

HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
AKADEMİK BİLİM DERGİSİ

HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY
JOURNAL OF ENGINEERING

Cilt:9

Sayı:1

Nisan 2024

e-ISSN: 2528-8733



Baş Editör

Prof. Dr. Kasım MERMERDAŞ, Harran Üniversitesi

Editörler

Prof. Dr. Kasım MERMERDAŞ, Harran Üniversitesi

Prof. Dr. Veysel GÜMÜŞ, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Fatih TÜYSÜZ, Northumbria University, UK

Doç. Dr. Oğuz ŞİMŞEK, Harran Üniversitesi

Dr. Abdülkadir GÜMÜŞÇÜ, Harran Üniversitesi

Mizanpaj Editörü

Arş. Gör. Latif Doğan DİNSEVER, Harran Üniversitesi

Dil Editörü

Öğr. Gör. Umut KURAN, Harran Üniversitesi

Alan Editörleri

Prof.Dr. Bülent YEŞİLATA, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Prof.Dr. Ahmet ALTUNCU, Dumlupınar Üniversitesi

Prof. Dr. Halit YAZICI, Dokuz Eylül Üniversitesi

Prof. Dr. Kasım YENİGÜN, Kastamonu Üniversitesi

Prof. Dr. Nermin ŞARLAK, Konya Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ramazan KARAKUZU, Dokuz Eylül Üniversitesi

Prof. Dr. Yeliz PEKBAY, Ege Üniversitesi

Prof. Dr. Yusuf ARMAN, Dokuz Eylül Üniversitesi

Prof. Dr. A. Alper ÖNER, Erciyes Üniversitesi

Prof. Dr. M. Sami AKÖZ, Çukurova Üniversitesi

Prof.Dr. Sinan UYANIK, Harran Üniversitesi

Prof. Dr. Kasım MERMERDAŞ, Harran Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa ÖZEN, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Osman ŞİMŞEK, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Ali YILDIRIM, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Deniz UÇAR, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Eyüp KARAOĞUL, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Fatih TÜYSÜZ, Northumbria University, UK

Doç. Dr. Oğuz ŞİMŞEK, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Mustafa ULUKAVAK, Harran Üniversitesi

Doç Dr. Serkan KAYA, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Hakkı GÜLŞEN, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Emin TENKEKİ, Harran Üniversitesi

Dr. Abdülkadir GÜMÜŞÇÜ, Harran Üniversitesi

Dr. Kerim KARADAĞ, Harran Üniversitesi

Dr. N. Göksu SOYDAN OKSAL, Mersin Üniversitesi

Dr. Yunus EROĞLU, İskenderun Teknik Üniversitesi

Dr. Kemal GÜNER, Harran Üniversitesi

Alan Editörleri (Cilt 9, Sayı 1)

Prof. Dr. Mustafa ÖZEN, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Ali YILDIRIM, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Serkan KAYA, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Hakkı GÜLŞEN, Harran Üniversitesi

Dr. Abdülkadir GÜMÜŞÇÜ, Harran Üniversitesi

Dr. Kemal GÜNER, Harran Üniversitesi

İletişim:

Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Osmanbey Kampüsü Haliliye, Şanlıurfa

Telefon: +90 414 318 3476

e-mail: muhendislik@harran.edu.tr

web: <https://dergipark.org.tr/humder>

e-ISSN: 2528-8733

Yayın Aralığı: 4 ay

HAKEM LİSTESİ / Reviewers List

9.Cilt 1.sayımızda yayınlanan makaleleri değerli zamanlarını ayırarak değerlendiren kıymetli hocalarımıza teşekkür ederiz.

We greatly appreciate the contributions made by the scientists, who worked as reviewers for Harran University Journal of Engineering.

Akın ÖZDEMİR
Emir Hüseyin ÖZDER
Hatice Kübra KAYNAK
Ahmet YILMAZ
Cihan ŞAHİN
Ali ERDUMAN
Nesrin İLGİN BEYAZİT
Refet KARADAĞ
Mehmet Bilal ER
Serdar ÇİFTÇİ
Ali KIRÇAY
Taner İNCE
Mehmet Azmi AKTACİR
Manolya Eser ÖNER
Mustafa BAYRAM

Araştırma Makaleleri (Research Articles)

- Şanlıurfa İlinde Bir Biyogaz Santralinin Üretim Kayıplarını Telafi Etmek için Fotovoltaik Tabanlı Yardımcı Kaynak ve Sistemlerin Kullanımı
Use of Photovoltaic Based Auxiliary Resources and Systems to Compensate Production Losses of a Biogas Plants in Şanlıurfa Province
Merve CİNİVİZ¹, Hasari KARCI² 01
- Sepiyolit / Bentonit Killerin Saflaştırılması ve Karakterizasyonu
Purification and Characterization of Sepiolite/Bentonite Clays
Gökhan CEYHAN¹, Eylem EROL² 10
- Ticari Kredilerde Bulanık-AHP ve TOPSIS Yardımıyla Risk Analizi
Risk Analysis in Trade Credits with Fuzzy AHP and TOPSIS
Necdet ORAL¹, Orhan ENGİN² 22
- Aktif Çamur Ünitelerinde Artan Organik Yük Karşısında Reaktör Hacmini Arttırmadan Uygulanabilecek Stratejiler
Strategies for Addressing Increasing Organic Load in Activated Sludge Units without Increasing Reactor Volume
Gülayşe ÖZKAYMAK¹, Arailym TAZHIEVA², Burkay BARCA³, Büşra AKTAŞ⁴, Ebru ACAR⁵, Miray ZEYBEK⁶, Yonca VAROL⁷, Zela ŞENER⁸, Tuba ÇOBAN⁹ 39

Derleme Makaleleri (Review Articles)

- A Review On The Antifungal, Antimicrobial And Antioxidant Effects Of Artichoke Leaf And Grapefruit
Enginar Kabuğu ve Greyfurt Ekstratının Antifungal, Antimikrobiyal ve Antioksidan Etkileri Üzerine Bir İnceleme
Feride DAŞNİK ŞEKER¹, Mutlu Buket AKIN² 50

HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
AKADEMİK BİLİM DERGİSİ

**HARRAN
ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK DERGİSİ**

HARRAN UNIVERSITY
JOURNAL OF ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

Şanlıurfa İlinde Bir Biyogaz Santralinin Üretim Kayıplarını Telafi Etmek için Fotovoltaik Tabanlı Yardımcı Kaynak ve Sistemlerin Kullanımı

Use of Photovoltaic Based Auxiliary Resources and Systems to Compensate Production Losses of a Biogas Plants in Şanlıurfa Province

Yazar(lar) (Author(s)): Merve CİNİVİZ¹, Hasari KARCI²

¹ ORCID ID: 0009-0005-1033-8333

² ORCID ID: 0000-0002-2433-043X

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Ciniviz M., Karcı H., “Şanlıurfa İlinde Bir Biyogaz Santralinin Üretim Kayıplarını Telafi Etmek için Fotovoltaik Tabanlı Yardımcı Kaynak ve Sistemlerin Kullanımı”, ***Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi***, 9(1): 01-09, (2024).

DOI: 10.46578/humder.1403231



Şanlıurfa İlinde Bir Biyogaz Santralinin Üretim Kayıplarını Telafi Etmek için Fotovoltaik Tabanlı Yardımcı Kaynak ve Sistemlerin Kullanımı

Merve CİNİVİZ¹, Hasari KARCİ²

¹Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Haliliye/ŞANLIURFA

²Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Haliliye/ŞANLIURFA

Öz

Biyogaz santrallerinde kullanılan biyogaz jeneratörleri elektrik dağıtım şebekesi ile senkronize bir şekilde çalışır. Şebekede yaşanan arızalar sonucunda oluşan gerilim dalgalanmaları biyogaz jeneratörlerinde ani duruşlara neden olur. Ani duruşlar biyogaz jeneratörünün zarar görmesine ve elektrik üretiminin kesintiye uğramasına neden olur. Bu makalede Şanlıurfa ilindeki bir biyogaz santralinin enerji ihtiyacını kesintisiz olarak karşılamak için biyogaz santrali ve fotovoltaik sistemden oluşan hibrit bir sistemin tasarım ve analizi yapılmıştır. Hibrit sistem ile biyogaz santrali enerji ihtiyacını FV sistemden karşılar. Hibrit sistemin tasarım ve analizleri HOMER yazılımı ile yapılmıştır ve hibrit sistemin 25 yıl sonundaki net maliyeti \$509,047 yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı ise %97.3 olarak bulunmuştur. Yapılan tasarım ve analizler sonucunda hibrit sistemin uygulanabilir olduğu ve yenilenebilir enerji kaynaklarını etkin bir şekilde kullandığı sonucuna varılmıştır.

Makale Bilgisi

Başvuru: 11/12/2023

Yayın: 30/04/2024

Anahtar Kelimeler

Biyogaz, FV sistemler,
yenilenebilir enerji,
HOMER yazılımı, hibrit
sistemler, biyogaz
jeneratörü

Keywords

Biogas, PV systems,
renewable energy, HOMER
software, hybrid systems,
biogas generator

Use of Photovoltaic Based Auxiliary Resources and Systems to Compensate Production Losses of a Biogas Plants in Şanlıurfa Province

Abstract

Biogas generators used in the biogas power plant works synchronously with the electricity distribution grid. Voltage fluctuations resulting from faults in the grid cause sudden stop of the generator. Sudden stops cause damage to the biogas generator and interruption of electricity production. In this article, a hybrid system, consisting of a biogas power plant and a photovoltaic system, was designed and analyzed for a biogas plant to meet energy needs without interruption in Şanlıurfa. With hybrid system, the biogas power plant meets its electricity needs from the PV system. Design and analysis of the hybrid system made with HOMER software. The net cost of the hybrid system at the end of 25 years is \$509,047 the usage rate of renewable energy resources was found to be 97.3%. As a result of the design and analysis, it was concluded that the hybrid system is applicable and uses renewable energy resources effectively.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Artan nüfus ve gelişen teknoloji ile beraber enerjiye duyulan ihtiyaç artmıştır. Enerji üretiminde kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanımının artması küresel ısınma, asit yağmurları ve ozon tabakası delinmesi gibi çevresel sorunlar oluşturmuştur [1]. Çevresel sorunların yanında fosil yakıtların giderek tükenmekte oluşu yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi arttırmıştır [2]. Yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlara alternatif olarak kullanımının artması, fosil yakıtların sebep olduğu çevresel sorunları azaltabilir. Fosil yakıtlara alternatif olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri biyogazdır. Biyogaz biyokütlenin biyometanizasyona uğraması sonucu elde edilir. Belediye atıkları,

biyolojik kökenli endüstri atıkları, bitkisel yağ atıkları, tarımsal atıklar, orman ve ormancılık endüstrisi atıkları ve hayvansal atıklar biyokütlenin hammadde kaynaklarıdır. Biyogazın içinde bulunan metan (CH₄) gazı karbondioksit göre 80 kat daha fazla sera gazı etkisi oluşturması sebebi ile biyogazın biyogaz santrallerinde kullanılması ile karbon emisyonları ciddi ölçüde azalır [3]. Ayrıca biyokütle kaynaklarının biyogaz santrallerinde düzenli depolama yapılarak bertaraf edilmesi ile doğayı düzensiz bir şekilde istila eden atıklardan çürüme ile oluşan azot, hidrojen sülfür, amonyak gibi bileşenlerin yer altı sularına karışarak insan sağlığı üzerinde oluşturacağı olumsuz etkiler önlenmiş olur [4].

Türkiye’de biyogaz santrallerinin toplam kapasitesi Eylül-2023 için 2.049,15 MW’tır [5]. Biyogaz santralleri elektrik şebekesine paralel bağlı olarak çalışırlar ve ihtiyaç duydukları enerjiyi elektrik dağıtım şebekesinden alırlar. Biyogaz santrallerinde yaşanan önemli problemlerden biri elektrik şebekesinde meydana gelen kesinti ve gerilim dalgalanmaları nedeniyle üretimin kesintiye uğraması ve bu kesintilerin sonucu olarak biyogaz santrallerinde bulunan biyogaz jeneratörlerinin ani duruşları ile biyogaz jeneratörleri ve jeneratöre ait yardımcı sistemlerin zarar görmesidir. Şebeke kaynaklı yaşanan arızaları önlemek için uygulanan metotlardan biri biyogaz motoru enerji beslemesinin kesintisiz olacak şekilde tasarlanmasıdır. Bu çalışma için Hybrid Renewable Energy Systems (HRES) olarak adlandırılan birden fazla yenilenebilir enerji kaynağının kullanıldığı sistemler geliştirilmiştir [6]-[16]. HRES ile biyogaz santrali enerji ihtiyacını farklı bir yenilenebilir enerji kaynağından alır ve şebekede meydana gelen kesintilerde biyogaz santrali çalışmaya devam eder. Şebeke kesintisi durumunda biyogaz jeneratöründe enerji üretiminin devam edebilmesi için sisteme harici tüketici veya tüketiciler eklenmesi gereklidir. Biyogaz santrallerinde ikili anlaşmalar ile sisteme harici tüketiciler dahil edilebilir. Biyogaz santralının bağlı olduğu elektrik şebekesinin güç kesicisinin açılması durumunda biyogaz jeneratörü çalışmaya sistemdeki tüketiciler de biyogaz jeneratöründen beslenmeye devam eder. Tüketiciler enerjisini hem şebekeden hem biyogaz santralinden karşılayabilir. Hibrit sistem ile biyogaz santrallerinin ani duruşlarının önüne geçilerek üretim kayıpları azaltılır.

Hibrit sistemler ile alakalı Shahzad ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada kırsal alanlardaki enerji ihtiyacını güvenilir bir şekilde karşılamak için FV-Biyokütle temelli şebekeden bağımsız hibrit bir sistemin modelleme ve analizi yapılmıştır. Çalışmada Pakistan’ın Pencap eyaletinde bulunan Layyah köyündeki elektrik tüketimi ve köydeki biyokütle ve güneş enerjisi potansiyeli verileri alınmıştır. Hybrid Optimization Model for Electric Renewable (HOMER) yazılımı ile analiz yapılmıştır [6]-[16]. Analizler sonucunda tasarlanan hibrit sistemin mali açıdan geleneksel sistemlere göre daha verimli olduğu ve bu uygulamanın tekno-ekonomik açıdan uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır [10]. Tazvinga ve Dzobo kırsal alanda bulunan bir kuruma kesintisiz enerji sağlamak için Biyogaz jeneratörü-FV-Batarya sisteminden oluşan hibrit bir sistem önermişlerdir. Hibrit sistemin tasarım ve analizlerini HOMER yazılımı ile yapmışlardır ve önerilen hibrit sistemin kesintisiz enerji sağlayabilecek %100 yenilenebilir enerji sistemi olduğunu belirtmişlerdir [11]. Allouhi ve ark. Fas’ta kırsal konutlar için şebekeden bağımsız FV-Biyokütle temelli hibrit enerji sistemi tasarımı yaparak, bu tasarımı enerji verimliliği ve maliyet açısından değerlendirmişlerdir. Tasarlanan sistemin maliyeti %25 karbon emisyonlarını ise %47,13 oranında azaltabileceği sonucuna varmışlardır. Biyokütle miktarının günlük 2,5 tondan 8,5 tona çıkarılması enerji maliyetinde %46,6 oranda bir düşüşe neden olacağını belirtmişlerdir [12]. Pradhan ve arkadaşları 3.6 kW yüke sahip küçük bir ev için Biyokütle-FV temelli hibrit bir sistem tasarlamışlardır. Tasarlanan sistemin HOMER programı ile modelleme ve analizi yapılmıştır. Bu hibrit sistemin şebekeye ulaşımı olmayan kırsal bölgelerde çözüm olacağını belirtmişlerdir [13]. Salehin ve ark. Bangladesh’te 860 kişilik bir nüfusa sahip Adorsho Char adası için FV-Biyogaz-Dizel hibrit sistemi sunmuşlardır. Çalışmanın amacı şebeke elektriğinden yoksun olan bu ada için şebekeden bağımsız enerji sağlamaktır. Adadan toplanan nüfus, elektrik talebi, biyokütle ve güneş enerjisi potansiyeli verilerini HOMER yazılımında kullanarak sistemin modellemesini ve optimizasyonunu yapmışlardır. Toplanan veriler sonrasında talep yükün karşılanması için en uygun sistem bileşenlerini belirlemişlerdir [14]. Tanim ve ark. Bangladesh’in kırsal bölgelerine enerji tedariği için hem solar hem de biyogaz enerjisini kullanan hibrit bir sistem tasarlamışlardır. Çalışma sahasının mevcut solar ve biyo enerji potansiyelleri araştırılarak HOMER yazılım aracılığıyla analiz edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda bu sistemin mevcut güç krizinde uygulanabilecek uygun maliyetli, temiz ve güvenilir bir çözüm olabileceği sonucuna ulaşmışlardır [15]. Ghenai ve ark. tarafından yapılan çalışmada Sharjah şehrinin elektrik ihtiyacı için FV-biyokütle temelli hibrit sistem tasarlamışlardır. Sharjah şehrindeki yenilenebilir enerji kaynaklarını belirleyerek şehrin

elektrik yükünü karşılamak için en uygun konfigürasyonu tasarlamışlardır. Sonuçlar hibrit sistemin şehrin yıllık enerji talebinin %14'lük kısmını karşılayacağı, başlangıç maliyetinin yüksek ancak bakım maliyetlerinin düşük olduğunu göstermiştir [16].

Bu makalede biyogaz santrallerinde yaşanan üretim kayıplarını ve ani duruşlardan dolayı oluşan zararları azaltmak için elektrik tüketimini fotovoltaik (FV) sistemden karşılayan biyogaz santralinden oluşan hibrit bir sistemin benzetim ve analizi yapılmıştır. Şanlıurfa ilinin güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olmasından ötürü FV sistem tercih edilmiştir. Hibrit sistem temel olarak biyogaz jeneratörü, güneş panelleri, inverter ve batarya sistemlerinden oluşmaktadır. Hibrit sistem benzetim ve analizi Hibrit sistemlerin modellenmesinde kullanılan HOMER yazılımı ile yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Şanlıurfa İlinin Biyokütle ve Güneş Enerjisi Potansiyeli

Bu çalışmada belediye katı atıklarındaki organik maddelerin biyometanizasyona uğraması sonucu elde edilen biyogazı yakıt olarak kullanarak elektrik üretimi yapan biyogaz jeneratörü kullanılmıştır. Şanlıurfa ili belediye katı atıkları miktarı açısından zengin bir ildir. Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA) tarafından alınan verilere göre Şanlıurfa ilinde biyometanizasyona uygun belediye katı atıklarının yıllık miktarı 267.505,4 ton/yıl; bu atıkların enerji eşdeğeri 55.591,71 TEP/yıl'dır [17].

Şanlıurfa bulunduğu enlem nedeniyle güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan bir ildir [18]. Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) tarafından hazırlanan Şanlıurfa iline ait Güneş Enerjisi Potansiyeli haritası Şekil 1'de verilmiştir [19].



Şekil 1. Şanlıurfa güneş enerjisi potansiyeli haritası.

Şekil 1'de görüldüğü üzere Şanlıurfa ilinde yıllık ortalama solar radyasyon değeri 1500-1700 kWh/m²-yıl arasında değişmektedir. Yüksek radyasyonun yanı sıra güneşlenme süreleri de uzundur. Türkiye'de ortalama güneşlenme saati 7,5 saat/gün olmasına karşılık Şanlıurfa'da bu değer 8,31 saat/gündür [19]. Şanlıurfa'da solar radyasyonun yüksek, güneşlenme sürelerinin ise uzun olması, Şanlıurfa ilinin güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğunu ve bu bölgede fotovoltaik sistem kurulumunun elektrik üretimi açısından verimli olduğunu gösterir.

2.2. Biyogaz ve Biyogaz Jeneratör Seti

Biyogaz organik maddelerin oksijensiz ortamda fermantasyona uğraması sonucunda açığa çıkan yanıcı bir gaz türüdür. Ağırlıklı olarak Metan Gazı (CH₄-%55-70) ve CO₂ (%30-45) temel bileşenlerinin yanı sıra azot (N), hidrojen sülfür (H₂S), amonyum (NH₄) ve hidrokarbon (CH) gazlarından oluşur [20]. Biyogazın, biyogaz jeneratörlerinde yakıt olarak kullanılması ile elektrik enerjisi elde edilir. Biyogaz jeneratör setleri gaz motoru, jeneratör ve otomasyon panoları olmak üzere 3 ana bölümden oluşur ve GENSET olarak adlandırılır.

2.3. HOMER Yazılımı

HOMER yazılımı National Renewable Energy Laboratuvarı tarafından geliştirilen hibrit yenilenebilir enerji sistemlerinin simülasyonu, hassasiyet analizi ve optimizasyonu için kullanılan bir yazılımdır. Simülasyon ile kurulacak hibrit sistemin bileşenlerinin seçimi ve boyutlandırılması yapılabilir ve sistemin

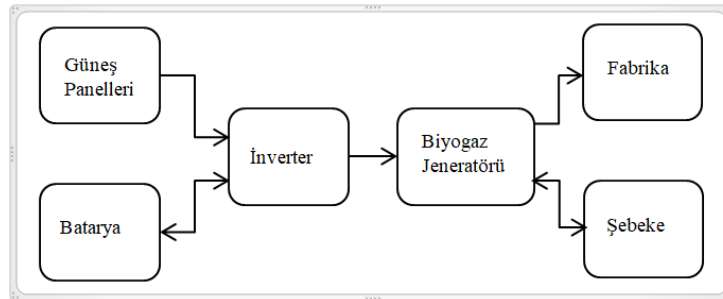
optimizasyonu ve hassasiyet analizi gerçekleştirilebilir. Optimizasyon ile mevcut enerji kaynaklarını ve ekipmanları en doğru şekilde kullanarak kurulacak sistemden en yüksek verimi minimum maliyet ile elde etme hedeflenir. HOMER yazılımı üzerinden optimizasyon için yenilenebilir enerji kaynaklarının miktarı, yük profili, ekipman karakteristikleri, ekonomik ve teknik veriler girilerek hibrit sistemin güç çıkışları hesaplanabilir. Hassasiyet analizi ile solar radyasyon, rüzgar hızı, sıcaklık, akarsu akışı ve biyokütle miktarı gibi belirsiz parametrelerin hibrit sistem üzerindeki etkisi belirlenir.

Hibrit enerji sisteminde kullanılacak her ekipmanın bakım, işletme ve yenileme maliyetleri belirlenerek HOMER yazılımına girilir. Bu veriler simülasyon ve optimizasyon adımında net maliyeti (Net Present Cost (NPC)), sistem tarafından üretilen faydalı elektrik enerjisinin kWh başına ortalama faydalı maliyeti olan seviyelendirilmiş enerji maliyeti (Levelized Cost of Energy (LCOE)) ve sermaye maliyeti (CAPEX) değerlerini belirlemek için kullanılır.

2.4. Hibrit Sistem Tasarımı

Şanlıurfa ili için tasarlamayı amaçladığımız hibrit sistemde fotovoltaik sistem biyogaz santralini besleyecektir. Saatlik maksimum elektrik tüketimi 25 kWh, üretim kapasitesi ise 1560 kWh olan biyogaz santralinin %90 kapasite ile çalıştığı ve arıza bakım nedeniyle çalışmadığı durumlarda göz önünde bulundurulduğunda yıllık elektrik üretimi ortalama 11.592 MWh, günlük maksimum güç tüketimi 600 kWh, yıllık güç tüketimi ise ortalama 219.000 kWh/yıl'dır. Biyogaz santralinin çalışmadığı gün sayısı 20 olarak öngörülmüştür. Fotovoltaik sistemin günlük güç tüketimini karşılayabilmesi için 600 kWh üretim yapması gerekmektedir. DC kayıplar dikkate alındığında fotovoltaik sistemin günlük üreteceği toplam enerji 780 kWh olur. Güneşlenme süresi 6,5 saat alınırsa fotovoltaik sistemin kurulu gücü 120 kW olmalıdır. Bu durumda fotovoltaik sistemin öngörülen yıllık elektrik üretimi 257.400 kWh/yıl'dır. Yoğun bulutlu kış günlerinde fotovoltaik sistemin üretim kaybı göz önünde bulundurularak yıllık enerji üretimi hesaplanırken fotovoltaik sistemin üretim yapmadığı ortalama gün sayısı 30 olarak öngörülmüştür. Fotovoltaik sistem tasarımında kullanılan DC kayıp katsayısı değeri tasarlanacak sistemin coğrafi konumu, yük profili, ekipman karakteristiklerine göre değişir. Bu çalışmada DC kayıp katsayısı 1,3 alınmıştır. Fotovoltaik sistemde güneş panellerinden üretilen enerjinin tamamı 780 kWh depolama kapasitesine sahip batarya grubunda depolanacak ve biyogaz jeneratörü batarya grubunda depolanan enerjiden beslenecektir. Bataryaların şarj kontrolünün sağlanması için fotovoltaik sistemde hibrit inverter tercih edilmiştir. Hibrit inverter batarya grubuna giden voltaj ve akım değerlerini düzenler. Batarya grubu tamamen şarj olduğunda enerji akışını keserek koruma sağlar. Hibrit inverter bataryanın deşarj derinliği, şarj ve deşarj hızı, şarj yüzdesi, sıcaklık ve kapasite gibi parametrelerini optimum değerlerde tutarak batarya performansını kontrol eder ve enerjinin güvenli bir şekilde depolanmasını sağlar.

Tasarlanan hibrit sistemde metan gazını yakıt olarak kullanan biyogaz jeneratörü elektrik şebekesine bağlı olarak çalışır. Elektrik şebekesinde kesinti olması durumunda biyogaz jeneratörünün üretime devam edebilmesi için harici tüketici olarak kurulu gücü 1200 kW olan fabrika belirlenmiştir. Hibrit enerji sisteminin genel modeli Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Hibrit enerji sisteminin genel modeli.

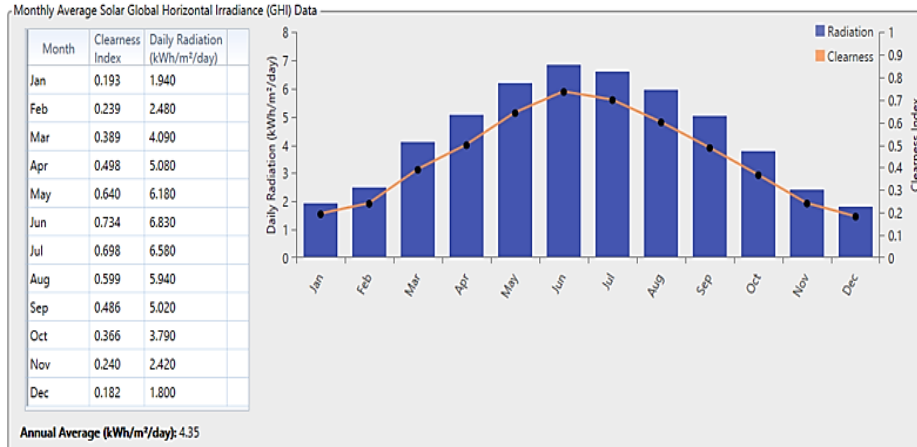
Hibrit sistem tasarımı için hibrit sistemde kullanılacak jeneratör, fotovoltaik sistem, batarya ve invertere ait veriler HOMER yazılımında girilir. HOMER yazılımına girilen hibrit sistem

bileşenlerinin verileri Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Hibrit sistem bileşenleri

Hibrit Sistem Bileşenleri	
Fotovoltaik Sistem	Kurulu güç = 120 kW, sermaye maliyeti= \$877,5/kWh, işletme ve bakım maliyeti = \$1.200, çalışma ömrü = 25 yıl.
Biyogaz Jeneratörü	Güç = 1560 kW, tüketim = 25 kWh, sermaye maliyeti= \$192,3/kW, işletme ve bakım maliyeti = \$50.000/yıl, çalışma ömrü = 12 yıl.
Batarya	Toplam kapasite = 780 kWh, Lityum Batarya, nominal gerilim = 51.2 V, nominal akım = 100 AH, adet = 153, sermaye maliyeti= \$1.292,2/batarya, yenileme maliyeti = \$1.292,2/batarya, çalışma ömrü = 15 yıl.
Inverter	Güç = 120 kW, sermaye maliyeti= \$4.500, yenileme maliyeti = \$4.500, çalışma ömrü = 20 yıl.

Hibrit sistem bileşenlerine ait veriler HOMER yazılımına girildikten sonra solar radyasyon değerleri ve biyokütle miktarı girilir. Günlük ortalama radyasyon (Daily Radiation) ve açıklık endekslerinin (Clearness Index) aylara göre dağılımı Şekil 3’te verilmiştir. Şanlıurfa için biyokütle miktarının aylara göre dağılımı ise Şekil 4’te verilmiştir.



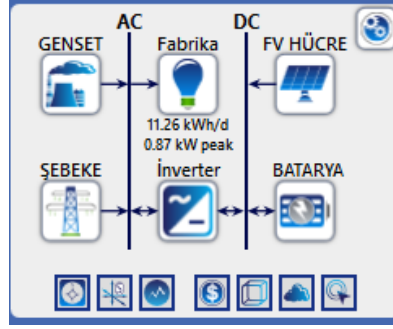
Şekil 3. Şanlıurfa solar radyasyon ve açıklık endeksi verileri.



Şekil 4. Şanlıurfa biyokütle miktarının aylara göre dağılımı.

2.5. Hibrit Enerji Sisteminin Benzetimi

HOMER yazılımı ile hibrit sistemin modellenmesi Şekil 5’te gösterilmiştir. Bu sistemde fotovoltaik sistemde üretilen DC enerji inverter aracılığıyla AC enerjiye dönüştürülerek GENSET’in tüketimini karşılayacaktır. GENSET ile üretilen elektrik şebekeye dahil edecektir. Bu sistem ile şebeke kesintisi durumunda GENSET çalışmaya devam edecek enerji kesintisi yaşanmadan üretim devam edecektir.



Şekil 5. Hibrit sistem modeli.





