



Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi

e-ISSN: 2757-5543

Cilt 4 Sayı 1



Gazi Üniversitesi Rektörlüğü

Mayıs, 2023

G.Ü. Fen Fakültesi Dekanlığı
tarafından yayınlanır

Hakkında

Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi'nde, Biyoloji, Fizik, Kimya, Matematik ve İstatistik alanlarında uluslararası özgünlük taşıyan nitelikli araştırma ve derleme makaleleri yayımlanmaktadır. Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi yılda iki kez elektronik olarak Türkçe yayım yapan hakemli, ulusal ve akademik bir dergidir. Dergiye gönderilen makaleler amaç, kapsam ve yeterlilik kriterleri bakımından editör tarafından değerlendirilerek uygun bulunanlar alan editörlerine yönlendirilmektedir. Kör hakemlik uygulanarak en az iki uzman hakem görüşü ile makale inceleme aşamasını tamamlanmaktadır. Dergiye gönderilen makalelerin içerikleri özgün, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmamış veya yayımlanmak üzere gönderilmemiş olmalıdır. Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi makale basımı için herhangi bir ücret talep etmemektedir.

Yayın Kurulu

Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi

| | |
|------------------------|--------------------------------|
| İmtiyaz Sahibi: | Prof. Dr. Musa YILDIZ (Rektör) |
| Genel Yayın Yönetmeni: | Prof. Dr. Suat KIYAK (Dekan) |

Baş Editör: Prof. Dr. Deniz YÜZBAŞIOĞLU

Editör Yardımcıları:

| | | |
|------------------------------|------------------------|---------------------|
| Prof. Dr. Zehranur YÜKSEKDAĞ | Prof. Dr. Bayram ÇEKİM | Doç. Dr. Tarık ASAR |
|------------------------------|------------------------|---------------------|

Alan Editörleri:

| | | |
|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Doç. Dr. Ebru Şebnem YILMAZ | Doç. Dr. Yasemin ŞAFAK ASAR | Prof. Dr. Nurşen SARI |
| Prof. Dr. H. Hasan ÖRKÇÜ | Doç. Dr. Semra TÜRKAN | Doç. Dr. Levent KARGIN |
| Prof. Dr. Ayşegül ÖKSÜZ | Prof. Dr. Gürhan İÇÖZ | Prof. Dr. Abdullah YILDIZ |
| Doç. Dr. Damla AMUTKAN MUTLU | | |

Dil Editörü: Arş. Gör. Ömer ÇELİK

Yayın Danışma Kurulu:

| | | |
|------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Doç. Dr. Akif ÖZBAY | Prof. Dr. Ali TEKE | Prof. Dr. Bekir SARI |
| Prof. Dr. Belma ASLIM | Prof. Dr. Birol ALTIN | Prof. Dr. Cem KADILAR |
| Prof. Dr. Emre GÜR | Prof. Dr. Engin TIRAŞOĞLU | Prof. Dr. Fatma TAŞDELEN YEŞİLDAL |
| Prof. Dr. Fatma ÜNAL | Prof. Dr. H. İbrahim ÜNAL | Prof. Dr. Harun KARSLI |
| Prof. Dr. Metin AK | Prof. Dr. Ogün DOĞRU | Prof. Dr. Süleyman ÖZÇELİK |
| Prof. Dr. Şemsettin ALTINDAL | Prof. Dr. Zekiye SULUDERE | |

Teknik Sorumlular:

| | |
|------------------------|------------------------|
| Öğr. Gör. Argun TÜRKER | Arş. Gör. Görkem LİMAN |
|------------------------|------------------------|

Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi

Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, 06500 ANKARA / TÜRKİYE

Telefon: (+90) 312 202 10 01

Faks: (+90) 312 212 22 79

E-posta: fenfakultesidergisi@gazi.edu.tr

Web adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/guffd>

Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi, 4. Cilt (1), Mayıs, 2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa

Merve Bülbül, Birol Altın, (2023), Sıra Sürekli Operatörlerin Genelleştirmesinin Modülü (Araştırma Makalesi)

1-6

Şükrü Kalaycı, (2023), Pekmez Toprağında Halojen ve Kükürt İyonlarının İyon Kromatografisi ile Tayini (Araştırma Makalesi)

7-13

Mina Karaer, Kurtay Arda Arslan, Esra Per, Zafer Karaer, (2023), Türkiye'de Akaroloji Alanında Yapılan Lisansüstü Tezlerin Bibliyometrik Analizi (Araştırma Makalesi)

14-31

Berat Çınar Acar, Zehranur Yüksekdağ, Tuğba Şahin, Elif Açar, Filiz Kara, (2023), Yeşil Sentez Yoluyla Selenyum Nanopartikül (SeNP) Sentezi (Derleme Makalesi)

32-50

M. Taha Yıldırım, Görkem Toprak, Mehmet Güray Ünsal, (2023), 2002-2022 Dönemi Türk Uçuş Verilerinin Yıllar ve Havalimanları Bakımından Değerlendirilmesi (Araştırma Makalesi)

51-62

Sıra Sürekli Operatörlerin Genelleştirmesinin Modülü

Merve Bülbül* , Birol Altın 

Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik Bölümü, 06500, Ankara, Türkiye

Öne Çıkanlar

- Çalışmada, sıra yakınsaklık tanımı verilmiştir.
- Sıra-norm topolojik sürekli operatörler ve sıra-zayıf topolojik operatörler verilmiştir.
- Sıra norm topolojik sürekli operatörlerin modülünün varlığı incelenmiştir.

Makale Bilgileri

Geliş: 14/10/2022
Kabul: 27/01/2023

Anahtar Kelimeler

Sıra yakınsaklık,
Sıra-norm topolojik
sürekli operatörler,
Sıra-zayıf topolojik
sürekli operatör.

Öz

Kazem Hanghnejad Azar, Seyed AliReza Jalili ve Mohammad Bagher Farshbaf Moghimi 2021 yılında 'order-to-topology continuous operators' isimli makalelerinde sıra-norm topolojik sürekli operatörler ve sıra-zayıf topolojik sürekli operatörleri tanıtmışlardır. Aynı çalışmada bu operatörlerin özelliklerini incelemişler ve yazarlar bu çalışmada herhangi bir Riesz uzayından bir normlu Riesz uzayına tanımlı her sıra norm topolojik sürekli operatörlerinin modülünün var olup olmadığını açık problem olarak bırakmışlardır. Bu çalışmada sıra-norm topolojik sürekli operatörlerin modülünün olmadığını vereceğiz.

Modulus of Generalization of Order Continuous Operators

Highlights

- In the study, the definition of order convergent is given.
- Order-to-norm topology continuous operators and order-to-weak topology operators are given.
- The existence of the modulus of order-to-norm topology continuous operators is investigated.

Article Info

Received: 14/10/2022
Accepted: 27/01/2023

Keywords

Order convergent,
Order-to-norm
topologycontinuous
operators,
Order-to-weak topology,
Continuous operators.

Abstract

Kazem Hanghnejad Azar, Seyed AliReza Jalili and Mohammad Bagher Farshbaf Moghimi introduced order-to-norm topology continuous operators and order-to-weak topology continuous operators in their paper titled 'order-to-topology continuous operators' in 2021. In this study, they examined the properties of these operators and the authors left as an open problem whether there is a modulus of each order-to-norm continuous operators from any Riesz space into a normed Riesz space. In this study, we will give that the order-to-norm topology continuous operators have no modulus.



Makale, Creative Commons 4.0 (CC BY NC SA) uluslararası lisansı altında açık erişim olarak yayımlanmaktadır.

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Merve Bülbül, merve4214@gmail.com

1. GİRİŞ

Matematiğin önemli çalışma alanlarından biri sıralamadan doğan yakınsama ve bu yakınsamalarla elde edilen süreklilik kavramlarıdır. Geçmişten günümüze bu kavramlarla ilgili çeşitli çalışmalar yapılmış ve yapılan bu çalışmalardan sonra bu alana duyulan ilgi artmıştır ve Nakano, Ogasawara, Yosida, Vulikh gibi matematikçiler de bu alanda çalışmalar yaparak alandaki gelişmelere katkı sağlamışlardır. Bu yüzden süreklilik kavramının genellemeleri matematik alanındaki önemli konulardan biridir. Son yıllarda birçok matematikçi sıra sürekli operatörlerin genelleştirmesi olan bu kavramın yeni farklı türlerini tanıtmış ve çalışmışlardır. Bu çalışmalardan biri olan sıra yakınsama kavramı T. Ogasawara tarafından 1940'lı yıllarda tanımlanmıştır. Yakınsama yardımıyla elde edilen sıra sürekli operatörlerin bir genelleştirmesi olan sıratopolojik sürekli operatörleri Seyed AliReza Jalili, Kazem Hanghnejad Azar ve Mohammad Bagher Farsbaf Moghili isimli yazarlar “order-to-topology continuous operators”(Positivity, 2021) isimli çalışmasında vermişlerdir [1].

Tanım 1.1. E bir Riesz uzayı ve $\{x_\alpha : \alpha \in A\}$ bir ağ olsun. Eğer her $\beta \in B$ için en az bir $\alpha = \alpha(\beta) \in A$ var ve her $\alpha \geq \alpha(\beta)$ için $|x_\alpha - x| \leq y_\beta \downarrow 0$ olacak şekilde $\{y_\beta : \beta \in B\} \subseteq E$ ağı varsa $\{x_\alpha\}$ ağına x 'e sıra yakınsar denir ve $x_\alpha \xrightarrow{o} x$ şeklinde gösterilir [2].

Tanım 1.2. E ve F iki Riesz uzayı $T: E \rightarrow F$ operatör olsun. Eğer her $\{x_\alpha\} \subseteq E$ ağı için $x_\alpha \xrightarrow{o} 0$ iken $T(x_\alpha) \xrightarrow{o} 0$ ise T operatörüne E 'den F 'ye sıra sürekli operatör denir. E 'den F 'ye bütün sıra sürekli operatörler uzayı $L_n(E, F)$ ile gösterilecektir [2].

Tanım 1.3. E Riesz uzayı ve F normlu Riesz uzayı ve $T: E \rightarrow F$ operatör (lineer dönüşüm) olsun. Eğer her $\{x_\alpha\} \subseteq E$ ağı için $x_\alpha \xrightarrow{o} 0$ iken $T(x_\alpha) \xrightarrow{\|\cdot\|} 0$ ise T operatörüne E 'den F 'ye sıra-norm topolojik sürekli operatör denir. E 'den F 'ye bütün sıra-norm topolojik sürekli operatörler uzayı $L_{on}(E, F)$ ile gösterilecektir [2].

Tanım 1.4. E bir normlu Riesz uzayı $\{x_\alpha\} \subseteq E$ ağı ve $x \in E$ olsun. Eğer her $f \in E'$ için $f(x_\alpha) \rightarrow f(x)$ ise $\{x_\alpha\}$ ağına x 'e zayıf yakınsar denir ve $x_\alpha \xrightarrow{w} x$ şeklinde gösterilir [1].

Tanım 1.5. E Riesz uzayı ve F normlu Riesz uzayı ve $T: E \rightarrow F$ operatör (lineer dönüşüm) olsun. Eğer her $\{x_\alpha\} \subseteq E$ ağı için $x_\alpha \xrightarrow{o} 0$ iken $T(x_\alpha) \xrightarrow{w} 0$ ise T operatörüne E 'den F 'ye sıra-zayıf topolojik sürekli operatör denir. E 'den F 'ye bütün sıra-zayıf topolojik sürekli operatörler uzayı $L_{ow}(E, F)$ ile gösterilecektir [2].

Her normda yakınsak ağ zayıf yakınsak olduğundan $L_{on}(E, F) \subseteq L_{ow}(E, F)$ olur.

Tanım 1.6. E ve F Riesz uzayları ve $T: E \rightarrow F$ operatör olsun. Eğer $L(E, F)$ sıralı vektör uzayında $\{T, -T\}$ kümesinin supremumu var ise T operatörünün modülü vardır denir ve $|T| := T \vee (-T)$ ile gösterilir.

Tanım 1.7. Pozitif iki operatörün farkı şeklinde yazılabilen operatörlere regüler operatör denir ve regüler operatörlerden oluşan uzay $L_r(E, F)$ şeklinde gösterilir [1].

T operatörü regüler ise $T = T_1 - T_2$ olacak şekilde pozitif T_1 ve T_2 operatörleri vardır. O halde $T_1 \leq T$ elde edilir. Diğer yandan eğer $T \leq S$ olacak şekilde en az pozitif bir S operatörü varsa $T = S - (S - T)$ olacağından T regülerdir. O halde bir operatörün regüler olması için gerek ve yeter şart $T \leq S$ olacak şekilde en az bir $S \geq 0$ operatörünün var olması yeterlidir önermesi elde edilir. Her pozitif operatör sıra sınırlıdır, dahası her regüler operatörde sıra sınırlıdır. O halde buradan $|T|$ varsa $T = |T| - (|T| - T)$ olacağından T regülerdir.

Lemma 1.8. E ve F iki Riesz uzayı $T: E \rightarrow F$ bir operatör ve $|T|$ mevcut olsun. O zaman T sıra sınırlı olur.

Tanımlamadığımız terim ve notasyonlar için [1]'e bağlı kalınmıştır.

2. SIRA NORM TOPOLOJİK SÜREKLİ OPERATÖRLER

Seyed AliReza Jalili, Kazem Hanghnejad Azar ve Mohammad Bagher Farsbaf Moghili isimli yazarlar “order-to-topology continuous operators” isimli makalelerinde aşağıdaki açık problemi bırakmışlardır [2].

Problem 2.1. E Riesz uzayı ve F normlu Riesz uzayı $T \in L_{on}(E, F)$ (veya $T \in L_{ow}(E, F)$) ise $|T|$ var mıdır ve bu modül $L_{on}(E, F)$ (veya $|T| \in L_{ow}(E, F)$)'e ait midir?

Çözüm. $E = L_1([0,1])$, $F = c_0$ uzayları ve

$$T: L_1([0,1]) \rightarrow c_0$$

$$f \rightarrow T(f) = \left(\int_0^1 f(x) \sin nx \, dx \right)_{n=1}^{\infty}$$

şeklinde tanımlı operatörün lineer olduğu kolaylıkla görülür. T süreklidir. Gerçekten,

$$\begin{aligned} \|T(f)\| &= \sup_{n \in \mathbb{N}} \left| \int_0^1 f(x) \sin(nx) \, dx \right| \\ &\leq \sup_{n \in \mathbb{N}} \int_0^1 |f(x)| |\sin(nx)| \, dx \\ &\leq \sup_{n \in \mathbb{N}} \int_0^1 f(x) \, dx \\ &= \int_0^1 f(x) \, dx \\ &= \|f\|_1 \end{aligned}$$

$$\|T(f)\| \leq \|f\|_1$$

olduğundan T sınırlı lineer operatördür. Dolayısıyla T sürekli operatördür. Sıra-norm topolojik sürekli olduğunu görmek için $f_\alpha \xrightarrow{0} 0$ olacak biçimde $(f_\alpha)_{\alpha \in A} \subset L_1([0,1])$ seçelim. O zaman her $\beta \in B$ için en az bir $\alpha = \alpha(\beta) \in A$ vardır ve her $\alpha \geq \alpha(\beta)$ için $|f_\alpha| \leq g_\beta \downarrow 0$ olacak şekilde bir $(g_\beta) \subseteq E$ vardır. $L_1([0,1])$ bir AL-uzayı olduğundan sıra sürekli norma sahiptir [3]. Dolayısıyla $g_\beta \xrightarrow{\|\cdot\|} 0$ olur. $|f_\alpha| \leq g_\beta$ her $\alpha \geq \alpha(\beta)$ için sağlandığından $f_\alpha \xrightarrow{\|\cdot\|} 0$ olur. T sürekli ve

$$\|T(f_\alpha)\| \leq \|T\| \|f_\alpha\|$$

olduğunda

$$T(f_\alpha) \xrightarrow{\|\cdot\|} 0$$

olur. Bu $T \in L_{on}(E, F)$ olduğunu verir.

İddia ediyoruz ki T sıra sınırlı değildir. Gerçekten,

$$\mathbf{1}: [0,1] \rightarrow \mathbb{R}$$

$$x \rightarrow \mathbf{1}(x) = 1$$

olmak üzere

$$A = \{g_n: [0,1] \rightarrow \mathbb{R} \mid \forall n \in \mathbb{N} \text{ için } g_n(x) = \sin(nx)\} \subseteq L_1([0,1])$$

$$0 \leq |g_n(x)| = |\sin(nx)| \leq 1 = \mathbf{1}(x)$$

olduğundan A kümesi $L_1([0,1])$ 'de sıra sınırlı bir kümedir. Kabul edelim ki T sıra sınırlı olsun. O zaman her $n \in \mathbb{N}$ için

$$|T(g_n)| \leq z_n, \quad (z = (z_n) \in c_0)$$

vardır ve her $k \in \mathbb{N}$ ve $n \in \mathbb{N}$ için

$$|T(\sin(kx))| = \left| \left(\int_0^1 \sin(kx) \sin(nx) dx \right) \right| \leq z_n$$

$k=n$ alırsak

$$\left| \int_0^1 \sin^2(nx) dx \right| \leq z_n$$

olur.

$$\begin{aligned} \left| \int_0^1 \sin^2(nx) dx \right| &= \left| \int_0^1 \frac{1 - \cos(2nx)}{2} dx \right| \\ &= \left| \frac{1}{2} \int_0^1 1 - \cos(2nx) dx \right| \\ &= \left| \frac{1}{2} \left(\int_0^1 1 dx - \int_0^1 \cos(2nx) dx \right) \right| \\ &= \left| \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\sin(2n)}{2n} \right) \right| \\ &= \left| \frac{1}{2} - \frac{\sin(2n)}{4n} \right| \leq z_n \end{aligned}$$

olur. Buradan limit alınırsa,

$$\begin{aligned} \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{1}{2} - \frac{\sin(2n)}{4n} \right| &\leq \lim_{n \rightarrow \infty} z_n \\ \left| \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{2} - \frac{\sin(2n)}{4n} \right) \right| &\leq 0 \\ \frac{1}{2} &\leq 0 \end{aligned}$$

çelişkisi elde edilir. Dolayısıyla T sıra sınırlı değildir. Lemma 1.8'den T 'nin modülü mevcut olamaz. Benzer şekilde $T \in L_{ow}(E, F)$ ve T sıra sınırlı olmadığından T 'nin modülü olamaz.

Yukarıdaki örnek $L_{on}(E, F)$ genelde bir Riesz uzayı olmadığını gösteriyor ancak bazı koşullar altında her sıra-norm topolojik sürekli operatörün modülü var ve sıra-norm topolojik sürekli olduğunu elde edeceğiz bunun için aşağıdaki teoreme ihtiyacımız var.

Teorem 2.2. E bir Riesz uzayı, F Dedekind tam bir Banach örgüsü, $T: E \rightarrow F$ sıra-norm topolojik sürekli ve sıra sınırlı bir operatör olsun. O zaman, T , T^+ , T^- ve $|T|$ operatörleri sıra süreklidir.

İspat. [1] Teorem 1.14.'den $T: E \rightarrow F$ sıra sınırlı ve sıra sürekli olsun. $T: E \rightarrow F$ sıra sınırlı olduğundan $|T|, T^+$ ve T^- operatörleri $L_b(E, F)$ 'de mevcuttur.

[1] Teorem 1.56.'nin ispatında kullanılan yöntem yardımıyla T^+ operatörü sıra-norm topolojik sürekli olur. Gerçekten, $z_\gamma \xrightarrow{0} 0, \gamma \in \Gamma, E$ Riesz uzayı içinde sağlansın. O zaman, her $\alpha \in A$ için en az bir $\gamma = \gamma(\alpha) \in \Gamma$ vardır ve her $\gamma \geq \gamma(\alpha)$ için $|z_\gamma| \leq a_\alpha \downarrow 0$ olacak şekilde bir $(a_\alpha) \subseteq E$ vardır.

$a_\alpha \downarrow 0$ ve $0 \leq t \leq T^+(a_\alpha) \downarrow$ ve t 'nin sifıra eşit olduğunu göstereceğiz. ($\beta \in A$ sabitleyelim.) $x = a_\beta$ seçelim.

Her, $0 \leq y \leq x$ ve $\forall \alpha \geq \beta$ için

$0 \leq y - y \wedge a_\alpha = y \wedge x - y \wedge a_\alpha \leq x - a_\alpha$ olur. Dolayısıyla,

$T(y) - T(y \wedge a_\alpha) = T(y - y \wedge a_\alpha) \leq T^+(x - a_\alpha) = T^+(x) - T^+(a_\alpha)$. Her, $0 \leq y \leq x$ ve $\forall \alpha \geq \beta$ için

$0 \leq t \leq T^+(a_\alpha) \leq T^+(x) + |T(y \wedge a_\alpha)| - T(y)$ (*) elde edilir.

$\forall \alpha \geq \beta$ için $y \wedge a_\alpha \downarrow 0$ ve T^- operatörü bir sıra-norm topolojik sürekli operatör olduğundan $\forall \alpha \geq \beta$ için $\inf |T(a_\alpha)| = 0$ olur. Gerçekten,

$\theta \leq |T(a_\alpha)|$ ve $\forall \alpha$ için $0 \leq \omega \leq |T(a_\alpha)|$ olsun. F Banach örgüsü olduğundan

$0 \leq \|\omega\| \leq \|T(a_\alpha)\| \rightarrow 0$ olduğundan $\|\omega\| = 0 \Rightarrow \omega = 0$ elde edilir. (*) dan

Her, $0 \leq y \leq x$ için $0 \leq t \leq T^+(x) - T(y)$ elde edilir. $T^+(x) = \sup\{T(y): 0 \leq y \leq x\}$ olduğu dikkate alınırsa $t = 0$ elde edilir. Böylece,

$T^+(x) \downarrow 0$ olur. Bu ise $T^+(\{|z_\gamma|\}) \leq T^+(a_\alpha) \downarrow 0$ olduğunu, yani T^+ operatörünün bir sıra sürekli operatör olduğunu verir. Ayrıca, $T^- = (-T)^+, |T| = T^+ + T^-$ ve $T = T^+ - T^-$ eşitliklerinden faydalanarak sırasıyla $T^-, |T|$ ve T operatörlerinin de sıra sürekli olduğu görülür.

Aşağıdaki teorem, Problem 2.1'in bazı şartlar altında doğru olduğu sonucunu verecektir.

Teorem 2.3. E bir Riesz uzayı, F sıra sürekli norma sahip bir Banach örgüsü olsun. O zaman E den F içine tanımlı her sıra sınırlı ve sıra-norm topolojik sürekli operatörün modülü $|T|$ vardır ve $|T|$ bir sıra-norm topolojik sürekli operatör olur.

İspat. F Banach örgüsü sıra sürekli norma sahip olduğundan Dedekind tam bir Riesz uzayı olur [1]. T sıra sınırlı olduğundan $|T|$ vardır [1]. Şimdi $|T|$ nin bir sıra-norm topolojik sürekli operatör olduğunu görelim. $\{x_\alpha\} \subseteq E$ ve $x_\alpha \xrightarrow{0} 0$ olsun. Teorem 2.2'den $|T|$ bir sıra sürekli operatör olur. Dolayısıyla F uzayı içinde $|T|(x_\alpha) \xrightarrow{0} 0$ olur. F Banach örgüsü sıra sürekli norma sahip olduğundan F uzayı içinde $|T|(x_\alpha) \xrightarrow{\|\cdot\|} 0$ sağlanır. Bu ise $|T|$ operatörünün bir sıra-norm topolojik sürekli operatör olduğunu verir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen FYT-2022-7679 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Proje için vermiş oldukları araştırma-geliştirme desteklerinden dolayı Gazi Üniversitesi'ne teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMASI/ÇAKIŞMASI BİLDİRİMİ

Yazarlar arasında çıkar çatışması/çakışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKI ORANI

Merve Bülbül: Araştırma, İçerik analizi, Materyal temini, Yazılım, Makalenin yazımı-Orijinal taslak oluşturma.
Birol Altın: Kavramlaştırma, Metodoloji, Makalenin yazımı- İnceleme ve Düzenleme, Danışmanlık/Kontrolörlük, Finansman edinimi.

KAYNAKLAR

- [1] Aliprantis, C. D., ve Burkinshaw, O. (2006). *Positive Operators*. vol. 119, Springer, Berlin.
- [2] Jalili, S. A., Azar, K. H., and Moghimi, M. B. F. (2021). Order-to-topology continuous operators. *Positivity*, 25, 1313-1322.
- [3] Zaanen, A.C. (1983). *Riesz Spaces II*. North-Holland Publ. Comp., Amsterdam.

Pekmez Toprağında Halojen ve Kükürt İyonlarının İyon Kromatografisi ile Tayini

Şükrü Kalaycı* 

Gazi Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kimya Teknolojisi, 06500, Ankara, Türkiye

Öne Çıkanlar

- Bu makale pekmez toprağında bulunan F, Cl, Br, I ve kükürt iyonlarının iyon kromatografisi yöntemiyle tayinini içermektedir.
- Metodun validasyonu yapılmış ve analiz için uygun koşullar belirlenmiştir.
- Her bir iyonun seçici elektrotları ile analizler yapılmış ve iki yöntemle elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Makale Bilgileri

Geliş: 14/10/2022

Kabul: 27/01/2023

Anahtar Kelimeler

Pekmez toprağı,
Halojenler,
Sülfür,
İyon kromatografisi,
İyon seçici elektrotlar.

Öz

Halojenler ve kükürt insan sağlığı için önemli olduğu kadar, halojen ve kükürt tayini de biyolojik ve çevresel rolleri açısından oldukça önemlidir. Bununla birlikte, özellikle düşük konsantrasyonlardaki tayinlerin zorluğu analizlerinin önemini de her geçen gün artırmaktadır. Bundan dolayı tayin için kullanılan yöntemlerin sayısı sınırlıdır. Son zamanlarda ise iyon kromatografisi (IC) yönteminde, halojenler ve kükürt iyonunun tayini gerçekleştirildi. Yöntemin validasyonu gerçekleştirildi. Numune çözünürleştirildi. Örnekler 0,1 mmol/L KOH eklendiği zaman, geri kazanımlar tüm iyonlar için %95 ile %99 arasındaydı. Yöntem, Nevşehir'in Göreme ilçesinden getirilen pekmez toprağı örneğine uygulandı. Pekmez toprağı numunesindeki miktarlar $12,6 \pm 0,3$ (F), $65,8 \pm 2,4$ (Cl), $152,3 \pm 3,5$ (S), $3,2 \pm 0,3$ (Br), $17,6 \pm 0,6$ mg/g (I) olarak ölçülmüştür. F, Cl, S, Br, I için LOQ'lar sırasıyla 0,46; 0,85; 1,0; 0,92 ve 0,91 mg g⁻¹ olarak hesaplandı. Her iyonun seçici elektrotu ile aynı numune de analizler yapılmış ve sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür.

Determination of Halogens and Sulfur Ion in Molasses Soil Using Ion Chromatography

Highlights

- This article includes the determination of F, Cl, Br, I and sulfur ions in molasses soil by ion chromatography method.
- Validation of the method was performed and suitable conditions for analysis were determined.
- Analyzes were made with the selective electrodes of each ion and the results obtained by the two methods were found to be compatible with each other.

Article Info

Received: 14/10/2022

Accepted: 27/01/2023

Keywords

Molasses soil,
Halogens,
Sulfur,
Ion Chromatograph,
Ion selective electrode.

Abstract

As halogens and sulfur are important for human health, the determination of halogen and sulfur is also very important in terms of their biological and environmental roles. However, the difficulty of determinations, especially at low concentrations, increases the importance of their analysis day by day. Therefore, the number of methods used for determination is limited. Recently, it is seen that it is used in ion chromatography (IC) method, halogens and sulfur analysis. In this study, the determination of halogens and sulfur ion in molasses soil sample was carried out. Validation of the method was carried out. The sample is solubilized. When using 0.1 mmol/L KOH, recoveries were between 95% and 99% for all analytes. The method was used to a molasses soil that was brought from Nevşehir's Göreme district and thawed. Amounts in molasses soil sample measured as 12.6 ± 0.3 (F), 65.8 ± 2.4 (Cl), 152.3 ± 3.5 (S), 3.2 ± 0.3 (Br), 17.6 ± 0.6 mg/g (I). The LOQs for F, Cl, S, Br, I were calculated 0.46, 0.85, 1.0, 0.92 and 0.91 mg g⁻¹, respectively. The same sample was made with the selective electrode of each ion and the results were found to be compatible.



Makale, Creative Commons 4.0 (CC BY NC SA) uluslararası lisansı altında açık erişim olarak yayımlanmaktadır.

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Şükrü Kalaycı, skalayci@gazi.edu.tr

1. GİRİŞ

Halojenler ve kükürt insan sağlığı için önemlidir. Halojen ve kükürt tayini, biyolojik ve çevresel rolleri açısından önemlidir. Halojen iyonlarının fazla olması insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir [1]. Klor fazlalığı vücudun tuz oranını artırır, iyodür fazlalığı guatr hastalığına sebep olur, flor fazlalığı dişlerde lekelerin oluşmasını sağlar, bromür fazlalığı sinir ve sindirim sistemine zarar verirken, sülfür fazlalığı ise bilinç kaybına zarar vermektedir [2]. Endüstrinin hızlı büyümesi ile birlikte halojen ve kükürt miktarlarında da artış görülmektedir. Burada özellikle düşük konsantrasyonlarda tayinlerinin zorluğu analizlerinin önemini artırmaktadır.

Halojen ve kükürt analizinde atomik ve moleküler spektroskopi yöntemleri [3-6] ve iyon seçici elektrotlar [7-10] yaygın olarak kullanılmaktadır.

Son zamanlarda, iyon kromatografisi (IC), halojenler ve kükürt analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Analizin hızlı olması, saptama limitinin düşük olması ve rutin analizlerde kullanılması bu yöntemin tercih edilmesini sağlamıştır. IC, yüksek hassasiyeti ve ayırma gücü nedeniyle tüm halojenlerin analizinde en çok tercih edilen yöntemdir.

Piro hidroliz ile ekstrakte edilen halojenler ve kükürt iyonları birçok jeolojik örnekte IC ile analiz edilmiştir [11]. Siyah karbon içeriği yüksek olan elastomer çeşitleri mikrodalga çözünürleştirici ile çözündürüldükten sonra halojen içerikleri incelenmiştir. Burada tayin için spektroskopi yöntemleri kullanıldı. Sonuçlar referans materyallerle karşılaştırıldı ve yöntemin uygun olduğu görüldü [12].

Marketlerde bulunan yumurta örneklerindeki halojen ve kükürt iyonlarının miktarları ölçüldü. Yöntem hem numune hem de sertifikalı referans materyalin analizinde kullanılmış ve sonuçların uyumluluğu kanıtlanmıştır [13].

İnsan saçı, belirli bir prosedürle mikrodalga çözücü içinde çözüldü. Buradaki halojen ve kükürt iyonlarının miktarları ölçüldü. Yöntemin analitik performansları incelenmiştir. Sonuçlar %95 güven düzeyinde verilmektedir [14]. Başka bir çalışmada ise hazır kedi ve köpek mamalarındaki bu elementlerin içerikleri analiz edilmiştir. Sertifikalı referans malzeme ile geri kazanım oranları ölçüldü ve yöntemin hassasiyeti belirlendi [15]. Benzer bir yöntemle organik bileşikler [16], kömür numuneleri [17], jeolojik kayalar [18], çelik artıkları [19], deniz ve nehir çökeltilerinde [20] halojen ve kükürt içerikleri ölçülmüştür.

Bu çalışmada, düşük derişimde halojen iyonlarının ve sülfür iyonunun bulunabileceği pekmez toprağı seçildi. Pekmez toprağındaki halojen iyonları ve kükürt iyonları iyon kromatografisi kullanılarak analiz edilmiştir. Yöntemin tespit limiti ve geri kazanım değerleri ölçülmüş ve validasyon prosedürü incelenmiştir. Numuneler analiz edildi. Sonuçlar I, F, Cl, Br ve S seçici elektrotlar kullanılarak ölçülen değerlerle karşılaştırıldı. Değerlerin birbiri ile iyi bir uyum içinde olduğu görüldü.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Reaktifler

Bu çalışmada kullanılan tüm kimyasallar yüksek saflıktadır. Sodyum klorür, potasyum iyodür, potasyum bromür, sodyum florür (Merck) katı tuzlarından halojen iyonları ve sodyum sülfid (Merck) katı tuzundan ise kükürt iyonun stok çözeltileri 1000 mg/L olarak hazırlandı. Analiz edilecek iyonların standart çözeltileri, ultra saf su (18,2 MΩ cm⁻¹) kullanılarak hazırlandı. Pekmez toprağın çözünürleştirilmesi sürecinde kullanılan nitrik asit ve hidrojen peroksit (Merck) kromatografik saflıktadır.

