

HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
AKADEMİK BİLİM DERGİSİ

HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY
JOURNAL OF ENGINEERING

Cilt:10

Sayı:2

Haziran 2025

e-ISSN: 2528-8733



KÜNYE / Editorial Board

Baş Editör

Prof. Dr. Kasım MERMERDAŞ, Harran Üniversitesi

Editörler

Prof. Dr. Kasım MERMERDAŞ, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Oğuz ŞİMŞEK, Harran Üniversitesi

Yardımcı Editörler

Dr. Öğr. Üyesi Gökhan DEMİRCAN

Dr. Öğr. Üyesi Yunus KAYA

Mizanpaj Editörü

Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim ŞENOL, Harran Üniversitesi

Dil Editörü

Öğr. Gör. Umut KURAN, Harran Üniversitesi

Yayın ve Danışman Kurulu

Prof. Dr. Füsün BALIK ŞANLI, Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Alias ABDUL RAHMAN, University Teknologi Malaysia

Prof. Dr. Mustafa ÖZEN, Harran Üniversitesi

Prof. Dr. Hüsamettin BULUT, Harran Üniversitesi

Prof. Dr. Gencay SARIŞIK, Harran Üniversitesi

Prof. Dr. Rasoul DANESHFARAZ, University of Maragheh

Doç. Dr. Bülent HAZNEDAR, Gaziantep Üniversitesi

Doç. Dr. Süleyman İPEK, Yaşar Üniversitesi

Doç. Dr. Bülent BAŞYİĞİT, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Kerim KARADAĞ, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Ali DERELİ, Giresun Üniversitesi

Doç. Hasan Bilgehan MAKİNECİ, Konya Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. João Pedro Leal Abalada De Matos CARVALHO, University of Lisbon

Dr. Öğr. Üyesi Yunus EROĞLU, Gaziantep Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Harun ÇİÇ, Harran Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Uttam PAWAR, HPT Arts and RYK Science College

Dr. Nadhim HAMAH SOR, University of Garmian

Dr. Öğr. Üyesi Pelin YAPICIOĞLU, Harran Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Eray ŞİMŞEK, Harran Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Paul CURETON, Lancaster University

Alan Editörleri (Cilt 10, Sayı 2)

Prof. Dr. Mustafa ÖZEN, Harran Üniversitesi

Prof. Dr. Veyssel GÜMÜŞ, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Bülent BAŞYİĞİT, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Bülent HAZNEDAR, Gaziantep Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Yunus EROĞLU, Gaziantep Üniversitesi

İletişim:

Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Osmanbey Kampüsü Haliliye, Şanlıurfa

Telefon: +90 414 318 3476

e-mail: humder@harran.edu.tr

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

e-ISSN: 2528-8733

Yayın Aralığı: 3 ay

HAKEM LİSTESİ / Reviewers List

10.Cilt 2. sayımızda yayınlanan makaleleri değerli zamanlarını ayırarak değerlendiren kıymetli hocalarımıza teşekkür ederiz.

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

Nazmiye Eligüzel
Selen Yücesoy Kahraman
Hatice Çıtakoğlu
Utku Zeybekoğlu
Yunus Demirtaş
Ahmet Serhan Canbolat
Sibel Kervancı
Gözde Özsert Yiğit
Mehmet Şükrü Karakuş
Hamza Alaşalvar
Abdullah Badem

İÇİNDEKİLER / Table of Contents

Araştırma Makaleleri (Research Articles)

Sis Karakteristiğinin Olay Bazlı Analizi; Çarşamba Havalimanı Örneği Event Based Analysis of Fog Characteristics; Çarşamba Airport Case Güllüzar Özcü¹, Neslihan Beden², Nazire Göksu Soydan Oksal³, Şule Haliloğlu⁴	65
CFD Analysis of the Impact of Temperature Variation on Condensation and Phase Transition Performance in Heat Exchangers Isı Eşanjörlerinde Sıcaklık Değişiminin Yoğuşma ve Faz Geçiş Performansı Üzerindeki Etkisinin CFD Analizi Fuat Tan¹, Hamid Orhun Tur²	80
Alcohol User Prediction With Deep Learning Methods From Electronic Health Record Data Elektronik Sağlık Kaydı Verilerinden Derin Öğrenme Yöntemleri ile Alkol Kullanıcısı Tahmini Yasin Karakuş¹	94
Geleneksel ve Fabrikasyon Yöntemleriyle Üretilen ve Adana Bölgesinde Satışa Sunulan Şalgam Suyunun Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi Determination of Physicochemical Properties of Turnip Juice Produced by Traditional and Fabricated Methods and Sold in Adana Region Burcu Gökkaya Erdem¹	105
Yeşil Lojistik Stratejileri: Bibliyometrik Analiz Green Logistics Strategies: Bibliometric Analysis Fatıma Eker¹, Orhan Engin²	115



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

Sis Karakteristiğinin Olay Bazlı Analizi; Çarşamba Havalimanı Örneği

Event Based Analysis of Fog Characteristics; Çarşamba Airport Case

Yazar(lar) (Author(s)): Güllüzar ÖZCÜ¹, Neslihan BEDEN², Nazire Göksu SOYDAN OKSAL³, Şule HALİLOĞLU⁴

¹ ORCID ID: 0009-0007-1933-5125

² ORCID ID: 0000-0002-5573-8016

³ ORCID ID: 0000-0001-6469-2649

⁴ ORCID ID: 0000-0001-6061-7326

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Özcü G., Beden N., Soydan Oksal N.G., Haliloğlu Ş., “Sis Karakteristiğinin Olay Bazlı Analizi; Çarşamba Havalimanı Örneği”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 10(2): 65-79, (2025).

DOI: 10.46578/humder.1641782



Sis Karakteristiğinin Olay Bazlı Analizi; Çarşamba Havalimanı Örneği

Güllüzar ÖZCÜ¹, Neslihan BEDEN^{1*}, Nazire Göksu SOYDAN OKSAL², Şule HALİLOĞLU¹

¹İklim Bilimi ve Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Özdemir Bayraktar Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Samsun Üniversitesi, Samsun, Türkiye

²İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Mersin Üniversitesi, Mersin, Türkiye

Makale Bilgisi

Başvuru: 17/02/2025
Düzeltilme: 28/02/2025
Kabul: 07/04/2025
Yayınlanma: 30/06/2025

Alıntı

Özcü G., Beden N.,
Soydan Oksal N.G.,
Haliloğlu Ş., "Sis
Karakteristiğinin Olay
Bazlı Analizi: Çarşamba
Havalimanı Örneği",
Harran Üniversitesi
Mühendislik Dergisi,
10(2): 65-79, (2025).

Öz

Sis hadisesi havacılık açısından kritik öneme sahiptir. Havaalanı operasyonlarının düzenlenmesinde meteorolojik veri açısından başlıca etkisi olan sis, birçok araştırmacının çalışma konusu olmaktadır. Bu çalışmada Çarşamba Havalimanı (LTFH)'ye ait 2018-2023 periyodu METAR ve SPECI verileri kullanılarak havalimanı özelinde yaşanan sis hadiselerinin istatistiksel analizi yıllık, mevsimlik ve aylık periyotlarda gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte görüş mesafesi, sıcaklık, havacılık kriterleri ve birincil oluşum mekanizmasına göre sis hadiseleri sınıflandırılmıştır. Samsun'un denize kıyısı olması yüksek miktarda nispi nem sağlarken, şiddetli rüzgarların nadir görülmesi sisin dağılmasını engeller bu durum LTFH' de sis hadisesinin oluşumu için elverişli koşullar oluşturur. LTFH'de yapılan frekans analizine göre, sis en çok mayıs ayında görülürken temmuz ayı sisin gözlenmediği ay olarak ortaya çıkmıştır. Hadise en sık 21:50-00:50 UTC saatlerinde genellikle hafif yoğunlukta meydana gelmiştir. Rüzgar hızı analizleri sonucunda, bölgede çok şiddetli rüzgarların sisli günlerde nadir gerçekleştiği ve en yaygın sis türünün radyasyon sisi olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen analiz bulguları, incelenen meteorolojik hadiselerin gerçekleşme ihtimallerinin tahmininde ve operasyon planlamalarında göz önüne alınması, uçuş takvimlerindeki aksaklıkların asgariye indirilebilmesini sağlayabilecektir.

