniğinin uygulama aşamaları sıvı penetrant testine oldukça benzemektedir. Genel olarak bu teknik 8 aşamada gerçekleştirilir. Ancak değişkenlere, kullanılan malzemelere ve bakteri kültürlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir [4]. Uygulama işlemlerinin şematik gösterimi Şekil 1’de verilmiştir.

Şekil 1’de görüldüğü gibi ilk aşamada parça üzerinde incelenmek istenen alan belirlenir. Sırasıyla ikinci ve üçüncü aşamadaki gibi temizlenir ve bakteri kültürü yüzeye uygulanır. Dördüncü aşama süspansiyonun viskozitesine ve kapilaritesine bağlı olarak bakterilerin hatalara nüfuz etmesi için gerekli aşamadır. Ayrıca bu aşamada bakterilerin hataların içerisine nüfuz etmesini ve hareketliliklerini arttırabilmek için elektrik ve manyetik alan uygulanır. Bakterilerin nüfuz etmeleri için gereken optimum süre yaklaşık olarak 4 dakikadır [15]. Beşinci aşamada fazla bakteri hücreleri yüzeyden temizlenir. Bu işlem sırasında hatalardaki bazı bakterilerin de temizlenmesi söz konusu olduğu için bu aşama oldukça önemlidir. Eğer hatalar çıplak gözle görülmek isteniyorsa altıncı aşamada bakterilerin popülasyonlarını arttırmaları için gerekli olan ortam ilave edilir. Bu işlem sıvı penetrant testindeki geliştirici ilavesine oldukça benzemektedir. Yedinci aşamada hataların tespiti için floresan mikroskobu kullanılacaksa eğer altıncı aşama ihmal edilebilir. Sekizinci aşamada son temizleme ve sterilizasyon işlemleri uygulanır [4].

Ferreira ve arkadaşları (2017), AISI 316L paslanmaz çelikten Mikro Toz Enjeksiyon Döküm (Micro Powder Injection Molding/ $\mu$ PIM) ile üretilmiş iki çeşit parçayla çalışmışlardır [5]. Şekil 2’de gösterildiği gibi ilk numune çekme testi için basit bir geometriye, ikinci numune ise karmaşık bir geometriye sahip mikro

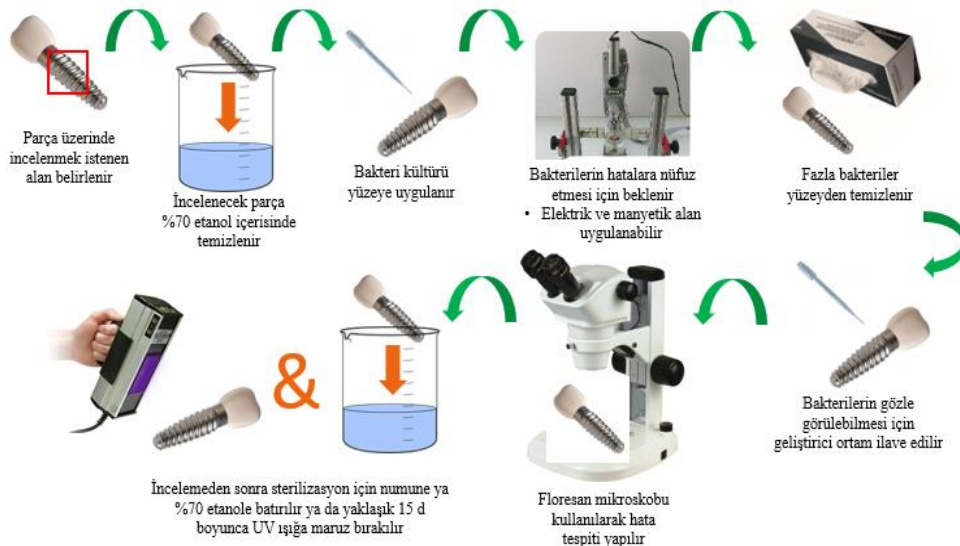
vidadır. Bakteri süspansiyonu olarak *Rhodococcus erythropolis* ve *Staphylococcus aureus* kullanmışlardır.



Şekil 2. Mikro Toz Enjeksiyon Döküm ile Üretilen Mikro Vidalar [5]

Bakteri süspansiyonları görülebilir olmaları için floresan sıvıyla boyanıp yüzeye uygulanmaktadır. Bu sıvı yüzeye uygulanmadan önce yüzey temizlenmektedir. Çalışmada 4 dk boyunca elektrik ve manyetik alan uygulanarak bakterilerin hataların içine nüfuz etmesi sağlanmış daha sonra da yüzeyden temizlenmiştir. Hataların içinde biriken bakteriler floresan mikroskobuyla incelenmiştir. İncelemeden sonra numuneler hacimce %70 etanolün içerisinde ya da 15 dk boyunca UV ışığına maruz bırakılarak sterilize edilmiştir. *Rhodococcus erythropolis* bakterileri 320 kV/m yoğunluğa sahip elektrik alana, *Staphylococcus aureus* bakterileri ise 1 Hz frekansa ve 40 mT pik yoğunluğuna sahip manyetik alana maruz bırakılmıştır. Floresan sıvıyla yapılan boyamadan sonra floresan ışık altında canlı bakteriler yeşil, ölü bakteriler ise kırmızı renkte görülmüştür. Difüzyon süresi, bakterilerin paslanmaz çelikle etkileşime girmeden çatlakların içine ilerleyebilmeleri için 4 dk olarak belirlenmiştir [5].

İncelenen numunelerin daha detaylı sterilizasyonu için ultrasonik banyolar kullanılabilir. Eğer incelenen numuneler -diş implantlarının mikro vidaları gibi- daha sonra canlı organizmada kullanılacaksa sterilizasyon için otoklav ya da UV ışığı kullanılmalıdır [5]. Santos ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptığı çalışmada, AISI 316L paslanmaz çelik, anodize alüminyum, 24 karat altın ve %60 kalay-%40 kurşun barındıran bir alaşım kullanılmıştır [4].



Şekil 1. Bakteri Kültürü ile Tahribatsız Muayene Aşamaları

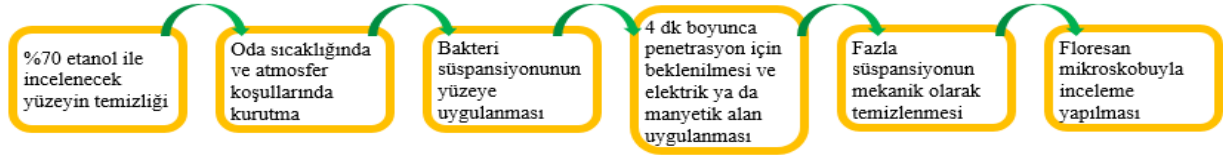
Mikro sertlik cihazı kullanılarak belirli şekillere ve morfolojilere sahip hatalar oluşturulmuştur. Oluşturulan hataların bilgileri Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Test sırasında malzemelerde farklı yükler kullanılarak oluşturulan farklı boyutlara sahip hatalar [4]

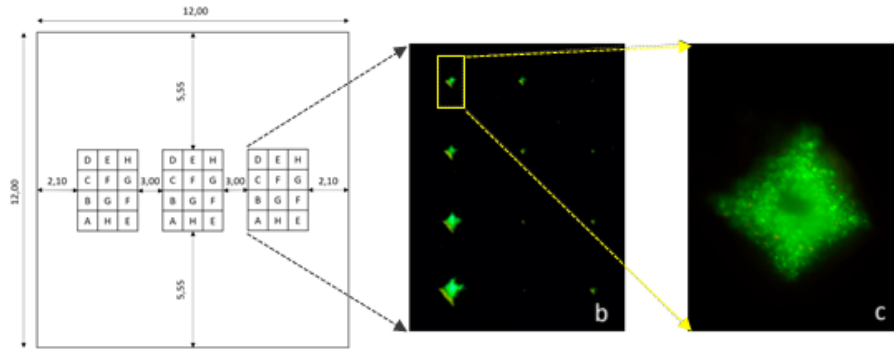
Hata Referansı	Kuvvet (N)	Hata derinliği (D)/ Uzunluk (L) (µm)		
		Anodize Alüminyum	Kalay-Kurşun Alaşımı	Paslanmaz Çelik AISI 316L
A	10	16,5/81,6	-	14,5/71,8
B	5	11,3/55,8	-	10,4/51,2
C	3	7,2/35,6	82,9/410,4	8,0/39,5
D	2	3,2/15,9	34,2/169,4	6,2/30,9
E	1	2,5/12,6	27,5/136,3	4,4/21,8
F	0,50	2,6/12,8	22,8/112,8	3,2/15,6
G	0,25	1,7/8,4	19,4/96,1	2,3/11,1
H	0,10	1,1/5,6	16,3/80,9	1,2/5,9

24 karat altın için oluşturulan nano hatalar ise 125 ile 50 mN arası yük ile 3 yüzlü piramit Berkovich indantasyon kullanılarak yapılmıştır. Merkez eksen ve yan yüzler arasındaki açı 65.3°’dir. İndantasyon uçları arasındaki uzaklık 25µm, uzunluğu 6µm ve derinliği de 0.7µm’dir. Bakteri süspansiyonu olarak Rhodococcus erythropolis kullanılmış olup floresan sıvıyla boyanarak canlı hücrelerin yeşil, ölü hücrelerin ise kırmızı görülmesi sağlanmıştır [4].

Santos ve arkadaşlarının (2016) çalışmalarındaki tahribatsız muayenede kullanılan tekniğin uygulama aşamaları Şekil 3’te gösterilmiştir.



**Şekil 3.** Kullanılan Tahribatsız Muayene Yönteminin Uygulama Aşamaları [4]

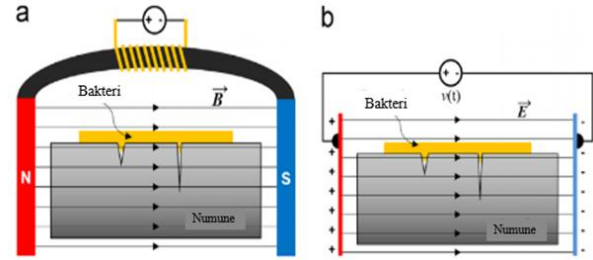


**Şekil 5.** (a)İncelenecek yüzeyde oluşturulan piramit hataların matrisi. Matris içindeki her harf uygulanan yükü temsil etmektedir. A-100N, B-50N, C-30N, D-20N, E-10N, F-5N, G-2.5N, H-1N (b)Yeşil boyalı Rhodococcus erythropolis bakterisi içeren hataların görüntüsü (c)Yeşil boyalı bakteri içeren piramidal hata [6]

AISI 316L paslanmaz çelikte bakterilerin difüzyonu için 75mT genliğe, 1 Hz frekansa sahip alternatif manyetik akı yoğunluğu uygulanmıştır [4].

Carvalho ve arkadaşları (2017); iki farklı Staphylococcus kültürü ve Rhodococcus erythropolis bakterisi kullanmışlardır. Staphylococcus aureus bakterileri için sinüs dalgalarıyla modifiye edilmiş elektrik alanla üretilmiş ve 1.25, 5 ve 15 Hz frekanslara sahip manyetik alan kullanılmıştır. Rhodococcus erythropolis bakterileri için kullanılan elektrik alan ise 160 ve 320 kV/m yoğunluğa sahiptir [6]. Tahribatsız muayene testinin uygulanma basamakları daha önceki çalışmalarla benzerlik göstermektedir [1, 2].

Santos ve arkadaşları (2014) AISI 304L, AA1100 ve bakır kullandıkları çalışmada Vickers piramidi kullanarak boyutu ve şekli bilinen hatalar oluşturmuşlardır. Bakterilerin yüzeyle girdikleri etkileşimde Van der Waals ve hidrofobik kuvvetler oldukça etkilidir. Yüzeyin pürüzlülüğü, biyokorzyon ihtimali ve antibakteriyel özellikler önemli etkileşimler olduğundan boyutu ve şekli bilinen hataların oluşturulması önemlidir. Çalışmalarında Rhodococcus erythropolis DCL14 bakterisini kullanmışlardır [19].



**Şekil 4.** Uygulanan (a) Manyetik ve (b) Elektrik Alanın Şematik Gösterimi [20]



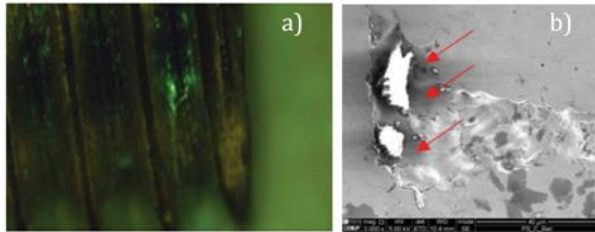
Santos ve arkadaşları (2016) çalışmalarında, yatay olarak uygulanan ve bakterilerin yüzeyde yayılmasına yardımcı olan elektrik ve manyetik alanların şematik gösterimi Şekil 4'te verilmiştir [20].

Çalışmalarında yüzey temizliğinden sonra bakterileri uygulamadan önce incelenecek yüzeyin bakteri barındırmadığından emin olabilmek için mikroskopta kontrol etmişlerdir. Aynı şekilde testin sonunda bakteriler yüzeyden temizlendiğinde sterilizasyondan emin olabilmek için numuneler tekrar mikroskop altında kontrol edilmiştir [6].

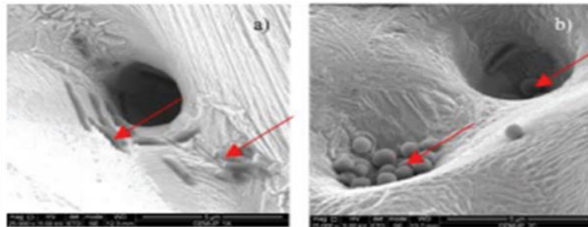
Bakterilerin farklı malzemelerdeki hataların içerisine difüze edebilmesini karşılaştırabilmek için numunelerin yüzeyinde 300 µm aralıklarla 4x3'lük matris şeklinde hatalar oluşturulmuştur. Bu matris ve yaratılan hatalar Şekil 5'te verilmiştir. Üretilen hatalar için karşılıklı yüzeyleri arasında 136°lik açı bulunan kare piramit Vickers sertlik testi kullanılmıştır. Her piramidin derinliği, uzunluğunun 1/5'i kadardır. Bu oran sıvı penetrant testinin uygulanabilmesi için gerekli olan derinlik/açıklık oranından oldukça düşüktür [6].

### Literatürdeki Deneysel Çalışmalar

Ferreira ve arkadaşları (2017), taramalı elektron mikroskobu kullanarak alınan görüntülerinde bakterilerin hataların içinde 600 nm'den fazla derinlikte biriktiğini görmüşlerdir. Alınan mikroskop görüntüleri Şekil 6 ve Şekil 7'de belirtilmiştir [5].



**Şekil 6.** (a) Mikro Vidaların Hatalarının İçindeki Rhodococcus Erythropolis Bakterileri (b) Çekme Testi Numunelerinin Hatalarının İçindeki Bakteri Örnekleri [5]



**Şekil 7.** Diş İmplantları İçin Üretilen Mikro Vidaların Hatalarının İçindeki (a) Rhodococcus Erythropolis ve (b) Staphylococcus Aureus Bakterileri [5]

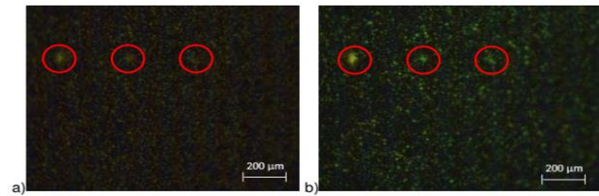
Santos ve arkadaşlarının (2016) yaptıkları çalışmadan elde edilen verilerin bulunduğu bilgiler Tablo 3'de belirtilmiştir [4]. Carvalho ve arkadaşları (2017) yatayda uygulanan manyetik alanın bakterilerin dağılmasına yardımcı olurken, dikeyde uygulanması hataların içine nüfuz etmelerini kolaylaştıracağını görmüşlerdir. Manyetik alanın hata tespitindeki etkisini

ölçmek için yapılan testlerin sonuçları Tablo 4'te belirtilmiştir [6].

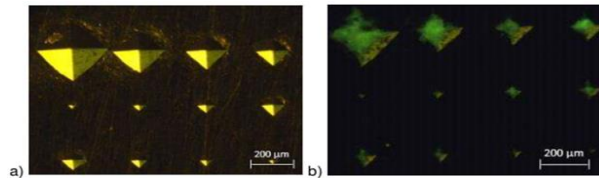
Bakır üzerinde yapılan testlerde ise bakterilerin sadece 30-40 µm boyut aralığına sahip hatalara nüfuz edebildiği görülmüştür. Manyetik alan altında ise bakteriler ile tespit edilebilen hataların boyutunun 96.7 µm'ye çıktığı belirlenmiştir. Bunun nedeni ise uygulanan manyetik alanın bakırın antimikrobiyal özelliğini aktif etmesi olarak açıklanmaktadır [6].

**Tablo 3.** Santos ve Arkadaşlarının 2016 Yılında Yaptıkları Çalışmada Elde Ettikleri Veriler [4]

Numune	Tespit edilen hatanın		Ek bilgi
	Derinliği (µm)	Uzunluğu (µm)	
Siyah anodize alüminyum	7.2	35.6	Yüzey pürüzlülüğü hataların tespitini zorlaştırmaktadır (Şekil 8)
Kalay-kurşun alaşımı	16.3	---	Bütün hatalar tespit edilmiştir (Şekil 9)
AISI 316L paslanmaz çelik	1.2	---	Bakterilerin hatalardaki nano düzensizliklerin içlerine difüze olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 10)
24 karat altın	0.7	6	Şekil 11



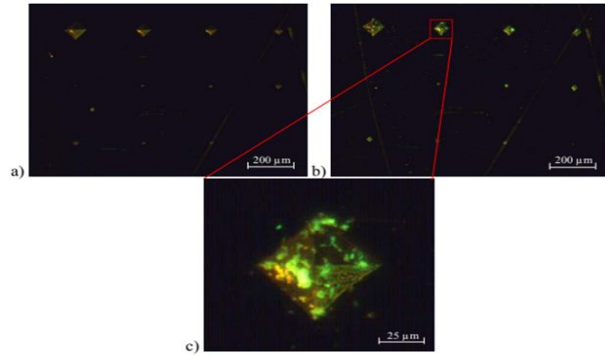
**Şekil 8.** Rhodococcus Erythropolis ile Test Edilen Siyah Anodize Alüminyum (a) Rhodococcus Erythropolis Bakterili ve (b) Bakterisiz [4]



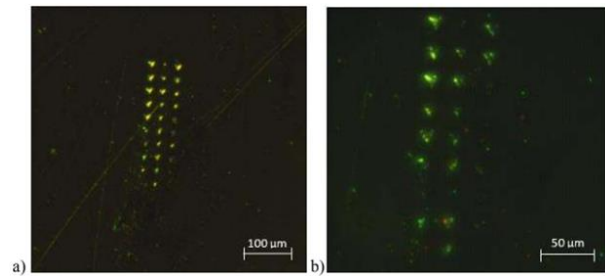
**Şekil 9.** Rhodococcus Erythropolis Bakterisi ile Test Edilmiş Kalay-Kurşun Alaşımı (a) Bakterisiz ve (b) Rhodococcus Erythropolis Bakterili [4]

Yine Santos ve arkadaşları (2014) alüminyum, bakır ve çelik üzerinde kontrollü hatalar oluşturup elektrik ve manyetik alan altında bakterilerin tepkilerini incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar tablo 5'te verilmiştir. Elektrik alan altında bakırın antibakteriyel

etkisi azaltıldığından en küçük hataların bile tespit edildiği görülmüştür [19].



**Şekil 10.** Rhodococcus Erythropolis Kullanılarak Test Edilen AISI 316L Paslanmaz Çelik (a)Bakterisiz, (b)Rhodococcus Erythropolis Bakterili, (c)b'deki Kutu İçindeki Hatanın Büyütülmüş Görüntüsü [4]



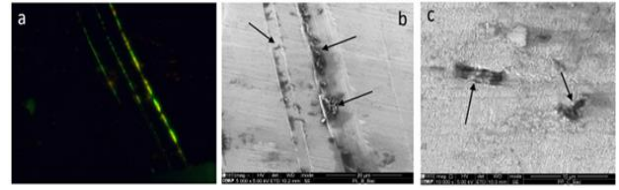
**Şekil 11.** Rhodococcus Erythropolis Kullanılarak Test Edilen 24kt Altın Numune (a)Bakterisiz, (b)Rhodococcus Erythropolis Bakterili [4]

**Tablo 4.** Carvalho ve Arkadaşlarının Manyetik Alanın Değişmesiyle Tespit Edebildikleri Hata Derinlikleri [6]

Numune	Piramidal hata derinliği (µm)	
	Manyetik alan kullanılmadan	Manyetik alan altında
AISI 304L paslanmaz çelik	3.7	2.0
AA 1100 alüminyum	4.6	2.6
Titanyum	4.6	2.6

Kontrollü olarak oluşturulan hataların dışında gerçek hataların da belirlenebilirliğini test edebilmek için diş implantlarında kullanılan AISI 316L paslanmaz çelik mikro vidalar kullanılmıştır. Mikro toz enjeksiyon döküm tekniğiyle üretilen mikro vidalara laboratuvar ortamında, uygulama esnasında maruz kalabileceği yükler uygulanmıştır (Şekil 12) [6].

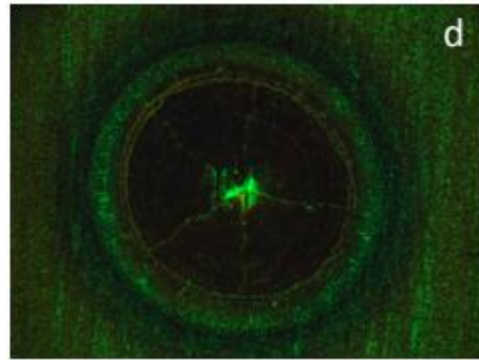
AISI 316L paslanmaz çeliğin yanı sıra darbeli lazer kaynak uygulanmış titanyum saclardaki hatalar da bu tahribatsız muayene yöntemi ile incelenmiştir (Şekil 13).



**Şekil 12.** Oluşturulan Çiziklerdeki Rhodococcus Erythropolis Bakterilerin SEM Görüntüleri (a,b)Yüke Maruz Bırakılmış Dental İmplant (x5000) (c)Mikro Toz Enjeksiyon ile Üretilmiş Mikro Vida (x10000) [6]

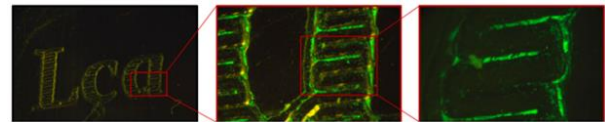
**Tablo 5.** Santos ve arkadaşlarının elektrik ve manyetik alan altında tespit ettikleri hata boyutları [19]

Uygulanan alan	Derinlik (D)/yan uzunluk (L) (µm)		
	Alüminyum	Bakır	Çelik
Elektrik	1.7/8.4	2.0/9.7	1.9/9.7
Manyetik Alan	1.7/8.4	5.0/24.6	1.2/5.71
Uygulanmadan	21.3/4.3	33.4/6.8	14.4/2.9



**Şekil 13.** Darbeli Lazer Kaynağı Uygulanmış Titanyum Sacındaki Radyal Çatlaklar [6]

Yüzeyine desen işlenmiş altın numuneler incelendiğinde ise bakterilerin hem yüzey topografisi hem de pürüzlülüğü hakkında bilgi verdiği görülmüştür. Parlatılmış kısımlar da ise bakteriye rastlanmamıştır (Şekil 14) [6].

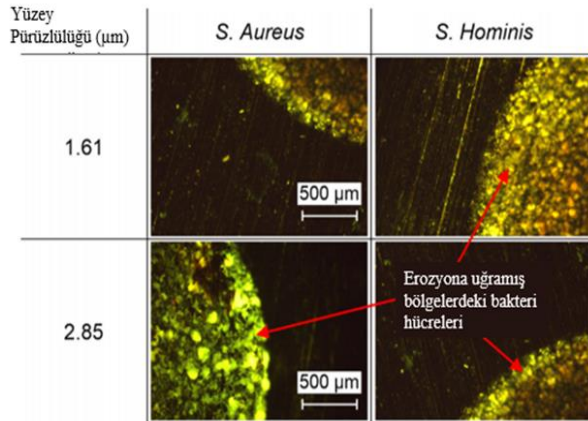


**Şekil 14.** Üzerine Desen İşlenmiş Altın Kolyenin Yüzey Topografisi ve Pürüzlülüğünün Bakteri Kullanılarak İncelenmesi (Soldan Sağa Büyütme 30x, 150x, 300x) [6]

Santos ve arkadaşları (2016), kalıplar ve optik bileşenler gibi yüzey işleme gerektiren uygulamalarda yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için çeşitli çalışmalar yapmışlardır [20]. Bunun için mekanik olarak parlatılmış, başlangıçta 0.13 µm yüzey pürüzlülüğüne sahip AA1100 alüminyum alaşımı kullanılmıştır. Elektroerozyon (electro discharge machining/EDM) ile 1.61 µm ve 2.85 µm arasında değerlere sahip yüzey pürüzlülüğü verilmiştir. Şekil 15'te gösterildiği gibi bu



yöntem farklı yüzey özelliklerinin belirlenmesinde de kullanılabilir [20].



**Şekil 15.** AA1100 Alüminyum Alaşımında Korozyona Uğrayan Yüzeylerde Biriken İki Farklı Staphylococcus Bakterisi [20]

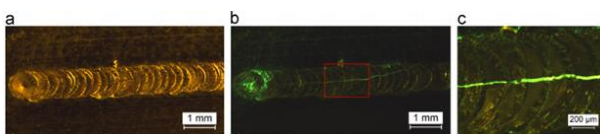
Mikro-indentasyon tekniği ile üretilen hataların tespitinde daha önceki çalışmalara kıyasla Santos ve arkadaşları Tablo 6'da belirtilen sonuçları elde etmişlerdir [20].

**Tablo 6.** Santos ve Arkadaşlarının Tespit Ettikleri Mikro-İndentasyonla Oluşturulan Hata Boyutları [20]

Numune	Manyetik alan yokken		Manyetik alan uygulandığında	
	Hata derinliği (μm)	Hata açıklığı (μm)	Hata derinliği (μm)	Hata açıklığı (μm)
AA1100 alüminyum	4.3	21.3	1.8	8.8
AISI 304L paslanmaz çelik	2.9	14.4	1.4	6.8

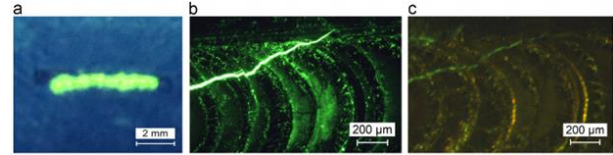
AISI 304L paslanmaz çeliğinde ise 0.6 μm derinliğe ve 5.3 μm açıklığa sahip nano-indentasyonla açılan hatalar tespit edilebilmiştir [20].

Şekil 16'da NiTi sacında 1 mm genişliğe ve 5.6 mm uzunluğa sahip darbeli lazer kaynağı dikişinin optik görüntüleri verilmiştir. Şekillerden de görüleceği gibi kaynak dikişinin çevresinde herhangi bir bakteri popülasyonu bulunmamaktadır. Bakteri hücreleri çatlağın içinde ve füzyon kaynağına özgü olan önemli kristal büyüme noktalarında toplanmışlardır [20].



**Şekil 16.** Mikro Lazer Kaynağı Yapılmış NiTi (a)Makrografi, (b)Bakteri Hücresi Testi, (c)b'deki Şeklin Büyütülmüş Hali [20]

Lazer kaynak dikişindeki hatanın tespitinde sıvı penetrant testi ile bakteri hücreleri kullanılarak yapılan testin karşılaştırmasını içeren görüntüler Şekil 17'de verilmiştir [20]. Şekilden de görüleceği gibi sıvı penetrant testinde tam bir analiz yapılamazken, bakteri kültürü kullanılarak hatanın detaylı tespiti yapılabilmektedir [20].



**Şekil 17.** Sıvı Penetrant Testiyle Bakteri Kültürü Testinin Karşılaştırması (a)Sıvı Penetrant Testi, (b)Şekil 16'daki c'nin Ayrıntılı Görüntüsü, (c)Bakteri Kültürü Testi [20]

Sıvı penetrant testinde gerekli olan kapiler etkiyi ve ıslatma açısını elde edebilmek için kullanılan sıvılar genellikle çevresel olarak toksik kimyasallar içermektedirler. Floresan sıvı penetrantı olarak kullanılan bu sentetik ve petrol bazlı sıvıların temin ve atık maliyetleri de oldukça yüksektir. Bu sebeple, bakteri hücrelerinin kullanımı sıvı penetrant testine göre daha ucuz ve daha temiz bir tahribatsız muayene yöntemi sayılabilir [6].

Mikro ve nano ölçekte tahribatsız muayene yöntemleri transparant seramik ve estetik, optik ve tribolojik özellik sergileyebilen yüzeylere sahip olan güneş panelleri gibi gelişmekte olan sektörlerde oldukça öneme sahiptir. Yapılan testlerde kullanılan Rhodococcus erythropolis bakterisi 1. seviye biyogüvenliliğe sahip, Staphylococcus aureus bakterileri ise 2. seviye biyogüvenliliğe sahip olup aynı zamanda insan florasının da bir parçasıdır [6].

## SONUÇ

Yeni nesil teknolojinin gerektirdiği ürünlerde kullanılan bileşenlerin mikro ve nano boyuttaki hatalarının tespit edilmesinde bu yeni geliştirilen tahribatsız muayene yöntemi ile oldukça verimli sonuçlar elde edilmektedir. Ferreira ve arkadaşları (2017), AISI 316L paslanmaz çelikten Mikro Toz Enjeksiyon Döküm (Micro Powder Injection Molding/μPIM) ile üretilmiş iki çeşit parçayla çalışmışlardır [5]. Ferreira ve arkadaşları (2017), taramalı elektron mikroskobu kullanarak alınan görüntülerinde bakterilerin hataların içinde 600 nm'den fazla derinlikte biriktiğini görmüşlerdir.

Santos ve arkadaşlarının (2014), Rhodococcus erythropolis bakterilerinin bakır, alüminyum ve çelikte sırasıyla 6.8, 4.3 ve 2.9 μm boyutlara sahip çatlakların tespitinde oldukça başarılı olduğu görülmektedir [15]. Yine Santos ve arkadaşları (2016) çalışmalarında R. erythropolis ve Staphylococcus sp. bakterilerinin manyetik ve elektrik alana maruz kaldıklarında nanoindentasyon ile üretilmiş ya da mikro-toz enjeksiyon döküm ve mikro-lazer kaynak ile üretim sırasında oluşmuş hatalara difüze olabilmelerinin arttığı

gözlemlemişlerdir [4]. AISI 316L paslanmaz çelik, anodize alüminyum, 24kt altın ve %60 kalay-%40 kurşun barındıran bir alaşım kullanılmıştır [4]. Mikro sertlik cihazı kullanılarak belirli şekillere ve morfolojilere sahip hatalar oluşturulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda siyah anodize alüminyumda 7.2 µm, kalay-kurşun alaşımında 16.3 µm, AISI 316L paslanmaz çelikte 1.2 µm ve 24kt altında 0.7 µm derinliğe sahip hatalar tespit edilebilmiştir. Aynı zamanda Santos ve arkadaşları sıvı penetrant testinin yetersiz kaldığı lazer kaynak dikişi hatalarında da bu yöntemle oldukça başarılı sonuçlar elde etmişlerdir.

Carvalho ve arkadaşları (2017) ise girdap akımlarının boy-kesit limitlerinin dışında, sıvı penetrant testi için düşük derinlik-açık yüzey oranına sahip, radyografi, tomografi ve optik görüntüleme için kalın numuneler kullanmışlardır [6]. Manyetik alanın özelliklerinin hata tespitinde önemli bir yeri olduğunu gözlemlemişlerdir. AISI 304L paslanmaz çelik, AA1100 alüminyum ve titanyum numunelerinde manyetik alan uygulanmasıyla derinliği daha az olan hataları tespit edebilmişlerdir. Kullandıkları altın numunede ise bu yöntemle yüzey topografisi ve pürüzlülüğü hakkında da bilgi edinebilmişlerdir.





Kullanılan kimyasallar açısından incelendiğinde bakteri kültürü ile yapılan tahribatsız muayene yöntemi sıvı penetrant testine göre daha ucuz ve daha temiz bir tahribatsız muayene yöntemidir.