Simülasyonda kullanılan fotovoltaik sistem bileşenlerinin boyutlandırılması GENSET'in elektrik ihtiyacını %100 karşılayacak şekilde yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULT AND DISCUSSION)

3.1. Hibrit Enerji Sisteminin Optimizasyonu

Tasarlanan hibrit sistemin yenilenebilir enerji kaynaklarını maksimum şekilde kullanırken minimum maliyet ile hedeflenen üretime ulaşması gerekmektedir. Önerilen sistemin optimizasyon sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Optimizasyon sonuçları

Hibrit Sistem Bileşenleri				Maliyet			Sistem
FV HÜCRE (kW)	GENSET (kW)	BATARYA (kWh)	HİBRİT İNVERTER (kW)	NM (\$)	SEM (\$/kWh)	SM (\$)	YEKO (%)
							
120	1560	780	120	\$509.047	\$0.539	\$598.920	97,3
120	1560	619,52	120	\$467.696	\$0.495	\$557.569	97,3

Şekil 6'da 2 durum listelenmiştir. Birinci durum hibrit sistem bileşenlerinin tamamının tam kapasite ile kullanıldığı durumdur. Bu durumda 120 kW FV sistem, 1560 kW GENSET, 780 kWh lityum batarya, 120 kW inverter bulunmaktadır. Burada kullanım ömrü 25 yıl olarak belirlenen sistemin 25 yıl sonundaki net maliyeti (NM) \$509.047, seviyelendirilmiş enerji maliyeti (SEM) \$0,539, sermaye maliyeti (SM) \$598.920 olup yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı %97,3'tür. İkinci durumda ise batarya kapasitesinin daha düşük seçilerek maliyetin düşürülebileceği önerilmiştir. Bu durum hibrit sistemde biyogaz jeneratörünün güneşlenme süresi boyunca elektrik tüketimini doğrudan güneş panellerinden karşılayıp yalnızca güneşlenme süreleri dışında batarya grubundan elektrik tüketimini karşılamasına istinaden önerilmiştir. Biyogaz jeneratörünün elektrik tüketimini tamamıyla batarya grubundan karşıladığı durumda 153 adet batarya kullanılmaktaydı. Maksimum enerji tüketimi 25 kWh olan biyogaz jeneratörü güneşlenme süresi boyunca tüketimini doğrudan güneş panellerinden alması durumunda güneş panellerinin 6,5 saat'te ürettiği 162,5 kWh enerjiyi kullanmış olacaktır. Geriye kalan 617,5 kWh enerjinin depolanabilmesi için 5.12 kWh depolama kapasitesine sahip 121 adet batarya kullanılması yeterli olacaktır. Bu durumda birim fiyatı \$1.292,2 olan 32 adet bataryanın eksilmesi ile net maliyet \$41.350,4 azalmış olacaktır. Tasarlanan sistem için önerilen ikinci durum maliyeti azaltmak için tercih edilebilir.

3.2. Hibrit Enerji Sisteminin Hassasiyet Analizi

Hassasiyet analizi ile öngörülemeyen durumların sistem üzerindeki etkisi belirlenir. Tasarlanan hibrit sistemde öngörülemeyen durumlar güneşlenme potansiyelinin ve biyokütle miktarının değişimidir. Güneşlenme potansiyelinin düşmesi durumunda fotovoltaik sistem günlük üretim hedefine ulaşamaz hibrit sistemin verimi azalır. Biyokütle miktarının düşmesi durumunda ise GENSET'e yeterli yakıt sağlanamayacağından GENSET tam kapasite çalışamaz, bu durumda hibrit sistemin tam verimle çalışmasına engel olur.

Solar radyasyonun ve biyokütle miktarının ortalama, en düşük ve en yüksek değerleri hassasiyet değişkenleri olarak girilmiştir. Bu değerler karşısında hibrit sistemde net maliyet (NM), seviyelendirilmiş enerji maliyeti (SEM), sermaye maliyeti (SM) ve yenilenebilir enerji kullanım oranı (YEKO) değerlerinin değişimi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Hassasiyet Analizi

Hassasiyet Değişkenleri		Hibrit Sistem Bileşenleri				Maliyet			Sistem
Ortalama Solar Radyasyon ($kWh/m^2/gün$)	Ortalama Biyokütle Miktarı ($ton/gün$)	FV HÜCRE (kW)	GENSET (kW)	BATARYA (kWh)	HİBRİT INVERTER (kW)	NM (\$)	SEM (\$/kWh)	SM (\$)	YEKO (%)
1,80	1,10	120	1560	780	120	\$509.047	\$0,539	\$598.920	97,3
4,35	1,10	120	1560	780	120	\$454.989	\$0,225	\$598.920	98,7
6,83	1,10	120	1560	780	120	\$428.495	\$0,168	\$598.920	99,0
1,8	1,52	120	1560	780	120	\$509.047	\$0,539	\$598.920	97,3
4,35	1,52	120	1560	780	120	\$454.989	\$0,225	\$598.920	98,7
6,83	1,52	120	1560	780	120	\$428.495	\$0,168	\$598.920	99,0
1,8	1,350	120	1560	780	120	\$509.047	\$0,539	\$598.920	97,3
4,35	1,350	120	1560	780	120	\$454.989	\$0,225	\$598.920	98,7
6,83	1,350	120	1560	780	120	\$428.495	\$0,168	\$598.920	99,0

Tablo 3'te Hassasiyet Değişkenleri başlığı altında bulunan Ortalama Solar Radyasyon ($kWh/m^2/gün$) sütununda solar radyasyonun gün içerisinde en düşük değeri, en yüksek değeri ve ortalama değeri hassasiyet değişkenleri olarak girilmiştir. Ortalama Biyokütle Miktarı ($ton/gün$) sütununda biyokütle miktarının en düşük değeri, en yüksek değeri ve ortalama değeri hassasiyet değişkenleri olarak girilmiştir. HOMER yazılımı her bir değer karşılığında hibrit sistemin NM, SEM ve SM değerlerini hesaplamıştır. Solar radyasyon miktarının en düşük olduğu durumlarda NM ve SEM en yüksek değere ulaşmakta, solar radyasyon miktarının en yüksek olduğu durumlarda ise NM ve SEM düşmektedir. Tablo 3'te Sistem başlığı altında bulunan Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı (%) sütunu sistemin yenilenebilir enerji kullanım oranını göstermektedir. Burada solar radyasyon miktarı en düşük değerinde iken yenilenebilir enerji kullanım oranı düşmektedir; solar radyasyon miktarı en yüksek değerinde iken ise yenilenebilir enerji kullanım oranı yükselmektedir.

Solar radyasyon ve biyokütle miktarı maliyetin yanı sıra elektrik üretiminide etkiler. Yıl içinde solar radyasyonun beklenenden düşük seyretmesi durumunda fotovoltaik sistem yıllık öngörülen hedef elektrik üretim değerine ulaşamaz. Hibrit sistem tasarımı yapılırken bulutlu gün sayısı 30 gün olarak öngörülmüştü ve bu durumda yıllık üretim değeri ($257.400 kWh/yıl$) biyogaz santralının yıllık enerji tüketimini ($219.000 kWh/yıl$) karşılamaktaydı. Solar radyasyonun düşük seyrettiği gün sayısının artması durumunda yıllık hedef üretimin tüketimin altına düşmesi durumunda biyogaz santrali şebekeden beslenecektir. Fotovoltaik sistemin öngörülemeyen değişkenlerden dolayı yetersiz kalıp tüketimin

şebekeden karşılanması istenmeyen bir durumdur. Ancak bu öngörülemeyen durumun gerçekleşme ihtimalinde bile yılın sadece belirli günlerinde şebekeden elektrik tüketimini karşılayıp yılın geri kalan çoğunluğunda fotovoltaik sistemden elektrik tüketimini karşılayan biyogaz santrali %100 şebekeye bağımlı çalışan biyogaz santralinden daha avantajlıdır. Yıl içinde biyokütle miktarının beklenenden düşük seyretmesi durumunda ise biyogaz santralinde üretilen elektrik miktarı düşer ve biyogaz santrali yıllık hedef üretimine ulaşamaz. Yıllık hedef üretimin düşmesi biyogaz santralinin yıllık gelirini de düşürecektir. Hassasiyet değişkenleri hibrit sistem tasarımı yapılırken tespit edilmelidir ve sistem üzerinde ki etkisi incelenerek tasarım optimize edilmelidir. Bu çalışmada solar radyasyonun beklenenden daha düşük seyretmesi durumuna karşılık fotovoltaik sistemin kayıp katsayısı yüksek alınmıştır.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada Şanlıurfa ilindeki bir biyogaz santrali için biyogaz santrali ve fotovoltaik sistemden oluşan hibrit enerji sistemi tasarlanmıştır. Hibrit sistem tasarımı ile biyogaz santralinde elektrik kesintilerinden dolayı meydana gelen duruşların oluşturduğu zararların ve üretim kayıplarının azaltılması amaçlanmıştır. Bu hibrit enerji sistemi ile biyogaz santrali elektrik tüketim ihtiyacını fotovoltaik sistemden karşılar ve, şebekede yaşanan elektrik kesintilerinden ve gerilim dalgalanmalarından etkilenmez. Hibrit sistemin tasarımında HOMER yazılımı kullanılmıştır.

HOMER yazılımı ile yapılan optimizasyon sonucunda 2 farklı durum listelenmiştir. İlk durumda batarya kapasitesi güneş panellerinden üretilen enerjinin tamamını depolayacak şekilde hibrit sisteme dahil edilmiştir. İkinci durumda ise batarya kapasitesi biyogaz jeneratörünün sadece güneşlenme süreleri dışında kullanacağı enerjiyi karşılayacak şekilde hibrit sisteme dahil edilmiştir. İlk durumda hibrit sistemin 25 yıl sonundaki net maliyeti \$509.047 iken, ikinci durumda sistemde kullanılan batarya sayısı azaldığından net maliyet \$467.696'a düşmüştür. Her iki durumdada yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı %97,3 olarak bulunmuştur. Hibrit sistemde fotovoltaik sistemin yıllık enerji üretimi 257.400 kWh/yıl, biyogaz santralinin yıllık enerji üretimi 11.592 MWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Hassasiyet analizi ile hibrit sistemde solar radyasyon ve biyokütle miktarının maliyet, yenilenebilir enerji kullanım oranı ve yıllık üretilmesi hedeflenen elektrik üzerinde ki etkisi incelenmiştir. Solar radyasyon miktarının en düşük olduğu durumlarda maliyetin arttığı, yenilenebilir enerji kullanım oranının düştüğü; solar radyasyon miktarının en yüksek olduğu durumlarda ise maliyetin düştüğü, yenilenebilir enerji kullanım oranının yükseldiği görülmüştür. Solar radyasyon miktarının yıl içinde beklenenden düşük seyretmesi durumunda fotovoltaik sistemde yıllık üretilmesi hedeflenen elektrik miktarının düştüğü, biyokütle miktarının yıl içinde beklenenden düşük seyretmesi durumunda ise biyogaz santralinde yıllık üretilmesi hedeflenen elektrik miktarının düştüğü belirtilmiştir. Yapılan tasarım, analiz ve incelemeler sonucunda bu hibrit sistemin uygulanabilir olduğu ve yenilenebilir enerji kaynaklarını yüksek oranda etkin bir şekilde kullandığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca Şanlıurfa bölgesindeki yüksek biyokütle ve güneşlenme potansiyeli açısından bu sistemin uygulanması verimli olacaktır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] A. Kavooosi, Environmental Pollution Caused by the use of Fossil Fuels in Architecture and the Need for Renewable Energy, Science and Tech. of the Day, 2:4 (2021) 314-319.
- [2] M. Ş. Üney, and N. Çetinkaya, Comparison of CO2 emissions fosil fuel based energy generation plants and plants with Renewable Energy Source, Proceedings of the 2014 6th Int. Conf. on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), Bucharest, Romania, (2014) 29-34.
- [3] R. Gu, Methane Gas Emission Detection using Deep Learning and Hyperspectral Imagery, 2021 IEEE 3rd Int. Conf. on Frontiers Technology of Information and Computer (ICFTIC), Greenville, SC, USA, (2021) 36-44.

- [4] M. A. Sanz-Bobi, F. de Cuadra, and C. Batlle, A review of keypoints of an industrial biogas plant. A European perspective, 2012 Int. Conf. on Renew. Energy Research and Applications (ICRERA), Nagasaki, Japan, (2012) 1-6.
- [5] Elektrik Aylık Sektör Raporu Listesi, [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-23/>.
- [6] Hybrid Optimization Model for Electric Renewable, [Online]. Available: www.homerenergy.com.
- [7] A. Ghasemi et al., Technoeconomic analysis of stand-alone hybrid photovoltaic-diesel-battery systems for rural electrification in eastern part of Iran-A step toward sustainable rural development, *Renew. Sustainable Energy Rev.*, 28 (2013) 456-462.
- [8] S. Bahramara, M.P. Moghaddam, and M. Haghifam, Optimal planning of hybrid renewable energy systems using HOMER: A review, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 144:62 (2016) 609–620.
- [9] R. Rajbongshi a, b, Devashree Borgohain a, Sadhan Mahapatra a, Optimization of PV-biomass-diesel and grid base hybrid energy systems for rural electrification by using HOMER, *Energy*, 126 (2017). 461-474.
- [10] M. K. Shahzad, Techno-economic feasibility analysis of a solar-biomass off grid system for the electrification of remote rural areas in Pakistan using HOMER software, *Renew. Energy*, 106 (2017) 264-273.
- [11] H. Tazvinga, and O. Dzobo, Feasibility Study of a Solar-Biogas System for Off-Grid Applications, 2019 9th Int. Conf. on Power and Energy Systems (ICPES), Perth, WA, Australia, 2019, pp. 1-5.
- [12] A. Allouhi, S. Rehman, and M. Krarti, Role of energy efficiency measures and hybrid PV/biomass power generation in designing 100% electric rural houses: A case study in Morocco, *Energy and Buildings*, 236 (2021) 1-12.
- [13] S. R. Pradhan, P. P. Bhuyan, and S. K. Sahoo, Design of Stand alone Hybrid Biomass&PV System of an Off Grid House in a Remote Area, *Int. Journal of Engineering Research and Application* 3:6 (2013) 433-437.
- [14] S. Salehin et al., Optimized Model of a Solar PV-Biogas-Diesel Hybrid Energy System for Adorsho Char Island, Bangladesh, 2014 3rd Int. Conf. on the Developments in Renew. Energy Tech. (ICDRET), Dhaka, Bangladesh, (2014) 1-6.
- [15] M. M. Tanim, N. A. Chowdhury, and M. M. Rahman and J. Ferdous, Design of a photovoltaic-biogas hybrid power generation system for bangladesh remote area using HOMER software, 2014 3rd Int. Conf. on the Developments in Renewable Energy Tech. (ICDRET), Dhaka, Bangladesh, (2014) 1-5.
- [16] C. Ghenai, and I. Janajreh, Design of Solar-Biomass Hybrid Microgrid System in Sharjah, *Energy Procedia*, 103 (2016) 357-362.
- [17] Biyokütle Enerji Potansiyeli Atlası, [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://bepa.enerji.gov.tr/>.
- [18] M. Atmaca, G. Yusufoglu, and A. Kurtulus, Güneş enerjili sulamanın tarım sektöründe uygulaması, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 3:2 (2015) 142-153.
- [19] Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası, [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/63.aspx>.
- [20] C. Moya et al., Design of biogas upgrading processes based on ionic liquids, *Chemical Engineering Journal*, 428 (2022).



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

Sepiyolit / Bentonit Killerin Saflaştırılması ve Karakterizasyonu

Purification and Characterization of Sepiolite/Bentonite Clays

Yazar(lar) (Author(s)): Gökhan CEYHAN¹, Eylem EROL²

¹ ORCID ID: 0000-0002-9127-2348

² ORCID ID: 0000-0001-9868-6848

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Ceyhan G., Erol E., "Sepiyolit / Bentonit Killerin Saflaştırılması ve Karakterizasyonu", Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 9(1): 10-21, (2024).

DOI: 10.46578/humder.1411500



Sepiyolit/Bentonit Killerin Saflaştırılması ve Yapısal Karakterizasyonu

Gökhan CEYHAN¹, Eylem EROL²

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Gıda İşleme Bölümü, 46040, Onikişubat/Kahramanmaraş

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, 46040, Onikişubat/Kahramanmaraş

Öz

Gelişen teknoloji ile birçok alanda polimer sektörüne talep artmıştır. Ancak polimer üretim prosesinin bazı kısımlarında üretim aksaklıkları meydana gelmektedir. Bu aksaklıklar yüksek üretim hızlarından dolayı düzensiz akış, torku birikmesi, yüzeyde dalgalanma gibi üretim verimliliğini ve kalitesini düşürmektedir. Üretim hızı ve kalitenin düşmesi maddi kayıplara sebep olmaktadır. Üretim esnasında akış kararsızlığını ve kanallarda biriken torku miktarını azaltmak için çeşitli yardımcı kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Ancak akış istikrarsızlığını azaltmak için kullanılan kimyasal maddeler maliyetli ve sağlığa zararlı olduğu için doğal kaynaklardan alternatif çözümler aranmaktadır. Kaygan yapılarından dolayı killerin polimer üretim prosesine dahil edilmesi bu meseleye doğal bir çözüm sunmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken konu killerin direk kimyasallarla temas edilmeden önce başarılı bir şekilde saflaştırma işleminin gerçekleşmesidir. Saflaştırma işlemi ile, kil numenlerinin boyutları küçülerek uygulanacak diğer katkı maddeleri ile etkileşimi artırılmış olur. Bu çalışmada, temin edilen sepiyolit kili ve sodyum bentonit kilinin asit ile seyreltilerek saflaştırma işlemi yapılmıştır. Elde edilen ürünlerin SEM/EDX, XRD ve FTIR spektrumlarına bakıldığında ürünün fiziksel ve morfolojik özelliklerini anlamlı şekilde iyileştirdiği görülmüştür.

Purification and Structural Characterization of Sepiolite/Bentonite Clays

Abstract

With developing technology, demand for the polymer sector has increased in many areas. However, production disruptions occur in some parts of the polymer production process. These disruptions reduce production efficiency and quality, such as irregular flow, torque accumulation, and surface fluctuation due to high production speeds. The decrease in production speed and quality causes a decrease in profitability. During production, various auxiliary chemicals are used to reduce the flow instability and the amount of torque accumulated in the channels. However, since the chemicals used to reduce flow instability are costly and harmful to health, alternative solutions are sought from natural sources. Due to their slippery structure, the inclusion of clays in the polymer production process offers a natural solution to this problem. What needs to be taken into consideration here is that the clays are successfully purified before coming into direct contact with chemicals. With the purification process, the size of the clay samples decreases and their interaction with other additives to be applied is increased. In this study, the sepiolite clay and sodium bentonite clay were purified by diluting them with acid. When the SEM/EDX, XRD and FTIR spectra of the obtained products were examined, it was seen that the physical and morphological properties of the product were significantly improved.

Makale Bilgisi

Başvuru: 29/12/2023
Yayın: 30/04/2024

Anahtar Kelimeler

Saflaştırma
Polipropilen
Sepiyolit
Bentonit

Keywords

Purification
Polypropylene
Sepiolite
Bentonite

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kil mineralleri, katmanlı yapıları ve kolay temin edilebildiğinden dolayı, polimerler için tercih edilen nanopartikül takviyeleridir. Polimer üretimi sırasında saflaştırılan kil minerallerinin belli oranlarda (% 2-5) üretim prosesine dahil edilmesi ürünün özellikle mekanik ve termal özelliklerini iyileştirmektedir [1]. Polimer/kil karışımı ile elde edilen ürünlere bakıldığında kilin en önemli katkısı polimerin bariyer özelliklerini iyileştirmesidir. Ayrıca yapılan çalışmalarda kil takviyeli polimer malzemenin hem gaz hem de su buharına karşı da geçirgenliğinin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir [2]. Killer plastik sektöründe, malzemenin mukavemetinin artırılması, sürtünme direncinin iyileşmesi, su iticilik özelliğini kazandırması amacı ile dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır [3]. Killerin plastik sektöründe kullanımı kadar hangi killerin kullanılacağı da önemlidir. Kilin içeriği, içinde bulunan minerallerin türü, kimyasal bileşimi ve oranı kilin kalitesini belirler. Kil minerallerinin üretilen polimerin performansını arttırdığı yönünde çalışmalar mevcuttur [4]. Yapılan literatür çalışmalarında üretilen malzemenin kalitesini değiştirmeden kil minerallerinin eklenmesi, ürünün ısıya karşı dayanıklılığı, mukavemetinin artması, yüzey kusurlarının azalması gibi ekstra pozitif katkı sunduğu görülmektedir [5].

Polimerlerin plaka benzeri katmanlı yapıları kısmen kristal katı yapılara dönüşmektedir [6-9]. Yarı kristal polimerlerin en basit morfolojik modelleri, kristalin ve amorf yapılardır [10-12]. Polimerlerin eritilmesi ve belli basınç altında püskürtülerek soğuk hava ile teması ile eriyik polimer şekil alır. Polimer eriği düzelerden geçerken deliklerde tıkanmadan dolayı ürünün çapında daralma ve kanallarda torqu birikmesi meydana gelmektedir. Polimer eriğinin daha rahat düzelerden geçmesi için çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu katkı maddelere floropolimer denir. Ancak floropolimerler maliyetli ve çevreye zarar verdiği bilinmektedir. Yapılan literatür çalışmalarında kilin floropolimere alternatif olarak kullanılabilceği kanıtlanmıştır. Kilin kaygan yapısı sayesinde üretim esnasında düzelerde torqu birikmesi ciddi anlamda azalmıştır. Nihai ürünler üzerinde yapılan analizlerde malzemenin özelliklerini iyileştirdiği tespit edilmiştir [13-15].

Killerin dolgu maddesi olarak kullanılması için, yapısında bulunan kuvars, demir oksit gibi safsızlıkların uzaklaştırılması gerekir [16]. Saflaştırma işlemi ile, kil numunelerinin boyutları küçülerek uygulanacak diğer katkı maddeleri ile etkileşimi artırılmış olur [17]. Killerin saflaştırma işlemi ile tanecik boyutları küçülür ve kil yapısında boşluklar oluşur. Bu şekilde daha fazla amorf alana sahip kilin katkı maddeleri ile etkileşimi daha da artırılır [18]. Bu çalışmada, sepiyolit kili ve sodyum bentonit kili kalitesinin asit seyreltme yoluyla artırılması amacıyla saflaştırma işlemi uygulanmıştır. Ortaya çıkan ürünlerin SEM/EDX, XRD ve FTIR spektrumları kullanılarak analizleri gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

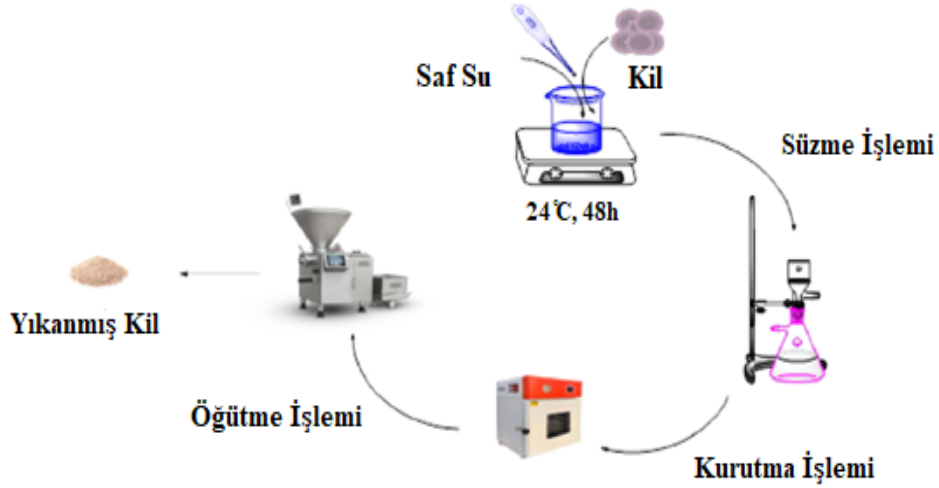
2.1. Killerin Hazırlanması

İki farklı doğal kil olan sepiyolit ve bentonit killeri Eskişehir ilimizdeki yataklardan temin edildi. Çalışmada kullanılan sepiyolit kili, tetrahedral ve oktahedral oksit tabakalarının istiflenmesi ile kanal boşluğu oluşan lifsi bir yapıya sahiptir. [19]. Bentonit kili ise ticari anlamda suyla temasa geçince şişebilen, asitle aktifleşebilen bir kil mineralidir. Bentonit kili, %85 montmorillonit içeren alüminyum hidrosilikattır [20]. Bu çalışmada, saflaştırma işlemi için sepiyolit ve bentonit killeri kullanılmıştır (Şekil 1). Üretimin şematik gösterimi Şekil 2'de mevcuttur.



Şekil 1. (a) Sepiyolit (b) Bentonit

Öncelikle 4 litrelik cam beher içerisinde 2500 ml saf su ve 100 gr kil eklendi. Kil su içerisinde 24 °C sıcaklıkta 800 rpm hız ile manyetik karıştırıcı üzerinde Şekil 3. a)' da görüldüğü gibi karıştırıldı. Bu işleme yaklaşık 48 saat boyunca devam edildi. Daha sonra Şekil 3. b)' de görüldüğü gibi süzme seti üzerinde vakum altında süzme işlemi gerçekleştirildi. Elde edilen nemli killer 105 °C'de etüvde kurumaya bırakıldı. Kurumuş kil örneği aglomere halde olduğundan öğütülmek için dişli öğütücüde Şekil 3. c)' de görüldüğü gibi serbest halde akan toz haline getirildi. Numune dişli öğütücü de 300 dev/dak hızla 20 dk süreyle 2 kez öğütüldü. Bu şekilde killerin yıkama işlemi tamamlandı.



Şekil 2. Killerin Yıkama Basamakları

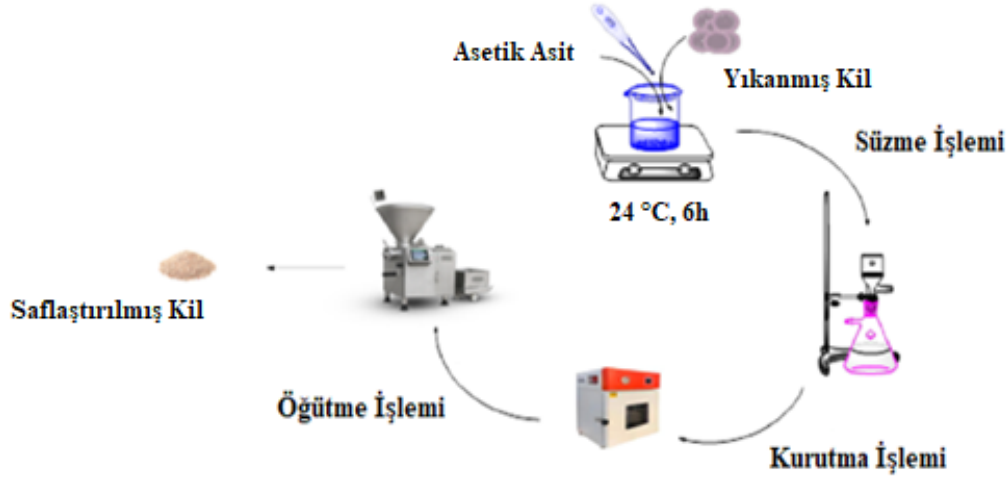


Şekil 3. a) Karıştırma İşlemi (48 Saat), b) Süzme İşlemi, c) Killerin öğütülmesi

2.2. Killerin Saflaştırılması

Yapılan literatür çalışmalarında 2:1 tabakalı kil grupları arasında hidrojen bağları bulunmaktadır. Bu hidrojen bağları birbirine zayıf bağlarla bağlıdır. Asit ile saflaştırma işleminde kil grupları arasında bulunan hidrojen bağları kopararak katmanlı yapıda kil tabakaları oluşturulmaktadır [21]. Literatürde; Cu, Pb, Cd, Ni, Co, As gibi ağır metallerin bentonit adsorpsiyonu ile sulu çözeltilerden uzaklaştırılması ile ilgili pek çok çalışma mevcuttur [22]. Ayrıca sepiyolit kilinin yapısında bulunan Co, Ni, Fe, Cu, Mo, Al, Mg gibi metaller adsorpsiyonu ile sulu çözeltilerle uzaklaştırılır [23].

Saflaştırma yönteminde, yıkama işlemi tamamlanan 100 gram kil 0.1 M 360 ml asetik asit çözeltisi ile mekanik karıştırıcıda (800 rpm) 6 saat oda sıcaklığında karıştırıldı. 5 saat dinlenme sonrası oluşan üst faz dekantasyon yoluyla ayrılarak, orta ve ara fazlar ise birbirinden santrifüjleme ile ayrılıp safsızlıkları uzaklaştırmak için destile su ile yıkandı. Süzme işleminden sonra etüvde 105 °C'de kurutuldu. Kuruyan numune dişli öğütücü de 300 dev/dak hızla 20 dk süreyle 2 kez öğütüldü. Killerin saflaştırma basamakları Şekil 4' de gösterilmektedir. Bu işlemlerden sonra saflaştırılan killerin FTIR, SEM ve XRD spektrumlarına bakılmıştır.



Şekil 4. Killerin Saflaştırma Basamakları

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Yapılan çalışmada; killerin saflaştırılması Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi ÜSKİM laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Killerin saflaştırma işlemi tamamlandıktan sonra SEM/EDX, XRD ve FTIR spektrumlarına bakılmıştır.

SEM görüntüleri için Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi ÜSKİM'de bulunan Zeiss EVO LS10 Taramalı Elektron Mikroskobu kullanılmıştır. Burada elektronik lensler yardımıyla dağılımın homojen olup olmadığına bakılmaktadır. SEM analizinde 1000X büyütmede mikroskopun odak derinliği 10µm olarak belirlenmiştir.

FTIR analizi için yine aynı laboratuvarda bulunan Perkin Elmer, Spectrum400 marka cihaz yardımıyla, yapıdaki atomlar arasındaki bağların spesifik yerleri, killerin gerilme, bükülme, deformasyon ve dönüşümsel spektrumları belirlenerek, kimyasal yapısı incelenmiştir. Modifiye edilmiş killerin FT-IR spektrumu ATR tekniği kullanılarak alınmıştır. Bunun için modifiye edilmiş kil numunelerinden bir miktar alınarak elmas ATR'de sıkıştırılıp, üzerine kızıl ötesi ışık düşürülmek suretiyle spektrumu incelenmiştir. MIR; 400~4000 cm⁻¹ dalga boyunda taranmıştır.

Elde edilen malzemenin morfolojik özelliklerini belirlemek amacıyla Panalytical Philips XRD cihazı kullanılmış ve bazal aralık değerleri (Å) incelenmiştir. Tarama hızı 0.025-050% dak. ve tarama aralığı 10-90° Å olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada; yıkanmış bentonit kili B10, asit ile saflaştırılan bentonit kili B20, yıkanmış sepiyolit kili S10, asit ile saflaştırılan sepiyolit kili ise S20 olarak kısaltılmıştır.