Anahtar Kelimeler: *Sis analizi, Sis sınıflandırması, Görüş mesafesi, Çarşamba havalimanı*

Event Based Analysis of Fog Characteristics; Çarşamba Airport Case

Abstract

Fog plays a critical role in aviation, significantly influencing airport operations as a key meteorological factor. This study conducts a statistical analysis of fog events at Çarşamba Airport (LTFH) using METAR and SPECI data for the period between 2018 and 2023, examining these events on annual, seasonal, and monthly scales. Additionally, fog events were categorized based on visibility, temperature, aviation criteria, and primary formation mechanisms. Samsun's coastal location, which promotes high relative humidity, coupled with the infrequent occurrence of strong winds that hinder fog dispersion, creates favourable conditions for fog formation at LTFH. According to the frequency analysis conducted at LTFH, fog is most frequently observed in May, while July has been identified as the month with no recorded fog occurrences. The phenomenon most commonly occurs between 21:50 and 00:50 UTC, typically with light intensity. Wind speed analyses indicate that strong winds are rare on foggy days in the region, and the most prevalent type of fog is radiation fog. The findings of this analysis can assist in estimating the probabilities of meteorological events, integrating these estimates into operational planning, and minimizing disruptions to flight schedules.

Keywords: *Fog analysis, Fog types, Visibility distance, Çarşamba airport*

Article Information

Received: 17/02/2025
Revised: 28/02/2025
Accepted: 07/04/2025
Published: 30/06/2025

Citation

Özcü G., Beden N.,
Soydan Oksal N.G.,
Haliloğlu Ş., "Event Based
Analysis of Fog
Characteristics; Çarşamba
Airport Case", Harran
University Journal of
Engineering, 10(2): 65-79,
(2025).

*İletişim yazarı, e-mail: neslihan.beden@samsun.edu.tr

*Corresponding author, e-mail: neslihan.beden@samsun.edu.tr

DOI: 10.46578/humder.1641782

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Havalimanı operasyonlarının takvim edilmesindeki en önemli unsurlardan biri pist görüş mesafesidir. Bu nedenle görüş mesafesini etkileyen sis hadisesi havalimanı operasyonlarını etkileyen kritik meteorolojik koşullardan biridir. Sis, yatay ve dikey görüş mesafesini azaltarak kara, deniz ve hava ulaşımında bir dizi olumsuz sonuca yol açmaktadır. Ulaşım aksaklıkları, sefer iptalleri ve kazalar, sıklıkla sisin neden olduğu durumlardır. Havalimanlarındaki sis, uçuşların iptaline, hava trafiğinde yavaşlamaya, uçuşların alternatif havalimanlarına yönlendirilmesine ve en önemlisi kazalara yol açabilmektedir.

Dünya Meteoroloji Örgütü'nün tanımına göre "Görüş Mesafesi" ya da "Rüyet" belirli bir özelliğe sahip bir cismin herhangi bir alet kullanılmadan çıplak gözle görülüp tanımlanabileceği en uzak mesafe veya aynı cismin gece gözlemlerinde gün ışığı düzeyinde aydınlatma altında görülüp teşhis edilebileceği en uzak mesafe olarak tanımlanmaktadır. Sis; dünya yüzeyine yakın bölgede havada asılı kalan, genellikle mikroskobik su damlacıkları formunda, yatay görüş mesafesini 1 km'nin altına düşüren çok küçük bulut parçacıklarından oluşmaktadır. Sis oluşumu için uygun faktörler; hafif şiddette esen yer rüzgar, yüksek nispi nem ve yoğunlaşmadır. Sis nedeniyle düşük görüş mesafesi, ulaşım kazalarına neden olan en yaygın hava faktörlerinden biridir [1].

Sis olayının fiziğini anlama ve sis hakkında doğru tahminler yapma üzerine giderek artan bir ihtiyaç vardır, ancak sisin doğru tahmini termodinamik, ışıınım, dinamik, mikrofizik gibi birçok oluşumdan etkilendiğinden konu oldukça zorlu ve karmaşıktır [2-4]. Sis klimatolojisinin ana amacı, sisin doğasını daha iyi anlamak ve bu bilgiyi sis tahminlerini geliştirmek için kullanmaktır. Detaylı bir klimatoloji, bir bölgede sis süreçlerini anlamak için önemli bir temel sağlar ve nihayetinde sis tahminlerini geliştirmeye yardımcı olur [5]. Literatürde sis olgusu ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Tardif and Rasmussen [6], New York çevresinde bulunan 17 istasyonun 1977-1996 periyodu saatlik gözlem verileri ile sis türlerini sınıflandırmak için bir algoritma elde etmişlerdir. Roquelaure et al. [7] Paris Charles de Gaulle Uluslararası Havalimanı için 2002-2007 aralığındaki kış mevsiminde görülen sis çeşitlerini Local Ensemble Prediction System (LEPS) sistemi ile tahmin etmişlerdir. Kısa dönem için sis tahmininde kullanılan LEPS, sis çeşitlerini doğru belirlemiştir. Aktaş and Erkuş [8] çalışmalarında Eskişehir'in sis kestirimi incelemesini yaparak sisin en çok gözlemlendiği kasım, aralık ve ocak ayları için bir lojistik regresyon denklemi oluşturmuşlardır. Çamalan et al. [9] çalışmalarında 2000- 2009 yılları arasında Esenboğa Havalimanı'nın sis oluşum nedenlerini sınıflandırmışlar ve zamansal analizlerini yapmışlardır; sis hadiselerinin %77'sinin soğuk sis, %23'ünün ise sıcak sis olduğunu tespit etmişlerdir. Meydana gelen sisin %50'sinin aralık ve ocak aylarında meydana geldiğini belirtmişlerdir. Tardif and Rasmussen [6]'ın algoritması Van Schalkwyk and Dyson [10] tarafından 1997-2010 yılları arasında saatlik yüzey gözlemleri kullanılarak Güney Afrika'daki Cape Town Uluslararası Havalimanı'nda sis klimatolojisi çalışmasında kullanılmıştır. Belorid et al. [11] 25 yıl boyunca 24 istasyonun 3 saatlik gözlem verilerini kullanarak Güney Kore'deki sis türlerinin dağılımına ve uzun vadeli trendlerine ilişkin çalışmalarında benzer bir yaklaşım kullanmışlardır. Bari et al. [12] çalışmalarında, 21-22 Ocak 2008 tarihleri arasında, Fas'ın Kazablanka şehrinde oluşan denizsel sislerin, sayısal yöntemlerden Meso-NH 3D modeli kullanılarak, ECMWF ERA-Interim verileri ve MSG uydu görüntüleri birleştirilerek tahmin edilmesi üzerine çalışmışlardır. Yavuz et al. [13], Avrupa'da meydana gelen kaza-kırımların sebeplerini incelenmişlerdir. 2005-2014 yılları arasında incelenen 193 kaza-kırım raporunda, kaza-kırımların %40'ının teknik sebeplerden, %31'inin pilotaj hatası nedeniyle, %15'inin hava koşullarından, %6'sının yangın, %4'ünün yolcu kaynaklı, %2'sinin kule ve %2'sinin diğer sebeplerden kaynaklandığı tespit ederek, düşük görüş mesafesinin havacılık sektöründe ciddi riskler oluşturabileceğini ve kaza-kırımların önemli bir sebebi olduğunu ortaya koymuşlardır. Özdemir et al. [14] tarafından yapılan çalışmada İstanbul Atatürk Havalimanı 2006-2015 yıllarına ait Meydan Rutin Hava Raporu (METAR- Meteorological Terminal Air Report) rasatları kullanılarak, sis dağılımları ve türleri incelenmiştir. Sis verilerinin aylık dağılımına göre kasım ayı en sisli ay olurken temmuz, ağustos ve eylül ayında sis hadisesine rastlanmamıştır. Saatlik analizlerde ise oluşan sislerin %4.87'si 00.50 UTC'de görüldüğü, 10.50 UTC ile 13.20 UTC'de ise sis hadisesinin oluşmadığı tespit edilmiştir. Guerreiro et al. [2] tarafından yapılan çalışmada Portekiz ankarasındaki Faro, Lizbon ve Porto