## KAYNAKÇA

- [1] Sliker L.J., Kern M.D., Schoen J.A., Rentschler M.E. Surgical evaluation of a novel tethered robotic capsule endoscope using micro-patterned treads, *Surgical Endoscopy*, 26 2862-2869, 2012.
- [2] Lin H.D. Tiny surface defect inspection of electronic passive components using discrete cosine transform decomposition and cumulative sum techniques, *Image and Vision Computing*, 26 603-621, 2008.
- [3] Meng J., Loh N.H., Fu G., Tor S.B., Tay B.Y. Replication and characterization of 316L stainless steel micro-mixer by micro powder injection molding, *Journal of Alloys and Compounds*, 496 293-299, 2010.
- [4] Santos T.G., Inacio P.L., Costa A.A., Miranda R.M., De Carvalho C.C.C.R. Applications of a new NDT technique based on bacterial cells, *19th World Conference on Non-Destructive Testing*, Munich, Germany, 2016.
- [5] Ferreira T.J., Farinha A.R., Santos T.G., Miranda R., Carvalho C.C.C.R., Vieira M.T. Nondestructive testing in microfabrication using bacteria, *Ciencia & Tecnologia dos Materiais*, 29 262-264, 2017.
- [6] Carvalho C.C.C.R., Inacio P.L., Miranda R.M., Santos T.G. Using Biotechnology to Solve Engineering Problems: Non-Destructive Testing of Microfabrication Components, *Materials*, 10 788, 2017.
- [7] Ghoni R., Dollah M., Sulaiman A., Ibrahim F.M. Defect characterization based on eddy current technique: Technical review, *Advances in Mechanical Engineering*, 6 182496, 2014.
- [8] Abdelhamid M., Singh R., Omar M. Review of microcrack detection techniques for silicon solar cells, *IEEE Journal of Photovoltaics*, 4 514-524, 2014.
- [9] Ibrahim M.E. Nondestructive evaluation of thick-section composites and sandwich structures: A review, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 64 36-48, 2014.
- [10] Jolly M.R., Prabhakar A., Sturzu B., Hollstein K., Singh R., Thomas S., Foote P., Shaw A. Review of non-destructive testing (NDT) techniques and their applicability to thick walled composites, *Procedia CIRP*, 38 129-136, 2015.
- [11] McMaster R.C. *Nondestructive Testing Handbook: Liquid Penetrant Tests*, 2nd ed.; American Society for Nondestructive Testing, 1982, USA.
- [12] Eisenmann D.J., Enyart D., Lo C., Brasche L. Review of progress in magnetic particle inspection. *AIP Conference Proceedings*, 1581 1505-1510, 2014.
- [13] KTN. *A landscape for the Future of NDT in the UK Economy*, Materials KTN, London, UK, 2014.
- [14] Hsu J.W.P. Near-field scanning optical microscopy studies of electronic and photonic materials and devices, *Mater. Sci. Eng. R Rep.*, 33 1-50, 2001.
- [15] Santos T.G., Miranda R.M., Carvalho C.C.C.R. A new NDT technique based on bacterial cells to detect micro surface defects, *NDT&E International*, 63 43-49, 2014.
- [16] Carvalho C.C.C.R., Fonseca M.M.R. The remarkable *Rhodococcus erythropolis*, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 67 715-26, 2005
- [17] Ceyhan İ. *Biyogüvenlik Laboratuvar Seviyeleri ve Biyogüvenlik Kabinlerinin Seçimi Kullanımı ve Bakımı*, 4. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, Samsun, 2005.
- [18] Richardson J., Barkley W., Richmond D., Mckinney R. *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories*, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institutes of Health, 2011, USA.
- [19] Santos T.G., Inacio P.L., Costa A.A., Vilaça P., Miranda R.M., Carvalho C.C.C.R. *Micro Surface Defects Detection by Bacterial Cell Suspension*, 11<sup>th</sup> European Conference on Non-Destructive Testing (ECNDT 2014), October 6-10 2014, Prague, Czech Republic
- [20] Santos T.G., Miranda R.M., Vieira M.T., Farinha A.R., Ferreira T.J., Quintino L., Vilaça P., Carvalho C.C.C.R. Developments in micro- and nano-defects detection using bacterial cells, *NDT&E International*, 78 20-28, 2016.

## Bazı Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Süneye (*Eurygaster integriceps* Put.) Mukavemet Bakımından Değerlendirilmesi

Hasan KILIÇ<sup>1</sup>, Hüsnü AKTAŞ<sup>2</sup>, Enver KENDAL<sup>2</sup>, Yunus BAYRAM<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye  
<sup>2</sup>Artuklu Üniversitesi Kızıltepe Bitkisel ve Hayvansal Üretim Programı Mardin.  
<sup>3</sup>Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.

✉: hkilic@bingol.edu.tr,  <sup>1</sup>0000-0002-5242-9680,  <sup>2</sup>0000-0001-6943-2109,  <sup>3</sup>0000-0002-8812-8847,  
 <sup>4</sup>0000-0001-9057-2739

Geliş (Received): 26.12.2019

Düzeltilme (Revision): 19.02.2020

Kabul (Accepted): 03.03.2020

### ÖZ

Kapalı kafes ortamında farklı özelliklere sahip 6 ekmeklik (*Triticum aestivum* L) buğday genotipinde süne zararının etkisi ile bazı morfolojik ve kalite özelliklerinin değişim sınırlarının incelendiği çalışma Tesadüf Blokları Deneme Deseni'ne göre 3 tekerrürlü olarak 2004-2005 ve 2005-2006 yıllarında Diyarbakır'da yürütülmüştür. Süne zararı bakımından genotiplerin farklı oranlarda etkilendiği bu çalışmada tane verimi (TV) ile birlikte, morfolojik özelliklerden bitki boyu (BB), m<sup>2</sup>'de başak sayısı (BS), klorofil içeriği (KLRF), bin tane ağırlığı (BTA), hektolitreye ağırlığı (HL), başakta tane sayısı (BTS), büyüme şekli (BYS), sap yoğunluğu (SEK), mumsuluk (MUM), başak yoğunluğu (BY), kılçıklılık (KLC), süt olum süresi (SUT), başaklanma süresi (BYS), sapa kalkma süresi (SKS), dane rengi (DR), m<sup>2</sup>'de süne adedi (SA), danede emgi oranı (DAO) ve diğer kalite özellikleri incelenmiştir. Her iki yıl birlikte değerlendirildiğinde Golia ve Pehlivan çeşitlerinin SA ve DAO bakımından daha düşük değerlere sahip olmakla süneye daha tolerant oldukları, genotip özellik ilişkilerini belirlemeye esas biplot analizinde ise dik büyüyen, geçici, kırmızı ve sert tane yapısı ile sık başak yapısına sahip genotiplerin süne zararından daha az etkilendikleri tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Dayanıklılık, Ekmeklik buğday, Emgi oranı, *Eurygaster integriceps*, Süne

## Evaluation of Resistance to Sunn Pest (*Eurygaster integriceps* Put.) on Some Bread Wheat Cultivars

### ABSTRACT

In this study, the effect of Sunn pest damage, change limits of some morphological and qualitative traits of 6 bread wheat (*Triticum aestivum* L) genotypes were investigated under the cage environment. The trials were established according to the Randomized Blocks Trial Design with 3 replications in Diyarbakır province in 2004-2005 and 2005-2006 seasons. Genotypes being affected at different rates in terms of grain absorption caused by Sunn pest were investigated in terms of grain yield and the other morphological and qualitative features such as; plant height, number of spikes per meter square, chlorophyll content, thousand grain weight, hectoliter test, grains per spike, growth habit, straw density, capacity of waxy, spike density, awns, duration of milking stage, days to heading, days to stem elongation, grain color, number of Sunn pest individuals per meter square and grain absorbency rate. Considering the two years together, Golia and Pehlivan genotypes were found to have lower damaged grain rate and more tolerance against Sunn pest. Moreover, in the biplot analysis that is for determining genotype property relations, it was revealed that genotypes having upright growing, late-shown, red, hard and denser spike structures were less affected by the Sunn pest damage.

**Key words:** Bread wheat, *Eurygaster integriceps*, Resistance, Sunnpest

### GİRİŞ

Türkiye 7.299.000 ha<sup>-1</sup> buğday ekim alanı ve 20 milyon ton üretimi ile Çin ABD, Rusya, Kanada ve Pakistan'dan sonra 7. sırada yer almaktadır [1]. Uygun çevreye sahip olan ülkemizde kişi başına 182 kg'lık tüketim buğdayı vazgeçilmez yapmaktadır. Süne (*Eurygaster spp.*) Türkiye'de olduğu gibi Güney Avrupa, Batı ve Orta Asya ile Kuzey Afrika da tahılların bilhassa buğday ve arpanın en önemli zararlısı durumundadır [2-7]. Kimyevi mücadele dâhil

hiçbir yöntem tek başına meseleyi çözmeye yetmemiştir. Ancak Entegre Mücadele Metodu uygulamaları süne salgınlarının şiddetini büyük ölçüde azaltmaktadır. Gelişim faktörlerini düzenlemeye esas erken mevsimde ürünün elde edilmesi, mukavim çeşit, yabancı ot kontrolü ve tahıl dışı ürünler ile münavebe kültürel tedbirler arasında sayılabilir [8]. Bunlardan mukavim genotiplerin kullanılması Entegre Zararlı Yönetimi (IPM) için etkili bir stratejidir [9]. Farklı fenolojik özelliklere sahip buğday çeşitlerinin süneye tepkilerinin farklı

olduğu çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir [10-16, 9]. Süneye tolerancı çeşit geliştirme ile alakalı çalışmalar bulunmakla birlikte, zararlılara dayanıklılığın bitkilerde çoklu genler tarafından kontrol edilmesi sebebiyle çok sayıda dayanıklı çeşit olduğu söylenemez. Smith [17], Every ve ark. [10] yüksek dane kalitesine sahip buğday çeşitlerinin süne zararına daha mukavim olduğunu, ancak zarar oranı ile dane rengi, dane sertliği, kılçıklılık ve mumsuluk arasında bir ilişkinin varlığından söz edilemediğini belirtmişlerdir. Kınacı ve Kınacı [18] beyaz danelilerin kırmızı danelilere göre daha hassas olduğunu, Sanaey ve Mirak [19] ise ergin sünelerin başakta tane sayısını azaltmakla birlikte geç başaklanıp erken olgunlaşan uzun boylu bitkilerin daha az zarar gördüğünü belirtmişlerdir. Diğer bir çalışmada Every ve ark [10] klorofil yoğunluğu yüksek, sapa kalkma ile başaklanma süreleri (BS) kısa ve dik büyüyen; kalite özelliklerinden SDS sedimentasyonu, camsılık, yaş gluten, irmik rengi (b) ve irmik verimi bakımından yüksek değerlere sahip genotiplerin süne zararından daha az etkilendikleri bildirmişlerdir. Süneye mukavemeti veya toleransı sağlayan özelliklerin belirlenmesi ıslahçılara daha kısa sürede hedefe ulaşmalarına yardımcı olacaktır. Bu

amaçla çalışmamızda kafes şartlarında süne zararının ekmeklik buğday genotiplerine verdiği zarar oranı ile ele alınan özellikler arası ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır.

## MATERYAL VE METOT

### Denemede Kullanılan Genotipler

Ekmeklik buğday özellik belgesi esas alınarak değerlendirilen genotiplerin bazı morfolojik özelliklerine ait değerler Tablo 1’de verilmiştir [20].

**Tablo 1.** Denemede Kullanılan Genotipler ve Sahip Oldukları Bazı Özellikler

Genotip no	Genotip İsmi	Gelişme Tabiatı	Dane Rengi	Menşei
G1	Golia	Yazlık	Kırmızı	İtalya
G2	Pehlivan	Kışlık	Kırmızı	Trakya TAE
G3	Nurkent	Yazlık	Beyaz	GAP UTAEM
G4	Adana-99	Yazlık	Beyaz	DATAE
G5	Cmhryt-75	Yazlık	Beyaz	Sahil Türkiye
G6	Aday-21	Yazlık	Beyaz	GAP UTAEM

GAP UTAEM: GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi, DATAE: Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Sahil Türkiye: Türkiye Buğday Araştırma ve Eğitim Projesinin Sahil kuşağı

**Tablo 2.** Genotiplerin Sahip Oldukları Bazı Morfolojik Özellikler

Genotipler	Büyüme şekli		Sapın enine kesiti		Yaprak kımı mum.		Başak yoğunluğu		Kılçıklılık		Sapa kalkma gün sayısı		Süt olum süresi gün <sup>-1</sup>		Başaklanma süresi gün <sup>-1</sup>	
	04/05	05/06	04/05	05/06	04/05	05/06	04/05	05/06	04/05	05/06	04/05	05/06	04/05	05/06	04/05	05/06
Golia	7	7	3	5	1	5	7	5	3	3	89	103	145	150	124	122
Pehlivan	9	9	7	3	9	7	5	7	1	2	92	103	147	150	126	124
Nurkent	1	1	3	5	9	7	3	5	4	3	89	104	146	148	124	123
Adana 99	1	1	5	3	6	7	3	5	4	3	92	102	144	149	126	122
Cmhryt-75	7	7	7	3	3	7	3	5	4	3	94	105	144	151	124	118
Aday-21	1	1	5	3	1	3	7	7	4	3	93	101	143	145	121	114

Büyüme şekli: 1-9 skalası (1 dik, 3 yarı dik, 5 orta, 7 yarı yatık, 9 yatık); Sapın enine kesiti: 3-7 skalası (3 ince öz, 5 orta öz ve 7 kalın öz); Yaprak kımı mumsuluğu 1-9 skalası (1 yok, 9 çok kuvvetli); Başak yoğunluğu 1-9 skalası (1 çok gevşek, 3 gevşek, 5 orta, 7 sık, 9 çok sık); Kılçık durumu: 1 Çok kısa, 2 kısa, 3 uzun, 4 çok uzun; Süt olum süresi Ocak 1 den itibaren parseldeki bitkileri %50'nin süt olumuna geldiği tarih

### Deneme Yerin İklim ve Toprak Özellikleri

Araştırma yeri GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi deneme sahasında (37° 56' 41 K; 40° 15' 01 D ve rakım 599 m) yürütülmüştür. Deneme sahasına ait bazı toprak özellikleri Tablo 3, aylar bazında maksimum ve minimum sıcaklık ile yağış değerleri Şekil 1’de verilmiştir.

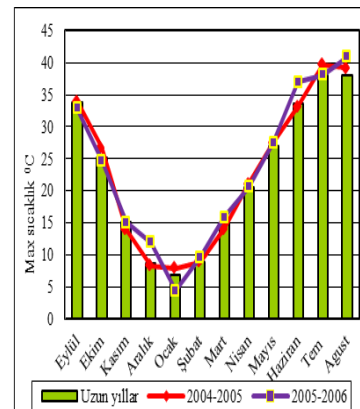
**Tablo 3.** Denemelerin yürütüldüğü toprak özellikleri

Derin (cm)	İşba (%)	Toprak Tuz	Toprak pH	CaCO <sub>3</sub> (%)	Bit. yarayış. bes. mad.kg/da	Org. Mad (%)
0-20	68	0.056	7.87	10.2	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 3.2 K <sub>2</sub> O 95	1.16

İşba: Su ile doygunluk

Bu çalışmada, farklı kaynaklardan temin edilen 1 ileri hat 5 tescilli ekmeklik buğday çeşidi kullanılmıştır. Denemeler 2004-2005 ve 2005-2006 yetiştirme sezonlarında Tesadüf Blokları Deneme Deseni’nde 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Uzunluğu 6 m, sıra arası mesafesi 20 cm olmak

üzere 12 sıralı olarak belirlenen parseller m<sup>2</sup>’ye 400 tohum hesabıyla her iki yılda da Kasım ayı ilk haftasında ekilmişlerdir.



**Şekil 1.** Deneme Yıllarına Ait Aylar Bazında Maksimum Sıcaklık Değerleri

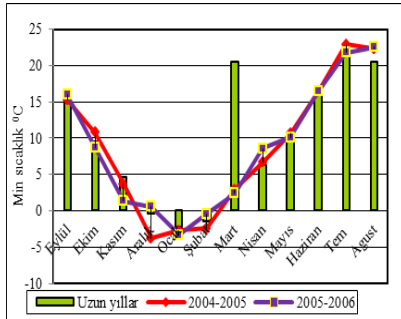


### Denemede Uygulanan Yetiştirme Teknikleri

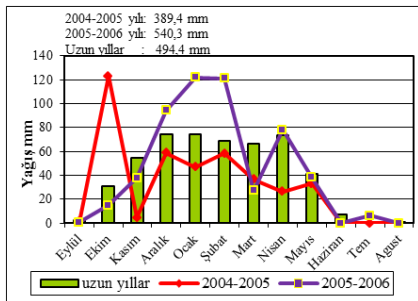
Tül kafesler (2 x 2 x 2 m) süne inşilerinden önce aralarında 1'er m mesafe bırakılan parsel ortalarına yerleştirilmiştir (Şekil 4).

### Buğdayda İncelenen özellikler

BYS, GT, SEK, MUM, BY Anonim [20]'e göre; BTA, HL, Zeleny SDS Williams ve ark. [22]'a göre, (B SDS) Atlı ve ark. [23]'ün kullandığı yöntemle göre, yaş glüten (YG) ve glüten indeksi (Gİ) (AACCI Standart Metot No: 38-12A ICC Standart No:158) Özkaya ve Özkaya [24]'e göre, Glutograf parametreleri Anonim [25]'e göre, PO ve PSI ise NIRS-6500 (Near Infra Red Spectroscopy) cihazı kullanılarak tayin edilmiştir. Biplot analizlerinde kolay bir değerlendirme için PSI değeri 100 değerinden çıkarılarak modifiye edilmiştir.



Şekil 2. Deneme Yıllarına Ait Aylar Bazında Minimum Sıcaklık Değerleri



Şekil 3. Deneme Yıllarına Ait Aylar Bazında Yağış Değerleri

Bu suretle yüksek modifiye-PSI değeri sertliği ifade etmektedir. SKS, BS, BB, BBS ve BTS Anonim (2015)'e göre ölçülmüştür. Tanede emgi oranı (DAO)(tane sayısına göre) ve hasat sonrası ergin süne sayımı (SA); Dizlek ve İslamoğlu [4] ile Kılıç ve ark. [15]'a göre belirlenmiştir. Klorofil içeriğinin (SPAD) belirlenmesi Yıldırım ve ark. [26]'ya göre başaklanma devresinde (GS55) Minolta SPAD-502 cihazı ile tespit edilmiştir. Un örneklerinden yaş gluten elde edildikten sonra, gluten "stretch" ve "relaxation" değerleri Brabender Glutograf-E (Duisburg, Almanya) cihazı ile tespit edilmiştir.

Tül kafeslerin içerisine kontrol parselleri hariç 6 erkek ve 6 dişi olmak üzere 12'şer süne ilk yıl 18

Nisan 2005 tarihinde, ikinci yılda ise 12 Nisan 2006 tarihinde salverilmiştir (Şekil 2).



Şekil 4. Deneme safhaları (Kafeslerin kurulması, süne sayımı ve hasat)

Bu suretle kışlamış erginlerin nimf veya yeni nesil erginlerin vejetasyon boyunca bitkilerde oluşturdukları zarar oranları tespit edilmeye çalışılmıştır ([21]. Ancak yapılan sayımlarda kontrol parsellerinde süne mevcudiyeti tespit edildiğinden değerlendirilmeye alınmamıştır. Parsellere toplamda 12 kg/da saf azot ve 8 kg/da saf fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) uygulanmıştır. Fosforun tamamı ile azotun yarısı ekimle, kalan azotun yarısı da sapa kalkma döneminde verilmiştir. Hasat olgunluğuna gelen parsellerde gerekli gözlemler ile ergin süne sayımı yapıldıktan sonra orakla biçilerek parsel biçerdöveri ile harman edilmiştir.

### Verilerin Değerlendirilmesi

Elde edilen gözlem değerleri tek yönlü varyans analizi (ANOVA)'ne göre JMP 7.0 istatistik paket programı kullanılarak yapılmış olup, ortalamalar

arasındaki farklar ( $P < 0.05$ ) Asgari Önemli Fark (AÖF) testi ile karşılaştırılmıştır. Yıllara ait varyanslar ( $S^2$ ) arasında Barlett homojenite testi sonucu önemli farkların çıkması sebebiyle yıllar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Normal dağılıma uymayan ve sayıma dayanan özelliklere karekök; tanede emgi oranı gibi yüzde değerlere ise Arcsinus transformasyonu yapılmıştır ([27]). GGE-biplot analizi, GenStat 12<sup>th</sup> istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır [28].

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Morfolojik Özellikler

Genotiplere ait bazı morfolojik özellikler ve bunların gruplandırılmaları Tablo 4'te verilmiştir. Önemli farklılıkların tespit edildiği birinci yılda Adana-99 (100.3 cm), ikinci yılda ise Nurkent çeşidi (113.3 cm) en yüksek BB'ye sahip olmuştur. BS bakımından 2004-2005 yılında en yüksek kardeşlenme Nurkent (527.7 ad m<sup>-2</sup>), Pehlivan (541.27 ad m<sup>-2</sup>) ve Aday-1 (533.2 7 ad m<sup>-2</sup>) genotiplerinden, 2005-06 yılında ise Nurkent (566.7 7 ad m<sup>-2</sup>), Pehlivan (541.77 ad m<sup>-2</sup>) ve Cumhuriyet-75 (525.07 ad m<sup>-2</sup>) çeşitlerinden elde edilmiştir. Süne için önemli bir cazibe kriteri olan yaprak KLRF bakımından, 2004-2005 yılında 47.6 SPAD değeri ile Golia'dan, en düşük değer de 42.6 ile Pehlivan çeşidinden elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında ise genotipler arasında SPAD değeri bakımından bir farklılık tespit edilememiştir. Serin iklim tahıllarında verimi belirleyen ana unsurlarından biri olan BTS bakımından 2004-2005 yılında en yüksek BTS Adana-99 (44.2 ad.başak<sup>-1</sup>) ve Aday-21 (44.2 ad.başak<sup>-1</sup>) den elde edilirken, 2005-2006 yılında ise en önemli bir farklılık tespit edilememiştir. Kılıç ve ark. [29], bitki boyunun 67.7-40.88 cm; klorofil içeriğinin 40.0-54.4; BTS'nin ise 10.9-38.58 ad.başak<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmişlerdir. BS bakımından ise Sakin ve ark. [30] 344.8-522.5 ad m<sup>-2</sup> arasında tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

**Tablo 4.** Genotiplere ait bazı morfolojik özellikler ve önemlilik grupları

Genotipler	Bitki boyu (cm <sup>-1</sup> )		M <sup>2</sup> de başak sayısı (ad.başak <sup>-2</sup> )		Klorofil içeriği SPAD	
	04/05	05/06	04/05	05/06	04/05	05/06
Golia	60.67d	68.3c	519.2b	341.7 c	74.5ab	45.70
Pehlivan	94.67b	108.3ab	541.2ab	541.7 ab	74.4ab	45.76
Nurkent	96.33ab	113.3a	552.7a	566.7 a	69.7c	42.90
Adana 99	100.3a	103.3b	494.0c	516.7 b	78.2b	46.36
Cmhryt.75	89.67c	105.0ab	496.2c	525.0 ab	68.2c	47.00
Aday-21	93.67b	100.0b	533.2ab	500.0 b	76.1a	47.60
AÖF(0,05)	3.15	9.63	27.5	48.2	2.68	ÖD
V.K%	1.93	5.31	3.49	5.3	2.45	6.75
F	208.37	27.49	6.95	27.49	11.83	0.832
P<	0.0001	0.0001	0.0015	0.0001	0.0001	0.555

Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında %5 seviyesinde fark yoktur

### Kalite özellikleri

Önemli bir farklılığın tespit edildiği 2004-2005 yılında en yüksek HL değeri Aday-21 (76.1 kg hl<sup>-1</sup>), Golia (74.5 kg hl<sup>-1</sup>) ve Pehlivan (74.4 kg hl<sup>-1</sup>) genotiplerinden elde edilirken, en düşük HL değeri ise Nurkent (69.7 kg hl<sup>-1</sup>) çeşidinden elde edilmiştir.

**Tablo 5** Genotiplere ait bazı morfolojik özellikler ve önemlilik grupları

Genotipler	Başakta tane sayısı		HL ağırlığı (kg hl <sup>-1</sup> )		Bin tane ağırlığı (g <sup>-1</sup> )	
	04/05	05/06	04/05	05/06	04/05	05/06
Golia	39.6ab	37.0	74.5ab	75.5	26.7c	27.7d
Pehlivan	35.1b	31.9	74.4ab	77.5	41.2a	40.1a
Nurkent	39.7ab	31.1	69.7c	75.9	27.2d	28.9cd
Adana 99	44.2a	38.3	78.2b	74.2	29.0cd	31.0bcd
Cmhryt.75	37.2b	38.6	68.2c	75.8	31.0c	37.6ab
Aday-21	44.2a	43.8	76.1a	78.0	36.0b	35.6abc
AÖF(0,05)	5.15	ÖD	2.68	ÖD	3.0	7.5
V.K%	8.55	20.1	2.45	2.8	6.3	12.3
F	4.58	1.219	11.83	1.27	31.89	4.42
P<	0.0098	0.368	0.001	0.348	0.0001	0.0218

Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında %5 seviyesinde fark yoktur

Denemenin ikinci yılında ise önemli bir farklılık tespit edilememiştir. Her iki yılda da önemli farklılığın tespit edildiği BTA bakımından en yüksek değer sırasıyla 41.2 g<sup>-1</sup> ve 40.1 g<sup>-1</sup> ile Pehlivan çeşidinden elde edilirken, en düşük değer de birinci yılda Nurkent (27.2 g<sup>-1</sup>), ikinci yılda ise Golia (27.7 g<sup>-1</sup>) çeşidinden elde edilmiştir (Tablo 5). Değirmenciler tarafından sert danelerin arzu edildiği PSI (Part Size Index) değeri bakımından bir yıllık sonuçlara göre önemli farklılıklar tespit edilmiş olup, en düşük PSI değeri %68.27 ile Pehlivan çeşidinde tespit edilmiştir. Değirmenciler için önemli bir kalite kriteri olarak sayılan un verimi (UV) bakımından ise genotipler arasında önemli bir farklılık bulunamamıştır. Kılıç ve ark. [31] HL'yi 65-76 kg hl<sup>-1</sup>, BTA'yı 19.3-34.1 g<sup>-1</sup>, PSI değerini %49.3-73.6 arasında tespit ettiklerini bildirmiştir. Genotip ve genotip çevre interaksiyonunun etkili olduğu [32] PO bakımından genotipler arasında önemli bir farklılık tespit edilmemekle birlikte %12.6 ile %14.2 arasında bir değişim olduğu görülmüştür. Ekmeklik kalitesinin belirlenmesinde PO önemli bir kalite kriteri olmakla birlikte asıl kaliteyi belirleyen unsurun protein kalitesi olduğu, süne emgisi ile tanedeki protein kalitesinin bozulduğu çok sayıda araştırmayla teyit edilmiştir [22-6-33]. Günümüzde protein kalitesini belirleyen yöntemlerden SDS sedimentasyonu pratik ve güvenilir bir parametre olarak kabul edilmektedir. Tablo 6'da zeleni SDS açısından genotipler arasında önemli bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Sünenin (*Eurygaster spp.*) emgi esnasında buğday tanesine bıraktığı proteolitik enzimler, gluten proteinlerinin parçalanmasına sebep olmaktadır [34]. Bu amaçla süne zararını tespit etmeye esas modifiye edilmiş beklemeli zeleni sedimentasyon testi güvenilir bir şekilde kullanılmakta, zeleni SDS ile beklemeli

SDS (BSDS) arasındaki fark açıldıkça emgi zararının da artığı kabul edilmektedir [22-35-34]. Bu açıdan bakıldığında Tablo 6'da BSDS değerini zeleny SDS değerine oranladığımızda oluşan değerlerdeki düşük oranlar emgiden kaynaklanan kalite bozulmasının çok, yüksek oranlar ise protein kalitesinde meydana gelen bozulmanın düşük, 1 ve 1'e yakın değerler emginin olmadığını bir ifadesi kabul edilebilir. BSDS/ZlySDS oranı bakımından genotipler arasında bir fark görülmemekle birlikte bu oranın 0.41 ile 0.61 arasında değiştiğini görmekteyiz. Bununla beraber Golia çeşidinde 0.61 değeri ile en az zararlanmanın olması, Tablo 7'de Golia'da %8.8 ile en az emginin olmasıyla da örtüşmektedir. Hamurun özelliklerini belirlemeye esas diğer kalite kriterlerinden kuru gluten, yaş gluten, glutograf stretch (BU), glutograf stretch (S) ve glutograf relaxation bakımından genotipler arasında bir farklılık tespit edilememiştir. Evlice ve ark. [34] ekmeklik buğday çeşitleri süneye maruz lokasyonlarda yürüttükleri bir çalışmada zeleny SDS'i 15-72 ml<sup>-1</sup>, BSDS 26-73 ml<sup>-1</sup>, KG %4.9-16, YG'i %14.8-47.5, Glutograf Stretch (S) 9-125 ve Glutograf Relaxationu 209-683 arasında tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Son zamanlarda yaygın bir şekilde kullanılan Glutograf analizinden elde edilen relaxation (BU) değeri hamurun elastikiyetinin ölçüsü, stretch (s) hamurun uzamasının ölçüsü olarak değerlendirilmektedir [36]. Gluten kuvveti ve kalitesi arttıkça relaxation değerinde azalış, stretch (s) değerinde ise artış görülmektedir. Anonim [25] ve Özderen [37] sünenin durum buğdaylarında yaptığı zarar ile alakalı yürüttüğü bir çalışmada gluten kalitesinin tüm çeşitlerde büyük oranda azaldığını, tüm çeşitlerin süneli örneklerinde glutograf stretch değeri ile yaş ve kuru gluten değerleri sağlam örneklerle göre azaldığını, glutograf relaxation değerinin sağlam örneklerle göre arttığını bildirmiştir. Fizyolojik olum sonrası kafeslerin içerisindeki ergin sayımı yapılarak m<sup>2</sup>'de süne sayısı tespit edilmiştir.

**Tablo 6.** Genotiplere ait bazı kalite özellikleri ve önemlilik grupları (2004-2005)

Genotipler	PO%	PSI %	UV%	Zeleny SDS	BSDS <sup>a</sup>	BSDS/ZISDS
Golia	13.40	73.47bc	64.70	23.67	14.67	0.61
Pehlivan	12.93	68.27c	66.07	21.00	9.33	0.45
Nurkent	13.57	74.70abc	65.20	23.00	10.00	0.44
Adana 99	12.60	66.07c	63.47	25.33	12.67	0.50
Cmhryt-75	14.20	85.47a	67.03	20.33	8.33	0.42
Aday-21	12.60	81.90ab	67.87	20.33	8.33	0.41
AÖF <sub>(0.05)</sub>	OD	81.90 ab	67.87	OD	OD	OD
F	2.6300	11.41	OD	1.488	1.51	0.725
P<	0.0900	8.36	4.03	0.276	0.270	0.619

<sup>a</sup>:işaretli özelliklerde karekök, <sup>b</sup>:işaretli özelliklerde Arc Sin transformasyonu uygulanmıştır Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında % 5.seviyesinde fark yoktur, UV: un verimi.

Tablo 7'de ergin süne kesafeti bakımından 2004-2005 yılında genotipler arasında önemli bir farklılık belirlenmezken, denemenin 2. yılında ise önemli

farklılıklar tespit edilmiştir. Kesafet yönünden genotipler arasında yıllar bazında bir paralellik gözlemlenmiştir. Kesafetin oluşmasında çevre, çeşitlerin fenolojik devreleri ve sünenin biyolojisi gibi faktörlerin aldığı rol göz önünde bulundurulmalıdır. Nitekim Kaya ve ark. [38] sünenin zarar şekli ve derecesi, zararının biyolojik dönemlerine ve yoğunluğuna, ürünün çeşidine ve fenolojik devreleri ile iklim şartlarına bağlı olarak değişebildiğini bildirmişlerdir. DAO bakımından genotipler arasında 2004-2005 yılında önemli bir farklılık belirlenirken, 2005-2006 yılında önemli bir farklılık tespit edilememiştir. Denemenin birinci yılında %21.8 ile en yüksek DAO'nun tespit edildiği Cumhuriyet-75 çeşidinin aynı zamanda en yüksek SA'ya da sahip olduğu Tablo 7'den anlaşılmaktadır. Benzer şekilde %8.8 ile en düşük DAO'nun tespit edildiği Golia çeşidinin en düşük SA adedine sahip olması dikkate değerdir. Akyürek [6] farklı lokasyonlarda Golia ve Pehlivan çeşitlerinin dahil olduğu ekmeklik buğday genotipleri ile açık alanda yürüttükleri bir çalışmada yıllara, çeşide ve nimf sayısına bağlı olarak önemli oranda süne zararının oluştuğunu, kapalı alanda ise süne emgi oranının % 4,93-12,75 arasında değiştiğini bildirmiştir.

**Tablo 7.** Genotiplere ait bazı kalite özellikleri ve önemlilik grupları (2004-2005)

Genotipler	Kuru Glt <sup>b</sup>	Yaş Glt <sup>b</sup>	Glutograf Stretch BU <sup>a</sup>	Glutograf Stretch S <sup>a</sup>	Glutograf Relaxation <sup>a</sup>
Golia	5.87	19.60	934.7	5.00	844.0
Pehlivan	9.03	29.23	907.3	8.67	881.7
Nurkent	8.03	28.90	1000.0	1.00	1000.0
Adana 99	5.50	18.20	937.5	5.33	845.3
Cmhryt-75	3.17	15.40	1000.0	1.00	1000.0
Aday-21	5.13	16.07	986.0	1.00	922.7
AÖF <sub>(0.05)</sub>	OD	OD	OD	OD	OD
F	0.84	1.33	0.73	0.95	0.509
P<	0.548	0.325	0.619	0.490	0.763

<sup>a</sup>:işaretli özelliklerde karekök, <sup>b</sup>:işaretli özelliklerde Arc Sin transformasyonu uygulanmıştır Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında % 5.seviyesinde fark yoktur, UV: un verimi.