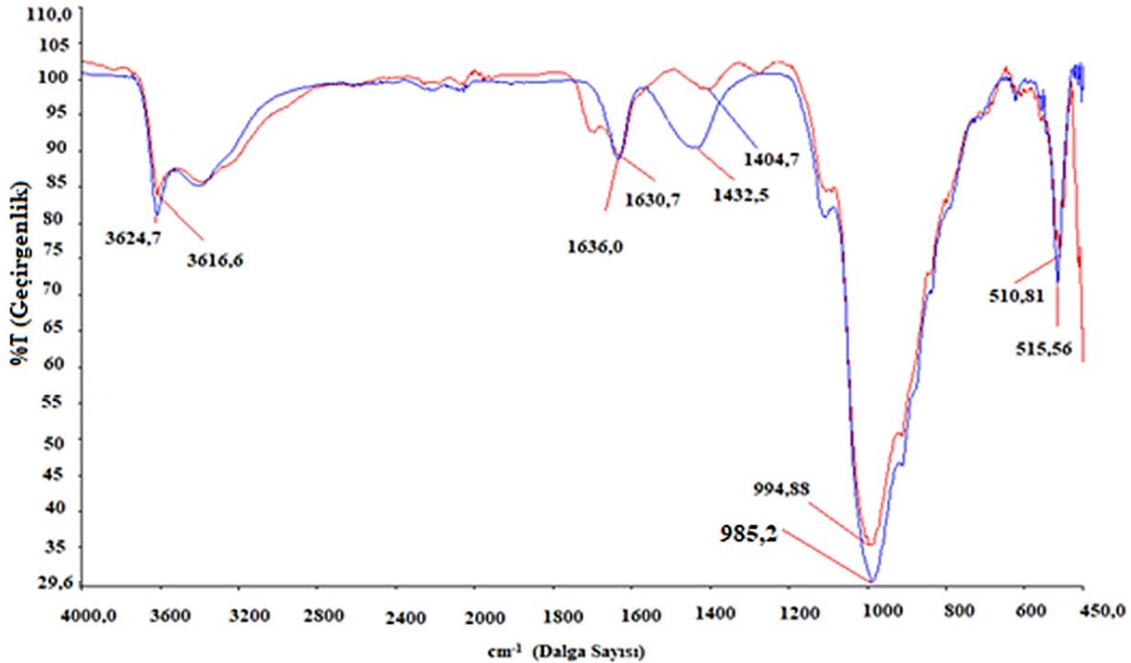
3.1. FTIR Spektrumlarının Değerlendirilmesi

3.1.1. B10 FTIR Spektrumlarının Değerlendirilmesi

Şekil 5'te görüldüğü üzere 3624,7 cm⁻¹ de görülen yayvan bant $\nu(\text{OH})$ gruplarından kaynaklanmaktadır. 2400-2000 cm⁻¹ aralığında görülen titreşimler karakteristik parmak izi bölgesine atfedilir. 1630,7 cm⁻¹ görülen orta şiddetteki titreşim bandı amorf yapıda SiO₂ varlığını göstermektedir. 985,2 cm⁻¹ de görülen şiddetli bant Al-Al-OH bandını (feldspat varlığını) gösterir. 622,83 cm⁻¹ de ki titreşimler ise Al-O-Si-O bağlarına atfedilir [24].

3.1.2. B20 FTIR Spektrumlarının Değerlendirilmesi

Şekil 5'te görüldüğü üzere 3616 cm⁻¹ de görülen yayvan bant, $\nu(\text{OH})$ gruplarından kaynaklanmaktadır. 2400-2000 cm⁻¹ aralığında görülen titreşimler karakteristik parmak izi bölgesine atfedilir. Asitle muamele edildikten sonra 1630,7 cm⁻¹ de görülen orta şiddette amorf yapıdaki SiO₂ kaybolarak yerine 1636 cm⁻¹ bandı oluşmuştur. 1636 cm⁻¹ aralığında yeni orta şiddette iki titreşim bandı görülmektedir. Bu asit gruplarının SiO₂ yapısını açtığını göstermektedir. 994,88 cm⁻¹ de görülen şiddetli bant Al-Al-OH bandını (feldspat varlığını) gösterir. 705,13 cm⁻¹'deki titreşimler ise Al-O-Si-O bağlarına atfedilir [24].



Şekil 5. B10 ve B20 birleştirilmiş FTIR Spektrumu

Şekil 5' de görüldüğü üzere bentonit kilinin asit ile saflaştırıldıktan sonra kil katmanlarının açıldığı ve daha amorf bir yapıya döndüğü gözlemlenmiştir. B10 FTIR spektrumunda görülen 1630,7 cm⁻¹ titreşim bandının

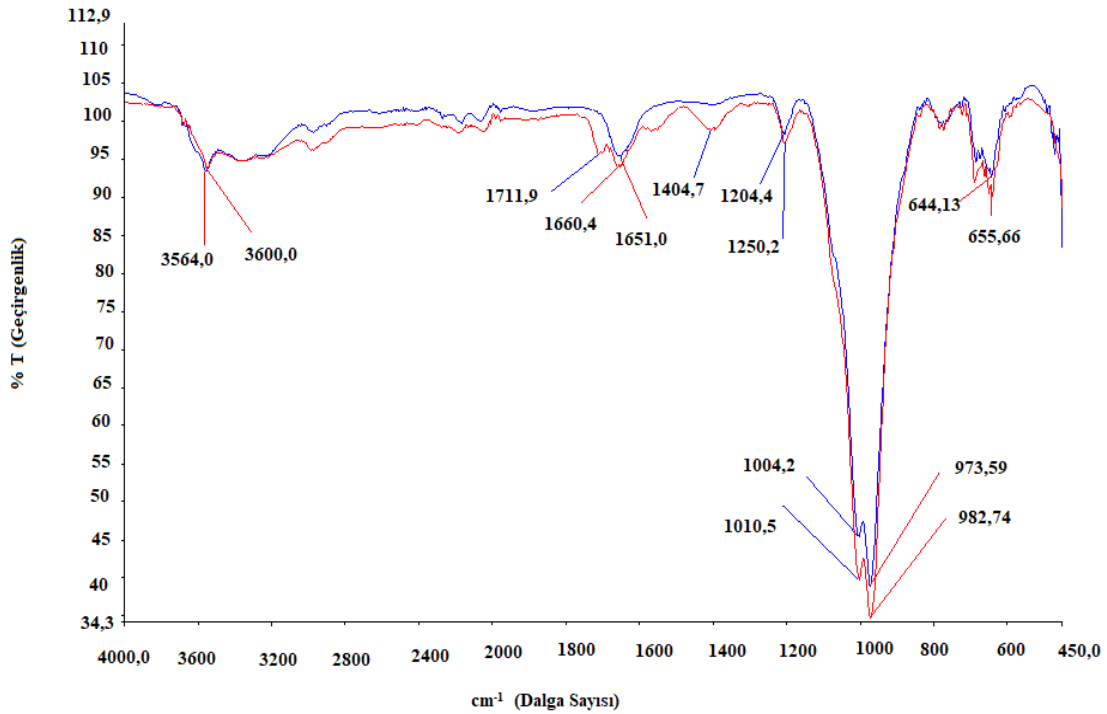
saflaştırma işleminden sonra B20 FTIR spektrumunda 1636 cm^{-1} aralığında gözlenmesi ayrıca 1636 cm^{-1} bandında bir titreşimin daha oluşması kil katmanlarının açıldığı anlamına gelmektedir. Killere asit ile muamele etmek kısmi çözünme olarak da tanımlanır. Asit ile saflaştırma yöntemi, killerin boşluklarını açarak endüstrilerde kullanılmaya uygun hale getirmektedir [25].

3.1.3. S10 FTIR Spektrumlarının Değerlendirilmesi

Şekil 6'da görüldüğü üzere $3564,0\text{ cm}^{-1}$ de görülen yayvan bant, $\nu(\text{OH})$ gruplarından kaynaklanmaktadır. $2400\text{-}2000\text{ cm}^{-1}$ aralığında görülen titreşimler karakteristik parmak izi bölgesine atfedilir. $1660,04\text{ cm}^{-1}$ görülen orta şiddetteki titreşim bandı amorf yapıda SiO_2 varlığını göstermektedir. $1004,2\text{ cm}^{-1}$ de görülen şiddetli bant Al-Al-OH bandını (feldspat varlığını) gösterir. $644,13\text{ cm}^{-1}$ de ki titreşimler ise Al-O-Si-O bağlarına atfedilir [24].

3.1.4. S20 FTIR Spektrumlarının Değerlendirilmesi

Şekil 6'da görüldüğü üzere 3600 cm^{-1} de görülen yayvan bant, $\nu(\text{OH})$ gruplarından kaynaklanmaktadır. $2400\text{-}2000\text{ cm}^{-1}$ aralığında görülen titreşimler karakteristik parmak izi bölgesine atfedilir. Asitle muamele edildikten sonra $1660,04\text{ cm}^{-1}$ 'de görülen orta şiddette amorf yapıdaki SiO_2 varlığını kaybederek yerine $1711,9\text{ cm}^{-1}$ bandı oluşmuştur. $1659,8\text{ cm}^{-1}$ aralığında yeni orta şiddette iki titreşim bandı görülmektedir. Bu asit gruplarının SiO_2 yapısını açtığını göstermektedir. $1010,5\text{ cm}^{-1}$ de görülen şiddetli bant Al-Al-OH bandını (feldspat varlığını) gösterir. $655,66\text{ cm}^{-1}$ 'deki titreşimler ise Al-O-Si-O bağlarına atfedilir [24].



Şekil 6. S10 ve S20 birleştirilmiş FTIR Spektrumu

Şekil 6'da görüldüğü üzere sepiyolit kilinin asit ile saflaştırıldıktan sonra kil katmanlarının açıldığı ve daha amorf bir yapıya döndüğü gözlemlenmiştir. S10 FTIR spektrumunda görülen $1660,04\text{ cm}^{-1}$ titreşim bandının saflaştırma işleminden sonra S20 FTIR spektrumunda $1711,9\text{ cm}^{-1}$ aralığında gözlenmesi ayrıca $1404,7\text{ cm}^{-1}$ bandında bir titreşimin daha oluşması kil katmanlarının açıldığı anlamına gelmektedir. Killerin birçok endüstriyel alanda kullanılması için yapılması gereken en önemli şey asit ile saflaştırma yöntemini

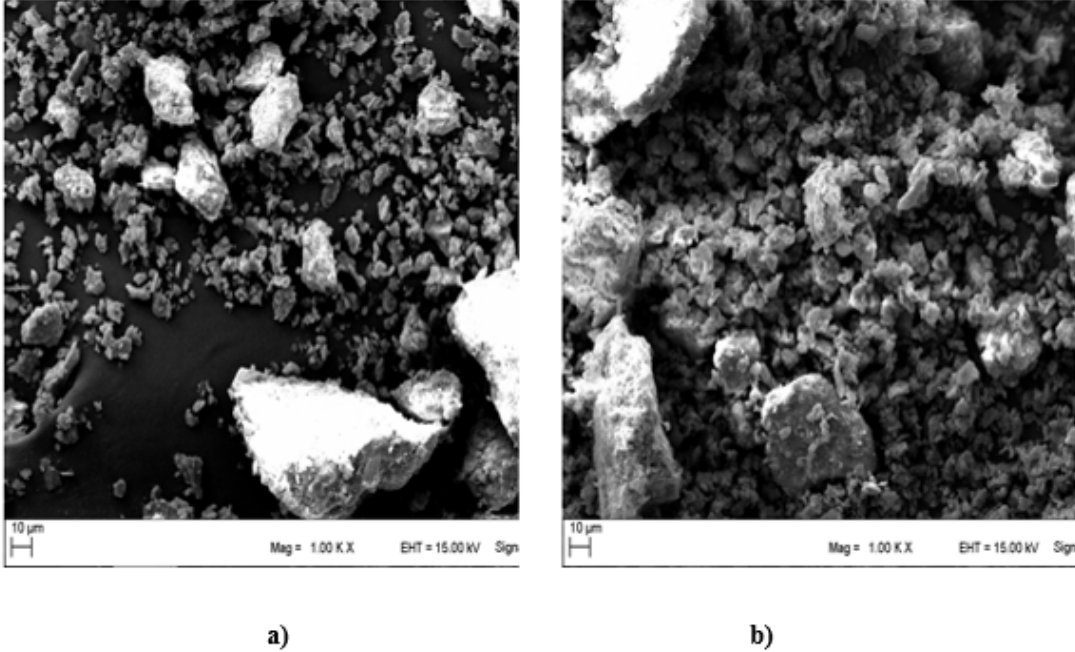
uygulayarak kil katmanlarını açmaktır. Asit ile muamele sonucunda kil katmanları açılır ve daha amorf hale gelir [26].

FTIR analizleri sonucunda asit ile saflaştırma işlemleri başarı ile gerçekleştirilmiş olup kil minerallerinin karakteristik özelliği iyileştirilmiştir. Elde edilen bulgular SEM ve XRD analizlerinde edilen bulguları desteklemektedir.

3.2. SEM Spektrumlarının Değerlendirilmesi

3.2.1. B10 ve B20 SEM Spektrumlarının Değerlendirilmesi

Asit modifikasyonun temel amacı olan katmanlı yapıyı oluşturmak ve bu katmanları oluşturan tabakaların birbiri üzerine açılımını sağlamak amacıyla, katyon değişim kapasitelerini belirleyen iki farklı yüzey aktif madde ile modifikasyonu gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7. a) B10' a ait SEM görüntüsü b) B20 'ye ait SEM görüntüsü

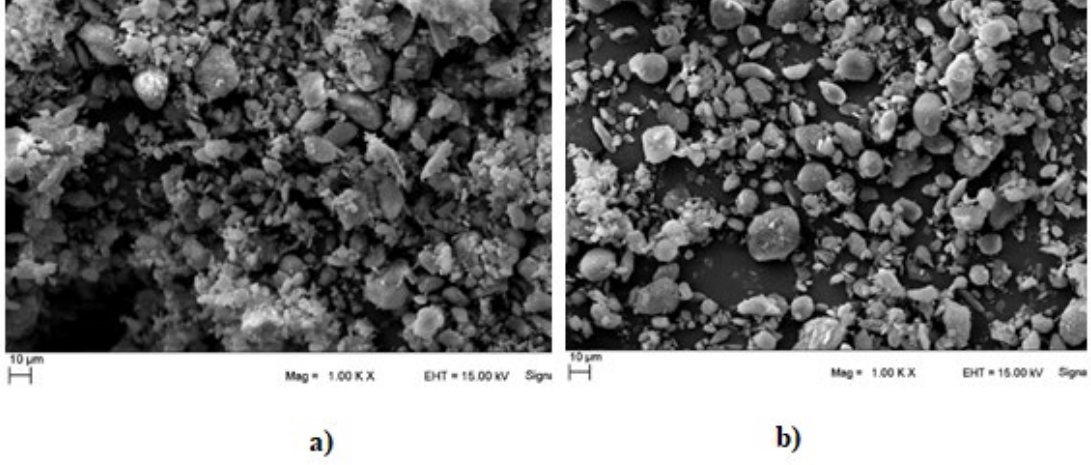
Asit ile yıkanan bentonitin SEM görüntülerine baktığımızda tabakalar arası açılmaların başladığı görülmektedir. Şekil 7. a)' da bentonitin parçacıklarının partikül büyüklüklerine göre aglomere oldukları görülmektedir. Şekil 7. b)' de B20 asit ile muamelenin farklı partikül büyüklüğüne sahip aglomereleri birbirinden ayırmaya başladığı görülmektedir.

3.2.2. S10 ve S20 SEM Spektrumlarının Değerlendirilmesi

Asit ile yıkanan sepiyolit SEM görüntülerine baktığımızda tabakalar arası açılmaların başladığı görülmektedir. Şekil 8. a)'da SEM sepiyolit parçacıklarının partikül büyüklüklerine göre aglomere oldukları görülmektedir. Şekil 8. b)'de S20 asit ile muamelenin farklı partikül büyüklüğüne sahip aglomereleri birbirinden ayırmaya başladığı görülmektedir.

Asitle aktifleşen bentonit ve sepiyolit kili asit ile muamele edildikten sonra şişme eğilimi göstererek daha pürüzsüz yüzeye sahip olmuştur. Asitlerin yapısında bulunan hidrojen iyonu kil içerisinde bulunan minarel

dışındaki maddeleri çözmektedir [27]. SEM görüntülerine bakıldığında iki kil grubu da başarılı bir şekilde asit ile saflaştırılarak ürün özelliklerinin iyileştiği görülmektedir.



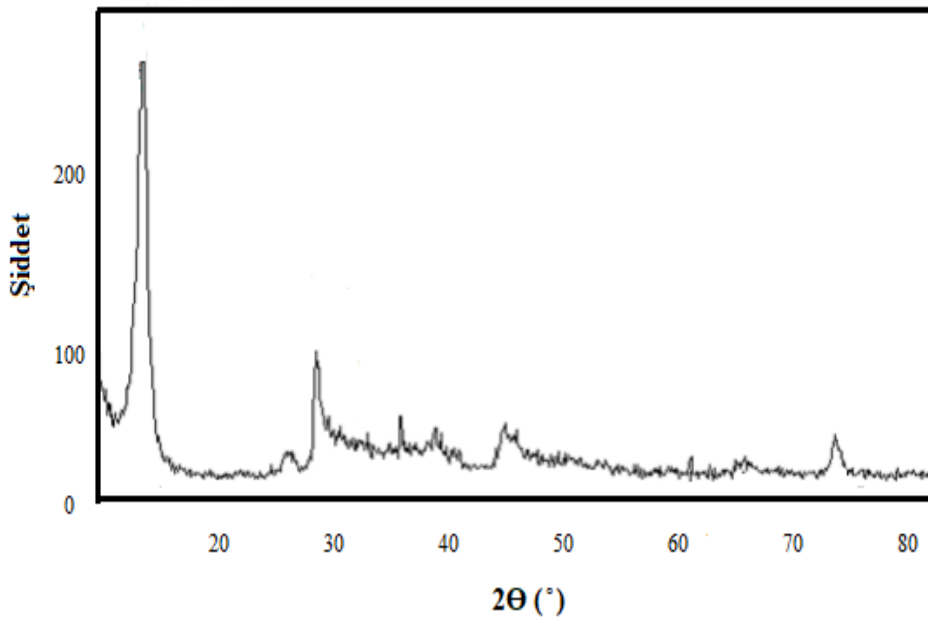
Şekil 8. a) S10' a ait SEM görüntüsü b) S20 'ye ait SEM görüntüsü

3.3. XRD Spektrumlarının Değerlendirilmesi

3.3.1. Bentonit kilinin XRD Spektrumlarının Değerlendirilmesi

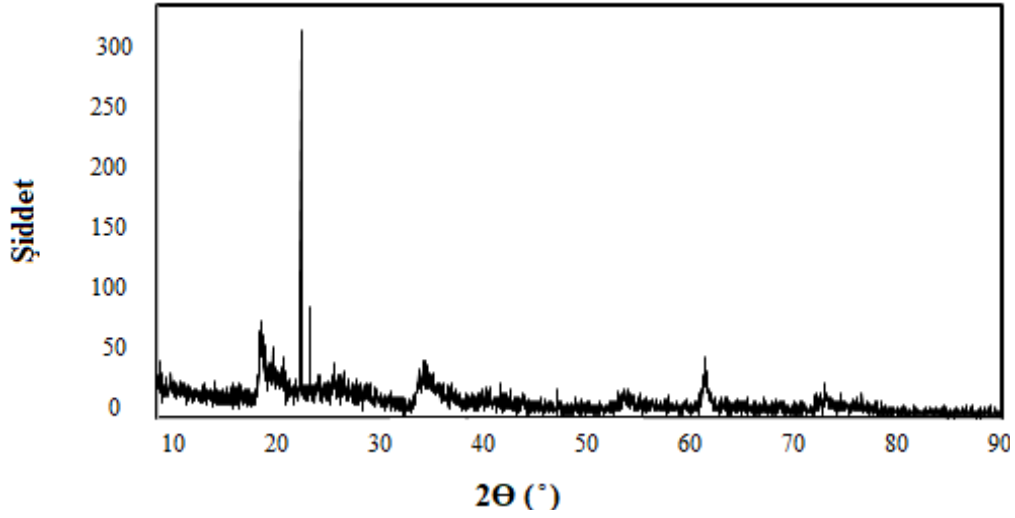
Kristal bir malzemenin, tabaka yapısını elde edebilmek için tabakalar arasındaki d aralığının değişmesi gerekmektedir. Bu da X-ışın kırınım modeliyle tespit edilir. Polimerik bir malzemenin X- ışını kırınım spektrumlarını gözlemlerken katkı malzemelerinin yoğunluğunun kırınım deseni üzerindeki etkisi dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

Yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde ham halde bulunan bentonit kilinin XRD görüntülerinde bentonit kili için Şekil 9'da görüldüğü gibi $15.62 [^{\circ}2\theta.]$ 'da karakteristik bir pik vermektedir [28].



Şekil 9. B10' a ait XRD grafiği

Şekil 10'da bentonitin asidik asitle muamelesi haline ait XRD grafiği görülmektedir. XRD spektrumu bentonit kili için 29.6090 [$^{\circ}2\text{Th.}$]’da karakteristik bir pik vermektedir. Asit muamelesinden sonra kilin yapısı daha amorf bir hal sergilemiştir. Burada polimer/organik olarak modifiye edilmiş kil karışımları için kilin temel yansıma özelliklerinin değişmediği ve yapıdaki silikatın asit muamelesinden etkilenmediğini göstermektedir. Bu durum katman genişlemesinin (interkalasyonlu yapılar) temel bir yansıma ile ilişkisi olduğunu gösterir. Buna karşılık katmanların üst üste istiflenmesini bozan pul pul dökülmeler XRD spektrumlarında gözlemlenmektedir (35.9941 [$^{\circ}2\text{ Th.}$]. 61.8725 [$^{\circ}2\text{ Th.}$]).

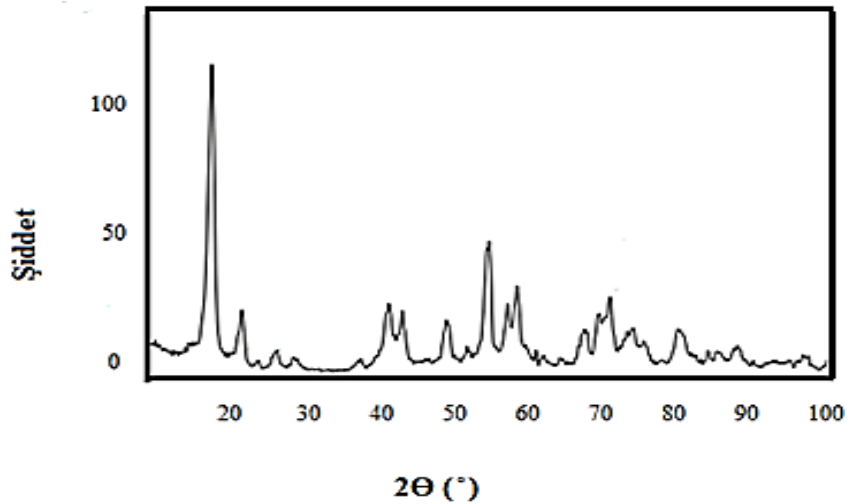


Şekil 10. B20'ye ait XRD grafiği

B10 ve B20 XRD verilerine bakıldığında 15.62 [$^{\circ}2\text{Th.}$] olan pik değeri 23.6090 [$^{\circ}2\text{Th.}$] seviyelerine çıkması asit ile saflaştırma işleminin başarılı bir şekilde kili katmanlı yapı haline getirdiğini göstermektedir. Bu şekilde modifiye edilmiş kil grupları kullanılacak alanlara göre daha iyi performans özelliği göstermektedir.

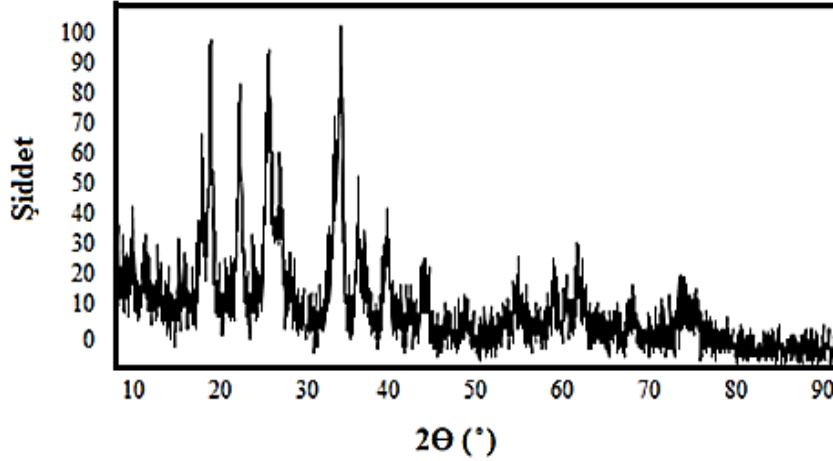
3.3.2. Sepiyolit kilinin XRD Spektrumlarının Değerlendirilmesi

Yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde ham halde bulunan sepiyolit kilinin XRD görüntülerinde sepiyolit kili için Şekil 11’de görüldüğü gibi 12.3 [$^{\circ}2\text{Th.}$]’da karakteristik bir pik verdiği görülmektedir [29].



Şekil 11. S10'a ait XRD grafiği

Şekil 12’de sepiyolitın asidik asitle muamelesi haline ait XRD grafiği görülmektedir. XRD spektrumu sepiyolit kili için 20.5825 [$^{\circ}2\text{Th.}$]’da karakteristik bir pik vermektir. Asit muamelesinden sonra kilin yapısı daha amorf bir hal sergilemiştir. Burada polimer/organik olarak modifiye edilmiş kil karışımları için kilin temel yansıma özelliklerinin değişmediği ve yapıdaki silikatın asit muamelesinden etkilenmediğini göstermektedir. Bu durum katman genişlemesinin (interkalasyonlu yapılar) temel bir yansıma ile ilişkisi olduğunu gösterir. Buna karşılık katmanların üst üste istiflenmesini bozan pul pul dökülmeler XRD spektrumlarında gözlemlenmektedir. (66.9424 [$^{\circ}2\text{ Th.}$]. 72.3092 [$^{\circ}2\text{ Th.}$])



Şekil 12. S20'ye ait XRD grafiği

S10 ve S20 killerinin XRD verilerine bakıldığında 12.3 [$^{\circ}2\text{Th.}$] olan pik değeri 20.5825 [$^{\circ}2\text{Th.}$] seviyelerine çıkması asit ile saflaştırma işleminin başarılı bir şekilde kili katmanlı yapı haline getirdiğini göstermektedir. Bu çalışma ile killerin polimerler için uygulama alanları genişletilmiştir [30, 31].

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada sepiyolit ve bentonit killerin asit ile saflaştırılarak modifiye işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan FTIR, SEM VE XRD analizleri sonucunda kil katmanlarının arası kilin yapısına zarar vermeden başarılı bir şekilde açılmıştır.

FTIR analizleri sonucunda; ham halde bentonit kilinin 1636 cm^{-1} görülen pik seviyesi asit ile saflaştırma işleminden sonra 1695 cm^{-1} pik seviyesine çıkması bentonit kilinin daha amorf hale geldiğini göstermektedir. Ham halde bulunan sepiyolit kilinin FTIR spektrumunda 1636 cm^{-1} görülen pik seviyesi asit ile saflaştırma işleminden sonra 1690 cm^{-1} pik seviyesine çıkması kil katmanlarının açılarak boşluk oluşturduğunu göstermektedir.

SEM görüntülerine bakıldığında, asit ile yıkanan bentonitin tabakalar arası açılmalarının başladığı görülmektedir. Kil tabakalarının açılması daha sonraki işlemlerde ürünün performansını arttırdığı birçok literatür çalışmasında gösterilmiştir.

XRD analizi sonucuna bakıldığında, ham haldeki bentonitin 15.62 [$^{\circ}2\text{Th.}$] olan pik değeri modifiye işleminden sonra 23.6090 [$^{\circ}2\text{Th.}$] seviyelerine çıkması asit ile saflaştırma işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştiğini göstermektedir. Ham haldeki sepiyolitın 12.3 [$^{\circ}2\text{Th.}$] olan pik değeri modifiye işleminden sonra 20.5825 [$^{\circ}2\text{Th.}$] seviyelerine çıkması asit ile saflaştırma işleminin başarılı bir şekilde kili katmanlı yapı haline getirdiğini göstermektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Q. H. Zeng, A. B. Yu, G. Q. Lu and D. R. Paul, Clay-based polymer nanocomposites: research and commercial development. *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 5: 10 (2005) 1574-1592.
- [2] B. Tan and N. L. Thomas, A review of the water barrier properties of polymer/clay and polymer/graphene nanocomposites. *Journal of Membrane Science*, 514: (2016) 595-612.
- [3] R., Salzer and H. W. Siesler, (Eds.). *Infrared and Raman spectroscopic imaging*. John Wiley & Sons, (2014).
- [4] T. Kossentini Kallel, R. Taktak, N. Guermazi and N. Mnif, Mechanical and structural properties of glass fiber-reinforced polypropylene (PPGF) composites. *Polymer Composites*, 39: 10 (2018) 3497-3508.
- [5] W. Zhiming, *Synthesis of chain-end functionalized polyolefins and fluoropolymers and applications in nanocomposites*. The Pennsylvania State University, (2005).
- [6] B. Schampera, D. Tunega, R. Šolc, S. K. Woche, R. Mikutta, R. Wirth and S. Dultz, G. Guggenberger, (Eds). *External surface structure of organoclays analyzed by transmission electron microscopy and X-ray photoelectron spectroscopy in combination with molecular dynamics simulations*. *Journal of Colloid and Interface Science*, 478: (2016) 188-200.
- [7] S. Slobodan and O. Yukihiro, *Raman, infrared, and near-infrared chemical imaging*. John Wiley & Sons, (2011).
- [8] K. G. Sergei and K. L. A. Chan, *ATR-FTIR spectroscopic imaging: recent advances and applications to biological systems*. *Analyst*, 138:7 (2013) 1940-1951.
- [9] S. Hideyuki, M. J. Kazarian and G. Sergei, *Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopic imaging analysis of partially miscible PMMA-PEG blends using two-dimensional disrelation mapping*. *Applied Spectroscopy*, 71: 6 (2017) 1189-1197.
- [10] E. Reza, *Poli (Vinil Alkol) Kil Nanokompozitlerinden Hibrit Hidrojel Hazırlanması*, (2013).
- [11] T. Christian and R. Stephanie, *Double resonant Raman scattering in graphite*. *Physical review letters*, 85:24 (2000) 5214.
- [12] Z. Sevda, *Gümüş İçeren Nanopartiküller Tuzlar ile Yüklü Montmorillonit Esaslı Nanokompozitlerin Geliştirilmesi ve Antikanser Özellikleri*, (2013).
- [13] S. Gu, H. Liu, X. Li, C. Mercier, and Y. Li, (Eds.). *Interfacial designing of PP/GF composites by binary incorporation of MAH-g-PP and lithium bis (trifluoromethanesulfonyl) imide: towards high strength composites with excellent antistatic performance*. *Composites Science and Technology*, 156: (2018) 247-253.
- [14] J. Madejová, *FTIR techniques in clay mineral studies*. *Vibrational spectroscopy*, 31:1 (2003) 1-10
- [15] H. A. Majid, *Characterization of nano-porous bentonite (montmorillonite) particles using FTIR and BET-BJH analyses*. *Particle & Particle Systems Characterization*, 28:3-4 (2011) 71-76.
- [16] Ç. Muazzez, N. Karakaya, T. Abidin, *Clay minerals in hydrothermally altered volcanic rocks, Eastern Pontides, Turkey*. *Clays and Clay Minerals*, 47: (1999) 708-717.