havaalanlarına ait 17 yıllık veri analiz edilerek sisin Faro'da nadir, Lizbon'da kış mevsimiyle ilişkili ve Porto'da ise yazın yaygın olduğu ortaya konulmuştur. Sisli hava olaylarının büyük çoğunluğunun, Lizbon'da %98.9, Porto'da ise %96.9 oranında bulut tabanının alçalması sonucu oluştuğunu, iki havalimanında da buharlaşma tipi sis gözlenmezken, bulut tabanı alçalması ve radyasyon sisinin en yoğun görülen hadiseler olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında sis oluşumu öncesinde yapılan gözlemlerin, sis oluşumunu önceden tahmin etmek açısından önemli bir araç olduğu ortaya konulmuştur. Weston et al. [15] çalışmada Abu Dabi Uluslararası Havalimanı'ndaki sis olaylarını, 36 yıllık METAR verilerini kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışma neticesinde Abu Dabi havalimanında sisli gün sayısı yıllık 8 ila 51 gün arasında değişirken, yıllık ortalama sisli gün sayısının 23.91 gün olduğu ve sis hadisesinin genellikle eylül-mart arasında görüldüğünü ortaya koymuşlardır. Chandu et al. [16] sis hadisenin meteorolojik yönlerini, sıklığını, süresini ve ekonomik etkilerini analiz etmeyi amaçladıkları çalışmalarında Haydarabat Havalimanı'nın, 2014-2019 periyodu için sis analizini gerçekleştirmişlerdir. Bu periyotta havalimanında kaydedilen 74 sis olayının %45.9'u sıg sis olarak sınıflandırılmış ve sis olayının en çok aralık ayında görüldüğü, sisin genellikle akşam 18.00 ile sabah 04.00 UTC arasında başlayıp, en sık 00.00 ile 02.00 UTC arasında oluştuğu ve çoğu olayın 1 saate kadar sürdüğü ortaya konulmuştur. Uğurluel et al. [17] Türkiye'den üç havalimanının 2011-2020 periyodundaki toplam 3792 METAR ve özel hava durumu raporları (SPECI) gözlemleri ile sis tipi analizini gerçekleştirmişlerdir. Deniz and Yavuz [18] çalışmalarında Batman ili için 2013-2022 yılları arası METAR verileri ile detaylı sis analizi gerçekleştirmiştir. Çalışmalarının sonucunda toplamda 625 gün sisli olarak tespit edilirken yıllık ortalama sisli gün sayısı 56.8 gün olarak belirlenmiş ve en sık görülen hadisenin parçalı sis olduğu ortaya konulmuştur.

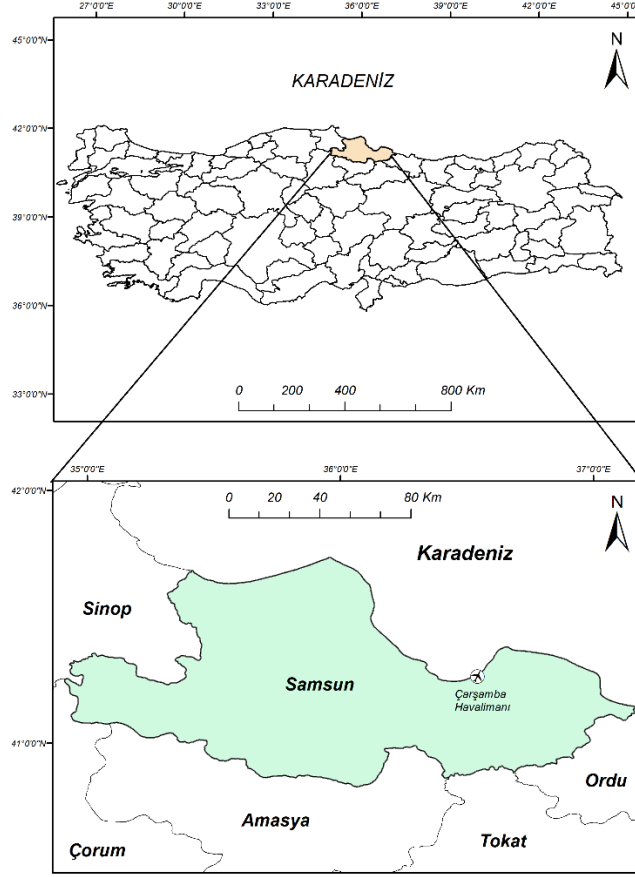
Sis olayı ve görüş mesafesi analizleri havacılık için oldukça önem arz eden bir konu olmasına rağmen bu konu üzerine yapılmış yeterince çalışma yoktur. Sis olayı, oluşumu ve etkileri bakımından gerçekleştiği lokasyonun yerel özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Daha önce yapılmış çalışmalarda önerilen ampirik yaklaşımlar ve kullanılan endeksler genellikle çalışma alanı vakalarına özgü olarak üretilmiş metotlardır. Bu nedenle topografik ve klimatolojik koşullar değiştiğinde kullanılan bu metotların doğruluk oranı, tutarlılığı azalabilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada literatürde genel kabul görmüş metotlar ile analizler gerçekleştirilmiştir ve LTFH'ye ait 2018-2023 periyodu METAR ve SPECI verileri, havalimanında gözlemlenen sis olaylarının istatistiksel analizi yapılmış ve sis tipleri görüş mesafesine, sıcaklığa, havacılık raporundaki kriterlere ve birincil oluşum mekanizmasına göre sınıflandırılmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM (MATERIAL and METHOD)

2.1 Çalışma Alanı (Study Area)

Çarşamba Havalimanı Karadeniz Bölgesi'nin en önemli şehirlerinden biri olan Samsun'da bulunmaktadır. Samsun, Türkiye'nin kuzey kesiminde, Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinin arasında yer almakta olup denizle bağlantılı olması sebebiyle deniz ile kara taşıtları arasında transfer noktası görevi gören bir liman şehridir. Çevresinde, Doğu Karadeniz boyunca uzanan Canik Dağları iç kısımlarda yer aldığından orografik yağışlar, doğu ve batı kıyılarına kıyasla daha nadirdir. Çarşamba Havalimanı, Türkiye'de Samsun ili sınırları içerisinde 41°15'15" kuzey enlemi ve 36°34'03" doğu boylamında, Karadeniz kıyısına 2 km mesafede 5.5 m rakımda yer almaktadır (Şekil 1).

Havalimanının International Civil Aviation Organization (ICAO) kodu LTBF' dir [19]. 2023 resmi verilerine göre Çarşamba Havalimanı'nın yolcu trafiği 1 milyon 416 bin 172, uçak trafiği 14 bin 722, yük trafiği ise 13 bin 599 ton olarak gerçekleşmiştir.