Mirak [14] kapalı kafeslerde yürüttüğü bir çalışmada genotipler arasında emgi oranı bakımından önemli farklılıklar tespit ettiklerini, Falat çeşidinin %1.8 emgi oranı ile en tolerant çeşit olarak belirlediğini bildirmiştir. Golia çeşidinin hem SA ve hem DAO bakımından düşük değerlere sahip olması bu çeşide verilmesi gereken önemi artırmalıdır.

### Özellikler Arası İlişkiler ve Biplot Analizleri

Çalışmada incelenen özelliklerin genotiplere göre sınıflandırılması ve genotiplerin karakterlere göre değişimini görsel olarak değerlendirme imkânı veren biplot analizleri Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir [39-40, 5]. GGE biplot metodolojisine göre, poligon köşelerinde yer alan ve ilgili sektör ve grubu temsil eden genotip ve çevre ile alakalı özellikler için en yüksek değerlere sahip olduğu kabul edilmektedir [41, 42]. Aynı mega-grup

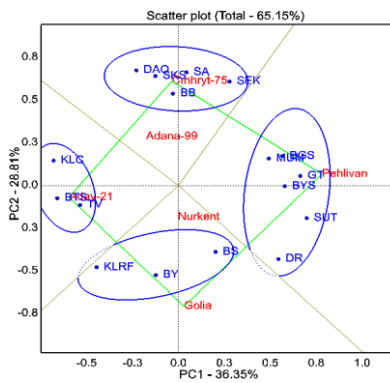
içerisinde olan özellikler arasında da yüksek bir korelasyon söz konusudur [43, 44].

**Tablo 8.** Genotiplere ait süne kesafeti, danede emgi oranı ve tane verimi ile oluşan grupları

Genotipler	Süne kesafeti ad m <sup>-2</sup> <sup>a</sup>		Danede emgi oranı % <sup>b</sup>		Tane verimi kg da <sup>-1</sup>	
	04/05	05/06	04/05	05/06	04/05	05/06
Golia	10.16	3.50 ab	8.8 c	9.7	288.4 cd	312.0
Pehlivan	21.08	1.25 b	14.3 abc	4.5	282.8 cd	464.1
Nurkent	15.16	2.50 b	12.7bc	4.8	301.8 bc	441.8
Adana 99	19.41	16.00 a	15.2 abc	22.0	334.5 b	386.8
Cmhryt -75	44.50	2.67 b	21.8 a	6.4	256.2 c	420.5
Aday-21	17.16	6.33 ab	18.3 ab	8.6	410.0 a	481.1
AÖF(0.05)	ÖD	1.36	5.85	ÖD	42.2	ÖD
F	1.56	3.91	2.79	1.97	15.02	0.599
P<	0.256	0.032	0.078	0.178	0.0001	0.702

<sup>a</sup>:işaretili özelliklerde karekök, <sup>b</sup>:işaretili özelliklerde Arc Sin transformasyonu uygulanmıştır Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında % 5.seviyesinde fark yoktur, UV: un verimi.

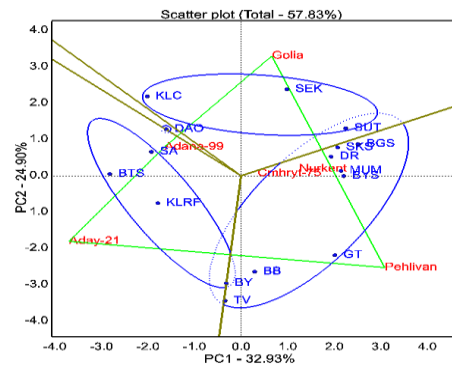
Denemenin birinci yılına ait biplot analizinde toplam varyasyon % 65.15 olarak tespit edilmiş olup bu varyasyonun % 36.35'i PCI ve % 21.81'i PC2 tarafından temsil edilmiştir. Şekil 5'te poligon köşesinde yer alan Cumhuriyet-75 çeşidi DAO, SA, SKS, BB ve SEK için en yüksek değerlere sahip çeşit olmuştur. Beyaz ve yumuşak tane yapısına sahip Cumhuriyet-75'in gerek DAO ve gerekse SA bakımından en yüksek değerlere sahip olması dikkate değerdir. Kınacı ve Kınacı [18] ve Akyürek [6] ekmeklik buğdayda beyaz danelerin süne zararından kırmızı danelere göre daha fazla etkilendiğini ayrıca yumuşak kırmızılardan en az etkilenen grup olduğunu bildirmişlerdir.



**Şekil 5.** SA ve DAO ile bazı morfolojik özellikler arasındaki ilişkinin biplot ile gösterimi (2004-2005)

GT, BGS, BYS, MUM, SUT ve DR özellikleri için en yüksek değerler kırmızı dane rengine sahip Pehlivan çeşidinden elde edilmiş olup söz konusu özellikler DAO ve SA bakımından zıt bir kutupta yer almıştır. KLRF, BY ve BS için Golia çeşidi öne çıkarken, aynı mega grupta yer alan KLC, BTS ve TV için en yüksek değerler Aday-21 genotipinden elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılı olan 2005-2006 sezonunda yapılan biplot analiz sonucunda

toplam varyasyon % 57.83 olarak tespit edilmiş olup bu varyasyonun % 32.93'ü PCI ve % 24.90'ı PC2 tarafından temsil edilmiştir. Poligonun köşesinde yer alan Pehlivan, Golia ve Aday-21 genotipleri incelenen özellikler açısından en yüksek değerlere sahip olmuşlardır. Aday-21 genotipinin her iki yılda da TV bakımından ön plana çıkması, kapalı tül kafesler altında yaşanan stresten az kardeşlenen ve dik büyüme özelliğine sahip Aday-21 için avantaj olmasıyla açıklanabilir. Poligonun diğer köşesinde yer alan Golia çeşidi, KLC ve SEK özellikleri için en yüksek değerlere sahip olmuştur. Sünenin, daha çok kılıksız çeşitleri tercih ettiği iddia edilirken bizim elde ettiğimiz sonuçlar bu durumun tersi olmuştur. DAO ile KLC aynı grupta yer almıştır. Aday-21 çeşidi BY, KLRF, BTS ve SA için en yüksek değerlere sahip olmuştur. BY, KLRF, BTS, SA aynı grupta yer alması, süne zararlısının bu özellikler yönünden öne çıkan genotipleri tercih ettiğini gösteren bir veri olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, KLRF içeriği yeşil renk yoğunluğu sağlıklı bitki olma durumu ile alakalı olduğu için süne zararlısının yeşil renk yoğunluğu yüksek olan genotipleri tercih edebileceği konusunda bir çıktı olarak gözükmektedir. Delaney ve ark. [45], klorofil içeriği yüksek bitki organlarının fotokimyasal prosesinin de yüksek olması sebebiyle sap arısı zararlısının daha faal bitkiyi tercih etmesine sebep olduğunu bildirmişlerdir. SA ve DAO ile kalite özellikleri arasındaki ilişkileri gösteren biplot analiz sonucunda toplam varyasyonun % 71.36 olarak tespit edilmiş olup, bu varyasyonun % 50.09'u PCI ve % 21.27'si PC2 tarafından temsil edilmiştir (Şekil 4).



**Şekil 6.** SA ve DAO ile bazı morfolojik özellikler arasındaki ilişkinin biplot ile gösterimi (2005-06)

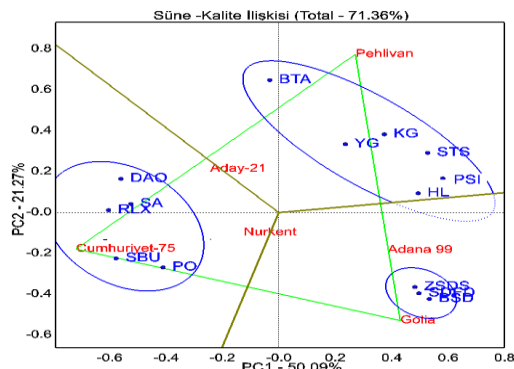
BB bitki boyu; BY: Başak yoğunluğu; BS m<sup>2</sup> de başak sayısı; BTS: başakta tane sayısı; KLRF bayrak yaprak klorofil içeriği; BYS: büyüme şekli; SKS sapa kalkma süresi; SEK sapın enine kesiti; MUM: kım mumsuluğu; BY başak yoğunluğu; KLC: Kılıksızlık; BGS başaklanma süresi; SUT: süt olum süresi; SA m<sup>2</sup> de süne adedi; DAO süne emgi oranı; TV tane verimi DR: Dane rengi. GT: Büyüme tabiatı

Buna göre Pehlivan çeşidi aynı mega grup içerisinde yer alan BTA, YG, KG, STS, Modifiye-PSI ve HL için en yüksek değerlere sahip olmuştur. Cumhuriyet-75 çeşidi, RLX, SBU, PO, SA ve DAO



özellikleri yönünden en yüksek değerlere sahip olmuştur. Aynı mega grup içerisinde yer alan söz konusu özellikler arasında önemli ilişkiler de mevcuttur. Cumhuriyet-75 çeşidi Modifiye-PSI değeri ile de geniş bir açı oluşturarak negatif bir korelasyona girmiştir. Yumuşak tane özelliğine sahip olan bu çeşitte SA ve DAO bakımında yüksek değerlere sahip olması, DAO ile yakın bir ilişkide olan dane yumuşaklığının önemli bir ölçü olabileceğini göstermektedir. Tane sertliği ile süne zararı arasında negatif bir ilişki söz konusu olup, birçok araştırmacı sünenin beslenme açısından yeterli alan ve besin bulduğu zamanlarda tercihinin daha az enerji harcayarak beslenebileceği özelliklere sahip yumuşak taneli genotipleri seçebileceğini belirtmişlerdir. Stamenkoviç [46], sünenin verdiği zarar oranında buğdayın kimyası ile birlikte morfolojik ve fizyolojik özelliklerinin belirleyici olduğunu bu suretle sert buğdayların yumuşak buğdaylardan daha az zarar gördüğünü bildirmiştir.

Bu çalışmada yumuşak bir özelliğe sahip Cumhuriyet-75 çeşidinde en yüksek emgi oranının tespit edilmesi önemli bir bulgu olarak kabul edilebilir. ZSDS (Zeleny sed.), BSD (beklemeli sed.) ve SDFD (beklemeli SDS/ zeleny SDS oranı) için en yüksek değerler Golia ve Adana-99 çeşidinden elde edilmiştir. Süneye dayanıklılık ölçümlerinde normal ZSDS değeri ile BSDS arasındaki fark sünenin hamur reolojik özellikleri üzerine olan etkilerinin tespitinde önemli bir parametre olup [22], bu fark azaldıkça süne zararının az olduğu anlamına gelmektedir. Gerek varyans ve gerekse biplot analizlerinde çeşitlerin bu özellik yönünden mukayese edilmesinde BSDS/ZSDS oranı esas alınmıştır. Oran yükseldikçe BSDS'in ZSDS'e eşit veya yakın olduğu ve emginin az olduğu anlamına gelmektedir. Bu sonuçlara göre Golia ve Adana-99 bu 3 özellik yönünden yüksek değerlere sahip olması (Tablo 6) ve biplot grafiğinde (Şekil 7) olumsuz ilişkiyi ifade eden SA ve DAO ile zıt kutuplarda yer alması çeşitlerin süneye tolerant olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilebilir.



**Şekil 7.** SA ve DAO ile kalite özellikleri arasındaki ilişkilerin biplot ile gösterimi (2004-2005)

SA: M<sup>2</sup> de süne sayısı; DAO: Danede emgi oranı; HL: Hektolitire ağırlığı; BTA: Bin tane ağırlığı; SBU: Strech BU; STS: Strech

S; PO%: Tanede protein oranı; YG%: Yaş glüten; KG: Kuru glüten; PSI: Tane sertliği (100-PSI=modifiye edilmiş, yüksek değerler sertliği ifade eder); RLX: Relaxation, SBU:Strech.

Glurograf değerlerinden SBU ve STS ile YG, KG, PSI, BTA ve HL aynı mega grup içerisinde yer almakla olumlu bir ilişki içerisinde oldukları anlaşılmaktadır. Söz konusu özelliklerden SBU, STS, SDS, YG ve KG arasında olumlu korelasyon ilişkilerinin olduğu bir çok araştırmacı tarafından da rapor edilmiştir. Keçeli ve ark. [47], ekmeklik buğdayda YG, KG ile glutograf stretch değerleri arasında önemli korelasyonlar tespit ettiklerini bildirirlerken, Aydoğan ve ark. [48] ekmeklik buğdayda KG ile mini SDS arasında pozitif ve önemli bir ilişki bulduklarını, BTA ile ilişkilerde ise önemli bir korelasyon tespit edemediklerini bildirmişlerdir.

## SONUÇ

Süne ile mücadelede kullanılan çok sayıda yöntem olmakla birlikte tabii dengeyi bozmayan, çevreye olumsuz etkisi olmayan, sürdürülebilir tarıma imkan tanıyan mukavim veya tolerant genotiplerin geliştirilmesi ayrı bir öneme sahiptir. Süne emgisi ile morfolojik ve kalite özellikleri arasındaki ilişkilerin incelendiği bu çalışmada; dik büyüyen, geçici ve yoğun başak yapısına sahip genotiplerin süne zararından daha az etkilendikleri, geç sapa kalkan, yumuşak ve beyaz taneli genotiplerin ise daha hassas oldukları görüldükçe, KLRF ve BTS gibi özelliklerin önemli belirleyici olmadıkları görülmüştür. Diğer özelliklerin ise değişen çevre şartlarına göre tepkilerinin farklı olabileceği anlaşılmıştır. Kalite özelliklerinden sert dane yapısı (PSI) ile birlikte SDS, YG ve KG, STS ve BSD bakımından yüksek değerlere sahip genotiplerin daha tolerant oldukları belirlenmiştir. Araştırma bir bütün olarak değerlendirildiğinde çeşitlerden Pehlivan ve Golia'nın diğer genotiplere göre SA ve DAO yönünden daha düşük oranlara sahip olmakla süneye daha tolerant oldukları belirlenmiştir.

## TEŞEKKÜR

DPT başkanlığınca (BS-04/01-05-167-2) desteklenen projenin hazırlığında katkıları geçen başta Dr. Kadir Melan olmak üzere proje yürütme safhasında imkânları seferber eden GAP UTAEM idareci ve çalışanları ile süne materyalini temin etmede yardımlarını esirgemeyen Uzm. Vedat Karaca, Dr. Çetin Mutlu ve Dr. Mehmet Duman'a teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

- [1] Anonim. Tarım İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim Tarihi: 06.03.2019. [www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist](http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist), 2019.
- [2] Şimşek Z. Past and current status of sunn pest (*Eurygaster spp.*) control in Turkey. Edit.: K. Melan and C. Lomer. Integrated Sunn Pest Control. Plant

- Protection Central Research Institute. Ankara, p. 89-94. 1998.
- [3] Karaca V, Özpinar A. Karacadağ'da *Eurygaster integriceps* Put. ve *Doly corisbaccarum* (L.)'un kışlakta çıkışının belirlenmesi üzerine bir araştırma. GAP II. Tarım Kongresi.(24-26 Ekim 2001. Harran Üniversitesi. Şanlıurfa) s. 167-174 2001.
- [4] Dizlek H, İslamoğlu M, Buğday Kitlesindeki süne emgi oranının belirlenmesinde ülkemizde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması. U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi. 24:1 81-90, 2010.
- [5] Kılıç H, Tekdal S, Kendal E, Aktaş H. Augmented deneme desenine dayalı ileri kademe makarnalık buğday (*Triticum turgidum ssp durum*) hatlarının biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmesi KSÜ Doğa Bil. Derg. 15:4 18-25, 2012.
- [6] Akyürek S. Değişik fenolojik özelliklere sahip buğday çeşitlerinde süne zararının verim ve kalite üzerine etkisi ve genetik farklılıkların belirlenmesi. Namık Kemal Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi Tarla Bitkileri A.B. Dalı, 2104.
- [7] Mutlu. Ç, Canhilal R, Karaca V, Duman M, Gözüacık C, Kan M. Economic threshold revision of the sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) (Hemiptera: Scutelleridae) on wheat in Southeastern Anatolia Region Türkiye Entomoloji Bülteni 4(3):157-169, 2014.
- [8] Moore D. Süne. *Eurygaster integriceps* Put mücadelesi: Entegre mücadelede mikoinsektisitlerin rolü. Entegre süne mücadelesi. Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü. Ankara, 1998.
- [9] Kılıç H, Aktaş H, Kendal E, Altikat A, Karahan T, Karaca V, Mutlu Ç, Duman M. Farklı fenolojik özelliklere sahip durum buğday genotiplerinin süne (*Eurygaster integriceps* Put ) zararına mukavemet bakımından değerlendirilmesi. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. DUFED 7:1 1-12, 2018.
- [10] Every D, Farrell M, Stufkens W, Wallace AR. Wheat Cultivar Susceptibility To Grain Damage By The New Zealand Wheat Bug, *Nysius huttoni*, and cultivar susceptibility to the effect of bug proteinase on baking quality. J. Cereal Sci.27: 37-46, 1997.
- [11] Najafi MT, Mohammadi V. Resistance to Sunn pest (*E. integriceps*) in Advanced lines of Durum and Bread Wheat. 2nd International Conference on Sunn Pest. CARDA, Aleppo, Syria, 2004.
- [12] Yıldırım F, Tülek A, Kılınç T, Yorgancılar A. Eskişehir'de Süneye tolerant buğday çeşit ve hatlarının belirlenmesi. Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü-Eskişehir. Erişim Tarihi: 06.03.2019 www. personel.zmmae.gov. tr/Details.aspx? proID=1157&lang=tr, 2008.
- [13] Bouhssini M, Street K, Joubi A, Ibrahim Z, Rihawi F. Sources of wheat resistance to Sunn pest. *Eurygaster integriceps* Puton.in Syria. Genet Resour Crop Evol. 56 1065-1069, 2009
- [14] Mirak TN. Evaluation of resistance to Sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) in wheat and triticale genotypes.Crop Breeding Journal. 2:1 43:48, 2012.
- [15] Turanlı F, Tosun M, Tonk F, İlker E, Çakır M, Kaya E, Yılmaz E, Ersin F, İştıpliler D, Köymen M. Türkiye'de süneye karşı yeni dayanıklılık kaynaklarının belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi. 25 136-140, 2016.
- [16] Tonk F, Kaya E, İştıpliler D, İlker E, Turanlı F, Tosun M, Yılmaz E, Ersin F, Ebru ST, Çakır M. Identification of resistance to *Eurygaster integriceps* Put. on some bread wheat Genotypes Journal of Applied Botany and Food Quality. 90 52-57, 2017.
- [17] Smith CM. Plant resistance to insects: A fundamental approach. John Wiley and Sons. p. 286 1989.
- [18] Kınacı E, Kınacı G. Quality and yield losses due to sunnpest (Hemiptera:Scutelleridae) in different wheat types in Turkey. Fields Crops Res. 89 187-195, 2004.
- [19] Sanaey N, Najafi Mirak T. Wheat Resistance to the Adult Insect of Sunn Pest. *Eurygaster integriceps* Put American J. of Agric. and Biological Sci. 7:1 56-60, 2012.
- [20] Anonim. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı TTSM Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü. Serin İklim Tahıllarında Morfolojik Karakterlerin Belirlenmesi. Ankara, 2015.
- [21] Kıvanç M. Buğdayda *Eurygaster integriceps* Put. Ve *Eurygaster austriaca* Schrk. (Heteroptera: Scutelleridae) türlerinin populasyon yoğunluğu ile meydana getirdiği zarar oranı arasındaki ilişkiler. Türk Entomol. derg. 23:4 269-275, 1999.
- [22] Williams P, El-Haremein FJ, Nakkoul H, Rihavi S. Crop Quality Evaluation Methods And Guidelines. ICARDA. Technical Manual 14 (Rev.1), 1988.
- [23] Atlı A, Koçak H, Köksel B, Aktan E, Karababa A, Dağ T, Tuncer B, Dikmen ve Ş. Özkan. Süne (*Eurygaster spp.*) ve Kımıl (*Aelia sp.*) zarar görmüş tanelerin ekmeklik buğday kalitesine etkileri. TARM Araşt. Enst.Yayın.1988/2. Ankara. s. 23 1988.
- [24] Özkaya H, Özkaya B. Öğütme teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, s. 268-283 2005.
- [25] Anonim. Instruction Manual Glutograph-E. Brabender measurement and control systems. brabender GmbH&Co. KG. Kulturstr. Duisburg. Germany, 51-55. 47055 2005.
- [26] Yıldırım M, Kılıç H, Kendal E, Karahan T. Applicability of Chlorophyll Meter Readings As Yield Predictor In Durum Wheat. J. of Plant Nutrition. 34 151-164, 2011.
- [27] Yurtsever N. Deneysel İstatistik Metotları. TOKB Köy Hiz. Gn. Md. Yayın No: 121. no:56. Ankara. s. 623 1984.
- [28] GenStat. GenStat for Windows (12<sup>th</sup>Edition) Introduction. VSN International. Hemel Hempstead, 2009.
- [29] Kılıç H, Akçura M, Uçar R, Aktaş H, Kökten K, Tekdal S.. Yerel ekmeklik buğday populasyonundan seçilmiş saf hatlarda bazı özellikler arası ilişkilerin belirlenmesi.Tr. Doğa ve Fen Derg. - Tr. J. Nature Sci. 5:1 52-59, 2016.
- [30] Sakin MA, Naneli İ, Göy AG, Özdemir K. Bazı Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin tokat-zile koşullarında verim ve verim komponentlerinin belirlenmesi. JAFAG 32:3 119-132, 2015.
- [31] Kılıç H, Aktaş H, Akçura M, Tekdal S, Kendal E. İleri kademe ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) hatlarının verim ve bazı kalite özellikleri yönünden incelenmesi IX Tarla Bit. Kong. 1 100-105, 2011.
- [32] Kılıç H, Yağbasanlar T. Genotype x environment interaction and phenotypic stability analysis for grain yield and several quality traits of durum wheat in the South-Eastern Anatolia Region/ Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj 38:3 253-258, 2010.
- [33] Pehlivan A, Ünver S. Makarnalık buğdayda kalite ıslahı çalışmaları. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi. 26:1 127-151, 2017.
- [34] Evlice A, Pehlivan A, Külen S, Keçeli A, Şanal T, Karaca K, Salantur A. Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinde ekmek hacmi ve bazı kalite parametreleri arasındaki ilişkilerin

- incelenmesi Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi. 25 12-18, 2016.
- [35] Köksel H., Sivri D., Özboy Ö., Başman A. ve Karacan HD. Tahıl Laboratuvarı El Kitabı. Hacettepe Üniv. Mühendislik Fak. Yay.: Ankara, 2000.
- [36] Alamri M. Manthey F. Mergoum M. Elias E. Khan K. The effects of reconstituted semolina fractions on pasta processing and quality parameters and relationship to glutograph parameters. Journal of Food Technology. 8: 159-168, 2010.
- [37] Özderen NT. Süne (*eurygaster spp.*) zararının makarnalık buğday ve makarna kalitesi üzerine etkileri Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Dr. Tezi, Ankara, s. 83. 2009.
- [38] Kaya E, Güllü M, Özkan M, Karaca V. Süne (*Eurygaster spp*) (Hemiptera Scutelleridae) zirai mücadele teknik talimatları. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü. Tahıl Hastalıkları ve Zararlıları, 1 81-94, 2008.
- [39] Yan W, Kang M. GGE Biplot Analysis. A Graphical Tool Breeders. Geneticists and Agronomists. CRC Press. Florida, 2003.
- [40] Akçura M, Topal A. İç Anadolu Bölgesi yerel ekmeklik buğday populasyonlarından seçilen saf hatların tane verimi ve kalite özellikleri yönünden bazı tescilli çeşitlerle karşılaştırılması. Ülkesel Tahıl Sempozyumu, 59-69, 2-5 Haziran 2008, Konya, 2009.
- [41] Yan, W., Hunt L.A., Sheng Q. and Szlavnic Z. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Sci., 40 597-605, 2000.
- [42] Kendal E, Sayar MS, Tekdal S, Aktaş H, Karaman M. Assessment of the impact of ecological factors on yield and quality parameters in triticale using GGE biplot and AMMI analysis. Pakistan Journal Botany, 48 1903-1913, 2016.
- [43] Gauch HG, Zobel RW. AMMI Analyses of yield trials. genotype by environment interaction. GRC. Paton. Florida 4 85-122, 1996.
- [44] Yan W, Kang MS, MaB, WoodsS, Cornelius PL.. GGE Biplot vs. AMMI Analysis of genotype-by-environment data. Crop Sci. 47 643-655, 2007.
- [45] Delaney KJ, Peterson RKD, Weaver DK. Photosynthesis and yield reductions from wheat Stem Sawfly (Hymenoptera: Cephidae): interactions with wheat solidness. Water Stress and Phosphorus Deficiency. J. Econ. Entomol. 103 516-524, 2010.
- [46] Stamenković S. Evaluating winter wheat and barley for resistance to major insect pest in Yugoslavia. USDA. USA. 174-177, 1984.
- [47] Keçeli A, Karaca K, Kaplan, Evlice A, Pehlivan A, Şanal T, Külen S, Seis A, Salantur A. Ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) zeleny sedimentasyon analizi ve diğer kalite parametreleri ile ilişkisinin incelenmesi. KSÜDoğa Bil Der., 20 292-296, 2017.
- [48] Aydoğan S, Göçmen A, Şahin M, Kaya Y. Ekmeklik Buğday (*T. aestivum* L.) Genotiplerinde verim ve bazı kalite özellikleri arasındaki ilişkiler Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi 12 21-30, 2007.

## Ti6Al4V Alaşımı Üzerine Sol-Jel Yöntemi ile Yapılan SiO<sub>2</sub> Kaplamalarda Kurutma Kontrol Kimyasallarının Kaplama Morfolojisine Etkisi

Canser GÜL<sup>1</sup>, Sevda ALBAYRAK<sup>2</sup>, Hülya DURMUŞ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye.

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye.

✉: canser.gul@cbu.edu.tr,  <sup>1</sup> 0000-0002-1339-936X,  <sup>2</sup> 0000-0002-1504-8061,  <sup>3</sup> 0000-0002-7270-562X

Geliş (Received): 03.02.2020

Düzeltilme (Revision):15.02.2020

Kabul (Accepted): 02.03.2020

### ÖZ

Ti6Al4V, günümüzün biyomalzeme uygulamalarında en çok kullanılan titanyum alaşımıdır. İnsan vücudu içinde toksik/alerjenik etki oluşturmaması ve mekanik özelliklerinin iyi olması nedenleri ile biyomedikal uygulamalarda tercih edilmektedir. Yapılan çalışma, birçok olumlu özellikleri nedeni ile tercih edilen bu korozyon dayanımının geliştirilmesi amacı ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Ti6Al4V alaşımı, yüzey hazırlıkları yapıldıktan sonra, farklı kurutma kontrol kimyasalları eklenerek hazırlanan SiO<sub>2</sub> çözeltisi kullanılarak sol-jel yöntemi ile kaplanmıştır. Sonrasında X-Işını Kırınımı (XRD) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda kullanılan kurutma kontrol kimyasallarının yapıda oluşması muhtemel çatlakları önlediği, oluşan çatlak yapılarının arasındaki boşluk mesafesini kısalttığı, yapının bütünlüğünü koruma eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyomalzeme, Kaplama, SiO<sub>2</sub>, Sol-jel, Ti6Al4V

## The Effect of Drying Control Chemicals on Coatings Morphology at SiO<sub>2</sub> Coatings Prepared by Sol-Gel Method on Ti6Al4V Alloy

### ABSTRACT

Ti6Al4V is the most widely used titanium alloy in today's biomaterial applications. It is preferred in biomedical applications due to its non-toxic/allergenic effect and good mechanical properties. This study was carried out with the aim of improving the corrosion resistance of this alloy preferred due to its many positive properties. In this study, Ti6Al4V alloy was coated with SiO<sub>2</sub> solution by using sol-gel method prepared by adding different drying control chemicals after surface preparation. Then, X-Ray Diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM) analyses were performed. As a result of these analyses, it was observed that the used drying control chemicals prevented the cracks that may occur in the structure, shortened the gap distance between the formed crack structures and tended to preserve the integrity of the structure.

**Keywords:** Biomaterial, Coating, Ti6Al4V, SiO<sub>2</sub>, Sol-Gel

### GİRİŞ

Ti6Al4V, günümüzün biyomalzeme uygulamalarında en çok kullanılan titanyum alaşımıdır. İnsan vücudu içinde toksik/alerjenik etki oluşturmaması ve mekanik özelliklerinin iyi olması nedenleri ile biyomedikal uygulamalarda tercih edilmektedir [1]. Fakat diğer metaller gibi iyon konsantrasyonu yüksek olan ve pH değerleri bölgeden bölgeye geniş bir aralıkta değişen insan vücudu gibi bir ortamda korozyona uğrayabilir [2,3]. Korozyona uğradığında ise yapısında bulunan Al ve V iyonlarının vücut içine salınmasına neden olabilir. Bu durum ise beraberinde tehlikeli hastalıkları getirmektedir [4].

Günümüz şartlarında bu denli kullanıma sahip olan bu alaşımın biyouyumluluğunu, biyoaktifliğini veya korozyon ve aşınma dayanımını arttırabilmek için yapılan çeşitli çalışmalar mevcuttur. Aşınma

dayanımının geliştirilmesi ve iyon salınımının engellenmesi için Ti ve Ti alaşımlarına, elektrokimyasal oksidasyon tekniği [5], elektrokimyasal anodizasyon tekniği [6,7], kimyasal buhar sıçratma (CVD) [8], fiziksel buhar sıçratma (PVD) [9,10], sol-jel yöntemi [11], lazer kaplama yöntemi [12] ve biyomimetik yöntem [13] kullanılarak yapılan çeşitli kaplamalar mevcuttur.

Sol-jel yöntemi ile yapılan SiO<sub>2</sub> kaplamalar değişik çözücü ve katalizörler kullanılarak biyoçözünürlüğü kontrol etmek amacıyla AZ31 ve AZ91 gibi biyoçözünür Mg alaşımlarına kaplanmıştır. Hernandez ve ark. [14] (2017), AZ31 Mg alaşımı üzerine yaptığı TEOS-GPTMS kaplamalarda çatlaksız ve homojen bir kaplama yüzeyi sağlayabilmiş ve Mg alaşımlarının korozyon performansını arttırmıştır. Tong ve ark. [15] (2019), yaptıkları çalışmada alüminyum altlıklar üzerine yaptıkları trimethylethoxysilane (TMES) ve TEOS ile



modifiye ettikleri SiO<sub>2</sub> matrisli kompozit kaplama tabakalarının korozyon performanslarını değerlendirmişlerdir. %3,5 NaCl çözeltisi içinde yapılan korozyon testleri sonucunda korozyon dayanımlarının arttığı tespit edilmiştir. Literatürde mevcut TEOS, GPTMS ve APTES gibi silan içerikli başlatıcılar ile uygulanan sol-jel kaplamaların korozyon ve aşınma dayanımlarına etkileri incelenmiş ve farklı ortamlarda yapılan testlerde umut vadeden sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür.

Çalışmada kaplama yöntemi olarak uygulama kolaylığı, farklı yüzeylere istenebilen kalınlıklarda uygulanabilirliği, yüksek saflıkta ürün eldesinin mümkün olması ve geleneksel yöntemlere kıyasla daha düşük bir proses sıcaklığı gerektirmesi gibi çok sayıda avantajı olan bir yöntemdir [16, 17]. Bu nedenle yapılan çalışmada sol-jel yöntemi tercih edilmiştir.

Sol-jel yöntemi kullanılarak yapılacak olan kaplamalarda farklı kurutma kontrol kimyasallarının kaplama morfolojisine etkisi araştırılmıştır. Morfolojideki değişim X-Işını Kırınımı (XRD) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDS) analizleri ile gerçekleştirilmiştir.

## MATERYAL ve METOT

Altlık malzeme olarak, kimyasal bileşimi Tablo 1’de verilen ASTM Grade 5 titanyum Ti6Al4V numuneler kullanılmıştır. Bu numuneler hassas kesme cihazı kullanılarak 6x10x1,5 mm<sup>3</sup> boyutlarında kesilmiş ve yüzeyleri mekanik olarak zımparalanmıştır. Numune yüzeyi bir miktar pürüzlendirildiğinde kaplamaların yüzeye tutunabilirliği arttığı için 800 gridlik SiC aşındırıcı zımparalar kullanılarak pürüzlendirme işlemi yapılmıştır. Yüzey hazırlıkları tamamlanan numuneler ultrasonik temizleyici kullanılarak aseton ve etanol içinde 20’ şer dakika temizlenmiş ve kalıntı parçacıklardan arındırılmıştır.