- [17] Z. Ding, J. Sun and R. G. B. Zhu, Eolian origin of the red clay deposits in the Loess Plateau and implications for Pliocene climatic changes. *Quaternary Sciences*, 17:2 (1997) 147-157.
- [18] R. Reiner and H. Siesler, *Infrared and Raman spectroscopic imaging*. John Wiley & Sons, (2014).
- [19] M. V. Rodriguez, J. D. D. L. Gonzalez, M. B. Munoz, Acid activation of a Spanish sepiolite: physico-chemical characterization, free silica content and surface area of products obtained. *Clay Minerals*, 29:3 (1994) 361-367.
- [20] S. İşçi, Bentonit dispersiyonlarına organik ve inorganik katkıların adsorbsiyonunun reolojik özellikleri üzerine etkisi. PhD Thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2002).
- [21] R. A. Bedirhanoglu, Organo-bentonit bileşiklerinin hazırlanması, karakterizasyonu ve p-kloro-fenolün çözeltiden adsorpsiyonunda kullanılması. Master's Thesis. Fen Bilimleri Enstitüsü, (2009).
- [22] P. Sadanand, A comprehensive review on recent developments in bentonite-based materials used as adsorbents for wastewater treatment. *Journal of Molecular Liquids*, 241: (2017) 1091-1113.
- [23] E. Ruiz-Hitzky, Molecular access to intracrystalline tunnels of sepiolite Basis of a presentation given at Materials Discussion No. 3, 24–26 September 2000, University of Cambridge, UK. *Journal of Materials Chemistry*, 11:1 (2001) 86-91.
- [24] T. Arasan Kil karakterizasyonunda ön işlemlerin etkisi ve uygulamaları. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2015).
- [25] P. Komadel, Chemically modified smectites. *Clay Minerals*, 38:1 (2003) 127-138.
- [26] S. Korıçlı, A. Elias, A. Meftı, Characterization of smectite after acid activation with microwave irradiation. *Applied Clay Science*, 42:3-4 (2009) 432-438.
- [27] M.A. Darmawan, B. Z. Muhammad, A. F. P. Harahap, M. Y. A. Ramadhan, M. Sahlan, T. Supriyadi, S. Abd-Aziz and M. Gozan, Reduction of the acidity and peroxide numbers of tengkawang butter (*Shorea stenoptera*) using thermal and acid activated bentonites. *Heliyon*, (2020) 6:12
- [28] E. Kuru, M. Yayla, Ş. Demirci, Effect of Bentonite Composition on the Rheological Properties of Water-Based Drilling Fluids. In: VII. National Clay Symposium. Ankara, (1995).
- [29] Q. Tang, F. Wang, M. Tang, J. Liang, and C. Ren, Study on pore distribution and formation rule of sepiolite mineral nanomaterials. *Journal of Nanomaterials*, 2012: (2012) 2-2.
- [30] G. Demircan, M. Kisa, M. Ozen, A. Acikgoz, Y. İşiker and E. Aytar, Nano-gelcoat application of glass fiber reinforced polymer composites for marine application: Structural, mechanical, and thermal analysis. *Marine Pollution Bulletin*, 194: (2023) 115412.
- [31] G. Demircan, M. Ozen, M. Kisa, A. Acikgoz and Y. İşiker, The effect of nano-gelcoat on freeze-thaw resistance of glass fiber-reinforced polymer composite for marine applications. *Ocean Engineering*, 269: (2023) 113589.



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

Ticari Kredilerde Bulanık-AHP ve TOPSIS Yardımıyla Risk Analizi

Risk Analysis in Trade Credits with Fuzzy AHP and TOPSIS

Yazar(lar) (Author(s)): Necdet ORAL¹, Orhan ENGİN²

¹ ORCID ID: 0009-0008-4157-4939

² ORCID ID: 0000-0002-7250-0317

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Oral N., Engin O., "Ticari Kredilerde Bulanık-AHP ve TOPSIS Yardımıyla Risk Analizi", *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 9(1): 22-38, (2024).

DOI: 10.46578/humder.1419372

**Ticari Kredilerde Bulanık-AHP ve TOPSIS Yardımıyla Risk Analizi**Necdet ORAL¹, Orhan ENGİN^{1*}¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Selçuklu/KONYA**Öz**

Ticari kredi için başvuruda bulunan işletmelerin seçimi, bankalar açısından karmaşık ve önemli bir problemdir. Banka, kredi isteklerini karşılarken birtakım riskler aldığından dolayı kredi başvurularının değerlendirilmesinde nitel/nicel pek çok kriteri değerlendirmek durumundadır. Ticari kredilerde ortaya çıkabilecek risklerin analiz edilmesinde literatürde kullanılan bazı yöntemler mevcuttur. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile TOPSIS, literatürde sıkça kullanılan metodlardır. Bu çalışmada, bir kamu bankasının açıklamış olduğu faaliyet raporundaki veriler ile risk analizi yapılarak risk skoru tespit edilmiştir. Çalışmada, kredi başvurusunda bulunan on ayrı firma için Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ve TOPSIS ile risk analizleri yapılmış ve kredi verilmesi uygun olabilecek kuruluşlar belirlenmeye çalışılmıştır.

Makale BilgisiBaşvuru: 13/01/2024
Yayın: 30/04/2024**Anahtar Kelimeler***Ticari Krediler,
Risk Analizi,
Çok Kriterli Karar
Verme,
Bulanık, Analitik
Hiyerarşi Prosesi,
TOPSIS***Keywords***Trade Credits,
Risk Analysis,
Multi Criteria Decision
Making,
Fuzzy, Analytical
Hierarch Process,
TOPSIS***Risk Analysis in Trade Credits with Fuzzy AHP and TOPSIS****Abstract**

The selection of companies applying for commercial loans is a complex and important problem for banks. Since the bank takes some risks while meeting loan requests, it must consider many qualitative/quantitative criteria in the evaluation of loan applications. There are some methods used in the literature to analyze the risks that may arise in commercial loans. The Analytical Hierarchy Process and TOPSIS are among the methods frequently used in the literature. In this research, the risk score was determined by performing a risk analysis with the data in the annual report of a public bank. In the study, risk analyzes were made with the Fuzzy Analytical Hierarchy Process and Fuzzy-TOPSIS for ten different companies that applied for credit, and it was tried to determine the institutions that could be suitable for loan.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bankalar, kaynak sağlama görevini, kredilere başvurarak gerçekleştirmektedir. Bu görevlerini yerine getirirken belli riskler almaktadırlar. Kredi kullanılmak, bankacılığın temel faaliyetlerinden biri olduğu için; Kredi Riski (KR), bankacılık alanında değerlendirilmesi gereken önemli faktörlerdendir. Bankalarda, krediden dolayı ortaya çıkan riskinin etkili ve verimli olarak belirlenmesi, yönetilmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir.

Kredilerin etkili bir şekilde firmalara ulaştırılması, güvenilir ve çok iyi tanımlanan bir kredi kullandırma politikası ile sağlanmaktadır. Bankalardan kredi talep eden kuruluşlar, bankanın belirlenmiş olduğu bu kredi kullandırma politikasına göre incelenmekte, yapılan değerlendirmeler sonucunda uygun bulunan kuruluşlara kredi imkânı sağlanmaktadır. Kredi taleplerinin incelenmesi sürecindeki en önemli kriter; krediyi talep eden kuruluşun krediyi geri ödeyip ödeyememe gücünü belirleyecek olan KR dir. Bankaların görevi, kredi talebinde bulunan kuruluşun faaliyet de bulunduğu ortamı analiz ederek ortam riskini azaltmayı, firmaların finansman talebini en uygun şekilde belirleyerek talebe uygun düşen tutar ve vadelerde kredi verilmesini sağlamaktır [1].

*İletişim yazarı, e-mail: oengin@ktun.edu.tr

Bankalar, kredi talebinde bulunan müşterin isteklerine cevap verirken, kuruluşların, öz sermayesi, cari borç ödeyebilme kapasitesi, faaliyet karları, bilanço ve mali yapısı, geçmiş dönemlerdeki mali performansı, teminat ödeme dengesi gibi nicel özelliklerin yanı sıra; kuruluşun yönetim biçimi, itibarı, yer aldığı sektör ve dünyadaki konumu, ortaklarının tanınırlığı, ticari ilişki içindeki firmalar ve kuruluş ile ilgili yapılan diğer değerlendirmeleri gibi nitel özellikleri de dikkate almak zorundadır [2]. Bu nitel özellikleri sayısal değerler ile tanımlamak oldukça zordur. Bu çalışmada, bankaların kredi verme sürecinde dikkate almak zorunda oldukları nitelik özellikler, insan doğasına uygun olarak sözel terimler ile ifade edilmiş ve bu sözel ifadelerin nümerikleştirilmesinde bulanık risk değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır.

Ticari Krediler (TK)'de Analitik Hiyerarşi Prosesi ve TOPSIS yöntemleri ile son yirmi yılda risk analizi çalışmalarının yapıldığı araştırmalar incelenmiş ve aşağıda detaylı olarak sunulmuştur.

İç ve Yurdakul [3], bankaların kredi ölçütleri doğrultusunda kredi değerlendirme sistemi önermişlerdir. Araştırmalarında, literatür yer alan ve günlük hayatta tercih edilen mali analiz esasları ağırlıklı olmak üzere, kuruluşların öznel kredi değerliliğini, faaliyet gösterdiği sektöre göre durumunu ve kredi teminatı analizi gibi öznel ve nesnel faktörleri birlikte değerlendiren ve bütünsel kredi puanı sonucunu ortaya koyan AHP tabanlı bir model önermişlerdir. Yöntemlerinin en önemli hususu, kriterlerin sektör ağırlıklarına göre sınıflandırılması ve mali oranların kuruluşlarda aldığı rasyonel verilerin, 0-1 arasında rakamla puanlandırılmasıdır. Sekreter vd. [4] gıda sektöründe yer alan ve İMKB'de işlem gören firmaların, mali tablolarından oluşturulan, mali oranları entegre ederek firmaların güvenilirlik kabiliyetlerinin değerlendirilmesine yönelik bir model önermişlerdir. Araştırmalarında, kabul edilen mali oranları dikkate alarak AHP ile modelin katsayılarını belirlenmişlerdir. Atan ve Maden [5] bir kamu bankasının krediler departmanına başvuru yaparak kredi isteyen bulunan kişi ya da firmaların değerlendirilmesi sürecinde, AHP ile güvenilirliklerini hesaplamışlardır. Araştırmalarında, bankanın kredi analizi sürecinde üst yönetim tarafından tespit edilen aşamalar doğrultusunda, kredi isteyen kişi ve firmalara ait yedi farklı kategoride kredi skorunu hesaplamışlardır. Liu vd. [6] çalışmalarında, müşterinin kredi risk durumuna bağlı olarak değerlendirme ve firmaların kredi politikalarının düzenli ve sistemli bir şekilde araştırılmasını önerirler. Üç aşamalı çözüm geliştirmişlerdir. Bunlar, bulanık kapsamlı değerlendirme metodu aracılığıyla, firmanın kredi risklerini analiz etmek, kredi notunu dikkate alan kredi hatları içinde araştırma yapabilmek, kredi satışlarının zamanlama sınırlarını ölçmek dir. Firmalara ait kredi risklerinin ağırlığını, ölçme değerlendirme aşamalarını, AHP metodu ile belirlemişlerdir. Girginer [7] bankaları, TK'in değerlendirmesinde özel ve kamu sermayeli banka olarak ayırarak AHP yöntemi ile incelemiştir. Araştırmada, Türkiye'de yer alan biri özel diğeri kamu, iki çeşit bankanın kredi taleplerinin değerlendirilmesinde AHP metodu ile karşılaştırmıştır. Mandic vd. [8] çalışmalarında iki adet çok kriterli sahip olan Bulanık-AHP ve Bulanık-TOPSIS'i entegre eden banka için süreç performansını hesap eden bir yöntem önermişlerdir. Bulanık-AHP yöntemi, kriterler için öncelik ağırlık durumlarını belirlemede kullanılmaktadır. Bulanık-TOPSIS, banka için sıralamada yol gösteren değerlendirme kriterleri için ağırlıkları hesaplamak için kullanılmışlardır. Karakış ve Göktolga [9] Bulanık-AHP ve Bulanık-TOPSIS yöntemlerini, bankaların ticari kredi verme davranışlarının incelenmesi için entegre edilerek bir model halinde sunmuşlardır. Bulanık-AHP ve Bulanık-TOPSIS literatürde ayrıca birçok alanda kullanılan etkin çok kriterli karar verme tekniklerindedir [10]. AHP ve TOPSIS literatürde etkin olarak kullanılan, güvenilir sonuçlar veren ve iyi bilinen çok kriterli karar verme tekniklerindedir [11]. Bu çalışmada, Bulanık-AHP ve TOPSIS'in banka kredi kullandırma işlemlerinde kullanımı ile ilgili literatür yukarıda açıklanmıştır. Bulanık-AHP ve TOPSIS'in diğer alanlardaki uygulamaların literatür araştırması, çalışma ile ilgili katkı sağlamayacağı için sunulmamıştır.

Araştırmada, on farklı kuruluş, çeşitli ölçütlere göre Bulanık-AHP yöntemine göre incelenmiştir. Daha sonra kamu bankası tarafından yayımlanan verilere göre Risk Analiz (RA) skoru belirlenmiştir. RA skoru doğrultusunda puanı en fazla olan kuruluşun, KR faktörüne göre daha optimum düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır. Hesaplamalar doğrultusunda, Bulanık-TOPSIS yaklaşımı ile on farklı nitelikte kuruluş için kredi risk analizleri yapılmış, kuruluşların risk puanları, Bulanık-AHP, Bulanık-TOPSIS yöntemleri yardımıyla birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Banka için hangi yöntemin daha uygun olduğuna analizde elde edilen sonuçlara bakılarak karar verilmiştir.

Bulanık-AHP ve Bulanık-TOPSIS yöntemleri, bankaların ticari kredi verme davranışlarının incelenmesi için Karakış ve Göktolga [4] tarafından entegre edilerek bir model halinde sunulmuştur. Karakış ve Göktolga [9]'nın çalışmalarından farklı olarak bu çalışmanın literatüre katkısı aşağıda sunulmuştur.

- İlk defa boya ve vernik benzeri kaplayıcı maddeler imalatı yapan kuruluşlar için kredi risk analizi yapılmıştır.
- On farklı kuruluş için kredi risk analizi ilk defa yapılmıştır.
- Bankalar için kredi verme sürecinde uygun yöntemin belirlenmesi için Bulanık-AHP ve Bulanık-TOPSIS metotları ilk defa ayrı ayrı test edilmiştir.

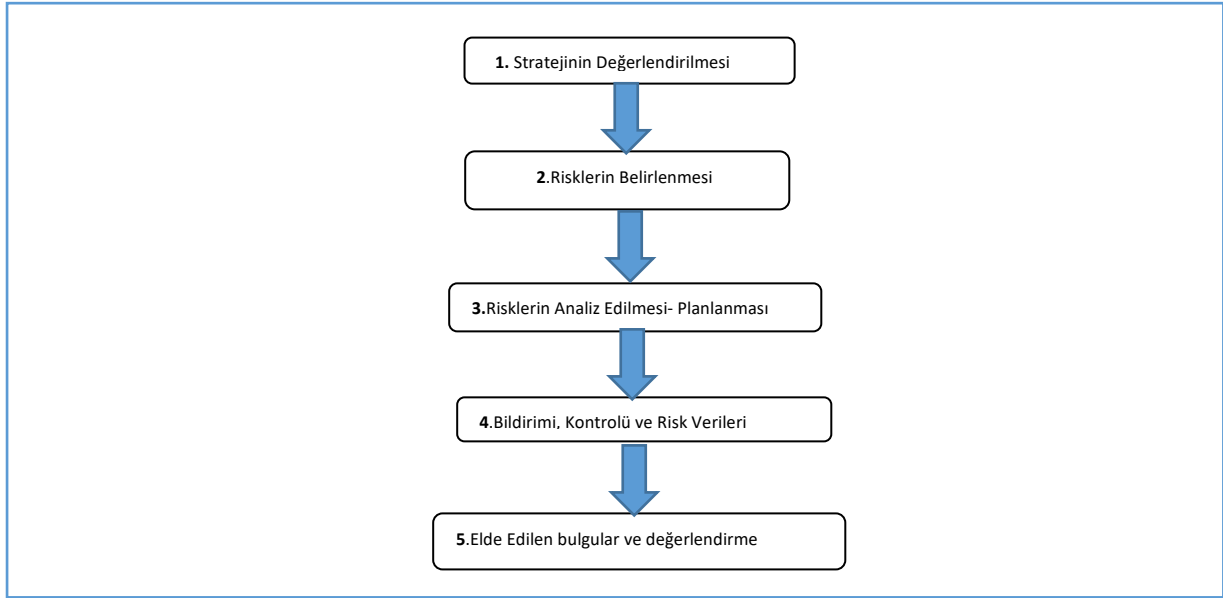
Çalışmanın ikinci bölümünde materyal olarak ticari kredilerde risk analizi süreci, metot olarak da Bulanık-AHP ve Bulanık-TOPSIS yöntemleri açıklanmıştır. Üçüncü bölümünde, on farklı kuruluşun kredi başvuru talepleri için uygulama yapılmıştır. Dördüncü bölümünde, elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIALS AND METHODS)

Çalışmada, materyal olarak bankaları ticari kredi verme süreci incelenmiştir. Ticari kredilerde risk analizinin hesaplanması için yöntem olarak Bulanık-AHP ve Bulanık-TOPSIS kullanılmıştır.

2.1. Ticari Kredilerde Risk Analizi (Risk Analysis in Trade Credits)

TK'de risk analizlerinin belirlenmesinde, bankanın risk durumlarını tespit eden, kredi Risk Matrisi (RM) kullanılmıştır. RM yardımıyla, kamu bankasına kredi talebi için başvuran, on farklı kuruluş, olasılık ve kayıp sınıflarına bağlı olarak farklı risk grubuna ayrılmıştır. Kredi talebinde bulunan kuruluşlar için yapılan değerlendirmeler sonucunda her biri için ayrı ayrı risk değerlendirme puanı belirlenmiştir. RM değerlendirme puanları, AHP metodu yardımıyla, bulanık yöntem kullanılarak hesaplanan risk puanları ile entegre edilerek en son kuruluş puanı elde edilmiştir. RM, bankacılık sektöründe kullanımının zaruri olduğu risk yönetim tekniklerinden bir tanesidir. RM ile, bankaların zaruri ve öncelikle yapması gereken faaliyetleri, buna dair risklerin çeşidi ve onların seviyesini, Risk Yönetim Sistemlerinin (RYS) verimliliği ile düşürülen risk düzeyini sade, nesnel ve açık olarak belirlenmektedir [12]. RM aşamaları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. RM aşamaları [12]

RM'de; eksenlerden biri, risklerin oluşma olasılıklarını, diğeri de risklerin oluşması durumunda meydana gelecek kayıpların derecesini ifade etmektedir. Risklerin oluşma ihtimalleri, en yüksek olasılık seviyesinden en düşük seviyesine kadar sınıflandırılmakta ve her bir olasılık seviyesi, sayısal olarak tanımlanmaktadır. Kayıp Derecesi (KD) ise en üst kayıptan en alt kayba kadar sınıflandırılmakta ve her biri sayısal olarak tanımlanmaktadır. Eksenlerdeki olasılık değerleri ile kayıp değerlerinin kesiştiği yerlerdeki çarpım değeri de Risk Skorunu (RS) oluşturmaktadır [13]. RS, değeri 1 nolu ifade de sunulmuştur

$$RS = \text{Riskin Ortaya Çıkma Olasılığı} \times KD$$

(1)

Kredi risklerinin olasılık düzeyi, Ortaya Çıkma İhtimali (OÇİ)'ne göre Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Olasılık Düzeyi [13]

İhtimal Durumu	İhtimal Değeri	Risk Puanı
Sık Değil	$OÇİ < \%0,1$	1
Olası Değil	$\%0,1 < OÇİ < \%1$	2
Olası	$\%1 < OÇİ < \%10$	3
Kuvvetle Olası	$\%10 < OÇİ < \%50$	4
Kesin	$OÇİ > \%50$	5

Tablo 1'de, risklerin yönetilmesinde kredi risklerinin olasılık düzeyi, yüzde olarak oluşma olasılıkları ve kredi risk notları elde edilmiştir. Her bir olasılık düzeyi farklı puan ile ifade edilmiştir. Olasılık derecesi ve oluşma ihtimal düzeyleri sayısal olarak arttıkça kredi risk notu da artmaktadır. Tablo 1'de standart veriler elde edilmiştir. KD değerleri Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. KD [13]

KD	KD'nin tanımı	Risk Puanı
Önemli Değil	Faaliyetler, kayıptan etkilenmemektedir	1
Az Önemli	Faaliyetlerin verimliliğini, kayıp sınırlı olarak etkilemektedir	2
Önemli	Kayıp, faaliyetleri belirgin olarak etkilemekte fakat kayıp ortadan kaldırılabılır seviyede ve faaliyetler yürütülmektedir.	3
Yüksek Önemli	Kayıp, faaliyetlerde önemli bir zarar oluşturmakta ve faaliyetler, kayıptan dolayı kesintili gerçekleştirilmektedir.	4
Aşırı Yüksek Önemli	Kayıp, faaliyetleri oldukça büyük bir seviyede etkilemekte ve kayıptan dolayı faaliyetler sürdürülememektedir.	5

Tablo 2'de 5 çeşit KD için risk puanları gösterilmiştir. KD, Önemli Değil, Az Önemli, Önemli, Yüksek Önemli ve Aşırı Yüksek Önemli olarak tanımlanmıştır. Tablo 2'de KD'nin tanımı sütunun da kayıplardan dolayı faaliyetlerdeki etkilenme durumları belirtilmiştir. Kayıplardan etkilenme durumları göre KD arttıkça risk puanlarının arttığı belirlenmiştir. RM ve bileşenleri Şekil 2'de sunulmuştur.

İHTİMAL DERECELERİ		5	10	15	20	25
Kesin	5	5	10	15	20	25
Kuvvetle Muhtemel	4	4	8	12	16	20
Muhtemel	3	3	6	9	12	15
Muhtemel Değil	2	2	4	6	8	10
Nadir	1	1	2	3	4	5

KAYIP DERECELERİ

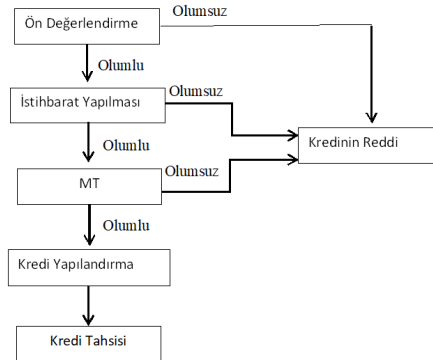
Şekil 2. RM ve Bileşeni [13]

Şekil 2, risk yönetmede olasılık seviyeleri ve KD'yi ifade eden RM oluşturulmuştur. Olasılık ve KD puanlarının çarpılması ile kuruluşun risk puanı belirlenmiştir. Risk puanı 1'den başlayarak 25 değerine kadar hesaplanmıştır. Risk puanı arttıkça, kuruluşun KR'den olumsuz etkilenme sıklığı artmaktadır. Araştırma, bir kamu bankasında, kredi isteklerini değerlendirilmesi süreçlerini, bankanın sunacağı kredilerin geri dönüp dönmeyeceği ile ilgili analiz çalışmalarını kapsar. Kredi isteklerinin değerlendirilmesindeki amaç, kredi isteğinde bulunan kurum ya da kuruluşların krediyi geri ödeme

yetkinliğini ölçerek bankanın maruz kaldığı KR'yi minimize etmek ve kredi isteğinde bulunan kurum ya da kuruluşlara ihtiyacına uygun tutarda ve vadede kredi verilmesini gerçekleştirmektir.

Kredi başvurusunda bulunan firmalar için detaylı bir ön inceleme yapılır ve bu inceleme sonucunda uygun bulunan firma yetkilileri ziyaret edilir. Banka, kredi vermeden önce firma ile ilgili bilgi toplar. Kredi kullanacak firmanın, kimlik bilgisi, firmanın karakteri, hukuki durumları, krediyi geri ödeyebilme imkânları, firma yönetimi öncelikli olarak değerlendirilmesi gereken önemli faktörlerdir. Firmalar krediye başvururlarken belirttikleri krediye ihtiyaç nedenleri ile gerçekten kredi kullanma konusundaki ihtiyaç nedenleri birbirinden farklı olmaktadır. Kredi isteğinde bulunan kuruluşlar, işletme sermayesi olmadığından dolayı krediye ihtiyaçları olduğunu beyan ederler. Talep edilen kredi, genellikle işçilik maliyetleri, vergi borçlarının ödenmesi, alacak-stok finansmanı v.b. gibi çeşitli amaçlar için kullanılmak istenir. Müşteri, krediyi ne için kullanacağını, kullanmak istediği kredi miktarını, vade süresini ve beyan edeceği teminatları açıkça ortaya koymalıdır. Kredilerin, etkili ve sürekli bir şekilde değerlendirilmesi, riskin düzeyinin en az seviyeye de olması ve kredi değerliliklerinin tespit edilmesi için; gizlilik ve tarafsızlık prensibi içerisinde, banka, kişi ya da kuruluşların, ahlaki ve mali durumunu gerçek anlamda belirlemek için, farklı kaynaklardan yararlanarak veri toplayıp bunları değerlendirirler. Kredi istihbarat faaliyetlerinde kullanılan temel unsurlar; kapasite, sermaye, karakter, teminat ve ekonomik şartlardır. Kredi başvurusunda ve firma ziyaretleri sırasında elde edilen bilgi ve dokümanlar, bankanın Mali Tahlil (MT) ve istihbarat departmanlarına iletilerek çeşitli raporlar istenir. İstihbarat birimlerinde görevli uzman analistler ihtiyaç duydukları takdirde ilgili firmalara giderek ek bilgi ve belge isteyebilirler. İlgili kuruluş, toplanan tüm bilgi ve belgeler yardımıyla detaylı olarak analiz edilip MT ve istihbarat raporları, ilgili bankanın yetkili birimine gönderilir. Bankadaki bu yetkili birimler, kuruluş için kredi isteğine karşılık teklif hazırlanıp hazırlanmayacağını tespit ederler. Eğer kredi teklifi hazırlanacak ise kredinin miktarı, vadesi, türü ve teminatlar belirlenerek kredi tahsis birimine yollanır. Kredi vermede her ne kadar dikkatli ve ayrıntılı analiz yapılsa da kredi KR'nin tamamen sıfırlanması mümkün olmayacaktır, KR'yi minimuma indirmek için ilgili banka titiz ve aktif bir gayret gösterir. Kredi isteklerinin değerlendirilmesi noktasında kredi verme kararının doğru tespit edilmesi için bazı araştırma, inceleme ve değerlendirmeler yapılmaktadır. Kredi verme kararlarının doğru olarak verilmesi için, kredi isteğinde bulunan gerçek veya tüzel kişilerin karakteri, borç ödeme yapısı, kurumsal kredide kuruluşun sektördeki konumu, üretmiş oldukları ürün ve hizmetlerin pazar durumları, diğer finans kurumları ve kuruluşlar ile ilişkileri vb. bilgileri ile beraber mali verilerin irdelenmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Ancak kredi istek analizi yapılırken sadece istihbarat ve MT raporları ile mali verilerin incelenmesi yeterli değildir, ayrıca kredi talebinde bulunan kuruluşun geçmiş, cari ve gelecek performanslarında etkili tüm faktörlerin analiz edilmesini gerekir. Ticari kredi analizlerinde, Memzuç bilgi sorgulamaları yapılır.

Bankalarda kredi istekleri ilk olarak ön incelemeye alınır, sonra, kredi istekleri ile ilgili istihbarat çalışmaları ve daha sonra da MT çalışmaları yapılmaktadır. Bu ön çalışmalardan sonra müşterinin ödeme kapasitesi ve müşteriden teminatlar istenerek kredi tahsis birimi tarafından nihai karar verilerek kredinin verilip verilmeyeceği tespit edilir. Kredi isteklerinin değerlendirilmesi ile ilgili faaliyet adımları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Kredi İsteklerinin Analizi Süreci [2]

Bankanın, kredi verme kararında temel olan ilkelere, kredilendirme faktörleri denilmektedir. Kredilendirme faktörlere uyulmadaki temel amaç KR'yi azaltmak ve doğru kredi kararına ulaşmaktır. Gerçek ve tüzel kişilerin kredi başvurularının değerlendirilmesinde dikkate alınacak faktörler arasında farklılıklar olmakla beraber her ikisi içinde geçerli beş temel faktör vardır. Bunlar, faktörlerin İngilizce baş harflerinden dolayı

5C ve Türkçe baş harflerinden dolayı da 5K olarak literatüre yer almaktadır. Bu faktörler: Karakteri (character), Kapasitesi (Its capacity), Kapitali (capital), Kefaleti (collateral) ve Koşulları (conditions) dır. Kredi isteklerinin analiz edilmesinde yukarıdaki faktörlerden yalnızca birini dikkate almak ve diğerlerini göz ardı etmek, yanlış kararlar verilmesine sebep olabilir. Doğru karar verebilmek için kredi faktörlerinin tümünün dikkate alınması gerekir.