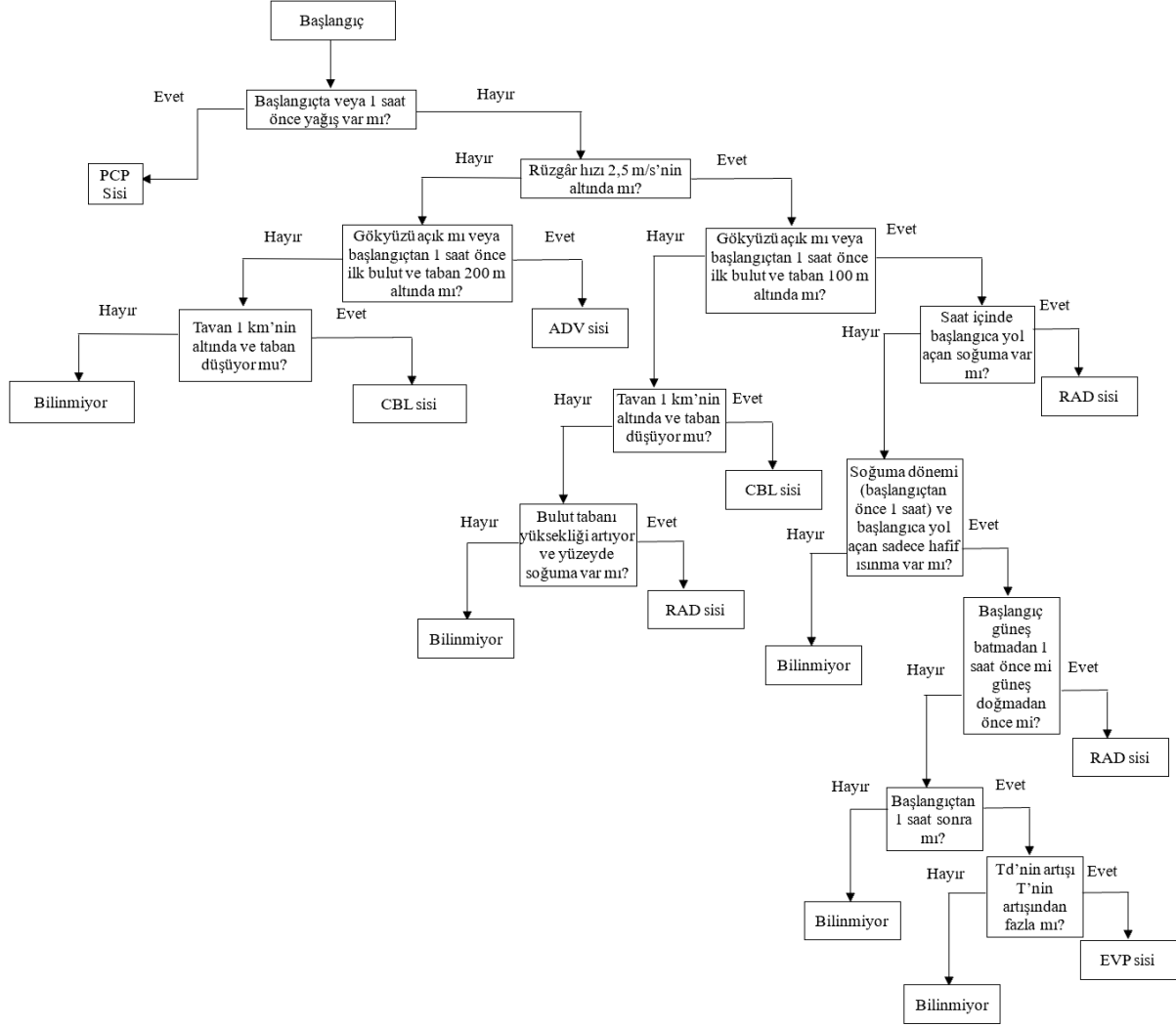
Şekil 1. Çarşamba Havalimanı yer bildiri haritası

2.2 Sis Hadisesinin Analizi (Fog Analysis)

Bu çalışmada kullanılan metotlar sis tiplerini görüş mesafesine, sıcaklığa, havacılık raporundaki kriterlere, birincil oluşum mekanizmasına göre sınıflandırmaktadır. Analiz yöntemi olarak Tardif and Rasmussen [6]'ın önerdiği algoritma esas alınmıştır. Bu metotta sis olayının tanımlanması, sis başlangıcından beş saat önce başlatılan bir algoritmaya (karar ağacı) dayanmaktadır (Şekil 2). Karar ağacında sınıflandırma yapılırken sisin fiziksel oluşum mekanizması ve karakterizasyonu kullanılır. Sis oluşumu sürecinin sınıflandırılması için kavramsal bir model kullanır ve sis türlerini; radyasyon sisi, adveksiyon sisi, yağış sisi, buharlaşma sisi ve bulut tabanı alçalması olmak üzere beş ana sınıfa ayırılır. Radyasyon sisinin ana mekanizması radyatif (ışınimsal) soğumadır bunun yanı sıra düşük bulut kapsamı ve düşük rüzgar hızı da radyasyon sisinin ana etkenlerindendir. Sıcak ve nemli hava, daha soğuk kara veya deniz yüzeyi hava kütlesiyle karşılaştığında ise adveksiyon sisi oluşur. Yağış sisinin ana mekanizması yağışın buharlaşmasıdır. Buharlaşma sisi ise, sıcaklığın artması ile yüzey suyunun ışımsal olarak ısınması nedeniyle meydana gelir. Bulut tabanının alçalması ile meydana gelen sislerde ise tabakalı bulutlar ışımsal soğuma ve ışımsal soğumaya destek olan kara yüzeyindeki soğumanın etkisiyle bulutun yoğunlaşmasıdır. Sis olayı beş grupta kategorize edilemiyorsa bilinmeyen kategori olarak tanımlanır.

Sis varlığından söz edebilmek için, art arda beş saat içinde en az üç saat boyunca atmosferik görüş mesafesinin 1600 m altında olması ve bu süre zarfında 1000 m altında en az bir yatay görüş kaydı bulunması gerekir.

Analizlerde sisli günler yerine sis olayları tabiri kullanılmıştır. Sisli günler yaklaşımı, birbirini takip eden her gün için saat 00.00'dan önce gerçekleşen sis olayının takip eden günde de sayılmaması ve böylece iki kez hesaplanmaması amacıyla kullanılmamıştır. Rasatlardaki sis çeşitlerine ait ICAO hava durumu kodları ve açıklamaları Tablo 1'de yer almaktadır [6].



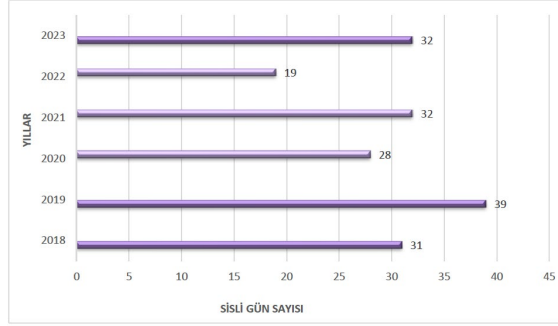
Şekil 2. Sis tipi sınıflandırma algoritmasını gösteren akış diyagramı

Tablo 1. ICAO hava durumu kodlarının açıklamaları

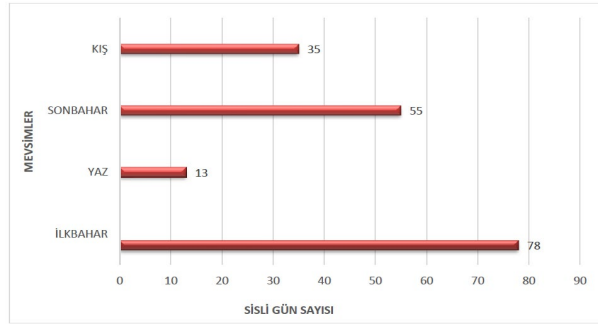
Sis ICAO kodu	Açıklama
FG	Sis
FZFG	Donan Sis
MIFG	Sığ Sis
BCFG	Parçalı Sis
PRFG	Kısmi Sis
VCFG	Yakında Sis

3. BULGULAR ve TARTIŞMA (RESULTS and DISCUSSIONS)

Çalışmada LTFH' ye ait 2018-2023 periyodu METAR ve SPECI verisi kullanılarak, FG kodu içeren rasatlar analiz edilmiştir. Sis hadisesinin; yıl, ay, mevsim ve saate göre frekans dağılımı hesaplanıp hadise çeşitleri belirlenmiştir (Şekil 3).