**Tablo 1.** Ti6Al4V alaşımının kimyasal kompozisyonu

Element	Al	V	Fe	O	C	Ti
% ağı.	6,0	3,9	0,1	0,1	0,02	Kalan

Sol-jel prosesinde Si kaynağı olarak TEOS (Tetraetil ortosilikat, Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>) kullanılmıştır. Çözücü olarak metanol (CH<sub>3</sub>OH) ve katalizör olarak da amonyum hidroksit (NH<sub>4</sub>OH) ve hidrolizin başlaması için ise bir miktar su kullanılmıştır. Başlatıcıya metanol ilavesinden sonra 30 dk yavaş karıştırma işlemi uygulanmış sonrasında katalizör ve su damla damla ilave edilmiştir. 1 saat 40 °C sıcaklıkta yavaş karıştırılan nihai solüsyon berrak ve saydam renkli olup bu aşamada 3’e bölünmüştür. 1. çözelti hiç bir ilave madde eklenmeksizin 3 saat daha aynı sıcaklıkta karışmaya bırakılmıştır. 2. solüsyona ağırlıkça % 0,015 oksalik asit eklenmiş ve ayrı bir beher içinde aynı sıcaklıkta yavaş karıştırılmaya devam edilmiştir. 3. solüsyona ise hacimce % 2 oranında formamid eklenmiş ve karıştırılmaya bırakılmıştır.

PTL-MM01 daldırma kaplama cihazı kullanılarak, altlık numuneler dikey bir şekilde hazırlanan solüsyonlar içine 100 mm/dk daldırma hızı ile daldırılmış, 60s çözelti içerisinde bekletilmiş ve aynı hızda geri çekilmiştir. Fazla solüsyonun süzülmesi için bir süre bağlandıkları yerden çıkartılmayıp aynı pozisyonda tutulan numuneler sonrasında kurutma işlemi için çıkartılıp yatay bir şekilde numune kurutma tepsileri içerisine yerleştirilmiştir.

Numunelerin kurutma işlemleri ısıtma hızı 1°C/dk olacak şekilde 120 °C’ye yavaş ısıtılan hassas sıcaklık kontrollü etüv içinde gerçekleştirilmiştir. Numunelere uygulanan kurutma işlemi sonrasında 3 çevrim kaplama uygulanmış ve sonrasında ısıtma hızı 1°C/dk olan Protherm marka fırın içinde 450 °C ye ısıtılmış, burada 3 saat sinterlenmiş ve fırın içinde soğumaya bırakılmıştır.

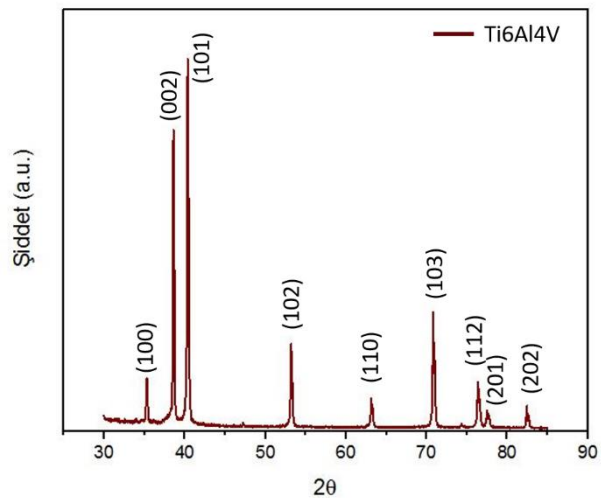
Kaplanmış numunelerin X-ışını analizleri Bruker D8 Advance marka X-Işını Difraktometresi (XRD) ile yapılmıştır. Saniyede 0,03° derece tarama hızında CuKα (λ=1,5418 Å) ışını, 30 mA akım ve 40 V voltaj kullanılmıştır. Taramalar 30-90° aralığında ayarlanmış ve yapısal analizler bu şekilde gerçekleştirilmiştir.

Kaplama kalınlıklarının belirlenmesinde ise Minitest 650 kaplama kalınlığı ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Kaplanmamış ve kaplanmış Ti6Al4V numunelerin yüzey morfolojileri taramalı elektron mikroskobu (SEM, ZEISS Gemini 500 ile analiz edilmiştir. Bu cihaza ait enerji dağılımı spektrometresi (EDS) ünitesi ile noktasal ve bölgesel EDS analizleri yapılmış ve kaplamaların kimyasal değişimleri bu şekilde gözlemlenebilmiştir. Görüntü alınırken genellikle 10 kV hızlandırma gerilimi kullanılmıştır. Bu gerilimin yetersiz kalması durumunda ve EDS analizlerinde 20kV hızlandırma gerilimi kullanılmıştır.

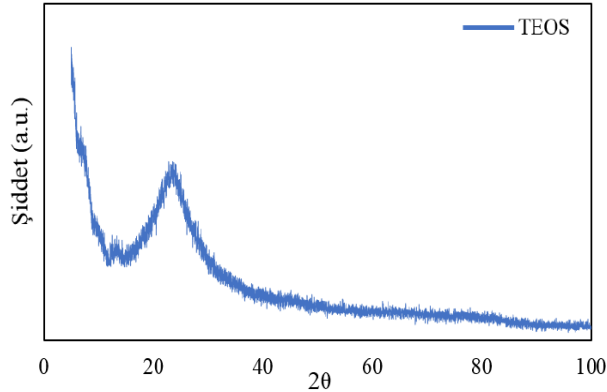
## BULGULAR ve TARTIŞMA

Altlık malzeme olarak kullanılan Ti6Al4V alaşımına ait XRD grafiği Şekil 1’de verilmiştir. 00-044-1294 ve 00-44-1288 JCPDS kart numaralı α ve β fazlarını içeren Ti6Al4V’a ait olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 1.** Kaplanmamış Ti6Al4V alaşımına ait XRD grafiği

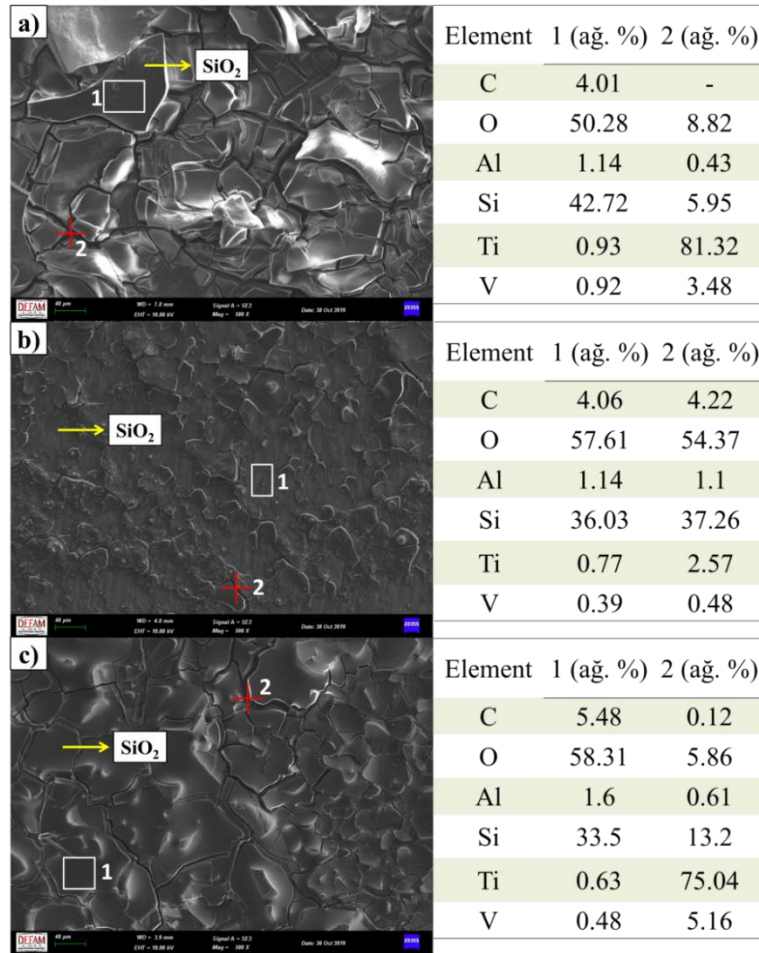
Şekil 2’de ise hazırlanan TEOS çözeltisinin 450 °C’de kalsine edilmesi ile elde edilen toz numunelere ait XRD grafiğini göstermektedir. Grafik incelendiğinde toz numunelerin amorf yapıda olduğunu görülmektedir. Bunun sebebi SiO<sub>2</sub> parçacıklarının kristalize olması için gerekli sıcaklığın, sinterleme yapılan sıcaklıktan daha yüksek olmasıdır. Kaplama yapısı kristalize halde bulunmasa bile çatlak yapısını giderdiği ve adacıklar arası mesafeleri azalttığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle amorf yapının aslında elde edilmek istenen yapıyı sağlayabildiği gözlemlenmiştir.



Şekil 2. Hazırlanan TEOS çözeltisinin 450 °C’de kalsine edilmesi ile elde edilen toz numunelere ait XRD grafiği

Kaplama kalınlıkları katkısız numunede 28±3µm, oksalik asit katkılı numunede 33±5µm, formamid katkılı numunede 32±4µm olarak ölçülmüştür.

Şekil 3, TEOS içerikli kaplamalardaki çatlak miktarını azaltmaya yönelik yapılan çalışmaya ait SEM görüntülerini içermektedir. SEM görüntüleri incelendiğinde oksalik asit ve formamid katkılı numunelerin daha pürüzsüz ve çatlaksız bir şekilde elde edilebildiği gözlemlenmiştir. Çatlak gözükten kısımlardan noktasal ve kaplama tabakası olduğu düşünülen kısımlardan alan EDS analizleri yapılmıştır. Alan analizi yapılmış bölgeler incelendiğinde Ti, Al ve V elementlerini içeren altlık malzemelerden gelen pik yüzdelere toplamı sırası ile katkısız kaplanmış a numunesinde %3, oksalik asit katkılı b numunesinde toplam %2,3 ve formamid katkılı c numunesinde ise %2,7 olduğu görülmüştür. Yani bu kısımların üç numune için de büyük çoğunlukta kaplama tabakasına ait Si, O ve C piklerini içerdiği söylenebilir.

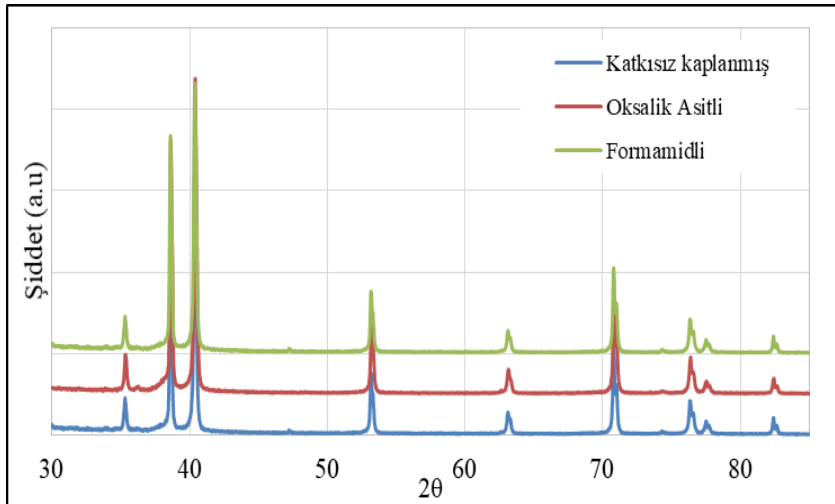


Şekil 3. Katkı maddelerinin kaplamaların morfolojisine etkisi; a) katkısız, b) oksalik asit katkılı, c) formamid katkılı solüsyonlar ile kaplanmış numunelere ait SEM-EDS analizleri

Lee ve Jen (2004) yaptıkları çalışmada tetrametoksilan (TMOS) kullanarak sol-jel yöntemi ile üretim yapmış ve formamidin hazırlanan bu çözeltilere etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada formamid eklenmesi durumunda hidroliz reaksiyonlarının geciktiğini fakat jelin, ısıtma sırasında daha büyük gözenek gelişimi gösterdikleri için daha küçük büzülmeler ve çatlamlar gösterdiğini tespit etmişlerdir [18]. Yapılan çalışmada, çatlak olan kısımlardan alınan noktasal analiz sonuçları incelendiğinde katkısız olarak kaplanmış Şekil 3.a'da gösterilen numunede, çatlak gözüken kısımda %81 oranında altlık malzemeden gelen ağırlıkça Ti piki ve toplamda %86 civarında altlık malzemeden gelen pikleri içermektedir. Yani SEM görüntüsünde çatlak olarak gözüken bu kısımda tam olarak sürekli bir kaplama elde edilemediğini ve mevcut çatlak yüzeye açık bir çatlak olduğu söylenebilir. Mevcut çatlak miktarı da diğer numuneler ile kıyaslandığında a numunesinde daha fazladır. Şekil 3.c'de gösterilen c numunesi incelendiğinde çatlak kısımlardan yapılan EDS analizlerinde %75.04 Ti piki ve toplamda Ti, Al ve V elementleri için %81 oranında altlık malzemeye ait pik gözlemlenmiştir. Bu durumda bu çatlak için de yüzeye açık bir çatlak olduğu düşünülebilir. Formamid katkı için ise her ne kadar yüzeye açık çatlakları tamamen engelleyemese de oluşan çatlak miktarını gözle görülür derecede azaltmış ve kaplama sürekliliğini arttırmış olduğu söylenebilir. Çatlaklar ile birbirinden ayrılan kaplama adacıkları göz önüne alındığında bu adacıklar arasındaki mesafelerin c numunesinde, a numunesine göre daha kısa olduğu gözlemlenmiştir. Oksalik asit katkılı Şekil 3.b'de gösterilen b numunesi ise çok az miktarda çatlak içermekte olup en derin çatlak olduğu

düşünülen bölgeden yapılan EDS analizi sonucunda bile %2,5 ile çok az miktarda Ti piki ve toplamda altlık malzemeye ait piklerin %4 seviyesinde olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda yüzeye açık çatlak bulunmadığı, çatlak olarak gözüken bölgelerin altındaki kısmın ise bir önceki çevrimde sürekli bir şekilde kaplanabildiği düşünülmektedir. Sol-Jel tekniği kullanılarak üretilen jel yapıların kurutma sırasında gözeneklerin içine hapsolan sıvıların buharlaşması ve yerlerinde boşluklar bırakması nedeni ile çatlak oluşumu kaçınılmazdır. Cantürk Öz ve Kaya (2020) yaptıkları çalışmada sol-jel yöntemi ile ürettikleri jel yapıların farklı kurutma yöntemleri kullanarak çatlama oranlarını incelemiş ve yaptıkları analizler neticesinde bu çatlakların kaçınılmaz olduğunu vurgulamıştır [19].

Şekil 4, Katkısız, oksalik asit katkılı ve formamid katkılı kaplanmış numunelere ait XRD grafiklerini göstermektedir. Grafikler incelendiğinde, Şekil 1'de gösterilen Ti6Al4V altlık malzemesine ait piklerin gözlemlendiği ve amorf olan kaplama tabakasının hem kaplama kalınlıklarının düşük olması hem de altlık malzemenin piklerinin şiddetinin, kaplama malzemesinin pik şiddetlerine göre çok daha fazla olması nedeni ile kaplama tabakalarına ait farklılıkların gözlemlenmediği görülmüştür. Kesim ve Durucan (2013) yaptıkları çalışmada sol-jel yöntemi ile ürettikleri ince film kaplamalarda oksalik asit miktarının artması ile kristallikte bir azalma gözlemlediklerini belirtmiş ve yaptıkları analizler ile bunu doğrulamıştır [20].



Şekil 4. Katkısız, oksalik asit katkılı ve formamid katkılı kaplanmış numunelere ait XRD grafikleri

### TEŞEKKÜR

Bu çalışma MCBÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2018-096 nolu proje ile desteklenmiştir.

### SONUÇ

Yapılan çalışmada Ti6Al4V alaşımı üzerine sol-jel yöntemi kullanılarak SiO<sub>2</sub> kaplamalar yapılmıştır. Bu

kaplamalarda termal genişleme farklarından ve sol-jel yöntemi uygulanırken kurutma ve sinterleme sırasında oluşan çatlaklı yapıların çeşitli katkıları kullanılarak engellenmesine yönelik iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışma ile oksalik asit ve formamid ilavesinin kaplamalardaki çatlakları önleyici/azaltıcı etkileri olduğu gözlemlenmiş ve kullanılan katkıları ile sürekli kaplamalar elde

edilebilmiştir. İleride yapılacak olan çalışmalarda bu sürekliliğin/süreksizliklerin etkisinin daha iyi gözlemlenebilmesi için yapay vücut sıvısı içinde elektrokimyasal/potansiyodinamik korozyon testleri gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

#### KAYNAKÇA

- [1] Ibrahim M.Z., Sarhan, A.A.D., Yusuf F., Hamdi M. Biomedical materials and techniques to improve the tribological, mechanical and biomedical properties of orthopedic implants-A review article, *Journal of Alloys and Compounds*, 714 636-667, 2017.
- [2] Lin H.D. Tiny surface defect inspection of electronic passive components using discrete cosine transform decomposition and cumulative sum techniques, *Image and Vision Computing*, 26 603-621, 2008.
- [3] Kokubo T., Kim H.M., Kawashita M. Novel bioactive materials with different mechanical properties, *Biomaterials*, 24:13 2161-2175, 2003.
- [4] Rafieerad A.R., Bushroa A.R., Nasiri-Tabrizi B., Vadivelu J., Baradaran S., Mesbah M., Akhtari Z.M. Mechanical properties, corrosion behavior and in-vitro bioactivity of nanostructured PD/PDO coating on Ti-6Al-7Nb implant, *Materials and Design*, 103 10-24, 2016.
- [5] Velten D., Biehl V., Aubertin F., Valeske B., Possart W., Brems, J. Preparation of TiO<sub>2</sub> layers on cp-Ti and Ti6Al4V by thermal and anodic oxidation and by sol-gel coating techniques and their characterization *Journal of Biomedical Materials Research*, 59:1 18-28, 2002.
- [6] Kang S.H., Kim J.Y., Kim H.S., Sung Y.E. Formation and mechanistic study of self-ordered TiO<sub>2</sub> nanotubes on Ti substrate, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 14:1 52-59, 2008.
- [7] Rafieerad A.R., Bushroa A.R., Zalnezhad E., Sarraf M., Basirun W.J., Baradaran S., Nasiri-Tabrizi B. Microstructural development and corrosion behavior of self-organized TiO<sub>2</sub> nanotubes coated on Ti-6Al-7Nb, *Ceramics International*, 41:9 10844-10855, 2015.
- [8] Liu X., Chu P.K., Ding C. Surface modification of titanium, titanium alloys, and related materials for biomedical applications, *Materials Science and Engineering: R: Reports*, 47:3-4 49-121, 2004.
- [9] Rahmati B., Zalnezhad E., Sarhan A.D.D., Kamiab Z., Nasiri Tabrizi B., Abas, W.A.B. W. Enhancing the adhesion strength of tantalum oxide ceramic thin film coating on biomedical Ti-6Al-4V alloy by thermal surface treatment, *Ceramics International*, 41:10 13055-13063, 2015.
- [10] Saenz de Viteri V., Barandaki M.G., Ruiz de Gopegui U., Bayon R., Zubizarreta C., Fernandez X., Igartua A. Agullo-Rueda F. Characterization of Ti-C-N coatings deposited on Ti6Al4V for biomedical applications, *Journal of Inorganic Biochemistry*, 117 359-366, 2012.
- [11] Cotelan N., Rak M., Bele M., Cör A., Muresan L.M. Milošev I. Sol-gel synthesis, characterization and properties of TiO<sub>2</sub> and Ag-TiO<sub>2</sub> coatings on titanium substrate, *Surface and Coatings Technology*, 307 790-799, 2016.
- [12] Sobiyi K., Akinlabi E. Microstructural Investigation of Ti Coating on Ti6Al4V by Laser Cladding, *Materials Today: Proceedings*, 4:2 244-249, 2017.
- [13] Avcı M., Yılmaz B., Tezcaner A., Evis Z. Strontium doped hydroxyapatite biomimetic coatings on Ti6Al4V plates, *Ceramics International*, 43:12 9431-9436, 2017.
- [14] Hernández-Barrios C.A., Cuaa C.A., Jaimes M.A., Coy A.E., Viejo F. Effect of the catalyst concentration, the immersion time and the aging time on the morphology, composition and corrosion performance of TEOS-GPTMS sol-gel coatings deposited on the AZ31 magnesium alloy, *Surface and Coatings Technology*, 325 257-269, 2017.
- [15] Tong W., Xiong D., Zhou H. TMES-modified SiO<sub>2</sub> matrix non-fluorinated superhydrophobic coating for long-term corrosion resistance of aluminium alloy, *Ceramics International*, 46:1 1211-1215, 2020.
- [16] Montazeri N., Jahandideh R., Biazar E. Synthesis of fluorapatite-hydroxyapatite nanoparticles and toxicity investigations, *International Journal of Nanomedicine*, 6 197-201, 2011.
- [17] Guo X., Zhang Z., Ding X., Shen Q., Wu C., Zhang L., Yang H. Synthesis and application of several sol-gel derived Materials via sol-gel process combining with other Technologies: a review, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 79:2 328-358, 2016.
- [18] Lee Y.T., Jen H.H.A Raman study of the effect of formamide on the tetramethoxysilane sol-gel process, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 342:1-3 39-45, 2004.
- [19] Cantürk Ö.D., Kaya N., Sol-Jel Yöntemiyle Üretilen Alümina Alkojelin Fizikokimyasal ve Yapısal Özellikleri Üzerine Kurutma Türünün Etkisi, *Politeknik Dergisi*, 2020. doi: 10.2339/politeknik.456871
- [20] Kesim M.T., Durucan C. Indium tin oxide thin films elaborated by sol-gel routes: The effect of oxalic acid addition on optoelectronic properties, *Thin Solid Films*, 545 56-63, 2013



## Alkol Olarak Fuzel Yağı Kullanılan Bir Esterleşme Reaksiyonunda Tall Yağı Asitlerinden Biyodizel Üretimi

Salih ÖZER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Makine Mühendisliği, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Muş Alparslan Üniversitesi, Muş, Türkiye

✉: s.ozer@alparslan.edu.tr,  0000-0002-6968-8734

Geliş (Received): 03.03.2020.

Düzeltilme (Revision):22.05.2020

Kabul (Accepted): 27.05.2020

### ÖZ

Bu çalışma kağıt fabrikalarında atık olarak ortaya çıkan tall yağından, yine şeker fabrikalarında atık statüsünde olan fuzel yağının alkol olarak kullanılması ile biyodizel üretilmesini amaçlamaktadır. Tall yağından daha önce biyodizel üretiminin gerçekleştirildiği bildiren birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan Keskin ve arkadaşlarının yaptığı alkol olarak metanol kullanılan şartlar fuzel yağı için tekrarlanmıştır. Bu amaçla ham tall yağı damıtılarak tall yağı asitleri elde edilmiştir. Sonrasında damıtılmış tall yağı asitleri hacimce %20 oranında fuzel yağı ve kütlece %5 oranında sülfürik asit tepkimeye sokularak yağ asitlerinin biyodizele dönüştürülmesi planlanmıştır. Biyodizel üretimi için transesterifikasyon yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntemde tüm karışım 72 °C sıcaklıkta 2 saat boyunca raksiyona maruz bırakılmıştır. Elde edilen sonuçlar tall yağı asitlerinden fuzel yağı ile biyodizel üretililebildiğini göstermektedir. Elde edilen biyodizelin, ısıl değer, yoğunluk, viskozite, kükürt miktarı vb. parametreleri incelenerek tartışma bölümünde anlatılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyodizel, Biyodizel üretimi, Fuzel yağı, Tall yağı, Transesterifikasyon

### Biodiesel Production from Tall Oil Acids in an Esterification Reaction Used Fusel Oil as Alcohol

#### ABSTRACT

This study aims to produce biodiesel by using fusel oil as alcohol from tall oil which is a waste in paper factories and again as a waste in sugar factories. There are many studies that report that biodiesel production from Tall oil was carried out earlier. From these studies Keskin and his colleagues used methanol as alcohol while the conditions were repeated for fusel oil. For this purpose, the raw tall oil was distilled and the tall oil acids were obtained. After that, it was planned to convert fatty acids into biodiesel by reacting 20% fusel oil by volume and 5% sulfuric acid by mass. The transesterification method has been preferred for biodiesel production. In this method, the whole mixture was exposed to altitude for 2 hours at a temperature of 72 °C. The results show that biodiesel can be produced from tall oil acids with fusel oil. The resulting biodiesel, thermal value, density, viscosity, amount of sulfur, etc. the parameters are examined and explained in the discussion section.

**Keywords:** Biodiesel production, Biodiesel, Fusel oil, Tall oil, Transesterification

#### GİRİŞ

Her geçen gün artan nüfusla paralel olarak motorlu taşıtların sayısı da paralelinde artış göstermektedir. Ulaşım sektörünün bel kemiğini oluşturan motorlu araçların askeriye, sağlık alanına kadar geniş bir kullanım alanı mevcuttur. Bu nedenle insanlık motorlu araç kullanımını ile ilgili araştırmalarını sürekli olarak devam ettirmektedir [1]. Bir an ulaşım sektörünün durduğunu düşünmek dünyayı hangi çıkmaza götüreceği büyük bir belirsizliktir. Öbür yandan motorlu taşıtların asıl güç kaynağını oluşturan içten yanmalı motorlar sadece motorlu taşıtlarda değil, tarımdan, inşaatla hatta sağlık sektörüne kadar geniş bir alanda kullanılmaktadır [2]. Hatta son yıllarda devasa şehirlerden ev ve ofis tipi yerlere kadar jeneratörlerde elektrik üretimi amaçlı da tercih edilmektedir. İçten yanmalı motorların birçok çeşidi olmakla birlikte ticari olarak en çok satılanları dört zamanlı ve iki zamanlı

diye sınıflandırılan örneklerdir. Bunların içerisinde de dizel ve benzinle çalışan motorlar yine birçok alanda sıkça kullanılmaktadır [3]. Bu motorlarda genellikle benzinli motor denildiğinde benzinle çalışan dizel motor denildiğinde de dizel yakıtı ile çalışan akla gelmektedir. Bu iki yakıt grubu ise petrol kökenli yakıtlar olup fosil yakıt grubunda kabul edilmektedir [4].

Dünya üzerinde fosil yakıtların sebep olduğu birçok kirlenmeden bahsedilmektedir. Bunun için insanlık fosil yakıtlara alternatif oluşturabilecek, çevreyi daha az kirlüten, ekonomik ve yenilenebilir kaynaklar üzerinde durmaktadır [5,6]. Yenilenebilir kaynaklar denildiğinde ise akla ilk olarak biyokütle yakıtları gelmelidir [7]. Bu tür yakıtlar tarımı yapılabilen ürünlerden elde edilen yakıt türleridir. Bu gruplara ise bitkisel ya da hayvansal olarak yetiştirilebilen organizmalardan elde edilebilecek her türlü alkol türü, bitkisel kökenli yağlar ya da bunların atıkları gelmelidir [8]. Bu yakıtlardan alkol grubundan olanlar (etanol, metanol, butanol vb.)

doğrudan yakıtların içerisine katılarak kullanılırken, bitkisel yağ gurubunda olanların bazı işlemlerden geçmesi gerekmektedir. Bitkisel yağlarda yapılan işlemin temelinde yağların içeriğinde var olan gliserinin uzaklaştırılması temel alınmaktadır [9].

Türkiye açısından yakıt tüketimi ile ilgili veriler petrol ve türevlerini yurt dışından ithal ettiğimizi göstermektedir [10]. İthal edilen ürünlerin ülkemiz açısından bazı sıkıntıların olduğu çok aşikardır. Daha öncede bahsettiğimiz gibi içten yanmalı motorların askeri amaçlı kullanılması da söz konusudur. Bugün tankların ve uçakların savaş meydanlarında ilerlemesini sağlayan da yakıttır. Yakıtların milli ve yerli kaynaklarla üretiliyor olması bu nedenle daha da önem arz etmektedir. Türkiye bu anlamda önemli kanun değişiklikleri yapmış ve alternatif yakıtlarla ilgili üreticilerin önünü açmıştır. Hatta 2017 yılından itibaren Türkiye’de satılan tüm dizel yakıtlarının içerisine en az %0,5 oranında biyodizel konulması zorunlu hale gelmiştir [11].

Dizel motorların ilk mucidi olan Rudolf dizelin ilk prototipini fıstık yağı ile çalıştırmasıyla başlayan bitkisel yağ kullanım serüveni günümüzde ticari ürüne de dönüştürülen biyodizel üretimine kadar gitmiştir. Biyodizel; bitkisel (ayçiçeği, fıstık, kanola vb.), hayvansal (iç yağı, balık yağı vb.) ya da atık yağlardan (kızartma yağı, tavuk atığı vb.) bir alkol (etanol, metanol, bütanol vb.) ve katalizör (sodyum hidroksit, potasyum hidroksit, sülfürik asit vb.) yardımı ile esterleştirilmesi sonucu oluşmaktadır. Bu tür reaksiyonlara esterleşme reaksiyonları denilmektedir [12].

Ülkelerin bir diğer çıkmazı da biyodizel üretimi için tarımsal alanların kullanılması ile birlikte diğer ürünlerin terk edilmesi sonucu oluşmaktadır. Bu durumda terk edilen ürünlerin fiyatları katlanarak artmakta ve ülkeler büyük bir gıda çıkmazına sürüklenmektedir [13]. Bu nedenle son yıllardaki çalışmalar genellikle atıkların değerlendirilmesi üzerine ağırlık kazanmıştır. Bu aşamada tüm enerji oluşturacak atıklar ya da atıkların türevleri üzerinde çalışmalar hız kazanmaya başlamıştır.

Tall yağı, kağıt fabrikalarında ağaçlardan kağıt üretimi sırasında ortaya çıkan bir çeşit reçineli atıktır. Bu karışımın içerisinde çok çeşitli yağ asitleri mevcuttur. Kağıt üretiminde ağaçların işlenmesi esnasında düzenli olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle içeriğinde birçok farklı asit mevcuttur [14]. Fuzel yağı ise bir yağ olarak adlandırılmasına rağmen aslında içeriğinde birçok alkol barındıran önemli bir başka atık kaynağıdır. Bu atık kaynağı ise şeker fabrikalarında şeker pancarı küspesinden elde edilen alkol üretimi sırasında ortaya çıkmaktadır [15].

Duran ve arkadaşları yaptıkları çalışmada tall yağından biyodizel üretimi ve motorda kullanımının performans ve emisyonlar açısından etkilerini incelemişlerdir. Öncelikle tall yağını 235 °C ile 333 °C sıcaklık aralığında ısıtarak yağ asitlerinin ayrıştırılması işlemini gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri tall yağı asitlerini %20 oranında metil alkol ve %5 oranında sülfürik asit

ile 65 °C ile 80 °C sıcaklığında 2 saat boyunca esterleştirerek biyodizel üretmişlerdir. Ürettikleri biyodizeli dizel yakıtına hacimce %50, %60 ve %70 oranında ilave ederek motoru 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000 d/dak motor hızlarında çalıştırmışlar ve etkilerini incelemişlerdir. Elde ettikleri bulgular tall yağından biyodizel üretiminin gerçekleştiğini ve motorda kullanımı ile is ve CO emisyonlarını azalttığını yakıt tüketim ve NOx emisyonlarını arttırdığını bildirmişlerdir [16].

Kesin ve arkadaşları tall yağı asitlerinden metil alkol kullanarak biyodizel üretimi ve dizel bir motorda kullanımının motor performansı ve emisyonlarına etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla öncelikle tall yağından yağ asitlerini ayrıştırmışlardır. Elde edilen yağ asitlerini 72 °C reaksiyon sıcaklığında, %20 metanol ve %5 sülfürik asit ile 2 saat boyunca tepkimeye sokmuşlardır. Deneysel çalışmalarını ise elde ettikleri metil ester ve reçine yağ asitlerinin dizel yakıtına karıştırılması tekrarlamışlardır. Bu amaçla dizel yakıtına hacimce %30 tall yağı metil esteri, %30 tall yağı metil esteri + %5 reçine asitleri ve %5 reçine asidi katarak deneylerini tekrarlamışlardır. Elde ettikleri karışımların emisyonlar ve motor performansını değiştirdiğini bildirmişlerdir [17].

Yukarıda da özetlendiği gibi tall yağı asitlerinden biyodizel üretimi ile ilgili yapılmış çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak biyodizel reaksiyonunda atık alkol kullanılmıştır. Bu amaçla öncelikle elde edilen tall yağı kaynatılmış ve yağ asitleri saflaştırılmıştır. Sonrasında ise fuzel yağının su içeriği azaltılmaya çalışılmış ve biyodizel üretimindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen biyodizelin kimyasal ve fiziksel özellikleri incelenerek yakıt özellikleri ile ilgili bulgular tartışılmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Tall Yağı Asitlerinin Elde Edilmesi

Deneylerde kullanılan ham tall yağı Oyka Kağıt ve Ambalaj firmasından temin edilmiştir. Firmadan alınan numune ile ilgili belirlenmiş bazı özellikler Tablo 1’de verilmektedir. Tall yağından ham halde biyodizel üretimi gerçekleştirilememiştir. Ham tall yağının içeriği ağaçların cinslerine göre farklılık gösterebilmektedir. Bazen içerisindeki su ve reçine oranı artabilmektedir. Bu nedenle ham tall yağının yağ asitlerinin ayrıştırılması önem arz etmektedir. Bu amaçla Şekil 1’de gösterilen vigreux kolonlu ayrışılma damıtma test düzeneği ve Şekil 2’de gösterilen ayırma düzeneği kullanılmıştır. Deneyler her defasında 1 litre hacmindeki ham tall yağı için yapılmıştır. Bu amaçla ısıtılmaya başlanan ham tall yağının 340 °C sıcaklıklarda ilk buharlaşma belirtilerini gösterdiği ve kaptaki son buharlaşmanın da 361 °C sıcaklıkta son bulunduğu tespit edilmiştir. Yapılan deneylerde ortalama 1 litre ham tall yağından 0,5-0,68 litre arasında yağ asitleri elde edilmiştir. Deneyler sırasında Şekil 1’de verilen deney düzeneği kullanılmıştır.