2.2. Bulanık AHP ve TOPSIS (Fuzzy AHP and TOPSIS)

Zadeh, ilk olarak 1978 yılında olasılık teorisine alternatif olarak, belirsiz ve esnek olan bilgilerin modellenmesi için bulanık mantık teorisini önermiştir [14]. Önerildiğinden günümüze kadar bulanık mantık birçok alanda kullanılmaktadır. Literatürde son yıllarda yeni bulanık setler önerilmiştir [15]. Çalışmada, on farklı firmada, bazı kriterlere göre Bulanık-AHP ve Bulanık-TOPSIS metotları yardımıyla analiz edilmiştir. Kullanılan Bulanık-AHP ve Bulanık-TOPSIS yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

2.2.1. Bulanık-AHP (Fuzzy-AHP)

AHP, Saaty tarafından, karışık karar problemlerini çözmek için 1977’de önerilmiştir. AHP, karar sürecinde, kararı etkileyen faktörlerin dağılımlarını yüzde olarak ifade eden birçok kriterli karar verme tekniğidir [16]. İkili karşılaştırmalar analizi AHP’de kullanılmakta olan en temel ölçüm aşamalarıdır. AHP’de, ikili karşılaştırmalarda, çift oluşturan birimlerin birbirlerine üstünlüğünü tespit etmek için dokuz adet ölçek kullanılmaktadır. İkili karşılaştırmalarda, i satırındaki $i = \{1, 2, 3, \dots, n\}$ ölçütler n sütunla gösterilmekte ve her bir ölçüt dikkate alınarak derecelendirme yapılmaktadır. AHP’de, 1’den başlayarak 9’a kadar sayısal bir ölçek kullanılmaktadır. AHP’de, ölçüt ve alternatifler için üstünlük derecelerini birbirlerine bağlı olarak tespit edebilmek için ikili karşılaştırma ölçeği tablosunda ağırlıklarına bağlı sınıflandırılmaktadır. Bulanık-AHP yöntemine göre kullanılacak ölçek çeşitleri AHP’de kullanılanlara göre farklıdır. Genel olarak tercih edilen ölçek, bulanık üçgensel sayılardan meydana gelen ve Tablo 3’te sunulan ölçek tipidir [17]. Tablo 3’te görüleceği gibi bulanık önem derecesine göre Sözel Önem (SÖ), Bulanık Ölçek (BÖ), Karşılık Ölçek (KÖ) ve açıklama bölümleri bulunmaktadır.

Tablo 3. Bulanık Üstünlük Dereceleri [18]

SÖ	BÖ	KÖ	Açıklama
Eşit öneme sahip	(1; 1; 1)	(1/1; 1/1; 1/1)	Her iki elemanın katkıları da eşit.
Biraz daha fazla önemli	(1;3;5)	(1/5; 1/3; 1/1)	Elemanlardan biri biraz fazla katkı sağlamaktadır.
Güçlü derecede önemli	(3;5; 7)	(1/7; 1/5;1/3)	Elemanlardan biri daha güçlü derecede katkı sağlamaktadır.
Çok güçlü derecede önemli	(5; 7; 9)	(1/9; 1/7; 1/5)	Elemanlardan biri çok daha güçlü derecede katkı sağlamaktadır.
En güçlü derecede önemli	(7; 9; 9)	(1/9; 1/9; 1/7)	Elemanlardan biri en yüksek derecede katkı sağlamaktadır.

Bulanık-AHP yöntemi, 3 temel adımdan meydana gelmektedir [19]. Bu adımlar aşağıda sunulmuştur.

- 1.Adım:* İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. İkili karşılaştırma matrisinin (C) her bir ögesi (\tilde{C}_{ij}), bir kriterin diğerine göre önemini temsil eden dilsel bir terimdir.
- 2.Adım:* Bulanık ağırlık matrisi hesaplanır.
- 3.Adım:* Bulanık ağırlık matrisi elde edildikten sonra bulanık sayıyı net değere dönüştüren durulaştırma işlemi uygulanır.

2.2.2. Bulanık-TOPSIS (Fuzzy-TOPSIS)

TOPSIS metodu İngilizce “Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution” terimlerin kısaltması olarak tanımlanan, sayısal değerlendirmeler metoduyla birbirinden farklı alternatifleri sıralamada kullanılan çok kriterli bir karar verme tekniğidir [16]. Bulanık-TOPSIS terimi, karar aşamalarını ve grup karar alma proseslerini içerisinde barındıran, bulanık verilere dayalı bir sistemsel terimdir. Ayrıca bulanık değerler, kriterlere uygun alternatif amaçların performans durumlarını ve kriterin ağırlıklarını belirlemek için kullanılmıştır. Ağırlıklı bir şekilde standart hale getirilmiş bulanık olan karar matrisi elde edilmiştir. Bulanık-TOPSIS yöntemde, her alternatif için risk değerleri, sıralı bulanık sayılar kullanılarak ideal olmayan ve ideal olan çözümler kullanılarak hesaplanmıştır. Alternatif stratejilerin sıralama düzenini belirlemek için yakınlık kriterleri kullanılmıştır. TOPSIS yardımıyla her bir kriterin ağırlık değerleri hesaplanmıştır. TOPSIS metodu, m alternatif ve n kriter için, matris şeklinde tanımlanmaktadır [20]. TOPSIS yöntemi, ideal olmayan çözümlerde en uzun fakat ideal çözümler için de en kısa mesafeye bağlı olarak tercih yapılan alternatiflerden biridir. Performans için değerler ve ağırlıklar bulanık veriler ile hesaplanmıştır. TOPSIS yöntemi, 5 temel adımdan meydana gelmektedir [21]. Bu adımlar aşağıda sunulmuştur.

1.Adım: Alternatiflerin sayısı j olmak üzere $j=10$ için normalize edilmiş bulanık karar matrisi; TOPSIS metodunda, her bir alternatifin performansı değeri Eşitlik 2 ile hesaplanır.

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\sqrt{\sum \tilde{x}_{ij}^2}} \quad (2)$$

\tilde{x}_{ij} ‘Karar matrisi; $i=1,2,\dots,m$; ve $j=1,2,\dots,n$; değerlerini almaktadır.

2.Adım: Ağırlıklı ve normalize yapılmış bulanık karar matrisi, Eşitlik 3 ile hesaplanır. Pozitif ideal çözüm değeri, A^+ ve negatif ideal çözüm değeri, A^- ağırlıklı normalize sıralama (\tilde{Y}_{ij}) ifadesi ile hesaplanabilir.

$$\tilde{Y}_{ij} = \tilde{W}_j * \tilde{R}_{ij} \quad \text{Eşitliğinde } i=1,2,\dots,m; \text{ ve } j=1,2,\dots,n. \quad (3)$$

3.Adım: Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözümün belirlenmesi, eşitlik 4 yardımıyla pozitif ideal çözüm matrisi ve eşitlik 5 yardımıyla da negatif ideal çözüm matrisi değerleri bulunur.

$$A^+ = (\tilde{y}_1^+, \tilde{y}_2^+, \dots, \tilde{y}_n^+) \quad (4)$$

$$A^- = (\tilde{y}_1^-, \tilde{y}_2^-, \dots, \tilde{y}_n^-) \quad (5)$$

4.Adım: Pozitif İdeal Çözüm (POİÇ) ile Negatif İdeal Çözüm (NİÇ)’e göre her bir sonucun mesafesinin hesaplanması, eşitlik 6 yardımıyla POİÇ ile A_i alternatifi arasındaki mesafe hesaplanır.

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\tilde{y}_i^+ - \tilde{y}_{ij})^2} \quad i = 1,2, \dots, m \quad (6)$$

Eşitlik 7 yardımıyla NİÇ ile A_i alternatifi arasındaki mesafe hesaplanır.

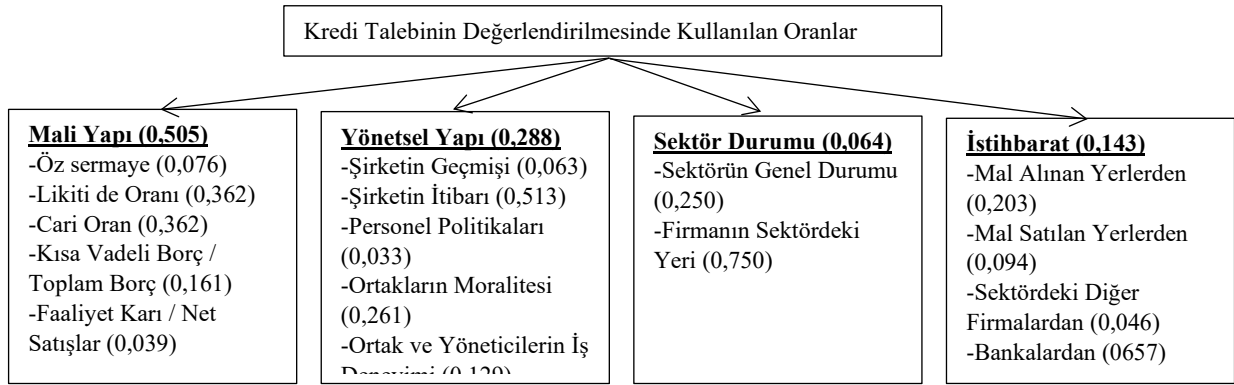
$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\tilde{y}_{ij} - \tilde{y}_i^-)^2} \quad i = 1,2, \dots, m \quad (7)$$

5.Adım: Her bir alternatif için tercih değerinin belirlenmesi, eşitlik 8 yardımıyla her bir tercih alternatifi (V_i) hesaplanır.

$$V_i = D_i^- / (D_i^- + D_i^+); \quad i= 1,2, \dots, m. \quad (8)$$

3. UYGULAMA (APPLICATION)

TK'de, Bulanık-AHP metodu yardımıyla bir kamu bankasında, kredi istekleri doğrultusunda kredi beklentilerini karşılayacak şekilde en uygun kuruluşu seçebilmek için 4 temel kriter mevcuttur. Bu kriterler, Mali Yapı (MY), Yönetsel Yapı (YY), Sektör Durumu (SD) ve İstihbarattır. Kullanılan bu ana kriterlerin ayrıca alt kriterleri de bulunmaktadır. Ana ve alt kriterlerin aralarında oransal yüzdeleri mevcuttur. Oranların tespit edilmesinde kamu bankasında görev yapan uzman ve analistlerin görüş ve önerileri ve bankanın kredi taleplerinde zorunlu tuttuğu kriterler için belirlenen oransal ağırlıklar kullanılmıştır. Örneğin; kamu bankası, gelen kredi talebini değerlendirirken bir puanlama süreci uygulamaktadır. Uygulanan bu süreçte puanlama sisteminin; %50,5'lik kısmını MY, %28,8'lik kısmını YY, %6,4'lük kısmını SD ve %14,3'lük kısmını ise İstihbarat puanlarından meydana gelmektedir. Yukarıda belirtilen kriterlerin oransal ağırlıkları ondalıklı olarak Şekil 4'te detaylıca sunulmuştur [2].



Şekil 4. Kredi Talebinde Baz Alınan Oranlar [2].

TK risk analizinde, bir kamu bankasına kredi talebinde bulunan on farklı kuruluşun, kredi talepleri analiz edilerek incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında TK'in risk analiz hesaplamaları yapılmış, RM oluşturulmuştur. RM ile bir kuruluşun kredi talebi RM tablosundaki verilere bakılarak karar verilir. Daha sonra Bulanık-AHP ile RM'deki sonuçlar çeşitli risk türleri ile entegre edilerek risk analizleri nihai hale getirilir. Kredi taleplerini değerlendirecek kamu bankasında kullanılan puanlama sistemi Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. İstihbarat bilgisine göre puanlama sistemi

İstihbarat Durumu	AAA	AA	A	BBB	BB	B
KR için Puan Değeri	6	5	4	3	2	1

Tablo 5'te görüleceği gibi puanlama ölçeği 1 ile 6 aralığında seçilmiştir. Bu puanlama sistemi, uzman ve analist görüşleri ve kamu bankasının kredi kullandırırken tercih etmiş olduğu kriterlere göre oluşturulmuştur. İstihbarat puanı altı farklı harflendirme sistemi ile tanımlanmıştır. Kredi taleplerini karşılayacak olan kamu bankasında kullanılan teminat sistemi Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. Bankanın teminat sistemi

Teminat Durumu	Birden fazla	Sadece bir tane	Teminat yok
Puan Değeri	3	2	1

Tablo 6'da uzman ve istihbarat personeli tarafından önerilen teminat puan değerleri 1 ile 3 aralığında değişmektedir. Kredi taleplerini karşılayacak olan kamu bankasının Risk Bölgeleri (RB) ve RS değerleri ve bunlara bağlı Risk Dönme Hızı (RDH) Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7. Bir kamu bankasının RB ve RS değerleri

RB	RS	TANIM
1.	$18 \leq RS \leq 15$	ÇOK YÜKSEK RDH
2.	$14 \leq RS \leq 9$	YÜKSEK RDH
3.	$8 \leq RS \leq 4$	ORTA RDH
4.	$3 \leq RS \leq 1$	DÜŞÜK RDH

Tablo 7’de RB dört farklı düzeyde tanımlanmıştır. 1.RB, çok yüksek bir RDH’ye sahip olup RS yüksektir. 4. RB, düşük bir RDH’ye sahip olup RS düşüktür. TK’de risk analizinin AHS metodu ile uygulanmadan önce ilgili firma hakkında detaylı bilgilere ulaşabilmede kamu bankasının özel sorgulama programı yardımıyla bilgiler elde edilmektedir. Analiz yapılan on farklı kuruluş için RS puanları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Analiz yapılan on farklı kuruluş için RS Puanları

Kuruluşlar	RS Puanları
A-Kuruluşu	0,31
B-Kuruluşu	0,42
C-Kuruluşu	0,38
D-Kuruluşu	0,63
E-Kuruluşu	0,38
F-Kuruluşu	0,53
G-Kuruluşu	0,25
H-Kuruluşu	0,38
I-Kuruluşu	0,65
J-Kuruluşu	0,53

Ana ve alt süreçlerin tanımlanmasından sonra hiyerarşik yapı oluşturulur ve AHP’de temel aşama olarak ikili ve bulanık-ikili karşılaştırma matrisleri elde edilir. İlk olarak her süreçte yer alan alt süreçler karşılaştırıldıktan sonra süreçler kendi arasında karşılaştırılır ve üç temel süreç kendi aralarında karşılaştırılır ve her bir süreç için ayrı ayrı önem dereceleri oluşturulur. İkili karşılaştırma matris ve bulanık-ikili karşılaştırma matrisi oluşturulurken baz alınan bir kamu bankasının Kurumsal ve TK bölümünde görevli on uzmanın kredi taleplerini incelemesi ile ilgili görüş ve önerileri, bankanın takip ettiği kredi risk analizi politikaları dikkate alınarak analiz yapılmıştır. Hesaplama işlemlerinde, Excel programından faydalanılmıştır. Finansal Oran (FO) ana süreci Likidite Oran (LO), Kaldıraç Oran (KO), Faaliyet Oranı (FAO) ve Karlılık Oranı (KAO) olarak dört süreçten oluşmaktadır.

3.1 Bulanık-AHP Uygulaması (Fuzzy-AHP Application)

Ana ve alt kriterler için finansal oranlar, Tablo 9’da sunulmuştur.

Tablo 9. Ana ve alt kriterler için finansal oranlar

Kriterler	Alt Kriterler-Oranlar	Kriterler	Alt Kriterler-Oranlar
LO	LO-1: Cari	FAO	FAO-1: Stok Devir
	LO-2: Asit Test		FAO-2: Alacak Devir
	LO-3: Nakit O		FAO-3: Net Çalışma Sermayesi Devir
	LO-4: Stok Bağımlılık		FAO-4: Aktif Devir
	FAO-5: Öz Kaynak Devir		
KO	KO-1: Uzun Vadeli Yabancı Kaynaklar / Devamlı Sermaye	KA0	KA0-1: Net Kar / Öz Kaynak
	KO-2: Özkaynaklar / Aktif Varlık Toplamı		KA0-2: Net Kar / Net Satışlar
	KO-3: Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar / Pasif Kaynak Toplamı		KA0-3: Net Kar / Aktif Varlık Toplamı

KO-4: Maddi Duran Varlıklar / Uzun
Vadeli Yabancı Kaynaklar
KO-5: Öz Kaynak / Yabancı Kaynak
Toplam
KO-6: Duran Varlıklar / Devamlı
Sermaye
KO-7: Banka Kredileri / Aktif Varlık

KA0-4: Faaliyet Karı / Net Satışlar
KA0-5: Satılan Malın Maliyeti / Net
Satış
KA0-6: Faiz Giderleri / Net Satışlar
KA0-7: Faiz ve Vergiden Önce Elde
Edilen Kar / Faiz Gider,

Süreçler ve tutarlılık seviyesi tanımlanırken bulanık önem derecesinde bankanın temel aldığı değerler ele alınmıştır. Örneğin LO2 sürecinin değeri tanımlanırken bulanık üçgensel sayılar olarak $(1;3;5)$ değerleri için ortanca değer $(m = 3)$, en üst değer $(x = 5)$ ve en alt değer $(y=1)$ dikkate alınarak Eşitlik 9 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$U_m^{xy} = 1/(x-y)/(m-y) = 1/(5-1)/(3-1) = 1/2 \quad (9)$$

AHP, ağırlıklı puan değerleri incelendiğinde, kamu bankasının temel aldığı sürecin alt süreçlerinin oransal yüzdeleri kullanılmıştır. Örneğin Likidite ana kriterinde olan LO'nun alt kriterlerinde LO1 cari oran için LO kriterinin %32,5'ini, LO2 Asit test alt kriterinde LO kriterinin %51,3'ünü, LO3 Nakit oran alt kriterinde LO kriterinin %12,2'sini ve LO4 Stok bağımlılık alt kriterinde LO kriterinin %4'üne karşılık gelmektedir. Diğer kriterlerin belirlenmesinde de aynı hesaplamalar yapılmıştır. Banka verilere göre LO kriteri ve alt kriterlerinin AHS-Ağırlık değer puanları, ikili ve bulanık-ikili matrisleri sonucu hesaplanarak Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. LO kriteri alt kriterlerinin ağırlıklı puanları

LO	LO-1	LO-2	LO-3	LO-4	AHS-Ağırlıklı Puan
LO-1	(1;1;1)	(1;3;5)	(3;5;7)	(5;7;9)	0,33
LO-2	(1;3;5)	(1;1;1)	(3;5;7)	(7;9;9)	0,51
LO-3	(3;5;7)	(3;5;7)	(1;1;1)	(3;5;7)	0,12
LO-4	(5;7;9)	(7;9;9)	(3;5;7)	(1;1;1)	0,04
Tutarlılık Oranı					0,06

Tablo 10'da LO kriteri, bankadan elde edilen bilgilere göre dört farklı alt kriter yardımıyla bulanık değerler belirlenmiş ve AHP-ağırlıklı değer puanları oluşturulmuştur. Puan değerleri ana tabloda birleştirilmiştir. Tutarlılık oran değeri, bankadaki uzman ve istihbarat personelinin görüş ve önerileri ve banka değer oranlarına göre elde edilmiştir. Örneğin, LO-1 için ağırlıklı değer puanı 10 numaralı Eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$LO-1 = 1/1 + 1/(1/2) + 1/(1/4) + 1/(1/7) = 14 \quad (10)$$

Eşitlik 10'da hesaplanan, LO-1 puanı, bankanın baz aldığı standart değer, 0,02321 ile çarpılıp 0,33 değeri bulunmuştur. Diğer, AHS-Ağırlıklı puanların hesaplanmasında aynı işlemler yapılmıştır. Banka verilere göre KO kriteri ve alt kriterlerinin AHP-Ağırlık değer puanları, ikili ve bulanık-ikili matrisleri sonucu hesaplanarak Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. KO kriteri ve alt kriterlerin ağırlıklı puanları

	KO-1	KO-2	KO-3	KO-4	KO-5	KO-6	KO-7	AHP-Ağırlıklı Puan
KO-1	(1;1;1)	;3;5)	;3;5)	;5;7)	;3;5)	(3;5;7)	(1;3;5)	0,16
KO-2	(1;3;5)	(1;1;1)	(3;5;7)	;7;9)	(1;3;5)	;7;9)	(3;5;7)	0,35
KO-3	1;3;5)	;5;7)	(1;1;1)	;5;7)	;5;7)	;3;5)	(1;3;5)	0,07
KO-4	(3;5;7)	;7;9)	;5;7)	;1;1)	;7;9)	;3;5)	(3;5;7)	0,03
KO-5	(1;3;5)	;3;5)	;5;7)	;7;9)	(1;1;1)	(3;5;7)	(1;3;5)	0,24
KO-6	(3;5;7)	;7;9)	;3;5)	;3;5)	;5;7)	;1;1)	(1;3;5)	0,04
KO-7	(1;3;5)	;3;5)	;3;5)	;5;7)	(1;3;5)	(1;3;5)	(1;1;1)	0,11

Tablo 11’de KO, kriteri bankadan alınan bilgilere göre yedi alt kriter yardımıyla bulanık değerler alınmış ve AHS-ağırlıklı değer puanları oluşturulmuştur. Puan değerleri ana tabloda birleştirilmiştir. Tutarlılık oran değeri, bankadaki uzman ve istihbarat personelinin görüş ve önerileri ve banka değer oranlarına göre elde edilmiştir. Örneğin, KO-1 için ağırlıklı değer puanı Eşitlik 11’deki gibi hesaplanmıştır.

$$KO-1 = 1/1 + 1/(1/3) + 1/3 + 1/5 + 1/(1/2) + 1/4 + 1/2 = 7,3 \quad (11)$$

Eşitlik 11’de hesaplanan, *KO-1* puanı, bankanın baz aldığı standart değer, 0,0215 ile çarpılıp 0,16 değeri bulunmuştur. Diğer AHS-Ağırlıklı puanların hesaplanmasında aynı işlemler yapılmıştır. Banka verilere göre FAO kriteri ve alt kriterlerinin AHS-Ağırlık değer puanları, ikili ve bulanık-ikili matrisleri sonucu hesaplanarak Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. FAO kriteri ve alt kriterlerin ağırlıklı değer puanları

FAO	FAO-1	FAO-2	FAO-3	FAO-4	FAO-5	AHP Ağırlıklı Puan
FAO-1	(1;1;1)	(1;3;5)	(3;5;7)	(3;5;7)	(1;3;5)	0,05
FAO-2	(1;3;5)	(1;1;1)	(3;5;7)	(1;3;5)	(1;3;5)	0,13
FAO-3	(3;5;7)	(3;5;7)	(1;1;1)	(3;5;7)	(3;5;7)	0,49
FAO-4	(3;5;7)	(1;3;5)	(3;5;7)	(1;1;1)	(1;3;5)	0,22
FAO-5	(1,3,5)	(1;3;5)	(3;5;7)	(1;3;5)	(1;1;1)	0,11
Tutarlılık Oranı						0,07

Tablo 12’de FAO, kriteri bankadan alınan bilgilere göre dört alt kriter yardımıyla bulanık değerler almış ve AHP-ağırlıklı değer puanı oluşturulmuştur. Bu puan değerleri ana tabloda birleştirilmiştir. Tutarlılık oran değeri, bankadaki uzman ve istihbarat personelinin görüş ve önerileri ve banka değer oranlarına göre elde edilmiştir. Örneğin, FAO-1 için ağırlıklı değer puanı Eşitlik 12’de hesaplanmıştır.

$$FAO-1 = 1/1 + 1/(1/3) + 1/(1/5) + 1/(1/4) + 1/(1/3) = 16 \quad (12)$$

Eşitlik 12’de hesaplanan, *FAO-1* puanı, bankanın baz aldığı standart değer, 0,0034 ile çarpılıp 0,05 değeri bulunmuştur. Diğer AHP-Ağırlıklı puanların hesaplanmasında aynı işlemler yapılmıştır. Banka verilere göre KAO kriteri ve alt kriterlerinin AHP-Ağırlık değer puanları, ikili ve bulanık-ikili matrisleri sonucu hesaplanarak Tablo 13’te verilmiştir.

Tablo 13. KAO kriteri ve alt kriterlerin ağırlıklı değer puanları

KAO	KAO-1	KAO-2	KAO-3	KAO-4	KAO-5	KAO-6	KAO-7	AHP Ağırlıklı Puan
KAO-1	(1;1;1)	(3;5;7)	(1;3;5)	(3;5;7)	(3;5;7)	(3;5;7)	(5;7;9)	0,12
KAO-2	(3;5;7)	(1;1;1)	(3;5;7)	(1;3;5)	(5;7;9)	(5;7;9)	(5;7;9)	0,37
KAO-3	(1;3;5)	(3;5;7)	(1;1;1)	(1;3;5)	(3;5;7)	(3;5;7)	(3;5;7)	0,15
KAO-4	(3;5;7)	(1;3;5)	(1;3;5)	(1;1;1)	(3;5;7)	(3;5;7)	(5;7;9)	0,26
KAO-5	(3;5;7)	(5;7;9)	(3;5;7)	(3;5;7)	(1;1;1)	(1;1;1)	(1;3;5)	0,04
KAO-6	(3;5;7)	(5;7;9)	(3;5;7)	(3;5;7)	(1;1;1)	(1;1;1)	(1;3;5)	0,04
KAO-7	(5;7;9)	(5;7;9)	(3;5;7)	(5;7;9)	(1;3;5)	(1;3;5)	(1;1;1)	0,03
Tutarlılık Oranı								0,07

Tablo 13'te KAO, kriteri bankadan alınan bilgilere göre yedi alt kriter yardımıyla bulanık değerler alınmış ve AHS-ağırlıklı değer puanı oluşturulmuştur. Bu puan değerleri ana tabloda birleştirilmiştir. Tutarlılık oran değeri, bankadaki uzman ve istihbarat personelinin görüş ve önerileri ve banka değer oranlarına göre elde edilmiştir. Örneğin, KAO-1 için ağırlıklı değer puanı Eşitlik 13'te hesaplanmıştır.

$$KAO-1 = 1/(1/3) + 1/(1/5) + 1/5 + 1/5 + 1/6 = 14,6 \quad (13)$$

Eşitlik 13'te hesaplanan, *FAO-1* puanı, bankanın baz aldığı standart değer, 0,008 ile çarpılıp 0,12 değeri bulunmuştur. Diğer AHS-Ağırlıklı puanların hesaplanmasında aynı işlemler yapılmıştır. Banka verilere göre FO kriteri ve alt kriterlerinin AHP-Ağırlık değer puanları, ikili ve bulanık-ikili matrisleri sonucu hesaplanarak Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14. FO Süreci Alt Süreçlerinin Ağırlıklı Değer Puanları

FO	LO	KO	FAO	KAO	AHP Ağırlıklı Puan
LO	(1;1;1)	(1;3;5)	(1;3;5)	(1;3;5)	0,44
KO	(1;3;5)	(1;1;1)	(1;3;5)	(1;3;5)	0,31
FAO	(1;3;5)	(1;3;5)	(1;1;1)	(1;3;5)	0,10
KAO	(1;3;5)	(1;3;5)	(1;3;5)	(1;1;1)	0,15
Tutarlılık Oranı					0,05

Öğreneğin LO kriterinin ağırlıklı değer puanı Eşitlik 14'te hesaplanmıştır.

$$LO = 1/1 + 1/2 + 1/3 + 1/3 = 2,167 \quad (14)$$

Eşitlik 14 yardımıyla hesaplanan LO puanı, bankanın kullandığı standart değer olarak elde edilen 0,2025 ile çarpılıp 0,439 değeri hesaplanmıştır. Diğer, ağırlıklı puanların hesaplanmasında aynı işlemler yapılmıştır. Tablo 14'te verilen FO puanları, LO, KO, FAO ve KAO kriterleri entegre edilerek hesaplanmıştır. Hesaplanan puanlar, diğer ana süreçlerin ağırlıklı değer puanları ölçüldükten sonra A ve B kuruluşu için en son risk puanının belirlenmesinde kullanılmıştır. Örneğin, LO-1 için ağırlıklı değer puanı Eşitlik 15'te hesaplanmıştır.

$$LO-1 = 1/1 + 1/2 + 1/3 + 1/3 = 2,17 \quad (15)$$

Eşitlik 15'te hesaplanan, *LO-1* puanı, bankanın baz aldığı standart değer, 0,2025 ile çarpılıp 0,44 değeri bulunmuştur. Diğer, AHS-Ağırlıklı puanların hesaplanmasında aynı işlemler yapılmıştır.