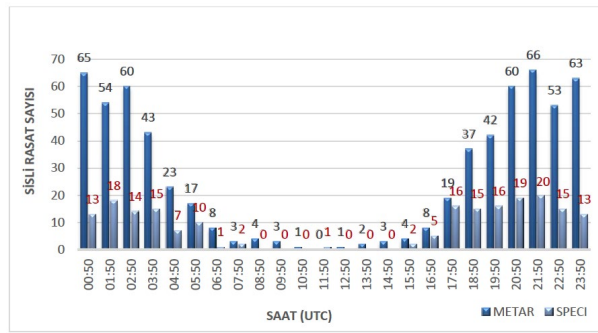
(a)



(b)



(c)



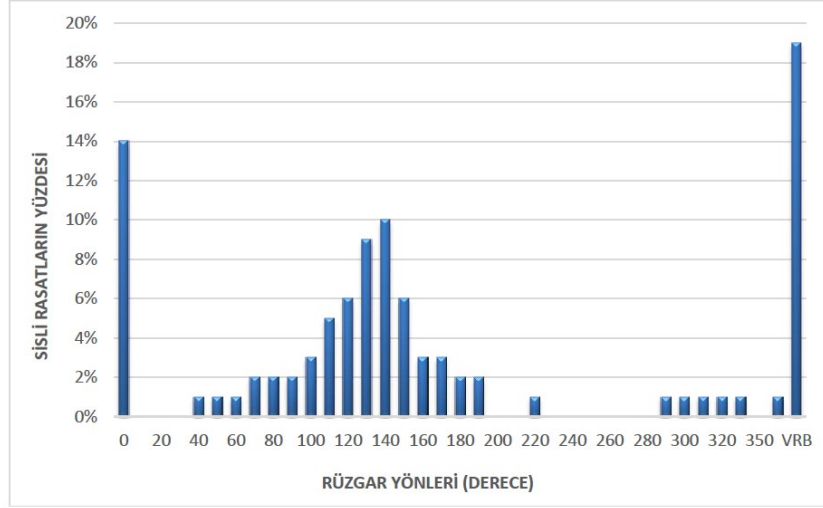
(d)

Şekil 3. Sisli günlerin yıllık, mevsimlik, aylık ve günlük dağılımları; a) Yıllık dağılım, b) Mevsimlik dağılım, c) Aylık dağılım, d) Saatlik dağılım

Yapılan analizler neticesinde 2018 yılında 31 gün, 2019'da 39 gün, 2020'de 28 gün, 2021'de 32 gün, 2022'de 19 gün ve 2023'te 32 gün olmak üzere 6 yıllık süre içerisinde toplamda 181 günün sisli geçtiği gözlemlenmiştir. Yıllara göre sisli gün dağılımına bakıldığında en fazla sis görülen yıl 2019 olurken en az sis hadisesi 2022 yılında meydana gelmiştir. Mevsimlere bağlı sisli gün sayıları incelendiğinde en fazla sis ilkbahar mevsiminde, en az sis ise yaz mevsiminde gerçekleşmiştir. Bunun yanı sıra en sisli ay mayıs olarak belirlenirken, sisin en az görüldüğü ay ise temmuz ayı olarak ortaya çıkmıştır. Rasatların %19'unda rüzgar değişik yönlerden (VRB-Variable) esmektedir. %14'ünü ise sakin rüzgarlar (Calm- 0 °C, 0 kt) oluşturmaktadır (Şekil 4).

Şekil 5'te rüzgar dağılımının mevsimlere göre analiz sonuçları verilmiştir. Buna göre İlkbahar mevsiminde %20 oranla rüzgar değişik yönlerden (VRB) eserken, rüzgarların %17'sini sakin rüzgarlar (Calm-0 derece, 0 Knot) oluşturmaktadır. Geriye kalanlar ise çoğunlukla güneybatı (GB) yönünden esmektedir. Yaz mevsimine bakıldığında rüzgarların %22'lik oranla VRB estiği görülmektedir. İlkbahar mevsiminde sakin rüzgarların oranı %17 iken yaz mevsiminde bu oran %2'ye düşmüştür. Rüzgar genellikle güneydoğudan (GD) esmektedir. Sonbahar mevsiminde rüzgarların %16'sı 140 derece yönünden, %15'i VRB, %12'si sakin rüzgarlar olarak

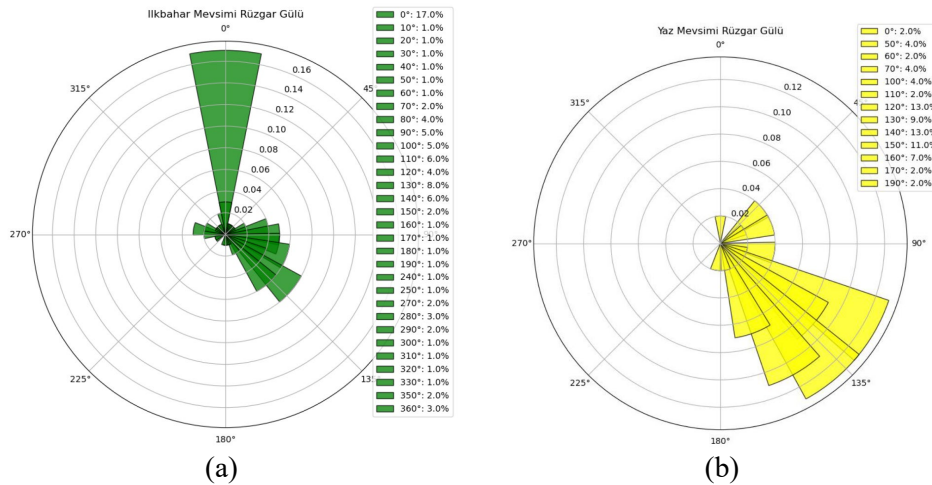
meydana gelmiştir. Rüzgarların büyük bir bölümü GD yönlüdür. Kış mevsiminde esen rüzgarların %22'si değişik yönlerden eserken, %15'i sakın rüzgarlar olarak analiz edilmiştir.

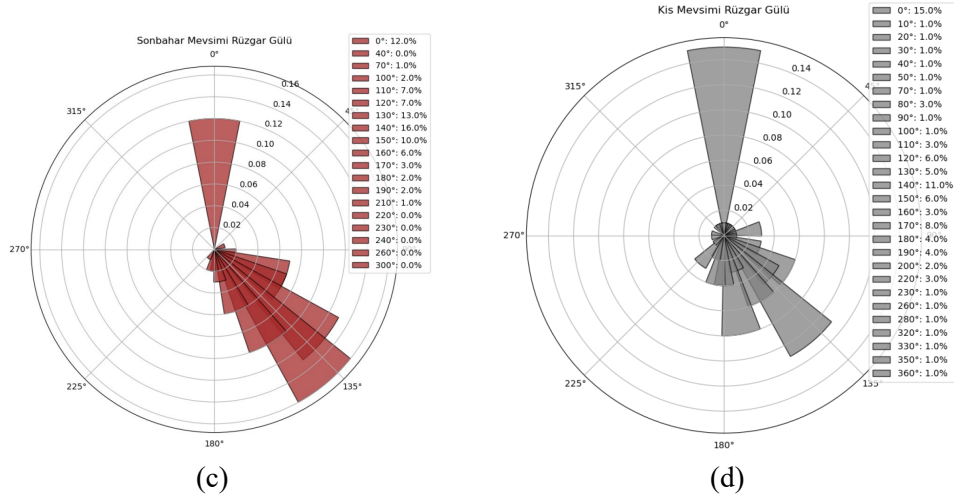


Şekil 4. Sisli rasatların yıllar boyunca rüzgar yönü dağılımı

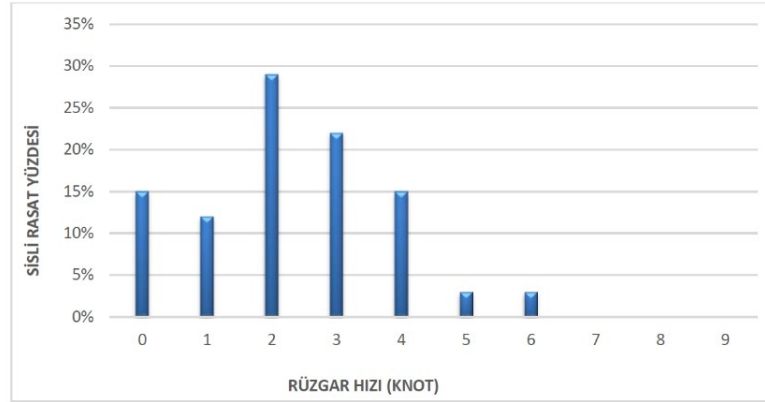
Şekil 6'da sisli rasatların rüzgar hızı dağılımı incelendiğinde FG kodu içeren 841 rasattan 242'si yani %29'unda 2 Kt hızındaki rüzgarlar en çok payı oluştururken bu rüzgarları sırasıyla; %22 oranla 3 Kt, %15'le 4Kt ve 0 Kt esen rüzgarlar takip etmiştir. Mevcut rasatlarda aşırı şiddetli rüzgarlara rastlanılmamıştır (Şekil 6). İncelenen periyotta sisli günlerdeki rüzgar hızı ortalaması 2.38 Kt olarak tespit edilmiştir.