2.2. Cihazlar

Numune, stok ve standart çözeltilerin hazırlanmasında Thermo Fisher marka Pacific TII model ultra saf su cihazı (ABD) tarafından üretilen ultra saf su kullanılmıştır. Pekmez toprağı örnekleri, Milestone mikrodalga sindirim sistemi (Ethos up, Çin) kullanılarak çözüldürüldü. Numunelerin çözüldürülmesi özel bir prosedür kullanılarak gerçekleştirildi. Halojen iyonlarının ve kükürt iyonlarının analizi, bir anyon değıştirme kolonu takılı Thermo Dionex ICS-5000 (ABD) marka iyon kromatografisi kullanılarak yapıldı. Cl^- , F^- ve S^{2-} iyonlarının ayrıştırılması ve analizi bir kondüktivimetrik detektör ile, Br^- ve I^- iyonlarının ise bir kütle detektörü ile yapıldı. Çalışma koşulları *Çizelge 1*'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Cl^- , F^- , Br^- , I^- and S^{2-} iyonlarının IC ile tayini için uygun çalışma koşulları

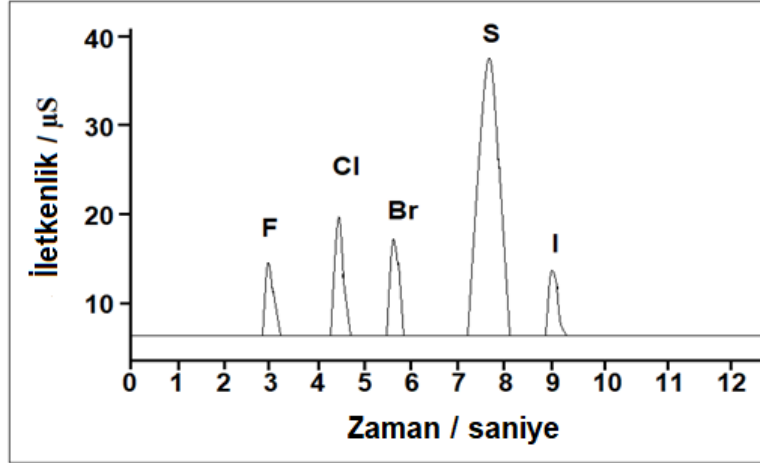
| Parametreler | Şartlar | |
|-----------------------|---------------------------|-----------------|
| Absorbent (mmol/L) | KOH (5 to 100) | |
| Akış hızı (mL/dak) | 0,28 | |
| Kolon sıcaklığı (°C) | 30 | |
| Enjeksiyon hacmi (µL) | 50 | |
| Dedektör | İletkenlik dedektörü | Kütle dedektörü |
| Analiz iyonu | Cl^- , F^- , S^{2-} | Br^- , I^- |

2.3. Pekmez Toprağı Örneğinin Hazırlanması

Pekmez toprak numunesi Nevşehir'in Göreme ilçesinden getirilmiş olup, burada pekmez yapımında kullandıkları numunelerdir. Buradaki pekmez toprağının seçilmesinin nedeni ak toprak olarak bilinen ve kalitesi tescillenmiş olmasından dolayıdır. Analiz edilecek numunelere özel bir çözüldürme prosedürü uygulandı. 0,4 g melas toprağı tartıldı ve bir politetrafluoetilen kabına kondu. Daha sonra 1 mL konsantre nitrik asit ve 2 mL hidrojen peroksit eklendi. Kaplar kapatılarak cihaza yerleştirildi. Çözdürme işlemi 2 kez 80 bar ve 240 derecede gerçekleştirildi. Çözeltinin sıcaklığı oda sıcaklığına ulaştı. Çözülen numuneye 3 mL 0,1 M KOH solüsyonu ilave edilerek 5 dakika bekletildi. Toplam hacim daha sonra ultra saf su ile 25 mL'ye tamamlandı.

2.4. IC Ölçümleri İçin Numunelerin Hazırlanması

Çözünmüş pekmez toprağı örneğindeki florür, klorür ve sülfat iyonları iletkenlik detektörü kullanılarak belirlendi. Aynı numunedeki bromür ve iyodür iyonları bir kütle detektörü kullanılarak ölçüldü. İyonların kalitatif analizini gösteren alıkonma süreleri *Şekil 1*'de gösterilmiştir.

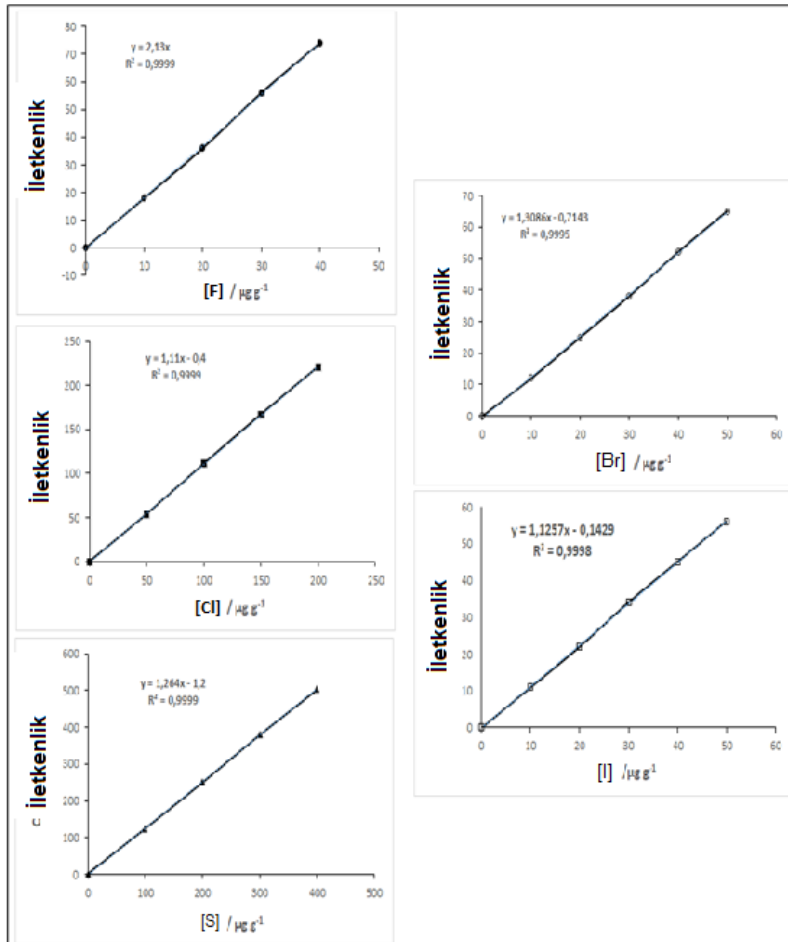


Şekil 1. Pekmez toprağında analiz edilecek iyonların kromatogramı

3. BULGULAR

3.1. İyonların Kalibrasyon Grafikleri

Florür iyonu 1-40 aralığında, klorür 1-200 aralığında, sülfat 1-400 aralığında, bromür 1-50 aralığında ve iyodür konsantrasyonları ölçülerek kalibrasyon grafikleri elde edilmiştir. İyon kromatografisi ile 1-50 µg/g. Bu kalibrasyon grafiklerinin analitik göstergeleri ölçüldü ve Şekil 2'de verildi.



Şekil 2. Florür, klorür, bromür, iyodür ve sülfat iyonlarının kalibrasyon grafikleri

3.2. Metodun Analitik Performansları

Uygulanan yöntemin validasyon değerlerini belirlemek için her bir iyonun belirli konsantrasyonları eklenmiş ve bulunan değerler karşılaştırılmıştır. Analitik performans göstergeleri *Çizelge 2*'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre yöntemin analitik performans değerlerinin iyi olduğu görülmüştür.

Çizelge 2. Yöntemlerin analitik performanslarının karşılaştırılması

| İyon | Eklenen (µg/g) | Bulunan (µg/g) | Miktar olarak tayin sınırı (µg/g) | % Geri dönüşüm |
|-----------------|----------------|----------------|-----------------------------------|----------------|
| F ⁻ | 1,00 | 0,98 ± 0,11 | 0,46 | 98,0 |
| | 2,00 | 1,94 ± 0,18 | | 97,0 |
| Cl ⁻ | 10,00 | 9,56 ± 0,23 | 0,85 | 95,6 |
| | 20,00 | 19,42 ± 0,35 | | 97,1 |
| S ²⁻ | 10,00 | 9,67 ± 0,24 | 1,00 | 96,7 |
| | 50,00 | 49,10 ± 0,62 | | 98,2 |
| Br ⁻ | 5,00 | 4,96 ± 0,21 | 0,92 | 99,2 |
| | 10,00 | 9,88 ± 0,25 | | 98,8 |
| I ⁻ | 5,00 | 4,97 ± 0,22 | 0,91 | 99,4 |
| | 10,00 | 9,92 ± 0,26 | | 99,2 |

3.3. Pekmez Toprağı Örneğinde Halojen ve Kükürt İyonlarının Ölçümü

Yöntemin uygulanabilirliğinin yüksek olduğu belirlendikten sonra Nevşehir Göreme'den getirilen pekmez toprağı örneğinde florür, klorür, kükürt, bromür ve iyodür iyonları analiz edilmiştir. Sonuçlar, %90 güven düzeyi ile dört ölçümün ortalaması olarak hesaplandı. Pekmez toprağı örneğinde florür [20], klorür [21], kükürt [9], bromür [8] ve iyodür [22] seçici elektrotlar kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçlar *Çizelge 3*'te verilmiştir. Ölçümler incelendiğinde, sonuçların her iki yöntemle elde edilen değerler arasında uyum içinde olduğu görülmüştür.

Çizelge 3. Her iki yöntemle ölçülen sonuçların karşılaştırılması

| İyon | İyon kromatografisi (µg/g) | İyon seçici elektrotlar (µg/g) | t-test (t _{critical})=3,18 | F test (F _{critical})=9,28 |
|-----------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| F ⁻ | 12,6 ± 0,3 | 12,5 ± 0,4 | 1,25 | 2,68 |
| Cl ⁻ | 65,8 ± 2,4 | 65,3 ± 2,7 | 1,63 | 3,85 |
| S ²⁻ | 152,3 ± 3,5 | 149,8 ± 3,4 | 2,61 | 4,27 |
| Br ⁻ | 3,2 ± 0,2 | 3,2 ± 0,3 | 1,17 | 2,34 |
| I ⁻ | 17,6 ± 0,6 | 17,3 ± 0,5 | 1,35 | 3,18 |

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada Nevşehir'in Göreme ilçesinde pekmez yapımında kullanılan pekmez toprağında bulunan halojen ve kükürt iyonlarının miktarları araştırılmıştır. Analiz için iyon kromatografi yöntemi seçildi. Bu yöntemin halojen ve kükürt iyonlarının miktarı için optimum koşullar araştırıldı. Karar verilen yöntemin validasyon işlemleri gerçekleştirildi. Belirleme limiti, korelasyon katsayısı, kalibrasyon grafiklerinin formülleri, % geri kazanım değerleri incelenmiştir. Bulgular, yöntemin analitik performansının iyi olduğunu göstermiştir. Daha sonra çözündürülmüş pekmez toprağında bulunan halojen ve kükürt iyonlarının miktarları ölçülmüştür. Aynı numune, her bir iyonun seçici elektrotları ile analiz edildi ve sonuçlar t ve F testleri ile doğrulandı.

Tarım Bakanlığı'nın yönetmeliğine göre toprakta klorür 0-200; florür 0-30; iyodür 0-50; bromür 0-8; sülfür 0-300 mg g⁻¹ aralığında bulunmalıdır. Bu çalışmada elde ettiğimiz sonuçlar yönetmeliğe uygun aralıkta bulunmaktadır. Dolayısıyla insan sağlığına zararlı olabilecek seviyede bulunmamaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Gazi Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Kimya Teknolojisi araştırma laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI/ÇAKIŞMASI BİLDİRİMİ

Yazarlar arasında çıkar çatışması/çakışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKI ORANI





Şükrü Kalaycı: Metodoloji, Araştırma, Materyal temini, Kavramlaştırma, İçerik analizi, Makalenin yazımı- İnceleme ve Düzenleme.

KAYNAKLAR

- [1] Wu, D., Zhao, P., Liu, Y., Liu, X., Wang, X. (2014). Halogen Free flame retardant rigid polyurethane foam with a novel phosphorus–nitrogen intumescent flame retardant. *Journal of Applied Polymer Science*, 131 (11): 1-7.
- [2] Godoi, A.F.L., Grasel, A.M., Polazer, G., Brown, A., Vermak, S., Scremin, D.C., Yamamoto, C.I., Godoi, R.H.M. (2018). Human exposure to hydrogen sulphide concentrations near wastewater treatment plants. *Science of The Total Environmental*, 611, 583-590.
- [3] Uchida U., Berthod A., Winefordner J.D. (1990). Determination of non-metallic elements by capacitively coupled helium microwave plasma atomic emission spectrometry with capillary gas chromatography. *Analyst*, 115, 933-937.
- [4] Welza B., Lepria F.G., Araujo R.G.O., Ferreira S.L.C., Huang M., Okruss M., Mecker-Ross H. (2009). Determination of phosphorus, sulfur and the halogens using high-temperature molecular absorption spectrometry in flames and furnaces—A review. *Analytical Chimica Acta*, 647 (2), 137-148.
- [5] Tjabadi E., Mketi N. (2019). Recent developments for spectrometric, chromatographic and electroanalytical determination of the total sulphur and halogens in various matrices. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 118, 207-222.
- [6] Resona M., Garcia-Ruiz E., Aramendia M., Belerra M.A. (2019). Quo vadis high-resolution continuum source atomic/molecular absorption spectrometry. *J. Anal. At. Spectrom.*, 34, 59-80.
- [7] Mendes A. L.G., Nascimento M.S., Picoloto R.S., Floress E.M.M., Mello P.A. (2020). A sample preparation method for fluoride detection by potentiometry with ion-selective electrode in medicinal plants. *Journal of Fluoride Chemistry*, 231, 109459-109466.
- [8] Kalaycı S. (2022). Analysis of halogens in wastewater with a new prepared ion selective electrode. *Monashefte Für Chemie*, 153,1137-1141.
- [9] Kalaycı S. (2021). High Sensitivity Sulphite Membrane Selective Electrode and its Application. *Journal of The Chemical Society of Pakistan*, 43(4), 451-455.
- [10] Rakias F., Toth K., Pungor E. (1980). Determination of pharmaceutical compounds containing covalently-bound halogen by means of ion-selective electrodes. *Analytica Chimica Acta*, 121, 93-99.

- [11] Michel A., Villemant B. (2007). Determination of Halogens (F, Cl, Br, I), Sulfur and Water in Seventeen Geological Reference Materials. *Geostandards Newsletter*, 27(2), 163-171.
- [12] Moraes D.P., Pereira J.S.F., Diehl L.O., Mesko M.F., Dressler V.L., Painz J.N.G., Knapp G., Flores E.M.M. (2010). Evaluation of sample preparation methods for elastomer digestion for further halogens determination. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 397, 563-570.
- [13] Mesko M.F., Toralles I.G., Junior G.S.C., Rondan F.S., Costa V.C., Hartwig C.A., Scaglioni P.T. (2020). Ion chromatography coupled to mass spectrometry as a powerful technique for halogens and sulfur determination in egg powder and its fractions. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 34(3), e8775.
- [14] De Mello J.E., La Rosa Nova D., Junior G.S.C., Scaglioni P.T., Mesko M.F. (2020). A Green Analytical Method for the Multi elemental Determination of Halogens and Sulfur in Pet Food. *Food Analytical Methods*, 13, 131-139.
- [15] Nagashima H., Dewa Y. (2017). Rapid and Simultaneous Micro-analysis of Halogens and Sulfur in Organic Compounds by Combustion – Ion Chromatography. *Bunseki Kagaku*, 66(2), 81-87.
- [16] Ignjatovic I.D.S., Onjia A.E., Ignjatovic L.M., Todorovic Z.N., Rajakovic L.V. (2015). Experimental design optimization of the determination of total halogens in coal by combustion–ion chromatography. *Analytical Letters*, 48, 2597–2612.
- [17] Shimizu K., Suzuki K., Saitoh M., Konno U., Kawagucci S., Ueno Y. (2015). Simultaneous determination of fluorine, chloride, and sulfur in rock samples by ion chromatography combined with pyrohydrolysis. *Geochemical Journal*, 49, 113-124.
- [18] Muhammed N., Ali A., Hussain I., Subhani Q., Guo D., Cui H., Zhu Y. (2022). Determination of fluorine and chlorine in standard steel residues and zinc sulfide concentrates by ion chromatography-Matrix interference study. *Journal of Analytical Chemistry*, 50(12), 100147-100151.
- [19] Gao Y., Wang X., Fang X., Yin X., Chen L., Bi J., Ma Y., Chen S. (2022). Simultaneous Determination of Fluorine and Chlorine in Marine and Stream Sediment by Ion Chromatography Combined with Alkaline Digestion in a Bomb. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10, 93-101.
- [20] Somer G., Kalaycı S., Basak I. (2010). Preparation of a new solid state fluoride ion selective electrode and application. *Talanta*, 80, 1129-1132.
- [21] Kalaycı S. (2020). Preparation of chloride selective membrane electrode. *International Journal of Current Research*, 12(4), 10163-10166.
- [22] Somer G., Kalaycı S., Ekmekci G. (2001). Preparation and application of iodide-mercury selective membrane electrode based on ion exchangers. *Sensors and Actuators B*, 81, 122-12.

Türkiye'de Akaroloji Alanında Yapılan Lisansüstü Tezlerin Bibliyometrik Analizi

Mina Karaer¹ , Kurtay Arda Arslan² , Esra Per^{*2} , Zafer Karaer³ ¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Yapraklı Meslek Yüksekokulu, Çankırı, 18200, Çankırı, Türkiye²Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 06500, Ankara, Türkiye³Ankara Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Parazitoloji ABD, 06110, Ankara, Türkiye

Öne Çıkanlar

- Akaroloji, akarları ve keneleri inceleyen bilim dalıdır.
- Türkiye'de akaroloji alanında tamamlanmış olan tezlerin %83'ünün tam metin erişimi vardır.
- En çok tez İç Anadolu Bölgesi'nde; Ankara Üniversitesi ve Erciyes Üniversitesinde hazırlanmıştır.
- Tezlerde en sık kullanılan anahtar kelimeler; acari, akar, kene, Ankara, Erzurum, sistematik, toz, ev, bitki ve su'dur.

Makale Bilgileri

Geliş: 29/01/2023

Kabul: 25/04/2023

Anahtar Kelimeler

Akar,
Cinsiyet,
Epidemiyoloji,
Tarihçe,
Veri Tabanı.

Öz

Türkiye'de akaroloji alanında lisansüstü tezler hazırlanmaktadır, ancak günümüze kadar bu konuda bir değerlendirme yapılmamıştır. Bu çalışmada akaroloji alanındaki lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizinin yapılması amaçlanmıştır. Bunun için YÖKTEZ veri tabanına kayıtlı tezler farklı ölçütlere göre analiz edilmiştir. Akaroloji alanında 1977-2021 yılları arasında 69 üniversitede, 278'i yüksek lisans, 171'i doktora olmak üzere 449 tez hazırlanmıştır. Tezlerin %67'si Fen Bilimleri Enstitüsü, %16'sı Sağlık Bilimleri Enstitüsünde yapılmış olup, %15'i tıpta uzmanlık ve %1'i tıpta yan dal uzmanlık tezleridir. Araştırmacıların %55'i kadın, %43'ü erkektir ve %2'sinin cinsiyeti belirlenememiştir. Tezlerin %33'ü biyoloji, %25,8'i ziraat, %5,6'sı alerji ve immünoloji, %4,9'u veteriner hekimliği ve %4,5'i parazitoloji alanlarını kapsamaktadır. Habitatlarına göre sınıflandırıldığında, tez konularının %24'ü bitki, %20,6'sı toprak, %19'u hayvan, %27'si toz, %14'ü insan, %5'i su, %0,4'ü besin ve mantar akarlarından oluşmaktadır. Ön plana çıkan akar türlerinden biri *Varroa akarı* (*Varroa destructor*)'dir. *Varroa akarı* dünya genelinde yaygın bir istilacı yabancı tür olup arı kolonileri için önemli bir tehdittir. Bu araştırma Türkiye'de akaroloji alanında hazırlanmış olan lisansüstü tezlerin tarihsel değişimi ortaya konmuştur. Ancak ülkede akarlar üzerine yapılan çalışmalar yeterli değildir. Epidemiyolojik olarak önemli olan ülke çapında haritalandırılmış bir akar türü bulunmamaktadır. Mevcut araştırmalar Türkiye'de akarların durumunu tam olarak yansıtamamakta, konu ile ilgili daha fazla ve kapsamlı çalışma yapılması gerekmektedir.

Bibliometric Analysis of Postgraduate Theses in The Field of Acarology in Türkiye

Highlights

- Acarology is the field of research that deals with ticks and mites.
- Full text access is available for 83% of the acarology theses that have been completed in Türkiye.
- Most of the theses were completed in the Central Anatolian region, at the Ankara University, and Erciyes University.
- Acari, mite, tick, Ankara, Erzurum, systematic, dust, house, plant, and water are the most commonly used keywords in theses.

Article Info

Received: 29/01/2023

Accepted: 25/04/2023

Keywords

Mite,
Gender,
Epidemiology,
History,
Database.

Abstract

Postgraduate theses in the field of acarology are being prepared in Türkiye, but no assessment has been made on this topic so far. The aim of this research is to carry out bibliometric analyses of postgraduate theses. For this purpose, the acarological theses registered in the YÖKTEZ database were analyzed by using various criteria. According to the thesis analysis, 449 theses, including 278 master's and 171 doctoral theses, were completed in the field of acarology at 69 universities from 1977 to 2021. 67% of the theses were completed at the Institute of Science, 16% of them were completed at the Institute of Health Sciences, 15% of them were a medical specialty and 1% of them were medical subspecialty. Among the researchers, 55% were female, 43% were male and the gender of 2% could not be identified. 33% of the theses cover biology, 25.8% agriculture, 5.6% allergy and immunology, 4.9% veterinary medicine, and 4.5% parasitology. Full-text access is available in 83% of the theses. When theses topics are classified according to habitat, 24% of thesis topics are plant, 20.6% soil, 19% animal, 27% dust, 14% human, 5% water, and 0.4% food and fungal mite. One of the prominent mite species is the *Varroa mite* (*Varroa destructor*). It is a widespread invasive alien species worldwide and poses a serious threat to bee colonies. As a result, the historical process of postgraduate theses prepared in the field of acarology in Turkey has been highlighted by this research. However, there are too few studies on mites in the country. There are not epidemiologically mapped mite species in this country. Current studies cannot properly reflect the situation of mites in Türkiye, and more in-depth studies on the issue are required.



Makale, Creative Commons 4.0 (CC BY NC SA) uluslararası lisansı altında açık erişim olarak yayımlanmaktadır.

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Esra Per, esraper@gazi.edu.tr

1. GİRİŞ

Akarlar, hayvanlar âleminde omurgasız canlılar olarak; Arthropoda (eklembacaklılar) şubesinde Arachnida sınıfı, Acari alt sınıfında yer almaktadır. Geniş anlamda akarlar, dar anlamda kene ve akarlar olarak bilinirler. Diğer önemli eklembacaklı sınıfı böcekler ile karşılaştırıldığında; akarlarda anten, kanat ve vücut segmentasyonu (baş, göğüs ve karın) yoktur. Vücut, gnathosoma (capitulum yani ağız parçaları) ve idiosoma (gövde) olmak üzere iki kısımdan ibarettir. Ağız organelleri bir çift pedipalp, bir çift keliser ve hipostom'dan oluşmuştur. Gelişme dönemlerinden yumurtadan çıkan larvalarda üç çift, nimf ve ergin bireylerde ise dört çift bacak vardır. Erkek ve dişiler arasında eşeysel dimorfizm vardır. Genel olarak akarların çoğunluğu bir milimetreden daha küçüktür ve bilinen akar türlerinden hiçbiri birkaç santimetreden daha büyük değildir [1].

En eski akar fosili 410 milyon yıl öncesine, Devoniyen Dönemi'ne (417-354 milyon yıl arası) aittir. Tarihsel süreçte incelendiğinde akarlar için ilk bulgular MÖ 1550 yılına dayanmaktadır. İlyada ve Odyssea'nın yazarı olan Yunan şair Homer MÖ 850'de kenelerden bahsetmiş, Aristoteles ise keçi boynuzu üzerindeki parazitik akarları tanımlamıştır. Hipokrates, Plutarch, Aristofanes ve Pliny gibi dönemin önde gelen isimlerinin akarlar atıfta buldukları bildirilmiştir [2, 3]. Taksonominin mimarı olarak kabul edilen Carl von Linnaeus 1735 yılında ilk defa *Acarus* cins ismini kullanmıştır. Bu yılları takiben akaroloji bilimi, hem uygulamalı hem de temel yönleriyle araştırılarak hızla gelişim göstermiştir. [2].

Akarolojinin modern bir bilim hâline gelmesi 18. yüzyıl Avrupa'sında gerçekleşmiş, hız kazanması ise 19. yüzyıl sonları ile 20. yüzyılda gerçekleşmiştir. II. Dünya Savaşı'nın ardından akar ve kene kontrolü için sentetik pestisitlerin artan kullanımıyla akarların dünya çapında ciddi tarımsal zararlılar hâline gelmesi, uygulamalı tarımsal akarolojinin gelişmesini sağlamıştır [2, 3]. Aynı zamanda akarların hem çeşitlilik hem de sayıca böceklerden fazla olması zoolog ve ekologların ilgisini çekerek bu çalışma alanına dâhil olmalarını beraberinde getirmiştir. 1950 yılında 1.700 cins akara ait 30.000 tür tanımlanmıştır. Yeni akarların tespit edilmesi sürecinde 1999 yılına gelindiğinde tanımlanmış 40.000 tür ile isimlendirilmeyen yarım milyondan fazla tür olduğu varsayılmaktadır [1, 3]. Günümüzde 55.000 tür akar tanımlanmıştır. Ancak bu alandaki çalışmaların yetersizliği nedeniyle tanımlanabilmiş akar tür sayısının gerçek rakamın ancak 1/20'si kadar olduğu bildirilmiştir [2]. Çoğu ektoparazit olan akarların tür çeşitliliğinin evrimsel süreçlerinin uzunluğu ve konak canlı ile olan etkileşimleri ile alakalı olduğu düşünülmektedir.

Türkiye'nin iki kıtayı birleştiren coğrafik konumu, habitat, topografya ve iklim farklılıklarına sebep olmaktadır. Bu farklılıkların getirdiği ekosistem çeşitliliği flora ve faunayı tür çeşitliliği bakımından zenginleştirmiştir. Arachnida sınıfının Acari alt sınıfına ait akarlar, örümceğimsiler arasında en fazla çeşitliliğe sahip olanlardır. Akarlar Acari alt sınıfının büyük çoğunluğunu oluşturan eklembacaklı canlılardır. Türkiye'de 2007 yılına kadar 950 akar türü ve alttür tespit edilmiştir [4]. Bu türlerden uyuz etkenleri, ekin zararlıları, keneler ve ev tozu akarları Dünya'da ve ülkemizde olumsuz etkileri olduğu bilinmekte olan akarlardır.

Akarlar omurgalıların yanı sıra omurgasız canlılar ile bitkilerde de yaşamlarını sürdürürler. Konukçu/konak bağımlı akarların yanında serbest yaşayan akarlar da vardır. Toprak akarları, toprak mikroeklembacaklıların neredeyse yarısını oluşturmaktadır. Her türlü toprak yapısında bulunabildikleri için dünya çapında çok geniş dağılım alanına sahiplerdir. Ekosistemde, toprağın karıştırılması ve havalandırılması gibi önemli görevleri vardır. Akarlar, böcek türlerinin yaşadıkları bütün habitatlarda bulunurlar. Bulunma yoğunlukları konakçı türler arasında farklılık göstermektedir. Genellikle insanlar dâhil omurgalılarda sağlık açısından önemli olan yaygın ektoparazitlerdir [3]. Akarların diğer hayvan türleri ile etkileşiminde parazitlik ön plana çıkmış olsa da farklı etkileşimler de mümkündür. Örneğin geçmişte araştırmacılar, tüy akarlarını kuşlara zarar vermekte olan ektoparazit canlılar olarak nitelmiştir. Ancak günümüzde tüy akarları (Astigmata), kuşlarda en sık görülen ektosimbiont canlılardır [5].

Akarlar, hastalık etkeni taşıyarak (keneler), konak üzerinden beslenerek (uyuz etkenleri) ve vücut salgıları/döküntüleri ile (ev tozu akarları) konaklarına zarar verirler. Ayrıca bitkilerden beslenen, tarımsal açıdan zararlı akarlar da vardır. Amerika Birleşik Devletleri ve birçok ülkede, konaklarını ısırıp "yoğun tahriş" veya "şiddetli kaşıntı ve dermatitle birlikte kaşıntıya" neden olan bazı Trombiculidae larva türleri

"chiggers" olarak isimlendirilirler [3]. Türkiye’de hasat akarı olarak da bilinen *Neotrombicula autumnalis* bilinen en yaygın chigger türüdür [6]. Ayrıca; karada, suda ve havada ekosistemdeki rolleri henüz tespit edilememiş pek çok akar türünün varlığı bilinmektedir [3].

Akarlar, tüm karasal ekosistemler, tatlı su ekosistemleri ile tuzlu su ekosistemlerinde kaydedilmiş olan, ancak çok küçük oldukları için çoğu zaman gözden kaçan canlılardır. Evde, iş yerlerinde, koltuk üzerinde, halıda, giysilerde ve hatta ciltteki deri tabakalarında yaşamlarına devam ettirdikleri bilinmektedir. Ancak yapılan çalışmalar, koltuklardaki akarlar ile çarşaftaki akarların; ciltte bulunan akarlar ile giysilerdeki akarların birbirinden çok farklı olduğunu ve her birinin ayrı bir çalışma alanı gerektirdiğini göstermiştir [7]. Akarlarda konak özelleşmesi çok dikkat çekicidir.

Akarların büyük bir kısmı çürüme ile ilişkili mikroorganizmalardan beslenirken aynı zamanda predatör türler için av konumundadırlar. Diğerleri ise bitkilerde, omurgalı ve omurgasız canlılarda parazit veya kommensaldır [7]. Akarlar farklı canlılar ile yaşam birlikleri kurabilmektedir. Ayrıca adli tıpta bilhassa ölüm zamanının belirlenmesinde akarlardan yararlanılmaktadır.

Dünya’da 19. yy. sonunda temelleri atılan ve önemli bir araştırma dalı hâline gelen Adli Akaroloji’nin Türkiye’deki tek örneği Özdemir ve arkadaşlarının (2003) yayınlamış olduğu adli delillerdeki *Demodex sp.* akarlarının tespiti ile ölüm süresinin tahmin edilmesi üzerine olan çalışmadır [8]. Türkiye’de bitki, hayvan ve toprak akarları ile ilgili çalışmalar yapılmış olduğu hâlde, adli bilimlerde akaroloji temelli çalışmaların tek bir eserle temsil ediliyor olması bu alanda önemli bir eksikliklerdir.

Keneler, zorunlu kan emici ektoparazit canlılar olarak tanımlanır ve hem evcil ve yaban hayatını hem de insanları etkileyen, bir kısmı da öldürücü olarak nitelendirilen pek çok hastalığın taşıyıcılarıdır [6, 9]. Akarların çoğu insanlarda kenelerin sebep olduğu gibi çok ciddi problemler oluşturmaz. Ancak bazı akar türlerinin hayvanları ve insanları enfekte edebildikleri bilinmektedir. Bu türler genellikle kuş ve kemirgenlerin üzerinde veya onların habitatları içerisinde yaşarlar [10, 11] ve bazı durumlarda insanlarda ciddi dermatitlere neden olabildikleri kaydedilmiştir [12]. Kene ve akarların neden olabileceği hastalıklardan korunmak ve bu hastalıklara yakalanmamak için alınabilecek önlemler açısından akaroloji ve akarologların yaptığı çalışmalar önemlidir. Türkiye’de üniversitelerde akaroloji alanında lisansüstü tezler üretilmekte ve bilimsel çalışmalar yapılmaktadır.

Bibliyometri, 20. yüzyılın başlarından beri var olan bir nicel araştırma yöntemidir. Bu yöntem, matematiksel ve istatistiksel teknikleri kullanarak, tezler, kitaplar, makaleler ve diğer bilgi kaynaklarındaki belirli özellikleri ölçmek ve analiz etmek için kullanılmaktadır. Ayrıca, yayınların yazarları, konuları, yayın tarihleri ve kaynaklara yapılan atıflar gibi özelliklerin sayısal analizi bu araştırmanın bir parçasıdır. Bibliyometrik araştırma, yayın verilerinin matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle analiz edilmesiyle yazarların, ülkelerin veya kurumların bilimsel araştırmalara katkılarını ölçmeyi ve karşılaştırmayı sağlar. Bu tür çalışmaların birçok faydası vardır. Örneğin, bibliyometrik analizler, belirli bir konuda en verimli araştırma ve araştırmacıları belirleyebilir, çalışmaların etkisini ölçebilir [13].

Üniversitelerde lisansüstü eğitim-öğretimde; öğrencinin araştırma yapma yeteneğini kazanması, yaptığı araştırmalarla bilime katkı ve ülkeye katma değer sağlaması amacıyla tezler hazırlanmaktadır. Ancak ülkemizde bugüne kadar akaroloji bilim alanındaki ne tez ne de makalelerin bibliyometrik analizleri yapılmıştır. Bu çalışma ile YÖKTEZ veri tabanında arşivlenmiş olan akaroloji bilim alanında yapılmış lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizlerinin yapılması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Türkiye’deki üniversitelerde akaroloji alanında tamamlanmış ve YÖK Ulusal Tez Merkezi (YÖKTEZ)’nde özet veya tam metin halinde arşivlemiş olan lisansüstü tezlere (Yüksek Lisans: YL, Doktora: DR) ait bilgiler, 24 Şubat 2021 – 13 Haziran 2021 tarihleri arasında internet üzerinden "akar", "akaroloji", "kene" ve "mite" anahtar sözcükleri ile taranarak araştırılmıştır.