**Tablo 1.** Ham Tall Yağının Özellikleri

Özellik	Değeri
Asit Değeri (mg/KOHg)	165
Sabunlaşma Değeri	175
Viskozite 70 °C (mm <sup>2</sup> /s)	63
Akma Noktası (°C)	71
Isıl Değeri (kJ/kg)	39983
Parlama Noktası (°C)	232
Su İçeriği (%)	5,8
Reçine Asiti (%)	59,3
Yağ Asitleri (%)	43,6



1. Dijital Termometre
2. Soğutma Suyu
3. Vigreux Kolunu
4. Isıtıcı

**Şekil 1.** Vigreux Kolonlu Ayrımsal Damıtma Test Düzenegi.

### Fuzel Yağının Damıtılması

Deneylerde kullanılan fuzel yağı Eskişehir Şeker Fabrikası'ndan özel izin ile temin edilmiştir. Fuzel yağı bünyesinde birçok farklı yüksek moleküllü alkolü barındıran önemli bir kaynaktır. Bu nedenle fuzel yağından faydalı piyasa değeri de olan yüksek katma değerli alkol üretimini içeren çalışmalar da mevcuttur. [18, 19]. Elde edilen analizlerde tipik bir fuzel yağının Tablo 2'de verilen özelliklerde olduğu bildirilmiştir.

**Tablo 2.** Fuzel Yağı ve Bileşikleri [20]

Bileşen	Kimyasal Formülü	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Hacimsel %	Kütlesel %
<i>i</i> -amil alkol	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	88,14	64	62
<i>i</i> -bütil alkol	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	74,12	17	16
<i>n</i> -bütil alkol	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	74,12	0,8	0,7
<i>n</i> -propil alkol	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	60	0,7	0,7
etanol	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	46	10	9

Bunun yanında biyodizel üretimi ile ilgili yapılan çalışmalar biyodizel üretim reaksiyonlarında %1'in üzerinde su bulunmasının reaksiyon verimine doğrudan

etki ettiğini bildirmektedir [21]. Bu nedenle fuzel yağının damıtılarak içerisinde suyun uzaklaştırılması gerekmektedir. Fuzel yağından suyun uzaklaştırılmasında çeşitli yöntemlerin kullanılmasına karşın son zamanlarda nem tutucularında etkili olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur [22]. Bu amaçla fuzel yağının içerisindeki suyun nem tutucularla temizlenmesi ve akabinde ayrımsal damıtma yöntemi ile saflaştırılması amaçlanmıştır. Bu nedenle bir litre fuzel yağı bir kaba alınarak üzerine kütlece olarak %50 oranında nem tutucu ilave edilmiş ve 24 saat boyunca dinlendirilerek fuzel yağının bünyesinde suyun uzaklaşması sağlanmıştır. 24 saat sonun nem tutucular ayrıştırılmış ve elde edilen numunenin su içeriğinin %93'lere gerilediği görülmüştür. Sonrasında ise Şekil 2'de verilen düzenek ile fuzel yağından su uzaklaştırılmıştır.



1. Geri Soğutucu
2. Toplama Kabı
3. Isıtıcı ve Devir Ayar Paneli

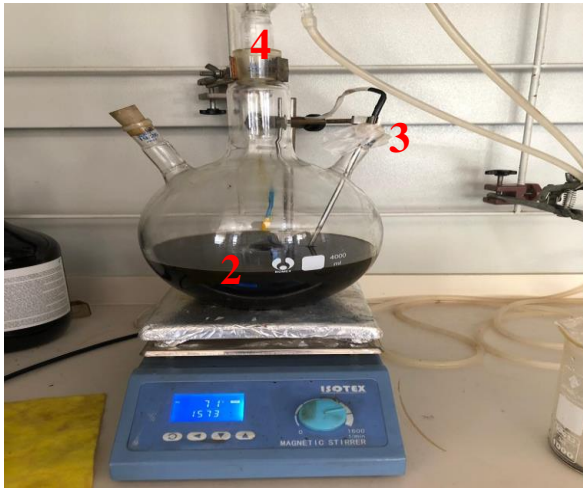
**Şekil 2.** Döner Başlıklı Dik Ayrımsal Damıtma Düzenegi.

### Biyodizel Üretimi

Biyodizel üretim yöntemi olarak transestrifikasyon yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntemde biyodizel dönüştürülecek olan ham madde (bitkisel yağ), bir alkol (metanol, etanol, bütanol vb.) ve katalizör (sodyum hidroksit, potasyum hidroksit, sülfürik asit, hidro klorük asit vb.) yardımı ile belirli bir sıcaklık ve sürede yağ asitleri ile alkollerin yer değiştirmesi prensibine dayanmaktadır [23]. Biyodizel üretim safhasında kullanılacak karışımların oranları ile ilgili olarak tall yağı asitlerinde daha önce biyodizel üretiminin gerçekleştirildiğini bildiren çalışmalar baz alınmıştır [24]. Biyodizel reaksiyonları  $\pm 1$  °C ısıtma hassasiyetindeki manyetik karıştırıcılı ısıtıcıda, çift boyunlu bir cam behere montaj edilen geri soğutuculu düzenekte gerçekleştirilmiştir. Kurulan düzenek şekil 3'de gösterilmektedir.

Biyodizel üretimi için her defasında 100 ml tall yağı kullanılmıştır. Bu amaçla tall yağı asitlerinin hacimce %20'si kadar fuzel yağı ve kütlece %5'i kadar sülfürik asit kullanılmıştır. Tall yağı asitleri manyetik karıştırıcılı bir ısıtıcıda 72 °C sıcaklığa kadar ısıtılmıştır. Sonrasında ise fuzel yağı ilave edilerek karışımın homojen bir şekilde karışması sağlanmıştır. Son olarak üzerine kütlece %5 oranında sülfürik asit dökülerek

karışımın biyodizelle dönüşmesi beklenmiştir. Toplam reaksiyon süresi 2 saat olarak belirlenmiştir. Reaksiyon sonunda karışım bir ayırma hunisine alınmış ve biyodizel içerisindeki gliserinin dibe çökmesi beklenmiştir. Gliserinden ayrılan biyodizelin içerisindeki arta kalan gliserin ve asitlerin temizlenmesi için yıkanması gerekmektedir [25]. Yıkama işlemi için biyodizelin üçte birine denk gelecek şekilde 55 °C sıcaklıktaki saf su kullanılmıştır. Daha büyük bir kaba alınan biyodizelin üzerine ilave edilen suyun iyice karışmasının sağlanması için çalkalama işlemine tabi tutulmuştur. Sonrasında ayırma hunisine bırakılan karışımın dinlenmesi sağlanmış ve su uzaklaştırılmıştır. Fakat biyodizel içerisinde suyun kalabilme ihtimali düşünülerek karışım ağız açık bir kaba alınmıştır. Manyetik karıştırıcı bir ısıtıcıda 110 °C sıcaklıkta ısıtılarak içerisindeki tüm suyun uzaklaştırılması sağlanmıştır. Yıkama işlemi iki kez tekrarlanmıştır. Elde edilen karışım dizel bir yakıt filtresinden geçirilerek yakıt özelliklerinin incelenmesi için analize gönderilmiştir.



1. Manyetik Karıştırıcı Isıtıcı
2. Reaktör Kabi
3. Sıcaklık Ölçer
4. Geri Soğutucu

Şekil 3. Biyodizel Üretim Düzeneği.

## TARTIŞMA

Fuzel yağının alkol olarak kullanıldığı biyodizel üretim reaksiyonunda alkol olarak fuzel yağının kullanılması sonucunda biyodizel üretimi gerçekleştirilmiştir. Ham tall yağının ne kadarının yararlı hale dönüştürüldüğünü görmek için aşağıda verilen Denklem 1 kullanılmıştır.

$$\delta = \frac{\text{Elde Edilen Biyodizel}}{\text{Reaksiyona Giren Tall Yağı Asitleri}} * 100 \quad (1)$$

Her reaksiyon için 100 ml'lik tall yağı asitlerinin kullanıldığından bahsedilmiştir. Keskin ve arkadaşlarının yaptığı çalışmadaki biyodizel üretim reaksiyonları baz alınarak gerçekleştirilen deney sonucunda %63'lük bir verim ile biyodizel dönüşümünün gerçekleştiği görülmüştür. Bu durumu reaksiyonun tam

tamamlanmadığını ve alkol miktarının yeterli olmaması ile açıklamak mümkündür [26]. Ayrıca reaksiyon süresinin biyodizel üretiminde önemli bir parametre olduğu ve fuzel yağı kullanımı ile artırılması gerektiği düşünülmektedir [27].

Üretilen biyodizelin belirli kalite ve standartlar dahilinde olması son derece önemlidir. Çünkü yakıtların, silindir içerisindeki yanma kalitesi, egzoz emisyon parametreleri ve motor malzemeleri üzerindeki etkileri yakıt özelliklerinin parametrelerine göre değişiklik gösterebilmektedir [28-30].

Her reaksiyon için 100 ml'lik tall yağı asitlerinin kullanıldığından bahsedilmiştir. Keskin ve arkadaşlarının yaptığı çalışmadaki biyodizel üretim reaksiyonları baz alınarak gerçekleştirilen deney sonucunda %63'lük bir verim ile biyodizel dönüşümünün gerçekleştiği görülmüştür. Biyodizel dönüşümü için %63'lük bir verim oldukça düşüktür. Bu durum tall yağı asitlerinden maksimum seviyede yararlanılmadığını göstermektedir [31] Bu durumu reaksiyonun tam tamamlanmadığını yada alkol miktarının yeterli olmaması ile açıklamak mümkündür [32]. Bunun yanında biyodizel üretimini etkileyen süre, katalitör miktarı, asit miktarı ve reaksiyon sıcaklığı gibi parametreler üzerinde detaylı çalışmalar yapılması verim üzerinde etkilidir [33]. Bu açıdan bu parametrelerinde incelenmesi son derece önemlidir.

Üretilen biyodizelin belirli kalite ve standartlar dahilinde olması son derece önemlidir. Çünkü yakıtların, silindir içerisindeki yanma kalitesi, egzoz emisyon parametreleri ve motor malzemeleri üzerindeki etkileri yakıt özelliklerinin parametrelerine göre değişiklik gösterebilmektedir [34]. Bu nedenle üretilen biyodizelin bazı teknik özelliklerinin incelenmesi gerekmektedir. Türkiye'de ticari olarak üretilen biyodizellerin EN14214 standardı ile özellikleri belirli aralıklarla sınırlandırılmıştır [35]. Tablo 3'de bu standartlar verilmiştir.

Tablo 3. EN41214 standartları [35].

	Limitler	Ölçüm Yöntemi
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> ), 15 °C	860-900	ISO 3673
Isıl Değer, (kJ/kg)	En az 35000	DIN 51900
Kükürt %(m/m)	En çok 10	ISO 20846
Akma Noktası (°C)	-15-10	ISO 30163
Parlama Noktası (°C)	En çok 120	ISO 3679
Bulutlanma Noktası	-	EN116
Setan Sayısı	En az 51	ISO 5165
Viskozite, 40 °C (mm <sup>2</sup> /s)	3.5-5.0	ISO 3104

Tablo 3. Tall Yağı Biyodizelinin Özellikleri.

	Dizel Yakıtı	Tall Yağı Biyodizeli
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> ), 15 °C	835	878
Isıl Değer, (kJ/kg)	43760	40369
Kükürt %(m/m)	0,2579	0,001
Akma Noktası (°C)	-23	-12
Parlama Noktası (°C)	73	105
Bulutlanma Noktası	-6	3
Setan Sayısı	47	56
Viskozite, 40 °C (mm <sup>2</sup> /s)	2,6	7,1

Transestirifikasyon reaksiyonunda alkol olarak fuzel yağının kullanıldığı biyodizel üretim yönteminde

biyodizelin kinematik viskozite, akma noktası, ısıl değer, bulutlanma noktası ve yoğunluk parametrelerinin dizel yakıtına göre dezavantajlı olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında kükürt, parlama noktası ve setan sayısı değerlerinin de dizel yakıtına göre avantajlı olduğu görülmüştür [36].

Üretilen tall yağı biyodizelinin %100 oranında bir dizel motorunda kullanılması neticesinde düşük ısıl değerinin yakıt tüketimini artıracığı düşünülmektedir. Tall yağı biyodizelinin ısıl değeri dizel yakıtına göre yaklaşık %12 daha azdır. Isıl değerce az olan yakıtların silindir içerisinde daha çok tüketildiği yapılan bir çok çalışmada bahsedilmektedir [37]. Ayrıca yakıtların bazı özellikleri silindir içerisinde yanmayı etkileyen önemli bir etmendir. Özellikle yüksek yoğunluk ve viskozite değerinin ise yanmayı kısmen kötüleştirceği ifade edilmektedir [38, 39]. Yoğunluk değeri açısından tall yağı biyodizelinin dizel yakıtına göre yaklaşık %6 fazladır. Yoğunluk değeri dizel yakıtına belirli oranlarda karıştırılarak önlenilecek bir parametredir. Özellikle dizel yakıtları ile ilgili genel bir standart olan .EN14214 standartının sağlanması adına 878 kg/m<sup>3</sup> değeri kritik bir öneme de sahiptir. Bu nedenle yakıtın dizel yakıtına belirli oranlarda karıştırılarak kullanılması son derece önemlidir [40, 41]. Tall yağı asitlerinden elde edilen biyodizelin viskozite değeri saf dizel yakıtına göre yaklaşık yaklaşık % 173 daha yüksektir. Yüksek viskoziteli bir yakıt olan tall yağı biyodizelinin motorda kullanımının bazı olumsuz etkileri olabileceği daha önceki çalışmalar da bahsedilmektedir [42]. Setan sayısı açısından tall yağı biyodizeli üretimi ile iyileşmenin kaydedildiği görülmektedir. Yüksek setan sayısı dizel motorlar için bir avantajdır [43]. Biyokütle yakıtlarıyla yapılan çalışmalarda yüksek setan sayısının oluşması beklenen bir durum olarak ortaya çıkmaktadır [44]. Tall yağı biyodizelinin bulutlanma noktası 3 °C'dir Bu değer yakıtın kış koşullarında kullanımı için uygun bir sıcaklık değeri değildir. Saf biyodizel kullanımında kış aylarında yakıt filtresinin tıkanmasına neden olabilecek bir sıcaklık aralığındadır [45]. Parlama noktası yakıtların taşınması ve depolanmasında önemli bir parametredir [46]. Fakat fazla miktarda yüksek parlama noktası yakıtın yanma özelliklerine etkilemektedir. Bu açıdan parlama noktasının dizel yakıtına yakın olması beklenir. Saf dizel yakıtının parlama noktası 73 °C iken tall yağı biyodizelinin parlama noktası 105 °C sıcaklığa çıkmıştır. Kükürt petrol kökenli yakıtlarda istenmeyen ve çevre kirliliğine neden olan önemli bir kaynaktır [47.] Genel olarak biyokütle yakıtları ile yapılan çalışmalarda biyodizelin kükürt içermediğinden bahsedilmektedir. [48].

## SONUÇ

Çalışmanın temel amacı olan örnek çalışmadaki metanol yerine fuzel yağının kullanılmasının etkili olduğu görülmüştür. Bu sayede atık olarak gün yüzüne çıkan fuzel yağı biyodizel üretiminde alternatif bir kaynak olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar her ne kadar fuzel yağının alkol olarak kullanılması ile

biyodizel üretildiğini göstermiş olsa da çalışmanın farklı parametreler üzerine detaylandırılması önem arz etmektedir. Çalışmanın ilerleyen süreçlerinde alkol oranının etkisi, katalizör oranının etkisi, reaksiyon sıcaklığı ve reaksiyon süresi gibi detayların incelenerek fuzel yağının kullanımının optimizasyonun yapılması gerekmektedir.

## KAYNAKÇA

- [1] Özer S. As lubricating oil in a two-stroke gasoline engine use of vegetable oil, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 2 67-87, 2020.
- [2] Özer S. İki zamanlı bir motorda benzin/alkol karışımlarının yakıt olarak kullanılmasının gürültü ve titreşime etkisi, Engineering Sciences, 15 113-123, 2020.
- [3] Özer S. The effects of alcohol addition to fuel on piston wear in a two-stroke engine, The International Journal of Energy and Engineering Sciences, 4 43-52, 2019.
- [4] Özel S., Vural E., Binici M. Optimization of the effect of thermal barrier coating (TBC) on diesel engine performance by Taguchi method, Fuel, 263 116537, 2020.
- [5] Kalam M.A., Masjuki H.H., Jayed M.H., Liaquat A.M. Emission and performance characteristics of an indirect ignition diesel engine fuelled with waste cooking oil, Energy, 36 397-402, 2011.
- [6] Canakci M., Ozsezen A.N., Turkcan A. Combustion analysis of preheated crude sunflower oil in an IDI diesel engine, Biomass and Bioenergy, 33 760-767, 2009.
- [7] Nwafor O.M.I., Rice G. Performance of rapeseed oil blends in a diesel engine, Applied Energy, 54 345-354, 1996.
- [8] Durmuş B., Koçer N.N. Türkiye'de yetişen yağlı tohumlardan biodizel üretim potansiyelinin incelenmesi, Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 7 80-95, 2017.
- [9] Doğan T.H., Karagöz Ö. Optimization of the production of biodiesel from beef tallow applying ultrasound technology, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 16 485-493, 2019.
- [10] Aykırı M. Enerjide dışa bağımlılık ve sağlıklı büyüme: Türkiye Örneği, Aydın İktisat Fakültesi Dergisi, 3 5065, 2017.
- [11] İnternet: Resmi Gazete, Motorin türlerinin biodizel ile harmanlanması hakkında tebliğ, Erişim Tarihi: 03.03.2020. www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/06/20170616-8.html
- [12] Gürü M., Koca A., Özer C., Çınar C., Şahin F. Biodiesel production from waste chicken fat based sources and evaluation with mg based additive in a diesel engine, Renewable Energy, 35 637-643, 2014.
- [13] Akder A.H. Finansal kriz ve gıda ürünleri fiyatları, Uluslararası Ekonomik Sorunlar, 33 27-38, 2008.
- [14] Keskin A., Aydın K., Tall yağı biyodizel üretimi ve bunun dizel motor performansı ve emisyonları üzerindeki etkileri, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 20 85-84, 2005.
- [15] Özer S. Ham pirina yağından biyodizel üretiminde alkol olarak fuzel yağı kullanımı, Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 4 136-143, 2018.
- [16] Altıparmak D., Keskin A., Koca A., Gürü M. Alternative fuel properties of tall oil fatty acid methyl ester-diesel fuel blends, Bioresource Technology, 98 241-246, 2007.
- [17] Keskin A., Yasar A., Gürü M., Altıparmak D. Usage of methyl ester of tall oil fatty acids and resinic acids as alternative diesel fuel, Energy Conversion and Management, 51 2863-2868, 2010.




- [18] Welsh F.W. Williams R.E., Lipase mediated production of flavor and fragrance esters from fusel oil, *Journal of Food Science*, 54 1565-1568, 1989.
- [19] Erdem F. Durukan E., Fuzel yağının fraksiyonlarına ayrılması ve değerlendirilmesi, Şeker Enstitüsü, Rapor No: 21, 1991.
- [20] Calam A. Fuzel yağının buji ile ateşlemeli bir motorda yakıt karışımı olarak kullanılmasının motor performansı ve emisyonlara etkisinin incelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2012.
- [21] Digambar S., Dilip S., Soni S.L. Sumit S., Pushpendra K.S., Amit, J. A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biodiesel, *Fuel*, 262 116553, 2020.
- [22] Şimsek S., Özdalyan B. Improvements to the composition of fusel oil and analysis of the effects of fusel oil-gasoline blends on a spark-ignited (SI) engine's performance and emissions, *Energies*, 11 113-118, 2018.
- [23] Özer S., Ham pirina yağından biyodizel üretiminde alkol olarak fuzel yağı kullanımı, Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
- [24] Keskin A., Yasar A., Gürü M., Altıparmak D. Usage of methyl ester of tall oil fatty acids and resinic acids as alternative diesel fuel, *Energy Conversion and Management*, 51 2863-2868, 2010.
- [25] Anu S., Naira S., Al-Bahrya N., Gathergood B., Nath T., Nallusamy S. Production of microbial lipids from optimized waste office paper hydrolysate, lipid profiling and prediction of biodiesel properties, *Renewable Energy*, 148 124-134, 2020.
- [26] Eric M., Somnath S., Joseph S.C., Tyler P.E., Fang L., Arul M.V., Anthe G., Ryan W.D. Superior performance biodiesel from biomass-derived fusel alcohols and low grade oils: Fatty acid fusel esters (FAFE), *Fuel*, 268 117408, 2020.
- [27] Yun L., Hui T., Xuan Z., Yunjun Y., Hameed B.H. Effect of monohydric alcohols on enzymatic transesterification for biodiesel production, *Chemical Engineering Journal*, 157 223-229, 2010.
- [28] Erdiwansyaha R., Mamata M.S.M., Sania K., Sudhakarac A., Kadarohmand R., Sardjono E. An overview of Higher alcohol and biodiesel as alternative fuels in engines, *Energy Reports*, 5 467-479, 2019.
- [29] Juan AM, Gemma V, Gabriel M, Marta P, Javier B. Oxygenated compounds derived from glycerol for biodiesel formulation: Influence on EN 14214 quality parameters, *Fuel*, 2010 89:2011-2018
- [30] Aktaş A., Özer S. Biodiesel production from leftover olive cake, *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*, 30 89-96. 2012.
- [31] Aktaş A., Özer S. Ham pirina yağının biyodizel potansiyelinin araştırılması, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9 132-139, 2014.
- [32] Agarwal A., Khurana A.D. Long-Term storage oxidation stability of karanja biodiesel with the use of antioxidants, *Fuel Processing Technology*, 106, 447-452, 2013.
- [33] Özer S. Pirina yağından fuzel yağı ile biyodizel üretimi ve dizel motor performans ve emisyonlarına etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
- [34] Aydın M., Afşar M., Çelik MB. The effects of waste biodiesel usage on engine performance and emissions at a single cylinder diesel engine, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5 871-878, 2017.
- [35] Aydoğan B., Usta N., Can Ö., Öztürk E. Atık kızartma yağlarından TS EN 14214 standardına uygun biyodizel yakıt üretimi, 19. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi 9-12 Eylül 2013, Samsun.
- [36] Gülüm M., Bilgin A., Çakmak A. Düşük viskoziteli atık kızartma yağı etil esteri üretimi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Baskıda, 2019.
- [37] Alptekin E. Emission, injection and combustion characteristics of biodiesel and oxygenated fuel blends in a common rail diesel engine, *Energy*, 119 44-52, 2017.
- [38] Keskin A. The effect of cottonseed oil methyl ester-eurodiesel fuel blends on the combustion, performance and emission characteristics of a direct injection diesel engine, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34 915-927, 2019.
- [39] Rakopoulos D.C., Rakopoulos C.D., Giakoumis E.G., Dimaratos A.M. Characteristics of performance and emissions in high-speed direct injection diesel engine fueled with diethyl ether/diesel fuel blends, *Energy*, 43 214-224, 2012.
- [40] Çelik M., Solmaz H., Yücesu H.S. Examination of the effects of n-heptan addition to cotton methyl ester on the engine performance and combustion characteristics, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 30 361-369, 2015.
- [41] Xiongbo D., Jingping L., Yonghao T., Baojun L., Genmiao G., Zhenkuo W., Weiqiang L., Yangyang L. Influence of single injection and two-stagnation injection strategy on thermodynamic process and performance of a turbocharged direct-injection spark-ignition engine fuelled with ethanol and gasoline blend, *Applied Energy*, 228 942-953, 2018.
- [42] Bari S., Yu C., Lim T. Effect of fuel injection timing with waste cooking oil as a fuel in a direct injection diesel engine, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 218 93-104 2004.
- [43] Ulusoy Y., Tekin Y., Çetinkaya M., Karaosmanoğlu F. The engine tests of biodiesel from used frying oils, *Energy Sources*, 26 927-932, 2004.
- [44] Kumar M.S., Jaikumar M. A comprehensive study on performance, emission and combustion behavior of a compression ignition engine fuelled with WCO (waste cooking oil) emulsion as fuel, *Journal of the Energy Institute*, 87 263-271, 2014.
- [45] Özer S. Pirina yağının fuzel yağı ile esterleştirilmesi, *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4 136-143, 2018.
- [46] Çildir O., Çanakçı M. Çeşitli Bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretiminde Katalizör Ve Alkol Miktarının Yakıt Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21 367-372, 2006.
- [47] Guliyev R., Akgün M. Ardahan'da kullanılan kömürün hava kirliliğine etkisinin incelenmesi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 22 479-489, 2020.
- [48] Kalam M.A., Masjuki H.H., Jayed M.H., Liaquat A.M. Emission and performance characteristics of an indirect ignition diesel engine fuelled with waste cooking oil, *Energy*, 36 397-402, 2020.

## Hahn-Banach Theorem for Operators on Lattice Normed Riesz Algebras

Abdullah AYDIN<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Department of Mathematics, Muş Alparslan University, Muş, Türkiye

✉: a.aydin@alparslan.edu.tr,  0000-0002-0769-5752

Received (Geliş): 27.04.2020

Revision (Düzeltilme): 12.05.2020

Accepted (Kabul): 30.05.2020

### ABSTRACT

Let  $X$  and  $E$  be Riesz algebras and  $p: X \rightarrow E_+$  be a monotone vector norm. Then the triple  $(X, p, E)$  is called lattice normed Riesz algebra. In this paper, we prove a generalization of the extension of the Hahn-Banach theorem for operators on the lattice normed Riesz algebras, in which the extension of one-step of that is not similar to the other Hahn-Banach theorems. In addition, we give some applications and results.

**Keywords:** Hahn-Banach theorem, Lattice normed space Riesz algebra, Riesz apaces

### Kafes Normlu Riesz Cebirleri Üzerindeki Operatörler İçin Hahn-Banach Teoremi

#### ÖZ

$X$  ve  $E$  Riesz cebirleri ve  $p: X \rightarrow E_+$  monoton bir vektör normu olsun. Böylece  $(X, p, E)$  üçlüsü kafes normlu Riesz cebiri olarak adlandırılır. Bu çalışmada, Hahn-Banach teoreminin kafes normlu Riesz cebirlerindeki operatörler için genişletilmesini vereceğiz. Fakat bu çalışmadaki genişleme diğer Hahn-Banach teoremlerinden farklı olmaktadır. Ayrıca bu genişlemenin bazı sonuçlarının olduğunu göstermeketeyiz.

**Anahtar Kelimeler:** Hahn-Banach teoremi, Kafes normlu uzayı, Riesz cebiri, Riesz uzayı

#### INTRODUCTION and PRELIMINARITIES

The Hahn-Banach theorem has a lot of applications in different fields of analysis, which attracted the attention of several authors such as Vincent-Smith [11] and Turan [10]. In this present paper, we give an extension of the Hahn-Banach theorem on lattice normed Riesz algebras and some applications. The extension of one step in our theorem is not similar to the other Hahn-Banach theorems.

Vector lattices (i.e., Riesz spaces) are ordered vector spaces that have many applications in measure theory, operator theory, and applications in economics. We suppose that the reader to be familiar with the elementary theory of vector lattices, and we refer the reader for information on vector lattices [1,8,12] as sources of unexplained terminology. Besides, all vector lattices are assumed to be real and Archimedean. A vector lattice  $E$  is a lattice-ordered algebra (briefly,  $l$ -algebra) if  $E$  is an associative algebra whose positive cone  $E_+$  is closed under the algebra multiplication. A Riesz algebra  $E$  is called  $f$ -algebra if  $E$  has additional property that  $x \wedge y = 0$  implies  $(x \cdot z) \wedge y = (z \cdot x) \wedge y = 0$  for all  $z \in E_+$ . For an order complete vector lattice (i.e., Dedekind complete), the set  $L_b(E)$  of all order bounded operators on  $E$  and the set  $C(X)$  of all real valued continuous function on a topological space  $X$  are examples of lattice-ordered algebra. However,  $L_b(E)$  is not  $f$ -algebra because it is Archimedean vector

lattice, but not commutative because every Archimedean  $f$ -algebra is commutative; see for example Theorem 140.10 in [12]. Consider  $Orth(E) := \{T \in L_b(E) : x \perp y \implies Tx \perp y\}$  the set of orthomorphisms on a vector lattice  $E$ . Then, space  $Orth(E)$  is not only vector lattice but also an  $f$ -algebra. On the other hand, a sublattice  $A$  of an  $l$ -algebra  $E$  is called  $l$ -subalgebra of  $E$  whenever it is also an  $l$ -algebra under the multiplication operation in  $E$ . In this paper, we assume that if a positive element has an inverse then the inverse also positive. We refer the reader for much more information on Riesz algebras [1-3, 6, 9, 12]. In addition, for more details information on the following example, we refer the reader to [4].

**Example 1.** Let  $E$  be a vector lattice. An order bounded band preserving operator  $T: D \rightarrow E$  on an order dense ideal  $D \subseteq E$  is an extended orthomorphism.  $Orth^\infty(E)$  denote the set of all extended orthomorphisms: denote by  $\mathcal{M}$  the collection of all pairs  $(D, \pi)$ , where  $D$  is order dense ideal in  $E$  and  $\pi \in Orth(D, E)$ . Then space  $Orth^\infty(E)$  is an  $f$ -algebra. Moreover,  $Orth(E)$  is an  $f$ -subalgebra of  $Orth^\infty(E)$ . On the other hand,  $L(E)$  stands for the order ideal generated by the identity operator  $I_E$  in  $Orth(E)$ . Then  $L(E)$  is an  $f$ -subalgebra of  $Orth(E)$ .

Recall that a net  $(x_\alpha)_{\alpha \in A}$  in a vector lattice  $X$  is called order convergent (or shortly,  $o$ -convergent) to  $x \in X$ , if there exists another net  $(y_\beta)_{\beta \in B}$  satisfying  $y_\beta \downarrow 0$  (i.e.  $y_\beta \downarrow$  and  $\inf(y_\beta) = 0$ ), and for any  $\beta \in B$  there exists

$\alpha_\beta \in A$  such that  $|x_\alpha - x| \leq y_\beta$  for every  $\alpha \geq \alpha_\beta$ . In this case, we write  $x_\alpha \xrightarrow{o} x$ . On the other hand, for a given positive element  $u$  in a vector lattice  $E$ , a net  $(x_\alpha)_{\alpha \in A}$  in  $E$  is said to converge  $u$ -uniformly to the element  $x \in E$  whenever, for every  $\varepsilon > 0$ , there exists an index  $\alpha_0$ , such that  $|x_\alpha - x| < \varepsilon u$  for every  $\alpha \geq \alpha_0$ . Moreover,  $E$  is said to be  $u$ -uniformly complete if every  $u$ -uniform Cauchy net has an  $u$ -uniform limit [8].

Let  $X$  be a vector space,  $E$  be a vector lattice, and  $p: X \rightarrow E_+$  be a vector norm (i.e.,  $p(x) = 0 \Leftrightarrow x = 0$ ;  $p(\omega x) = |\omega|p(x)$  for all  $\omega \in \mathbb{R}$  and every  $x \in X$ ;  $p(x + y) \leq p(x) + p(y)$  for all  $x, y \in X$ ) then the triple  $(X, p, E)$  is called a lattice normed space, abbreviated as *LNS*. A subset  $Y$  of  $X$  is called  $p$ -closed whenever every net  $(y_\alpha)_{\alpha \in A}$  in  $Y$  with  $p(y_\alpha - y) \xrightarrow{o} 0$  implies  $y \in Y$ . Let  $(X, p, E)$  and  $(Y, q, F)$  be two *LNS*s. Then an operator  $T: X \rightarrow Y$  is called dominated operator if there is a positive operator  $S: E \rightarrow F$  such that  $q(T(x)) \leq S(p(x))$  for all  $x \in X$ . In this case,  $T$  is called a dominated operator and  $S$  is called dominant of  $T$ . Take  $maj(T)$  as the set of all dominants of the operator  $T$ . If there is at least element in  $maj(T)$  then it is called the exact dominant of  $T$  and denoted by  $[T]$ ; see for much more details information [4,7]. If  $X$  is decomposable space and  $F$  is order complete then exact dominant exists; see Theorem 4.1.2 in [7].

**Definition 2.** Consider an *LNS*  $(X, p, E)$ . Assume  $X$  and  $E$  are Riesz algebras, and the vector norm  $p$  is monotone (i.e.  $x \leq y$  implies  $p(x) \leq p(y)$ ) then the triple  $(X, p, E)$  is said to be lattice normed Riesz algebra (or lattice normed  $l$ -algebra, for short) and abbreviated as *LNFA*.