Sis sınıflandırmasında bir diğer metot olan RVR'nin 1 km'nin altına indiği durumların sis hadisesi olarak tanımlanması LTFH için Şekil 7'de verilen analiz sonuçları incelendiğinde; 841 FG rasattın 389'unda görüş mesafesi 1 km'nin altındadır. En fazla sis hadisesi 92 defa (%11) 800 m RVR ile meydana gelirken, 150 m RVR ve 650 m RVR' de sadece birer defa (%0) sis hadisesi gerçekleşmiştir. Geriye kalan 452 FG kodlu rasat ise pus olarak analiz edilmiştir. Pus 1 km'den; 10 km'ye kadar olan yatay görüş mesafesi aralığını tanımlar. Ancak, havacılık meteorolojisinde pus için üst sınır genellikle 5 km'dir. Hakim rüyet analizinde en çok payı %14'lük oranla 1200 metrede meydana gelen pus hadisesi oluşturmaktadır [17].

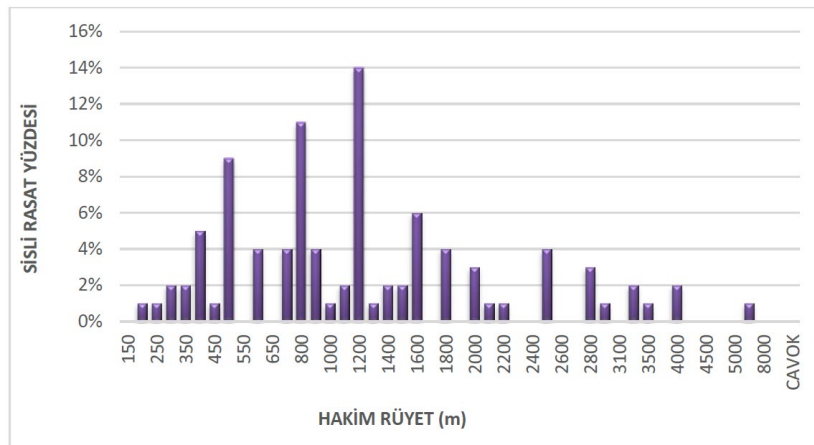




Şekil 5. Sisli rasatların mevsimler boyunca rüzgar yönü dağılımı; a) İlkbahar mevsimi rüzgar gülü, b) Yaz mevsimi rüzgar gülü, c) Sonbahar mevsimi rüzgar gülü, d) Kış mevsimi rüzgar gülü

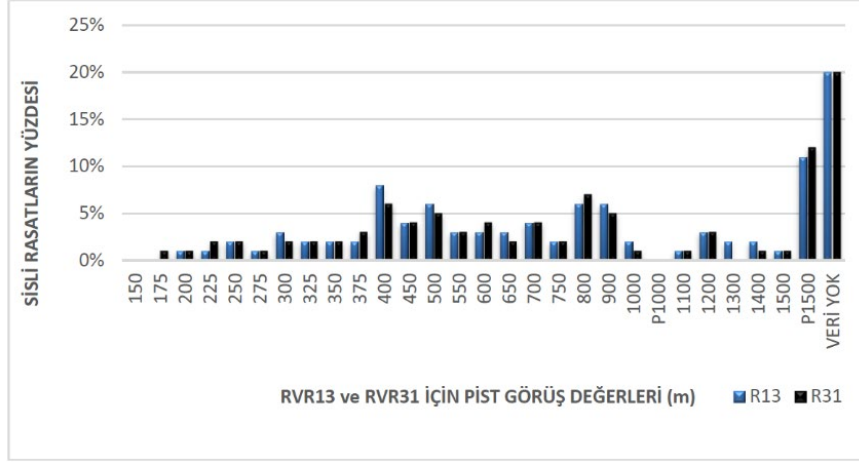


Şekil 6. Sisli rasatların rüzgar hızı dağılımı

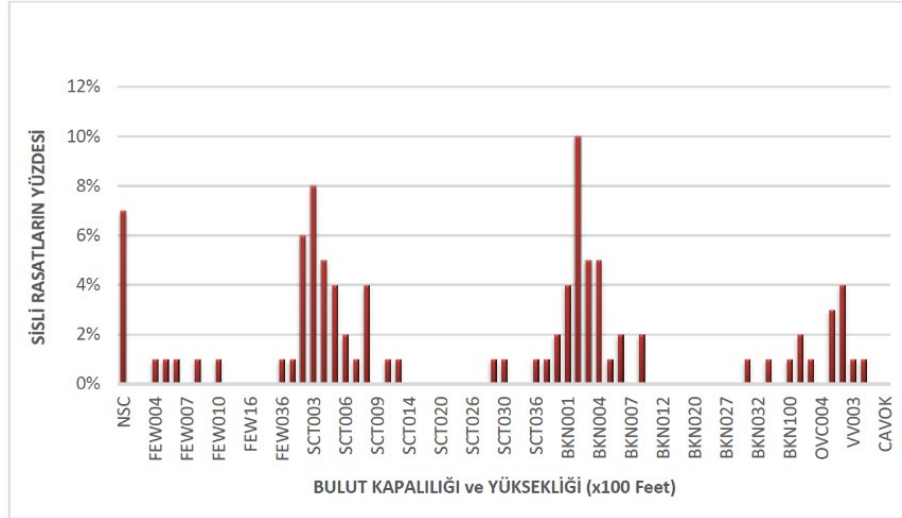


Şekil 7. Sisli rasatların yatay görüş mesafesi dağılımı

LTFH' de yer alan R13 ve R31 pistleri RVR analizine göre incelendiğinde her iki pist için de %20 oranla sis verisine rastlanmamıştır. R13 pistinde rasatların %11'inde, R31 numaralı pistte ise %12'sinde pist görüş mesafesinin 1500 m ve üzerinde (P1500) olduğu görülmüştür. R13 ve R31 pistlerinde birer defa pist görüşü 150 m ve 1000 m olarak tespit edilmiştir. Bu değer yaklaşık olarak %0.001 olup %0 olarak raporlanmıştır. R13 pistinde RVR 4 defa (%0) 175 m, R31 pistinde 3 defa (%0) 1300 m olarak ölçülmüştür (Şekil 8).



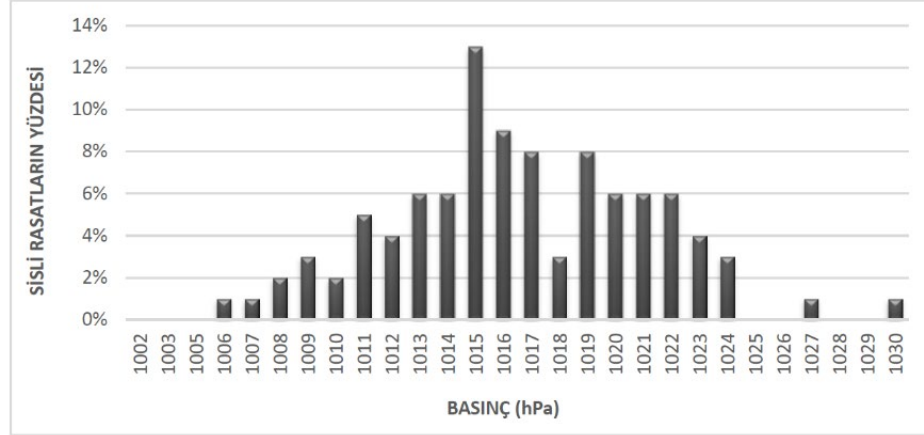
Şekil 8. Sisli rasatların pist görüş mesafesi dağılımı



Şekil 9. Sisli rasatların bulut kapallılığı ve yüksekliği dağılımı

Bulutların kapallılık ve yükseklik analizine göre %10'luk oranla en fazla BKN002 bulutuna rastlanmıştır. BKN002, 5/8 – 6/8 ve 7/8 kapallılıkta, 200 feette (yaklaşık 61 m) görülen bulutlardır. SCT003 bulutu %8 olarak tespit edilmiştir. SCT003, 3/8 – 4/8 kapallılıkta, 300 feette (yaklaşık 91.5m) görülen bulutları tanımlar. NSC bulutunun oranı %7'dir. NSC, önemli düzeyde bulut olmadığı anlamına gelir. 1/8 ve 2/8 kapallılığını tanımlayan FEW bulutu ise %1 ve daha az olarak tespit edilmiştir. 8/8 kapallılıktaki bulutlar için kullanılan OVC tanımlamasına göre, rasatlarda OVC002'ye 10 kez (%1) ve OVC004'e 4 kez (%0) rastlanılmıştır. VV yani dikine rüyetin olduğu; VV001, VV002, VV003, VV004 ve VV005 bulutların sayısı sırasıyla 29 (%3), 42 (%4), 11 (%1), 6 (%1), 1 (%0) olarak tespit edilmiştir.