Betimsel bibliyometri, literatürdeki yazarlar, yayın yılları, konular, diller ve diğer faktörlere göre değişkenlik gösteren dağılım ve eğilimleri ortaya çıkararak, üretkenliğin ölçülmesine olanak sağlar. Bu analizler, bir alandaki üretkenliği ölçmek için önemli bir araçtır. Betimsel bibliyometri, bilim dünyasındaki ilerlemelerin takip edilmesine ve bilimsel gelişmelere katkı sağlayan araştırmaların önceliklendirilmesine yardımcı olur [13]. Bu araştırmada, lisansüstü tezlerin farklı kategorilere göre incelenmesi yolu ile doküman analizi yapılmış ve betimsel bibliyometri yönteminden yararlanılmıştır [14].

Bu araştırmada toplam 1.354 teze ulaşılmıştır, ancak tarih, inşaat mühendisliği, Alman Dili ve Edebiyatı, sanat tarihi, kimya, ağaç işleri, Amerikan Kültürü ve Edebiyatı, fiziksel tıp ve rehabilitasyon, mekatronik, tekstil mühendisliği, mimarlık ve makine mühendisliği alanlarındaki akar kökünden türemiş "akarsu", "akaryakıt" ile kene kökünden gelen "kenevir", "kenetlenme" gibi anahtar sözcükler elenmiştir.

Tarama sonunda tespit edilen tezlerin; tamamlanış yılı, üniversite adı, enstitü, Ana Bilim Dalı (ABD), lisansüstü eğitim düzeyi (yüksek lisans veya doktora), alan, habitat, konak, coğrafi bölge, il, cinsiyet (isimler üzerinden değerlendirme yapıldı), danışman unvanı, tezin tam metin erişim durumu, sayfa aralığı, araştırma alanı ile tez özetindeki anahtar kelimelere ait bilgiler kullanılarak Microsoft Excel programında bir veri tabanı oluşturulmuştur. Veri tabanına her bir tez APA stilinde referans gösterilecek şekilde aktarılmıştır. Böylelikle tezlerin bibliyometrik değerlendirmeleri referans olarak kullanılabilir bir şekilde düzenlenmiştir.

Bu değerlendirmenin sınırlarını 24 Şubat 2021-13 Haziran 2021 tarihleri arasında internet üzerinden anahtar kelimeler ile yapılan sorgulamalar ve YÖKTEZ veri tabanında arşivlenmiş tezlerin tam metin erişim durumu belirlemiştir.

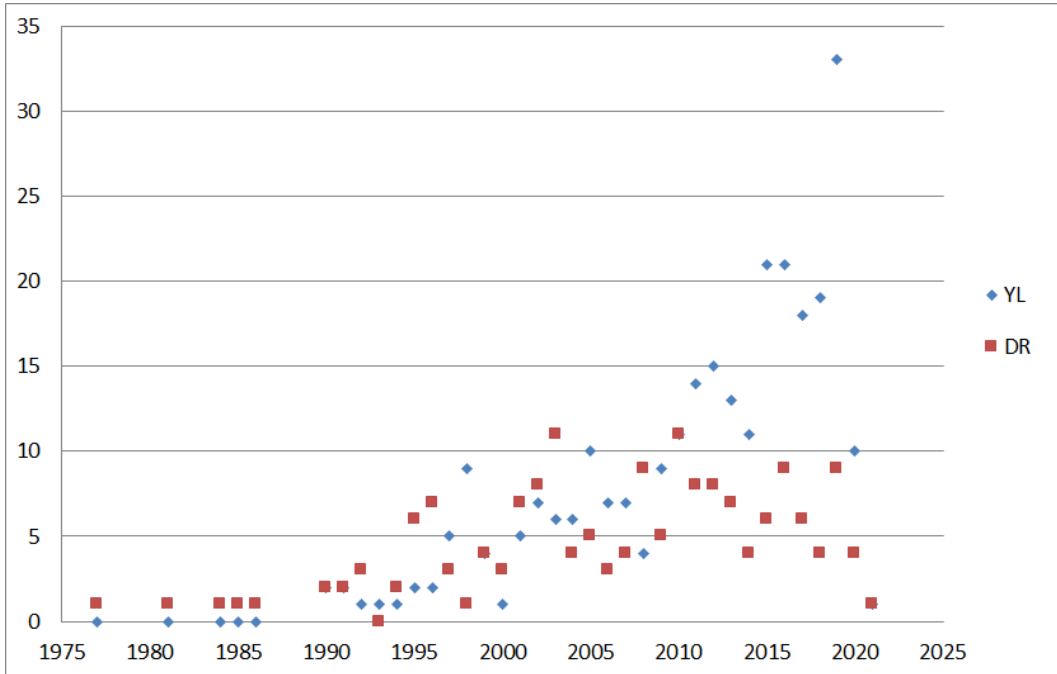
Lisansüstü tezlerdeki anahtar kelimeleri karşılaştırmak için internet temelli Wordart kelime bulutu programı kullanılmıştır [15]. Bibliyometri temelli bu araştırma etik kurul izni gerektiren bir çalışma değildir.

3. BULGULAR

Ülkemizde akaroloji alanında yapılan lisansüstü tezlerin yıl aralıklarına göre dağılımı *Çizelge 1* ve *Şekil 1*'de gösterilmiştir. Buna göre 1977-2021 yılları arasında 278 yüksek lisans ve 171 doktora tezi tamamlanmıştır. Bu alanda tamamlanmış olan ilk tezin 1977 yılında doktora düzeyinde olduğu ve takip eden 10 yılda 6 doktora 2 yüksek lisans tezi bitirilmiş olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 1990'lı yıllardan itibaren tamamlanmış olan yüksek lisans ve doktora tez sayılarında artış olmuştur. En fazla tez 2011-2021 yılları arasında tamamlanmış olup, bu dönemde 176 yüksek lisans ve 66 doktora tezinin bitirilmiş olduğu görülmektedir. Geçmişten günümüze 44 yıllık süreçte yıllık ortalama on tez tamamlanmıştır. En fazla yüksek lisans tezi 2019 yılında (33 tez) tamamlanmıştır. En fazla doktora tezi ise 2003 ve 2010 yıllarında (yılda 11 tez) tamamlanmıştır.

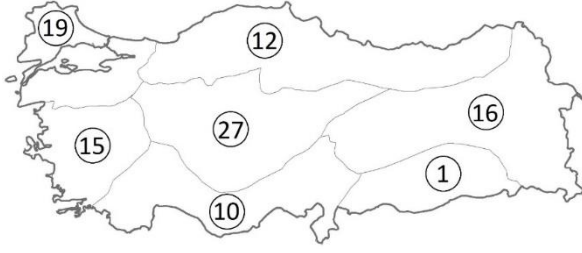
Çizelge 1. Lisansüstü tezlerin dönemsel yıl aralıklarına göre sayısal değişimi

| Yıl Aralığı | Bütün Lisansüstü Tezler | | Yüksek Lisans Tezi | | Doktora Tezi | |
|--------------------|-------------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|
| | Sıklık (f) | Yüzde (%) | Sıklık (f) | Yüzde (%) | Sıklık (f) | Yüzde (%) |
| 1977 - 1980 | 1 | 0,2 | 0 | 0,0 | 1 | 0,6 |
| 1981 - 1990 | 8 | 1,8 | 2 | 0,7 | 6 | 3,5 |
| 1991 - 2000 | 59 | 13,1 | 28 | 10,1 | 31 | 18,1 |
| 2001 - 2010 | 139 | 31,0 | 72 | 25,9 | 67 | 39,2 |
| 2011 - 2021 | 242 | 53,9 | 176 | 63,3 | 66 | 38,6 |
| Toplam | 449 | 100 | 278 | 100 | 171 | 100 |
| Genel % | | | 62 | | 38 | |

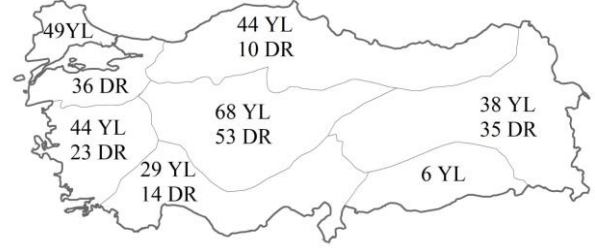
**Şekil 1.** Lisansüstü tezlerinin yıllara göre sayısal değişimi

Tezlerin coğrafi bölgelere göre dağılımı Şekil 2'de verilmiştir. Coğrafi bölgelere göre lisansüstü tezlerin %'lik oranı karşılaştırıldığında %27'lik oran ile İç Anadolu Bölgesi ilk sıradadır. Sonra sırasıyla Marmara Bölgesi (%19), Doğu Anadolu Bölgesi (%16), Ege Bölgesi (% 15), Karadeniz Bölgesi (%12), Akdeniz (%10) ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinin (%1) takip ettiği görülmektedir.

Lisansüstü tezlerin sayısı coğrafi bölgeler açısından karşılaştırıldığında; Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki üniversitelerde hiç doktora tezi tamamlanmamış olduğu tespit edilmiştir. Hem yüksek lisans hem de doktora açısından en fazla tez İç Anadolu Bölgesi'nde tamamlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 2. Lisansüstü tezlerin coğrafi bölgelerdeki yüzdelik oranı



Şekil 3. Lisansüstü tezlerin coğrafi bölgelere göre sayısal değişimi

Türkiye'de il bazında 44 ilde lisansüstü tez tamamlanmıştır. En fazla tez Ankara'da (%12) olmak üzere, Kayseri (%7,3), Erzurum (%6,9), İstanbul (%6,7), Tokat (%4,9) ve Samsun (%4,5)'da tamamlanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Tamamlanmış olan lisansüstü tez sayısının illere göre sayısal değişimi

| Sıra | İl | YL | | DR | | Genel Toplam | |
|------|-----------------|------------|------------|------------|------------|--------------|-------------|
| | | Sıklık (f) | Yüzde (%) | Sıklık (f) | Yüzde (%) | Sıklık (f) | Yüzde (%) |
| 1 | Adana | 8 | 1,8 | 8 | 1,8 | 16 | 3,6 |
| 2 | Afyon | 10 | 2,2 | 1 | 0,2 | 11 | 2,4 |
| 3 | Ankara | 18 | 4,0 | 36 | 8,0 | 54 | 12,0 |
| 4 | Antalya | 5 | 1,1 | 2 | 0,4 | 7 | 1,6 |
| 5 | Aydın | 6 | 1,3 | 3 | 0,7 | 9 | 2,0 |
| 6 | Bartın | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 7 | Burdur | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 8 | Bursa | 10 | 2,2 | 5 | 1,1 | 15 | 3,3 |
| 9 | Çanakkale | 8 | 1,8 | 3 | 0,7 | 11 | 2,4 |
| 10 | Çorum | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 11 | Denizli | 12 | 2,7 | 3 | - | 15 | 3,3 |
| 12 | Diyarbakır | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 13 | Düzce | - | - | 1 | - | 1 | 0,2 |
| 14 | Edirne | - | - | 4 | 0,9 | 4 | 0,9 |
| 15 | Elazığ | 4 | 0,9 | 6 | 1,3 | 10 | 2,2 |
| 16 | Erzincan | 15 | 3,3 | 3 | 0,7 | 18 | 4,0 |
| 17 | Erzurum | 12 | 2,7 | 19 | 4,2 | 31 | 6,9 |
| 18 | Gaziantep | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 19 | Giresun | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 20 | Hatay | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 21 | Isparta | 13 | 2,9 | 4 | 0,9 | 17 | 3,8 |
| 22 | İstanbul | 8 | 1,8 | 22 | 4,9 | 30 | 6,7 |
| 23 | İzmir | 7 | 1,6 | 12 | 2,7 | 19 | 4,2 |
| 24 | Kahramanmaraş | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 25 | Kayseri | 28 | 6,2 | 5 | 1,1 | 33 | 7,3 |

Çizelge 2. Devam ediyor

| Sıra | İl | YL | | DR | | Genel Toplam | |
|-----------|--------------|------------|------------|------------|------------|--------------|------------|
| | | Sıklık (f) | Yüzde (%) | Sıklık (f) | Yüzde (%) | Sıklık (f) | Yüzde (%) |
| 26 | Kırıkkale | - | - | 2 | 0,4 | 3 | 0,7 |
| 27 | Kocaeli | - | - | 1 | 0,2 | 1 | 0,2 |
| 28 | Konya | 4 | 0,9 | 2 | 0,4 | 6 | 1,3 |
| 29 | Kütahya | 2 | 0,4 | - | - | 2 | 0,4 |
| 30 | Malatya | - | - | 3 | 0,7 | 3 | 0,7 |
| 31 | Manisa | 7 | 1,6 | 3 | 0,7 | 10 | 2,2 |
| 32 | Muğla | - | - | 1 | 0,2 | 1 | 0,2 |
| 33 | Niğde | 4 | 0,9 | - | - | 4 | 0,9 |
| 34 | Ordu | 4 | 0,9 | - | - | 4 | 0,9 |
| 35 | Sakarya | 13 | 2,9 | - | - | 13 | 2,9 |
| 36 | Samsun | 16 | 3,6 | 4 | 0,9 | 20 | 4,5 |
| 37 | Sivas | 7 | 1,6 | 8 | 1,8 | 15 | 3,3 |
| 38 | Şanlıurfa | 4 | 0,9 | - | - | 4 | 0,9 |
| 39 | Tekirdağ | 9 | 2,0 | 1 | 0,2 | 10 | 2,2 |
| 40 | Tokat | 19 | 4,2 | 3 | 0,7 | 22 | 4,9 |
| 41 | Trabzon | 2 | 0,4 | 1 | 0,2 | 3 | 0,7 |
| 42 | Van | 7 | 1,6 | 4 | 0,9 | 11 | 2,4 |
| 43 | Yozgat | 7 | 1,6 | - | - | 7 | 1,6 |
| 44 | Zonguldak | - | - | 1 | 0,2 | 1 | 0,2 |
| - | Toplam | 277 | 62 | 171 | 38 | 449 | 100 |

Türkiye'deki 69 yükseköğretim kurumunda akaroloji temelli lisansüstü tez hazırlanmıştır. Ankara Üniversitesi (%8,2), Erciyes Üniversitesi (%7,3), Atatürk Üniversitesi (%6,9) ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi (%4,5) ilk sıralarda yer almaktadır (Çizelge 3). Türkiye'de vakıf ve özel olmak üzere 205 üniversite vardır ve bu araştırma sonuçlarına göre bu üniversitelerin %33'ünde akaroloji temelli tezler hazırlanmıştır.

Çizelge 3. Lisansüstü tezlerin üniversitelere göre sayısal değişimi

| Sıra | Üniversite | YL | | DR | | Genel Toplam | |
|----------|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|------------|
| | | Sıklık (f) | Yüzde (%) | Sıklık (f) | Yüzde (%) | Sıklık (f) | Yüzde (%) |
| 1 | Adnan Menderes Üniversitesi | 4 | 0,9 | 3 | 0,7 | 7 | 1,6 |
| 3 | Afyon Kocatepe Üniversitesi | 10 | 2,2 | 1 | 0,2 | 11 | 2,4 |
| 4 | Akdeniz Üniversitesi | 5 | 1,1 | 2 | 0,4 | 7 | 1,6 |
| 5 | Ankara Üniversitesi | 15 | 3,3 | 22 | 4,9 | 37 | 8,2 |
| 6 | Atatürk Üniversitesi | 12 | 2,7 | 19 | 4,2 | 31 | 6,9 |
| 7 | Aydın Adnan Menderes Üniversitesi | 3 | 0,7 | - | - | 3 | 0,7 |
| 8 | Bartın Üniversitesi | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 9 | Bezmialem Vakıf Üniversitesi | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 10 | Boğaziçi Üniversitesi | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 11 | Bozok Üniversitesi | 6 | 1,3 | - | - | 6 | 1,3 |
| 12 | Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 13 | Bursa Uludağ Üniversitesi | 2 | 0,4 | 1 | 0,2 | 3 | 0,7 |

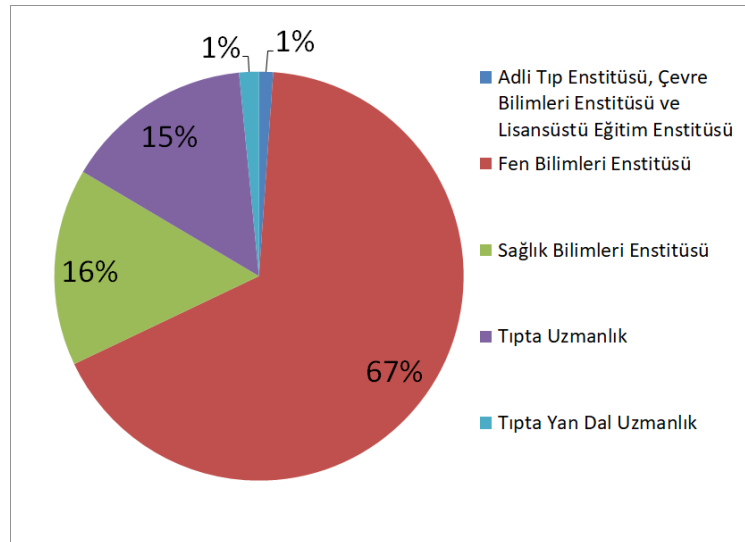
Çizelge 3. Devam ediyor

| Sıra | Üniversite | YL | | DR | | Genel Toplam | |
|-----------|--|------------|------------|------------|------------|--------------|------------|
| | | Sıklık (f) | Yüzde (%) | Sıklık (f) | Yüzde (%) | Sıklık (f) | Yüzde (%) |
| 14 | Bülent Ecevit Üniversitesi | 0 | 0,0 | 1 | 0,2 | 1 | 0,2 |
| 15 | Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi | 9 | 2,0 | 3 | 0,7 | 12 | 2,7 |
| 16 | Celal Bayar Üniversitesi | 5 | 1,1 | 3 | 0,7 | 8 | 1,8 |
| 17 | Çukurova Üniversitesi | 7 | 1,6 | 8 | 1,8 | 15 | 3,3 |
| 18 | Cumhuriyet Üniversitesi | 3 | 0,7 | 7 | 1,6 | 10 | 2,2 |
| 19 | Dicle Üniversitesi | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 20 | Dokuz Eylül Üniversitesi | 1 | 0,2 | 2 | 0,4 | 3 | 0,7 |
| 21 | Dumlupınar Üniversitesi | 2 | 0,4 | - | - | 2 | 0,4 |
| 22 | Düzce Üniversitesi | 0 | 0,0 | 1 | 0,2 | 1 | 0,2 |
| 23 | Ege Üniversitesi | 6 | 1,3 | 10 | 2,2 | 16 | 3,6 |
| 24 | Erciyes Üniversitesi | 28 | 6,2 | 5 | 1,1 | 33 | 7,3 |
| 25 | Erzincan Üniversitesi | 12 | 2,7 | 2 | 0,4 | 14 | 3,1 |
| 26 | Erzincan Binali Yıldırım ÜniversiteSI | 4 | 0,9 | 1 | 0,2 | 5 | 1,1 |
| 27 | Fatih Üniversitesi | 2 | 0,4 | - | - | 2 | 0,4 |
| 28 | Fırat Üniversitesi | 4 | 0,9 | 6 | 1,3 | 10 | 2,2 |
| 29 | GATA | 0 | 0,0 | 3 | 0,7 | 3 | 0,7 |
| 30 | Gazi Üniversitesi | 0 | 0,0 | 5 | 1,1 | 5 | 1,1 |
| 31 | Gaziantep Üniversitesi | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 32 | Gaziosmanpaşa Üniversitesi | 16 | 3,6 | 3 | 0,7 | 19 | 4,2 |
| 33 | Giresun Üniversitesi | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 34 | Hacettepe Üniversitesi | 4 | 0,9 | 1 | 0,2 | 5 | 1,1 |
| 35 | Harran Üniversitesi | 4 | 0,9 | - | - | 4 | 0,9 |
| 36 | Hitit Üniversitesi | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 37 | Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi | 3 | 0,7 | - | - | 3 | 0,7 |
| 38 | İnönü Üniversitesi | 1 | 0,2 | 3 | 0,7 | 4 | 0,9 |
| 39 | İstanbul Üniversitesi | 1 | 0,2 | 8 | 1,8 | 9 | 2,0 |
| 40 | İstanbul Medeniyet Üniversitesi | 0 | 0,0 | 1 | 0,2 | 1 | 0,2 |
| 41 | Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversite | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 42 | Karadeniz Teknik Üniversitesi | 2 | 0,4 | 1 | 0,2 | 3 | 0,7 |
| 43 | Kırıkkale Üniversitesi | 0 | 0,0 | 2 | 0,4 | 2 | 0,4 |
| 44 | Koç Üniversitesi | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 45 | Kocaeli Üniversitesi | 0 | 0,0 | 1 | 0,2 | 1 | 0,2 |
| 46 | Manisa Celal Bayar Üniversitesi | 2 | 0,4 | - | - | 2 | 0,4 |
| 47 | Marmara Üniversitesi | 2 | 0,4 | 8 | 1,8 | 10 | 2,2 |
| 48 | Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi | 0 | 0,0 | 1 | 0,2 | 1 | 0,2 |
| 49 | Mustafa Kemal Üniversitesi | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 50 | Namık Kemal Üniversitesi | 4 | 0,9 | - | - | 4 | 0,9 |
| 51 | Niğde Üniversitesi | 4 | 0,9 | - | - | 4 | 0,9 |
| 52 | Ondokuz Mayıs Üniversitesi | 16 | 3,6 | 4 | 0,9 | 20 | 4,5 |
| 53 | Ordu Üniversitesi | 4 | 0,9 | - | - | 4 | 0,9 |
| 54 | Orta Doğu Teknik Üniversitesi | 0 | 0,0 | 1 | 0,2 | 1 | 0,2 |

Çizelge 3. Devam ediyor

| Sıra | Üniversite | YL | | DR | | Genel Toplam | |
|------|-----------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|--------------|-----------|
| | | Sıklık (f) | Yüzde (%) | Sıklık (f) | Yüzde (%) | Sıklık (f) | Yüzde (%) |
| 55 | Pamukkale Üniversitesi | 11 | 2,4 | 3 | 0,7 | 14 | 3,1 |
| 56 | Sağlık Bakanlığı | 0 | 0,0 | 5 | 1,1 | 5 | 1,1 |
| 57 | Sağlık Bilimleri Üniversitesi | 0 | 0,0 | 3 | 0,7 | 3 | 0,7 |
| 58 | Sakarya Üniversitesi | 13 | 2,9 | - | - | 13 | 2,9 |
| 59 | Selçuk Üniversitesi | 4 | 0,9 | 2 | 0,4 | 6 | 1,3 |
| 60 | Sivas Cumhuriyet Üniversitesi | 3 | 0,7 | 1 | 0,2 | 4 | 0,9 |
| 61 | Süleyman Demirel Üniversitesi | 10 | 2,2 | 4 | 0,9 | 14 | 3,1 |
| 62 | Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi | 5 | 1,1 | 1 | 0,2 | 6 | 1,3 |
| 63 | Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi | 2 | 0,4 | - | - | 2 | 0,4 |
| 64 | Trakya Üniversitesi | 0 | 0,0 | 4 | 0,9 | 4 | 0,9 |
| 65 | Uludağ Üniversitesi | 7 | 1,6 | 4 | 0,9 | 11 | 2,4 |
| 66 | Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 67 | Yeditepe Üniversitesi | 0 | 0,0 | 1 | 0,2 | 1 | 0,2 |
| 68 | Yozgat Bozok Üniversitesi | 1 | 0,2 | - | - | 1 | 0,2 |
| 69 | Yüzüncü Yıl Üniversitesi | 7 | 1,6 | 4 | 0,9 | 11 | 2,4 |
| - | Toplam | 278 | 62 | 171 | 38 | 449 | 100 |

Lisansüstü tezlerin, üniversitelere bağlı altı farklı enstitüde ve tıpta uzmanlık tezi olarak hazırlandığı tespit edilmiştir. Tezlerin %67'si Fen Bilimleri, %16'sı Sağlık Bilimleri, %1'i Adli Tıp Enstitüsü, %1'i Çevre Bilimleri Enstitüsü ve Lisansüstü Eğitim Enstitüsünde yapılmıştır. Ayrıca %15'i tıpta uzmanlık ve %1'i tıpta yan dal tezi olarak hazırlanmıştır (Şekil 4).



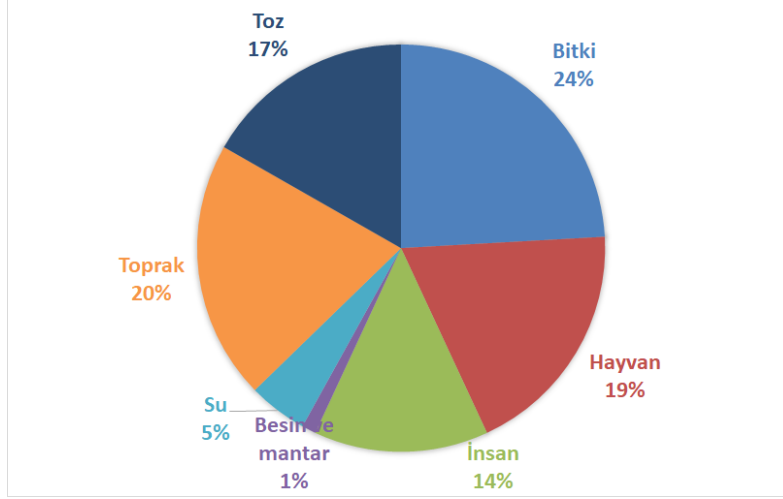
Şekil 4. Enstitülerde tamamlanan tezler ve tıpta uzmanlık tezlerin yüzdeler oranları

Bu çalışmada 36 bilim alanında akaroloji temelli lisansüstü tezlerin tamamlandığı tespit edilmiştir. Tez dağılımında %4'ün üzerinde etkiye sahip olan alanların oranları; %33 (148 tez) biyoloji, %25,8 (116 tez) ziraat, %5,6'sı (25 tez) allerji ve immünoloji, %4,9 (22 tez) veteriner hekimliği, %4,5 (20 tez) parazitoloji ve çocuk sağlığı ve hastalıkları %4 (18 tez)'tür (Çizelge 4).

Çizelge 4. Tezlerin enstitü ve bilim alanlarına göre dağılımı

| Enstitü | Tez Sayısı | Bilim Alanı | Sıklık (f) | Yüzde (%) |
|--|------------|---|------------|-------------|
| Adli Tıp Enstitüsü | 1 | Adli Tıp | 1 | 0,2 |
| Çevre Bilimleri Enstitüsü | 1 | Biyoloji | 1 | 0,2 |
| Fen Bilimleri Enstitüsü | 300 | Allerji ve İmmünoloji | 2 | 0,4 |
| | | Bilim ve Teknoloji | 1 | 0,2 |
| | | Biyokimya | 5 | 1,1 |
| | | Biyoloji | 148 | 33,0 |
| | | Biyoteknoloji, Genetik | 1 | 0,2 |
| | | Botanik | 2 | 0,4 |
| | | Halk Sağlığı | 1 | 0,2 |
| | | Mikrobiyoloji | 1 | 0,2 |
| | | Ormancılık | 1 | 0,2 |
| | | Parazitoloji | 3 | 0,7 |
| | | Tekstil | 1 | 0,2 |
| | | Su ürünleri | 1 | 0,2 |
| | | Ziraat | 116 | 25,8 |
| Zoooloji | 17 | 3,8 | | |
| Lisansüstü Eğitim Enstitüsü | 3 | Ziraat | 3 | 0,7 |
| Sağlık Bilimleri Enstitüsü | 70 | Allerji ve İmmünoloji | 4 | 0,9 |
| | | Biyokimya | 3 | 0,7 |
| | | Biyoloji | 1 | 0,2 |
| | | Biyoteknoloji, Genetik | 1 | 0,2 |
| | | Halk Sağlığı | 4 | 0,9 |
| | | Hemşirelik | 1 | 0,2 |
| | | Klinik Bakteriyoloji | 1 | 0,2 |
| | | Mikrobiyoloji | 13 | 2,9 |
| | | Parazitoloji | 20 | 4,5 |
| | | Veteriner Hekimliği | 22 | 4,9 |
| Tıp Fakültesi - Tıpta Uzmanlık | 69 | Allerji ve İmmünoloji | 25 | 5,6 |
| | | Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları | 18 | 4,0 |
| | | Dermatoloji | 3 | 0,7 |
| | | Göğüs Hastalıkları | 7 | 1,6 |
| | | İlk ve Acil Yardım | 1 | 0,2 |
| | | Klinik Bakteriyoloji ve Enfeksiyon Hastalıkları | 7 | 1,6 |
| | | Kulak Burun ve Boğaz | 4 | 0,9 |
| | | Mikrobiyoloji | 4 | 0,9 |
| Tıp Fakültesi - Tıpta Yan Dal Uzmanlık | 5 | Allerji ve İmmünoloji | 5 | 1,1 |
| - | 449 | Toplam | 449 | 100 |

Akaroloji alanındaki tezler habitat ve konak etkileşimi açısından değerlendirildiğinde %24'ü bitki, %20,6'sı toprak, %19'u hayvan, %27'si toz, %14'ü insan, %5'i su ile %0,4'ü besin ve mantar akarlarından oluşmaktadır (Şekil 5). Tez konuları arasında bitki zararlısı olarak birçok sebze ve bitkide yaygın olarak bulunan iki noktalı kırmızı örümcek akarı (*Tetranychus urticae*), bilhassa seralarda sarı çay akarı (*Polyphagotarsonemus latus*) ile meyve ağaçları zararlısı Avrupa kırmızı örümceği akarı (*Panonychus ulmi*), hayvanlarda kırmızı tavuk akarı (*Dermanyssus gallinae*), insan ve hayvanlarda kıl kökleri ve yağ bezlerinde bulunan *Demodex* akarı (*Demodex folliculorum*, *D. canis*), insanlarda ev tozu akarları olan *Dermatophagoides* cinsine ait türleri ve bal arılarının *Varroa* akarı (*Varroa destructor*) ile insan ve hayvanlardan kan emen kenelerden *Hyalomma* cinsine ait türler ön plana çıkmaktadır.



Şekil 5. Lisansüstü tezlerin habitat ve konak yönünden karşılaştırılması

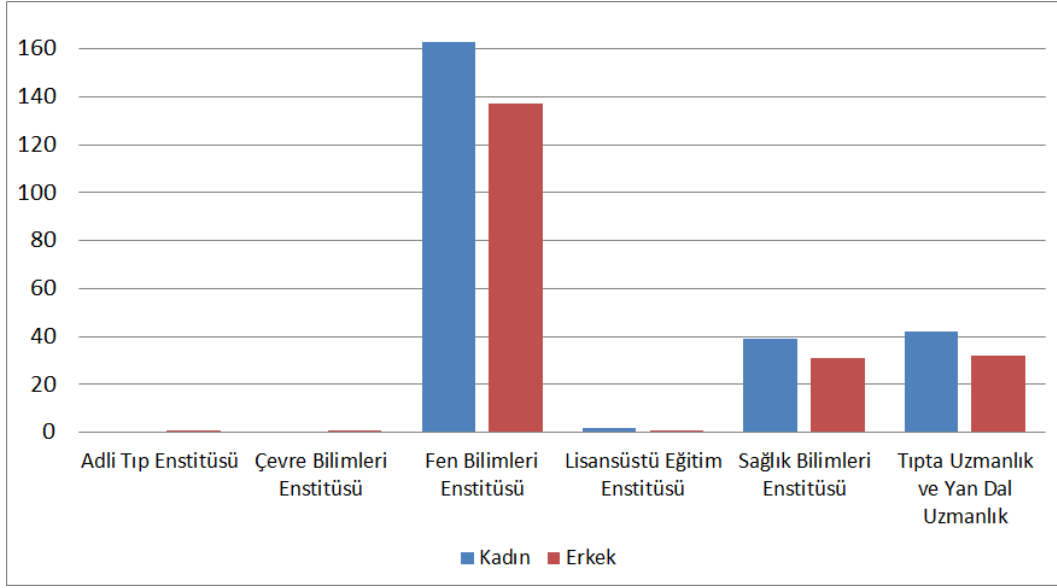
Kenelerin taşıdığı hastalıklar ile ilgili olarak; insanlarda Lyme hastalığı (%2) ve Kırım Kongo Kanamalı Ateşi (KKKA) (%7) hastalığı ile hayvanlarda babesiosis ve theileriosis hastalığı ile; insanlarda astım hastalığına neden olan ev tozu akarlarına (%9) ait tez konuları üzerine daha çok çalışılmıştır.

Akaroloji alanındaki lisansüstü tezlerin sayfa aralığı 10 farklı kategoriye göre Çizelge 5'te verilmiştir. Tezlerin sayfa aralığı sırasıyla; %16,3'ü 20-50, %53'ü 51-100; %18,3'ü 101-150; ve %7,1'i 151-200 sayfa aralığındadır (Çizelge 5). Ortalama sayfa sayısı 107'dir.