Kredi talebinde bulunan kuruluşların Bulanık-AHP metoduna göre Nihai Risk Puanı (NRP) Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 15. On farklı kuruluş için nihai risk puanları

Kuruluşlar	NRP
A-Kuruluşu	0,385
B-Kuruluşu	0,034
C-Kuruluşu	0,117
D-Kuruluşu	0,256
E-Kuruluşu	0,154
F-Kuruluşu	0,227
G-Kuruluşu	0,087
H-Kuruluşu	0,079
I -Kuruluşu	0,208
J-Kuruluşu	0,245

3.2 Bulanık-TOPSIS Uygulaması

Uygulamada kullanılacak Kriterler (K) aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

Kriterler (K)	Bu kriterlerin bulanık sembolleri
K1: LO	ÇB: Çok Büyük
K2: KO	B: Büyük
K3: FAO	AB: Az Büyük
K4: KAO	K: Küçük
K5: Moralite	
K6: Ortaklık Yapısı	
K7: Teminat Yapısı	

A kuruluşunun yukarıdaki işlemlere ve bankadan elde edilen verilere göre Bulanık-TOPSIS yöntemi kullanılarak kredi risk puanı hesaplanmıştır. Kriterlere ait bulanık ifade ve sayılar Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16. A kuruluşunun önem ağırlıklarına göre kredi bulanık değerleri

Kriterler	Bulanık Tanımlar	Bulanık Sayılar
K1	Çok Büyük	1,00; 1,00; 1,00
K2	Büyük	0,75; 1,00; 1,00
K3	Küçük	0,50; 0,50; 0,75
K4	Büyük	0,75; 1,00; 1,00
K5	Az Büyük	0,50; 0,75; 1,00
K6	Küçük	0,50; 0,50; 0,75
K7	Çok Büyük	1,00; 1,00; 1,00

Tablo 16'da A kuruluşunun yedi adet kritere göre bulanık değerleri verilmiştir. Kriterlere, bulanık yöntem kullanılarak bulanık sayı değerleri ve karşılığında Çok Büyük, Büyük, Az Büyük ve Küçük olmak üzere dört farklı mantıksal ifade yer almıştır. A kuruluş için POİÇ ve NİÇ değerleri Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17. A kuruluşu için POİÇ ve NİÇ değerleri

ÇÖZÜMLER	POİÇ-Y_i^+	NİÇ-Y_i^-	Y_i
Y ₁	1,000	0,000	0,80
Y ₂	1,000	0,750	0,79
Y ₃	0,750	0,500	0,85
Y ₄	1,000	0,750	0,56
Y ₅	1,000	0,500	0,74
Y ₆	0,750	0,500	0,46
Y ₇	1,000	0,000	0,15

Tablo 17'de A kuruluşunun 7 yedi temel süreçte Y_i ağırlıklı normalize edilmiş sıralama, kriter ağırlığı ve alternatif incelemeler bankadan elde edilen verilere göre belirlenmiştir. POİÇ hesaplanırken Tablo 17'de verilmiş olan bulanık sayılardan ilgili sürecin karşılığı olan bulanık rakamların en büyüğü, NİÇ hesaplanırken Tablo 17'de verilmiş olan bulanık sayılardan ilgili sürecin karşılığı olan bulanık sayıların en küçüğü, eğer en küçüğü eğer mevcut değil ise 0 değeri verilmektedir. Banka tarafından kriterlerde belirlenen oranlar A kuruluşunun mali yapısal durumu, firmanın sektörde yer aldığı duruma ve geçmiş piyasa performansına bağlı olarak ele alınmaktadır.

-Y₁ çözümü hesaplanırken $Y_1 = W_1 * R_1$ formülünden çıkan sonuç olan LO kriterinin ağırlıklı değer puanı 0,44 ile bankanın LO için belirlediği 1,82 değeri çarpılarak 0,80 değeri elde edilmiştir.

-Y₂ çözümü hesaplanırken, KO kriterinin ağırlıklı değer puanı 0,31 değeri ile bankanın KO için belirlediği 2,56 değeri ile çarpılarak 0,79 değeri elde edilmiştir.

-Y₃ çözümü hesaplanırken, FO kriterinin ağırlıklı değer puanı 0,10 ile bankanın FO için belirlediği 8,19 değeri ile çarpılarak 0,85 değeri elde edilmiştir.

-Y₄ çözümü hesaplanırken, KAO sürecinin ağırlıklı değer puanı 0,146 ile bankanın KAO için belirlediği 3,86 değeri ile çarpılarak 0,56 değeri elde edilmiştir.

-Y₅ çözümü hesaplanırken, Moralite kriterinin ağırlıklı puanı 0,627 ile bankanın Moralite için belirlediği 1,182 değeri ile çarpılarak 0,74 değeri elde edilmiştir.

-Y₆ çözümü hesaplanırken, Ortaklık yapısı kriterinin ağırlıklı puanı 0,280 ile bankanın Ortaklık yapısı için belirlediği 1,63 değeri ile çarpılarak 0,46 değeri elde edilmiştir.

-Y₇ çözümü hesaplanırken, Teminat yapısı kriterinin ağırlıklı puanı 1 değeri ile bankanın Teminat yapısı için belirlediği 0,145 değeri ile çarpılarak 0,15 değeri elde edilmiştir. A kuruluş için POİÇ ve NİÇ sıralama değerleri Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 18.A kuruluşu için POİÇ ve NİÇ sıralama değerleri

Alternatifler	D ⁺	D ⁻	V _i	Sıralaması
K1	0,20	0,80	0,80	1
K2	0,20	0,05	0,18	5
K3	0,10	0,35	0,78	2
K4	0,44	0,19	0,30	4
K5	0,26	0,24	0,48	3
K6	0,29	0,04	0,13	7
K7	0,86	0,15	0,15	6

Tablo 18'de A kuruluşunun yedi temel kriter kullanılarak POİÇ ve NİÇ'e uzaklığı olarak tanımladığı değerler olan D⁺ ve D⁻ her bir alternatifin tercih değeri olan V_i, TOPSIS yöntemindeki formülasyon kullanılarak elde edilmiştir.

D⁺ değerleri Eşitlik 6 kullanılarak elde edilmiştir.

D⁻ değerleri Eşitlik 7 kullanılarak elde edilmiştir.

V_i değerleri Eşitlik 8 kullanılarak elde edilmiştir.

Her bir alternatif, V_i değerleri yardımıyla sıralanmıştır. Sıralamanın sonucu olarak V_i değeri en yüksek olan K1, birinci sırada olup, V_i değeri en düşük olan K6 sonuncu sırada olmuştur. Elde edilen sonuçlara göre A kuruluşunu V_i değeri en yüksek olan K1 (LO), puan değeri 0,80 olarak kredi değerine sahip olup, banka bu kuruluşun, Bulanık-TOPSIS yöntemine göre kredi talebine olumlu cevap verebilir.

Kuruluşların, Bulanık-TOPSIS metoduna göre hesaplanan kredi NRP değerleri Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 19. On Farklı kuruluş için Bulanık-TOPSIS metoduna göre NRP

Kuruluşlar	NRP
A-Kuruluşu	0,80
B-Kuruluşu	1,09
C-Kuruluşu	1,36
D-Kuruluşu	1,47
E-Kuruluşu	1,08
F-Kuruluşu	2,25
G-Kuruluşu	1,38
H-Kuruluşu	1,21
I -Kuruluşu	2,68
J-Kuruluşu	1,17

Bulanık-AHP metoduna göre kuruluşlara kredi taleplerinin değerlendirilmesinde, kuruluşun sektör puanı ve kuruluş puanı olarak iki farklı hesaplama yapılmıştır. Yapılan işlemler sonucunda, kuruluşların NRP'ları hesaplanmıştır. Bulunan değerler, Tablo 20'de sunulmuştur.

Tablo20. Bir kamu bankasında on farklı kuruluş için Bulanık-AHP ile NRP değerleri

Kuruluşlar	NRP
A-Kuruluşu	0,385
B-Kuruluşu	0,034
C-Kuruluşu	0,118
D-Kuruluşu	0,257
E-Kuruluşu	0,154
F-Kuruluşu	0,228
G-Kuruluşu	0,087
H-Kuruluşu	0,080
I -Kuruluşu	0,208
J-Kuruluşu	0,245
Sektör Puanı	0,98

Araştırmada, kredi talebinde bulunan kuruluşların başvurularının değerlendirilmesi için bankanın, Bulanık-AHS metodu yardımıyla değerlendirme yapması gerektiği konusunda görüş ve önerilerde bulunulmuştur. Kredi isteğinde bulunan kuruluşların, kredinin ön incelenmesinden istihbarat aşaması da dahil analizi yapılmış, kuruluşların kredi riskleri Bulanık-AHS metoduyla değerlendirilmiş ve NRP değeri her kuruluş için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Tablo 20'deki değerler incelendiğinde, on farklı kuruluşun NRP değerlerine göre banka açısından kredi verebilmeye için en uygun kuruluşun, NRP değeri 0,385 olan A firmasının olduğu belirlenmiştir. A kuruluşunun, NRP değeri en yüksek seviyede olduğu için kredi verilebilecek firmalar arasında diğer dokuz firmaya göre en iyi düzeydedir. Bundan dolayı Bulanık-AHP metoduna göre bankanın A kuruluşuna kredi vermesi uygun bulunmuştur.

Araştırmada, Bulanık-TOPSIS metodu yardımıyla on farklı kuruluş analiz edilmiş ve yedi ana kriter kullanılarak gerekli hesaplamalar yapılmış kuruluşlar için en iyi alternatif değeri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Tablo 21'de verilmiştir.

Tablo 21. Bir kamu bankasında on farklı kuruluş için Bulanık-TOPSIS ile NRP değerleri

Kuruluşlar	NRP
A-Kuruluşu	0,80
B-Kuruluşu	1,09
C-Kuruluşu	1,36
D-Kuruluşu	1,47
E-Kuruluşu	1,08
F-Kuruluşu	2,25
G-Kuruluşu	1,38
H-Kuruluşu	1,21
I -Kuruluşu	2,68
J-Kuruluşu	1,17

Tablo 21’de on farklı kuruluş için Bulanık-TOPSIS yöntemi ile hesaplanan NRP verilmiştir. NRP değerine göre en yüksek tercih puanına sahip kuruluş 2,68 puan ile I firması iken en düşük tercih puanı hesaplanan kuruluş da 0,80 puan ile A firması olmuştur.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Kredi alabilmek için bir kamu bankasına başvuruda bulunan boya ve vernik benzeri kaplayıcı maddeler imalatı yapan on farklı kuruluş için kredi risk analizleri, uzman personel ve istihbarat personelinin görüş ve önerileri yardımıyla Bulanık-AHP ve Bulanık-TOPSIS metotları yardımıyla yapılmıştır. On farklı kuruluş için Bulanık-AHP ve Bulanık-TOPSIS metotları ile kredi risk puanları A kuruluşu için Bulanık-AHP ile 0,3857 ve I kuruluşu içinde Bulanık-TOPSIS metodu ile 2,680 olarak en yüksek değerler hesaplanmıştır. Bulanık-AHP, ağırlıklandırmayı kendi yöntemlerine göre yapmakta fakat Bulanık-TOPSIS ise ağırlıklandırmayı dışarıdan aldığı bilgilere göre yaptığından dolayı banka için dezavantaj olmaktadır. Ancak, bankanın kredi risk analizi incelemesi noktasında bir avantaj olarak görülmektedir. Uygun olan metodun, banka için kredi verilebilir politikaları doğrultusunda belirlenmesinin faydalı olacağı düşünülmüştür.

İleride yapılacak araştırmalarda, Bulanık-AHP ve Bulanık-TOPSIS dışında diğer COPRAS, DEMATEL, ELECTRE, VIKOR gibi çok kriterli karar verme teknikleri, banka kredi risk analizlerinin belirlenmesinde, bulanık karar değişkenleri ile kullanılabilir. Ayrıca bu araştırmada önerilen, Bulanık-AHP ve Bulanık-TOPSIS metotları da melez olarak banka kredi risk analizlerinde kullanılarak kıyaslamalar yapılabilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Anonim. “Principles for the management of credit risk”, *Risk Management Group of the Basel Committee on Banking Supervision*, Basel, 2000. Erişim adresi: <https://www.bis.org/publ/bcbs75.pdf>
- [2] Anonim. “Ticari Krediler İzahnamesi”, *Vakıfbank Faaliyet Raporu Yayınları*, 272, 2005.
- [3] Y. T. İç, M. Yurdakul, “Analitik hiyerarşi süreci (AHS) yöntemini kullanan bir kredi değerlendirme sistemi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 15 (1): 1-14, 2000.
- [4] M.S. Sekreter, G. Akyüz, E.İ. Çetin, “Şirketlerin Derecelendirilmesine İlişkin Bir Model Önerisi: Gıda Sektörüne Yönelik Bir Uygulama”, *Akdeniz İİBF Dergisi*, 8: 139-155, 2004.

- [5] M. Atan, U. Maden, “Bireysel ve Kurumsal Kredibilitenin Analitik Hiyerarşi Süreci ile Çözümlemesi”, *4. İstatistik Kongresi, İstatistik Mezunları Derneği ve Türk İstatistik Derneği*, Belek, Antalya. 1-6, 2005.
- [6] G. Liu, Z. Zhou, X. Song, Y. Shi, “A Fuzzy Comprehensive Evaluation Method on Firms Credit Sale Risk”, *Lecture Notes in Computer Science*. 4489: 1062-1068, 2007.
- [7] N. Girginer, “Ticari kredi taleplerinin değerlendirmesine çok kriterli yaklaşım: Özel ve Devlet Bankası Karşılaştırması”, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*. Eskişehir 37: 11, 2008.
- [8] K. Mandic, B. Delibasic, S. Knezevic, S. Benkovic, “Analysis of the financial parameters of Serbian banks through the application of the fuzzy AHP and TOPSIS methods”, *Economic Modelling Article*, University of Belgrade, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade, 30-37, 2014.
- [9] E. Karakış, Z. G. Göktolga, “Bankaların Ticari Kredi Verme Davranışlarının Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS ile İncelenmesi”, *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. 18 (2): 75- 98, 2017.
- [10] A. Sarucan, M. E. Baysal, O. Engin, “Physician selection with a neutrosophic multi-criteria decision making method”, *Intelligent and Fuzzy Techniques: Smart and Innovative Solutions, Proceedings of the INFUS Conference*, Istanbul, Turkey. AISC 1197, Springer Nature Switzerland, 319- 327, 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51156-2_38
- [11] A. Sarucan, M. E. Baysal, O. Engin, “Yol üstü yapı tercihlerinin bulanık AHS yöntemi ile belirlenmesi”, *6th International GAP Engineering Conference-GAP2018*, gap2018.harran.edu.tr, 667- 672, 2018.
- [12] A. Yarız “Bankacılıkta Risk Yönetimi: Risk Yönetimi Uygulaması”, *Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü E-Dergisi*. İstanbul, 1(1), 2011.
- [13] NHS. “A Risk Matrix For Risk Managers”, *National Patient Safety Agency Reports*, London, 2008.
- [14] A. H. Kökçam, O. Engin, “A Hybrid Algorithm for Solving Resource- Constrained Project Scheduling Problems with Fuzzy Activity Durations: An Application in Disc Mower Manufacturing Project”. *J. of Mult.-Valued Logic & Soft Computing*. 39, 561–590, 2022.
- [15] A. Sarucan, M. E. Baysal, O. Engin, “A spherical fuzzy TOPSIS method for solving the physician selection problem”, *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. 42 (1): 181- 194, 2022. DOI: 10.3233/JIFS-219185
- [16] O. Engin, A. Sarucan, M. E. Baysal, “Türkiye için çok kriterli karar verme yöntemleri ile yenilenebilir enerji alternatiflerinin analizi”, *Journal of Social and Humanities Science Research*, 5 (23): 1223-1231, 2018. <https://doi.org/10.26450/jshsr.476>
- [17] O. Engin, R. C. Durmaz, “An Occupational Safety Fuzzy Risk Analysis: An Application in a Building Construction Sites”, *Celal Bayar University Journal of Science*. 19 (2) 159-165, 2023. DOI: 10.18466/cbayarfbe.1213357
- [18] M. H. Vahidnia, A. A. Alesheikh, “Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives”, *Journal of Environmental Management*. 3048-3056, 2009.
- [19] M. E. Baysal, İ. Kaya, C. Kahraman, A. Sarucan, O. Engin, “A two phased fuzzy methodology for selection among municipal projects”, *Technological and Economic Development of Economy*, 21(3): 405–422, 2015. doi:10.3846/20294913.2014.909902
- [20] C. L. Hwang, K. Yoon, “Multiple Attribute Decision Making: Methods and Application”, *Springer-Verlag, New York*. 1981. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- [21] S. Uyun, I. Riadi, “A Fuzzy Topsis Multiple-Attribute Decision Making For Scholarship Selection”, *Telkomnika-Informatics Department*. Yogyakarta, Indonesia, 9: 37-46, 2011.

HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
AKADEMİK BİLİM DERGİSİ

**HARRAN
ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK DERGİSİ**

HARRAN UNIVERSITY
JOURNAL OF ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

Aktif Çamur Ünitelerinde Artan Organik Yük Karşısında Reaktör Hacmini Arttırmadan Uygulanabilecek Stratejiler

Strategies for Addressing Increasing Organic Load in Activated Sludge Units without Increasing Reactor Volume

Yazar(lar) (Author(s)): Gülayşe ÖZKAYMAK¹, Arailym TAZHIEVA², Burkay BARCA³, Büşra AKTAŞ⁴, Ebru ACAR⁵, Miray ZEYBEK⁶, Yonca VAROL⁷, Zelal ŞENER⁸, Tuba ÇOBAN⁹.

¹ ORCID ID: 0000-0001-7213-9405

² ORCID ID: 0009-0008-4204-3267

³ ORCID ID: 0000-0002-2784-0355

⁴ ORCID ID: 0009-0006-8159-9706

⁵ ORCID ID: 0000-0002-3545-8770

⁶ ORCID ID: 0009-0005-0751-1203

⁷ ORCID ID: 0009-0006-9286-9062

⁸ ORCID ID: 0000-0002-4350-9902

⁹ ORCID ID: 0009-0004-3945-5771

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Özkaymak G., Tazhieva A., Barca B., Aktaş B., Acar E., Zeybek M., Varol Y., Şener Z., Çoban T., "Aktif Çamur Ünitelerinde Artan Organik Yük Karşısında Reaktör Hacmini Arttırmadan Uygulanabilecek Stratejiler", ***Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi***, 9(1): 39-49, (2024).

DOI: 10.46578/humder.1453594



Aktif Çamur Ünitelerinde Artan Organik Yük Karşısında Reaktör Hacmini Arttırmadan Uygulanabilecek Stratejiler

Gülayşe ÖZKAYMAK¹, Arailym TAZHIEVA², Burcak BARCA³, Büşra AKTAŞ⁴, Ebru ACAR⁵, Miray ZEYBEK⁶, Yonca VAROL⁷, Zela ŞENER⁸, Tuba ÇOBAN⁹*

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9}Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Mimar Sinan Kampüsü, 16310, Yıldırım/BURSA

Öz

Göçmen nüfusunun aşırı artışı, şehirde organik kirletici üreten sanayi dallarının (ör. gıda endüstrisi) plansız artışı ya da sanayi sahalarının hızlı büyümesi projeksiyon süresinden önce atık su arıtma tesislerinin büyütülmesini gerektirir. Aktif çamur ünitelerinin artan yük karşısında hacminin büyütülmesinden önce uygulanabilecek bazı stratejiler bulunmaktadır. Bu makalede, bu stratejiler giriş toplam ve biyolojik parçalanabilir KOİ konsantrasyonu sırasıyla 500 ve 450 mg/L olan kurgusal bir atık su ile tartışılmıştır. Yapılan modellemede debi 1000 m³/gün'den 3000 m³/gün'e arttırılmıştır. Modele göre, debinin üç katına çıkmasına karşılık artan organik yükün artımı, reaktör hacmi sabit tutularak, XSS konsantrasyonunun 2 kg/m³'den 6 kg/m³'e artması ile, ya da çamur yaşının 8 günden 2 güne azaltılması ile sağlanabilir. Bunun yanı sıra, modelden bağımsız olarak reaktördeki spesifik büyüme oranının artması için sıcaklık uygulaması ya da çökeltim yerine membran filtrasyonu yaklaşımları da uygulanabilir görünmektedir. Her bir strateji, uygulama sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar ile birlikte anlatılmıştır.

Makale Bilgisi

Başvuru: 18/03/2024

Yayın: 30/04/2024

Anahtar Kelimeler

Organik yük
Reaktör hacmi
Çamur yaşı
Aktif çamur

Strategies for Addressing Increasing Organic Load in Activated Sludge Units without Increasing Reactor Volume

Keywords

Organic load
Reactor volume
Sludge age
Activated sludge

Abstract

The excessive increase in the immigrant population, the unplanned increase of industrial branches that produce organic pollutants in the city (e.g. the food industry) or the rapid growth of industrial areas require the expansion of wastewater treatment facilities before the projection period. There are some strategies that can be applied before increasing the volume of activated sludge units in response to increasing load. In this article, these strategies are discussed with a fictional wastewater with an influent total and biodegradable COD concentration of 500 and 450 mg/L, respectively. In the modeling, the flow rate was increased from 1000 m³/day to 3000 m³/day. In order to treat the increasing organic load in the reactor as the flow rate triples, increasing the XSS concentration from 2 kg/m³ to 6 kg/m³, or decreasing the sludge age from 8 days to 2 days, applying heat to increase the specific growth rate in the reactor, or membrane filtration strategies instead of sedimentation seem to be applicable. Each strategy is explained along with the points to be considered during implementation.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Atık sularındaki kirleticilerin karakterizasyonları yapılırken yaygın bir yaklaşım, onları öncelikle çökebilir ve çökelemeyen kirleticiler olarak ikiye, ardından bu iki kategoriyi de biyolojik parçalanabilir ve parçalanamaz olarak alt sınıflara ayırmaktır [1]. Bu sınıflandırmaya göre çökelebilen ve çökelemeyen biyolojik parçalanabilir maddeler biyolojik arıtma ünitelerinde giderilebilmektedir.

Aktif çamur üniteleri biyolojik parçalanabilir kirleticilerin gideriminde kullanılmaktadır. Ünitelerdeki mikroorganizmalar, oksijen varlığında organik kirleticileri hem anabolik hem de katabolik reaksiyonlarda kullanırlar ve sonuç olarak sırası ile biyokütle (yeni mikroorganizmalar) ve yanma ürünleri (CO₂ ve H₂O)

*İletişim yazarı, e-mail: tubaguler88@gmail.com

oluşur [2,3]. Aktif çamur üniteleri özellikle çökelemeyen ve biyolojik parçalanabilir kirleticilerin gideriminde etkin bir yaklaşımdır.

Aktif çamur ünitelerinin tasarımına bir dizi faktör etki eder. Atık su debisi, atık sudaki biyolojik parçalanabilir KOİ konsantrasyonu, çamur yaşı ve reaktörde tutulmak istenen mikroorganizma konsantrasyonu bu parametrelerin başlıcalarıdır [4]. Burada, debi ($m^3/gün$) ve KOİ (kg/m^3) konsantrasyonu tesise gelen yükü ($kg/gün$) belirlerken çamur yaşı ve reaktördeki mikroorganizma konsantrasyonu ünitenin boyutlarını, içerideki toplam mikroorganizma miktarını, hidrolik bekleme süresini ve reaktörün oksijen ihtiyacını belirler.

Hacim önemli bir tasarım parametresi olup ilk yatırım maliyetini doğrudan etkiler. Yapılan bir modellemeye göre ABD’de 4000 ve 20000 $m^3/gün$ debi için tasarlanan iki ayrı aktif çamur ünitesi için toplam ilk yatırım maliyetleri sırasıyla \$7990000-9850000 ve \$32270000-38790000 arasındadır [5].

Hacme etki eden en önemli parametre atık suyun debisi olup debideki artış doğrudan hidrolik bekleme süresinde azalma ile sonuçlanır. Bu azalma, reaktörde istenen biyokimyasal reaksiyonun gerçekleşmesi için gerekli zaman sağlandığı sürece soruna sebep olmaz. Ancak bazı durumlarda tesislere gelen organik kirletici yük planlandığından daha hızlı artabilir.

Bir atık su arıtma tesisine gelen organik kirletici yükü bir dizi kaynaktan ya da faktörden dolayı artabilir. Süt endüstrisi, balık konserve endüstrisi veya tabakhanelerden kaynaklanan, yüksek miktarlarda organik madde içeren ve arıtma tesislerine zorluk teşkil eden endüstriyel atıkların kanalizasyona deşarjı önemli nedenlerdendir [6–8]. Ayrıca, özellikle projeksiyonların üzerinde nüfus artışı yaşanan bölgelerde evsel atık suyunun deşarjı, arıtma tesislerine gelen organik yükün artmasına katkıda bulunabilir [9,10]. Özellikle mülteci hareketliliğinin yoğun olduğu coğrafyalarda, şehirlerin nüfusları aniden yükselebilmektedir. Atık su arıtma tesislerinde proses verimliliği ve enerji tüketimine yönelik optimize edilmiş önlemlerin bulunmaması da daha yüksek organik yüklere yol açabilir [11].

Evsel ya da endüstriyel atık su arıtımı yapan aktif çamur ünitelerinde kapasite artışı gerekli olduğunda sıklıkla ünitenin büyütülmesi söz konusudur. Ancak tesis boyutlarını büyütmeden aynı hacim içerisinde artan organik yükün arıtımı işletim sürecinde yapılabilecek değişiklikler ve uygulanabilecek stratejiler ile mümkündür. Bu kapsamda bu çalışma, aktif çamur üniteleri için artan organik yük karşısında sistem hacmini değiştirmeden uygulanabilecek stratejileri açıklamaktadır. Bu kapsamda 21 ayrı aktif çamur tesisi tasarımı yapılmış ve artan organik yük karşısında aynı arıtımın elde edilebilmesi için değiştirilebilecek sistem işletim parametreleri ile teorik hesaplamalar yapılmış ve yorumlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Atık su özellikleri

Çalışmada, kurgusal bir atık su kullanılmıştır. Atık suyun karakterizasyonu, arıtılması için seçilen işletme parametreleri ve yapılan diğer kabuller Tablo 1’de belirtilmiştir.

Tablo 1. Atıksuyun karakterizasyonu ve işletme parametreleri

Parametre	Kısaltma	Değer	Birim
Toplam giriş KOİ	C_{T1}	500	mg/L
Toplam giriş biyolojik parçalanabilir KOİ	C_{S1}	450	mg/L
Toplam giriş çözünmüş inert KOİ	S_{I1}	25	mg/L
Toplam giriş çökebilir inert KOİ	X_{I1}	150	mg/L
Mikroorganizma ölüm sabiti	b_H	0.15	$gün^{-1}$
Mikroorganizma dönüşüm katsayısı	Y_H	0.64	mg hücreKOİ/mg KOİ
Atık su debisi	Q	1000-3000*	$m^3/gün$
Nüfus	N	5000	kişi
Çökebilir mikrobiyal ürün oluşum sabiti	f_{EX}	0.20	-

Çözünebilir mikrobiyal ürün oluşum sabiti	f_{ES}	0.05	-
Reaktör AKM konsantrasyonu	X_{SS}	4000	mg/L
KOİ'nin AKM'ye dönüşüm oranı	i_{ss}	0.9	kg AKM/kg KOİ

*Hesaplamalarda debideki artış 100 m³/gün'lük artışlar şeklindedir.

2.2. Artan organik yük için aktif çamur tasarım esasları:

Çalışmada 21 adet aktif çamur boyutlandırması çamur yaşı seçimi, net biyokütle verim sabiti, günlük oluşan çamur bileşenleri, oksijen gereksinimi, reaktördeki toplam kütle, reaktör hacmi ve hidrolik bekleme süresi hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarda tüm formüller Orhon ve Artan'dan alınmıştır [1].

2.2.1. Çamur yaşı (θ_x)

Çamur yaşı mikroorganizmaların sistem içerisinde beklediği zamandır. Formülü ise Denklem (1)'de verilmiştir

$$\theta_x = M_{XT}/P_{XT} \quad (1)$$

Burada; M_{XT} , reaktördeki toplam kütle miktarını (kg), P_{XT} , günlük atılan toplam çamur miktarını (kg/gün) temsil etmektedir.

2.2.2. Y_{NH} - Net verim sabiti (mg hücre KOİ/mg KOİ)

Net verim sabiti (Y_{NH}), Denklem (2) ile hesaplanmaktadır.

$$Y_{NH} = \frac{Y_H}{1 + b_H \theta_x} \quad (2)$$

Burada; Y_H , mikroorganizma dönüşüm katsayısını (mg hücre KOİ/mg KOİ), b_H , mikroorganizma ölüm sabitini (gün⁻¹) temsil etmektedir.

2.2.3. Günlük oluşan çamur bileşenleri:

Günlük oluşan toplam çamur (P_{XT}), Denklem (3), (4), (5) ve (6) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$P_{XT} = P_{XH} + P_{XP} + P_{XI} \quad (3)$$

$$P_{XH} = C_{S1} \cdot Q \cdot Y_{NH} \quad (4)$$

$$P_{XP} = C_{S1} \cdot Q \cdot Y_{NH} \cdot f_{EX} \cdot b_H \cdot \theta_x \quad (5)$$

$$P_{XI} = X_{I1} \cdot Q \quad (6)$$

Burada; P_{XT} , bir günde oluşan toplam çamuru (kg/gün), P_{XH} , bir günde oluşan heterotrofik mikroorganizma aktif çamurunu (kg/gün), P_{XP} , bir günde oluşan mikrobiyal ürünleri (kg/gün) ve P_{XI} , bir günde oluşan inert maddeyi (kg/gün) temsil etmektedir.

2.2.4. Oksijen gereksinimi (OR – kg O₂/gün)

Oksijen gereksinimi (OR), Denklem (7) ile hesaplanmaktadır.

$$OR = Q \cdot C_{S1} \cdot [1 - Y_{NH} \cdot (1 + f_E \cdot b_H \cdot \theta_x)] \quad (7)$$

2.2.5. Reaktördeki toplam kütle ve reaktör hacmi

Reaktördeki toplam kütle ve reaktör hacmi Denklem (8), (9) ve (10) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$M_{XT} = P_{XT} \cdot \theta_x \quad (8)$$

$$M_{SS} = i_{SS} \cdot M_{XT} \quad (9)$$

$$V_r = M_{SS}/X_{SS} \quad (10)$$

Burada; M_{XT} , reaktördeki toplam kütleyi (kg KOİ), M_{SS} , reaktördeki toplam kütleyi (kg AKM), V_r , reaktör hacmini (m^3) ve X_{SS} , reaktördeki AKM konsantrasyonu (kg AKM/ m^3) temsil etmektedir.