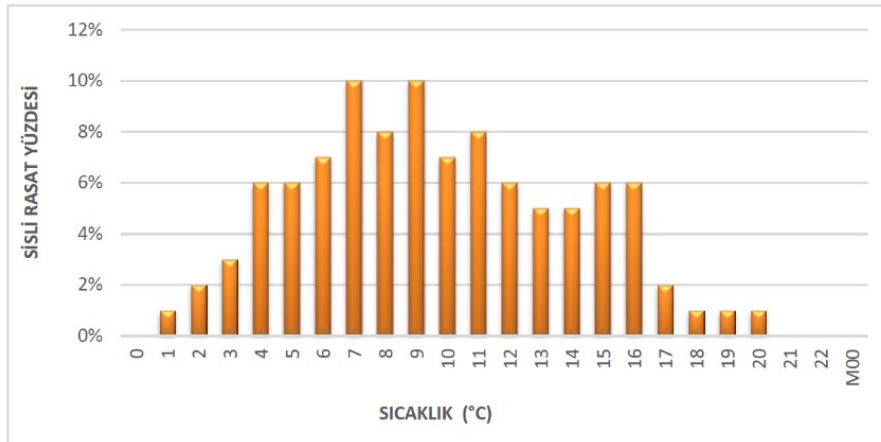
Havanın tamamının açık olduğu, her bir meydana ait minimum uçuş yüksekliğinin altında bulutun olmadığı ve herhangi bir yükseklikte kümülonimbus (konvektif fırtına bulutu-CB) bulutlarının bulunmadığı durumlar CAVOK (Ceiling and visibility-OK) olarak rapor edilmektedir. Yapılan analizler sonucunda 4 (%0) rasatta CAVOK tespit edilmiştir (Şekil 9).



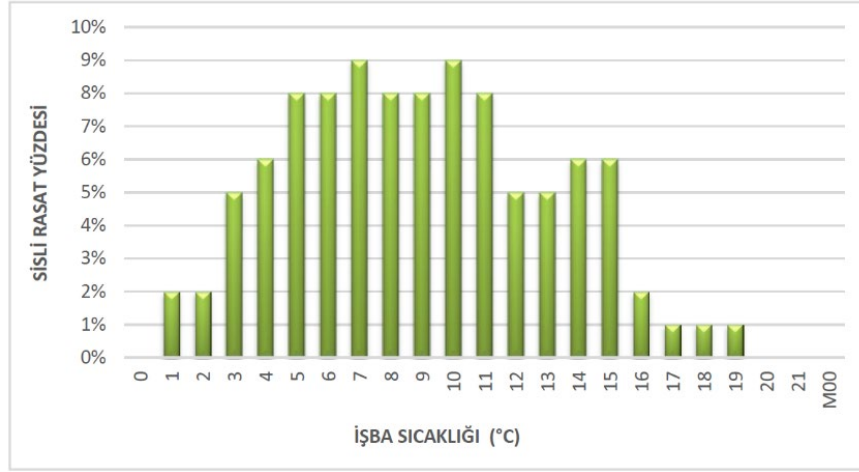
Şekil 10. Sisli rasatların basınç dağılımı

Rasatların sıcaklık dağılımları çoktan aza doğru sıralandığında; sis hadisesi görülen sıcaklıklar 82 rasatta 7 °C, 80 rasatta 9 °C, 76 rasatta 11°C ve 64 rasatta ise 8°C olarak seyretmiştir. Görülen en yüksek sıcaklık değeri tek bir rasatta 22 °C; en düşük sıcaklık değeri ise M00 olarak tanımlanmış olan 0°C'nin altındaki sıcaklıkları ifade etmektedir, rasatlarda iki defa gözlenmiştir. 0°C sıcaklığa tek bir rasatta rastlanmıştır (Şekil 11).

Şekil 12'de işba sıcaklıklarının dağılımı incelendiğinde en yüksek sıcaklık değeri 21 °C'dir. Rasatların %9'unu 7 °C ve 10 °C sıcaklıklar oluşturmaktadır. 5 °C, 6 °C, 8 °C, 9 °C ve 11 °C sıcaklıklarının görülme oranı %8'dir. 0 °C sıcaklığının görüldüğü rasat sayısı 2 iken; M00 değerinde 3 rasat (%0) tespit edilmiştir.



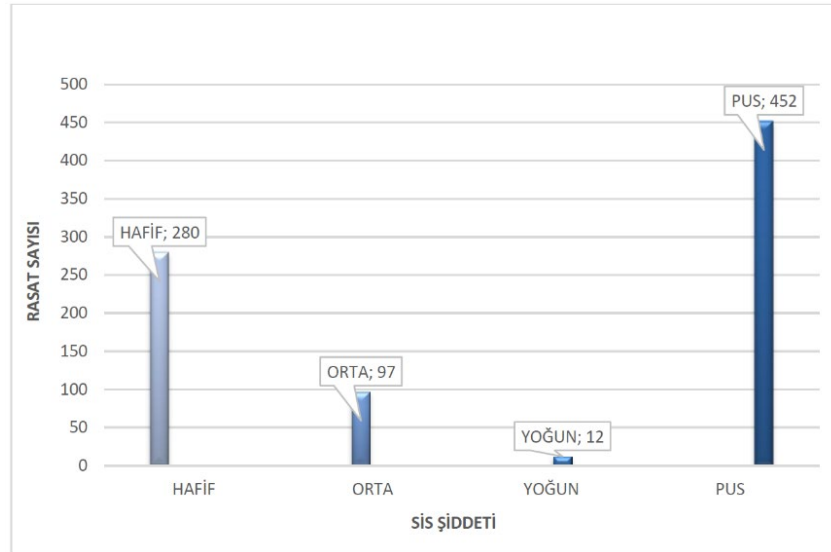
Şekil 11. Sisli rasatların sıcaklık dağılımı



Şekil 12. Sisli rasatların işba sıcaklığı dağılımı

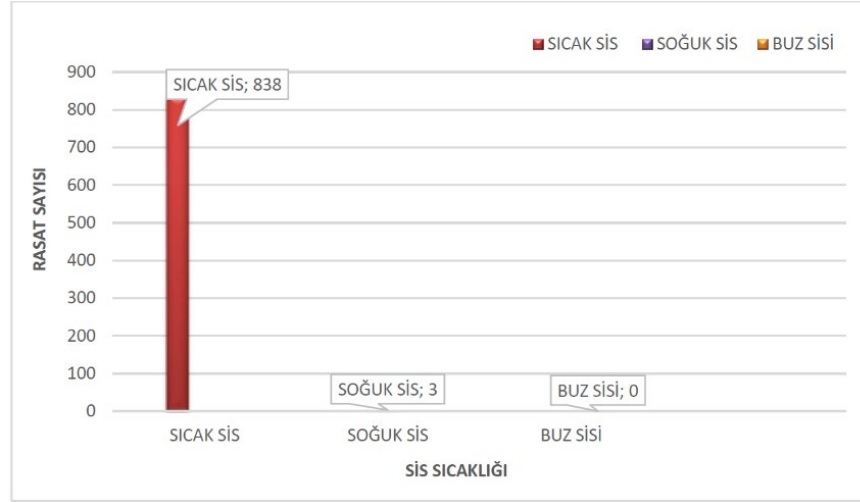
Yatay görüş mesafesi analizlerine göre sis tiplerinin yoğunluk durumu Şekil 13'te verilmiştir. Buna göre mevcut rasatların 280'i hafif, 97'si orta, 12'si yoğun şiddettedir. Geriye kalan 452 sisli rasatta ise görüş mesafesi 1000 metrenin üzerinde olduğundan hadise pus olarak tanımlanmıştır. Yatay görüşün 50 metrenin altında olduğu durumlar gözlemlenmediğinden çok yoğun şiddette sise rastlanmamıştır.