Çizelge 5. Akaroloji alanındaki tezlerin toplam sayfa aralıklarına göre sayısal değişimi

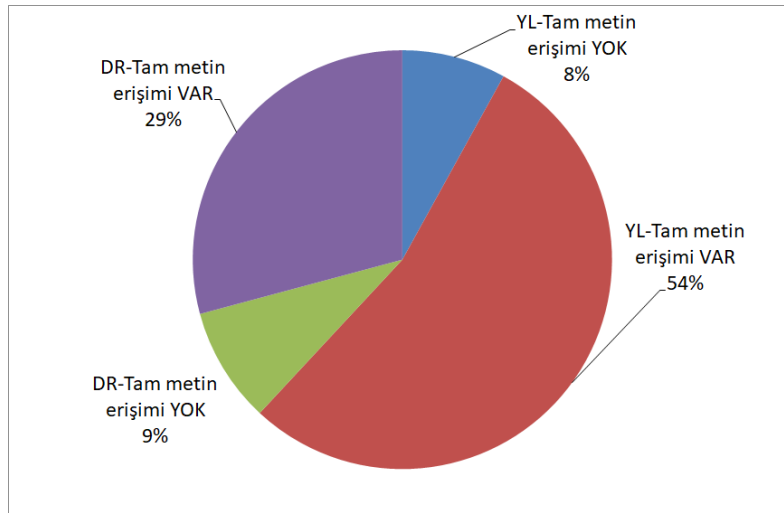
| Lisansüstü Tez Sayfa Aralığı | Yüksek lisans | Doktora | İlgili Sayfa Aralığındaki Sıklık (f) | Yüzde (%) |
|------------------------------|---------------|-----------|--------------------------------------|-------------|
| 20 - 50 | 64 | 9 | 73 | 16,3 |
| 51 - 100 | 161 | 77 | 238 | 53,0 |
| 101 - 150 | 42 | 40 | 82 | 18,3 |
| 151 - 200 | 7 | 25 | 32 | 7,1 |
| 201 - 250 | 2 | 5 | 7 | 1,6 |
| 251 - 300 | 1 | 6 | 7 | 1,6 |
| 301 - 350 | - | 4 | 4 | 0,9 |
| 351 - 400 | 1 | 2 | 3 | 0,7 |
| 401 - 450 | - | 1 | 1 | 0,2 |
| 865-964 | - | 1 | 1 | 0,2 |
| 3747 | - | 1 | 1 | 0,2 |
| Toplam | 278 | 171 | 449 | 100 |

Akaroloji alanındaki lisansüstü tezlerden %43'ünün erkek, %55'inin kadın araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Erkek ve kadında aynı isim kullanılmasına bağlı olarak %2'sinin cinsiyeti tespit edilememiştir. Ayrıca farklı enstitüler ve tıpta uzmanlık alanlarında cinsiyet temelli karşılaştırmalar yapılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Lisansüstü tezlerin araştırmacıların cinsiyetine göre sayısal değişimi

Akaroloji alanında tamamlanmış olan lisansüstü tezlerin %83'ünün (%54 Yüksek Lisans; %29 Doktora) tam metin erişimi olduğu, %17'sinin (%8 Yüksek Lisans; %9 Doktora) ise tam metin erişiminin olmadığı belirlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Lisansüstü tezlerin açık erişim durumu

Akaroloji temelli lisansüstü tezlerin danışman unvanlarına göre dağılımında; 243 (%54)'ünün profesör, 116 (%25)'inin doçent, 57 (%12)'inin doktor öğretim üyesi, geri kalanlardan 27 (%6)'inin iki, 1 (%0.2)'inin üç danışmanlı ve 5 (%1.1)'inin danışmanın belirtilmemiş olduğu Çizelge 6'da görülmektedir. Akaroloji alanında yapılan tezler, enstitüler arasında karşılaştırıldığında, Fen Bilimleri ve Sağlık Bilimleri enstitüleri ile tıpta uzmanlık ve yan dal uzmanlık alanlarında akademik danışmanlıkların genellikle profesör unvanına sahip akademisyenler tarafından yapıldığı tespit edilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Akaroloji alanında tezlerin enstitü ve tez danışmanlarının unvanına göre dağılımı

| Tez Danışmanının Unvanı | Adli Tıp Ens. | Çevre Bilimleri Ens. | Fen Bilimleri Ens. | Lisansüstü Eğitim Ens. | Sağlık Bilimleri Ens. | Tıpta Uzm. | Tıpta Yan Dal Uzm. | Sıklık (f) | Yüzde (%) |
|--|---------------|----------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|------------|--------------------|------------|-----------|
| Dr. Öğr. Üyesi | 1 | - | 46 | - | 5 | 5 | - | 57 | 12,7 |
| Dr. Öğr. Üyesi ve Dr. Öğr. Üyesi | - | - | - | - | 1 | - | - | 1 | 0,2 |
| Dr. Öğr. Üyesi, Dr. Öğr. Üyesi ve Doç. Dr. | - | - | - | - | - | 1 | - | 1 | 0,2 |
| Dr. Öğr. Üyesi ve Doç. Dr. | - | - | 2 | - | 1 | - | - | 3 | 0,7 |
| Doç.Dr. | - | 1 | 78 | 1 | 19 | 17 | - | 116 | 25,8 |
| Doç. Dr. ve Doç. Dr. | - | - | - | - | - | 1 | - | 1 | 0,2 |
| Prof. Dr. | - | - | 156 | 2 | 42 | 38 | 5 | 243 | 54,1 |
| Prof. Dr. ve Prof. Dr. | - | - | 7 | - | - | - | - | 7 | 1,6 |
| Prof. Dr. ve Doç. Dr. | - | - | 7 | - | - | - | - | 7 | 1,6 |
| Prof. Dr. ve Dr. Öğr. Üyesi | - | - | 6 | - | 2 | - | - | 8 | 1,8 |
| Belirtilmemiş | - | - | - | - | - | 5 | - | 5 | 1,1 |
| Toplam | 1 | 1 | 302 | 3 | 70 | 67 | 5 | 449 | 100 |

Lisansüstü tez başlıkları üzerine yapılan bulut analizine göre; akar, il, acari, üzerine, araştırmalar, sistematik, belirlenmesi, kene, su, incelenmesi, araştırılması, türleri, üzerinde, yünden, bulunan, ev, toz, astım, Kırım ve Kongo kelimelerinin ön plana çıkan anahtar sözcükler olduğu görülmektedir (Şekil 8).

Lisansüstü tezlerin özet bölümlerinin %70'inde anahtar kelimeler verilmiş, bunların %43,5'inde beş, %25,8'inde dört anahtar kelime kullanılmıştır. Bununla birlikte tez özetlerindeki minimum: 2 ortalama: 5 ve maksimum: 7 anahtar kelime üzerinden yapılmış bulut analizinde; sırasıyla; acari, akar, kene, Ankara, Erzurum, sistematik, tozu, ev, bitki, su, hemorajik, ateş, oribatida, koruma, fauna, Hydrachnidae, Kırım, ekoloji, Tetranychus ve astım anahtar kelimeler ön plana çıkmış, veteriner hekimlik için önemli Ixodidae, Theileria, Babesia kelimeleri daha geri planda kalmışlardır (Şekil 9). Tez başlıkları ve anahtar kelimeleri sıralamasında ilk 20 kelime arasında benzerlik gösterenler; akar, acari, sistematik, kene, su, ev, toz, astım ve Kırım'dır. Bu da %45'lik bir benzerlik oranına tekabül etmektedir.



Şekil 8. Lisansüstü tez başlıklarına göre kelime bulutu analizi



Şekil 9. Lisansüstü tezlerin anahtar kelimelerine göre, kelime bulutu analizi

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

“Bilim ve ilimde hedef günceli yakalamak değil, gündemi oluşturmak olmalıdır!” [16]. Bilim, ancak gündem oluşturacak bilgilerle gelişir. Bu da araştırma konusu olan bilim alanındaki gelişmelerin; ortaya konan bilgilerin takip edilebilmesi ve çok yönlü analizi ile mümkündür [17]. Bilim insanları, bibliyometrik analizleri kullanarak hangi konularda daha fazla araştırma yapıldığını, hangi yazarların en çok yayın yaptığını ve hangi yayınların daha fazla atıf aldığını belirleyebilirler. Bu analizler, gelecekteki araştırmaların yönünü belirleyerek, araştırmacıların kaynaklarını daha verimli bir şekilde kullanmalarına yardımcı olur [13]. Belirli bir konuda belirli bir periyotta ve belirli bir bölgede üretilmiş olan yayınlar ile ilgili analiz yapmak için bibliyometri devreye girer. Bilim alanlarında; bilimsellik seviyesinin ve üretilen bilgi kalitesinin belirlenmesinde lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizleri ilk sıralarda yer alır. Bu suretle o bilim alanı ile ilgili mevcut durum ortaya konduğu gibi, ileride ulaşılmaması gereken hedefler de belirlenebilir.

Bu araştırmada toplam 205 kamu ve vakıf üniversitesinin 69’unda (%33) akaroloji temelli lisansüstü tez hazırlanlandığı tespit edilmiştir. En fazla lisansüstü tez üretilen üniversitelere bakıldığında; 15 yüksek lisans ve 22 doktora tezi ile Ankara Üniversitesinin ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Ancak 1946 dan beri akarlarla ilgili konularda eğitim-öğretim yapan, ziraat, veteriner ve tıp fakültelerine lisansüstü eğitimden sorumlu enstitülerini bünyesinde barındıran, alanla ilgili yüzlerce öğretim üyesinin çalıştığı bir üniversitede üretilmiş olan 37 lisansüstü tez ne derecede yeterlidir, ülkeye ve bilime ne derecede katma değer sağlar, tartışılır! Sorgulama noktasında diğer üniversitelerin de farklı olduğu söylenemez. Bu durum, ülkeye ve bilime katkı sağlayacak nitelikte lisansüstü tezlerin sayısını artırmak için stratejiler geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle akaroloji alanında lisansüstü eğitime daha fazla kaynak aktarılması, araştırmacı yetiştirmeye yönelik teşvikler ve lisansüstü öğrencilere daha fazla araştırma fırsatı sağlanması gibi yeni stratejiler geliştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede, akaroloji alanında nitelikli araştırmacılar yetiştirilerek ülkeye ve bilime katkı sağlayacak yeni buluşlar yapılması amaçlanabilir.

Tezlerin %67’si fen bilimleri enstitülerinde tamamlanmıştır. Bu enstitülerdeki ana bilim dalları arasında; biyoloji 148 teze ilk, 116 tez ile ziraat ikinci ve 17 tez ile zoolojinin üçüncü sırada yer alması, 70 (%16) tezin tamamlandığı sağlık bilimleri enstitülerinde ise veteriner hekimliği bilim dallarının 22 teze ilk sırada olması, 69 (%15) tezin bitirildiği tıp fakülteleri uzmanlık alanlarında; allerji ve İmmünoloji’nin 25 tez ile ilk sırada olması, çocuk sağlığı ve hastalıkları 18 tez ile ikinci sırada olması, her enstitünün akarlarla ilgili lokomotif bilim alanlarının olduğunu göstermiştir.

Akaroloji alanındaki tezler habitat ve konak etkileşimi yönünden incelendiğinde; bitkiler %24 ile ilk sırada yer alırken, bunu toprak (%21), hayvan (%19), toz (%17) ve insan (%14) takip etmektedir.

Türkiye’de lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi özellikle son bir kaç yılda artış göstermiştir. Bununla ilgili olarak; eğitim yönetimi ve denetimi [18], ornitoloji [19], memeli hayvanlar [20], Fen Bilgisi öğretmenliği [21], Biyoloji eğitimi [22] ve eğitimde disiplinlerarası yaklaşım [23] konulu tezlerin bibliyometrik analizleri yapılmıştır. Lisansüstü tezler üzerine yapılan değerlendirmeler bir araştırma alanındaki eksikleri belirlemek için yol gösterici olabilmektedir [24, 25, 26]. Bu çalışma ile ilk defa Türkiye’de akarlarla ilgili üretilen lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi yapılmıştır. Akarlar genellikle doğada geniş yayılım gösteren, farklı habitat tercihleri olan, hemen hemen bütün ekosistemlerde bulunan ve çeşitlilikleri ile dikkat çeken eklembecaklılardır. Bununla birlikte bazı akarlar ve bilhassa keneler, insan ve hayvan hastalıklarına direkt sebep olmaları veya hastalık etkenlerinin taşıyıcısı olarak halk sağlığı açısından da önem kazanırlar. Bazı akarlar da bitki zararlıları olarak, tarım ürünlerinde ekonomik kayıplara neden olduklarından tarım ve hayvancılık sektöründe öneme haizdirler. Bu manada hem hastalık etkeni olarak hem de bitki zararlısı olarak; akarların her bir türü başlı başına bir araştırma konusudur. Dolayısıyla akaroloji alanındaki lisansüstü tez konularının ele alındığı bu araştırma, akaroloji temelli disiplinlerarası pek çok farklı çalışma için kaynak olacaktır.

YÖKTEZ veri tabanında 1977-2021 yılları arasında akaroloji alanında yüklenen 449 lisansüstü tezin %83'üne tam metin erişilebilmekte iken geri kalan %17'si sadece özetlerle sınırlıdır. Bu durum bibliyometrik değerlendirme ve veri analizi açısından sınırlayıcı bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde 1977-2000 yılları arasında tamamlanmış olan akaroloji tezi sayısı 59 iken, 2001-2021 arasında bu sayı 381'e yükselmiştir. Bu yaklaşık altı katlık artışta, YÖK'ün kurulması ile birlikte artan üniversite sayılarının önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Devlet üniversitelerinin sayısı 1981'de 18 iken, 2003'te 53'e, 2015'te 109'a ve 2021'de 129'a yükselmiştir. Aynı şekilde, adı dahi bilinmeyen bazı üniversitelerin de dahil olduğu vakıf üniversitelerinin sayısı 1984'e kadar sınırlı iken, 2003'te 25'e, 2015'te 84'e ve 2021'de 77'ye yükselmiştir [27]. Bu sayısal artışlar, tamamlanan tez sayıları ile paralellik göstermektedir. Bugün 100 binler civarında olan öğretim üyesi sayısındaki artış da bu durumu desteklemektedir.

Tezlerin dağılımının gerek bölgesel gerekse il bazında, üniversite ve ilgili bilim alanı sayılarına göre değiştiği görülmüştür. Bölgesel olarak en az Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde (%1), en fazla İç Anadolu Bölgesi'nde (%27), tez tamamlanmıştır. İl bazında en fazla lisansüstü tez; sırasıyla Ankara (%12), Kayseri (%7,3), Erzurum (%6,9), İstanbul (%6,7) ve Samsun (%4,5) illerinde tamamlanmıştır. Bu çalışmada 81 ilden 44'ünde lisansüstü tez tamamlanmıştır. Aynı şekilde ornitoloji ve memeli hayvanlar alanında yapılan bibliyometrik analizlerde [19, 20], benzer bölgesel dağılım olduğu; lisansüstü tezlerin en çok İç Anadolu Bölgesi'nde, en az ise Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yapılmış olduğu bildirilmiştir.

Bu çalışmada tez tamamlayan öğrencilerin cinsiyetleri araştırmacıların isimlerinden tahmin edilerek belirlenmiş olup, yaklaşık %55'ini kadınlar oluşturmaktadır.

ProQuest veri tabanına göre, dünya genelinde biyoloji alanında tamamlanmış doktora tezlerinin ortalama uzunluğunun tarihsel olarak geçmişten günümüze zamanla arttığı tespit edilmiştir. 1950 yılında ortalama tez uzunluğu 100 sayfa iken, 2015 yılında bu rakam 200 sayfaya yükselmiştir. Bunun nedeni, öğrencilerin daha karmaşık araştırmalar yapması ve daha fazla literatür kullanmasıdır [28]. Akaroloji temelli lisansüstü tezlerin sayfa aralıklarının 20-3.747 arasında olması, 20-50 sayfa arasında 64 yüksek lisans ve 9 doktora tezi, yine 51-100 sayfa aralığında 161 yüksek lisans ve 77 doktora tezi olması bilimsel içerik bakımından düşündürücüdür. Türkiye'de her bir tezde kurallar gereği biçimsel olarak yer alması zorunlu olan içindikiler, kısaltmalar ve özgeçmiş gibi bölümlerin uzunluğu en az 20 sayfadır ve bu zorunlu olarak eklenmiş olan biçimsel sayfalar YÖKTEZ merkezi tarafından arşivlenen tezlerin toplam sayfa sayısı kısmında değerlendirmeye alınmaktadır. Bu nedenle YÖKTEZ veri tabanında 20 sayfadan oluşan bir tıpta uzmanlık tezi bulunması şarttır. Tezin tam metin erişimi olmadığı için detaylı inceleme yapılamamıştır. Bazı durumlarda tez konusu ve kapsamına bağlı olarak bir lisansüstü tezin uzunluğu tezin içeriği ve kalitesini doğrudan yansıtmayabilir. YÖKTEZ veri tabanında tam erişim metni olmayan ancak tez künyesinde belirtilmiş olan 3.747 sayfalık tez özeti bilgisinin doğruluğu da tartışmalıdır.

Akaroloji alanında tamamlanmış olan tezlerin %53'ü, memeli hayvanlar alanındaki tezlerin %50'si [20], fen bilgisi öğretmenliği alanındaki tezlerin %35'i [21] ile eğitim yönetimi ve denetimi alanındaki tezlerin %4'ü [18] 51-100 sayfa aralığında yazılmıştır. Tez sayfa sayısı; araştırma konusu, genel araştırma eğilimleri ve teknolojik gelişmeler gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu durum bilim alanları arasında farklılık gösterebilmektedir.

Türkiye'de doktora tezlerinin akademik danışmanlığı, genellikle profesör unvanına sahip öğretim üyeleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Bunun nedeni, bazı üniversitelerin enstitülerinde, doçent ve doktor öğretim üyelerinin bir yüksek lisans öğrencisi mezun etmeden bir doktora öğrencisinin akademik danışmanı olamamaları gibi ön şartlar ve kısıtlamalar bulunmasıdır [29, 30]. Akaroloji alanına ilişkin tamamlanmış olan lisansüstü tezlerin akademik danışmanlığını yürüten öğretim üyelerinin yarısından fazlasının (%54) profesör olmasının, özellikle köklü üniversitelerde akademik yapılanma piramidinin ters olmasından kaynaklandığını ifade edebiliriz. Buna karşılık yeni açılan üniversitelerde bu durumun tersi olarak doçent (%25) ve doktor öğretim üyesi (%12) danışman sayıları fazladır. Bununla birlikte 5 (%1) tezin danışmanının YÖKTEZ veri tabanında belirtilmemiş olması ilginçtir Tez danışmanı belirtilmemiş olan tezlerin tam metinlerine erişilememiştir.

Bu araştırmada ön plana çıkmış olan iki noktalı kırmızı örümcek akarı (*Tetranychus urticae*), sarı çay akarı (*Polyphagotarsonemus latus*), Avrupa kırmızı örümceği akarı (*Panonychus ulmi*), hayvanlarda kırmızı tavuk akarı (*Dermanyssus gallinae*) ve bal arılarının *Varroa* akarı (*Varroa destructor*) türleri Uluslararası Tarım ve Biyolojik Bilimler Merkezi (CABI) tarafından istilacı tür olarak listelenmektedir [31]. Bal arısı zararlısı olan *Varroa* akarı aynı zamanda küresel istilacı yabancı türler veri tabanında da listelenmektedir.

Bu akar bir ektoparazit olarak dünya genelinde bal arılarının ömür uzunluğunu kısaltmaktadır. İstila sürecinin yönetilememesi durumunda bal arısı kolonilerinin kaybedilmesine neden olmaktadır [32]. *Varroa* akarı, Türkiye'ye 1978 yılında Bulgaristan sınırından girmiş ve birkaç yıl içinde ülkeye yayılmış olup ekolojik ve ekonomik etkileri görülmektedir [33, 34]. Ancak, Türkiye'deki istilacı türler hakkındaki araştırmalar henüz başlangıç aşamasındadır ve daha kapsamlı, disiplinler arası çalışmaların yapılması yönetsel önerilerin geliştirilmesi için gereklidir.

YÖKTEZ veri tabanı kurallarına göre her tezin anahtar kelimelerin belirtilmesi gerekmektedir. Ancak yapılan araştırmada, tespit edilen tezlerin sadece %70'inin anahtar kelimelerine erişim sağlanabilmiş olması, enstitüde tezi kontrol etmek ile görevli akademisyenler, tez ikomitesi ve özellikle danışmanların tezleri yeterince dikkatli okumadığını düşündürmektedir. Anahtar kelime bulunan tezlerin %78'inde, 3-5 anahtar kelime seçilmiştir. Bu, bilimsel normlara uygun bir orandır. Ancak içerikler konuya özgü olarak çok çeşitlilik göstermektedir. Bilimsel araştırmalarda, başlık ile anahtar kelimelerin birbirinden farklı olması tercih edilmektedir. Kelime bulutu analizi, tez özetlerinde anahtar kelime seçimi ile tez adlarındaki en yaygın dokuz kelime arasında benzerlik olduğunu göstermiştir.

Bibliyometrik çalışmalar ilgili bilim alanındaki gelişmeleri belirlemeye ve araştırmacıların çalışmalarını en etkili şekilde paylaşmalarına yardımcı olabilir. Ayrıca araştırma yapılan alanda bilimsel iletişimin nasıl gerçekleştirildiği hakkında fikir verebilir ve bu alanda yeni stratejilerin belirlenmesine yardımcı olabilir. Sonuç olarak bu araştırma ile YÖKTEZ veri tabanında kayıtlı olan 278 yüksek lisans, 171 doktora tezine ait bilgilerin ışığında, yapılan bibliyometrik analizde; Türkiye'de akaroloji alanında hazırlanan tezlerin etkinliği konusunda bilgi sahibi olunmaya çalışılmıştır. Ancak, geniş araştırma olanaklarına sahip üniversite sayıları ve bu alanda çalışan donanımlı öğretim üye sayıları dikkate alındığında; ülkedeki akarlarla ilgili gerek doğal ekosistemlerde önemli yeri olan yararlı türlerin, gerekse zararlı türlerin ülke çapındaki durumunun tam anlamıyla ortaya konduğu söylenemez. Araştırmamızın konusu sürdürülebilir kalkınma hedeflerinden; nitelikli eğitim, toplumsal cinsiyet eşitliği, iklim eylemi, sudaki yaşam, karasal yaşam ve amaçlar için ortaklıklar kapsamına girmektedir. Bu hedefler ile ilgili olarak Türkiye'nin daha iyi bir duruma gelmesi için yeni politika, strateji ve programlara ihtiyaç vardır. Bu araştırmanın lisansüstü tezlerin zaman içerisindeki değişim ve gelişiminin izlenmesine ve daha detaylı araştırmalar yapılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Gelecek yıllarda akaroloji alanında yapılacak bibliyometrik çalışmalara atıf analizleri de dahil edilebilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI/ÇAKIŞMASI BİLDİRİMİ

Yazarlar arasında çıkar çatışması/çakışması bulunmamaktadır.

YAZAR(LAR)'IN KATKISI

Mina Karaer: Makalenin yazımı- İnceleme ve Düzenleme. **Kurtay Arda Arslan:** Araştırma, Materyal temini, Makalenin yazımı. **Esra Per:** Kavramlaştırma, Metodoloji, Makalenin yazımı- İnceleme ve Düzenleme, İçerik analizi. **Zafer Karaer:** Metodoloji, Makalenin yazımı- İnceleme ve Düzenleme, İçerik analizi.

KAYNAKLAR

- [1] Walter, D.E. ve Proctor, H.C. (2013). Life Cycles, Development and Size. In Walter DE, Proctor HC, (Ed.) *Mites: Ecology, Evolution ve Behaviour*, 69-104.
- [2] Dhooria, M.S. (2016). Acarology and Its Importance. In Dhooria, M. S. (Eds.). *Fundamentals of Applied Acarology* 1-7.
- [3] Hoy, M.A. (2011). *Agricultural acarology: introduction to integrated mite management* (Vol. 7). CRC press.
- [4] Erman, O., Ozkan, M., Ayyildiz, N., and Doğan, S. (2007). Checklist of the mites (Arachnida: Acari) of Turkey. Second supplement. *Zootaxa*, 1532 (1), 1-21.
- [5] Per, E. ve Aktaş, M. (2019). Tüy akarı araştırmalarında farklı örnek toplama metodlarının bazı ötücü kuş türlerine uygulanması ve izlenmesi. *Commagene Journal of Biology*, 3 (2), 68-74.
- [6] Karaer, Z. ve Dumanlı, N. (2015). *Arthropodoloji*, Medisan Yayınevi, Ankara, 272 s.
- [7] Perotti, M.A., Gof, M.L., Baker, A.S., Turner, B.D., and Braig, H.R. (2009). Forensic acarology: an introduction. *Experimental and Applied Acarology*, 49 (1), 3-13.
- [8] Akyazı, R. (2011). Akaroloji’de yeni bir dal; Adli akaroloji. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 1 (4), 257-270.
- [9] Zhao, Y.E., Xu, J.R., Hu, L., Wu, L.P., and Wang, Z.H. (2012). Complete sequence analysis of 18S rDNA based on genomic DNA extraction from individual *Demodex* mites (Acari: Demodicidae). *Experimental Parasitology*, 131 (1), 45-51.
- [10] Konyalı, C. ve Savaş, T. (2016). Kanatlı kırmızı akarı (*Dermanyssus gallinae*), biyolojisi ve etkileri. *Hayvansal Üretim*, 57 (1), 63-72.
- [11] Mccrea, B. (2005). *Common lice and mites of poultry: identification and treatment*. UCANR Publications.
- [12] Raelle, D.A., Galante, D., Pugliese, N., La Salandra, G., Lomuto, M., and Cafiero, M.A. (2018). First report of *Coxiella burnetii* and *Borrelia burgdorferi* sensu lato in poultry red mites, *Dermanyssus gallinae* (Mesostigmata, Acari), related to urban outbreaks of dermatitis in Italy. *New Microbes and New Infections*, 23, 103-109.
- [13] İnternet: CABI. (2023). Doğan, G. Bibliyometri Eğitimi Notları, Erişim adresi http://www.bby.hacettepe.edu.tr/akademik/guledadogan/ybom_bibliyometri-egitimi_gd-23-3-2019.pdf/, Erişim tarihi; 17.04.2023.
- [14] Kiral, B. (2020). Nitel bir veri analizi yöntemi olarak doküman analizi. *Süirt Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8 (15), 170-189.
- [15] Wordart. (2021). Kelime Bulutu Analizi, Erişim adresi <https://wordart.com/>, Erişim tarihi; 15.12.2022.
- [16] Karaer, Z. (2015). *Penceremden Üniversite Gerçekleri ve Ülkem (Üniversitelerimiz ve Ülkemizde Toplumsal Bilinç ve Toplumsal Sorumluluk Üzerine)*, Güncellenmiş 2. Baskı, Medisan Yayınevi, Ankara. Ankara Üniversitesi Kütüphanesi açık erişim, Erişim adresi <https://dspace.ankara.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12575/87>, Erişim tarihi; 10.02.2022.
- [17] Uysal, H.Ş. ve Emrah, A. (2021). Beden eğitimi ve öğretim temalı doktora tezlerine ilişkin bibliyometrik analiz. *Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 6 (1), 246-256.
- [18] Alp, Ö. ve Şen, S. (2021). Eğitim yönetimi ve denetimi alanında yazılan lisansüstü nicel tezlerin incelenmesi: Bir sistematik derleme. *Journal of Turkish Educational Sciences*, 19 (1), 24-53.
- [19] Per, E. ve Uzuner, H. (2020). Türkiye’de ornitoloji alanındaki lisansüstü tezler üzerine ilk değerlendirme. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, 10 (2), 242-252.
- [20] Yağmuroğlu, D. ve Per, E. (2022). Türkiye’de memeli hayvanlar ile ilgili lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizleri. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, 12 (1), 133-147.
- [21] Köseoğlu, S. ve Doğan, E.E. (2018). Türkiye’de 2010-2017 yılları arasında fen bilgisi öğretmenliği bilim dalında yapılmış olan lisansüstü tezlerin analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19 (75), 1122-1147.
- [22] Özay Köse, E. ve Konu, M. (2019). Türkiye’de biyoloji eğitimi üzerine yapılan lisansüstü tezlerinin incelenmesi. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2019 (12), 77-90.
- [23] Turna, Ö. ve Bolat, M. (2015). Eğitimde disiplinlerarası yaklaşımın kullanıldığı tezlerin analizi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34 (1), 35-55.
- [24] Köksalanlar, A.A. ve Soykök, B. (2021). İznik ile ilgili lisansüstü tezlerin bibliyometrik profili, *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 17 (38), 1-1.
- [25] Umut, A.L. ve Coştur, R. (2007). Türk Psikoloji Dergisi’nin bibliyometrik profili. *Türk Kütüphaneciliği*, 21 (2), 142-163.
- [26] Umut Zan, B. (2012). *Türkiye’de Bilim Dallarında Karşılaştırmalı Bibliyometrik Analiz Çalışması* (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Bilgi ve Belge Yönetimi Anabilim Dalı, Ankara.
- [27] YÖK. 2021: *Yüksek Öğretim Kurulu (YÖK) Vakıf Yükseköğretim Kurumları 2021 Raporu*, Ankara.
- [28] Gould, J. 2016. What’s the point of the PhD thesis?, *Nature*, 535 (7610), 26-28.
- [29] Boztoprak, T., Demir, O., ve Çoruhlu, Y. E. 2016. Türkiye’de Harita/Geomatik Mühendisliğinde Yapılan Doktora Tezlerinin İçerik Analizi. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, (2), 252-260.

- [30] Arıkan Saltık, İ. 2020. Turist Rehberliği Konulu Ulusal Lisansüstü Tezlerin Bibliyometrik Profili (1989-2018). *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11 (1).
- [31] İnternet: CABI. (2022). Centre for Agriculture and Bioscience International (CABI) Invasive Species Compendium (ISC), Available from: <https://www.cabi.org/isc/datasheet>, Erişim tarihi; 02.02.2022.
- [32] İnternet: GISD. (2022). Global Invasive Species Database (2022). Species profile Varroa destructor. Available from: <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=478>, Erişim tarihi; 02.02.2022.
- [33] Aydın, L. (2005). *Varroa destructor*'un kontrolünde yeni stratejiler. *Uludağ Arıcılık Dergisi* 5 (2), 59-62.
- [34] Zeybek, H. (1991). *Arı Hastalıkları ve Zararlıları*. T.K.B Hayvan Hastalıkları Araştırma Müdürlüğü 96 s. Etlik. Ankara.

Yeşil Sentez Yoluyla Selenyum Nanopartikül (SeNP) Sentezi

Berat Çınar Acar*¹, Zehranur Yüksekdağ¹, Tuğba Şahin¹, Elif Açar¹, Filiz Kara²

¹Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 06500, Ankara, Türkiye

²Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06790, Ankara, Türkiye

Öne Çıkanlar

- Selenyum nanopartiküllerinin (SeNP) yeşil sentezi
- SeNP sentezinde kullanılan biyolojik kaynaklar
- SeNP'lerin biyolojik aktiviteleri.

Makale Bilgileri

Geliş: 07/04/2023

Kabul: 04/05/2023

Anahtar Kelimeler

Nanoteknoloji,
Yeşil Sentez,
Selenyum Nanopartikül,
Biyolojik Aktivite

Öz

Nanopartiküller küçük boyutları, yüksek biyolojik aktiviteleri, biyoyararlanımları, düşük toksisite ve yaygın kullanımları nedeniyle büyük ilgi alanı hâline gelmiştir. Son yıllarda sentez aşamasında toksik kimyasalların kullanılması, maliyetin yüksek olması ve sentezlenen partiküllerin kararsız olması nedeniyle fiziksel ve kimyasal yöntemlere alternatif olarak yeşil sentez adı verilen bir yöntem ortaya çıkmıştır. Yeşil sentezde bitki özleri, mantar, maya, bakteri kültürü filtratı gibi biyolojik kaynaklar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu biyolojik kaynakların kullanılmasıyla birçok metal (gümüş, altın, çinko, selenyum vb.) sentezlenmiş ve hızla sentezlenmeye devam etmektedir. Selenyum insan vücudu için gerekli bir eser elementtir. Biyolojik kaynaklar kullanılarak sentezlenen selenyum nanoparçacıklarının (SeNP) inorganik ve organik Se'ye kıyasla benzersiz fiziksel, kimyasal özelliklere ve biyolojik aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir.

Selenium Nanoparticle (SeNP) Synthesis Through Green Synthesis

Highlights

- Green synthesis of selenium nanoparticles (SeNP)
- Biological resources used in the synthesis of SeNP
- Biological activities of SeNP

Article Info

Received: 07/04/2023

Accepted: 04/05/2023

Keywords

Nanotechnology,
Green Synthesis,
Selenium Nanoparticle,
Biological Activity

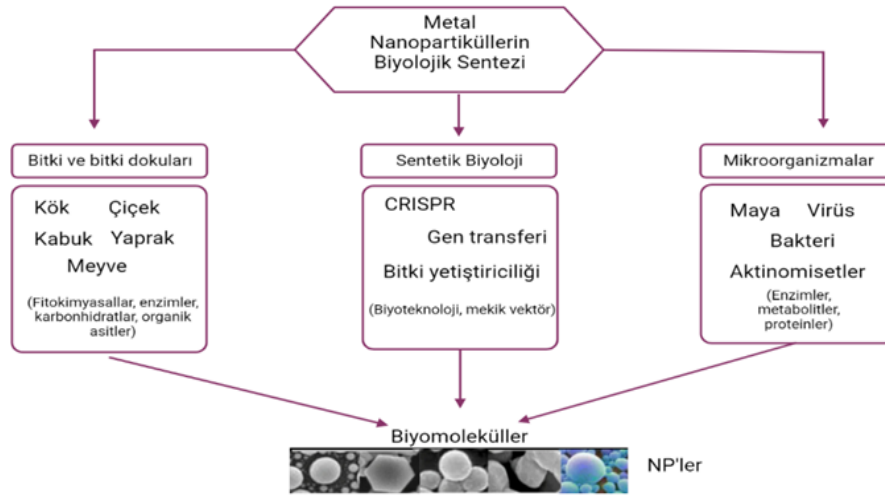
Abstract

Nanoparticles have become an area of great interest due to their small size, high biological activity, bioavailability, low toxicity, and widespread use. In recent years, a method called green synthesis has emerged as an alternative to physical and chemical methods due to the use of toxic chemicals in the synthesis stage, the high cost and the instability of the synthesized particles. Biological sources such as plant extracts, fungal, yeast, bacterial culture filtrate is widely used in green synthesis. Many metals (silver, gold, zinc, selenium etc.) have been synthesized using these biological resources and continue to be synthesized rapidly. Selenium is an essential trace element for the human body. It has been determined that selenium nanoparticles (SeNP) synthesized using biological sources have unique physical, chemical properties, and biological activity compared to inorganic and organic Se.