2.2.6. Hidrolik bekleme süresi

Hidrolik bekleme süresi (HRT), Denklem (11) ile hesaplanmaktadır.

$$HRT = V/Q \quad (11)$$

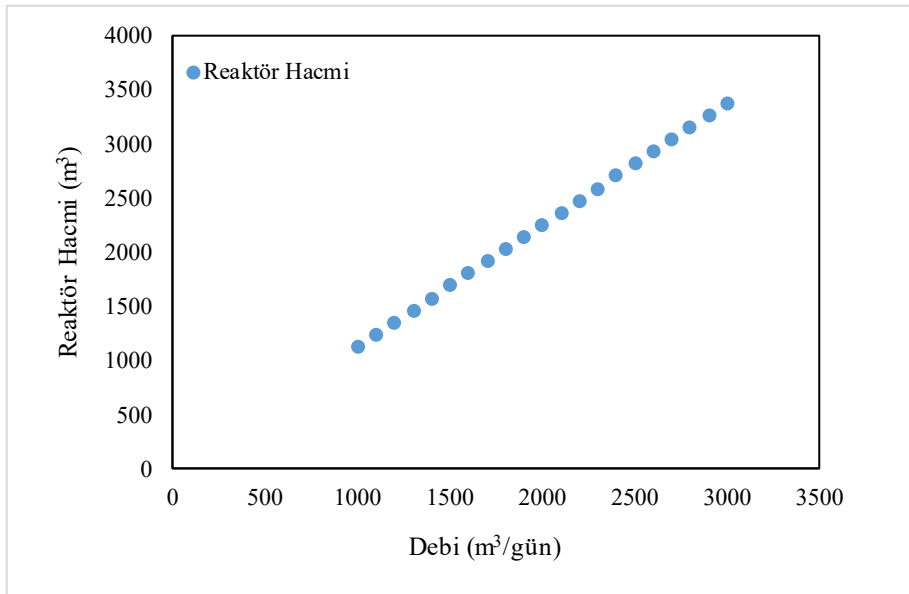
2.3. Yöntem

Çalışmada, yukarıda verilen kabul ve formüller uyarınca giriş organik yükünün tamamının biyolojik parçalanma sürecine katılabileceği ve oluşan çamurun sistem sınırları dışına atılabileceği tasarım esasları, reaktör hacmi arttırılmadan gerçekleştirmeye çalışılmıştır. Bunun için 21 ayrı aktif çamur ünitesi yukarıdaki kabul ve formüller uyarınca modellenmiştir. Organik yükün arttırılması için debi 1000 $m^3/gün$ 'den 3000 $m^3/gün$ 'e kademeli olarak arttırılmış ve bunun diğer sistem tasarım parametreleri değiştirilmeden hacme olan etkisi belirlenmiştir. Sonraki bölümlerde ise model sonucu bulunan stratejilerin (çamur yaşının azaltılması, reaktörde tutulan mikroorganizma konsantrasyonunun arttırılması) ve diğer yaklaşımların (ısıtma uygulaması ve katı sıvı ayrımının membran ile sağlanması) reaktör hacminin sabit tutulabilmesine etkisi araştırılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. Organik yük artışı ile tasarım debisi arasındaki ilişki

Organik yük hem debi hem de kirletici konsantrasyonundaki artıştan kaynaklanabilir. Çalışmada artan debi karşısında artan organik yükün tasarım hacmine etkisi Şekil 1'de sunulmuştur. Çamur yaşı 8 gün, X_{SS} ise 2 kg/m^3 alınarak yapılan hesaplamada hacim artışı debi 1000 $m^3/gün$ iken 1124,38 m^3 ve debi 3000 $m^3/gün$ iken 3373,13 m^3 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 1. Debi değişiminin (1000-3000 $m^3/gün$) reaktör hacmine etkisi.

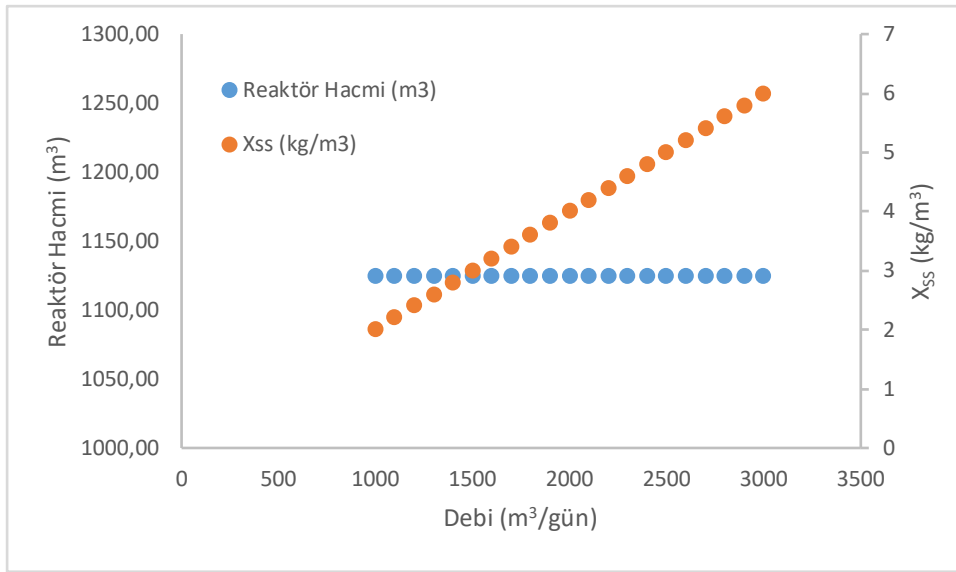
Debi ve organik kirlilik yüküne karşın reaktör hacmi lineer olarak artmıştır. Bunun sebebi ise gelen organik kirlilik yükünün artmasına bağlı oluşan mikroorganizma miktarının da aynı oranda artmasıdır. Reaktörde

tutulmak istenen konsantrasyon 2 kg/m^3 olduğu için reaktör hacminin artışı kaçınılmazdır. Bu artış sonraki bölümlerde açıklanacak olan inşaat maliyetlerinin artması ile sonuçlanmaktadır.

3.2. Hacmin sabit tutulabilmesi için uygulanabilecek stratejiler

3.2.1. Sabit çamur yaşı – artan X_{SS} stratejisi

Debi ve buna bağlı olarak artan organik yük karşısında uygulanabilecek ilk strateji reaktördeki mikroorganizma konsantrasyonunun artırılmasıdır. Bu sayede reaktördeki aktif mikroorganizma, gelen organik yükün mevcut hidrolik bekletme süresi içinde oksidasyonunu sağlayabilir. Şekil 2’de görüldüğü üzere X_{SS} , çamur yaşı 8 gün iken, debi artış oranında 2 kg/m^3 ’den 6 kg/m^3 ’e doğru kademeli olarak artırılmıştır. Bunun sonucunda da hacim sabit tutulabilmiştir. Debinin $1000 \text{ m}^3/\text{gün}$ ’den $3000 \text{ m}^3/\text{gün}$ ’e doğru kademeli olarak artması durumunda ($100 \text{ m}^3/\text{gün}$ ’lük birimler halinde) X_{SS} 0.2 kg/m^3 lük birimler halinde artırılmıştır ve sonuç olarak reaktör hacmi 1124.38 m^3 ’te sabit tutulmuştur.



Şekil 2. Artan X_{SS} ile hacim ilişkisi.

Aktif çamur reaktörlerinde uçucu askıda katı maddelerin (VSS) artırılmasının arıtma süreci üzerinde çeşitli olumlu etkileri olabilir. Semblante ve arkadaşları (2016) tarafından yapılan araştırma, reaktördeki X_{SS} konsantrasyonunun artırılmasının uçucu katı madde formatındaki kirleticilerin giderim verimini artırarak susuzlaştırma özellikleri açısından daha iyi performansa yol açabileceğini göstermiştir[12]. Ayrıca, Majewsky ve diğerleri (2011) aktif heterotrofik biyokütlenin (X_{SS}) aktif çamur sistemlerinde biyolojik bozunma kinetiğini etkileyen önemli faktörler olduğunu vurgulamıştır. Çalışma, reaktördeki toplam katı madde konsantrasyonunun aktif fraksiyonlarının (viability) farklı çamurlar arasında önemli ölçüde değiştiğini göstererek AKM'nin heterotrofik aktivite hakkında değerli bilgiler sağlayabileceğini ortaya koymuştur[13].

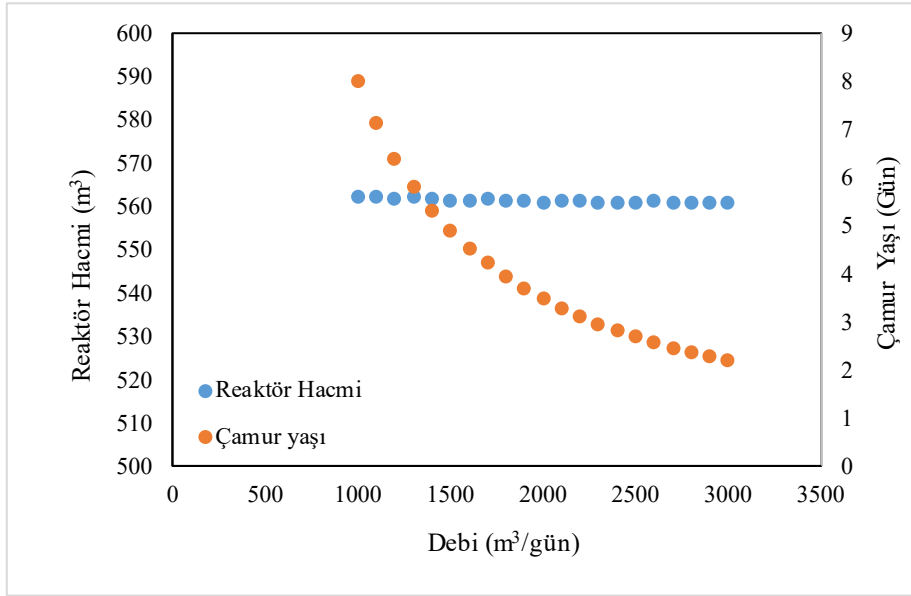
Biyolojik reaktörlerdeki yüksek biyokütle konsantrasyonu çeşitli riskler ve zorluklar doğurabilir. En önemli endişelerden biri, biyokütlenin yıkanması (wash out) ihtimalidir. Artan biyokütle konsantrasyonunda çökelme sorunları oluşabilir ve bu da sistem çıkışında mikroorganizma gözlenmesine sebep olabilir [14]. Yüksek biyokütle konsantrasyonları biyokütle viskozitesinin artmasına neden olabilir, bu da reaktör içindeki oksijen transferini engelleyerek genel arıtma sürecini etkileyebilir [15]. Ek olarak, yüksek biyokütle konsantrasyonlarının birikmesi, reaktörde çözünmüş oksijen seviyelerinin korunmasında zorluklara yol açarak aerobik proseslerin performansını etkileyebilir [16]. İşletim sorunlarına katkıda bulunabilecek ve ek bakım ve temizlik prosedürleri gerektirebilecek biyofilmlerin oluşumuna neden olabilir [17]. Ayrıca, yüksek biyokütle konsantrasyonlarının varlığı, reaktör içindeki mikrobiyal topluluk yapısını

değiştirerek potansiyel olarak belirli mikrobiyal popülasyonları diğerlerine tercih edebilir ve bu da sistemin genel arıtma verimini ve stabilitesini etkileyebilir [18]. Tüm bu kaygılar için Orhon ve Artan çökeltim ile sağlanan katı sıvı ayırımında ulaşılabilecek maksimum biyokütle konsantrasyonunu 8000 mg/L olarak bildirmiştir [1].

3.2.2. Azalan çamur yaşı – sabit X_{SS} stratejisi

Aktif çamur sistemlerinde çamur yaşı, arıtma verimliliğini, besin maddesi giderimini, mikro kirlenici adsorpsiyonunu, nitrifikasyon proseslerini, çökeltme özelliklerini ve genel sistem performansını önemli ölçüde etkileyen kritik bir parametredir. Çamur yaşı, bir aktif çamur parçacığının sistemde kaldığı ortalama süreyi ifade eder ve arıtma verimliliğini ve tesisin genel çalışmasını etkiler. Çalışmalar, çamur yaşının biyolojik besin giderimli aktif çamur sistemlerinin tasarımında, işletiminde ve kontrolünde temel bir parametre olduğunu göstermiştir [19].

Reaktör hacminin sabit tutulması için çamur yaşının azaltılması uygulanabilecek bir diğer stratejidir. Şekil 3'te sabit X_{SS} (4 kg/m^3) için azalan çamur yaşına karşılık artan debi değerlerinde reaktör hacmi hesaplamaları sunulmuştur. Yapılan hesaplamalarda çamur yaşı 8 günden 2,18 güne kademeli bir şekilde düşürülmüştür. Buna karşılık reaktör hacmi $561,28 \text{ m}^3$ 'te sabit tutulmuştur. Sonuç olarak arıtma ünitesine gelen organik yükün artması durumunda çamur yaşının kademeli olarak düşürülmesi reaktör hacminin sabit tutulması için uygulanabilir bir stratejidir.



Şekil 3. Azalan çamur yaşı ile hacim ilişkisi.

Ancak çamur yaşı düşürülürken reaktördeki biyokimyasal dengenin bozulmaması için önlem alınmalıdır. Bunun için kademeli bir şekilde çamur yaşının düşürülmesi ve her düşüş adımı için reaktördeki arıtım veriminin izlenmesi önemlidir.

Kısa çamur yaşları, nitrifikasyon bakterilerinin düşük büyüme oranları nedeni ile nitrifikasyon sürecini engelleyebilir [20]. Aktif çamur proseslerinde çamur yaşının kontrol edilmesi, tesis işletiminin iyileştirilmesi ve biyolojik oksijen talebinin giderilmesi verimliliğinin artırılması açısından çok önemlidir [21]. Çamur yaşı ayrıca çamurun çökeltme özelliklerini de etkiler. Daha yüksek çamur hacim indeksi değerleri, genellikle filamentli bakteriler veya daha yüksek hücre dışı polimerik madde konsantrasyonlarıyla ilişkilendirilen daha zayıf çamur çökebilirliğine işaret eder [22]. Aktif çamur ünitelerindeki düşük çamur yaşı, arıtma prosesine çeşitli riskler ve zorluklar getirebilir. Düşük çamur yaşıyla ilişkili önemli bir risk, atık suyun eksik arıtılması potansiyelidir, bu da organik madde, besin maddeleri ve kirlenici maddelerin giderim verimliliğinde azalmaya yol açar [23]. Düşük çamur yaşı,

mikroorganizmalar ve kirleticiler arasında yetersiz temas süresine neden olarak sistemin genel arıtma performansının düşmesine sebep olabilir [22]. Buna ek olarak, yetersiz çamur yaşı, çamurun zayıf çökeltme özelliklerine yol açarak arıtma tesisindeki arıtma ve ayırma süreçlerini etkileyebilir [24].

Ayrıca, düşük çamur yaşı, aktif çamur sistemindeki mikrobiyal toplulukların stabilitesini ve çeşitliliğini etkileyebilir ve potansiyel olarak proses bozukluklarına, biyolojik bozunma oranlarının azalmasına ve arıtma verimliliğinin tehlikeye atılmasına yol açabilir [25]. Türkiye’de atık su arıtma tesislerindeki yaygın çamur tasfiyesi, çökeltim havuzu çamurlarının polielektrolit ilavesi ardından dekantör ya da belt pres üniteleri ile yaklaşık %25 katılığa ulaştırılıp tesis dışına çıkarılması şeklindedir. Böyle tesislerde düşük çamur yaşı aynı zamanda biyokütle tutulmasının azalmasına ve günlük atılan çamur miktarının artmasına neden olarak işletim zorluklarına ve daha yüksek çamur bertaraf maliyetlerine yol açabilir [26]. Üstelik düşük çamur yaşı, çamurun susuzlaştırılabilirliğini etkileyerek çamur yönetimi ve bertaraf süreçlerinin verimliliğini etkileyebilir [27].

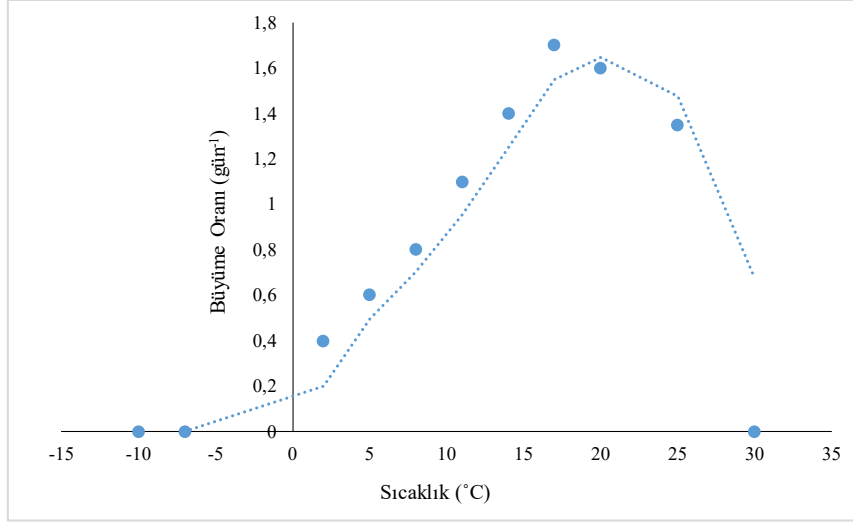
Dezavantajlarının yanı sıra düşük çamur yaşı bir dizi avantaj da sağlamaktadır. Düşük çamur yaşı atık aktif çamurda kısa zincirli yağ asitlerinin üretimini destekleyerek organik madde bozulmasının ve kaynak geri kazanımının artmasına katkıda bulunabilir [28]. Çamur tasfiyesinin anaerobik çürütücüler ile yapılarak biyometan üretiminin yapıldığı tesislerde düşük çamur yaşı, birim zamanda reaktörden daha yüksek çamur çekilmesine sebep olabilir. Bu da daha yüksek biyometan üretimini destekleyebilir. Ayrıca düşük çamur yaşında reaktörde tutulan mikroorganizma miktarı, yüksek çamur yaşına göre daha düşük olduğu için reaktörün toplam havalandırma ihtiyacı daha azdır. Bu da işletme giderlerinin daha düşük olmasını sağlamaktadır.

3.2.3. Reaktörde sıcaklık ayarlamaları

Reaktörde çamur yaşının belirli bir değerin altına düşürülmesi, tamamlanamayan reaksiyon riskini doğurabilir. Mikroorganizmalar ile organik maddenin yeterli temasının olmaması, çıkış suyunda okside edilmemiş organik kirlilik gözlenmesine sebep olabilir. Ayrıca düşük sıcaklıklarda mikroorganizmaların büyüme oranlarının da düşmesine ve düşük çamur yaşlarında hedeflenen arıtım performansının sağlanamamasına sebep olabilir.

Buna rağmen çamur yaşı düşürülmek isteniyorsa reaktörde büyüme oranını sabit tutabilecek düzenlemeler yapılmalıdır. Sıcaklık ve pH’ın optimumda tutulması bu düzenlemelerden biridir. Evsel atık sular için pH genellikle mikroorganizmalar için uygun değerdedir.

Mikroorganizmaların spesifik büyüme hızları sıcaklıktan etkilenir. Özellikle nitrifikasyon bakterilerinin spesifik büyüme hızı, nitrifikasyon kinetiğinin reaktördeki diğer heterotroflarla birlikte değerlendirilmesinde önemli bir parametredir. Nitrifikasyonun maksimum spesifik büyüme hızı, tesisteki karbon ve azot gideriminin derecelendirmesi için çok önemlidir [29]. CTMI modeli uyarınca mikroorganizmaların büyüme oranının sıcaklık ile ilişkisi Şekil 4’de verilmiştir [30].



Şekil 4. CTMI modeli uyarınca mikroorganizmaların büyüme oranının sıcaklık ile ilişkisi [30]. 'dan uyarlanmıştır)

Buna göre sıcaklık ayarlaması yapılması azalan HRT'lerde birim zamanda yapılan kirletici giderimini artırabilir. Santos ve diğerleri (2018), sıcaklık değişimlerinin reaktördeki biyolojik süreçlerin hızını etkileyebileceğini, organik madde dağılımını ve çıkış suyundaki fraksiyonları etkileyebileceğini bulmuştur. Daha düşük sıcaklıkların tüm biyolojik süreçlerin hızını azalttığı, atık su ve çamurun bileşiminde değişikliklere yol açtığı görülmüştür[31].

3.2.4. Katı sıvı ayrımının membran ile sağlanması

Biyomembran uygulamaları her geçen gün popülerlik kazanarak farklı tipteki atıksuların arıtımı için yüksek AKM konsantrasyonlarında işletilen reaktörlerde kullanılmaktadır[32–34]. Artan Xss stratejisinde, konsantrasyonun artması reaktörde bir dizi soruna sebep olabilmektedir. Aktif çamur sistemlerinde artan mikroorganizma konsantrasyonu, arıtma prosesinde çeşitli dezavantajlara ve zorluklara neden olabilir. Önemli bir dezavantaj, mikroorganizmalar tarafından aşırı hücre dışı polimerik madde (EPS) üretme potansiyelidir; bu durum çamur viskozitesinin artmasına ve zayıf çökeltme özelliklerine yol açar, bu da katıların artmış atık sudan ayrılmasını engelleyebilmektedir [35–37].

Aktif çamur sistemlerinde artan mikroorganizma konsantrasyonu, çamur çökeltme özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilecek filamentli mikroorganizmaların çoğalmasına yol açabilir. Microthrix parvicella gibi filamentli bakterilerin aktif çamur sistemlerinde kabarma ve köpüklenmeye neden olduğu, bunun da çökeltme özelliklerinin zayıf olmasına ve arıtma verimliliğinin azalmasına neden olduğu bilinmektedir [38]. Aşırı filamentli mikroorganizmaların varlığı, aktif çamurun çökeltme kapasitesine etki ederek atık su arıtma tesislerinde arıtma ve ayırma işlemlerinin bozulmasına yol açabilir [39].

Reaktörde yüksek mikroorganizma konsantrasyonu birim zamanda yapılan arıtımın da fazla olmasına sebep olurken bu mikroorganizmaların çökeltme ya da spesifik enzimler üretmeleri işletim sorunlarına sebep olmaktadır. Çökeltme sorunu yaşamadan mikroorganizma konsantrasyonunu güvenle arttırmanın yolu katı sıvı ayrımını çökeltme yerine membran filtrasyonu ile sağlanmasıdır. MBR'lerdeki yüksek biyokütle konsantrasyonu, hidrolik bekleme süresinin kısılmasına ve aktif çamur ünitelerinin hacminde önemli bir azalmaya olanak tanır [40]. Hacmin artırılması ihtiyacında, katı sıvı ayrımının membran ile sağlanması birim hacimden alınan verimi artırır.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Atık su arıtımında sabit hacim tutma stratejileri, çeşitli avantajlar ve zorluklarla birlikte ele alınmalıdır. Artan X_{SS} stratejisi, reaktördeki mikroorganizma konsantrasyonunu artırarak organik yükün oksidasyonunu sağlar ve böylece reaktör hacmini sabit tutar. Azalan çamur yaşı stratejisi ise reaktör hacmini sabit tutmak için çamur yaşının azaltılmasını önerir. İşletme giderleri göz önüne alınabildiği ölçüde reaktöre ısıtma uygulanabilir. Bu da birim zamandaki mikroorganizma oluşumunu ve dolayısı ile birim hacimdeki arıtım verimini artırır. Sonuç olarak, makalede sunulan atık su arıtımında sabit hacim tutma stratejileri, ekonomik ve nispeten kolay uygulanabilir olmaları açısından önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, her bir stratejinin avantajları ve zorlukları dikkate alınarak uygulanmalı ve reaktörler süreç içinde yoğun izlenmelidir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Yazarlar, Doç. Dr. Didem Okutman Taş'a teşekkürlerini sunarlar.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] D. Orhon, N. Artan, Modeling of Activated Sludge Systems, CRC press, Pennsylvania, 1997.
- [2] S. Özdemir, D. Uçar, E.U. Çokgör, D. Orhon, Extent of endogenous decay and microbial activity in aerobic stabilization of biological sludge. *Desalin. Water Treat.*, 52 (2013) 6356–6362.
- [3] E. Metcalf, H. Eddy, Wastewater engineering: treatment and reuse, 2003.
- [4] Y. Wu, X. Huang, X. Wen, F. Chen, Function of dynamic membrane in self-forming dynamic membrane coupled bioreactor. *Water Sci. Technol.*, 51 (2005) 107–14.
- [5] J. DeCarolis, S. Adham, W.R. Pearce, Z. Hirani, S. Lacy, R. Stephenson, Cost trends of MBR systems for municipal wastewater treatment. içinde: WEFTEC 2007, Water Environment Federation, 2007: ss. 3407–3418.
- [6] S. Martín-Rilo, R.N. Coimbra, J. Martín-Villacorta, M. Otero, Treatment of dairy industry wastewater by oxygen injection: performance and outlay parameters from the full scale implementation. *J. Clean. Prod.*, 86 (2015) 15–23.
- [7] R.O. Cristóvão, C.M. Botelho, R.J.E. Martins, J.M. Loureiro, R.A.R. Boaventura, Fish canning industry wastewater treatment for water reuse—a case study. *J. Clean. Prod.*, 87 (2015) 603–612.
- [8] R. Ahmad, W. Ishaque, M. Khan, U. Ashraf, M.A. Riaz, S. Ghulam, A. Ahmad, M. Rizwan, S. Ali, S. Alkahtani, Relief role of lysine chelated zinc (Zn) on 6-week-old maize plants under tannery wastewater irrigation stress. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17 (2020) 5161.
- [9] A.I. Jamrah, Assessment of characteristics and biological treatment technologies of Jordanian wastewater. *Bioprocess Eng.*, 21 (1999) 331–340.
- [10] M.F. Colmenarejo, A. Rubio, E. Sanchez, J. Vicente, M.G. Garcia, R. Borja, Evaluation of municipal wastewater treatment plants with different technologies at Las Rozas, Madrid (Spain). *J. Environ. Manage.*, 81 (2006) 399–404.
- [11] A. Masłoń, Analysis of energy consumption at the Rzeszów Wastewater Treatment Plant. içinde: E3S Web Conf., EDP Sciences, 2017: s. 115.
- [12] G.U. Semblante, F.I. Hai, H. Bustamante, W.E. Price, L.D. Nghiem, Effects of sludge retention time on oxic-settling-anoxic process performance: biosolids reduction and dewatering properties. *Bioresour. Technol.*, 218 (2016) 1187–1194.

- [13] M. Majewsky, T. Gallé, V. Yargeau, K. Fischer, Active heterotrophic biomass and sludge retention time (SRT) as determining factors for biodegradation kinetics of pharmaceuticals in activated sludge. *Bioresour. Technol.*, 102 (2011) 7415–7421.
- [14] J. Ruiz, Z. Arbib, P.D. Álvarez-Díaz, C. Garrido-Pérez, J. Barragán, J.A. Perales, Influence of light presence and biomass concentration on nutrient kinetic removal from urban wastewater by *Scenedesmus obliquus*. *J. Biotechnol.*, 178 (2014) 32–37.
- [15] K.J. Daye, J.C. Groff, A.C. Kirpekar, R. Mazumder, High efficiency degradation of tetrahydrofuran (THF) using a membrane bioreactor: identification of THF-degrading cultures of *Pseudonocardia* sp strain M1 and *Rhodococcus ruber* isolate M2, *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 30 (2003) 705–714.
- [16] V. Oyanedel, J.M. Garrido, J.M. Lema, R. Méndez, A membrane assisted hybrid bioreactor for the post treatment of an anaerobic effluent from a fish canning factory. *Water Sci. Technol.*, 48 (2003) 301–309.
- [17] F. Hammes, N. Boon, M. Vital, P. Ross, A. Magic-Knezev, M. Dignum, Bacterial colonization of pellet softening reactors used during drinking water treatment. *Appl. Environ. Microbiol.*, 77 (2011) 1041–1048.
- [18] J. Huang, B. Hankamer, J. Yarnold, Design scenarios of outdoor arrayed cylindrical photobioreactors for microalgae cultivation considering solar radiation and temperature. *Algal Res.*, 41 (2019) 101515.
- [19] G.A. Ekama, The role and control of sludge age in biological nutrient removal activated sludge systems. *Water Sci. Technol.*, 61 (2010) 1645–1652.
- [20] P. Guimaraes, H.N.S. Melo, P.F.F. Cavalcanti, A.C. Van Haandel, Anaerobic–aerobic sewage treatment using the combination UASB-SBR activated sludge. *J. Environ. Sci. Heal. Part A*, 38 (2003) 2633–2641.
- [21] Y. Ma, Y. Peng, S. Wang, New automatic control strategies for sludge recycling and wastage for the optimum operation of predenitrification processes. *J. Chem. Technol. Biotechnol. Int. Res. Process. Environ. Clean Technol.*, 81 (2006) 41–47.
- [22] G.U. Semblante, F.I. Hai, H.H. Ngo, W. Guo, S.-J. You, W.E. Price, L.D. Nghiem, Sludge cycling between aerobic, anoxic and anaerobic regimes to reduce sludge production during wastewater treatment: Performance, mechanisms, and implications. *Bioresour. Technol.*, 155 (2014) 395–409.
- [23] R. Kaegi, A. Voegelin, B. Sinnet, S. Zuleeg, H. Hagendorfer, M. Burkhardt, H. Siegrist, Behavior of metallic silver nanoparticles in a pilot wastewater treatment plant. *Environ. Sci. Technol.*, 45 (2011) 3902–3908.
- [24] Y. Wei, R.T. Van Houten, A.R. Borger, D.H. Eikelboom, Y. Fan, Minimization of excess sludge production for biological wastewater treatment. *Water Res.*, 37 (2003) 4453–4467.
- [25] M. Hörsing, A. Ledin, R. Grabic, J. Fick, M. Tysklind, J. la Cour Jansen, H.R. Andersen, Determination of sorption of seventy-five pharmaceuticals in sewage sludge. *Water Res.*, 45 (2011) 4470–4482.
- [26] G.-H. Yu, P.-J. He, L.-M. Shao, P.-P. He, Stratification structure of sludge flocs with implications to dewaterability. *Environ. Sci. Technol.*, 42 (2008) 7944–7949.
- [27] E. Liwarska-Bizukojs, Application of image analysis techniques in activated sludge wastewater treatment processes. *Biotechnol. Lett.*, 27 (2005) 1427–1433.
- [28] C. Zhang, Y. Qin, Q. Xu, X. Liu, Y. Liu, B.-J. Ni, Q. Yang, D. Wang, X. Li, Q. Wang, Free ammonia-based pretreatment promotes short-chain fatty acid production from waste activated sludge. *ACS Sustain. Chem. Eng.*, 6 (2018) 9120–9129.