**Definition 3.** Let  $(X, p, E)$  be an *LNFA* and  $Y$  be an  $l$ -subalgebra of  $X$ . If  $p(x \cdot y) = y \cdot p(x)$  holds for all  $y \in Y$  and  $x \in X$  then  $p$  is said to be  $l$ -subalgebra linear. In addition, we said that  $(X, p, E)$  has the  $l$ -subalgebra linear property.

Recall that an element  $x$  in Riesz algebra is called nilpotent if  $x^n = 0$  for some  $n \in \mathbb{N}$ . Moreover, an algebra  $E$  is called semiprime if the only nilpotent element in  $E$  is zero.

**Lemma 4.** Let  $E$  be a semiprime  $f$ -algebra. Then  $x \leq y$  and  $x \leq z$  imply  $x^2 \leq y \cdot z$  for all  $x, y, z \in E_+$ .

*Proof:* Suppose  $x, y, z$  are positive elements in  $E$  such that  $x \leq y$  and  $x \leq z$ . It follows from Theorem 3.2.(ii) in [8] that  $x^2 \leq y \cdot z$ .

**Example 5.** Let  $E$  be a vector lattice such that  $x^2 = x$  for all  $x \in E_+$  and  $p: L(E) \rightarrow Orth(E)$  be a map denoted by  $T \rightarrow p(T)$  such that  $P(T)(x) := |T(x)|$  for each  $x \in E$ . Then one can see that  $p$  is vector norm and  $(L(E), p, Orth(E))$  is an *LNS*. Moreover, since  $L(E)$  and  $Orth(E)$  are  $f$ -algebras and  $|\cdot|$  is monotone, and so,  $(L(E), p, Orth(E))$  is an *LNFA*. Take arbitrary  $T, S \in$

$L(E)$ . Then there exist some positive scalars  $\lambda_T$  and  $\lambda_S$  such that  $|T| \leq \lambda_T I$  and  $|S| \leq \lambda_S I$  because  $L(E)$  is an order ideal generated by the identity operator  $I_E$ . So, by using the fact [1, p.12], we have

$$p(S(T))(x) = |S(Tx)| \leq |S|(|Tx|) \leq \lambda_S I(|Tx|) \leq \lambda_S |Tx|$$

for each  $x \in E$ , and similarly, we have

$$p(S(T))(x) = |S(Tx)| \leq |S|(|Tx|) \leq |S|(|T|(|x|)) = |S|(\lambda_T I)(|x|) \leq \lambda_T |S|(|x|)$$

for all  $x \in E$ . Hence, it follows from Lemma 4. and assumption that  $p(S(T))(x) = [p(S(T))(x)]^2 \leq \lambda_S \lambda_T |S|(|x|) \cdot |Tx| = \lambda_S \lambda_T |S|(|x|) \cdot p(T)(x)$  holds because *Orth*( $E$ ) is a semiprime; see Theorem 142.5 in [12]. Next, consider a new *LNFA*  $(L(E)_+, q, Orth(E))$ , where  $q(T) = \frac{1}{\lambda_T} p(T)$  for all  $T \in L(E)_+$ . Then it follows from the above observation that the *LNFA* space  $(L(E)_+, q, Orth(E))$  has the  $f$ -subalgebra linear property.

For the following example, we consider Theorem 2.62 in [1].

**Example 6.** Let  $E$  be an  $l$ -algebra. Then we define a map  $p$  from  $E$  to *Orth*( $E$ ) by  $u \rightarrow p(u) = p_u$  such that  $p_u(x) = |x \cdot u|$  for each  $x \in E$ . So, by using the inequality in [6, p.1], it is easy to see that  $p$  is a vector norm and  $(E, p, Orth(E))$  is an *LNFA* with the  $l$ -subalgebra linear property.

In this paper, unless otherwise, all lattice normed Riesz algebras are assumed to be with the  $l$ -subalgebra linear property.

## BASIC RESULTS

We begin the section with the following de notion.

**Definition 7.** Let  $(X, p, E)$  be an *LNS*. Then an operator  $T: X \rightarrow E$  is said to be  $E$ -dominated if it is dominated by  $p$  on  $E$ . It means that

$$|Tx| \leq p(x)$$

for all  $x \in X$ .

It can be seen that every dominated operator on *LNS*s is  $E$ -dominated because the identity operator is dominant of it.

**Lemma 8.** Let  $X$  be an  $f$ -algebra and  $Y$  be an  $l$ -subalgebra of  $X$ . Then, for any  $w \in X_+$ , the set  $A = \{u + v \cdot w^n : u, v \in Y \text{ and } u \perp v \text{ and } n \in \mathbb{N}\}$  is an  $f$ -subalgebra of  $X$ .

*Proof:* Firstly, we show that  $A$  is a sublattice of  $X$ . Take an arbitrary  $u + v \cdot w^n \in A$ . Then we have  $u \perp v$ , and



so,  $u \perp v \cdot w^n$  for all  $n \in \mathbb{N}$  because of  $w^n \geq 0$  for each  $n \in \mathbb{N}$  and  $X$  is  $f$ -algebra. Then, by applying Exercise 2.(b) p.21 in [1], we have  $|u + v \cdot w^n| = |u| + |v| \cdot w^n \in A$  because of  $|u|, |v| \in Y$  and  $|u| \perp |v|$ . Then we get the desired result.

Next, we show that  $A$  is an  $f$ -subalgebra of  $X$ . For any positive elements  $u_1 + v_1 \cdot w^n, u_2 + v_2 \cdot w^m \in A_+$ , we have

$$(u_1 + v_1 \cdot w^n) \cdot (u_2 + v_2 \cdot w^m) = u_1 \cdot u_2 + u_1 \cdot v_2 \cdot w^m + v_1 \cdot u_2 \cdot w^n + v_1 \cdot v_2 \cdot w^{m+n} \in A_+.$$

Thus,  $A$  is an  $l$ -algebra. On the other hand, assume  $(u_1 + v_1 \cdot w^n) \wedge (u_2 + v_2 \cdot w^m) = 0$  for arbitrary  $u_1 + v_1 \cdot w^n, u_2 + v_2 \cdot w^m \in A$ . Then we have  $[(u + v \cdot w^k) (u_1 + v_1 \cdot w^n)] \wedge (u_2 + v_2 \cdot w^m) = 0$  for all  $u + v \cdot w^k \in A_+$  because of  $A_+ \subseteq X_+$  and  $X$  is  $f$ -algebra. Therefore, we obtain that  $A$  is a  $f$ -subalgebra of  $X$ .

**Proposition 9.** Let  $X$  be an  $f$ -algebra and  $Y$  be an  $u$ -uniformly complete  $l$ -subalgebra of  $X$ . Then, for any  $w \in X_+$ , the set  $A = \{u + v \cdot w^n: u, v \in Y \text{ and } u \perp v \text{ and } n \in \mathbb{N}\}$  is also an  $u$ -uniformly complete  $f$ -subalgebra of  $X$ .

*Proof:* Suppose  $Y$  is  $u$ -uniformly complete  $l$ -subalgebra of  $X$ . Then, by applying Lemma 8., we see that  $A$  is  $f$ -subalgebra of  $X$ . On the other hand, WLOG, take an  $u$ -uniform Cauchy net  $(x_\alpha)_{\alpha \in A}$  in  $A_+$  with disjoint each other nets  $(y_\alpha)_{\alpha \in A}$  and  $(z_\alpha)_{\alpha \in A}$  such that  $x_\alpha = y_\alpha + z_\alpha \cdot w^n$  with  $y_\alpha \perp z_\beta$  for all  $\alpha, \beta \in A$ . Thus, there exists  $u \in E_+$  such that, for every  $\varepsilon > 0$ , there exists an index  $\alpha_0$ , such that  $|x_\alpha - x_{\alpha_0}| < \varepsilon u$  for all  $\alpha \geq \alpha_0$ . Then, by using the following the equality

$$|x_\alpha - x_{\alpha'}| = |(y_\alpha + z_\alpha \cdot w^n) - (y_{\alpha'} + z_{\alpha'} \cdot w^n)| = |y_\alpha - y_{\alpha'}| + |z_\alpha - z_{\alpha'}| \cdot w^n,$$

one can obtain that  $(y_\alpha)_{\alpha \in A}$  and  $(z_\alpha)_{\alpha \in A}$  are  $u$ -uniform Cauchy nets in  $Y$ . So, there exist  $y, z \in Y$  such that  $y_\alpha \xrightarrow{u} y$  and  $z_\alpha \xrightarrow{u} z$  because  $Y$  is  $u$ -uniformly complete. Therefore, we get  $x_\alpha = y_\alpha + z_\alpha \cdot w^n \xrightarrow{u} y + z \cdot w^n$ . As a result,  $A$  is also  $u$ -uniformly complete.

Now, by considering some results in [10], we give the main result of this paper.

**Theorem 10.** Let  $(X, p, E)$  be an LNFA with  $X$  being  $f$ -subalgebra of order complete  $f$ -algebra  $E$ , and  $G$  be an unital  $f$ -subalgebra of  $X$ . If  $T: G \rightarrow E$  is an  $E$ -dominated operator and  $G$  is  $e$ -uniform complete then there exists another  $E$ -dominated operator  $\hat{T}: X \rightarrow E$  such that  $\hat{T}(g) = T(g)$  for all  $g \in G$ .

*Proof:* First of all, if we take  $T = 0$  or  $X = G$  then the proof is obvious.

Suppose,  $G$  is a proper subspace of  $X$  and  $T \neq 0$ . So, there is a vector  $w$  in  $X$  so that it is not in  $G$ . WLOG, we

assume  $w \in X_+$ . Then we consider the set  $G_1 = \{u + v \cdot w^n: u, v \in G \text{ and } u \perp v \text{ and } n \in \mathbb{N}\}$  which is like Proposition 9. Thus, by Lemma 4., we get that  $G_1$  is also an  $f$ -subalgebra of  $X$ . Also, by using this extension, we can arrive at  $X$  because  $G$  is  $f$ -subalgebra with the multiplicative unit.

The extension of one step is not similar to the other Hahn-Banach theorems. It can be observed that  $v \cdot w^n$  can be in  $G$  for some  $v \in G$ . Thus, we have that the representation  $G_1$  may not be unique. So, it causes difficulties getting an extension of one step. Whenever it is done, by using Zorn's lemma and applying Proposition 9., we can get the extension of  $T$  to  $X$ .

Now, consider elements  $u, v \in G$ . Since  $T$  is an  $E$ -dominated operator. Then, for every  $n$ , we have

$$T(u) + T(v) = T(u + v) \leq p(u - w^n + w^n + v) \leq p(u - w^n) + p(w^n + v)$$

Hence, we get  $T(u) - p(u - w^n) \leq p(w^n + v) - T(v)$ . From there, by applying order completeness of  $E$ , both

$$s = \sup\{T(u) - p(u - w^n): u \in G\}$$

and

$$r = \inf\{p(w^n + v) - T(v): v \in G\}$$

exist in  $E$  for each  $n$ . So, it is also clear  $s \leq r$ . Now, we define a map

$$\hat{T}: G_1 \rightarrow E \\ (u + v \cdot w^n) \rightarrow \hat{T}(u + v \cdot w^n) = T(u) + v \cdot z^n,$$

where we take the element  $z \in E$  such that  $s \leq z^n \leq r$  for each  $n$ . We need to show that  $T$  is a well-defined operator. To prove that, we first prove the  $E$ -dominatedness of  $\hat{T}$ . Let's apply the  $e$ -uniformly completeness of  $G$ . Then we have that  $(v + e)^{-1}$  exists for any positive element  $v \in G_+$ ; see Theorem 146.3 in [12] and Theorem 11.1 in [9], and also, the inverse element  $(v + \frac{1}{k}e)^{-1}$  exists in  $G_+$  for all  $k \in \mathbb{N}_+$ . Then, for each  $u \in G_+$  and  $k, n \in \mathbb{N}_+$ , we have

$$z^n \leq r \leq p\left(u \cdot \left(v + \frac{1}{k}e\right)^{-1} + w^n\right) - T\left(u \cdot \left(v + \frac{1}{k}e\right)^{-1}\right)$$

and so, by using the  $f$ -subalgebra linear property of  $p$ , we get

$$T(u) + \left(v + \frac{1}{k}e\right) \cdot z^n \leq p\left(u + w^n \cdot \left(v + \frac{1}{k}e\right)\right) \leq p(u + w^n \cdot v) + \frac{1}{k}p(w^n).$$

Thus, we have  $\hat{T}(u + v \cdot w^n) = T(u) + v \cdot z^n \leq p(u + w^n \cdot v)$  for any  $u, v \in G_+$  because  $F$  is an Archimedean vector lattice. Thus, we get the  $E$ -

dominatedness of  $\hat{T}$  for arbitrary  $u, v \in G_+$ . Now, we show that for arbitrary  $v \in G$ . We can write  $v = v^+ - v^-$ . By using the first observation, we can write

$$\hat{T}(u + v^+ \cdot w^n) = T(u) + v^+ \cdot z^n \leq p(u + w^n \cdot v^+)(1)$$

For the band  $B_{v^+}$  generated by  $v^+$ , we consider the band projection  $q: G \rightarrow B_{v^+}$ . Then  $q$  holds  $q(v) = v^+$  and  $q = q^2$ , and it is a positive orthomorphism on  $G$  because every order projection is a positive orthomorphism on vector lattices. By using Theorem 141.1 in [12], we can choose a positive element  $t \in G_+$  such that  $q(x) = x \cdot t$  for all  $x \in G$ . Thus, we have a positive vector  $t \in G_+$  so that  $v^+ = q(v) = v \cdot t$ , and  $t = e \cdot t = q(e) = q(q(e)) = t^2$ , and  $v^+ = q(v^+) = v^+ \cdot t$ , and  $0 = q(v^-) = v^- \cdot t$ . Also, the equality  $v^+ = q(v) = v \cdot t$  implies  $v^- + v = v^+ = v \cdot t$ , and so, we get  $v^- = v \cdot (t - e)$ . Thus, we obtain the following both equalities

$$t \cdot (v^+ \cdot z^n) = (t \cdot v^+) \cdot z^n = v^+ \cdot z^n \quad (2)$$

and

$$\begin{aligned} t \cdot (v^+ \cdot w^n) &= t \cdot v^+ \cdot w^n = t \cdot (v \cdot t) \cdot w^n \\ &= t^2 \cdot v \cdot w^n = t \cdot v \cdot v^+ \cdot w^n \quad (3) \end{aligned}$$

It follows from (1), (2) and (3) and the  $f$ -subalgebra linear property of  $p$  that we get

$$\begin{aligned} t \cdot (T(u) + v^+ \cdot z^n) &\leq t \cdot p(u + v^+ \cdot w^n) = p(t \cdot u + \\ &t \cdot v^+ \cdot w^n) = t \cdot p(u + v \cdot w^n) \quad (4) \end{aligned}$$

As one repeat the same way and use  $r \leq z^n$ , it can be seen the following inequality

$$(e - t) \cdot (T(u) - v^- \cdot z^n) \leq (e - t) \cdot p(u + v \cdot w^n)(5)$$

Therefore, by summing up the inequalities (4) and (5), we can get the following result

$$T(u) + v \cdot z^n \leq p(u + v \cdot w^n) \quad (6)$$

for arbitrary  $v \in G$  and  $u \in G_+$ . Lastly, one can also show that for arbitrary element  $u \in G$ . Therefore, we get that  $T$  is  $E$ -dominated. Now, we show well defined of  $T$ . Let's take arbitrary elements  $u_1, u_2, v_1, v_2 \in G$  such that  $u_1 + v_1 \cdot w^n = u_2 + v_2 \cdot w^n$ . It follows from (6) that

$$\begin{aligned} T(u_1 - u_2) + (v_1 - v_2) \cdot z^n &\leq p((u_1 - u_2) + \\ (v_1 - v_2) \cdot w^n) &= p(0) = 0 \quad \text{and} \quad T(u_2 - u_1) + \\ (v_2 - v_1) \cdot z^n &\leq p((u_2 - u_1) + (v_2 - v_1) \cdot w^n) = \\ p(0) &= 0. \quad \text{As a result, we get } \hat{T}(u_1 + v_1 \cdot w^n) = \\ \hat{T}(u_2 + v_2 \cdot w^n). \end{aligned}$$

Therefore, we have obtained that the map  $\hat{T}$  is well defined. On the other hand, by using the linearity of  $\hat{T}$ , one can show that  $\hat{T}$  is a linear map (or, operator) from  $G_1$  to  $F$ . Expressly,  $\hat{T}$  is  $E$ -dominated operator by  $f$ -subalgebra linear map  $p$ . By applying Zorn's lemma under the desired conditions, we provide the extension of  $\hat{T}$  to all of  $X$ .

Under the condition of Theorem 1, we have the following results.

**Corollary 11.** If  $(X, p, E)$  is a decomposable LNFA then we have  $[T] = [\hat{T}]$ .

*Proof:* Since  $T$  is  $E$ -dominated operator, it is dominated. Indeed, Since  $|T(g)| \leq p(g)$ , we have  $p(T(g)) \leq p(p(g))$  (for example we can take a dominant  $S = p$ ). It follows from Theorem 4.1.2. in [7] that  $T$  has the exact dominant  $[T]$ . Now, consider the  $f$ -subalgebra  $G_1$  of  $X$  in the proof of Theorem 1. For  $v = 0$  the addition unit and  $u \in G$ , we have

$$\hat{T}(u) = T(u) \leq |T(u)| \leq S(p(u))$$

and also

$$-\hat{T}(u) = -T(u) \leq |T(u)| \leq S(p(u)):$$

Therefore, we get  $|\hat{T}(u)| \leq S(p(u))$  for each  $u \in G$ . Hence,  $\hat{T}$  is also dominated by  $S$ , and so, we get  $[\hat{T}] \leq [T]$ . On the other hand, by considering the  $maj(T)$  and  $maj(\hat{T})$ , we have  $[T] \leq [\hat{T}]$ . As a result, we get the desired result.

For the next result, we consider the  $f$ -algebraic spaces  $L(E) \subseteq Orth(E) \subseteq Orth^\infty(E)$  in Example 1.

**Corollary 2.7.** Let  $E$  be an order complete vector lattice.  $(Orth(E), |\cdot|, Orth^\infty(E))$  is an LNFA. Moreover, If  $T: L(E) \rightarrow Orth^\infty(E)$  an  $E$ -dominated operator then it has an extension to  $Orth(E)$ .

*Proof:* Since  $E$  is order complete vector lattice,  $Orth^\infty(E)$  is order complete  $f$ -algebra; see [4, p.14]. Moreover, one can say that  $(Orth(E), |\cdot|, Orth^\infty(E))$  is an LNFA because  $Orth(E)$  is  $f$ -subalgebra of  $Orth^\infty(E)$  and  $|\cdot|$  has the  $l$ -subalgebra linear property. By applying Theorem 3.1 in [5], we can see that  $L(E)$  is order complete because  $E$  is order complete. Moreover, by using Theorem 42.6 in [8], we also get that  $L(E)$  is  $e$ -uniform complete because  $L(E)$  has unit  $I_E$ . Then, we have an  $E$ -dominated extension of  $T$  to  $Orth(E)$ .

## REFERENCES

- [1] Aliprantis C.D., Burkinshaw O. Positive operators. Springer, Dordrecht, xx-376, 2006.
- [2] Aydın A. Multiplicative order convergence in  $f$ -algebras. Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics, 49 998-1005, 2020.
- [3] Aydın A. The statistically unbounded  $\tau$ -convergence on locally solid Riesz spaces. Turkish Journal of Mathematics, 44 949-956, 2020.
- [4] Bukhvalov A.V., Gutman A.E., Korotkov V.B., Kusraev A.G., Kutateladze S.S., Makarov B.M. Vector lattices and integral operators. Mathematics and its Applications, Kluwer Academic Publishers Group, Dordrecht, x-462, 1996.
- [5] Ercan Z., Wickstead A.W. Towards a theory of nonlinear orthomorphisms, In: Abramovich Y., Avgerinos E. and Yannelis N.C. (eds), Functional Analysis and Economic Theory, Springer, Berlin, 65-78, 1998.



- [6] Huijsmans C.B. Lattice-ordered algebras and  $f$ -algebras: a survey. Positive operators, Riesz spaces and economics, Springer, Berlin, 151-169, 1991.
- [7] Kusraev A.G. Dominated operators. Kluwer, Dordrecht, 141-186, 2000.
- [8] Luxemburg W.A.J., Zaanen A.C. Riesz spaces I. Amsterdam, The Netherlands: North-Holland Publishing Company, 1-514, 1971.
- [9] Pagter B.D.  $f$ -Algebras and orthomorphism. The Degree of Doctor of Philosophy, Leiden University, 1-149, 1981.
- [10] Turan B., Bilici F. The Hahn-Banach theorem for A-linear operators, Turkish Journal of Mathematics, 41 1360-1364, 2017.
- [11] Vincent G., Smith G. The Hahn-Banach theorem for modules. Proceedings of the London Mathematical Society, 17 72-90, 1967.
- [12] Zaanen A.C. Riesz spaces II. Amsterdam, The Netherlands: North-Holland Publishing Co., 1-720, 1983.

## Ortam Şartlarının Bir Haptik-Teleoperasyon Sisteminin İki-Yönlü Kontrolü Üzerindeki Etkisi

Tayfun ABUT<sup>1</sup>, Servet SOYGÜDER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Makine Mühendisliği, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Muş Alparslan Üniversitesi, Muş, Türkiye

<sup>2</sup> Endüstri Mühendisliği, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye

✉: tayfunabut@gmail.com,  <sup>1</sup> 0000-0003-4646-3345,  <sup>2</sup> 0000-0002-8191-6891

Geliş (Received): 13.05.2020

Düzeltilme (Revision): 21.05.2020

Kabul (Accepted): 25.05.2020

### ÖZ

Haptik-teleoperasyon sistemleri oldukça zorlu ortamlarda görev yapmakta bundan dolayı bu sistemlerin kontrolünde birçok problemlerle karşılaşmaktadır. Hız ve kuvvet kontrolü doğrusal davranışlar göstermeyen ve zamanla değişen ortam şartları nedeniyle bu sistemlerin kontrolü için zorlu problemlerden biridir. Bu çalışmada gerçek şartlara yakın bir şekilde sistemin kontrolü için hem işlem ve ölçüm hem de ortam gürültüsü eklenerek haptik-teleoperasyon sisteminin iki yönlü kontrolü gerçekleştirilmiştir. Tek serbestlik dereceli ana(master) ve bağımlı(slave) robotlardan oluşan sistemin hareket denklemleri elde edilmiştir. Sisteme filtreli ve filtresiz bir şekilde PID kontrol yöntemi uygulanarak performansı kriterlere göre incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar incelenmiş ve irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Haptik-Teleoperasyon, Hareket Denklemleri, Ortam Şartları, PID

### Effect of Environment Conditions on Bilateral Control of a Haptic-Teleoperation System

#### ABSTRACT

Haptic-teleoperation systems work in very tough environments, so many problems are encountered in the control of these systems. Speed and force control are challenging problems for the control of these systems due to the time-varying environmental conditions that do not display linear behavior. In this study, bilateral control of the haptic-teleoperation system was performed by adding both process and measurement and environmental noise to control the system close to real conditions. The equations of motion of the system consisting of a single degree of freedom (master) and slave robots have been obtained. PID control method was applied to the system with and without filter, and its performance was examined according to criteria. The results obtained as a result of the studies conducted were examined and investigated.

**Keywords:** Haptic-Teleoperation, Equation of Motion, Environment Conditions, PID

### GİRİŞ

Teleoperasyon sistemleri geçmişten günümüze birçok uygulama alanına sahip olduğundan dolayı aktif bir şekilde araştırılmaktadır [1-4]. Standart bir teleoperasyon sisteminde ana(master) tarafından üretilen pozisyon ya da hız gibi referans sinyallerine karşılık bağımlı(slave) tarafından etkileşimden dolayı ortaya çıkan kuvvet veya tork bilgisinin iletilebilmesi için kararlı kontrol yöntemleri kullanılması oldukça önemlidir. Literatürde bu robotların parametre belirsizliği problemini çözmek ve ortam şartlarından daha az etkilenmesi için çeşitli kontrol yöntemleri önerilmiş ve uygulanmıştır. Bu yöntemlerden biride adaptif yöntemlerdir. Jiang and Praly tarafından adaptif bir kontrolör tasarımı ile dinamik belirsizliklerin üstesinden gelmeye çalışılmıştır [5]. Hung ve diğerleri ana(master) ve bağımlı(slave) robotların tam olarak bilinmediği teleoperasyon sistemi için nonlinear kontrol yöntemi önermiştir [6]. Cheah ve diğerleri yörünge takibi için bir yeni adaptif Jakobiyan kontrolör

önermiştir [7]. Wu ve diğerleri küçük kazanç teoremi ve geri beslemeli yöntemlerinin kombine bir şekilde adaptif bir tasarım önermiştir. Asimptotik kararlı bir sonuç elde etmiştir [8]. Hosseini-Suny ve diğerleri teleoperasyon sistemlerinin kararlılığı sağlamak için yeni bir model referans tabanlı kontrol(MRAC) yöntemi önermiş ve performansı incelemiştir [9]. Nuno ve diğerleri doğrusal olmayan tele operatörler için adaptif bir kontrolör önermiş simülasyon ortamında gerçekleştirmiştir [10]. Abut ve Soygüder, teleoperasyon sistemlerinin problemlerinden biri parametre belirsizliğinin telafi etmek için adaptif hesaplanmış tork kontrol yöntemini kullanmıştır ve Lyapunov yöntemi ile kararlılığı incelemiştir[11]. Mellah ve diğerleri bulanık mantık üyelik fonksiyonlarını ayarlamak için iki adaptif kural oluşturmuştur. Bu kurullarla iki yönlü teleoperasyon sistemine uygulamıştır [12]. Yang ve diğerleri kinematik ve dinamik belirsizlikleri olan bir teleoperasyon sisteminin izleme kontrolü için adaptif bir yaklaşım kullanmıştır. Bu yaklaşımda sistemin

parametrelerini tahmin etmek için ve sistemi kontrol etmek için adaptif bulanık mantık kontrol yöntemini kullanmıştır [13]. García-Valdovinos ve diğerleri sabit zaman gecikmesi varlığında gözlemci tabanlı kayan kipli empedans kontrol yöntemi önermiş ve tek serbestlik dereceli teleoperasyon sistemine uygulamış ve sonuçlarını irdelenmiştir [14]. Soygüder ve Abut zaman gecikmesi problemi bulunan bir teleoperasyon sistemini gerçek zamanlı dalga değişken yöntemi kullanarak telafi etmeye ve kontrol etmeye çalışmıştır [15]. Hız ve kuvvet kontrolü doğrusal davranışlar göstermeyen ve zamanla değişen ortam şartları nedeniyle bu sistemlerin kontrolü için zorlu problemlerden biridir. Bu çalışmada gerçek şartlara yakın bir şekilde sistemin kontrolü için hem işlem ve ölçüm hem de ortam gürültüsü eklenerek haptik-teleoperasyon sisteminin iki yönlü kontrolü gerçekleştirilmiştir. Tek serbestlik dereceli ana(master) ve bağımlı(slave) robotlardan oluşan sistemin hareket denklemleri elde edilmiştir. Sisteme filtreli ve filtreli bir şekilde PID kontrol yöntemi kullanılarak performansı kriterlere göre incelenmiştir. Ortalama karesel hata (Mean Square Error (MSE)) ve Ortalama mutlak hata (Mean Absolute Error (MAE)) performans kriterleri kullanılarak yöntemin hata sonuçları tablolar halinde verilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar incelenmiş ve irdelenmiştir.

## MATERYAL VE METOT

### Sistemin Hareket Denklemleri

Haptik-teleoperasyon robotik sisteminin Lagrange-Euler yöntemi kullanılarak elde edilen hareket denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$I_m \ddot{q}_m + b_m \dot{q}_m = \tau_m + \tau_h \quad (1)$$

$$I_s \ddot{q}_s + b_s \dot{q}_s = \tau_s - \tau_e \quad (2)$$

$q_i, \dot{q}_i, \ddot{q}_i$  ve  $\tau_i$  sırasıyla konum, hız, ivme ve tork ifadelerini temsil etmektedirler.  $i \in \{m, s\}$  indisleri sırasıyla ana ve bağımlı robotları temsil etmektedir.  $I_m$  ve  $I_s$  atalet momentlerini  $b_m$  ve  $b_s$  ise robotların sönüm katsayılarını göstermektedir.  $\tau_m$  ve  $\tau_s$  sırasıyla ana ve bağımlı robotlara etki eden tork ifadelerini,  $\tau_h$  ve  $\tau_e$  ise insan ve çevreye etki eden torkları temsil etmektedir.  $\tau_e = J_s^T f_e, \tau_h = J_m^T f_h$

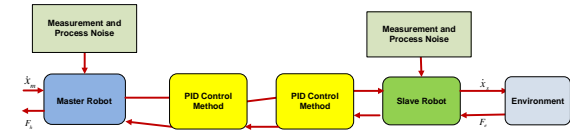
$$f_e = k_e (\Delta_e) + b_e \dot{\Delta}_e, \Delta_e = z_r - z \quad (3)$$

$$f_h = k_h (\Delta_h) + b_h \dot{\Delta}_h, \Delta_h = z_m - z_s \quad (4)$$

$f_e$  ve  $f_h$  kuvvetleri sırasıyla sanal duvar ile etkileşimden ve yay-damper ile modellemesinden ortaya çıkan çevre ve insan kuvvetini temsil etmektedir. Sönüm katsayıları  $b_e$  ve  $b_h$ , yay sabitleri ise  $k_e$  ve  $k_h$  ile

temsil edilmektedir.  $z_r$  robotun referans konumunu  $z$  ise gerçek konumunu göstermektedir. Benzer şekilde  $z_m$  ana robotun referans konumunu,  $z_s$  ise bağımlı robotun konumunu ifade etmektedir. Ana ve bağımlı robotların jacobiyen matrisleri denklem 5'de verilmiştir.

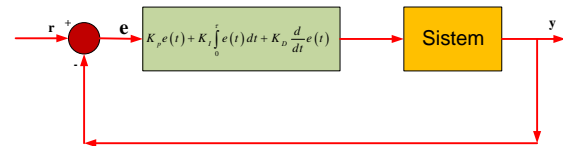
$$J_{m,s} = \begin{bmatrix} -l_1 \sin \theta_1 \\ l_1 \cos \theta_1 \end{bmatrix} \quad (5)$$



Şekil 1. Sistemin iki yönlü kontrolü için önerilen yöntemin genel görünümü

### Sistemin Kontrolör Tasarımı

Sistemler için iyi bir matematiksel model oluşturulursa da yine de her zaman birtakım problemler meydana gelmektedir ve tam bir matematiksel model etmek zordur. Bu belirsizlikler kontrol yöntemlerinin performansını ciddi şekilde etkilemektedir. Bu çalışmada PID (Oransal-İntegral-Türevsel) kontrol yöntemi gürültülü ve gürültüsüz ortamda kullanılarak performansı incelenmiştir. Bu yöntem literatürde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir [16-19]. Bu yöntemin tercih edilmesinin en büyük nedeni literatürdeki diğer yöntemlere göre parametrelerinin kolay bir şekilde ayarlanmasıdır. PID kontrol yönteminin blok diyagramı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. PID geri beslemeli kontrol yönteminin blok diyagramı

Kontrolör çıkışı  $u$ , oransal kazanç  $K_p$ , integral kazanç  $K_i$ , türevsel kazanç  $K_d$  ve hata sinyali  $e$  olarak gösterilmektedir. PID kontrol parametrelerinin elde edilmesinde 2. dereceden kapalı çevrim Ziegler-Nichols yöntemi kullanılmıştır [20]. Ziegler-Nichols yöntemi ile kazanç parametrelerinin elde edilmesinde kullanılan parametre tablosu aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. Ziegler-Nichols Tablosu

Kontrol tipi	$K_P$	$K_I$	$K_D$
P	$0.5 * K_{cr}$	$\infty$	0
PI	$0.4 * K_{cr}$	$0.8 * P_{cr}$	0
PID	$0.6 * K_{cr}$	$0.5 * P_{cr}$	$0.125 * P_{cr}$

### Simülasyon sonuçları

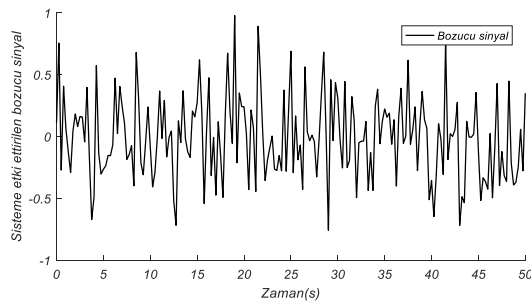
Bu kısımda sistem için elde edilen hareket denklemleri kullanılarak sistemin kontrolü gerçekleştirilmiştir. Sistemin ana ve bağımlı robot olmak üzere tek serbestlik dereceli robotlardan oluşmaktadır. Elde edilen

denklemleri çalışır hale getirilmiş ve ayrıca bu çalışmada gerçek şartlara yakın bir şekilde sistemin kontrolü için hem işlem ve ölçüm hem de ortam gürültüsü eklenerek haptik-teleoperasyon sistemin iki yönlü kontrolü gerçekleştirilmiştir. Sistemin çalışma süresi 50 saniyedir. ana ve bağımlı robotların fiziksel parametreleri  $m_m=m_s=0.038kg$ ,  $l_m=l_s=0.1525m$  ve  $I_m=I_s=0.01 kg\cdot m^2$  şeklinde alınmıştır. İnsan ve çevre modellerinin yay katsayıları  $k_h=k_e=10 N/m$  ve sönüm katsayıları  $b_h$  and  $b_e=2 Ns/m$ 'dir. Ayrıca insan ve çevre tork değerleri elde edilirken başlangıç şartı yani  $z_0=0$  alınmıştır. Ortalama karesel hata (Mean Square Error (MSE)) ve Ortalama mutlak hata (Mean Absolute Error (MAE)) performans kriterleri kullanılarak yöntemin sonuçları tablolar halinde verilmiş ve irdelenmiştir.