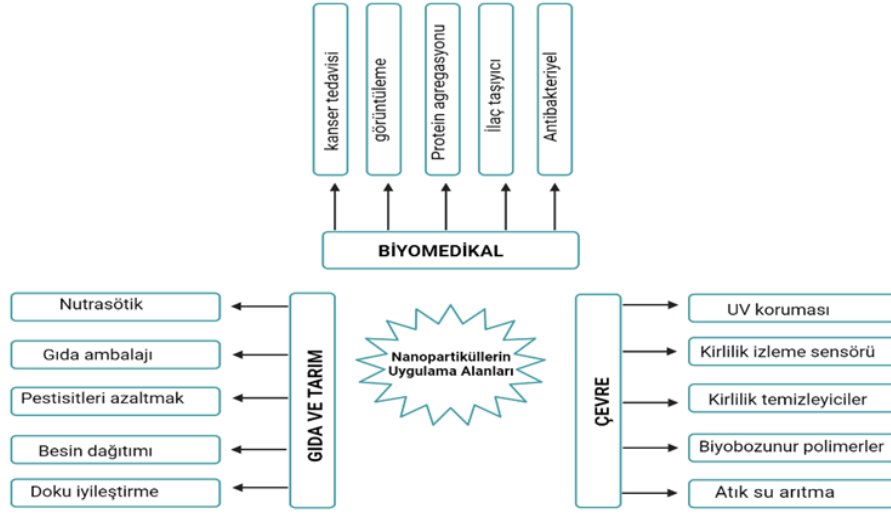
1. GİRİŞ

Nanoteknoloji, son birkaç on yılda bilim ve teknoloji alanında ortaya çıkmış ve malzeme bilimi, biyomedikal, çevre, tarım gibi alanları önemli ölçüde etkileyerek hızlı bir büyüme göstermiştir [1]. Malzeme bilimlerinin en dinamik araştırma alanlarından bir olan nanoteknoloji, nanomalzemelerin benzersiz özelliklerinden dolayı çeşitli bilimsel ve tıbbi alanlarda uygulanabilmektedir. Nanoteknoloji destekli teknikler, nano boyutlu ortamlar üretmek için oldukça yeni yöntemlerdir ve uygulamaları benzersiz stratejilerin kullanılmasını içermektedir. Nanomalzemeler, biyokimya, tıp, enerji ve elektrik alanları gibi çeşitli bilimsel ve mühendislik araştırma alanları için önemli bileşenler olarak kullanılmaktadır [2-4]. Parkinson ve Alzheimer hastalığı (REF) gibi nörodejeneratif hastalıkların tedavisinde de umut verici bir yaklaşımla kullanılmaktadır. Nanopartiküller (NP'ler) boyutları 1 ila 100 nm arasında değişen nano boyutlu parçacıklar olarak tanımlanır ve sentezi tüm dünyada önemli ölçüde artmaktadır [5, 6]. Nanopartikül sentezi için fiziksel (buharlaştırma-yoğunlaştırma, lazer ablasyon, mikrodalga ışınımı, ultraviyole ışınımı, ultrasonik alan vb.) ve kimyasal (redoks sistemi, mikroemülsiyon yöntemi, elektrokimyasal sentez yöntemi vb.) yöntemler kullanılmaktadır. Ancak, bu yöntemlerle sentezlenen nanopartiküllerin sentez aşamasında, toksik etki gösteren kimyasalların kullanılması, partikül kararlılıklarının iyi olmaması ve kullanılan teknolojilerin yüksek maliyetli olması nedeniyle, son yıllarda yeşil sentez olarak adlandırılan alternatif yöntemlerle nanopartikül sentezi gerçekleştirilmektedir [7]. Nanopartiküllerin biyosentezinde kullanılan mikrobiyal kaynaklı yeşil sentez, çevre üzerindeki kontrol kolaylığı, büyük ölçekli sentez yapılabilmesi nedeniyle önemli avantajlar sağlamaktadır [8]. Ayrıca, mikroorganizma bileşenleri stabilize edici ajanlar olarak hareket ettiği için, NP'ler başka stabilize edici ajanlara da gereksinim duymamaktadır [9]. Şekil 1'de metal nanopartiküllerin biyolojik sentezine yer verilmektedir.



Şekil 1. Metal nanopartiküllerin biyolojik sentezi [10]

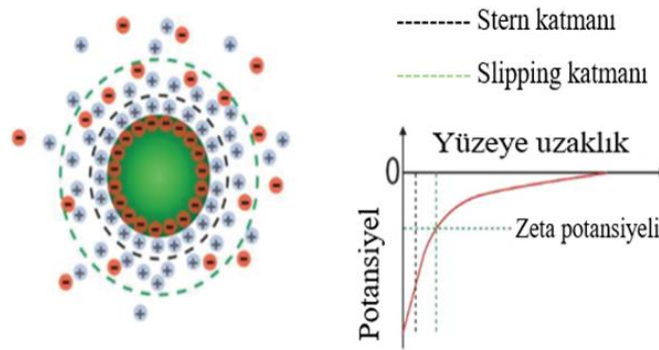
Nanopartiküller genellikle küresel şekilli olarak kabul edilmelerine rağmen, çeşitli geometrik ve düzensiz şekillerde de görülebilmektedir. Nanoparçacık boyutu ve morfolojisi, elektron mikroskobu veya taramalı prob mikroskobu gibi yüksek çözünürlüklü mikroskopi teknikleri kullanılarak nanometre altı çözünürlükte tek parçacık düzeyinde ölçülebilmektedir ve incelenmekte olan nanoparçacıkların şekli hakkında son derece ayrıntılı bilgi sağlamaktadır [11]. Nanopartiküller, son derece küçük boyutlarından (1-100 nm) dolayı, benzersiz elektronik ve optik özellikler sergilemektedirler. Küçük boyutları, belirli bir hacimde daha fazla yüzey işlevselliği sağlamaktadır. Nanopartiküller, yığın malzemelere göre çok daha yüksek bir yüzey-kütle oranına sahiptir. Bu nedenle yüzey atomları ve yüzey enerjisi, malzeme özelliklerine önemli şekilde katkı sağlamaktadır. Artan yüzey-hacim oranları sayesinde de farklı uygulamalar için işlevselleştirilebilen geniş bir dış yüzey alanına sahiptir [12, 13]. Bu benzersiz özelliklerinden dolayı da, biyomedikal, tıp, çevre, tarım ve endüstriyel alanlar dâhil olmak üzere çeşitli alanlarda önemli roller oynamaktadırlar (Şekil 2).



Şekil 2. Nanopartiküllerin farklı alanlardaki uygulamaları [14]

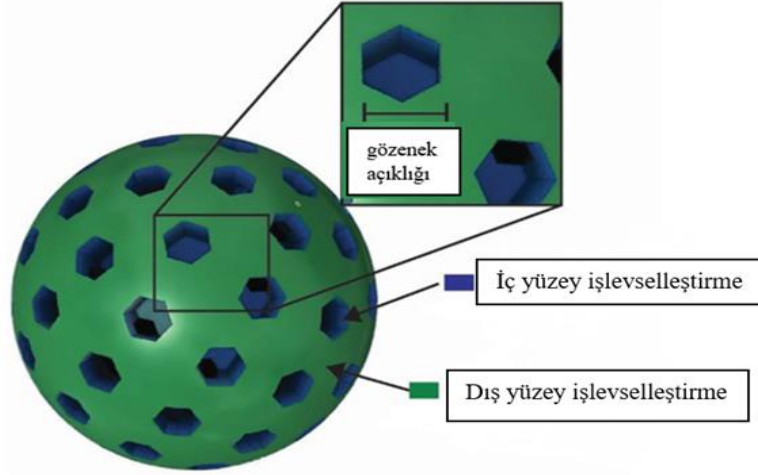
Nanopartikül sentezinin amacı, nanopartiküllerin tek dağılımlı bir popülasyonunu elde etmek olsa da gerçek dünyadaki bir numune her zaman belirli bir varyasyon derecesi göstermektedir. Bu nedenle, nanopartikül boyut dağılımı, sentez prosedürünün kontrolünün ve kalitesinin gerçek bir ölçüsüdür. Tahmin edilen boyut değeri ise yalnızca bu dağılımdan türetilen ortalama bir niceliği ifade etmektedir [15].

Nanoparçacık yüzeyindeki yükler, çözeltideki serbest iyonlar tarafından taranarak iki iyon katmanına yol açmaktadır: Stern katmanı olarak adlandırılan birinci katman nanoparçacık yüzeyinde adsorbe edilmiş iyonlardan oluşmaktadır, durağan ancak yayılan iyonlardan oluşan ikinci katman ise parçacıkla birlikte hareket etmektedir. Yüzey yükü ve koloidal stabilitenin tipik bir ölçüsü, parçacıkları çevreleyen durağan yük tabakası ile çözelti potansiyeli arasındaki elektrik potansiyeli farkı olarak tanımlanan zeta potansiyeli tarafından verilmektedir (Şekil 3). Zeta potansiyeli özelliğine sahip süspansiyonlar $\geq 15\text{mV}$ 'de genellikle koloidal olarak kararlı kabul edilmektedir [11, 16].



Şekil 3. Süspansiyon halindeki nanoparçacıkların yüzey yükü ve zeta potansiyeli [11, 16]

Gözenekli yapıya sahip nanopartiküllerin sentezlenme olasılığı, nanomalzemelerin uygulama alanını büyük ölçüde genişletmektedir [19, 20]. Gözeneklilik, nanoparçacıklara, yüzey-hacim oranlarında önemli bir artış sağlamakla birlikte (Şekil 4) gözenekli nanopartiküller terapötiklerin iletimi ve hedeflenmesi, hastalık teşhisi gibi etkileriyle farmasötik ve tıbbi alanlarda büyük ilgi görmektedir [21-23]. Gözenekli nanoparçacıkların geliştirilmesini ve karakterizasyonunu sağlamak için; i) gözenek açıklığının boyutu; ii) gözenekli boşluğun boyutları ve hacmi; iii) gözenekli yapının birbirine bağlantısı yani dışarıdan sadece yüzeysel gözeneklere mi yoksa tüm dâhili gözenekli ağa mı erişilebildiği; iv) özgül yüzey alanı (iç ve dış yüzeyin toplamı); v) yüzey-hacim oranı; vi) iç ve dış yüzey işlevselleştirmesi gibi gözenekliliğin farklı seviyelerde araştırılması gerekmektedir [11].



Şekil 4. Gözenekli nanoparçacık [11]

Çeşitli boyut, şekil ve bileşimlerdeki metal ve metal bazlı nanoparçacıklar (NP), endüstriyel ve tıbbi uygulamalar için kimyasal ya da fiziksel yöntemlerle iyi verim ve miktarlarda elde edilebilmektedir [24]. Ancak, nanopartikül sentezleme aşamalarında bu yöntemler çevre ve canlı sağlığı üzerinde potansiyel olarak toksik etki sunmaktadır [25, 26]. Bu nedenle, NP'leri elde etmek için sentezlemesi kolay, daha düşük maliyetli, kullanılan malzeme (organizma) spektrumu oldukça geniş ve çevre dostu bir yöntem olan yeşil sentez uygulamaları daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır. Metal bazlı NP'lerin yeşil sentezi için çoğunlukla mantar, bakteri, maya, alg ve bitki özleri gibi biyolojik materyaller kullanılmaktadır [27-29]. En yaygın kullanılan metalik nanopartiküller Ag, Au, Se, Ce, Fe, Ti ve Zn'dir [30]. Bu derleme çalışmasında; çeşitli biyolojik kaynaklar kullanılarak yeşil sentez ile selenyum nanopartiküllerin elde edilmesi, bunların kullanım alanları ve biyolojik aktiviteleri hakkında detaylı bilgi verilmektedir.

2. SELENYUM (Se)

Selenyum (Se), 1818'de İsveçli bir kimyager olan Berzelius (1818) tarafından keşfedilmiştir [31]. Periyodik tablonun 6A grubunda yer alan ve atom numarası 34 olan Se, farklı oksidasyon basamaklarına sahip metaloid (yarı metal) bir elementtir [32]. Toz formu kırmızı, camsı formu siyah ve kristal formu metalik gri olarak gözlenmektedir [30]. Selenyum (Se), çok sayıda fizyolojik ve metabolik süreçte yer almaktadır. Yaklaşık 25 selenoprotein parçası olduğu için memeliler, bakteriler, bazı böcekler ve nematodlar, arkealar ve algler gibi çeşitli organizmalar için temel bir mikro besin kaynağıdır [33-35]. Bitkilerde Se'nin önemli bir metabolik rolü bulunmamaktadır. Yüksek inorganik Se konsantrasyonları Se-amino asitlerin oluşumuna yol açabilmekte ve selenoproteinlere dâhil edilmesi toksisite oluşturabilmektedir. Selenyumun, toksik ve faydalı dozlar arasında dar bir aralığı bulunmaktadır. Düşük dozlarda Se, antioksidan, antimikrobiyal veya stres modüle edici bir madde olarak çeşitli faydalı etkileri tetikleyebilmektedir. Bu nedenle Se, doza ve kimyasal formuna bağlı olarak toksisite oluşturabilmektedir [35]. Vitaminler ve Mineraller Uzman Grubu (EVM), Se'nin günlük alım dozunu kadınlar için 60 µg, erkekler için 70 µg olarak tavsiye etmektedir. 400 µg'ın üzerindeki doz miktarı toksik olarak kabul edilmekte ve selenoz olarak bilinen bir bozukluğa yol açmaktadır [36, 37].

Vücutta önemli bir eser element olan selenyum (Se), bağışıklık sistemini iyileştirmek [38], sinir sisteminin fizyolojik aktivitesini güvence altına almak [39] ve serbest radikal türlerinin neden olduğu oksidatif hasarla mücadele etmek [40] gibi olağanüstü yararlar göstermektedir. Ayrıca, insan vücudundaki selenoproteinlerin ve selenobileşiklerin bir parçası olan selenyum, üreme, DNA sentezi, tiroid hormonu, metabolizma faaliyetlerinde ve enfeksiyonlardan korunma, kardiyovasküler hastalık, kanser, diyabet ve hiperkolesterolemi gibi çeşitli hastalıkları önlemede de kritik bir rol oynamaktadır [41, 42].

3. SELENYUM NANOPARTİKÜLÜ (SeNP)

SeNP'ler, terapötik alanındaki geniş uygulamaları nedeniyle dünya çapında büyük ilgi görmektedir. Se'nin yüksek terapötik potansiyeline rağmen, zayıf stabilite, düşük biyoyararlanım ve biyoaktivite gibi özellikleri, klinik uygulamalardaki kullanımını sınırlandırmaktadır. Selenyum; inorganik (selenit ve selenat) ve organik (selenometiyonin ve selenosistein) olmak üzere iki şekilde bulunmaktadır (Şekil 5). SeNP'ler, inorganik selenyuma kıyasla daha düşük toksisiteye, serbest radikal türlerine karşı daha yüksek etkinliğe ve kabul edilebilir biyoyararlanıma sahiptirler. Ayrıca, deneysel verilere dayanarak, SeNP'lerin toksisitesi, selenat, selenit ve selenometiyonin gibi diğer organik ve inorganik bileşiklerden daha düşük olarak sınıflandırılmaktadır [2, 43-45].



Şekil 5. Selenyum bileşiklerinin kimyasal yapıları

SeNP'lerin, bağışıklık sisteminin stabilizasyonunda ve savunma yanıtının aktivasyonunda ümit verici rol oynaması bu nanomalzemeyi avantajlı hale getirmektedir [46]. Bağışıklık sisteminin düzenlenmesi ve antioksidan savunma sistemi gibi çok sayıda fizyolojik ve metabolik süreçte yer alan SeNP'lerin biyolojik hücrelere ve dokulara nüfuz etme konusunda güçlü bir yeteneği bulunmaktadır. Bu da onların oksidatif stresi ve enflamasyonu inhibe etme potansiyelini düşündürmektedir [3, 4]. Bu benzersiz avantajlar sayesinde, son zamanlarda SeNP'ler, nörolojik hastalıkların tedavisinde kullanımlarına yönelik bilim insanlarının büyük ilgisini çekmektedir [47].

4. SELENYUM NANOPARTİKÜLLERİN SENTEZLENME YÖNTEMLERİ

NP'lerin sentez sürecinde, indirgeyici ve stabilize edici ajanlar ana faktörlerdir ve sentezde asıl amaç, minimum partikül boyutu ve maksimum stabilite ile nanopartikül elde edilmesidir [48, 49]. Selenyum nanopartikülünün sentezi için fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemleri içeren üç yöntem kullanılmaktadır [50]. Nanoselenyum hazırlamanın ana yöntemi, selenyum tuzlarının indirgenmesidir. Sodyum selenit, sodyum selenat, selenyum dioksit, sodyum selenosülfat veya seleniöz asit SeNP'lerin sentezinde kullanılan başlıca kimyasallardır [51-53]. Nanopartiküllerin kimyasal sentezi, sentez reaksiyonunu başlatmak için kontrollü bir ortamda kimyasal maddelerin kullanıldığı bir yoldur [1]. Kimyasal yöntemde selenyum tuzlarını SeNP'lere indirgemek için organik veya inorganik ajanlar kullanılmaktadır [6, 54]. Ancak kimyasal metodolojiler, sentez protokolünde toksik kimyasalların kullanılması nedeniyle çok fazla tercih edilmemektedir. SeNP'lerin sentezinde askorbik asit veya şekerler gibi toksik olmayan reaktifler kullanılmış ancak bu indirgenlerin kullanımıyla elde edilen nanopartikülün kararsızlığı nedeniyle uygulamalar sınırlı kalmıştır. Ancak glukoz, kitosan veya polivinil alkol (PVA) gibi stabilizatörler eklenerek bu durumun iyileştirilebildiği görülmüştür.

SeNP'lerin genellikle sulu ortamda büyük kümeler halinde toplanmaya yatkın olması biyoaktivitelerinde, biyoyumluluklarında ve biyoyararlanımlarında azalmalarına neden olmaktadır. Bu nedenle, selenyum nanopartikül sentezinde uygun stabilizatör kullanımı oldukça önemlidir. Öte yandan, kullanılan stabilizatörlerin bazı kalıntıları, elde edilen SeNP'lerin farmasötik ve tıbbi alanlardaki uygulamalarını sınırlandırabilmektedir [53, 55].

Son yıllarda fiziksel ve kimyasal yöntemlere alternatif yeşil sentez yoluyla SeNP sentezlenmesi büyük ilgi uyandırmıştır [53]. Yeşil sentez yöntemi, çeşitli biyolojik kaynaklar (birçok mikroorganizma ve bitki özleri) kullanılarak gerçekleştirilen çevre dostu ve güvenli bir sentez yöntemidir [56]. Bu tür yöntemlerin ana varsayımı, ekstraktta doğal olarak bulunan maddelerin hem dengeleyici hem de indirgeyici olarak kullanılmasıdır [57]. Çizelge 1'de SeNP'in yeşil sentezinde kullanılan organizmalar ve elde edilen SeNP'nin boyut, şekil ve uygulamalarına yönelik bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 1. SeNP'in yeşil sentezi ile ilgili yapılan çalışmalar

| Organizma | Öncü madde | Boyut (nm) | Şekil | Uygulamalar | Referans |
|--|------------------|------------|-----------------------------|------------------------------|----------|
| <i>Enterococcus faecalis</i> | Sodyum selenit | 29-195 | Küresel | Antibakteriyel | [58] |
| <i>Withania somnifera</i> 'nın yaprak özü | Selenöz asit | 40-90 | Küresel | Antibakteriyel ve anioksidan | [59] |
| <i>Brassica oleracea</i> | Sodyum selenit | 10-25 | Küresel polidispers | Antikariyojenik | [60] |
| <i>Acinetobacter</i> sp. | Sodyum selenit | 78 | Şekilsiz | Antikanser | [61] |
| <i>Azadirachta indica</i> yaprak ekstraktı | Sodyum selenit | 153 ve 287 | Küresel | Antibakteriyel | [62] |
| Kurutulmuş <i>Vitis vinifera</i> ekstresi | Selenöz asit | 3-18 | Küresel | - | [63] |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | Sodyum selenit | 96 | Küresel | - | [64] |
| <i>R. eutropha</i> liyofilize kültürü | Sodyum selenit | 40-120 | Küresel | Antimikrobiyal | [65] |
| <i>Catathelasma ventricosum</i> | Sodyum selenit | 50 | Küresel | Antidiyabetik Antioksidan | [66] |
| <i>Trichoderma</i> sp. | Selenyum dioksit | 20-220 | Küresel ve yalancı küresel | - | [67] |
| <i>Gliocladium roseum</i> | Sodyum selenit | 20-80 | Küresel kristal monodispers | - | [68] |

4.1. Bitkilerin Kullanılmasıyla SeNP'in Yeşil Sentezi

Biyolojik materyal olarak bitki özlerinin kullanımı, NP'lerin sentezlenmesi için hızlı, düşük maliyetli ve aynı zamanda çevreyle uyumlu kanıtlanmış yöntemlerden birisidir. Bitki sekonder metanolleri ve biyomolekülleri aracılığıyla metallerin tuzlarını elemental nanopartiküllere indirgemekte ve reaksiyon ortamında oluşan renk değişimi ile sentez görsel olarak gözlemlenebilmektedir [6, 10, 69]. Alvi ve ark. (2021) narenciye meyvesinden, *Citrus limon* (limon) ve *Citrus paradisi* (greyfurt) ekstraktları ile boyutları 300-550 nm arasında değişen selenyum nanopartiküllerini sentezleyip bunların karakterizasyonunu yapmışlar ve çeşitli patojenlere karşı antibakteriyel aktivitelerini incelemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, turunçgil meyvesinden elde edilen SeNP'lerin antimikrobiyal aktivitelerini karşılaştırdıklarında *C. limon*'un NP'lerinin daha iyi antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu bildirmişlerdir [70]. *Azadirachta indica* bitkisinin yaprak ekstraktının kullanılarak selenyum nanopartikülün sentezlendiği ve antibakteriyel aktivitesinin belirlendiği başka bir çalışmada, sentezlenen nanopartiküllerin iki farklı boyutta (153 ve 287 nm), küresel ve pürüzsüz yüzeyli şekillerde olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, SeNP'lerin, seçilmiş Gram-pozitif ve Gram-negatif bakterilere karşı konsantrasyona bağlı olarak geniş spektrumlu antibakteriyel aktivite gösterdikleri rapor edilmiştir [62].

4.2. Bakteri Kullanılmasıyla SeNP'in Yeşil Sentezi

Bakteri kullanılmasıyla SeNP'lerin biyosentezi, kolay kullanım, kısa sentez süresi ve basit genetik manipülasyon gibi avantajları ile çevre dostu yeni bir yol olarak rapor edilmiştir [71, 72]. *Bacillus subtilis* [71], *Pantoea agglomerans* [73], *Synechococcus leopoliensis* [74], *Pseudomonas aeruginosa* [64], *Enterococcus faecalis* [58], *Rhodococcus aetherivorans* BCP1 [75] bakterileri SeNP sentezinde biyolojik materyal olarak kullanılmışlardır. Mikroorganizmalar ve ürettikleri metabolitler metal iyonlarını elemental metale dönüştürme yoluyla nanopartikül sentezlerler. Bu yöntemin kullanılmasıyla inorganik selenit (SeO_3^{2-}) veya selenat (SeO_4^{2-}) çeşitli morfolojideki (küresel, altıgen, poligonal ve üçgen) elemental selenyum (Se) nanopartiküllerine indirgenmektedir [72, 76].

Mikroorganizma aracılığı ile gerçekleştirilen sentez, nanopartiküllerin üretildiği yere göre hücre içi ve hücre dışı sentez olarak sınıflandırılmaktadır. Hücre içi sentez yöntemi, metal iyonlarının enzimler tarafından hücreye taşınmasıyla gerçekleşirken, hücre dışı sentezde kültür süpernatantında bulunan metabolitlerin (enzimler ve proteinler gibi) metallerle doğrudan teması söz konusudur. Hücre dışı sentezde reaksiyon basit ve hızlı gerçekleşir. Ayrıca, elde edilen NP'lerin geri kazanımı ve saflaştırılmasında ekstra basamaklara (hücre içi sentezdeki gibi) gereksinim duyulmadığı için daha fazla kullanılmaktadır [10, 77]. Xu ve ark. (2019) çalışmalarında *Lactococcus lactis* NZ9000 bakterisini kullanmışlar ve selenyum nanopartiküllerinin biyosentezini gerçekleştirerek antioksidan ve antiinflamatuvar aktivitelerini incelemişlerdir. Elde ettikleri verilere göre, *L. lactis* NZ9000'in, toksik selenit oksianyonunu toksik olmayan elementel selenyuma indirgediğini ve biyojenik SeNP'lerin, bağırsak epitel hücrelerini hidrojen peroksit (H_2O_2) ve Enterotoksijenik *Escherichia coli* (ETEC) K88'in neden olduğu yaralanmaya karşı koruduğunu tespit etmişlerdir [78]. Kora ve Rastogi (2016), *P. aeruginosa* ATCC 27853 suşunu kullanarak yeşil sentez ile başarılı bir şekilde SeNP elde etmişlerdir. Selenit indirgemesi sırasında oluşan elemental kırmızı selenyum nanoparçacıklarının amorf, küresel yapıda ve çapının 96 nm civarında olduğu ve önceki raporlara kıyasla dar bir boyut dağılımı gösterdiğini bildirmişlerdir [64].

4.3. Mantar Kullanılarak SeNP'in Yeşil Sentezi

Mantar kullanılarak SeNP'nin yeşil sentezi mantarların kültürlenme işleminin kolay olması, ağır metal katyonları içeren yüksek konsantrasyonlu ortamlarda dahi gelişebiliyor olması, yüksek selenyum derişimine sahip ortamlarda hayatta kalıp, çoğalabilmesi gibi önemli avantajlarından dolayı araştırmacılar tarafından kapsamlı olarak incelenmektedir [72, 79]. NP mikosentezi, mantar biyokütlesini kolayca ölçeklendirebilen, düşük maliyetli bir sentez yoludur [72, 80]. Mantarlar indirgeyici proteinleri ve enzimleri hücre dışı ortama salarken, bu biyomoleküller selenyumun zararlı inorganik ve organik formlarını zararsız ve/veya daha az zararlı hale getirerek SeNP'ler olarak çöktürürler [72, 81].

Biyolojik materyal olarak mantarın kullanıldığı bir çalışmada patojenik olmayan ağaç mantarı *G. roseum* ile 20-80 nm boyut aralığında, küre şeklinde SeNP sentezi gerçekleştirilmiş ve araştırmacılar tarafından X ışını kristalografisi (XRD) analizi ile parçacık yapılarının altıgen kristal olduğunu, zeta potansiyel analizi ile de parçacıkların oldukça kararlı olduklarını belirlemiştir [68]. Liu ve ark. (2018) ise *Catathelasma ventricosum* kaynaklı polisakkaritlerin varlığında selenyum nanoparçacıkları sentezleyerek antidiyabetik aktivitesi üzerine çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada ilk kez selenyum nanoparçacıklarını sentezlemek için dengeleyici madde olarak *Catathelasma ventricosum*'dan ekstrakte edilen polisakkaritleri (CVP) kullanmışlardır. Geçirimli elektron mikroskobu (TEM), Dinamik ışık saçılımı methodu (DLS) sonuçlarına göre, büyüyen SeNP'lerin aglomere olmasını önlemek için SeNP'lerin CVP molekülleri tarafından stabilize edildiğini ortaya koymuşlardır. CVP'lerin kullanımı ile elde edilen SeNP'lerin vücut ağırlığını, kan şekeri, antioksidan enzim aktivitelerini ve lipid seviyelerini önemli ölçüde iyileştirebileceğini bildirmişlerdir [66].

4.4. Maya Kullanılarak SeNP'in Yeşil Sentezi

Mayalar, selenit/selenatın metabolik detoksifikasyon yollarını ve bunların selenometiyonine dönüşümünü araştırmak için kullanılan uygun biyolojik model sistemlerdir [72, 82]. Çeşitli çalışmalar, ökaryotik mikroorganizmalar olan mayaların, toksik metallerle karşı oldukça yüksek toleransları nedeniyle metalik NP'leri sentezlemek için kullanılabilirliğini kanıtlamıştır [83-85]. Rasouli (2019), *Nematospora coryli* mayasını kullanarak selenyum nanopartiküllerinin biyosentezini gerçekleştirmiş ve bunların anti-candida ve antioksidan aktivitelerini incelemiştir. Sonuçlar, *N. coryli* mayasından başarılı bir şekilde SeNP sentezlendiğini göstermiştir. Araştırmacı, SeNP'lerin TEM görüntülerini alarak, parçacık boyutlarının 50 ila 250 nm arasında değişen küresel formlar olduğunu bildirmiştir. XRD analizi sonucu keskin bir pik elde edilememesinden dolayı, biyosentezlenmiş SeNP'lerin kristal olmayan bir yapıya sahip olduğunu rapor etmiştir. SeNP'lerin anti-candida aktivite sonuçlarına göre ise, SeNP'lerin *C. albicans*'n büyümesini inhibe edebildiğini rapor etmiştir [86]. Selenyum nanoparçacıklarının yeşil sentezi için *Rhodotorula mucilaginosa* R-8441 suşunun seleniti elemental SeNP'lere indirgeme yeteneği gösterdiği tespit edilmiştir. Araştırmacılar SeNP üretiminin ilk teyidini, SeNP'lerin karakteristik özelliği olan reaksiyon karışımındaki reaksiyonun 48 saat içinde kiremit kırmızısına dönüşmesiyle belirlemişlerdir. Ayrıca, UV-görünür spektrumda SeNP'lerin varlığını doğrulamışlardır. Analiz sonucuna göre, 1 mM'lik konsantrasyonda 61 nm boyutta, küresel formda SeNP'lerin sentezlendiği ve farklı derişimlerde çeşitli boyutlarda SeNP'lerin elde edilebildiği bildirilmiştir [87].

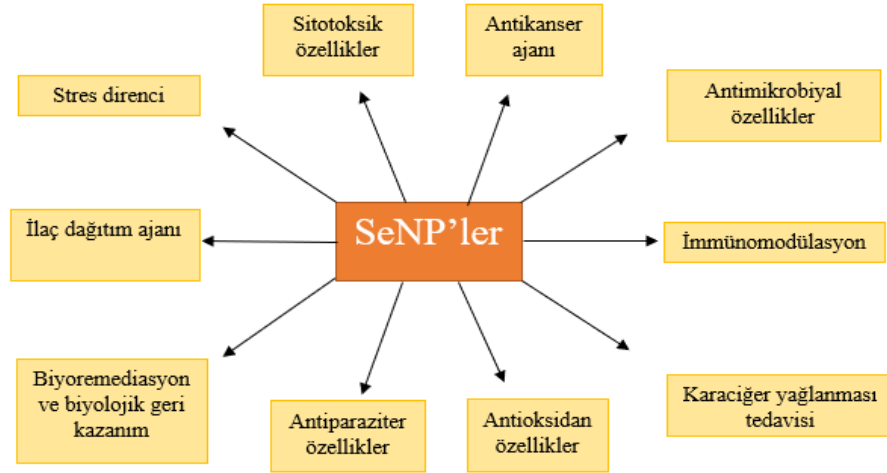
5. SELENYUM NANOPARTİKÜLÜN UYGULAMA ALANLARI

Selenyum nanopartikül, yüksek biyolojik aktivite, biyoyararlanım, düşük toksisite, yüksek partikül dağılımı ve geniş yüzey alanı gibi benzersiz özelliklerinden dolayı tarım, gıda tıp uygulamaları gibi uygulamalar için umut verici bir malzeme olarak kabul edilmektedir [50, 73, 88]. Tarım uygulamalarında antimikrobiyal ajanlar, büyüme destekleyiciler, ekin biyo-güçlendiricileri ve nutrasötikler olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır [35, 89, 90]. Ayrıca, zirai kimyasalların kontrollü salınımı, bunların kullanılan ürünlerin etkinliğini artıracak şekilde bitkinin farklı organlarına teslimi; mantarlar ve bakteriler gibi patojen mikroorganizmaların neden olduğu zararlıların ve hastalıkların kontrolü, bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerini geliştirerek, mahsul büyümesini, verimini ve kalitesini iyileştirerek yarı gerekli mikro besinler olarak kullanımı, ekinlerin Se ile biyolojik olarak güçlendirilmesi, abiyotik stresin hafifletilmesi ve yenilebilir gıdaların nutrasötik değerini arttırmak için de etkin olarak kullanılmaktadır [5, 35, 91-93].