- [29] H.D. Stensel, D.L. Ke, P.L. Dold, R. Jones, C. Bye, H. Melcer, Methods for measuring nitrifier maximum specific growth rate: crucial for plant capacity rating. içinde: WEFTEC 2002, Water Environment Federation, 2002: ss. 299–323.
- [30] O. Bernard, B. Rémond, Validation of a simple model accounting for light and temperature effect on microalgal growth. *Bioresour. Technol.*, 123 (2012) 520–527.
- [31] S.L. Dos Santos, A. Van Haandel, S.R. Morais Chaves, Influence of temperature on the performance of anaerobic treatment systems of municipal wastewater. *Water Sa*, 44 (2018) 211–222.
- [32] A. Yurtsever, E. Sahinkaya, Ö. Aktaş, D. Uçar, Ö. Çınar, Z. Wang, Performances of anaerobic and aerobic membrane bioreactors for the treatment of synthetic textile wastewater. *Bioresour. Technol.*, 192 (2015) 564–573.
- [33] D. Ucar, E. Sahinkaya, T. Yilmaz, Y. Cakmak, Simultaneous nitrate and perchlorate reduction in an elemental sulfur-based denitrifying membrane bioreactor. *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, 144 (2019) 104741.
- [34] E. Sahinkaya, A. Yurtsever, Ö. Aktaş, D. Ucar, Z. Wang, Sulfur-based autotrophic denitrification of drinking water using a membrane bioreactor. *Chem. Eng. J.*, 268 (2015) 180–186.
- [35] F. Ye, Y. Ye, Y. Li, Effect of C/N ratio on extracellular polymeric substances (EPS) and physicochemical properties of activated sludge flocs. *J. Hazard. Mater.*, 188 (2011) 37–43.
- [36] D. Ucar, T. Yilmaz, F. Di, G. Esposito, E. Sahinkaya, Comparison of biogenic and chemical sulfur as electron donors for autotrophic denitrification in sulfur-fed membrane bioreactor (SMBR). *Bioresour. Technol.*, 299 (2020) 122574.
- [37] G. Asik, T. Yilmaz, F. Di Capua, D. Ucar, G. Esposito, E. Sahinkaya, Sequential sulfur-based denitrification/denitritation and nanofiltration processes for drinking water treatment. *J. Environ. Manage.*, 295 (2021) 113083.
- [38] S. Knoop, S. Kunst, Influence of temperature and sludge loading on activated sludge settling, especially on *Microthrix parvicella*. *Water Sci. Technol.*, 37 (1998) 27–35.
- [39] P. Xu, Z. Zhou, H. Shi, Z. Geng, Anisotropic phase stretch transform-based algorithm for segmentation of activated sludge phase-contrast microscopic image. *IEEE Access*, 10 (2022) 39518–39532.
- [40] K. Trzciński, M. Zielińska, Challenges and development directions of membrane bioreactors operated on passenger ships in international shipping, *Acta Univ. Lodz. Folia Biol. Oecologica*, 17 (2021) 42–47.

HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
AKADEMİK BİLİM DERGİSİ

HARRAN
ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY
JOURNAL OF ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

A Review On The Antifungal, Antimicrobial And Antioxidant Effects Of Artichoke Leaf And Grapefruit

Enginar Kabuğu ve Greyfurt Ekstratının Antifungal, Antimikrobiyal ve Antioksidan Etkileri Üzerine Bir İnceleme

Yazar(lar) (Author(s)): Feride DAŞNİK ŞEKER¹, Mutlu Buket AKIN²

¹ ORCID ID: 0000-0002-0369-5114

² ORCID ID: 0000-0001-8307-8521

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Daşnik-Şeker F., Akın M.B., "A Review On The Antifungal, Antimicrobial And Antioxidant Effects Of Artichoke Leaf And Grapefruit", *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 9(1): 50-57, (2024).

DOI: 10.46578/humder.1387069



A Review On The Antifungal, Antimicrobial And Antioxidant Effects Of Artichoke Leaf And Grapefruit

Feride DAŞNİK ŞEKER^{1,*}, Mutlu Buket AKIN².

^{1,2}Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 00000, Osmanbey/ŞANLIURFA

Abstract

Natural plant and fruit extracts have become a popular topic nowadays. Plants, fruits, plant extracts and plant wastes have been used for years in the natural preservation of food. Many studies have been conducted on the recycling of waste parts of extracts and their use in foods as natural preservatives. This article reviews the antifungal, antimicrobial and antioxidant properties of artichoke peel and grapefruit extracts.

Makale Bilgisi

Başvuru: 10/11/2023
Yayın: 30/04/2024

Enginar Kabuğu ve Greyfurt Ekstratının Antifungal, Antimikrobiyal ve Antioksidan Etkileri Üzerine Bir İnceleme

Keywords

Artichoke Leaf,
Grapefruit,
Antifungal effect

Öz

Doğal bitki ve meyve ekstraktları günümüzde popüler bir konu haline gelmiştir. Bitkiler, meyveler, bitki özleri ve bitki artıkları gıdaların doğal yollarla muhafaza edilmesinde yıllardır kullanılmaktadır. Ekstraktların atık kısımlarının geri dönüştürülmesi ve gıdalarda doğal koruyucu olarak kullanılması üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu makalede enginar kabuğu ve greyfurt ekstraktlarının antifungal, antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Enginar kabuğu,
Greyfurt
Antifungal etki

1. INTRODUCTION (GİRİŞ)

Plants are highly valued in many industries for their fragrance, medicinal or aromatic properties [1, 2, 3]. It has been reported that aromatic plants with antimicrobial and antioxidant effects are used in the treatment of many diseases from the common cold to cancer [4, 5]

Today, the interest in natural additives is increasing due to the harm of some chemical additives to human health [6]. With the increase in demand for products with minimal processing and natural additives, studies on active ingredients in spices, extracts obtained from spices and essential oils have also gained momentum. It has been determined that the addition of these components to foods extends the shelf life of foods by preventing/delaying microbial spoilage, antioxidant bacteriostatic/fungistatic effect and preventing oxidative rancidity, as well as the aroma created in the food [7, 8, 9, 10].

Phytochemicals synthesized in the secondary metabolism of many plants have antimicrobial effects against microorganisms and are used as antimicrobial agents in various products due to these properties [11, 12, 13]. In in vitro studies, it has been determined that plants have many secondary metabolites such as alkaloids, tannins, flavonoids and phenolic compounds with antimicrobial properties [13, 14, 15].

*İletişim yazarı, e-mail: feridedsnk@hotmail.com

It has been stated that phenolic compounds such as gallic acid and tannin in plants inhibit the enzymes that synthesize ergosterol via binding to the membrane or have antifungal effects that cause cell death by forming pores in the cell membrane [16]. While bioactive compounds such as carvacol, eugenol, and thymol, which act as antifungals, interact with certain enzymes and cause cell disruption [17] compounds such as tomatidine, diallyl sulfides and benzyl isothiocyanate also exert antifungal effects [18,19, 20].

Plant-based ingredients; are the origins of natural substances that prevent oxidation in foods. They can be produced from chemical reactions (e.g., products of the maillard reaction) or extracted from non-food ingredients. The most active antioxidants; polyphenols and phenolic compounds [21] Spices, are very rich in terms of substances such as phenolic acid, flavonoid and aromatic compounds [22]. The presence of free-OH groups in the structures of phenolic compounds that act as antioxidants cause antioxidant properties. It also reduces the growth medium's redox potential by binding free radicals. This decrease in redox potential further limits the undesirable microorganisms' growth. It has also been reported to limit the reactive oxygen species' formation [23].

The antioxidant effects of pure components of essential oils and different plant extracts can be measured by various in vitro assays [24, 25]. Especially natural antioxidants in plants have started to gain importance in scientific studies. Studies showed that the risk of cardiovascular disease and cancer is lower as a result of frequent consumption of natural antioxidants [26].

It is thought that the antifungal, antimicrobial, and antioxidant properties of artichoke leaf and grapefruit extracts used in this review can be used as a natural additive by investigating. In addition, the possibilities of using the waste plant parts of the plant extracts used are also suggested.

2. ANTIMICROBIAL, ANTIFUNGAL AND ANTIOXIDANT EFFECTS OF ARTICHOKE LEAF EXTRACT (ENGİNAR YAPRAĞI EKSTRAKTİNİN ANTİMİKROBİYAL, ANTİFUNGAL VE ANTİOKSİDAN ETKİLERİ)

The globe artichoke (GA), which is cultivated in a wide area in the Mediterranean regions and has an important place in the Mediterranean diet (27), is the oldest solitary plant belonging to the Asteraceae class, also known as *Cynara scolymus L.* (28).

GA leaves contains high amounts of polyphenol compounds. Therefore, interest in GA and its cultivation for pharmaceutical purposes has increased [29]. In addition to containing a high amount of water (91% of a food portions), the GA is rich in vitamins, minerals, polyphenols and carotenoids [30, 31].

Edible parts and by-products of GA are very rich in dietary fibers and polyphenols such as caffeoylquinic acids, di-caffeoylquinic acids, and flavones [32, 33]. Basic phenolics found in the composition of artichoke; cinnamic acids, chlorogenic acid, cynarin, 1,5-O-dicaffeoylquinic acid and 3,4-O-dicaffeoylquinic acid, essential flavonoids; apigenin, luteolin, Rutin and their glycosides [29, 32, 33]. These components give artichoke antioxidant, antifungal, antimicrobial and anticancer properties [34, 35, 36].

Shallan et al. [29] found that GA is a very rich source of substances, exhibiting antimicrobial, antioxidant and anticancer properties, and GA extract is an inexpensive and safe source for preventing various foodborne diseases, adding nutraceutical values to foods and promoting pharmaceutical ingredients.

Artichoke has a protective effect against bacteria such as *E. coli*, *P. vulgaris*, *S. aureus*, *B. subtilis* and *K. pneumonia* [29, 37].

Fратиanni et al [38] searched the antimicrobial effects of GA bracts extract and reported that this extract had antibacterial activity against *P. aeruginosa*, *B. cereus*, and *E. coli*, whereas *E. faecalis* showed resistant against the extract (164).

Vamanu et al. [39] determined that GA had antimicrobial activity against seven microorganisms (*E. coli*, *B. cereus*, *L. innocua*, *Candida spp.*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* and *C. albicans*) tested.

Alghazeer et al. [40] reported that flavonoid extracts of GA have antibacterial activity against *B. subtilis*, *S. aureus*, *E. coli*, *S. typhus* and *P. aeruginosa*.

Emanuel et al. [41] and Scavo et al. [42] showed that GA leaves showed antibacterial properties (*Listeria innocua*, *E. coli*, *S. aureus*, *B. cereus* and *P. aeruginosa*) as a result of extraction with ethanol, and these values varied between 5.0 and 15.0 a mg mL⁻¹ the minimum inhibitor concentration (MIC).

Zhu et al. [43] found that ethanolic extracts of heads, leaves, and stems of GA showed antifungal activity against *C. lusitaniae*, *C. albicans*, *S. carlsbergensis*, *S. cerevisiae*, *P. oxalicum*, *A. niger*, *M. mucedo*, and *C. cucumerinum* (169).

Kukic et al. [44] ethanolic extracts of the outer parts of GA have antifungal activity against *Alternaria alternata*, *Trichoderma viride*, *P. funiculosum*, *Fusarium tricinctum*, *A. ochraceus*, *A. niger*, *A. flavus*, *P. ochrochloron*, and the MIC values vary between 1.0 and 1.5 mg mL⁻¹.

Uluad [45] reported that artichoke leaves have high amounts of phenolic substances and high antioxidant activity.

Baş and Doğan [46] determined that artichoke had a significant amount of antioxidant capacity in its stem, leaf and bract extracts, and the highest antioxidant capacity was obtained from the bract.

3. ANTIMICROBIAL, ANTIFUNGAL AND ANTIOXIDANT EFFECTS OF GRAPEFRUIT EXTRACT (GREYFURT EKSTRAKTİNİN ANTİMİKROBİYAL, ANTİFUNGAL VE ANTİOKSİDAN ETKİLERİ)

Grapefruit (*Citrus paradise* L.), a subtropical plant belonging to the Rutaceae family, is known for its slightly sour and semi-sweet fruits [47]. It was first discovered on the island of Barbados in the 18th century and is reported to be a hybrid product that grows as a result of a natural cross between pomelo (*Citrus maxima* (Burm) Merr.) and sweet orange (*Citrus sinensis* L.) [48, 49].

According to the data of the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO), the leading producers of grapefruit around the world are China and the USA. It is reported that a total of 4.9 million tons of grapefruit were produced in China in 2018 [50]. In addition to the production of grapefruit, the waste of unused parts can be very high. Ezejiogor et al., [51] produce approximately 0.3 million tonnes of citrus waste annually in Nigeria. It should be noted that the waste should be evaluated.

Grapefruit seed extract (GFSE), a natural antimicrobial substance with high levels of limonoids (limonin), flavonoids (naringenin), phenolic acids, ascorbic acid and other trace elements, is obtained from grapefruit seeds [52]. In the studies, it was determined that GFSE incorporated into various biodegradable films has high antioxidant properties and has strong antimicrobial effects against both Gram (-) and Gram (+) bacteria [53, 54].

Choi et al. [55] reported that GFSE had a broad-spectrum antimicrobial effective against many microorganisms such as *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Candida*, *influenza*, herpes, and molds.

Nanoemulsions of orange, grapefruit and lemon essential oils have been shown to inhibit many microorganisms such as *Lactobacillus curvatus*, *Staphylococcus carnosus* and *Staphylococcus xylosus*, which are related to the decay of food, such as *E. amnigenus* and *E. gergoviae*, and these microorganisms are used as antimicrobial and antioxidant agents against various bacteria in the food industry [56, 57].

Shehata et al. [58] also found that GFPE had antimicrobial activity against *Aspergillus carbonarius* mould, and both Gram- and Gram+ bacteria, except *Yersinia enterocolitica*.

GFSE has been used to extend the shelf life and preserve of foods (especially minimally processed fruits, vegetables, and fish products) due to its antioxidant property which contains minerals, vitamins, polyphenolic compounds (catechins, epicatechin, procyanidin), flavonoids (naringin), tocopherol, limonoid, ascorbic acid and citric acid [59].

Kim et al. [60] reported that grapefruit peels may be suitable for nutritional and medical use as they contain several important vitamin C, antioxidants, carotenoids and phenolic compounds, and various bioactive compounds. Due to the increase in consumer demand for natural preservatives or antioxidants in foods, grapefruit peel powder can be used as a flavoring and preservative food additive in foods [61].

The antioxidant capacities (DPPH) of grapefruit, orange and lemon peels were compared by Singh and Immanuel [62] and it was reported that grapefruit, lemon and orange peels had the highest antioxidant activity, respectively. When Güzel and Akpınar [63] investigated the antioxidant capacity of lemon, tangerine, grapefruit and orange peels, they reported that lemon and grapefruit had higher antioxidant capacity.

4. CONCLUSION(SONUÇ)

Food waste increases as a result of not using the waste parts of foods such as bark, seeds and leaves. Today, the trend towards natural and herbal products is increasing. As a result, it is thought that herbal products can be used both as a natural preservative and in the field of consumption by reducing food waste. Considering the antioxidant, antifungal and antimicrobial properties of plants, it is estimated that they can be used as natural preservatives. Many researchers are working on this issue. In this context, antimicrobial, antifungal and antioxidant properties of grapefruit and artichoke leaf extracts were investigated. It is thought that these extracts can be used as natural preservatives. In this way, it is foreseen that the waste parts can be valued.

ACKNOWLEDGMENTS (TEŞEKKÜR)

This study was supported by Harran University Scientific Research Projects Unit (Project No: HÜBAP 21052). It was produced from the doctoral thesis of the author Feride DAŞNİK ŞEKER. Author Feride DAŞNİK ŞEKER is supported by the 100/2000 doctoral scholarship program of the Council of Higher Education (YÖK) and the doctoral scholarship program of the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK; 2211-A).

CONFLICT OF INTEREST(ÇIKAR ÇATIŞMASI)

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of the paper.

REFERENCES(KAYNAKLAR)

- [1] M. Baghayeri, B. Mahdavi, Z. Hosseinpor-Mohsen Abadi, S. Farhadi, Green synthesis of silver nanoparticles using water extract of *Salvia leriifolia*: Antibacterial studies and applications as catalysts in the electrochemical detection of nitrite. *Applied Organometallic Chemistry*, 32, 2 (2018) e4057.
- [2] S. Hemmati, M. Baghayeri, S. Kazemi, H. Veisi, Biosynthesis of silver nanoparticles using oak leaf extract and their application for electrochemical sensing of hydrogen peroxide. *Applied Organometallic Chemistry*, 32, 11 (2018) e4537.
- [3] S. Sathiya, B. Karthikeyan, C. A. Jaleel, M. M. Azooz, M. Iqbal, Antibiogram of *Catharanthus roseus* extracts. *Global J Mol Sci*, 3, 1 (2008) 01-07.
- [4] C. M. Kaefer, J. A. Milner, The role of herbs and spices in cancer prevention. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 19, 6 (2008) 347-361.
- [5] J. P. Cunningham, S.A. West, How host plant variability influences the advantages to learning: a theoretical model for oviposition behaviour in Lepidoptera. *Journal of Theoretical Biology*, 251, 3 (2008) 404-410.
- [6] A. Mutlu, Zeytin (*Olea Europaea* L.) yaprağı ve yağ gülü (*Rosa Damascena* Mill.) ekstraktlarının buzdolabı koşullarında depolanan sıcak dumanlanmış alabalık (*Oncorhynchus Mykiss*) filetolarının raf ömrüne etkisi .Süleyman Demirel üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,Isparta (2016).
- [7] J. Fernandez-Lopez, N. Zhi, L. Aleson-Carbonell, J. A. Pérez-Alvarez, V. Kuri, Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs. *Meat Science*, 69, 3 (2005), 371-380.

- [8] P. Suppakul, T. Thanathamthorn, O. Samerasut, S. Khankaew, Shelf life extension of “fios de ovos”, an intermediate-moisture egg-based dessert, by active and modified atmosphere packaging. *Food Control*, 70, (2016) 58-63.
- [9] D. Clarke, A. A. Tyuftin, M. C. Cruz-Romero, D. Bolton, S. Fanning, S. K. Pankaj, J. P. Kerry, Surface attachment of active antimicrobial coatings onto conventional plastic-based laminates and performance assessment of these materials on the storage life of vacuum packaged beef sub-primals. *Food Microbiology*, 62, (2017) 196-201.
- [10] M.K.M. Nair, P. Vasudevan, K. Venkitanarayanan, Antibacterial effect of black seed oil on *Listeria Monocytogenes*. *Food Control*, 16, 5 (2005) 395-398.
- [11] A. L. Medina, M. E. Lucero, F. O. Holguin, R. E. Estell, J. J. Posakony, J., Simon, M. A. O'Connell, composition and antimicrobial activity of anemopsis californica leaf oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 22 (2005) 8694-8698.
- [12] C. D. Romero, S. F. Chopin, G. Buck, E. Martinez, M. Garcia and L Bixby,.Antibacterial properties of common herbal remedies of the southwest. *Journal of Ethnopharmacology*. 99, 2 (2005) 253–257.
- [13] S. Manandhar, S. Luitel, & R. K. Dahal, In vitro antimicrobial activity of some medicinal plants against human pathogenic bacteria. *Journal of Tropical Medicine*, 2019.
- [14] D. E. Djeussi, J. A. Noumedem, J. A. Seukep, A. G. Fankam, I. K. Voukeng, S. B. Tankeo and V. Kuete, Antibacterial activities of selected edible plants extracts against multidrug-resistant Gram-negative bacteria. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13 (2013) 1-8.
- [15] V Duraipandiyan, M. Ayyanar and S. Ignacimuthu, Antimicrobial activity of some ethnomedicinal plants used by Paliyar tribe from Tamil Nadu, India. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 6 (2006) 1-7.
- [16] R. S. Carvalho, C. A. Carollo, J. C. De Magalhães, J. M. C. Palumbo, A. G. Boaretto,, I. N. e Sá and J. M. S. Ferreira, Antibacterial and antifungal activities of phenolic compound-enriched ethyl acetate fraction from *Cochlospermum regium* (mart. Et. Schr.) Pilger roots: Mechanisms of action and synergism with tannin and gallic acid. *South African Journal of Botany*, 114 (2018) 181-187.
- [17] C. D. Grande-Tovar, C. Chaves-López, A. Serio, C. Rossi and A. Paparella, Chitosan coatings enriched with essential oils: Effects on fungi involved in fruit decay and mechanisms of action. *Trends in Food Science & Technology*, 78 (2018) 61-71.
- [18] S. Dorsaz, T. Snäkä, Q. Favre-Godal, P. Maudens, N. Boulens, P. Furrer and D. Sanglard, Identification and mode of action of a plant natural product targeting human fungal pathogens. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 61, 9 (2017) e00829-17.
- [19] W. R. Li, Q. S. Shi, H. Q. Dai, Q. Liang, X. B. Xie, X. M. Huang and L. X. Zhang, Antifungal activity, kinetics and molecular mechanism of action of garlic oil against *Candida albicans*. *Scientific Reports*, 6, 1 (2016) 22805.
- [20] T. Zhang and W. Chen, The *Candida albicans* inhibitory activity of the extract from papaya (*Carica papaya* L.) seed relates to mitochondria dysfunction. *International Journal of Molecular Sciences*, 18, 9 (2017) 1858.
- [21] E. Baladura and B. Şimsek, Doğal antioksidanlar ve süt ve süt ürünlerinde kullanımı. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt 27, 2 (2014) 155-162.
- [22] B. Shan, Y.Z. Cai, J.D. Brooks and H. Corke, The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. *Int. J. Food Microbiol*, 117 (2007) 112–119.

- [23] R. Gyawali and S. A. Ibrahim, Natural products as antimicrobial agents. *Food Control*, 46, (2014) 412-429.
- [24] M. G. Miguel, Antioxidant activity of medicinal and aromatic plants. a review. *Flavour and Fragrance Journal* 25 (2010) 291-312.
- [25] A. Karadag, B. Ozcelik and S. Saner, Review of methods to determine antioxidant capacities. *Food Analytical Methods*, 2 (2009) 41-60.
- [26] K. Thaipong, U. Boonprakob, K. Crosby, L. Cisneros-Zevallos and D. Hawkins Byrne., Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19 (2006) 669-675.
- [27] G. Sonnante, D. Pignone and K. Hammer, The domestication of artichoke and cardoon: from Roman times to the genomic age. *Annals of Botany*, 100, 5 (2007) 1095-1100.
- [28] S. FAO, Food and agricultural commodities production. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (2014). accessed 18.09.14.
- [29] M. A. Shallan, M. A. Ali, W. A. Meshrf and D. A. Marrez, In vitro antimicrobial, antioxidant and anticancer activities of globe artichoke (*Cynara cardunculus var. scolymus* L.) bracts and receptacles ethanolic extract. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29 (2020) 101774.
- [30] S. Lombardo, G. Pandino and G. Mauromicale, The influence of pre-harvest factors on the quality of globe artichoke. *Scientia Horticulturae*, 233 (2018) 479-490.
- [31] E. Christaki, E. Bonos and P. Florou-Paneri Nutritional and functional properties of *Cynara* Crops (*Globe Artichoke* and *Cardoon*) and their potencial applications: a review. *International Journal of Applied Science and Technology*, 2, 2 (2012).
- [32] V. Lattanzio, P. A. Kroon, V. Linsalata and A. Cardinali, Globe artichoke: A functional food and source of nutraceutical ingredients. *Journal of Functional Foods*, 1, 2 (2009) 131-144.
- [33] G. Pandino, S. Lombardo, A. Moglia, E. Portis, S. Lanteri and G. Mauromicale, Leaf polyphenol profile and SSR-based fingerprinting of new segregant *Cynara cardunculus* genotypes. *Frontiers in Plant Science*, 5 (2015) 800.
- [34] A. Villiger, F. Sala, A. Suter and V. Butterweck, In vitro inhibitory potential of *Cynara scolymus*, *Silybum marianum*, *Taraxacum officinale*, and *Peumus boldus* on key enzymes relevant to metabolic syndrome. *Phytomedicine*, 22, 1 (2015) 138-144.
- [35] B. De Falco, G. Incerti, M. Amato and V. Lanzotti, Artichoke: Botanical, agronomical, phytochemical, and pharmacological overview. *Phytochemistry reviews*, 14 (2015) 993-1018.
- [36] T. Matsui, I. A. Ogunwande, K. J. Abesundara and K. Matsumoto, Anti-hyperglycemic potential of natural products. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 6, 3(2006) 349-356.
- [37] S. A. El Sohaimy, Chemical composition, antioxidant and antimicrobial potential of artichoke. *The Open Nutraceuticals Journal*, 7, 1 (2014).
- [38] F. Fratianni, R. Pepe and F. Nazzaro, Polyphenol composition, antioxidant, antimicrobial and quorum quenching activity of the “Carciofo di Montoro”(*Cynara cardunculus var. scolymus*) Global artichoke of the campania region, Southern Italy. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 21 (2014) 2053.
- [39] E. Vamanu, A. Vamanu, S. Nita and S. Colceriu, Antioxidant and antimicrobial activities of ethanol extracts of *Cynara scolymus* (*Cynarae folium*, Asteraceae family). *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 10, 6 (2011) 777-783.

- [40] R. Alghazeer, H. El-Saltani, N. A. Saleh, A. Al-Najjar, M. B. Naili, F. Hebail and H. El-Deeb, Antioxidant and antimicrobial activities of *Cynara scolymus* L. rhizomes. *Modern Applied Science*, 6, 7 (2012) 54-63.
- [41] V. Emanuel, V. Adrian, N. Sultana and C. Svetlana, Antioxidant and antimicrobial activities of ethanol extracts of *Cynara scolymus* (*Cynarae Folium*, Asteraceae family). *Trop. J. Pharmaceut. Res.*, 10, 6 (2011) 777-783.
- [42] A. Scavo, G. Pandino, C. Restuccia, L. Parafati, G. Cirvilleri and G. Mauromicale, Antimicrobial activity of cultivated cardoon (*Cynara cardunculus* L. var. *altilis* DC.) leaf extracts against bacterial species of agricultural and food interest. *Industrial Crops and Products*, 129 (2019) 206-211.
- [43] X. Zhu, H. Zhang, R. Lo and Y. Lu, Antimicrobial activities of *Cynara scolymus* L. leaf, head, and stem extracts. *Journal of Food Science*, 70, 2 (2005) M149-M152.
- [44] J. Kukić, V. Popović, S. Petrović, P. Mucaji, A. Ćirić, D. Stojković and M. Soković, Antioxidant and antimicrobial activity of *Cynara cardunculus* extracts. *Food Chemistry*, 107, 2 (2008) 861-868.
- [45] A. Uluad, Enginar (*Cynara scolymus* L.) yaprağında fenolik madde analizleri ve antioksidan kapasite tayini (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey)), (2017).
- [46] H. Baş and H. Doğan, Enginar bitkisinin (*Cynara scolymus* L.) farklı kısımlarının antioksidan kapasitesi. *Bozok Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(2), (2022) 127-133.
- [47] F. Sozmen, B. Uysal, O. Aktas, B. S. Oksal and E. O Kose, Essential oil composition and antibacterial activity of the grapefruit (*Citrus Paradisi*. L) peel essential oils obtained by solvent-free microwave extraction: comparison with hydrodistillation. *International Journal of Food Science & Technology*, 46, 7 (2011) 1455-1461.
- [48] E. Nicolosi, Z. N. Deng, A. Gentile, S. La Malfa, G. Continella and E. Tribulato, Citrus phylogeny and genetic origin of important species as investigated by molecular markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 100, (2000) 1155-1166.
- [49] X. Cao, S. Ru, X. Fang, Y. Li, T. Wang and X. Lyu, Effects of alcoholic fermentation on the non-volatile and volatile compounds in grapefruit (*Citrus paradisi* Mac. cv. Cocktail) juice: A combination of UPLC-MS/MS and gas chromatography ion mobility spectrometry analysis. *Frontiers in Nutrition*, 9, (2022) 1015924.
- [50] USDA, 2019. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/citrus>.
- [51] T. L. N. Ezejiofor, N. V. Eke, R. I. Okechukwu, R. N. Nwoguikpe and C. M. Duru, Waste to wealth: Industrial raw materials potential of peels of Nigerian sweet orange (*Citrus sinensis*). *African Journal of Biotechnology*, 10, 33(2011) 6257-6264.
- [52] L. F. Wang and J. W. Rhim, Grapefruit seed extract incorporated antimicrobial LDPE and PLA films: Effect of type of polymer matrix. *LWT*, 74, (2016) 338-345.
- [53] A. A. Oun, G. H. Shin and J. T. Kim, Antimicrobial, antioxidant, and pH-sensitive polyvinyl alcohol/chitosan-based composite films with aronia extract, cellulose nanocrystals, and grapefruit seed extract. *International Journal of Biological Macromolecules*, 213 (2022) 381-393.
- [54] S. Roy and J. W. Rhim, Fabrication of pectin/agar blended functional film: Effect of reinforcement of melanin nanoparticles and grapefruit seed extract. *Food Hydrocolloids*, 118 (2021) 106823.
- [55] J. S. Choi, Y. R. Lee, Y. M. Ha, H. J. Seo, Y. H. Kim, S. M. Park and J. H. Sohn, Antibacterial effect of grapefruit seed extract (gse) on makgeolli-brewing microorganisms and its application in the preservation of fresh makgeolli. *Journal of Food Science*, 79, 6 (2014) 1159-1167.

- [56] G. Kaur, K. Kaur and P. Saluja, Citrus essential oil (grapefruit, orange, lemon). In Essential Oils. Academic Press. (2023) 179-215
- [57] H. Zhang, Z. Lou, X. Chen, Y. Cui, H. Wang, X. Kou and C. Ma, Effect of simultaneous ultrasonic and microwave assisted hydrodistillation on the yield, composition, antibacterial and antibiofilm activity of essential oils from *Citrus medica* L. var. *sarcodactylis*. Journal of Food Engineering, 244, (2019) 126-135.
- [58] M. G. Shehata, T. S. Awad, D. Asker, S. A. El Sohaimy, N. M. Abd El-Aziz and M. M. Youssef, Antioxidant and antimicrobial activities and UPLC-ESI-MS/MS polyphenolic profile of sweet orange peel extracts. Current Research in Food Science, 4 (2021) 326-335.
- [59] P. Jha, Effect of grapefruit seed extract ratios on functional properties of corn starch-chitosan bionanocomposite films for active packaging. International Journal of Biological Macromolecules, 163 (2020) 1546-1556.
- [60] H. Kim, J. Y. Moon, H. Kim, D. S. Lee, M. Cho, H. K. Choi and S. K. Cho, Antioxidant and antiproliferative activities of mango (*Mangifera indica* L.) flesh and peel. Food Chemistry, 121, 2 (2010) 429-436.
- [61] A. N. Ukom, M. C., Ezenwigbo and F. U. Ugwuona, Grapefruit peel powder as a functional ingredient in cake production: Effect on the physicochemical properties, antioxidant activity and sensory acceptability of cakes during storage. International Journal of Gastronomy and Food Science, 28, (2022) 100517.
- [62] S. Singh, G. Immanuel, Extraction of antioxidants from fruit peels and its utilization in paneer. J Food Process Technol., (2014) 5:349.
- [63] M. Güzel and Ö. Akpınar, Turunçgil kabuklarının biyoaktif bileşenleri ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), (2017) 153-167.