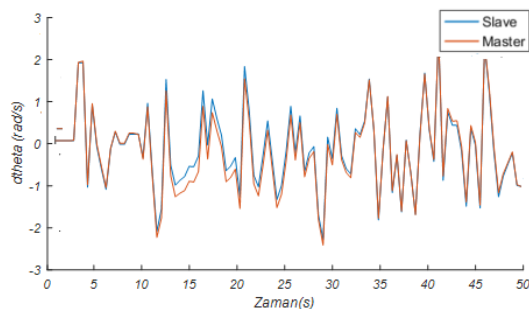
$$MSE = \frac{1}{N} \left( \sum_j^N y_{m_j} - y_{s_j} \right)^2 \quad (6)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \left( \sum_j^N |y_{m_j} - y_{s_j}| \right) \quad (7)$$

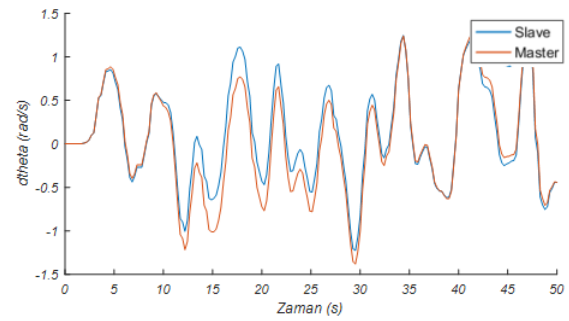
$y_{mj}$  ana robotun  $j$ . değeri  $y_{sj}$  ise bağımlı robotun  $j$ . değerini göstermektedir.  $y$  ise açı veya tork( $\theta$ & $\tau$ ) ifadesini temsil etmektedir.  $j=1,2,3,4,\dots,N$ 'dir. İşlem, ölçüm ve ortama etki ettirilen bozucu sinyal grafiği Şekil 3'te verilmiştir. Ana ve bağımlı robotların gürültülü yani filtresiz olarak elde edilen açısal hız grafiği Şekil 4'te verilmiştir. Ana ve bağımlı robotların gürültüsüz yani filtreli olarak elde edilen açısal hız grafiği Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 6 ve Şekil 7'de filtreli ve filtresiz insan ve çevre kuvvet grafikleri verilmiştir. Sistemin filtreli grafiklerini elde etmek için 2. Dereceden alçak geçiren filtre kullanılmıştır. Tablo 2' de yukarıda formülleri verilen kriterlere göre açısal hız hata değerleri verilmiştir.



Şekil 3. İşlem, ölçüm ve ortama etki ettirilen bozucu sinyal grafiği



Şekil 4. Ana ve bağımlı robotların filtresiz açısal hız grafiği

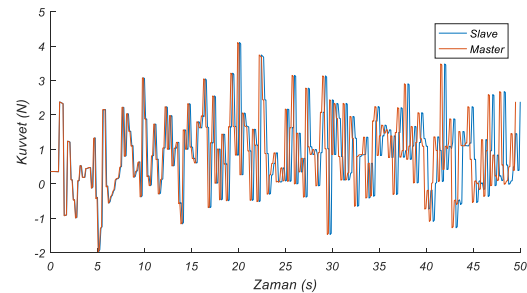


Şekil 5. Ana ve bağımlı robotların filtreli açısal hız grafiği

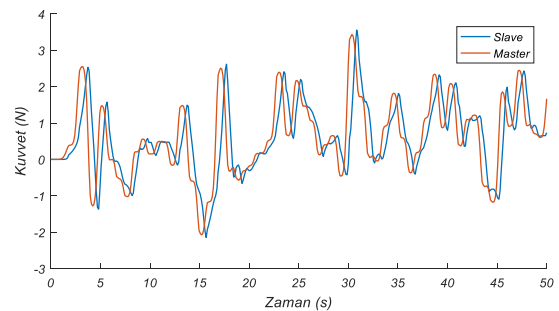
Tablo 2. MSE ve MAE kriterlerine göre hız hata değerleri

Kriter	Filtresiz	Filtreli
MSE	0.0170	0.0126
MAE	0.0883	0.0540

Tablo 2'de verilen sonuçlar göz önüne alındığında filtreli açısal hız cevabının hata değeri MSE kriterine göre 0,0126'dır. MSE kriteri göre 0,0170 değeri ise filtresiz açısal hız hata değeridir. Yukarıda verilen tabloya göre açısal hızın MAE kriterine göre filtreli hata değeri 0.0540, filtresiz değeri ise 0.0883'tür.



Şekil 6. Ana ve bağımlı robotların filtresiz kuvvet grafiği



Şekil 7. Ana ve bağımlı robotların filtreli kuvvet grafiği

Tablo 3'de verilen sonuçlar göz önüne alındığında filtreli insan ve çevre kuvvetlerinin cevapları hata değeri MSE kriterine göre 0,0260'dır. MSE kriteri göre 0,0480 değeri ise filtresiz kuvvet hata değeridir. Aşağıda verilen tabloya göre kuvvetlerin MAE kriterine göre filtreli hata değeri 0.0723, filtresiz değeri ise 0.0631'dir.



**Tablo 3.** MSE ve MAE kriterlerine göre hata değerleri

Kriter	Filtresiz	Filtreli
MSE	0.0480	0.0260
MAE	0.0723	0.0631

Genel olarak performans kriterlerine göre elde edilen hata değerleri kabul edilebilir seviyededir. Simülasyon sonuçlarında ana robot tarafında üretilen referans konum bilgilerinin bağımlı robot tarafından büyük ölçüde takip edildiği görülmektedir. Ayrıca bağımlı robot tarafında sistemin etkileşime girmesi sonucu elde edilen tork değerlerinin ana tarafına başarılı bir şekilde iletildiği gözükmektedir. Performans tablolarına göre sistemin ortam şartlarına, ölçüm ve işlem bozucularına rağmen başarılı bir şekilde iki yönlü kontrol edildiği görülmektedir.

## SONUÇ

Bu çalışmada değişen ortam şartlarına rağmen iki yönlü haptik-teleoperasyon sisteminin kontrolü incelenmiştir. 1-serbestlik dereceli ana ve bağımlı robotlar arasında iki yönlü teleoperasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Hız ve kuvvet kontrolü sonuçları grafiksel olarak verilmiştir. Ayrıca hız ve kuvvet hata verileri iki farklı performans kriteri olan ortalama karesel hata (Mean Square Error (MSE)) ve Ortalama mutlak hata (Mean Absolute Error (MAE)) kullanılarak yöntemin sonuçları tablolar halinde verilmiş ve irdelenmiştir. Simülasyon çalışmaları sonucunda ana ve bağımlı robotlar arasında istenen hız ve kuvvet değerlerinin büyük ölçüde takip edildiği tablo ve grafiklerde gösterilmiştir. Performans sonuçlarının iki yönlü kontrol de kabul edilebilir hata oranlarına sahip olduğu gözlemlenmiş dolayısıyla başarılı olduğu görülmüştür. Gelecek çalışmalarda önerilen yöntemin gerçek zamanlı çalışmaları yapılacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 2211/C Yurtiçi Öncelikli Alanlar Doktora Burs Programı kapsamında desteklenmiştir.

## KAYNAKÇA

- [1] Katsura S., Iida W., Ohnishi K. Medical mechatronics An application to haptic forceps, *Annual Reviews in Control*, 29:2 237-245, 2005.
- [2] Lee D., Franchi A., Son H.I., Ha C., Bulthoff H. H., Giordano P. R. Semiautonomous haptic teleoperation control architecture of multiple unmanned aerial vehicles, *IEEE/ASME Trans. Mechatronics*, 2013.
- [3] Abut T., Soyguder S. Haptic industrial robot control and bilateral teleoperation by using a virtual visual interface, *26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*. IEEE, 2018.
- [4] Mazerolle S., Breguet J. M., Steinecker A., Agnus J., Perez R., Michler J. Nanomanipulation in a scanning electron microscope, *Journal of Materials Processing Technology*, 167: 2-3 371- 382, 2005.



- [5] Jiang Z. P., Pralv L. Design of robust adaptive controllers for nonlinear systems with dynamic uncertainties, *Automatica*, 34:7 825-840, 1998.
- [6] Hung N.V.O., Narikivo T., Tuan. H. D. Nonlinear adaptive control of master-slave system in teleoperation, *Control Engineering Practice*, 11:1 1-10, 2003.
- [7] Cheah C.C., Liu C., Slotine J.J.E. Adaptive tracking control for robots with unknown kinematic and dynamic properties, *The International Journal of Robotics Research*, 25:3 283-296, 2006.
- [8] Wu Z., Xie X., Shi P. Robust adaptive output-feedback control for nonlinear systems with output unmodeled dynamics, *International Journal of Robust and Nonlinear Control: IFAC-Affiliated Journal*, 18:11 1162-1187, 2008.
- [9] Hosseini-Sunv K., Momeni H., Janabi-Sharifi F. Model reference adaptive control design for a teleoperation system with output prediction, *Journal of Intelligent Robotic Systems*, 59:3-4 319-339, 2010.
- [10] Nuño E., Ortega R., Basañez L. An adaptive controller for nonlinear teleoperators, *Automatica*, 46:1 155-159, 2010.
- [11] Abut T., Soyguder S. Real-time control of bilateral teleoperation system with adaptive computed torque method, *Industrial Robot: An International Journal*, 44:3 299-311, 2017.
- [12] Rabah M., Guermah S., Toumii R. Adaptive control of bilateral teleoperation system with compensatory neural-fuzzy controllers, *International Journal of Control, Automation and Systems*, 15:4 1949-1959, 2017.
- [13] Yang L., Chen Y., Liu Z., Chen K., Zhang Z. Adaptive Fuzzy Control for Teleoperation System with Uncertain Kinematics and Dynamics, *International Journal of Control, Automation and Systems*, 17:5 1158-1166, 2019.
- [14] García-Valdovinos L. G., Parra-Vega V., Arteaga M. A. Observer-based sliding mode impedance control of bilateral teleoperation under constant unknown time delay, *Robotics and Autonomous Systems*, 55(8), 609-617, 2007.
- [15] Soyguder S., Abut T. Haptic industrial robot control with variable time, *Industrial Robot: An International Journal*, 43:4 390-402, 2016.
- [16] Abut T., Soyguder S. Real-time control and application with self-tuning PID-type fuzzy adaptive controller of an inverted pendulum, *Ind.Robot*, 46:1 159-170, 2019.
- [17] Hüseyinoğlu M., Abut T. Dynamic Model and Control of 2-Dof Robotic Arm, *European Journal of Technique*, 8:2 141-150, 2018.
- [18] Abut T., Soyguder S. Interface Design and Performance Analysis for a Haptic Robot, *Mus Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6:2 553-560, 2018.
- [19] Abut T., Soyguder S. Tek Serbestlik Dereceli Bir Teleoperasyon Sisteminde Kontrol Yöntemlerinin Performans Karşılaştırılması, *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31:2 507-517, 2019
- [20] Ziegler J.B., Nichols N.B. The classic original paper: Optimum settings for automatic controllers, *ASME Transactions*, 64. 759-768, 1942.

## Influence of Fuel Types and Combustion Environment on Emission of VOCs from Combustion Sources: A Review

Ömer Arslan<sup>1</sup>, Bülent Özdalyan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mechanical Engineering Department, Engineering-Architecture Faculty, Muş Alparslan University, Muş, Türkiye

<sup>2</sup>Mechanical Engineering Department, Engineering-Architecture Faculty, Muş Alparslan University, Muş, Türkiye

✉: oyusufoglu@hotmail.com,  0000-0003-4190-5271,  0000-0002-7711-6357

Received (Geliş): 28.05.2020

Revision (Düzelme):08.06.2020

Accepted (Kabul): 10.06.2020

### ABSTRACT

Volatile Organic Compounds (VOCs) are toxic or or carcinogenic, as well as creating photochemical fumes in the presence of sunlight, damaging the environment. In this study, the damages of VOCs to the environment and human health are discussed first. In addition, the definition and classification of the VOC of important international bodies are given in detail and the VOCs that are considered the most harmful and subject to legislative purposes in the context of this definition and classification are examined. Then, the harmful and abundant of VOC species emitted by the power plants and internal combustion engines, which are the main subject of the study, were examined and the parameters affecting the emission of these emitted gases are discussed under separate titles. The parameters affecting the VOCs release in the combustion event vary depending on the fuel and combustion system. By determining the effects of these parameters on VOCs emission, necessary conditions were determined to reduce the emission of these harmful components. Thus, some insights were tried to be given about the reduction of VOC emissions that may occur by burning fossil fuels in thermal power plants and internal combustion engines.

**Keywords:** Combustion parameters, PAHs, Power stations, Toxic and carcinogens, Vehicles exhaust, VOCs

### Yakıt Türleri ve Yanma Ortamının Yanma Kaynaklarında Uçucu Organik Bileşiklerin (VOCs) Oluşumuna Etkisi: Derleme Bir Çalışma

### ÖZ

Uçucu Organik Bileşikler (VOCs) zehirleyici veya kanser yapıcı maddeler olmaları yanı sıra güneş ışığının varlığında fotokimyasal duman oluşturarak çevreye zarar verirler. Bu çalışmada ilk önce VOC'lerin çevreye ve insan sağlığına zararları tartışılmıştır. Peşi sıra önemli uluslararası kuruluşların VOC'i tanımı ve sınıflandırılması ayrıntılı bir şekilde verilmiş ve bu tanımlama ve sınıflandırma bağlamında yasama denetiminin tabi tuttukları en zararlı VOC'ler irdelenmiştir. Ardından çalışmanın ana konusu olan termik güç santralleri ile içten yanmalı motorlar tarafından çevreye salınan zararlı ve emisyonu yüksek VOC bileşenleri incelenmiş ve salınan bu zararlı gazların emisyonuna etki eden parametreler ayrı başlıklar altında ele alınmıştır. Yanma olayında VOC'lerin salınımını etkileyen parametreler, yakıt ve yanma sistemine göre değişiklik göstermektedir. Bu parametrelerin VOC'lerin salınımına etkilerinin tespitiyle bu zararlı bileşenlerin emisyonunun azaltılabilmesi için gerekli şartlar belirlenmeye çalışılmıştır. Böylece termik güç santralleri ile içten yanmalı motorlarda fosil yakıtların yanmasıyla oluşabilecek VOC emisyonlarının azaltılması konusunda bir fikir oluşturulmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji santralleri, PAHs, Taşıt egzozu, Toksik ve kanserojenler, VOCs, Yanma parametreleri

### INTRODUCTION

Volatile organic compounds (VOCs) are attracting considerable attention from scientific and governmental organisations because of their known impact on human health and environment. Therefore an increasing number of VOCs are already the subject of legislative control. These pollutants are emitted via two sources: one natural, the other anthropogenic. VOCs are very important precursors of tropospheric ozone and have the potential to affect quality of life and global climate change. Many of the primary VOCs and their oxidized products constitute a significant part of the secondary pollutants in urbanized areas. VOCs control the oxidation capacity of the troposphere, due to the rapid

reaction rates with the hydroxyl radical (OH). VOCs pollution caused by anthropogenic emission poses an increasingly serious concern for human health, environment and global climate. Among the main anthropogenic sources are motor vehicle exhaust emissions, industries, biomass and biofuel combustion, use of chemical solvents, etc. VOCs have a direct impact on the environment. However, they contribute indirectly through the formation of secondary organic aerosols in climate change. Even a very small amount of some of the VOCs can adversely affect human health. Therefore, it is necessary to determine the parameters affecting the emission by analysing the emission sources well. Emission of these harmful gases emitted

to the environment can be minimized through these parameters [1–3]. The main concern of this work is with stationary combustion units and vehicles. Since these two important sources comprise most of anthropogenic related emissions [2]. Especially the most abundant source of VOCs in cities is released from internal combustion engines to the environment. Combustion engines used in cars, ships, airplanes, power stations, etc. emit many air pollutants that have many different negative effects on public health and natural environment. One of the most important of these harmful gases is VOCs. Gasoline and diesel cars cause VOC emissions through the evaporation of fuel from gasoline vehicles in addition to emission of VOC from exhaust when operating [4–10].

According to Elsom, 32% of the volatile organic compounds in the urban areas of Australia are released into the environment by motor vehicles [11]. Wang et al. report that 46% volatile organic compounds in Beijing are caused by vehicle emissions [3]. Cai et al. also inform that VOCs emissions in Shanghai are caused by 25% emissions from vehicle exhausts [2]. Gaur et al. state that vehicular emissions are one of main sources of VOCs in urban areas in India [12]. The majority of VOCs emissions in Bursa (one of the largest industrial cities in Turkey) are released by traffic and industrial facilities [13]. Work of Yurdakul et al. showed that gasoline and diesel exhaust emissions main contribution to VOC concentrations in Ankara, Capital of Turkey [14]. From all these studies conducted in different countries of the world, it shows that the vast majority of human-induced VOCs emissions are caused by vehicles.

There are hundreds of compounds that can fall into the VOCs category. Therefore VOC definitions, limits and calculations are different all over the world according to different international bodies [15–17]. In this study, first of all different opinions of all these international organizations about VOCs are presented. The definition, classification and impact of most dangerous and abundant VOCs in the environment produced from anthropogenic sources will be explored. Their effects on human and environment will also be examined in detail. Afterwards on effect of parameters on VOCs release in power plants and internal combustion engines will be investigated thoroughly. Finally discussion and conclusion section will be introduced.

### Definition and Classification of VOCs

The literature survey revealed that there are many hundreds of compounds, which can come within the category of VOCs. VOC definitions, limits and calculations are different all over the world. The definition of VOCs from according to different international bodies as follows. For the United States Environmental Protection Agency (USEPA) the term VOC has a special regulatory meaning. This revised definition dated on 31 03 2009. It is defined in 40 CFR 51.100(s) as follows: "Volatile organic compounds (VOC) means any compound of carbon, excluding carbon monoxide, carbon dioxide, carbonic acid, metallic carbides or carbonates, and ammonium

carbonate, which participates in atmospheric photochemical reactions." After definition organic compounds which have negligible photochemical reactivity excluded from VOCs extensive possible species. This list includes mostly chlorofluorocarbons. The two most important organic compounds that are not classified as VOC are methane and ethane [15]. We can see similar definition of the Environment Canada. Here VOCs are defined under Schedule 1 (item 65) of the Canadian Environmental Protection Act. According to this definition "VOCs are organic compounds containing one or more carbon atoms that have high vapour pressures and therefore evaporate readily to the atmosphere" According to the Environment Canada "this definition excludes photochemically low-reactive compounds such as methane, ethane and the chlorofluorocarbons (CFCs)" [16]. Immediately following definition in the document it is mentioned that the most of programs in Canada pay attention to the 50 to 150 most abundant compounds containing 2 to 12 carbon atoms. Above two important definitions differs fundamentally from the EU description defined in the Solvents Directive (2004/42/EC) where "a VOC is any organic chemical with boiling point below 250°C at a standard atmospheric pressure of 101.3 kPa" [17]. To be given as grams VOC per litre product. From this definition it can be seen that reactivity is not taken for consideration.

One of the most prominent sources of VOCs is the polycyclic aromatic hydrocarbon species. PAHs may be divided two subclasses; volatile PAHs and non-volatile PAHs. Non-volatile PAHs, which are known collectively as Toxic Organic Micro-pollutants (TOMPS), will not be examined in this study, while volatile PAHs are dealt with under the VOCs title. Therefore, in this work the use of the PAH terminology refers to the volatile group, although such terminology has been applied in the literature to non-volatile matters as well.

Current interest in PAHs and soot has arisen from health concerns that some PAHs are carcinogenic agent and others may be mutagenic carcinogenic agent [18]. Considerable effort has been expended in recent years to identify reactions leading to ring formation in flames of aliphatic fuels [19, 20].

### Environmental Considerations and Health Effect Concerning VOCs

Natural biogenic VOCs emissions come from vegetation, trees, animals, forest fires and anaerobic processes in marshes and bogs. Human-made VOCs arise mainly from industrial process, oil refining, petrol storage and distribution, solvent usage, land-filled wastes, food manufacture, agriculture activities and combustion systems, especially motor vehicle exhausts and stationary industry combustion systems [21].

VOCs are both primary and secondary pollutants. Their anthropogenic emission cause concern in three main areas, ground level ozone formation, toxic or carcinogenic health effects and the ozone layer depletion and VOCs play a minor part in the global climate change [22]. However, the importance of the emissions of VOCs from anthropogenic activity in the

global tropospheric ozone is still being evaluated and their emissions are not considered significant when compared to the main 'greenhouse' gases, such as CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> [23].

### **The ozone layer depletion**

The stratospheric ozone layer protects the earth from the Sun's harmful ultraviolet radiation. Destruction of this ozone layer is feared to cause skin cancer and eye damage. Many VOCs are stable enough to persevere in the atmosphere and to resist the tropospheric removal processes and to reach the stratosphere [24].

### **Ground level ozone formation**

The formation of tropospheric ozone is the most significant environmental problem associated with VOCs. It is formed in a series of complex chemical reactions occurring between atmospheric oxygen, oxides of nitrogen (NO<sub>x</sub>) and VOC species in the presence of sunlight, generally in warm, still weather conditions. It can occur in greatly differing scales. The more reactive volatile organic species react fast, within a few hours, and therefore their effect can be observed close to the point of emission. The less reactive volatile organic compounds will disperse before reactions occur and they increase ozone concentrations beyond the borders of the source of the emissions. This ozone can be transported considerable distances in the air [25]. Low-level ozone is a hazard to human health, being an irritant to the respiratory system, which can produce asthma-like symptoms, particularly in children. At the same time it affects crops, and plants [22].

Not all VOCs emitted into the atmosphere contribute equally to ozone formation. Although all take part in the ozone-forming reactions, some substances are more reactive than others. Therefore it is crucial to find the role of each individual VOC with respect to ozone formation. The Photochemical Ozone Creation Potential (POCP) factor is a measure of how quickly a substance will react with nitrogen oxides to form ozone [26]. POCP used by the United States Environmental Protection Agency (USEPA) as a basic measure to compare reactivities of volatile compounds and according to this measurement more reactive volatile organic compounds are subjective primarily legislative purpose. However current "mass-based" legislation in Europe does not distinguish between the reactivities of different VOCs in terms of ozone creation potential. If further VOC reduction measures are to be considered, then replacing highly reactive VOCs with less reactive VOCs could be a more focused, cost and time effective approach.

### **Toxic or carcinogenic human health effects of VOCs**

VOCs can have important effects on human health through direct mechanisms and their indirect effects owing to photochemical ozone formation [18, 27–32]. Some VOCs affect the human senses through their odour, some employ a narcotic effect while certain species are toxic and some of them even have bad effect development of brain of newborn and young infants [27]. Here, the main concern focuses on long-term (chronic) exposure to low levels of VOCs, particularly

those that are known or suspected carcinogens (cancer-causing agents). Two basic classes of carcinogens are recognised as genotoxic and non-genotoxic. Genotoxic agents cause cancer by reacting directly with the hereditary material (DNA) within the cells, whereas non-genotoxic agents do not act directly on DNA, but exert their effects through other mechanisms. It appears that non-genotoxic agents only cause cancer once a certain threshold of exposure has been exceeded. In other words, it is possible to determine exposure levels, below which there is 'zero' risk. Genotoxic agents on the other hand are not thought to show such a 'threshold' effect, so it is theoretically impossible to define levels of exposure below which the risks are so low as to be undetectable by any feasible study. One of the best-studied VOCs with respect to cancer is benzene, which is a genotoxic carcinogen, associated with some cancers of the leukaemia variety [33]. Furthermore, the review of Stafford et al. on environmental exposures to organic compounds showed that chemical exposure to benzene during pregnancy may put mothers at a higher risk of giving birth to children with leukaemia [34]. Another VOC known or suspected as a carcinogen is 1,3-butadiene [22], potentially the most significant genotoxic carcinogen and widely distributed in the air (from combustion, specially exhaust fumes), being associated with certain types of leukaemia and lymphomas (cancer of the lymph system). Formaldehyde is another potential leukaemia generating carcinogen [34].

Many of the VOCs above are shown to possess carcinogenic agents. However, quantification of the risk due to environmental exposure to suspected agents is limited since it is difficult to reliably assess exposure levels [34].

### **Health Hazardous VOCs in Power Plants and Internal Combustion Engines**

It is noteworthy to determine environmentally most harmful VOCs in combustion processes. Literature review has been completed to be able to identify more harmful and abundant species in power plants and internal combustion engines. The important VOCs that emerge from these two sources will be discussed below under two semi-titles.

#### **Health hazardous VOCs in power plants**

It is necessary to identify the most abundant and hazardous VOCs in coal fired power stations. To this end an extensive literature survey has been completed to be able to tackle this issue more efficiently. However, the main problem faced in this area is a considerable lack of information [35–37]. This can be related to the majority of VOCs species are intermediate species of combustion products and therefore the difficulties in sampling and accurately determining volatile organics in real emissions [38].

The most abundant compounds are formaldehyde and acetaldehyde, aromatic and aliphatic hydrocarbons species especially toluene, benzene, ethyl-benzene, xylenes, and chlorinated hydrocarbons, but available data concerning the emissions of VOCs from power stations is incomplete and the most abundant product is found not to be the same in every power station [36].

Some of these compounds form during combustion and some of them are present in the fuel. For example, according to Garcia et al. the emission of aldehydes depends on the type of coal, but hydrocarbon emissions will increase with the load [36]. The implementation of the efforts to reduce the emissions of VOCs requires a fundamental knowledge of species emitted into the atmosphere in order to evaluate their local and global impact and the consequential development of suitable abatement technologies. On the other hand, the behaviour of VOCs depends on the option chosen for SO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub> control in an integrated pollution control system. It is therefore necessary to establish procedures for the optimal utilisation of coal with respect to the emissions of VOCs in plant using state-of-the-art SO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub> control points.

It is essential to emphasise that the main target should be defining important harmful VOC on the environment and health. Therefore, we need to compare effect of some operating conditions and other parameters to obtain the entire picture of the emissions level first. Later it should be looked at the perspective of the more dangerous species such as benzene, formaldehyde, acetaldehyde and 1,3-butadiene, rather than the abundant aliphatic hydrocarbon species (e.g. in oil), which are less harmful when compared with the above mentioned species [39].

#### **Health hazardous VOCs in internal combustion engines**

The six main aromatic hydrocarbon groups detected in vehicle exhaust emissions are benzene, toluene and their derivatives [40, 41]. According to Winebrake et al. vehicles are the biggest contributors of four important hazardous pollutants namely, benzene, 1,3 butadiene, acetaldehyde and formaldehyde [42]. Muezzinoglu et al. determined the daily pattern of VOC levels in İzmir (Turkey) city centre and discovered that toluene was the most abundant VOC and that xylenes, benzene and alkyl benzene were followed [43]. In addition, they determined that most of these emissions were caused by motor vehicle emissions. This is expected since benzene was highly correlated with other aromatic VOCs, toluene, xylene, and ethyl benzene, suggesting vehicles as primary contributors [44]. The above discussed studies and similar researches form an agreement on the most abundant VOCs that are released to the environment and at the same time scientists ally that these species dangerous to both human health and environment.

#### **Effect of Relevant Factors on Vocs Release in Power Plants**

The type of toxic organic substances emitted depends upon the fuel characteristics, boiler type and operating parameters. PAHs are formed more in the fuel-rich combustion regions than the lean flame zones. They can be spread as contaminants depending the operating conditions and design of the burner. Therefore, it is essential to determine the chemical and fluid dynamical mechanisms that lead to PAHs formation and destruction in power stations. However, it is quite

difficult to examine the chemistry of PAHs formation and reduction in the highly turbulent environment of a power plant [45].

Experimental studies on the observation of polycyclic aromatic ring formation in flames are inadequate since the presence of soot can make measurement difficult. Few modelling works has been developed as the complex chemistry and thermodynamics are not satisfactorily understood for flame modelling of PAHs and soot [46].

According to Bonfanti et al there are qualitative differences in the VOCs profiles only when there are strong variations in process parameters or in fuel characteristics [47]. Pisupati et al. used three different conditions to provide some foundation as to the effect of different parameters on the formation of incomplete hydrocarbon species for different fuels (such as natural gas, coal, coal-blend fuels), different operating conditions and different combustors [48]. They found that the most common VOCs in the flue gas of coal-fired power burners were PAHs.

In power combustion different kinds of mechanism can lead to different levels of VOC formation. Here we thoroughly examine the effect of parameter change on the formation of VOCs. Hence, we will analyse each of these parameters as a separate issue. These mechanisms are classified briefly below:

- Operating Conditions
- Effect of Fuel Type
- The Type of Combustor

#### **Effect of operating conditions on VOCs emission**

Harrison and Bonfanti et al. remarked that when combustion parameters are optimised for high combustion efficiency, VOC emissions decreased dramatically in the combustion chamber [38 and 47]. Furthermore, they revealed that when combustion efficiency was low more VOCs (especially PAH compounds) were observed. Moreover, they pointed out that when the firing rate was increased the concentration of VOC emissions decreased slightly and that when the swirl number was increased the VOCs emissions were sharply decreased. Essentially, they are observing the effects of turbulence with respect to decreasing VOCs emissions.

Important operating parameters on the efficiency of combustion are temperature, residence time and fuel particle size and the rate of air and fuel mixing. These parameters are influencing the formation and destruction of VOCs species [39].

#### *Temperature*

Concentrations of VOCs reduce very fast with increasing temperature and, theoretically, with efficient fuel mixing and adequate residence times. The temperature of most utility boilers (800-1500°C) would cause complete destruction of most PAH compounds [49]. Even single ring aromatic compounds tend to break up at temperatures above 1500°C, releasing small non-aromatic species [50]. However, according to [51], peak formation of the different PAHs in a flame is not only a function of temperature but it is also sensitive to fuel. The relationship between fuel content and

temperature is somehow interrelated for the determination of the peak formation of PAHs.

Pisupati et al. investigated the influence of combustor temperature in a bench-scale drop-tube reactor [48]. The results unveiled almost constant amounts of PAH in the solid phase, while the PAH concentrations in the vapour phase increased as a function of temperature. The PAH formation rate at around 1300°C was exceeded by the PAH oxidation rate and PAH yielding in the vapour phase began to reduce.

#### *Residence time and fuel particle size*

The particle size affects the combustion rate. Therefore, the residence time becomes a vital factor for unburned hydrocarbon destruction in the combustion zone. Burning of solid particles takes place in a series of repeated steps: combustion of volatile species close the surface of the particles accompanied by combustion of the residual solid composition. The bigger the particle, the more cycles required for complete burning and hence residence time becomes very vital. Therefore non-pulverised coal combustion boilers have higher unburned hydrocarbon emissions than pulverised coal combustors [39].

#### *The rate of air and fuel mixing*

There are two types of fuel combustion with regard to mixing; one is premixed fuel combustion and the other non-premixed (diffusion) flame. In coal combustion, unburned hydrocarbons can be yielded directly from the nature of the diffusion combustion. This can be related to the nature of very lean and very rich regions formed within the combustion chamber that do not back up fast burning [51]. Therefore, the air/fuel ratio and the turbulence, which causes the efficient mixing between air (oxygen) and fuel, affect the chemical nature of the fuel combustion. The mixing of the fuel and air is the most crucial element with regard to the efficiency of combustion and destruction of unburned hydrocarbons. Systems with frequent start-up and shut-down or non optimal operation due to variations in the supply of fuel or air will be afflicted by poor air/fuel ratios. A poor air supply can also result in a lowering of the combustion temperature. This results in incomplete combustion, which means more emissions going to the atmosphere [39]. Moreover, Pisupati et al. claimed that the PAHs emissions is reduced with an increase in the excess air rate, but they did not provide relevant information on optimisation of this rate in their work [48].

#### **Effect of the nature of the fuel on VOCs emission**

Coal is made up of a wide range of organic compounds. The molecular structure of coal is still not fully understood. Organic matter is released during the heating of coal to 300°C. It is assumed that pyrolysis does not occur at this temperature. The amount of volatile matter decreases as the carbon constituents of the coal increases with the ageing process that starts with peat, lignite or brown coals, ranging through sub-bituminous and bituminous to anthracitic coals that are primarily used for metallurgical processes. This evidence, along with evidence that there is an increase in the average PAH ring size with increasing coal rank

and hydrocarbons in coal, becomes increasingly aromatic by the coalification process.

Since coal is a hydrocarbon mineral, inefficient combustion or utilisation of coal leads to the emissions of organic compounds to the environment. Hundreds of organic compounds have been identified. For ease of study, groups of compounds such as VOCs and PAHs have been classified based on chemical or physical properties. However, such groups are often poorly defined. It is easier to study emissions from activities such as coal combustion in terms of a group of organic compounds rather than trying to identify and quantify many individual compounds.