Gıda teknolojisi, günlük olarak tüketilen gıdayı iyileştirmek amacıyla sürekli değişim göstermektedir. Tüketicilerin gıda kalitesi ve sağlığa getirdiği faydalar konusunda artan ilgisinin olduğu yeni tüketim eğilimleri olmakla birlikte, temel amaç besin değerini kaybetmeden gıda kalitesini iyileştirmektir [94]. SeNP'lere dayalı olarak sunulan yan ürünler, kimyasal stabilite, biyoyumlulukları, düşük toksisite, doku, tat, aroma, renk gibi gelişmiş özellikleri, dayanıklılık, işlenebilirlik ve raf ömrü boyunca stabilite gibi özellikler ile ilgilidir. Gıda teknolojisinde, SeNP'ler gıda ambalajı, gıdalardaki patojenlerin büyümesini kontrol etmek ve hayvan kaynaklı gıdalardaki Se içeriğini artırmak için kullanılabilir [95, 96]. Ayrıca, SeNP'lerin antimikrobiyal etkisi; hücre zarının depolarizasyonu, reaktif oksijen türleri (ROS) üretimi, membran rüptürü, hücre içi materyal sızıntısı, DNA hasarı, protein disfonksiyonu, ATP tükenmesi, enzimatik aktivite kaybı ve biyofilmlerin inhibisyonundan kaynaklanmaktadır [35].

Araştırmacılar, SeNP'lerin serbest radikallerin neden olduğu hücre hasarını kontrol ederek antikanser tedavilerinde kanser önleyici bir ajan olarak kullanılabilirliğini bildirmişlerdir. Ayrıca selenyum nanoparçacıklar yarı iletken yapıları nedeniyle birçok hastalığın erken teşhisinde kullanılan nano-biyosensör imalatında bir bileşen olarak ve nanocihazların yapımında kullanılabilir [42, 97]. Selenyum nanoparçacıklar, selenyum ile karşılaştırıldığında antioksidan, diyet takviyesi, antimikrobiyal ajan, antikanser ajan ve antidiyabetik ajan olarak yaygın bir kullanım alanına sahiptir [50]. Sisplatin, çeşitli kanserlerin tedavisinde en yaygın kullanılan antikanser ilaçlardan birisidir, ancak nefrotoksikite ve organ hasarına yol açan, derin oksidatif strese neden olan aktive edici inflamatuvar yol aracılığıyla aracılık edilen genotoksikite gibi ciddi toksik etkiler üretmektedir. Li ve ark. (2011), 11-mercapto-1-undecanol (MUN) ile dekore edilmiş SeNP'lerin, insan böbrek HK-2 proksimal tübüler hücrelerinde sisplatin kaynaklı nefrotoksikiteyi azalttığını bildirmiştir. Bu nedenle, antikanser ilaçların SeNP'lerle kombinasyonu, sitotoksik antikanser ilaçlarla ilişkili toksisiteyi azaltmak için kullanılabilir [30, 98]. Niozomlar, ilaçların biyolojik özelliklerini artıran yeni hedefli ilaç dağıtım sistemlerinden birisidir. Haddadian ve ark. (2022), SeNP'lerin anti-bakteriyel ve anti-kanser aktivitesini arttırmak için yeşil sentezle sentezlenmiş selenyum nanopartiküllerinin niozoma yüklenmesini gerçekleştirmişlerdir. Niozom yüklü SeNP'lerin farklı formülasyonları hazırlanmış ve hazırlanan niozomların fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Sentezlenen niozom yüklü SeNP'lerin ve serbest SeNP'lerin standart patojen bakteri suşlarına karşı antibakteriyel ve anti-biyofilm etkileri ve ayrıca meme kanseri hücre hatlarına karşı antikanser aktivitesi araştırılmıştır. Niozom yüklü SeNP'ler ve serbest SeNP'ler ile tedavi edilen meme kanseri hücre dizilerindeki apoptotik genlerin ekspresyon seviyesi ölçülmüş ve niozom yüklü SeNP'lerin uygun bir ilaç taşıyıcı sistem olarak kullanılabilir önemli anti-mikrobiyal, anti-biyofilm ve anti-kanser etkileri olduğu sonucuna varılmıştır [99].

Ağır metaller ve kimyasallarla kirlenmiş su ve toprak, selenyum nanoparçacık kullanılarak arıtılabilir [50]. Prasad ve Selvaraj (2014), *Terminalia arjuna* yaprağı ekstresi kullanılarak sentezlenen SeNP'lerin arsenit (As III) ile işlenmiş insan lenfositleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. 3-(4,5-dimetilthiazol-2-yl)-2,5-difeniltetrazolium bromit (MTT) testi kullanılarak hücre canlılığı ve Comet testi kullanılarak DNA hasarı üzerine yapılan çalışmalar, SeNP'lerin As III kaynaklı hücre ölümü ve DNA hasarına karşı koruyucu etkisini ortaya koymuştur. Bu yaklaşımın, özellikle arsenikle kirlenmiş yeraltı suları ve arsenik vakalarının yaygın olduğu bir alanda arsenik kaynaklı ROS aracılı toksik tehlikeyi en aza indirmek için kullanılabilir olduğu ileri sürülmüştür [100, 101]. Selenyum nanoparçacıklarının uygulama alanları Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Selenyum nanoparçacıklarının uygulamaları [72]

6. SELENYUM NANOPARTİKÜLLERİNİN BİYOLOJİK AKTİVİTELERİ

6.1. Antioksidan Aktivite

Reaktif oksijen türleri (ROS) ve reaktif nitrojen türleri (RNS) serbest radikalleri, insan vücudunda genellikle çeşitli fizikokimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlar sırasında üretilmektedir. Bu reaksiyonlar sırasında yüksek miktarlarda üretilen süperoksit ve hidrojen peroksit gibi ara kompleksler, ölümcül hastalıkların oluşmasına yol açan hücre hasardan sorumlu yapılardır [42]. SeNP'ler, reaktif oksijen ve nitrojen türleri gibi serbest radikallerin temizlenmesinde ve biyokimyasal reaksiyon sırasında üretilen içeriklerin düzenlenmesinde önemli roller üstlenerek hücreleri hasardan ve oksidatif stresten korumaktadırlar [49].

SeNP'ler antioksidan özellikleri sayesinde, potansiyel olarak Huntington, Parkinson ve Alzheimer hastalıkları gibi nörodejeneratif hastalıkların tedavisinde de kullanılabilir [102]. Transgenik *Caenorhabditis elegans*'ın (*C. elegans*) Huntington hastalığı modeli üzerinde yapılan bir çalışmada, solucan düşük dozlarda SeNP ($2 \mu\text{M}$ 'dan daha az) ile desteklendiğinde, *C. elegans*'ta Huntington proteininin birikiminin azaldığı, organizmayı oksidatif hasarlardan koruduğu, nörolojik arızalı davranışsal işlevi dengelemeye yardımcı olduğu belirtilmiştir [102, 103]. Xu ve ark. (2019), *Lactobacillus casei* ATCC 393 bakterisi kullanarak sentezledikleri biyojenik SeNP'lerin, oksidatif stresin neden olduğu bağırsak epitel bariyeri işlev bozukluğunu hafifletmek için antioksidan aktivite sergilediğini, oksidatif stresle ilişkili bağırsak bozukluklarının önlenmesi ve tedavisi için alternatif selenyum takviyelerinin kullanılabilirliğini göstermişlerdir [104].

6.2. Antibiyofilm Aktivite

Biyofilm, canlı veya cansız bir yüzeye yapışarak kendi ürettikleri organik bir ekzopolisakkarit (EPS) matriks içine gömülü ve hareketsiz olarak birbirine, bir katı yüzeye veya bir ara yüzeye geri dönüşümsüz olarak tutunmuş hâlde yaşayan mikroorganizmaların oluşturduğu topluluktur [105, 106]. Mikrobiyal biyofilm, özellikle gıda endüstrisinde, gıdanın bozulmasına veya mikrobiyal hastalıkların bulaşmasına yol açabilecek sürekli bir kontaminasyon kaynağı oluşturdukları için ciddi problemlere neden olabilmektedir [96, 107].

Selenyum nanoparçacıklar, çeşitli enfeksiyöz hastalıklar için tek başına veya geleneksel antibiyotiklerle kombinasyon halinde kullanımı önerilen güçlü anti-biyofilm ve anti-patojen ajanlardır [108, 109]. SeNP'ler, konsantrasyona bağlı olarak biyofilm gelişimini önleyerek bakterisidal etki gösterebilmektedir [110, 111]. SeNP'ler, biyofilm oluşumunu engellemek amacıyla kateterler, lensler ve kalp kapakçıkları gibi tıbbi cihazların üzerine kaplanarak da kullanılabilir [103]. *Enterococcus faecalis*, endodontik başarısızlığa yol açan en dirençli biyofilm oluşturan türlerden birisidir [112]. *E. faecalis*, biyofilm oluşturabilme, oksijensiz, pH 11,5 gibi alkali ortamlarda ve 60°C'ye kadar çıkabilen sıcaklıklarda gelişebilme, lenfositleri etkisiz hale getirebilme, stres koşullarında genleri ifade etme ve farklı metabolik yolları aktive etme gibi etkileriyle bilinmektedir. Bu bakterinin neden olduğu hastalıklar ve zararlı etkilerinin önüne geçilmesi oldukça zordur [113, 114]. Miglani ve Tani-Ishii (2021) yaptıkları çalışmada biyosentezlenmiş selenyum nanoparçacıklarının *E. faecalis*'e karşı antimikrobiyal ve antibiyofilm aktivitesini incelemiştir. Çalışmada SeNP'lerin, enfekte kök kanallarının dezenfeksiyonu için etkili bir antimikrobiyal ve antibiyofilm ajanı olarak kullanılma potansiyelinin olduğu bildirilmiştir. Antibiyofilm testinde kontrol grubu ile karşılaştırıldığında tüm test gruplarında büyümedeki azalma anlamlı çıkmış ($p < 0,001$) ve SeNP'lerin biyofilmlerin büyümesini %65 oranında engellediği gözlenmiştir [109]. Ullah ve ark. (2023) selenyum nanoparçacıklarının seçilmiş biyofilm üreten patojenik bakteriler üzerindeki anti-biyofilm etkisini incelemiştir. Biyolojik olarak *Bacillus subtilis* BSN313 tarafından üretilen 700 µg/mL konsantrasyonunda SeNP'ler, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *Salmonella typhi* ATCC 14028 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 25923'ün biyofilmlerine karşı yüksek antibiyofilm (sırasıyla %85,7, %78,3 ve %89,6) ve potansiyel antibakteriyel aktivite göstermiştir [111].

6.3. Antibakteriyel Aktivite

SeNP'ler, ROS'u indükleyerek, hücreleri parçalayarak, metabolik yolları inhibe ederek veya nükleik asit hasarlarına neden olarak ve arızalı proteinler üreterek antimikrobiyal aktivite gösterebilmektedir [35, 103]. Selenyum nanopartiküller, patojen mikroorganizmaların büyümesinin inhibisyonunda etkili oldukları için terapötik ajan olarak kullanılmaktadır [7, 50, 115]. Shoeibi ve Mashreghi (2017) *E. faecalis* bakterisini kullanarak selenyum nanoparçacıkları sentezlemişler ve SeNP'lerin antimikrobiyal aktivitelerini incelemiştir. Yapılan çalışmada SeNP'lerin antimikrobiyal etkisi, *S. aureus* (PTCC 1431), *B. subtilis* (PTCC 1420), *E. coli* (PTCC 1399), *P. aeruginosa*'ya (PTCC 1074) karşı disk difüzyon yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Ancak sonuçlar, SeNP'lerin yalnızca *S. aureus*'a karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir [58]. Menon ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada biyosentezlenmiş selenyum nanoparçacıklarının antimikrobiyal aktivitesini, Gram-negatif bakteriler *E. coli*, *Klebsiella* sp., *Pseudomonas* sp., *Serratia* sp. ve *Proteus* sp. ile Gram-pozitif bakteri *S. aureus*'a karşı analiz etmişlerdir. 100 µg/mL konsantrasyonda uygulanan selenyum nanopartiküllere karşı en yüksek duyarlılığı gösteren suşun *Klebsiella* sp. olduğu ve *Serratia* sp.'nin de yüksek duyarlılık gösterdiğini rapor etmişlerdir. Kullanılan konsantrasyondaki SeNP'lere karşı en dirençli suşun *S. aureus* olduğu ve bunu *Pseudomonas* sp. ve *E. coli* suşlarının takip ettiği bildirilmiştir [7].

6.4. Antifungal Aktivite

Mantarlar hemen hemen her yerde gelişim gösterebilmektedir ve vücudun çeşitli bölgelerine kolaylıkla yayılabilecekleri için insan sağlığı için oldukça tehlike oluşturmaktadırlar [116]. Antifungal etkilere sahip SeNP'ler özellikle klinik enfeksiyonlar için tercih edilmektedir. Shoeibi ve ark. (2017) çalışmalarında *Klebsiella* bakterisinden sentezlenen SeNP'leri kullanarak klinik mantar cinsi olan *Malassezia* ve *Aspergillus* üzerindeki etkisini incelemişler ve kullanılan nanopartikülün antifungal etkisinin bulunduğunu tespit etmişlerdir [117]. Shakibaie ve ark. (2015), *Bacillus* sp. MSh-1 bakterisi aracılığıyla sentezlenen selenyum nanopartiküllerinin antifungal aktivitesini *Aspergillus fumigatus* (100 µg/mL) ve *Candida albicans*'a (70 µg/mL) karşı minimum inhibitör konsantrasyon (MIC) ile yapmışlar ve biyogenik SeNP'lerin yararlı antifungal ajanlar olduğunu göstermişlerdir [118]. Shahbaz ve ark. (2023) yaptıkları çalışmada *Melia azedarach* yaprağı ekstresi kullanılarak yeşil sentezlenmiş selenyum nanopartiküllerinin *Fusarium mangifera*'ya karşı *in vitro* antifungal aktivitesini değerlendirmişlerdir. Farklı SeNP konsantrasyonlarının *F. mangifera*'ya karşı antifungal aktiviteye sahip olduğunu ve SeNP konsantrasyonları arttıkça inhibisyon zon çapının da arttığını bildirmişlerdir [119].

6.5. Antikanser Aktivite

Kanser, dünyada kalp rahatsızlığından sonra ikinci ölüm nedenidir. Birçok kanser türü için, kemoterapi, radyoterapi, immünoterapi ya da ilaç kullanımı yaygın olarak tercih edilen tedavi yöntemleridir [120]. Selenyum nanopartiküller hücre apoptozunu arttırmakta, antikanser ilaçlarla birlikte kullanıldığında ise ilaçların etkinliğini artırarak antikanser etki göstermektedir [50]. Kanser tedavisi için metaller, polimerler, biyomoleküler malzemeler ve yarı iletkenler dâhil olmak üzere çeşitli antikanser maddeler kullanılmıştır. Bu fonksiyonel antikanser maddeleri arasında, selenyum nanopartiküller de antikanser biyomateryalleri olarak büyük önem kazanmıştır. SeNP'ler organik ve inorganik selenyum bileşiklere göre daha az miktarda toksisiteye sahiptir ve biyo-SeNP'lerin yüksek aktivitesi antikanser gibi birçok terapötik uygulamada kullanılmaktadır [121]. SeNP'ler, kanser hücresi büyümesini yavaşlatmak ve hücre zarının toksisite belirtilerini göstermek için kanser kemoterapisinde oldukça etkili bir perspektife sahiptir. Özellikle SeNP'lerin, kolon kanseri, karaciğer kanseri, meme kanseri, prostat kanseri ve akciğer kanseri dâhil olmak üzere çeşitli kanserlere karşı etkili olduğu bildirilmiştir [116, 122].

Birçok çalışma, SeNP'lerin kanserle savaştığı anahtar mekanizmanın, reaktif oksijen türlerini (ROS), tümör proteinlerini (p53) ve kaspaz ailesindeki proteinleri düzenleyen apoptotik sinyal yollarının indüksiyonu olduğunu bildirmiştir [123-125]. Hedefleyici bir ligand olan Transferrin (Tf), çok sayıda terapötik ilacı, TfR'leri (transferrin reseptörü) aşırı eksprese eden malign bölgelere ulaştırmak için kullanılan bir ilaç taşıyıcısıdır [126, 127]. SeNP'lerin yüzey kimyasını değiştirerek, Tf nanoparçacıklara konjuge edilebilmektedir. Bu ilaç verme sistemi, birincil kanserler ve metastatik kanserler gibi kanserin farklı aşamalarını hedeflemek için kullanılmaktadır. Huang ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada Tf-SeNP'lerin, p53 aracılı apoptozu indükleyerek çıplak fare modelinde *in vivo* tümör büyümesini önemli ölçüde inhibe ettiğini bildirmişlerdir. SeNP'lerin bu kanser hedefli tasarımının, daha yüksek etkinlik ve azaltılmış yan etkilerle kanserin sinerjistik tedavisi için kullanılabileceğini rapor etmişlerdir [128]. Spyridopoulou ve ark. (2021), *L. casei* ATCC 393 tarafından sentezlenen biyojenik SeNP'lerin pro-apoptotik aktivitesini ve bunların ölmekte olan kolon kanseri hücrelerinde immünojenikliği teşvik etme potansiyellerini araştırmışlar ve biyojenik SeNP'lerin HT29 veya CT26 kolon kanseri hücrelerinde kaspaz bağımlı apoptozu indüklediğini açıklamışlardır. Ayrıca SeNP ile tedavinin, apoptotik hücre ölümünü indükleyerek ve bağışıklık tepkilerini tetikleyerek tümör hücrelerini yok etmek için etkili bir yol olabileceğini bildirmişlerdir [129].

6.6. Antidiyabetik Aktivite

Diabetes mellitus, insülin eksikliğinin yanı sıra α -amilaz ve α -glikosidaz gibi karbonhidrat parçalayıcı enzimlerin aşırı ekspresyonu nedeniyle kan şekeri seviyesinin yükseldiği metabolik bir hastalıktır. Dünya genelinde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde diyabetli hasta sayısında hızlı bir artış görülmektedir [85]. Bazı araştırmacılar SeNP'lerin geliştirilmiş pankreatik adacık fonksiyonu ve teşvik edilmiş glikoz kullanımı ile sinerjistik antidiyabetik aktiviteye sahip olduğunu ve kan şekeri seviyesini düzenlemede etkili kontrol yeteneği nedeniyle diyabet tedavisinde selenyum nanoparçacıklarının kullanıldığını bildirmiştir [42, 50, 130]. SeNP'lerin hücre içi oksidatif stresi azalttığı, glikoz ile insülin alımını arttırdığı tespit edilmiştir [30, 131]. *D. mellitus* hastalarının vücudu, oksidatif ve inflamatuvar yanıtı azaltmak için daha fazla antioksidan türe ihtiyaç duymaktadır. Bu bakımdan selenyum nanopartiküller, oksidatif hasarı azaltarak ve insülini duyarlı hale getirerek hipoglisemik aktiviteyi önleyebildikleri için anti-hipoglisemik ajan olarak kullanılabilir [1, 132].

7. TARTIŞMA

Selenyum, insan vücudundaki biyolojik ve metabolik mekanizmanın düzgün çalışması için gerekli olan temel bir mikro besindir. Selenyum eksikliği, kanser ve nörolojik, kas, bağışıklık gibi çeşitli bozuklukların oluşmasına yol açmaktadır. Yeşil yolla sentez uygulamaları, daha yüksek biyoyumluluk, biyoaktivite ve daha düşük sitotoksikite özellikleri nedeniyle kimyasal indirgeme yöntemlerine göre daha fazla avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, pahalı kimyasalların kullanımını ortadan kaldırdığı ve çevre dostu bir yöntem olduğu için sıklıkla tercih edilmektedir [42]. SeNP'ler antioksidan, antibiyofil, antimikrobiyal, antidiyabetik, antikanser gibi çeşitli biyolojik ve terapötik uygulamalara sahiptir [116]. SeNP'lerin özellikleri (sentez türü, kullanılan konsantrasyon ve elde edilen NP boyutu gibi) biyolojik aktivitelerini doğrudan etkileyen faktörlerdir ve değerlendirmeleri sırasında dikkate alınmalıdır [31]. Biyolojik özellikleri nedeniyle, SeNP'ler farklı araştırma alanlarında incelenmekte ve bu da canlı organizmaların sağlığı üzerinde birleşen çeşitli sorunlara çözüm sağlamaya odaklanan çok sayıda çalışmaya yol açmaktadır [35].

SeNP'ler bakteriyel, fungal ve viral enfeksiyonlar, iltihaplanma, nörodejeneratif bozukluklar, diyabet, ilaca bağlı toksisite gibi çok çeşitli hastalıkların tedavisinde de kullanılmaktadır [30]. SeNP'lerin yeşil sentez yöntemi ile eldesinin; kolay uygulanabilir olması, düşük maliyetli olması, çevre ve canlı sağlığı açısından güvenli, etkin ve verimli bir uygulama olması ve yüksek biyolojik aktivite (antioksidan, antikanser, antimikrobiyal) göstermesi gibi nedenlerden dolayı alternatif bir uygulama yöntemi olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir. Bazı uygulamalarda toksik etkilerine dair kanıt eksikliği nedeniyle SeNP'lerin insan, hayvan ve çevre sağlığına yönelik risk oluşturmadığından emin olmak için daha fazla araştırmaya ve *in vivo* testlere ihtiyaç duyulmaktadır [35]. Bu derleme, SeNP'lerin biyosentezi konusunda daha ileri çalışmalar için bir kaynak görevi görmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI/ÇAKIŞMASI BİLDİRİMİ

Yazarlar arasında çıkar çatışması/çakışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKI ORANI

Berat Çınar Acar: Metodoloji, Araştırma, Makalenin yazımı-Orijinal taslak. **Zehranur Yüksekdağ:** Metodoloji, Araştırma, Makalenin yazımı- İnceleme ve Düzenleme. **Tuğba Şahin:** Metodoloji, Araştırma, Makalenin yazımı-Orijinal taslak. **Elif Açar:** Metodoloji, Araştırma, Makalenin yazımı-Orijinal taslak. **Filiz Kara:** Metodoloji, Araştırma.

KAYNAKLAR

- [1] Nayak, V., Singh, K. R., Singh, A. K., Singh, R. P. (2021). Potentialities of selenium nanoparticles in biomedical science. *New Journal of Chemistry*, 45(6), 2849-2878.
- [2] Lee, E., Lee, M., Kwon, S., Kim, J., Kwon, Y. (2022). Systematic and mechanistic analysis of AuNP-induced nanotoxicity for risk assessment of nanomedicine. *Nano Convergence*, 9(1), 27.
- [3] Park, J., Kim, T. H., Kwon, O., Ismail, M., Mahata, C., Kim, Y., Kim, S. (2022). Implementation of convolutional neural network and 8-bit reservoir computing in CMOS compatible VRRAM. *Nano Energy*, 104, 107886.
- [4] Yoon, J., Shin, M., Kim, D., Lim, J., Kim, H. W., Kang, T., Choi, J. W. (2022). Bionanohybrid composed of metalloprotein/DNA/MoS₂/peptides to control the intracellular redox states of living cells and its applicability as a cell-based biomemory device. *Biosensors and Bioelectronics*, 196, 113725.
- [5] Prasad, R., Kumar, V., Kumar, M. et al. (2017). Nanotechnology and shelf-life of animal foods. In: *Nanotechnology: Food and Environmental Paradigm* (edited by R. Prasad, V. Kumar & M. Kumar). Pp. 1–344. Singapore: Springer.
- [6] Ndwandwe, B. K., Malinga, S. P., Kayitesi, E., Dlamini, B. C. (2021). Advances in green synthesis of selenium nanoparticles and their application in food packaging. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(6), 2640-2650.

- [7] Menon, S., KS, S. D., Agarwal, H., Shanmugam, V. K. (2019). Efficacy of biogenic selenium nanoparticles from an extract of ginger towards evaluation on anti-microbial and anti-oxidant activities. *Colloid and Interface Science Communications*, 29, 1-8.
- [8] Gurunathan, S., Kalishwaralal, K., Vaidyanathan, R., Venkataraman, D., Pandian, S. R. K., Muniyandi, J., Eom, S. H. (2009). Biosynthesis, purification and characterization of silver nanoparticles using *Escherichia coli*. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 74(1), 328-335.
- [9] Singh, P., Kim, Y. J., Zhang, D., Yang, D. C. (2016). Biological synthesis of nanoparticles from plants and microorganisms. *Trends in Biotechnology*, 34(7), 588-599.
- [10] Ahmad, F., Ashraf, N., Ashraf, T., Zhou, R. B., Yin, D. C. (2019). Biological synthesis of metallic nanoparticles (MNPs) by plants and microbes: Their cellular uptake, biocompatibility, and biomedical applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 2913-2935.
- [11] Modena, M. M., Rühle, B., Burg, T. P., Wuttke, S. (2019). Nanoparticle characterization: What to measure? *Advanced Materials*. 31(32), 1901556.
- [12] Talapin, D. V., Shevchenko, E. V. (2016). Nanoparticle Chemistry. *Chemical Reviews*. 116, 10343-10345.
- [13] Gong, C., Dias, M.R.S., Wessler, G.C., Taillon, J.A., Salamanca-Riba, L.G., Leite, M.S. (2017). Near- field optical properties of fully alloyed noble metal nanoparticles. *Advanced Optical Materials*. 5(1), 1600568.
- [14] Koul, B., Poonia, A. K., Yadav, D., Jin, J. O. (2021). Microbe-mediated biosynthesis of nanoparticles: Applications and future prospects. *Biomolecules*, 11(6), 886.
- [15] Hirschele, P., Preiß, T., Auras, F., Pick, A., Völkner, J., Valdepérez, D., Witte, G., Parak, W. J., Rädler, J. O., Wuttke, S. (2016). Exploration of MOF nanoparticle sizes using various physical characterization methods—is what you measure what you get? *CrystEngComm*, 18(23), 4359-4368.
- [16] Kulkarni, V. S. (2009). *Handbook of Non-Invasive Drug Delivery Systems: Science and Technology*, William Andrew, Oxford.
- [17] Sakulkhu, U., Mahmoudi, M., Maurizi, L., Coullerez, G., Hofmann-Amtenbrink, M., Vries, M., Motazacker, M., Rezaee, F., Hofmann, H. (2015). Significance of surface charge and shell material of superparamagnetic iron oxide nanoparticle (SPION) based core/shell nanoparticles on the composition of the protein corona. *Biomaterials Science*, 3, 265.
- [18] Jo, D. H., Kim, J. H., Lee, T.G, Kim, J. H. (2015). Size, surface charge, and shape determine therapeutic effects of nanoparticles on brain and retinal diseases. *Nanomedicine*, 11(7), 1603-1611.
- [19] Liu, J., Wu, C., Xiao, D., Kopold, P., Gu, L., Van Aken, P. A., Maier, J., Yu, Y. (2016). MOF-derived hollow co9s8 nanoparticles embedded in graphitic carbon nanocages with superior li-ion storage. *Small*. 12(17), 2354-64.
- [20] Baeza, A., Ruiz-Molina, D., Vallet-Regí, M. (2017). Recent advances in porous nanoparticles for drug delivery in antitumoral applications: Inorganic nanoparticles and nanoscale metal-organic frameworks. *Expert Opinion on Drug Delivery*. 14(6), 783-796.
- [21] Min, Y., Caster, J. M., Eblan, M. J., Wang, A. Z. (2015). Clinical translation of nanomedicine. *Chemical Reviews*, 115(19), 11147–11190.
- [22] Shi, J., Kantoff, P. W., Wooster, R., Farokhzad, O. C. (2017). Cancer nanomedicine: Progress, challenges, and opportunities. *Nature Reviews Cancer*, 17(1), 20-37.
- [23] Cabral, H., Miyata, K., Osada, K., Kataoka, K. (2018). Block copolymer micelles in nanomedicine applications. *Chemical Reviews*, 118(14), 6844-6892.
- [24] Anselmo, A. C., Mitragotri, S. (2019). Nanoparticles in the clinic: An update. *Bioengineering & Translational Medicine*, 4(3):e10143.
- [25] Sportelli, M. C., Izzi, M., Volpe, A., Clemente, M., Picca, R. A., Ancona, A., Cioffi, N. (2018). The pros and cons of the use of laser ablation synthesis for the production of silver nano-antimicrobials. *Antibiotics*, 7(3), 67.
- [26] Kharisov, B. I., Dias, H. R., Kharissova, O. V. (2019). Mini-review: Ferrite nanoparticles in the catalysis. *Arabian Journal of Chemistry*, 12(7), 1234-1246.
- [27] Abdalla, S. S., Katas, H., Azmi, F., Busra, M. F. M. (2020). Antibacterial and anti-biofilm biosynthesised silver and gold nanoparticles for medical applications: Mechanism of action, toxicity, and current status. *Current Drug Delivery*, 17(2), 88-100.
- [28] Sánchez-López, E., Gomes, D., Esteruelas, G., Bonilla, L., Lopez-Machado, A. L., Galindo, R., Souto, E. B. (2020). Metal-based nanoparticles as antimicrobial agents: An overview. *Nanomaterials*, 10(2), 292.
- [29] Csakvari, A. C., Moisa, C., Radu, D. G., Olariu, L. M., Lupitu, A. I., Panda, A. O., Pop, G., Chambre, D., Socoliuc, V., Copolovici, L., Copolovici, D. M. (2021). Green synthesis, characterization, and antibacterial properties of silver nanoparticles obtained by using diverse varieties of *Cannabis sativa* leaf extracts. *Molecules*, 26(13), 4041.
- [30] Khurana, A., Tekula, S., Saifi, M. A., Venkatesh, P., Godugu, C. (2019). Therapeutic applications of selenium nanoparticles. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 111, 802-812.

- [31] Ranjitha, V. R., Rai, V. R. (2021). Selenium nanostructure: Progress towards green synthesis and functionalization for biomedicine. *Journal of Pharmaceutical Investigation*, 51, 117-135.
- [32] Pouri, S., Motamedi, H., Honary, S., Kazeminezhad, I. (2018). Biological synthesis of selenium nanoparticles and evaluation of their bioavailability. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 60, e17160452.
- [33] Araie, H., Shiraiwa, Y. (2016). Selenium in algae. *The Physiology of Microalgae*, 281-288.
- [34] Vinković Vrček, I. (2018). Selenium nanoparticles: Biomedical applications. *Selenium*, 393-412.
- [35] Garza-García, J. J. O., Hernández-Díaz, J. A., Zamudio-Ojeda, A., León-Morales, J. M., Guerrero-Guzmán, A., Sánchez-Chiprés, D. R., López-Velázquez, J. C., García-Morales, S. (2022). The role of selenium nanoparticles in agriculture and food technology. *Biological Trace Element Research*, 200, 2528-2548.
- [36] Sanjuán, R., Domingo-Calap, P. (2016). Mechanisms of viral mutation. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 73, 4433-4448.
- [37] Ozer, T., Henry, C. S. (2021). Based analytical devices for virus detection: Recent strategies for current and future pandemics. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 144, 116424.
- [38] Ilkhani, H., Farhad, S. (2018). A novel electrochemical DNA biosensor for Ebola virus detection. *Analytical Biochemistry*, 557, 151-155.
- [39] Park, J., Kim, T. H., Kwon, O., Ismail, M., Mahata, C., Kim, Y., Kim, S. (2022). Implementation of convolutional neural network and 8-bit reservoir computing in CMOS compatible VRRAM. *Nano Energy*, 104, 107886.
- [40] Nidzworski, D., Siuzdak, K., Niedziałkowski, P., Bogdanowicz, R., Sobaszek, M., Ryl, J., Weiher, P., Sawczak, M., Wnuk, E., Goddard III, W.A., Jaramillo-Botero, Andrés, Ossowski, T. (2017). A rapid-response ultrasensitive biosensor for influenza virus detection using antibody modified boron-doped diamond. *Scientific Reports*, 7(1), 1-10.
- [41] Ramya, S., Shanmugasundaram, T., Balagurunathan, R. (2015). Biomedical potential of actinobacterially synthesized selenium nanoparticles with special reference to anti-biofilm, anti-oxidant, wound healing, cytotoxic, and anti-viral activities. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 32, 30-39.
- [42] Bisht, N., Phalwal, P., Khanna, P. K. (2022). Selenium nanoparticles: A review on synthesis and biomedical applications. *Materials Advances*, 3(3), 1415-1431.
- [43] Zhang, J., Wang, X., Xu, T. (2008). Elemental selenium at nano size (Nano-Se) as a potential chemopreventive agent with reduced risk of selenium toxicity: Comparison with se-methylselenocysteine in mice. *Toxicological Sciences*, 101(1), 22-31.
- [44] Kang, L., Wu, Y., Zhang, J., An, Q., Zhou, C., Li, D., Pan, C. (2022). Nano-selenium enhances the antioxidant capacity, organic acids and cucurbitacin B in melon (*Cucumis melo L.*) plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 241, 113777.
- [45] Zhou, J., Liu, Y., Hu, Y., Zhang, D., Xu, W., Chen, L., Cai, J. (2023). Selenium nanoparticles synergistically stabilized by starch microgel and EGCG: Synthesis, characterization, and bioactivity. *Foods*, 12(1), 13.
- [46] Ikram, M., Javed, B., Raja, N. I. (2021). Biomedical potential of plant-based selenium nanoparticles: A comprehensive review on therapeutic and mechanistic aspects. *International Journal of Nanomedicine*, 16, 249.
- [47] Choi, H. K., Yoon, J. (2023). Nanotechnology-assisted biosensors for the detection of viral nucleic acids: An Overview. *Biosensors*, 13(2), 208.
- [48] Mellinas, C., Jiménez, A., Garrigós, M. D. C. (2019). Microwave-assisted green synthesis and antioxidant activity of selenium nanoparticles using *Theobroma cacao* L. bean shell extract. *Molecules*, 24(22), 4048.
- [49] Pyrzyńska, K., Sentkowska, A. (2021). Biosynthesis of selenium nanoparticles using plant extracts. *Journal of Nanostructure in Chemistry*, 12, 467-480.
- [50] Kumar, A., Prasad, K. S. (2021). Role of nano-selenium in health and environment. *Journal of Biotechnology*, 325, 152-163.
- [51] Bhattacharjee, A., Basu, A., Bhattacharya, S. (2019). Selenium nanoparticles are less toxic than inorganic and organic selenium to mice *in vivo*. *The Nucleus*, 62, 259-268.
- [52] Boroumand, S., Safari, M., Shaabani, E., Shirzad, M., Faridi-Majidi, R. (2019). Selenium nanoparticles: Synthesis, characterization and study of their cytotoxicity, antioxidant and antibacterial activity. *Materials Research Express*, 6(8), 0850d8.
- [53] Sentkowska, A., Pyrzyńska, K. (2022). The influence of synthesis conditions on the antioxidant activity of selenium nanoparticles. *Molecules*, 27(8), 2486.
- [54] Sharma, G., Pandey, S., Ghatak, S., Watal, G. Rai, P. K. (2017). Potential of spectroscopic techniques in the characterization of "green nanomaterials". *Nanomaterials in Plants, Algae, and Microorganisms*, 1, 59-77.
- [55] Vieira, A. P., Stein, E. M., Andregueti, D. X., Cebrián-Torrejón, G., Doménech-Carbó, A., Colepicolo, P., Ferreira, A. M. D. (2017). "Sweet Chemistry": A green way for obtaining selenium nanoparticles active against cancer cells. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 28, 2021-2027.
- [56] Balasooriya, E. R., Jayasinghe, C. D., Jayawardena, U. A., Ruwanthika, R. W. D., Mendis de Silva, R., Udagama, P. V. (2017). Honey mediated green synthesis of nanoparticles: New era of safe nanotechnology. *Journal of Nanomaterials*, 2017.