Garcia et al. concluded from a study on several coal-fired power stations that the fuel type had less impact on hydrocarbon emissions than the load or the burner type and emphasised that no significant trend between emissions and coal type could be established [36]. Later on Pisupati et al. supported this observation [48]. Furthermore, according to Brooks PAHs formation depends upon the carbon to the hydrogen ratio of the fuel and its molecular structure [52]. The more aromatic PAH type compounds already present in the fuel the more likely that such compounds and the derivatives of such compounds will be released. However, Chagger et al. supported the idea of fuel having less effect on exit emissions when compared to the operating conditions, but they also suggested the formation of different peak VOCs in the flame may be the result of the combined effects of the nature of the fuel and temperature [51].

In inefficient combustion systems some compounds present in the fuel may be released in the same form as in the fuel. Simple pyrolysis may also release single or multiple ring compounds, which were originally present as larger molecules in the fuel or as part of the complex fuel matrix. The addition of small ring systems, either from small precursors present in the original fuel or from pyrolysis products, may occur. Although combustion degrades the large aromatic structures, these structures may reform in the combustion zone or elsewhere in combustion system. The formation of organic compounds from elemental sources is also possible in rich flames or at lower temperatures [50].

Pisupati et al. revealed that there are no significant emissions differences with regard to the fuel type or form found in the PAHs compounds [48]. However, Bonfanti et al. show when coal has different values of volatile matter for a fixed carbon ratio, it exhibits significant differences in behaviour with respect to the formation of incomplete combustion products [47].

Bonfanti et al. compared pulverised coal with oil for PAHs emissions and they observed that the average emissions from coal combustion were around 10% of those from oil combustion [47]. During the combustion of pulverised coal, as long as the process conditions are well-optimised, the total levels of VOCs are much smaller compared to oil combustion (an averaged reduction of around two times). This reduction is mainly due to a decrease in aliphatic hydrocarbons, which are of smaller environmental concern than aromatics. On the other hand, the influence of the process parameters on VOC emissions is much more important in coal combustion than that of oil [47]. However, Garcia et al.



suggest that the effluent emissions seem to be of the same order of magnitude for oil-fired and coal-fired power stations, although there are incompatible results for a number of compounds [36]. For certain compounds, the effluent is more abundant with coal, for some others it is the opposite. From this point of view the only one agreement that can be drawn from the work of Garcia et al. and Bonfanti et al. is that there are different VOCs species emitted from coal and oil combustion [36, 47]. Garcia et al. mainly concentrated on the identification of specific species in both fuels [36] while Bonfanti et al. emphasised on the amount of the overall emission [47]. Optimal integration between different pollutants mechanism is vital in order to prevent adverse effect on the formation of the other types of pollutant. Masclet et al. suggest that combustion modifications to reduce NOx emissions from coal-fired power stations can sometimes lead to an increase in the PAHs emissions but a decrease in the nitro-PAH derivatives [35]. That is why the overall optimisation of parameters is essential for minimising the emission of VOCs, SOx, and NOx, respectively.

#### **Effect of the type of combustor on VOCs emission**

Temperatures in fluidised bed combustion (FBC) systems are predominantly lower (between 800-900°C) than pulverised coal fired boilers. These lower temperature values and other combinations of combustion characteristics of the FBC may result in more unburned hydrocarbon being released. According to Citiroglu et al. the average emissions of unburned hydrocarbons from fluidised beds (<200ppb) are higher than those from other types of coal combustion (<30ppb) [53]. Chadwick et al. found that emissions of PAHs from fluidised beds are significantly higher than even industrial systems [54]. Furthermore, Chagger et al. examined the affect of coal volatile composition, air /fuel ratio, temperature-time history on pollutant formation [49]. They used the above parameters for both pulverised coal and fluidised bed combustion. They suggested that in coal combustion significant products of VOCs may be released into the atmosphere in the case of incomplete combustion from coal fired combustors. They observed an important difference between pulverised coal and fluidised bed combustion even though they do not give any comparison values with respect to the emission of VOCs between these two combustor types. In fluidised bed combustion there is weak relation between the coal rank and the nature of PAH emissions, but in pulverised combustion it was difficult to establish this kind of claim. Moreover, Masclet et al. claimed that liquid fuel fired power stations emit more pollution in the form of significant amounts of pyrene, which is reputed to be particularly carcinogenic in the form of its derivatives [35]. Moreover, Masclet et al. suggest that it should not be generalised any specific emission only with respect to the type of power stations since a combination of combustion conditions, the characteristics of the fuel and type of furnace give a more realistic picture on emissions [35].

#### **Effect of Parameters on VOCs Release from Vehicular Sources**

There are many sources of important pollution such as NOx, SOx, unburned hydrocarbons (VOCs and PAHs) and particulate matter in our breathing atmosphere that is caused by the technology people use. One of these sources, perhaps the most, is caused by harmful unburned hydrocarbons. The results of many scientific researchers have shown that vehicle emissions are one of the most important factors underlying this source [2, 12, 55]. The fuels used by vehicles are complex blends containing very large number of chemical species, and the composition of these fuels has been improved significantly over the past century with the development of internal combustion engines. In this way, harmful emissions are minimized and energy efficiency is tried to be maximized. Vehicle emissions consist of VOCs, CO, NOx and PM. Emissions are dependent on both internal combustion engine operating parameters such as engine temperature, speed, load, air/fuel ratio and spark timing as well as fuel type. These emissions arise from complex interaction mechanisms between fuel and internal combustion engine parameters. The amount and constitution of emissions from the vehicle exhaust pipe depends on engine equipment, operating conditions, after-treatment catalysts and fuel types. Engine and after-treatment factors are generally bigger than fuel types. But it should be remembered that engine and after-treatment equipment may need certain fuel characteristics [56]. As a result, the best expectations to achieve the highest efficiency and lowest emissions are to optimize the entire engine, fuel and after-treatment system.

Mobile motor vehicles are the biggest source of direct VOCs emission discharged into the environment. Although some VOCs are not included in the content of gasoline or diesel fuels, they can be released into the environment as intermediate compounds as a result of incomplete combustion. Incomplete combustion occurs if there is not enough air or time or the adequate high temperature to burn all the fuel in an engine cylinder [57]. Due to the high power and high acceleration rates, full combustion does not occur in car engines. Pyrolysis may be activated if there is a lack of air in the combustion process. This thermal decomposition process initiates the formation of intermediate hydrocarbons species that do not initially exist in fuel [58]. This also shows how many aromatic hydrocarbons, such as benzene, toluene, xylene, are yielded. Aromatic hydrocarbons are an important species of motor vehicle exhaust emissions. The six main aromatic hydrocarbon groups observed in vehicle exhaust emissions are benzene, toluene, xylene, ethyl-toluene, ethyl-benzenes and tri-methyl benzenes [40, 41]. All of these chemical species are dangerous to environment and human health. All mobile vehicles have the potential to generate these compounds due to incomplete combustion. In other words, the amount of emission of VOCs relies on the constituent of the fuel, the engine type, the operating temperature, the emission control technique used and the age and state of the vehicle. It may be expected that some VOC types emissions from automotive sources will continue to

change; Automotive emission control technology and efforts to improve gasoline or diesel fuel quality will lead to a reduction in the release of volatile organic compounds (VOC) into the environment [55]. Determining which parameters affect VOCs emissions in motor vehicles is necessary to reduce emissions further. The formation of VOCs with changing operational parameters, nature of fuel and fuel composition, which are believed to affect the formation or reduction processes, will be examined thoroughly below.

#### **Effect of operating conditions on VOCs emission**

The working conditions of the vehicles may change depending on the seasons, geographical conditions of the roads, their load and driving style and duration. For example, a loaded vehicle needs to reach the ideal operating temperature in order to gain acceleration on an uphill slope, and this can only be achieved with a rich mixture. Since the combustion speed of the rich mixture is higher, it is more suitable for the increasing speed of the engine. With the rich mixture, the efficiency (power) of the combustion per unit time increases while the efficiency (torque) of the combustion in a cycle decreases, so that the unburned harmful emission, such as VOCs, discarded in the atmosphere increases. Using internal combustion engines at maximum torque speeds can limit VOCs emissions from vehicles to the atmosphere [59, 60].

#### **Effect of the temperature on VOCs emission**

Cooling systems are used to keep the temperature of the engine within the safe range specified in the factory while keeping ideal operating temperature conditions. However, increasing compression ratios and engine torques increase the temperature of combustion in the combustion chambers ( $> 1600^{\circ}\text{C}$ ) while is reducing emissions of VOC species. However this is increasing the formation of NO<sub>x</sub> compounds, an important harmful combustion product. NO<sub>x</sub> is especially seen in the emissions of diesel engines. To avoid NO<sub>x</sub> emissions, the number of diesel engines with low compression ratios and revolutions needs to be increased. Therefore integrated approach should be used for different class of harmful gas emission (such as VOCs, NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub>) in internal combustion engines [61, 62].

#### **Effect of the fuel type on VOCs emission**

Incomplete combustion is main sources of VOCs, PAHs and other unburned hydrocarbon species in internal combustion engines. Fuel properties itself is one of an important factor for efficient combustion. Nowadays, fuel refineries add many additives to the fuel in order to develop fuel that less damages the environment as much as possible and can burn fully. Fuels used in internal combustion engines are being improved day by day with Octane and Cetane numbers, lower heat values, densities, evaporation properties as well as some added substances [63]. Increasing the properties of the fuels and the changes made in the fuel equipment, efforts are made to establish a homogeneous mixture that will ensure complete combustion. New systems are being developed, both in terms of the amount and proportion

of fuel/air introduced into the combustion chamber, as well as to achieve the desired combustion speed at every corner of the combustion chamber simultaneously. However, diesel engines always work with poor mix. Although partially rich concentrations occur in the areas where the fuel is sprayed within the combustion chambers, the delay in the evaporation of the fuel does not allow full combustion by prolonging the combustion time. Although some VOCs are not included in the content of gasoline or diesel fuels, they can be released into the environment as intermediate compounds as a result of incomplete combustion. Winebrake et al. compared VOC and carbonyl emissions for conventional gasoline powered vehicles against alternative fuels, such as rearranged gasoline, natural gas, ethanol and liquid petroleum gas [42]. They found that newer fuels produce generally less benzene and other aromatic VOCs emissions. However, they found that ethanol and compressed natural gas cause greater emissions of formaldehyde and acetaldehyde.

#### **Effect of the type of internal combustion engines on VOCs emission**

Type of the engines and shape of the combustion chambers affect the combustion of the fuel. Homogeneously mixed stoichiometric fuels contribute to reduce unburned hydrocarbon species such as VOCs and PAHs as the combustion efficiency is high. For this reason before the air/fuel mixture goes into the combustion chambers, turbulence must be produced inside the intake manifold. Proportional turbo systems with different cross-sections and turbulence-forming intake manifold designs, variable compression ratios and variable valve system timing and all changes made in the shape of the combustion chamber are designed to increase the efficiency of combustion by forming a homogeneous mixture. Optimization studies are carried out to increase the speed of the engine. Thus, the power produced by engines per unit mass increases day by day [64, 65].

#### **Effect of the after combustion systems on VOCs emission**

Technological improvements in internal combustion engines bring to various control systems before and after the combustions. In gasoline engines, the stoichiometric air / fuel ratio can be controlled momentarily according to the need, while in diesel engines, combustion occurs by the amount of fuel injected into the excess air. In diesel engines, rich mixture can occur in areas where the fuel injected into the combustion chamber can be homogenized by evaporation and turbulence. In the combustion chamber there is always a poor mixture in the volume outside the place where the fuel is sprayed and the combustion time is prolonged. The main aim is the stoichiometric rate of air/fuel mixture to be getting into the combustion chambers to burn completely. Homogeneously mixed necessary amount of air/fuel mixture can be totally burn fast enough to not produced chemically undesired gases such as VOCs [66]. While the gases coming out of the combustion chamber discharge their energy onto the turbo system; it is also possible to burn the gases which

have not been fully reacted by the catalytic converter and ad-blue systems following the exhaust manifold. Thus, efforts are made to limit the emission of VOCs, PAHs, PM and NO<sub>x</sub> derivatives that accumulate in the atmosphere. Although measures are taken before, during and after combustion and emission controls are increased, the amount of gases discharged from these vehicles to our atmosphere cannot be reduced due to the increase in the number of vehicles day by day [67].

## CONCLUSIONS and DISCUSSION

The combustion of fuel in power stations and internal combustion engines especially vehicles lead to the emission of important hazardous of VOCs into the environment. These products of incomplete combustion pose a risk to both environment and human health. There are extensive possible VOCs species exist in combustion phenomena. Therefore, it is necessary to identify the most abundant and hazardous VOCs in these sources. Organic compounds may be released from combustion systems as intact fuel, as decomposition products of larger molecules, or as products of the interaction of precursor molecules. The final products are determined by the fuel type, operating parameters and combustion conditions. High temperatures with lean burn result in the destruction of organic molecules, while low temperatures and excess air levels allow PAHs to form. Long residence times in the combustion zone allow efficient organic destruction, while long residence times in cooler areas enhance reformation. Furthermore fuel properties affect the emission of pollutants. For example, the more aromatic compounds present in the fuel, the more likely that derivatives of such compounds, may be released into environment. Optimal integration between VOCs and other pollutants is vital in order to prevent adverse effect on the formation of the other types of pollutant. Sometimes combustion modifications to reduce some pollutants such as NO<sub>x</sub> emissions can lead to an increase in the PAHs emissions but a decrease in the nitro-PAH derivatives. That is why the overall optimisation of parameters is essential for minimising the emission of VOCs, PM, SO<sub>x</sub>, and NO<sub>x</sub>, respectively.

In this study, general principles were tried to be established on VOC emission arising from vehicles. Since operating and experimental sampling conditions have a major impact on the exhaust gas composition of internal combustion engines. The studies must meet the same conditions, so it is possible to make comparisons. Therefore, caution should be exercised when comparing the literature results [68]. It is attempted to minimize the damages of emissions from vehicles to the atmosphere with the improvements in the fuel characteristics used in internal combustion engines, enhancements in the physical characteristics of the engine and the advances in its side systems. Increasing technological developments are insufficient to reduce the lasting effect of the emissions. In the near future, countries with very large and populated cities will have to impose

increasingly stringent rules to limit or prohibit the use of diesel engines as a precaution against pollution in their atmosphere. Recently many countries are restricted to use of passenger vehicles operated with diesel engines.

It can be concluded that investigation of emissions of hazardous VOCs is very important since they are carcinogenic and the same time very harmful to environment, especially VOCs play a key role ground level ozone formation. In this study, VOC emissions from power stations and vehicles are examined thoroughly, as they are responsible about half of the VOC emissions generated by anthropogenic sources. In this paper the effect of parameters, fuel types and combustion environment on VOCs emissions are investigated. This work may help to have over all ideas of how each of these parameters affects emissions of VOCs on combustion sources. Therefore this could be a helpful review for researchers working on reducing VOC emissions from combustion sources and it may be a helpful guidance for some government employees working on preventive measurements on VOCs.

**NOTE:** A part of this paper was previously presented at the "13th International Combustion Symposium" in Bursa on September 9-11, 2015 [69].

## DEDICATION

This paper is dedicated to the memory of the co-author, Prof. Dr. Bülent Özdalyan, who recently passed away.

## REFERENCES

- [1] Sahu L.K. Volatile Organic Compounds and their Measurements in the Troposphere, *Curr Sci.*, 102:12 1645-1649, 2012.
- [2] Cai C., Geng F., Tie X., Yu Q., An J. Characteristics and Source Apportionment of VOCs Measured in Shanghai, China, *Atmos Environ*, 44:38 5005-5014, 2010.
- [3] Wang M., Shao M., Chen W., Yuan B., Lu S., Zhang Q. Validation of Emission Inventories by Measurements of Ambient Volatile Organic Compounds in Beijing, China, *Atmos Chem Phys Discuss*, 13:10 26933-26979, 2013.
- [4] Schauer J.J., Kleeman M.J., Cass G.R., Simoneit B.R.T. Measurement of Emissions from Air Pollution Sources. 2. C1 through C30 Organic Compounds from Medium Duty Diesel Trucks, *Environ Sci Technol*, 33:10 1578-1587, 1999.
- [5] Siegl W.O., Hammerle R.H., Herrmann H.M., Wenclawiak B.W., Luers-Jongen B. Organic Emissions Profile for a Light-Duty Diesel Vehicle, *Atmos Environ*, 33 797-805, 1999.
- [6] Lloyd A.C., Cackette T.A. Diesel Engines: Environmental Impact and Control, *J Air Waste Manage Assoc*, 51 809-847, 2001.
- [7] Maricq M.M. Chemical Characterization of Particulate Emissions from Diesel Engines: A Review, *J Aerosol Sci*, 38:11 1079-1118, 2007.
- [8] Yamada H. Contribution of Evaporative Emissions from Gasoline Vehicles toward Total VOC Emissions in Japan, *Sci Total Environ*, 449 143-149, 2013.
- [9] Inomata S., Yamada H., Tanimoto H. Investigation on VOC Emissions from Automobile Sources by Means of Online Mass Spectrometry, *Curr Pollut Reports*, 2:3 188-199, 2016.
- [10] European Environment Agency (EEA). Air Quality in Europe 2019, Copenhagen, 2019.

- [11] Elsom D.M. Air Quality Management-Highlighting Good Practice, *Clean Air Environ Qual*, 38:1 36-43, 2004.
- [12] Gaur M., Singh R., Shukla A. Volatile Organic Compounds in India: Concentration and Sources, *J Civ Environ Eng.*, 6:5 1-7, 2016.
- [13] Civan M.Y., Kuntasal Ö.O., Tuncel G. Source Apportionment of Ambient Volatile Organic Compounds in Bursa, a Heavily Industrialized City in Turkey, *Environ Forensics*, 12:4 357-370, 2011.
- [14] Yurdakul S., Civan M.Y., Tuncel G. Volatile Organic Compounds in Suburban Ankara Atmosphere, Turkey: Sources and Variability, *Atmos Res.*, 120:121 298-311, 2013.
- [15] USEPA. Technical Overview of Volatile Organic Compounds, Available from: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/technical-overview-volatile-organic-compounds>, Retrieved August 30, 2018.
- [16] Environment Canada. Volatile Organic Compounds Overview, Available from: <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/managing-pollution/sources-industry/volatile-organic-compounds-consumer-commercial/overview.html>, Retrieved August 30, 2018.
- [17] EUR-Lex. Directive. EUR-Lex. Directive 2004/42/CE of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004, Available from: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1435853829678&uri=CELEX:32004L0042>, Retrieved August 30, 2018.
- [18] Yang M. A Current Global View of Environmental and Occupational Cancers, *J Environ Sci Heal Part C*, 29 223-249, 2011.
- [19] Frenklach M., Wang H. Detailed modelling of PAH Profiles in a Sooting Low-pressure Acetylene Flame, In (Ed: Bockhorn H.). *Soot Formation in Combustion*. Springer: Heidelberg, p. 165-192, 1994.
- [20] Miller J., Melius C. Kinetic and Thermodynamic Issues in the Formation of Aromatic-Compounds in Flames of Aliphatic Fuels, *Combust Flame*. 91 21-39, 1992.
- [21] Derwent R. Hydrocarbons in the Atmosphere: Their Sources, Distributions and Fates, In (Eds: Leslie G., Perry R.), *VOCs in the Environment*, Proceedings of the International Conference, Lonsdale Press Ltd: London, 1993.
- [22] Murlis J. Volatile Organic Compounds: UK Policy, In (Eds: Leslie G., Perry R.), *VOCs in the Environment*, Proceedings of the International Conference, Lonsdale Press Ltd: London, 1993.
- [23] Sandroni S., Anfossi D. Historical Data of Surface Ozone at Tropical Latitudes, *Sci Total Environ.*, 148 23-29, 1994.
- [24] Tsani-Bazaca E, De Saeger E. Comparative Evaluation of VOC Measurements in Some EEC Laboratories, In (Eds: Leslie G., Perry R), *VOCs in the Environment*, Proceedings of the International Conference. Lonsdale Press Ltd: London, 1993.
- [25] Derwent R., Jenkin M. Hydrocarbons and Long-Range Transport of Ozone and PAN Across Europe, *Atmos Environ*, 25A 1661-1678, 1991.
- [26] Derwent R., Jenkin M., Saunders S. Photochemical Ozone Creation Potentials for a Large Number of Reactive Hydrocarbons under European Conditions, *Atmos Environ*, 30 181-199, 1996.
- [27] Schroeder H. Developmental Brain and Behavior Toxicity of Air Pollutants: A Focus on the Effects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), *Crit Rev Environ Sci Technol*, 41 2026-2047, 2011
- [28] Claxton L. The History, Genotoxicity and Carcinogenicity of Carbon-Based Fuels and their Emissions: Part 2: Solid Fuels, *Mutat Res*, 762 108-122, 2014.
- [29] Claxton L. The History, Genotoxicity and Carcinogenicity of Carbon-Based Fuels and their Emissions: Part 1. Principles and Background, *Mutat Res.*, 762 76-107, 2014.
- [30] Claxton L. The History, Genotoxicity and Carcinogenicity of Carbon-Based Fuels and their Emissions: Part 3: Diesel and Gasoline, *Mutat Res*. 763 30-85, 2015.
- [31] Claxton L. The History, Genotoxicity and Carcinogenicity of Carbon-Based Fuels and their Emissions: Part 5. Summary, Comparisons, and Conclusions, *Mutat Res*, 763 103-147, 2015.
- [32] Claxton L. The History, Genotoxicity and Carcinogenicity of Carbon-Based Fuels and their Emissions: Part 4- Alternative Fuels, *Mutat Res*. 763 86-102, 2015.
- [33] Zhou J., You Y., Bai Z., Hu Y., Zhang J., Zhang N. Health Risk Assessment of Personal Inhalation Exposure to Volatile Organic Compounds in Tianjin, China *Sci Total Environ*, 409 452-459, 2011.
- [34] Stafford D., West R., White A. Review of Occupational and Environmental Exposures to Organics and Associations with Leukaemia and Preleukaemia. In (Eds: Leslie G., Perry R.), *VOCs in the Environment*, Proceedings of the International Conference, Lonsdale Press Ltd: London, 1993.
- [35] Masclet P., Bresson M., Mouvier G. PAHs Emitted by Power Stations, and Influence of Combustion Conditions, *Fuel*, 66 556-562, 1987.
- [36] Garcia J., Beyne-Masclet S., Mouvier G., Masclet P. Emissions of Volatile Organic Compounds by Coal-Fired Power Stations, *Atmos Environ*, 26A: 1589-1597, 1992.
- [37] Miller C., Srivastava R., Ryan J. Emissions of Organic Hazardous Air-Pollutants from the Combustion of Pulverized Coal in a Small-Scale Combustor, *Environ Sci Technol*, 28 1150-1158, 1994.
- [38] Harrison P. In *Flame Measurement of Specific VOCs from Combustion of Pulverized Fossil and Renewable Fuels*, Imperial College London, 2002.
- [39] Arslan O. Modelling Emissions of Volatile Organic Compounds (VOCs) in Modern Power Plants, Imperial College London, 2002.
- [40] Jenkin M.E., Saunders S.M., Wagner V., Pilling M.J. Protocol for the Development of the Master Chemical Mechanism, MCM v3 (Part B): Tropospheric Degradation of Aromatic Volatile Organic Compounds, *Atmos Chem Phys.*, 3:1 181-193, 2003.
- [41] Saunders S.M., Jenkin M.E., Derwent R.G., Pilling M.J. Protocol for the Development of the Master Chemical Mechanism, MCM v3 (Part A): Tropospheric Degradation of Non-Aromatic Volatile Organic Compounds, *Atmos Chem Phys.*, 3:1 161-180, 2003.
- [42] Winebrake J.J., Wang M.Q., He D.Q. Toxic Emissions from Mobile Sources: a Total Fuel-Cycle Analysis for Conventional and Alternative Fuel Vehicles, *J Air Waste Manage Assoc.*, 51 1073-1086, 2001.
- [43] Muezzinoglu A., Odabasi M., Onat L. Volatile Organic Compounds in the Air of Izmir, Turkey, *Atmos Environ.*, 35:4 753-760, 2001.
- [44] Caudill M. Multivariate Receptor Modeling Applied to PM<sub>2.5</sub> and Air Toxics Monitoring Sites in the Midwest, 2010.
- [45] Melius C., Colvin M., Marinov N., Pitz W., Senkan S. Reaction Mechanisms in Aromatic Hydrocarbon Formation Involving the C<sub>5</sub>H<sub>5</sub> Cyclopentadienyl Moiety, In 26th Symposium (International) on Combustion, 685-692, 1996.
- [46] Castaldi M., Marinov N., Melius C., Huang J, Senkan S., Pitz W. Experimental and Modeling Investigation of Aromatic and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Formation in a Premixed Ethylene Flame, In 26th

- Symposium (International) on Combustion, 693-702, 1996.
- [47] Bonfanti L., Demichele G., Riccardi J., Lopezdoriga E. Influence of Coal Type and Operating Conditions on the Formation of Incomplete Combustion Products. Pilot Plant Experiments, *Combust Sci Technol.*, 101 505-525, 1994.
- [48] Pisupati S., Wasco R., Scaroni A. An Investigation on Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Emissions from Pulverized Coal Combustion Systems. *J Hazard Mater*, 74:1 91-107, 2000.
- [49] Chagger H., Jones J., Pourkashanian M., Williams A., Owen A., Fynes G. Emission of Volatile Organic Compounds from Coal Combustion, *Fuel*, 78 1527-1538, 1999.
- [50] Sloss L., Smith I. Organic Compounds from Coal Utilisation. London, 1993.
- [51] Chagger H., Jones J., Pourkashanian M., Williams A. The Nature of Hydrocarbon Emissions Formed During the Cooling of Combustion Products, *Fuel*, 76:9 861-864, 1997.
- [52] Brooks G. Air Toxic Emissions from Coal and Oil Combustion Sources, Research Triangle Park, NC, 1989.
- [53] Citiroglu M., Yardim M., Ekinci E. Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in Cyclone and Bottom Ashes in a Fluidised Bed Combustor. In: *FBC Technology and the Environmental Challenge*. In Proceedings of the Institute of Energy's 5th International Fluidised Combustion Conference, Adam Hilger, 311-318, 1991.
- [54] Chadwick M., Highton N., Lindman N.(Eds). The Environmental Significance of Coal-derived Carbon Compounds. In *Environmental Impacts of Coal Mining Utilization*. Pergamon: Oxford, UK, p. 218-244, 1987.
- [55] Robert C. An Ecological Risk Assessment of Formaldehyde, *Hum Ecol Risk Assess An Int J*, 9:2 483-509, 2003.
- [56] Wallington T.J., Kaiser E.W., Farrell J.T. Automotive Fuels and Internal Combustion Engines: A Chemical Perspective, *Chem Soc Rev.*, 35-4 335-347, 2006.
- [57] Rubin E.S. Introduction to Engineering the Environment. McGraw-Hill: Boston, 2001.
- [58] Baumbach G. Air Quality Control. Springer Verlag: Berlin, 1996.
- [59] Lapuerta M., Martos F., Herreros J. Effect of Engine Operating Conditions on the Size of Primary Particles Composing Diesel Soot Agglomerates, *J Aerosol Sci.*, 38:4 455-466, 2007.
- [60] Rakopoulos C., Giakoumis E. Review of Thermodynamic Diesel Engine Simulations under Transient Operating Conditions, 2006.
- [61] Nam E., Kishan S., Baldauf R., Fulper C., Sabisch M., Warila J. Temperature Effects on Particulate Matter Emissions from Light-Duty, Gasoline-Powered Motor Vehicles, *Environ Sci Technol*. 44:12 4672-4677, 2010.
- [62] Takeyuki K., Bae M. High Combustion Temperature for the Reduction of Particulate in Diesel Engines, *SAE Trans.*, 97 692-701, 1988.
- [63] Vander Wal R., Mueller C. Initial Investigation of Effects of Fuel Oxygenation on Nanostructure of Soot from a Direct-Injection Diesel Engine, *Energy Fuels*, 20:6 2364-2369, 2006.
- [64] Germane G.J., Wood C.G., Hess C.C. Lean Combustion in Spark-Ignited Internal Combustion Engines-A Review, Presented at the October 31, 1983.
- [65] Soid S., Zainal Z. Spray and Combustion Characterization for Internal Combustion Engines Using Optical Measuring Techniques-A Review, *Energy*, 36:2 724-741, 2011.
- [66] Abu-Jrai A., Tsolakis A., Megaritis A. The influence of H<sub>2</sub> and CO on Diesel Engine Combustion Characteristics, Exhaust Gas Emissions, and after Treatment Selective Catalytic NOx Reduction, *Int J Hydrogen Energy*, 32:15: 3565-3571, 2007.
- [67] Reşitoğlu İ., Altinişik K., Keskin A. The Pollutant Emissions from Diesel-Engine Vehicles and Exhaust Aftertreatment Systems, *Clean Technol Environ Policy*, 17:1 15-27, 2015.
- [68] Pereira K.L., Dunmore R., Whitehead J., Alfarra M.R., Allan J.D., Alam M.S., Technical Note: Use of an Atmospheric Simulation Chamber to Investigate the Effect of Different Engine Conditions on Unregulated VOC-IVOC Diesel Exhaust Emissions, *Atmos Chem Phys.*, 18:15 11073-11096, 2018.
- [69] Arslan Ö. The Impact of the Release of VOCs and PAHs from Power Stations on the Environment and Human, 13th International Combustion Symposium, 9-11 September, Bursa-Türkiye, 2015.

## Yazım Kuralları

*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 **MSUFBD** 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.
- **MSUFBD**'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.



**MSUFBD**  
**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., Akın 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.
- **MSUFBD**'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/msufbd> elektronik adresi aracılığıyla editörümüzle bağlantıya geçilebilir.

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

## Instructions for Authors

**MSUFBD** 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 **MSUFBD** 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.
- **MSUFBD** 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

**MSUFBD**  
**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.
  - Aydın I., Karakose E., Karaköse M., Gençoğlu M.T., Akın 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/msufbd>.

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

## Değerlendirme Süreci

- **MSUFBD'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.
- **MSUFBD'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 çalışmalarıyla tanınmış iki hakeme gönderilir. **MSUFBD** 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.
- **MSUFBD'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 yayımları için ancak eşit ya da üst derecede akademik unvana sahip kişiler hakem olabilir.
- **MSUFBD'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.
- **MSUFBD'e** makale gönderen yazar/yazarlar, Derginin söz konusu hakem değerlendirme koşullarını ve sürecini kabul etmiş sayılırlar.
- **MSUFBD'de** yayımlanmasına karar verilen (kabul edilen) çalışmaların telif hakkı, Muş Alparslan Üniversitesi'ne devredilmiş sayılır.

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

**Peer Review Process**

- The papers that are sent to **MSUFBD** 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 **MSUFBD** 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. **MSUFBD** 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 **MSUFBD** 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 **MSUFBD** 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 **MSUFBD** 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 **MSUFBD** is transferred to Muş Alparslan University.

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

**Yayın İlkeleri**

- **MSUFBD**, 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.
- **MSUFBD**'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.
- **MSUFBD**'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.
- **MSUFBD**'e gönderilecek yazılar makale, çeviri ve kitap tanıtımı türünde olmalıdır. Dergimize gönderilen çeviri yazılar için, makale sahibinin yayın izni ve orijinal metin gereklidir.
- **MSUFBD**'e yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir.
- **MSUFBD**'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.
- **MSUFBD**'e Kış/Aralık ve Yaz/Haziran sayısı olmak üzere yılda iki defa düzenli olarak yayımlanmaktadır.
- **MSUFBD**'e gönderilen yazılara telif hakkı ödenmez. Yayımlanan makalelerin telif hakkı Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimler Dergisi'ne aittir.
- **MSUFBD**'de yayımlanan yazıların bilimsel ve hukuki sorumluluğu yazarlarına aittir.
- **MSUFBD**'de yer alan yazılardaki görüş ve düşünceler yazarlarının kişisel görüşleri olup derginin ve bağlı olduğu kurumların görüşlerini yansıtmaz.
- **MSUFBD**'e gönderilen çalışmalar, TÜBİTAK ULAKBİM'in DergiPark Sistemi (UDS) üzerinden elektronik ortamda gönderilmektedir. Bu sisteme <http://dergipark.gov.tr/msufbd> 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.



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

**Editorial Principles**

- **MSUFBD** 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.
- **MSUFBD** 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 **MSUFBD** 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 **MSUFBD** 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 **MSUFBD** are Turkish and English.
- The works that are sent to **MSUFBD** 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.
- **MSUFBD** is regularly published in Winter/December and Summer/June per year.
- No copyright payment is made for the papers that are sent to **MSUFBD**. The copyrights of the works that are published in **MSUFBD** are transferred to Mus Alparslan University Journal of Science.
- Scientific and legal liabilities of the articles published in **MSUFBD** belong to the authors.
- All the opinions and ideas indicated in the articles that are published in **MSUFBD** 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 **MSUFBD** are sent to TUBITAK ULAKBIM's DergiPark System (UDS) in electronical environment. This system can be accessed via <http://dergipark.gov.tr/msufbd> 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.

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

**Yazışma Adresi / Address**

Muş Alparslan Üniversitesi  
MSUFBD 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: <http://dergipark.gov.tr/msufbd>  
e-mail: [msufbd@alparslan.edu.tr](mailto:msufbd@alparslan.edu.tr)