- [57] Bartosiak, M., Giersz, J., Jankowski, K. (2019). Analytical monitoring of selenium nanoparticles green synthesis using photochemical vapor generation coupled with MIP-OES and UV–Vis spectrophotometry. *Microchemical Journal*, 145, 1169-1175.
- [58] Shoeibi, S., Mashreghi, M. (2017). Biosynthesis of selenium nanoparticles using *Enterococcus faecalis* and evaluation of their antibacterial activities. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 39, 135-139.
- [59] Alagesan, V., Venugopal, S. (2019). Green synthesis of selenium nanoparticle using leaves extract of withania somnifera and its biological applications and photocatalytic activities. *Bionanoscience*, 9, 105-116.
- [60] Dhanraj, G., Rajeshkumar, S. (2021). Anticariogenic effect of selenium nanoparticles synthesized using *Brassica oleracea*. *Journal of Nanomaterials*, 1-9.
- [61] Wadhvani, S. A., Gorain, M., Banerjee, P., Shedbalkar, U. U., Singh, R., Kundu, G. C., Chopade, B. A. (2017). Green synthesis of selenium nanoparticles using *Acinetobacter* sp. SW30: Optimization, characterization and its anticancer activity in breast cancer cells. *International Journal of Nanomedicine*, 12, 6841.
- [62] Mulla, N. A., Otari, S. V., Bohara, R. A., Yadav, H. M., Pawar, S. H. (2020). Rapid and size-controlled biosynthesis of cytocompatible selenium nanoparticles by *Azadirachta indica* leaves extract for antibacterial activity. *Materials Letters*, 264, 127353.
- [63] Sharma, G., Sharma, A. R., Bhavesh, R., Park, J., Ganbold, B., Nam, J. S., Lee, S. S. (2014). Biomolecule-mediated synthesis of selenium nanoparticles using dried *Vitis vinifera* (raisin) extract. *Molecules*, 19(3), 2761-2770.
- [64] Kora, A. J., Rastogi, L. (2016). Biomimetic synthesis of selenium nanoparticles by *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853: An approach for conversion of selenite. *Journal of Environmental Management*, 181, 231-236.
- [65] Srivastava, N., Mukhopadhyay, M. (2015). Green synthesis and structural characterization of selenium nanoparticles and assessment of their antimicrobial property. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 38, 1723-1730.
- [66] Liu, Y., Zeng, S., Liu, Y., Wu, W., Shen, Y., Zhang, L., Li, C., Chen, H., Liu, A., Shen, L., Wang, C. (2018). Synthesis and antidiabetic activity of selenium nanoparticles in the presence of polysaccharides from *Catathelasma ventricosum*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 114, 632-639.
- [67] Diko, C. S., Zhang, H., Lian, S., Fan, S., Li, Z., Qu, Y. (2020). Optimal synthesis conditions and characterization of selenium nanoparticles in *Trichoderma* sp. WL-Go culture broth. *Materials Chemistry and Physics*, 246, 122583.
- [68] Srivastava, N., Mukhopadhyay, M. (2015). Biosynthesis and structural characterization of selenium nanoparticles using *Gliocladium roseum*. *Journal of Cluster Science*, 26, 1473-1482.
- [69] Deepa, B. Ganesan, V. (2015). Biogenic synthesis and characterization of selenium nanoparticles using the flower of *Bougainvillea spectabilis* willd. *International Journal of Science and Research*, 4, 690–695
- [70] Alvi, G. B., Iqbal, M. S., Ghaith, M. M. S., Haseeb, A., Ahmed, B., Qadir, M. I. (2021). Biogenic selenium nanoparticles (SeNPs) from citrus fruit have anti-bacterial activities. *Scientific Reports*, 11(1), 4811.
- [71] Wang, T., Yang, L., Zhang, B., Liu, J. (2010). Extracellular biosynthesis and transformation of selenium nanoparticles and application in H₂O₂ biosensor. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 80(1), 94-102.
- [72] Zambonino, M. C., Quizhpe, E. M., Jaramillo, F. E., Rahman, A., Santiago Vispo, N., Jeffryes, C., Dahoumane, S. A. (2021). Green synthesis of selenium and tellurium nanoparticles: current trends, biological properties and biomedical applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3), 989.
- [73] Torres, S. K., Campos, V. L., León, C. G., Rodríguez-Llamazares, S. M., Rojas, S. M., Gonzalez, M., Smith, C., Mondaca, M. A. (2012). Biosynthesis of selenium nanoparticles by *Pantoea agglomerans* and their antioxidant activity. *Journal of Nanoparticle Research*, 14, 1-9.
- [74] Hnain, A., Brooks, J., Lefebvre, D. D. (2013). The synthesis of elemental selenium particles by *Synechococcus leopoliensis*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97, 10511-10519.
- [75] Presentato, A., Piacenza, E., Anikovskiy, M., Cappelletti, M., Zannoni, D., Turner, R. J. (2018). Biosynthesis of selenium-nanoparticles and-nanorods as a product of selenite bioconversion by the aerobic bacterium *Rhodococcus aetherivorans* BCP1. *New Biotechnology*, 41, 1-8.
- [76] Estevam, E. C., Griffin, S., Nasim, M. J., Denezhkin, P., Schneider, R., Lilischkis, R., Dominguez-Alvarez, E., Witek, K., Latacz, G., Keck, C., Schäfer, K. H., Kieć-Kononowicz, K., Handzlik, J., Jacob, C. (2017). Natural selenium particles from *Staphylococcus carnosus*: Hazards or particles with particular promise? *Journal of Hazardous Materials*, 324, 22-30.
- [77] Rajeshkumar, S., Veena, P., Santhiyaa, R. V. (2018). Synthesis and characterization of selenium nanoparticles using natural resources and its applications. *Exploring the Realms of Nature for Nanosynthesis*, 63-79.
- [78] Xu, C., Qiao, L., Ma, L., Yan, S., Guo, Y., Dou, X., Zhang, B., Roman, A. (2019). Biosynthesis of polysaccharides-capped selenium nanoparticles using *Lactococcus lactis* NZ9000 and their antioxidant and anti-inflammatory activities. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1632.

- [79] Boroumand Moghaddam, A., Namvar, F., Moniri, M., Md. Tahir, P., Azizi, S., Mohamad, R. (2015). Nanoparticles biosynthesized by fungi and yeast: A review of their preparation, properties, and medical applications. *Molecules*, 20(9), 16540-16565.
- [80] Sarkar, J., Dey, P., Saha, S., Acharya, K. (2011). Mycosynthesis of selenium nanoparticles. *Micro and Nano Letters*, 6(8), 599-602.
- [81] Joshi, S. M., De Britto, S., Jogaiyah, S., Ito, S. I. (2019). Mycogenic selenium nanoparticles as potential new generation broad spectrum antifungal molecules. *Biomolecules*, 9(9), 419.
- [82] Herrero, E., Wellinger, R. E. (2015). Yeast as a model system to study metabolic impact of selenium compounds. *Microbial Cell*, 2(5), 139.
- [83] Kowshik, M., Deshmukh, N., Vogel, W., Urban, J., Kulkarni, S. K., Paknikar, K. M. (2002). Microbial synthesis of semiconductor CdS nanoparticles, their characterization, and their use in the fabrication of an ideal diode. *Biotechnology and Bioengineering*, 78(5), 583-588.
- [84] Kumar, P., Senthamil Selvi, S., Lakshmi Prabha, A., Prem Kumar, K., Ganeshkumar, R. S., Govindaraju, M. (2012). Synthesis of silver nanoparticles from *Sargassum tenerrimum* and screening phytochemicals for its antibacterial activity. *Nano Biomedicine and Engineering*, 4(1), 12-16.
- [85] Saratale, R. G., Karuppusamy, I., Saratale, G. D., Pugazhendhi, A., Kumar, G., Park, Y., Ghodake, G. S., Bharagava, R. N., Banu, J. R. Shin, H. S. (2018). A comprehensive review on green nanomaterials using biological systems: Recent perception and their future applications. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 170, 20-35.
- [86] Rasouli, M. (2019). Biosynthesis of selenium nanoparticles using yeast *Nematospora coryli* and examination of their anti- candida and anti- oxidant activities. *IET Nanobiotechnology*, 13(2), 214-218.
- [87] Ashengroph, M., Tozandehjani, S. (2022). Optimized resting cell method for green synthesis of selenium nanoparticles from a new *Rhodotorula mucilaginosa* strain. *Process Biochemistry*, 116, 197-205.
- [88] Chen, T., Wong, Y. S., Zheng, W., Bai, Y., Huang, L. (2008). Selenium nanoparticles fabricated in *Undaria pinnatifida* polysaccharide solutions induce mitochondria-mediated apoptosis in A375 human melanoma cells. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 67(1), 26-31.
- [89] Nabi, F., Arain, M. A., Hassan, F., Umar, M., Rajput, N., Alagawany, M., Syed, S. F., Soomro, J., Somroo, F., Liu, J. (2020). Nutraceutical role of selenium nanoparticles in poultry nutrition: A review. *World's Poultry Science Journal*, 76(3), 459-471.
- [90] Galić, E., Radić, K., Golub, N., Vitali Čepo, D., Kalčec, N., Vrčec, E., Vinković, T. (2022). Utilization of olive pomace in green synthesis of selenium nanoparticles: Physico-chemical characterization, bioaccessibility and biocompatibility. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(16), 9128.
- [91] Shang, Y., Hasan, M. K., Ahammed, G. J., Li, M., Yin, H., Zhou, J. (2019). Applications of nanotechnology in plant growth and crop protection: A review. *Molecules*, 24(14), 2558.
- [92] Quiterio-Gutiérrez, T., Ortega-Ortiz, H., Cadenas-Pliego, G., Hernández-Fuentes, A. D., Sandoval-Rangel, A., Benavides-Mendoza, A., Cabrera-de la Fuente, M., Juárez-Maldonado, A. (2019). The application of selenium and copper nanoparticles modifies the biochemical responses of tomato plants under stress by *Alternaria solani*. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(8), 1950.
- [93] Sarwar, N., Akhtar, M., Kamran, M. A., Imran, M., Riaz, M. A., Kamran, K., Hussain, S. (2020). Selenium biofortification in food crops: Key mechanisms and future perspectives. *Journal of Food Composition and Analysis*, 93, 103615.
- [94] Singh, T., Shukla, S., Kumar, P., Wahla, V., Bajpai, V. K., Rather, I. A. (2017). Application of nanotechnology in food science: Perception and overview. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1501.
- [95] Biji, K. B., Ravishankar, C. N., Mohan, C. O., Srinivasa Gopal, T. K. (2015). Smart packaging systems for food applications: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 6125-6135.
- [96] Khiralla, G. M., El-Deeb, B. A. (2015). Antimicrobial and antibiofilm effects of selenium nanoparticles on some foodborne pathogens. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2), 1001-1007.
- [97] Siangproh, W., Dungchai, W., Rattanarat, P., Chailapakul, O. (2011). Nanoparticle-based electrochemical detection in conventional and miniaturized systems and their bioanalytical applications: A review. *Analytica Chimica Acta*, 690(1), 10-25.
- [98] Li, Y., Li, X., Wong, Y. S., Chen, T., Zhang, H., Liu, C., Zheng, W. (2011). The reversal of cisplatin-induced nephrotoxicity by selenium nanoparticles functionalized with 11-mercapto-1-undecanol by inhibition of ROS-mediated apoptosis. *Biomaterials*, 32(34), 9068-9076.
- [99] Haddadian, A., Robattorki, F. F., Dibah, H., Soheili, A., Ghanbarzadeh, E., Sartipnia, N., Hajrasouliha, S., Pasban, K., Andalibi, R., Ch, M., Azari, A., Chitgarzadeh, A., Kashtali, A., Mastali, F., Noorbazargan, H., Mirzaie, A. (2022). Niosomes-loaded selenium nanoparticles as a new approach for enhanced antibacterial, anti-biofilm, and anticancer activities. *Scientific Reports*, 12(1), 21938.

- [100] Prasad, K. S., Selvaraj, K. (2014). Biogenic synthesis of selenium nanoparticles and their effect on As (III)-induced toxicity on human lymphocytes. *Biological Trace Element Research*, 157, 275-283.
- [101] Hosnedlova, B., Kepinska, M., Skalickova, S., Fernandez, C., Ruttkay-Nedecky, B., Peng, Q., Baron, M., Melçova, M., Opatrilova, R., Zidkova, J., Bjørklund, G., Sochor, J., Kizek, R. (2018). Nano-selenium and its nanomedicine applications: A critical review. *International Journal of Nanomedicine*, 2107-2128.
- [102] Cong, W., Bai, R., Li, Y. F., Wang, L., Chen, C. (2019). Selenium nanoparticles as an efficient nanomedicine for the therapy of Huntington's disease. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 11(38), 34725-34735.
- [103] Nikam, P. B., Salunkhe, J. D., Minkina, T., Rajput, V. D., Kim, B. S., Patil, S. V. (2022). A review on green synthesis and recent applications of red nano selenium. *Results in Chemistry*, 100581.
- [104] Xu, C., Qiao, L., Ma, L., Guo, Y., Dou, X., Yan, S., Zhang, B., Roman, A. (2019). Biogenic selenium nanoparticles synthesized by *Lactobacillus casei* ATCC 393 alleviate intestinal epithelial barrier dysfunction caused by oxidative stress via Nrf2 signaling-mediated mitochondrial pathway. *International Journal of Nanomedicine*, 4491-4502.
- [105] Muhammad, M. H., Idris, A. L., Fan, X., Guo, Y., Yu, Y., Jin, X., Qiu, J., Guan, X., Huang, T. (2020). Beyond Risk: Bacterial Biofilms and Their Regulating Approaches. *Frontiers in Microbiology*, 11, 928.
- [106] Efe, F., Yüksekdağ, Z., Çınar Acar, B. (2022). *Lactobacillus* cinsi bakteriler tarafından üretilen biyosümfektanların anti-biyofilm ve anti-mikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 3(2): 102-115. ISSN 2757-5543.
- [107] Van Houdt, R., Michiels, C. W. (2010). Biofilm formation and the food industry, a focus on the bacterial outer surface. *Journal of Applied Microbiology*, 109(4), 1117-1131.
- [108] San Keskin, N. O., Akbal Vural, O., Abaci, S. (2020). Biosynthesis of noble selenium nanoparticles from *Lysinibacillus* sp. NOSK for antimicrobial, antibiofilm activity, and biocompatibility. *Geomicrobiology Journal*, 37(10), 919-928.
- [109] Miglani, S., Tani-Ishii, N. (2021). Biosynthesized selenium nanoparticles: Characterization, antimicrobial, and antibiofilm activity against *Enterococcus faecalis*. *Peer J*, 9, e11653.
- [110] Alam, H., Khatoon, N., Khan, M. A., Husain, S. A., Saravanan, M., Sardar, M. (2020). Synthesis of selenium nanoparticles using probiotic bacteria *Lactobacillus acidophilus* and their enhanced antimicrobial activity against resistant bacteria. *Journal of Cluster Science*, 31, 1003-1011.
- [111] Ullah, A., Mirani, Z. A., Binbin, S., Wang, F., Chan, M. W. H., Aslam, S., Yonghong, L., Hasan, N., Naveed, M., Hussain, S., Khatoon, Z. (2023). An elucidative study of the anti-biofilm effect of selenium nanoparticles (SeNPs) on selected biofilm producing pathogenic bacteria: A disintegrating effect of SeNPs on bacteria. *Process Biochemistry*, 126, 98-107.
- [112] Dioguardi, M., Di Gioia, G., Illuzzi, G., Arena, C., Caponio, V. C. A., Caloro, G. A., Zhurakivska, K., Adipietro, I., Troiano, G., Lo Muzio, L. (2019). Inspection of the microbiota in endodontic lesions. *Dentistry Journal* 2(2):1-15
- [113] Jhajharia, K., Parolia, A., Shetty, K. V., Mehta, L.K. (2015). Biofilm in endodontics: A review. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry* 5(1), 1-12
- [114] Prada, I., Micó-Muñoz, P., Giner-Lluesma, T., Micó-Martínez, P., Collado-Castellano, N., Manzano-Saiz, A. (2019). Influence of microbiology on endodontic failure: literature review. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal* 24, e364-e372.
- [115] Nguyen, T. H., Vardhanabhuti, B., Lin, M., Mustapha, A. (2017). Antibacterial properties of selenium nanoparticles and their toxicity to Caco-2 cells. *Food Control*, 77, 17-24.
- [116] Vijayakumar, S., Chen, J., Divya, M., Durán-Lara, E. F., Prasannakumar, M., Vaseeharan, B. (2022). A review on biogenic synthesis of selenium nanoparticles and its biological applications. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 32(7), 2355-2370.
- [117] Shoeibi, S., Mozdziak, P., Golkar-Narenji, A. (2017). Biogenesis of selenium nanoparticles using green chemistry. *Topics in Current Chemistry*, 375, 1-21.
- [118] Shakibaie, M., Mohazab, N. S., Mousavi, S. A. A. (2015). Antifungal activity of selenium nanoparticles synthesized by *Bacillus* species Msh-1 against *Aspergillus fumigatus* and *Candida albicans*. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 8(9).
- [119] Shahbaz, M., Akram, A., Raja, N. I., Mukhtar, T., Mehak, A., Fatima, N., Ajmal, M., Ali, K., Nilofar Mustafa, N., Abasi, F. (2023). Antifungal activity of green synthesized selenium nanoparticles and their effect on physiological, biochemical, and antioxidant defense system of mango under mango malformation disease. *Plos One*, 18(2), e0274679.
- [120] Ehrenstein, J. K., van Zon, S. K. R., Duijts, S. F. A., van Dijk, B. A. C., Dorland, H. F., Schagen, S. B., Bültmann, U. (2020). Type of cancer treatment and cognitive symptoms in working cancer survivors: An 18-month follow-up study. *Journal of Cancer Survivorship*, 14, 2, 158-167.

- [121] Salem, S. S., Fouda, M. M., Fouda, A., Awad, M. A., Al-Olayan, E. M., Allam, A. A., Shaheen, T. I. (2020). Antibacterial, cytotoxicity and larvicidal activity of green synthesized selenium nanoparticles using *Penicillium corylophilum*. *Journal of Cluster Science*, 32, 351-361.
- [122] Chen, F., Zhang, X. H., Hu, X. D., Liu, P. D., Zhang, H. Q. (2018). The effects of combined selenium nanoparticles and radiation therapy on breast cancer cells *in vitro*. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 46(5), 937-948.
- [123] Cruz, L. Y., Wang, D., Liu, J. (2019). Biosynthesis of selenium nanoparticles, characterization and X-ray induced radiotherapy for the treatment of lung cancer with interstitial lung disease. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 191, 123-127.
- [124] Abdelfattah, M. S., Badr, S. E., Lotfy, S. A., Attia, G. H., Aref, A. M., Abdel Moneim, A. E., Kassab, R. B. (2020). Rutin and selenium co-administration reverse 3-nitropropionic acid-induced neurochemical and molecular impairments in a mouse model of Huntington's disease. *Neurotoxicity Research*, 37, 77-92.
- [125] Othman, M. S., Obeidat, S. T., Al-Bagawi, A. H., Fareid, M. A., Fehaid, A., Moneim, A. E. A. (2022). Green-synthesized selenium nanoparticles using berberine as a promising anticancer agent. *Journal of Integrative Medicine*, 20(1), 65-72.
- [126] Yoon, D. J., Kwan, B. H., Chao, F. C., Nicolaidis, T. P., Phillips, J. J., Lam, G. Y., Mason, A. B., Weiss, W. A., Kamei, D. T. (2010). Intratumoral Therapy of Glioblastoma Multiforme Using Genetically Engineered Transferrin for Drug Delivery Genetically Engineered Tf-Toxin Conjugates for GBM Therapy. *Cancer Research*, 70(11), 4520-4527.
- [127] Zhang, P., Hu, L., Yin, Q., Zhang, Z., Feng, L., Li, Y. (2012). Transferrin-conjugated polyphosphoester hybrid micelle loading paclitaxel for brain-targeting delivery: synthesis, preparation and *in vivo* evaluation. *Journal of Controlled Release*, 159(3), 429-434.
- [128] Huang, Y., He, L., Liu, W., Fan, C., Zheng, W., Wong, Y. S., Chen, T. (2013). Selective cellular uptake and induction of apoptosis of cancer-targeted selenium nanoparticles. *Biomaterials*, 34(29), 7106-7116.
- [129] Spyridopoulou, K., Aindelis, G., Pappa, A., Chlichlia, K. (2021). Anticancer activity of biogenic selenium nanoparticles: apoptotic and immunogenic cell death markers in colon cancer cells. *Cancers*, 13(21), 5335.
- [130] Deng, W., Xie, Q., Wang, H., Ma, Z., Wu, B., Zhang, X. (2017). Selenium nanoparticles as versatile carriers for oral delivery of insulin: Insight into the synergic antidiabetic effect and mechanism. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 13(6), 1965-1974.
- [131] Zhao, S. J., Wang, D. H., Li, Y. W., Han, L., Xiao, X., Ma, M., Wan, D. C., Hong, A., Ma, Y. (2017). A novel selective VPAC2 agonist peptide-conjugated chitosan modified selenium nanoparticles with enhanced anti-type 2 diabetes synergy effects. *International Journal of Nanomedicine*, 12, 2143.
- [132] Al-Quraishy, S., Dkhil, M. A., Abdel Moneim, A. E. (2015). Anti-hyperglycemic activity of selenium nanoparticles in streptozotocin-induced diabetic rats. *International Journal of Nanomedicine*, 6741-6756.

2002-2022 Dönemi Türk Uçuş Verilerinin Yıllar ve Havalimanları Bakımından Değerlendirilmesi

M. Taha Yıldırım , Görkem Toprak , Mehmet Güray Ünsal 

Başkent Üniversitesi, İİBF, Teknoloji ve Bilgi Yönetimi Bölümü, Bağlıca Kampüsü, Ankara

Öne Çıkanlar

- Günümüzde havayolu taşımacılığı vazgeçilmez bir ulaşım yöntemidir.
- Bu öneminden dolayı ülke ekonomisi açısından da önemli katkı sağlayan bir sektördür.
- Bu çalışmada hem yıllar hem de havalimanları açısından performans değerlendirilmesi yapılmaktadır.
- Değerlendirmeler sayesinde Türkiye'deki havayolu taşımacılığı ile ilgili analizlerle desteklenen bulgular elde edilmektedir.

Makale Bilgileri

Geliş: 29/03/2023
Kabul: 05/05/2023

Anahtar Kelimeler

Veri Zarflama Analizi,
Çarpraz Etkinlik,
Sıralama,
Uçuş İstatistikleri

Öz

Günümüzde özellikle zamandan tasarruf sağlayan bir ulaşım yöntemi olan havayolu taşımacılığının tercih edilen bir ulaşım biçimi olarak ön plana çıkması ve ülke ekonomisinde kilit bir role sahip olması bu sektörün önemini artırmaktadır. Bu çalışmada havalimanlarının hizmet sektöründeki önemi dikkate alınarak, 2002-2022 yılları arasında taşımacılık verileri üzerinden bir değerlendirme yapılmaktadır. 2002-2021 dönemi yıl bazında, 2022 yılı ise havalimanları bazında değerlendirilmektedir. Literatürde performans sıralamalarında popüler olarak kullanılan Veri Zarflama Analizi ve Çarpraz Etkinlik, Türkiye'nin uçuş istatistiklerini değerlendirmek ve yorumlamak için kullanılmaktadır.

Evaluation of Turkish Flight Data Between 2002-2022 Period in Terms of Years and Airports

Highlights

- Today, air transportation is an indispensable transportation method.
- Because of this importance, it is a sector that makes a significant contribution to the country's economy.
- In this study, performance evaluation is investigated in terms of both years and airports.
- Thanks to the evaluations, findings supported by analyzes related to airtransport in Turkey are obtained.

Article Info

Received: 29/03/2023
Accepted: 05/05/2023

Keywords

Data Envelopment,
Analysis,
Cross Efficiency,
Ranking,
Flight Statistics

Abstract

The fact that air transport, which is a transportation method that saves time, comes to the fore as a preferred type of transportation and has a key role in economy of countries, increases the importance of this sector. In this study, by considering the importance of airports in the service sector, an evaluation is investigated in the transportation data between 2002-2022. The period of 2002-2021 is evaluated on a yearly basis and the year 2022 is evaluated on the basis of airports. Data Envelopment Analysis and Cross Efficiency, which are popularly used in performance measurement in the literature, are used to evaluate and interpret flight statistics of Turkey.



1. GİRİŞ

Günümüzde zaman tasarrufu sağlayan bir ulaşım yöntemi olarak hayatın akışını sağlayan havayolu taşımacılığı geçmişe göre daha büyük oranda ihtiyaç duyulmaktadır. Hem insan hem de kargo taşımacılığı açısından havayolu taşımacılığı dolayısıyla havalimanları hayatın çok önemli bir parçası hâline gelmiştir. Ülkemizdeki sivil ulaşımı amaçlı ilk sivil havalimanı Ankara Güvercinlik bölgesinde faaliyete geçmiştir [1]. Günümüzde Türkiye’de faaliyet gösteren 58 sivil havalimanı bulunmakta ve bunların içinden 37 havalimanında uluslararası uçuşlar yapılmaktadır. Günümüze baktığımızda yolcu yoğunluğu bakımından en büyük havalimanının 2022 yılı Kasım ayı istatistiksel verilerine göre 33.254.622 iç ve dış hatlar yolcu sayısı ile İstanbul’daki İstanbul Havalimanı olduğunu görülmektedir, ardından sırasıyla İstanbul Sabiha Gökçen, Antalya Havalimanı, İzmir Adnan Menderes Havalimanı ve Ankara Esenboğa Havalimanı gelmektedir. Bu kadar çok yolcuyu ağırlayan bu havalimanlarının yönetim performanslarının iyi düzeyde olması ülke ekonomisi açısından da oldukça önemlidir. Çünkü havalimanları fiziksel özellikleriyle, özellikle uluslararası uçuşlarda, ülkelerin tanıtımı ve turistlerde bıraktığı intiba yönünden ön plana çıkan ortamlardır.

Havalimanlarının ülke ekonomisi üzerindeki etkisi yadsınamaz bir gerçektir. Tüm bu yönleriyle havalimanlarının etkin ve yüksek performansta çalışması ve yönetilmesi gereklidir. Havalimanlarının bu öneminden dolayı, bu çalışmada 2002-2022 yılları arasında genel bir değerlendirme yapılması amaçlanmaktadır. Bu değerlendirme, 2002-2021 dönemi yıl bazında, 2022 yılı ise havalimanları bazında yapılacaktır. Değerlendirme sürecinde literatürde etkinlik analizi üzerine popüler olarak kullanılan Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Çapraz Etkinlik yöntemleri kullanılacaktır. Üretilen ürün ve hizmet açısından benzer karar verme birimlerinden (KVB) oluşan grupların verimliliklerini değerlendirmenin parametrik olmayan yöntemi olan Veri Zarflama Analizi (VZA), Charnes vd. [2] tarafından keşfedilmiştir. VZA kısaca, karar verme birimlerinin (KVB) verimliliklerini değerlendirmek için parametrik olmayan bir yaklaşımdır.

Bu çalışmada havalimanlarının hizmet sektöründeki önemi dikkate alınarak, 2002-2022 yılları arasında taşımacılık verileri üzerinden bir değerlendirme yapılmaktadır. Bu değerlendirmenin ilk aşamasında uçak trafiği (uçak kalkış ve iniş sayıları), yük trafiği (taşınan kargo sayıları) ve yolcu trafiği (taşınan yolcu sayıları) verileri üzerinden, yılların performanslarına göre sıralanması amaçlanmaktadır. Bu aşamada Çapraz Etkinlik skorlarına göre değerlendirme yapılacaktır. İkinci aşamada ise, aynı değişkenler bu sefer havalimanları özelinde toplanarak 2022 yılı üzerinden havalimanlarının performansları karşılaştırılacaktır. Çalışmanın geri kalan bölümleri izleyen şekilde tasarlanmaktadır: Çalışmanın ikinci bölümünde dünyadaki ve Türkiye’deki havalimanları üzerine literatürde daha önce yapılmış çalışmalar incelenmektedir. Üçüncü bölümde performans sıralamasına uygulanacak yöntem olarak Veri Zarflama Analizi (VZA) ve uzantısı olan Çapraz Etkinlik anlatılmaktadır. Kullanılan girdi-çıkıtı değişkenleri ve analiz sonuçları dördüncü bölümde verilmektedir. Çalışma beşinci bölümde sonuçlandırılmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Türkiye özelindeki ve dünya genelindeki literatürde yapılan çalışmalar izleyen şekilde bir literatür çalışmasıyla özetlenebilir: Sengur [3] 2001 yılında havaalanlarında performans analizi için bir model önermiş ve Türkiye’deki havalimanları üzerine bir uygulama yapmıştır. Ulutaş [4] 2006’da Türkiye’deki havaalanı etkinliklerini Veri Zarflama Analizi ile değerlendirmiştir. Kıyıldı ve Kardeşahin [5] yine 2006 yılında havalimanlarının altyapı performansı değerlendirilmesi konusunda çalışmışlardır. Barros ve Dieke [6] 2007’de İtalya havalimanlarının performans değerlendirmesi ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Erden [7] 2007’de Türkiye’deki havalimanları için bir Veri Zarflama Analizi uygulaması yapmıştır. Barros [8] 2008 yılında Arjantin’in ekonomik krizinde havalimanlarının teknik etkinliğini araştırmıştır. Peker ve Birdoğan [9] 2009’da yine Türkiye’deki havalimanlarında etkinlik ölçümü uygulaması konusunda çalışmışlardır.

Mancuso ve Gitto [10] 2012 yılında İtalyan havalimanlarının durumunu incelemiştir. Ar [11] aynı yıl Türkiye’deki havalimanlarının etkinliklerindeki değişimi incelemiştir. Yu vd. [12] 2013 yılında Veri Zarflama Analizi kullanarak Tayvan üzerine inceleme yapmışlardır. Barros vd. [13] yine 2013’de Fransa bölgesindeki havalimanlarının verimliliğini incelemiştir. Taşlıgil [1], 2014 yılı için Türkiye’nin

havalimanları üzerine çalışmıştır. Ülkü [14] 2015 yılında İspanyol ve Türk havalimanlarını karşılaştırmıştır. Avcı ve Aktaş [15] aynı yıl Türkiye'deki havalimanlarının performanslarının ölçmüşlerdir. Yazgan ve Karkacier [16], 2015 yılında Veri Zarflama Analizi ile havalimanı işletmeciliği üzerine bir uygulama yapmışlardır. Fragoudaki ve Giokas [17] 2016'da Yunanistan'daki havalimanlarının turizm sektörüne olan etkisini incelemiştir. Asker [18] 2016 yılında Türk havalimanlarına ait operasyonel etkinlik ölçümü yapmıştır. Bolat vd. [19] 2016'da Veri Zarflama Analizi ile Yapay Sınır Ağları'nın birlikte kullanımını içeren hibrit bir yaklaşımla havalimanlarımızı incelemiştir. Örkücü vd. [20] Türk Havalimanları için 2009-2014 tarihleri arası derlenen veri üzerinden yönetsel etkinlik ölçümünü gerçekleştirmişlerdir Storto [21] aynı yıl İtalya havalimanlarının maliyet-gelir üretim döngüsü verimliliğinin analizini yapmıştır. Ennen ve Batool [22] 2018 yılında Pakistan'da faaliyet gösteren havalimanları ile ilgili bir verimlilik ölçümü çalışması yapmıştır. Lu vd. [23] 2019 için Çin havalimanları üzerine bir analiz yapmışlardır. Fernandes vd. [24] 2019'da Brezilya havalimanlarının bölgesel değişikliğini incelemiştir. Köleoğlu ve Demirel [25] aynı yıl önemli turizm kentlerindeki havalimanlarının etkinliklerini ölçmüşlerdir. Ripoll-Zarraga ve Molinero [26] 2020 yılında İspanyol havalimanlarında verimliliğin nedenlerini keşfetmeyi amaçlayan bir çalışma yapmıştır. Ngo ve Tsui [27] aynı yıl Yeni Zellanda havalimanları verimliliğini tahmin etmek için araştırma yapmışlardır. Güner ve Cebeci [28] aynı yıl Türkiye'de yeni inşa edilen bir havalimanı için çıktı hedefleme ve kapasite kullanımını inceleyen araştırma yapmışlardır. Fragoudaki ve Giokas [29] özelleştirmenin havalimanlarının verimliliğine etkisini incelemiştir. Liu vd. [30] 2021 yılında Çin ve Japonya için yüksek hızlı demiryolu gelişiminin havalimanı verimliliğini nasıl etkilediğine yönelik çalışma yapmışlardır. Özsoy ve Örkücü [31] aynı yıl Türk havalimanlarının yapısal ve operasyonel yönetim etkinliğini incelemiştir. Thomas ve Jha [32] 2022'de Hindistan havalimanları üzerine çalışmışlardır. Kaya, vd. [33] 2022 yılında Türk havalimanlarının verimliliğini değerlendirmek bir çalışma yapmışlardır. Bahsedilen çalışmalar ile ilgili özet bilgiler Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Havalimanları çalışmaları ile ilgili literatür taraması

| Yazar | Yıl | Ülke | Konu / Kapsam |
|--------------------------|------|-----------------|---|
| Şengur-Kuyucak [3] | 2001 | Türkiye | Havaalanlarında Performans Analizi İçin Bir Model |
| Ulutaş [4] | 2006 | Türkiye | Türkiye'deki havaalanı etkinlikleri |
| Karavaşin ve Kıyıldı [5] | 2006 | Türkiye | Altyapı Performansının Değerlendirilmesi |
| Barros ve Dieke [6] | 2007 | İtalya | İtalya havalimanlarının performansı |
| Erden [7] | 2007 | Türkiye | Havalimanları Etkinliklerinin Karşılaştırılması |
| Barros [8] | 2008 | Arjantin | Ekonomik kriz bağlamında teknik verimlilik |
| Peker ve Birdoğan [9] | 2009 | Türkiye | Havalimanları Etkinlik Ölçümü Uygulaması |
| Gitto ve Mancuso [10] | 2012 | İtalya | Havalimanları analizi |
| Ar [11] | 2012 | Türkiye | Etkinliklerindeki Değişimin İncelenmesi |
| Yu vd. [12] | 2013 | Tayvan | VZA kullanarak insan kaynakları belirlenmesi |
| Barros vd. [13] | 2013 | Fransa | Bölgesel havalimanlarının verimliliği |
| Taşlıgil [1] | 2014 | Türkiye | Türkiye'nin Havaalanları |
| Ülkü [14] | 2015 | Türkiye-İspanya | İspanyol ve Türk havalimanlarının karşılaştırılması |
| Avcı ve Aktaş [15] | 2015 | Türkiye | Havalimanları performanslarını değerlendirme |

Çizelge 1. Devam ediyor

| Yazar | Yıl | Ülke | Konu / Kapsam |
|---------------------------|------|----------------|---|
| Karkacıer ve Yazgan [16] | 2015 | Türkiye | Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümleri |
| Fragoudaki ve Giokas [17] | 2016 | Yunanistan | Turizm alan bir ülkede havaalanı performansı |
| Asker [18] | 2016 | Türkiye | Operasyonel Etkinlik Ölçümü |
| Bolat vd. [19] | 2016 | Türkiye | Veri Zarflama Analizi ve Yapay Sınır Ağlarının Birlikte Kullanımı |
| Örkcü [20] | 2016 | Türkiye | Yönetimsel Etkinlik Ölçümü |
| Storto [21] | 2018 | İtalya | İtalya havalimanlarının maliyet-gelir analizi |
| Ennen ve Batool [22] | 2018 | Pakistan | Havalimanı verimliliği |
| Lu vd. [23] | 2019 | Çin | Çin havalimanı analizi |
| Fernandes vd [24] | 2019 | Brezilya | Brezilya havalimanlarının bölgesel değişikliği |
| Köleoğlu ve Demirel [25] | 2019 | Türkiye | Turizm kentlerindeki havalimanları |
| Zarraga ve Molinero [26] | 2020 | İspanya | İspanyol havalimanlarında verimliliğin nedenleri |
| Ngo ve Tsui [27] | 2020 | Yeni Zelanda | Verimliliği tahmin etmek için veriye dayalı bir yaklaşım |
| Fragoudaki ve Giokas [28] | 2020 | Yunanistan | Özelleştirmenin havalimanlarına etkisi |
| Liu vd. [29] | 2021 | Çin-Japonya | Yüksek hızlı demiryolu gelişimi havalimanı verimliliğini etkileşimi |
| Güner ve Cebeci [30] | 2021 | Avrupa ve Asya | Çok periyotlu etkinlik analizi |
| Özsoy ve Örkcü [31] | 2021 | Türkiye | Yapısal ve operasyonel yönetim |
| Thomas ve Jha [32] | 2022 | Hindistan | Bölgesel havalimanlarının yapısal verimlilik değerlendirilmesi |
| Kaya vd. [33] | 2022 | Türkiye | Havalimanlarının verimliliği |

3. METODOLOJİ

3.1. Veri Zarflama Analizi ve CCR Modeli

Charnes vd. [2] tarafından geliştirilen ve üretim sürecindeki performansları ya da etkinlikleri ölçülmek istenen karar verme birimlerinin (KVB) göreceli etkinliğini ölçen parametrik olmayan bir teknik olarak Veri Zarflama Analizi (VZA) kullanılır. VZA, çıktıların ağırlıklı toplamının girdilerin ağırlıklı toplamına oranı olarak ölçülen oran modellerinden türetilmiştir. Bu model ile KVB verimliliğini ölçmek istiyorsak, modeli her KVB için bir kez çözmemiz gerekir. En iyi amaç fonksiyonu değeri, her KVB için bir etkinlik değeri verir. Ayrıca, optimal ağırlık seti her KVB için tanımlanır. Etkinlik değeri 1 olan tüm KVB'ler etkin kabul edilir. Etkinlik değerleri 1'den farklı olan birimler de etkin olmayan olarak kabul edilir. VZA, girdiler ve çıktılar olarak ayrı değişkenler gerektirir. Değişkenlerin girdi ve çıktı olarak ayrılması, birimler üzerindeki etkilerine bağlıdır. Retzlaff-Roberts [34] 1996 yılında yaptığı bir çalışmada girdi ve çıktı değişkenlerinden ziyade varlıkları olumlu ve olumsuz etkileyen değişkenler kavramını kullanmanın daha uygun olduğunu

savunmuştur. Retzlaff-Roberts [34] etkinlik skorlarını artıran değişkenlerin pozitif etkiler olarak kabul edilmesi gerektiğini ve etkinlik skorlarını azalmasına neden olan değişkenlerin negatif etkiler olarak kabul edilmesi gerektiğini öne sürmüştür.

x_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m$) ve y_{rj} ($r = 1, 2, \dots, s$) olarak j . örneğin (birimin) i . girdisini ve r . çıktısını, u_r , r . çıktıya atanan ağırlığı, v_i ise i . girdiye atanan ağırlığı göstermektedir. Literatürde çıktı yönlü CCR modeli olarak geçen modelin matematiksel model yapısı aşağıdaki gibidir [2]:

$$\begin{aligned} \min h_j &= \sum_{i=1}^m v_i x_{io} \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} &\geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} &= 1, \quad u_r, v_i \geq 0 \end{aligned}$$

3.2. Çapraz Etkinlik Yöntemi

Çapraz etkinlik yöntemi özellikle sıralama modeli olarak literatürde kullanılmaktadır. Bir başka deyişle, KVB'lerin etkinlik değerlerine göre sıralanmasını sağlamaktadır. Çapraz etkinlik değerlendirmesi iki aşamada yapılmaktadır. Birinci aşamada CCR etkinlik hesaplamaları ile elde edilen optimal ağırlıklar alınır. İkinci aşama ise bu ağırlıklar ile her bir KVB'nin etkinlik değerleri hesaplanmaktadır. Bu skorların aritmetik ortalaması her bir KVB'nin çapraz etkinlik skorunu belirler [35,36]. Çapraz etkinlik skoru, $\theta_{p,j}$, DMU_j için DMU_p 'nin ağırlıkları kullanılarak elde edilen etkinlik skorudur [36]. İkinci aşamada etkinlik skor değerleri izleyen şekilde hesaplanır [35,36]:

$$\theta_{p,j} = \frac{\sum_{r=1}^s u_{r,p} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{i,p} x_{ij}}$$

4. BULGULAR

Giriş kısmında belirtildiği üzere uçuş verilerinin değerlendirilmesi bu çalışma kapsamında iki ayrı biçimde yapılmaktadır. Öncelikle, KVB olarak yılları düşündüğümüz çalışmada, 2002 yılından 2021 yılına kadar havalimanlarının toplam verileri, Türkiye verileri olarak kabul edilerek, yılların göreceli performansları Çapraz Etkinlik yöntemi ile hesaplanmakta ve sıralanmaktadır. Daha sonra 2022 Kasım ayı verileri itibarıyla, en güncel durum olarak Türkiye'deki tüm verilerine ulaşılabilen 51 havalimanı için etkinlik analizi CCR modeli üzerinden yapılmaktadır. Kullanılan değişkenlerin belirlenmesinde literatürdeki yapılmış çalışmalardan yararlanılmıştır. Hem yıllar hem de havalimanları bazında yapılan çalışmada kullanılacak yolcu sayısı (trafiği), toplam iniş ve kalkış yapan uçak sayısı (trafiği) ve toplam taşınan (gelen ve giden) kargo sayısı (yük trafiği) değişkenleri literatürde performans ölçümünde popüler olarak tercih edilen çıktı değişkenlerdendir [9,11,19,20]. Tüm sonuçlar ve kullanılan programlama dili ile ilgili bilgiler aşağıdaki alt bölümlerde verilmektedir.

4.1. R Programlama Dili ve Kullanılan Kodlar

R programlama dili 1996 yılında, Ross Ihaka ve Robert Gentleman tarafından geliştirilmiştir. Kullanışlı ve popüler bir programlama dilidir. R Studio, R'nin kullanımını kolaylaştıran bir arayüzdür (bütünleşik geliştirme ortamı, IDE). Açık kaynak kodlu oluşu, yüksek seviye bir programlama dili oluşu, Veri Bilimi, Veri Madenciliği, Makine Öğrenmesi, Yapay Zeka uygulamalarına yönelik çok sayıda kütüphaneye sahip oluşu ve ücretsiz oluşu gibi özelliklerinden dolayı oldukça tercih edilmektedir. R programlama dili ayrıca Yöneylem Araştırması (Sayısal Yöntemler) konusu olan Veri Zarflama Analizi ile ilgili paket ve fonksiyonları da barındırmaktadır. Bu çalışmada kullandığımız kodlar, yararlandığımız paket ve fonksiyonlar Ekler kısmında verilmektedir [37,38].

4.2. 2002-2021 Dönemi Yıllara Göre Değerlendirme

Analizde karar verme birimleri (KVB) olarak 2002'den 2021'e kadar 20 yıl alınmaktadır, çıktı değişkenler olarak yıllara ait toplam yolcu sayısı (trafiği), toplam iniş ve kalkış yapan uçak sayısı (trafiği) ve toplam taşınan (gelen ve giden) kargo sayısı (yük trafiği) değişkenleri kullanılmış, girdi olarak her bir yılın eşit düzeyde değerlendirilmesini sağlamak için her bir yıl için 1 değeri kullanılmıştır [39]. Sayısal verilerine eksiksiz ulaşılabilen yıllar analize dâhil edilmiştir [40]. Çıktı değişkenlerine ait bazı betimsel istatistik değerleri aşağıda *Çizelge 2*'de verilmektedir.

Çizelge 2. 2002-2021 yılları çıktı değişkenlerine ait bazı betimsel istatistikler

| | Yolcu Trafiği | Uçak Trafiği | Yük Trafiği |
|--------------|---------------|--------------|-------------|
| Minimum | 33783892 | 374987 | 896865 |
| 1. Çeyreklik | 68136314 | 673201 | 1499776 |
| Medyan | 110210430 | 980890 | 2249303 |
| Ortalama | 115409332 | 989640 | 2305701 |
| 3. Çeyreklik | 167726060 | 1372714 | 3073852 |
| Maksimum | 210498164 | 1556417 | 4090168 |

CCR gibi klasik VZA modellerinde, KVB sayısı kullanılan değişken sayısından oldukça fazla değilse ayrıştırma problemi ortaya çıkabilir. Yıllara göre yapılan etkinlik analizinde böylesi bir durum ortaya çıktığından yılların birbiriyle daha net karşılaştırılabilmesi için bir sıralama modeline yer verilmiştir. R Studio kodları çalıştırılarak elde edilen yıllara göre çapraz etkinlik skorları aşağıda *Çizelge 3*'te verilmektedir.



Şekil 1. Yıllara göre çapraz etkinlik skorları çizgi grafiği (2002-2021)

Çizelge 3. 2002-2021 yıllarına ait çapraz etkinlik skorları ve sıralamaları

| Yıl (KVB) | Çapraz Etk. Skoru | Sıralama | Yıl (KVB) | Çapraz Etk. Skoru | Sıralama |
|-----------|-------------------|----------|-----------|-------------------|----------|
| 2002 | 0.2320 | 20 | 2012 | 0.6784 | 9 |
| 2003 | 0.2332 | 19 | 2013 | 0.7632 | 8 |
| 2004 | 0.2815 | 18 | 2014 | 0.8410 | 6 |
| 2005 | 0.3425 | 17 | 2015 | 0.9094 | 4 |
| 2006 | 0.3854 | 16 | 2016 | 0.9044 | 5 |
| 2007 | 0.4255 | 15 | 2017 | 0.9479 | 3 |
| 2008 | 0.4595 | 14 | 2018 | 0.9879 | 2 |
| 2009 | 0.4883 | 13 | 2019 | 0.9994 | 1 |
| 2010 | 0.5710 | 11 | 2020 | 0.5403 | 12 |
| 2011 | 0.6468 | 10 | 2021 | 0.7659 | 7 |

Yapılan Çapraz Etkinlik Analizi sonuçlarına göre, Türkiye’de uçuş istatistiklerine göre en yoğun kullanımın olduğu, bir başka deyişle havalimanları kullanımında en etkin yıl olarak 2019 belirlenmiştir. Çapraz etkinlik skorları yüksek olan yılların performanslarının, diğer yıllara göre göreceli olarak daha iyi olduğu yöntemin yorumsal getirisiidir. Buna göre 2020 yılına kadar Türkiye’de ki uçuş sektörünün yıl bazındaki performansı ilgili değişkenler bakımından değerlendirildiğinde artış göstermiş, ancak 2020 yılı ile beraber büyük bir düşüş yaşamıştır. Performans açısından sıralandığında en iyi ilk 5 yıl sırasıyla, 2019 (1), 2018 (2), 2017 (3), 2015 (4) ve 2016 (5) olarak tespit edilmiştir. Son 5 yıl ise 2002 (20), 2003 (19), 2004 (18), 2005 (17) ve 2006 (16) yıllarıdır. Şekil 1 etkinlik skorlarının yıllara göre değişimini göstermektedir.

4.3. 2022 Yılı Havalimanları Değerlendirmesi

Analizde çıktı değişkenler olarak havalimanlarına ait 2022 yılı yolcu sayısı (trafiği), iniş ve kalkış yapan uçak sayısı (trafiği) ve taşınan (gelen ve giden) kargo sayısı (yük trafiği) değişkenleri kullanılmış, girdi olarak her bir havalimanının eşit düzeyde değerlendirilmesini sağlamak için her bir havalimanı için 1 olarak alınmıştır [39]. Sayısal verilerine eksiksiz ulaşılabilen 51 havalimanı analize dâhil edilmiştir (dhmi.gov.tr). Literatürde bazı çalışmalarda, havalimanları kapasitelerine ya da ulusal-uluslararası olmalarına göre ayrı ayrı incelenirse de, aynı zamanda tüm havalimanlarının toplu olarak alınarak, performanslarının birlikte değerlendirildiği çalışmalar da mevcuttur [4,19]. Çıktı değişkenlerine ait bazı betimsel istatistik değerleri aşağıda Çizelge 4’te verilmektedir.

Çizelge 4. Havalimanları çıktı değişkenlerine ait bazı betimsel istatistikler

| | Yolcu Trafiği | Uçak Trafiği | Yük Trafiği |
|--------------|---------------|--------------|-------------|
| Minimum | 454 | 468 | 86 |
| 1. Çeyreklik | 110860 | 2390 | 1405 |
| Medyan | 380496 | 5232 | 4025 |
| Ortalama | 2313817 | 21158 | 61887 |
| 3. Çeyreklik | 1101744 | 18097 | 11184 |
| Maksimum | 33254622 | 251085 | 1383528 |

Yapılan CCR modeli analiz çıktısı olarak aşağıda verilen Çizelge 5’teki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5. Havalimanları etkinlik analizi CCR modeli sonuçları ve sıralamaları

| Havalimanı (KVB) | CCR Skoru | Sıralama | Havalimanı (KVB) | CCR Skoru | Sıralama |
|---------------------------|-----------|----------|---------------------------|-----------|----------|
| İstanbul Atatürk | 0,5648 | 4 | Eskişehir Hasan Polatkan | 0,0188 | 30 |
| İstanbul | 1,0000 | 1 | Hakkari Selahaddin Eyyubi | 0,0057 | 44 |
| İstanbul Sabiha Gökçen | 0,6825 | 2 | Hatay | 0,0278 | 21 |
| Ankara Esenboğa | 0,2437 | 5 | Iğdır Şehit Bülent Aydın | 0,0067 | 43 |
| İzmir Adnan Menderes | 0,2138 | 6 | Isparta Süleyman Demirel | 0,1051 | 10 |
| Antalya | 0,6416 | 3 | Kahramanmaraş | 0,0084 | 40 |
| Gazipaşa Alanya | 0,0208 | 27 | Kars Harakani | 0,0125 | 36 |
| Muğla Dalaman | 0,1222 | 8 | Kastamonu | 0,0032 | 48 |
| Muğla Milas-Bodrum | 0,1155 | 9 | Kayseri | 0,0503 | 18 |
| Adana | 0,1345 | 7 | Kocaeli Cengiz Topel | 0,0119 | 37 |
| Trabzon | 0,0777 | 12 | Konya | 0,0236 | 23 |
| Erzurum | 0,0242 | 22 | Malatya | 0,0202 | 28 |
| Gaziantep | 0,0597 | 15 | Mardin | 0,0162 | 33 |
| Adıyaman | 0,0049 | 46 | Muş Sultan Alparslan | 0,0103 | 38 |
| Ağrı Ahmed-i Hani | 0,0072 | 42 | Kapadokya | 0,0670 | 14 |
| Amasya Merzifon | 0,0038 | 47 | Ordu-Giresun | 0,0212 | 25 |
| Balıkesir Koca Seyit | 0,0771 | 13 | Samsun Çarşamba | 0,0476 | 19 |
| Batman | 0,0148 | 35 | Siirt | 0,0019 | 51 |
| Bingöl | 0,0052 | 45 | Sinop | 0,0079 | 41 |
| Bursa Yenişehir | 0,0577 | 17 | Sivas Nuri Demirağ | 0,0154 | 34 |
| Çanakkale | 0,0213 | 24 | Şanlıurfa GAP | 0,0197 | 29 |
| Denizli Çardak | 0,0170 | 32 | Şırnak Şerafettin Elçi | 0,0187 | 31 |
| Diyarbakır | 0,0371 | 20 | Tekirdağ Çorlu Atatürk | 0,0926 | 11 |
| Elazığ | 0,0208 | 26 | Van Ferit Melen | 0,0579 | 16 |
| Erzincan Yıldırım Akbulut | 0,0090 | 39 | Zafer | 0,0025 | 50 |
| | | | Zonguldak Çaycuma | 0,0028 | 49 |

Havalimanları özelindeki analiz sonuçları, etkinlik skorları yönünden ilk beş ve son beş havalimanı için değerlendirilmiştir. Bu yönüyle, çalışma kapsamında VZA'nın projeksiyon özelliğinden ziyade performans kıyaslama özelliğine odaklanılmıştır. Etkinlik Analizi CCR Modeli sonuçlarına göre, Türkiye'deki en etkin havalimanı İstanbul havalimanıdır. İlk 5 havalimanı İstanbul, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı, Antalya, İstanbul Atatürk ve Ankara Esenboğa havalimanlarıdır. Türkiye'deki en etkisiz 5 havalimanı ise Adıyaman, Amasya Merzifon, Kastamonu, Zonguldak Çaycuma, Zafer ve Siirt havalimanlarıdır.

5. SONUÇ

Günümüzde havayolu taşımacılığının ön plana çıkmasıyla önemli ve kilit bir role sahip olan havalimanlarına büyük oranda ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada havalimanlarının hizmet sektöründeki önemi dikkate alınarak, 2002-2022 yılları arasında taşımacılık verileri üzerinden bir değerlendirme yapılmaktadır. Türkiye’de uçuş istatistiklerine göre en yoğun kullanım olduğu, bir başka deyişle havalimanları kullanımının en etkin yıl olarak 2019 belirlenmiştir. Performans açısından sıralandığında en iyi ilk 5 yıl sırasıyla, 2019 (1), 2018 (2), 2017 (3), 2015 (4) ve 2016 (5) olarak tespit edilmiştir. Ayrıca 2020 (12) ve 2021 (7) yıllarına ait etkinlik sıralaması pandemi dönemiyle birlikte havayolu ulaşımının kullanım sürecinin olumsuz olarak etkilendiğini de göstermektedir. Ayrıca, Türkiye’deki havalimanlarına ait bazı veriler üzerinden yapılan analiz sonuçlarına göre, Türkiye’deki en etkin ilk 5 havalimanı İstanbul, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı, Antalya, İstanbul Atatürk ve Ankara Esenboğa havalimanlarıdır. Türkiye’deki en etkisiz 5 havalimanı ise Adıyaman, Amasya Merzifon, Kastamonu, Zonguldak Çaycuma, Zafer ve Siirt havalimanlarıdır. Bu durumda yapımı yakın zamanda biten bazı yeni havalimanlarının ulaşımı kolaylaştırma etkilerinin haricinde, coğrafi konumları ve/veya kullanım amaçları sebebiyle kısa vadede ülke ekonomisine henüz tam bir katma değer sağlayamamışlardır.

BİLDİRİM

Bu çalışma, Başkent Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Teknoloji ve Bilgi Yönetimi Bölümü, TBY 402 kodlu Bitirme Projesi dersi lisans bitirme projesi kapsamında yapılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI/ÇAKIŞMASI BİLDİRİMİ

Yazarlar arasında çıkar çatışması/çakışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKI ORANI

M. Taha Yıldırım: Araştırma, Materyal temini, İçerik analizi, Makalenin yazımı- İnceleme ve Düzenleme
Görkem Toprak: Araştırma, Materyal temini, İçerik analizi Kavramlaştırma, İçerik analizi, Makalenin yazımı- İnceleme ve Düzenleme. **Mehmet Güray Ünsal:** Metodoloji, Yazılım, Makalenin yazımı- İnceleme ve Düzenleme, Danışman/Kontrolörlük

KAYNAKLAR

- [1] Taşlıgil, N. (2014) Türkiye'nin havaalanları, *Türk Coğrafya Dergisi*, 31, 259-281.
- [2] Charnes, A., Cooper W.W., and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- [3] Şengur-Kuyucak, F. (2001) Havaalanlarında Performans Analizi İçin Bir Model Önerisi Ve Türkiye’deki Havalimanlarında Uygulanması, *Yüksek Lisans Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- [4] Ulutaş, B. B. (2006) Türkiye'deki havaalanı etkinliklerinin veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans tezi*, ESOGÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [5] Kıyıldı, R. K., Kardeş, M. (2006) Türkiye’deki Hava Alanlarının Veri Zarflama Analizi İle Altyapı Performansının Değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 103,391-397.
- [6] Barros P.C., Deike.U.C. (2007) Performance evaluation of Italian airports: A data envelopment analysis, *Journal of Air Transport Management*, 13, 184-191.
- [7] Erden, E. (2007) Türkiye’deki Havalimanlarının İç Hat Uçuşları Yönünden Etkinliklerinin Karşılaştırılması: Bir Veri Zarflama Analizi Uygulanması, *Yüksek Lisans Tezi*, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- [8] Barros, C.P., (2008) Airports in Argentina: Technical efficiency in the context of an economic crisis, *Journal of Air Transport Management*, 14, 315-319.
- [9] Peker, İ., Birdoğan, B. (2009) Veri Zarflama Analizi İle Türkiye Havalimanlarında Bir Etkinlik Ölçümü Uygulanması, *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(2), 72-88.
- [10] Mancuso, P., Gitto, S. (2012) Two faces of airport business: A non-parametric analysis of the Italian airport industry, *Journal of Air Transport Management*, 20, 39-42.

- [11] Ar, İ. (2012) Türkiye'deki Havalimanlarının Etkinliklerindeki Değişimin İncelenmesi: 2007-2011 dönemi için Malmquist-TFV endeksi uygulaması, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26(3), 143-160.
- [12] Yu, M., Chern, C.C., Hsiao, B. (2013) Human resource rightsizing using centralized data envelopment analysis: Evidence from Taiwan's Airports, *Omega*, 41,119-130.
- [13] Barros, C.P., Liang, Q.B, Peypoch, N. (2013) The efficiency of French regional airports: An inverse -convex analysis, *International Journal of Production Economics*, 141, 668-674.
- [14] Ülkü, T. (2015). A comparative efficiency analysis of Spanish and Turkish airports. *Journal of Air Transport Management*, 46 (1), 56-68.
- [15] Avcı, T., Aktaş, M. (2015) Türkiye'de faaliyet gösteren havalimanlarının performanslarının değerlendirilmesi, *International Journal of Alanya Faculty of Business/Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 7(3), 67-77.
- [16] Yazgan, E., Karkacier O. (2015) Veri Zarflama Analizi İle Etkinlik Ölçümleri ve Havalimanı İşletmeciliği Sektöründe Bir Uygulama, *International Journal of Alanya Faculty of Business/Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 7 (2): 15-28.
- [17] Fragoudaki, A., Giokas, D. (2016) Airport performance in a tourism receiving country: Evidence from Greece, *Journal of Air Transport Management*, 52, 80-89.
- [18] Asker, V. (2016) Havalimanlarında operasyonel etkinlik ölçümü: Seçilmiş havalimanlarında bir uygulama, *Yüksek lisans tezi*, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sivil Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı.
- [19] Bolat, B., Temur G. T., Gürler H. (2016) Türkiye'deki Havalimanlarının Etkinlik Tahmini: Veri Zarflama Analizi ve Yapay Sınır Ağlarının Birlikte Kullanımı, *Ege Akademik Bakış*, 16, 1-10.
- [20] Örkücü, H. H., Balıkcı, C., Doğan, M.İ., Genç, A. (2016) An evaluation of the operational efficiency of turkish airports using data envelopment analysis and the Malmquist productivity index: 2009–2014 case, *Transport Policy*, 48, 92-104.
- [21] Storto, C. (2018) The analysis of the cost-revenue production cycle efficiency of the Italian airports: A NSBM DEA approach, *Journal of Air Transport Management*, 72, 77-85.
- [22] Ennen, D., Batool, I. (2018) Airport efficiency in Pakistan - A Data Envelopment Analysis with weight restrictions, *Journal of Air Transport Management*, 69, 205-212.
- [23] Lu, W., Park, S.H., Huang, T., Yeo, G.T. (2019) An analysis for Chinese airport efficiency using weighted variables and adopting CFPR, *The Asian Journal, of Shipping and Logistics*, 35, 230-242.
- [24] Fernandes, V.A., Pacheco, R. R., Silva, W.R., Fernandes, E. (2019) Regional change in the hierarchy of Brazilian airports 2007–2016, *Journal of Transport Geography*, 79, 102467.
- [25] Köleoğlu, N., Demirel, E. (2019) Türkiye'nin önemli turizm kentlerindeki Havalimanlarının etkinliklerinin veri zarflama analizi yöntemiyle ölçülmesi, *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 16(3), 352-365.
- [26] Ripoll-Zarraga, A.E., Mar-Molinero, C. (2020) Exploring the reasons for efficiency in Spanish airports, *Transport Policy*, 99, 186-202.
- [27] Ngo, T., Tsui, K.W.T. (2020) A data-driven approach for estimating airport efficiency under endogeneity: An application to New Zealand airports, *Research in Transportation Business and Management*, 34, 100412.
- [28] Güner, S., Cebeci, H.İ (2021) Multi-period efficiency analysis of major European and Asian airports under fixed proportion technologies, *Transport Policy*, 107, 24-42.
- [29] Fragoudaki, A., Giokas, D. (2020) Airport efficiency in the dawn of privatization: The case of Greece, *Journal of Air Transport Management*, 86, 101821.
- [30] Liu, S., Wan, Y., Zhang, A. (2021) Does high-speed rail development affect airport productivity? Evidence from China and Japan, *Transport Policy*, 110, 1-15.
- [31] Özsoy V. S., Örkücü H. H. (2021) Structural and operational management of Turkish airports: A bootstrap data envelopment analysis of efficiency, *Utilities Policy*, 69, 101180.
- [32] Thomas, N., Jha, K.N. (2022) Structural efficiency assessment of regional airports: Lessons from India, *Utilities Policy*, 79,101-149.
- [33] Kaya, G., Aydın, U., Karadayı, M. A., Ülengin, F., Ülengin, B. ve İçken, A. (2022). Integrated methodology for evaluating the efficiency of airports: A case study in Turkey. *Transport Policy*, 127, 31-47.
- [34] Retzlaff-Roberts, D.L. (1996). Relating discriminant analysis and data envelopment analysis to one another. *European Journal of Operational Research*. 23, 311-322.
- [35] Sexton, T.R. , Silkman, R.H., Hogan, A.J. (1986), Data envelopment analysis: Critique and extensions R.H. Silkman (Ed.), *Measuring efficiency: An assessment of data envelopment analysis*, 32, Jossey-Bass, San Francisco, CA (1986), pp. 73-105.
- [36] Andersen, T.R., Hollingsworth, K.B., Inman, L.B., (2002) The Fixed Weighting Nature of a Cross Evaluation Model, *Journal of Productivity Analysis*, 18 (1) 249–255.
- [37] Puthanpura, A.K., (2022) Package: MultiplierDEA <https://cran.r-project.org/web/packages/MultiplierDEA/MultiplierDEA.pdf>.

[38] Stackoverflow website, Accessed: December (2022) [Online]. Available: <https://stackoverflow.com/questions/71725935/dea-how-to-implement-weight-constraints-in-r>.

[39] Alp, İ., (2006) Performance evaluation of goalkeepers of the world cup, *Gazi University Journal of Science* 19 (2), 119-125.

[40] Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü 2022 Güncel Resmi Websitesi: <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/HavaLimanlari.aspx>.

EKLER

Çapraz Etkinlik için kodlar

#excelden veri çekmek ve betimsel istatistikleri almak

```
install.packages("readxl")  
library(readxl)  
data=read_excel("tahaveriler.xlsx")  
View(data)  
summary(data)
```

KVB, girdi ve çıktı sayısı belirlemek

```
N=20  
inputs = data.frame(data[,5])  
outputs = data.frame(data[,c(2:4)])  
N = dim(data)[1]  
m = dim(inputs)[2]  
s = dim(outputs)[2]
```

#Cross efficiency (çapraz etkinlik) sonuçlar

```
install.packages("MultiplierDEA")  
library(MultiplierDEA)  
result=CrossEfficiency(x=inputs, y=outputs, rts="crs", orientation = "output")  
crosseff=matrix(result$ce_ave, nrow=N)  
crosseff
```

#sıralama kodu

```
siralama=21-rank(crosseff)  
siralama
```

CCR için kodlar

#excelden veri çekmek ve betimsel istatistikleri almak

```
rm(list=ls(all=TRUE))  
install.packages("readxl")  
library(readxl)  
data=read_excel("gorkemveriler.xlsx")  
summary(data)
```



```
# KVB, girdi ve çıktı sayısı belirlemek
```

```
m=1
```

```
s=3
```

```
d=m+s
```

```
N=51
```

```
inputs = data.frame(data[,d+1])
```

```
outputs = data.frame(data[,c(2:d)])
```

```
N = dim(data)[1]
```

```
m = dim(inputs)[2]
```

```
s = dim(outputs)[2]
```

```
##CCR sonuçlar (https://stackoverflow.com/questions/71725935/dea-how-to-implement-weight-constraints-in-r)
```

```
install.packages("lpSolve")
```

```
library(lpSolve)
```

```
f.rhs = c(rep(0,1,N),1)
```

```
f.dir = c(rep("<=",1,N),"=")
```

```
aux = cbind(-1*inputs,outputs)
```

```
for (i in 1:N) {
```

```
  f.obj = c(0*rep(1,m),as.numeric(outputs[i,]))
```

```
  f.con = rbind(aux ,c(as.numeric(inputs[i,]), rep(0,1,m)))
```

```
  results = lp ("max",as.numeric(f.obj), f.con, f.dir, f.rhs,scale=0, compute.sens=TRUE)
```

```
  if (i==1) {
```

```
    weights = results$solution
```

```
    effcrs = results$objval
```

```
    lambdas = results$duals[seq(1,N)]
```

```
  } else {
```

```
    weights = rbind(weights, results$solution)
```

```
    effcrs = rbind(effcrs , results$objval)
```

```
    lambdas = rbind(lambdas, results$duals[seq(1,N)] )
```

```
  }
```

```
}
```

```
effcrs
```