Sıcaklık analizine göre yapılan sınıflandırma sonucunda incelenen 841 rasadın 838'i sıcak sis ve 3'ü soğuk sistir. LTFH istasyonunda incelenen rasat periyodunda buz sisine rastlanmamıştır (Şekil 14).



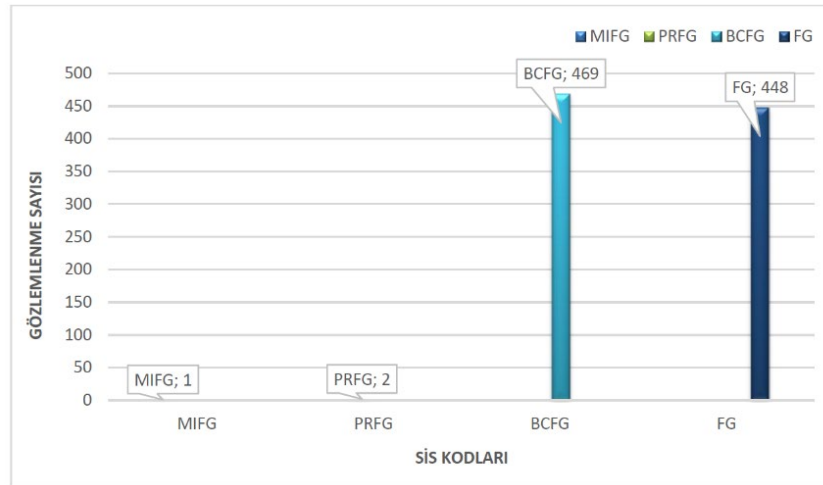
Şekil 13. Yatay görüş mesafesine göre sis tiplerinin yoğunluk dağılımı

LTFH' deki sis hadiseleri havacılık kodlarına göre sınıflandırıldığında; 448 kez FG, 469 kez BCFG, iki kez PRFG ve bir kez MIFG sisi görülmüştür. Bazı rasatlarda sis tiplerinin bir arada görülmüştür. Bu şekilde toplamda 79 rasatta BCFG-FG, FG-FG şeklinde ikili sis tipleri bulunmaktadır (Şekil 15).

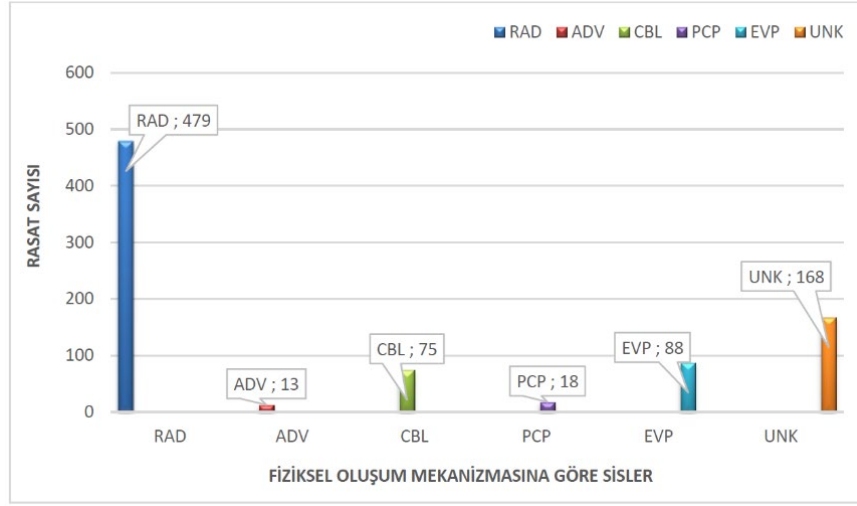


Şekil 14. Sıcaklığa göre sis tiplerinin dağılımı

Sislerin fiziksel oluşumu analiz edildiğinde mevcut rasatlara göre LTFH’ de meydana gelen sisler en çok 479 defa olmak üzere RAD sisi olarak gerçekleşmiştir. Bu sonuç, havalimanının alçak rakımlı ve açık bir bölgede bulunması, özellikle gece boyunca havanın soğumasına bağlı olarak sabah saatlerinde radyasyon sisinin oluşmasına neden olması şeklinde yorumlanabilir. Bunu EVP 88, CBL 75, ADV 13 ve PCP 18 defa gerçekleştirerek takip etmiştir. Yağış olan rasatlar incelendiğinde görülen yağışlar kar (SN), çisenti (DZ) ve yağmur (RA)’dır. Yağışlı 18 adet rasattın altısında kar yağışı sonrası sis oluşmuştur. Ancak bu altı rasattın beşinde kar yağışıyla birlikte yağmur da görülmüştür. Geriye kalan rasatların on tanesinde çisenti, iki tanesinde yağmur yağışları sis oluşmasına sebep olmuştur. Bu beş sis tipi dışında kalan bilinmeyen (UNK) ise 168 tanedir (Şekil 16).



Şekil 15. Havacılık raporu kodlarına göre sis tiplerinin dağılımı



Şekil 16. Fiziksel oluşum mekanizmasına göre sis tiplerinin dağılımı

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Sis hadisesi meteorolojide en önemli hava olaylarından biridir. Ülkemizde ve dünyanın birçok yerinde özellikle havacılık sektörü olmak üzere pek çok alanda etkili rol oynamaktadır. Bu çalışmada, Samsun Çarşamba Havalimanı Meteoroloji Ofisi tarafından yayımlanan METAR ve SPECI rasatları kullanılarak 2018-2023 yılları için sis analizleri gerçekleştirilmiştir. Sis tipleri çeşitli kriterlere göre sınıflandırılmış, analizler grafik ve şekillerle desteklenmiştir. Analizler neticesinde;

Seçilen periyotta toplam 54933 METAR ve 1998 SPECI verisi bulunmaktadır. Bu verilerden 639 METAR ve 202 SPECI verisi içinde FG koduna rastlanmıştır. Sisli rasat sayısı 841'dir.

Sis en fazla 2019 yılında (39 gün) ve mayıs ayında (32 gün) gözlemlenirken, temmuz ayında hiç görülmemiştir. Mevsimsel dağılıma göre en fazla sis ilkbaharda (78 gün), en az sis yaz aylarında (13 gün) meydana gelmiştir. Günlük analizlerde, sis en çok 21.50-00.50 UTC arasında oluşmuş, 11.50 UTC'de hiç gözlemlenmemiştir. Bu durum, güneşin yüzeyi ısıtmasıyla sis oluşumuna uygun atmosferik koşulların ortadan kalkmasına bağlanmıştır.

Rüzgar analizleri, LTFH'de çoğunlukla değişken yönlü (VRB) hafif rüzgarların hâkim olduğunu ve çok şiddetli rüzgarlara rastlanmadığını göstermektedir. Rasatların %29'unda rüzgar hızı 2 kt olarak ölçülmüş, bu durum sisin dağılmasını engelleyerek oluşumunu desteklemiştir. Görüş mesafesi analizlerine göre FG kodlu rasatların %46'sında görüş mesafesi 1 km'nin altına düşmüştür. Yoğunluk açısından sis olaylarının %72'si hafif, %25'i orta ve %3'ü yoğun şiddette kaydedilmiştir. Basınç değerleri genellikle 1002-1030 hPa arasında değişmiş ve en sık 1015 hPa olarak ölçülmüştür. Sıcaklık analizlerinde en yüksek değer 22°C, en düşük değer ise 0°C'nin altında sadece iki rasatta kaydedilmiştir. Sislerin %99'u sıcak sis, %1'i ise soğuk sis olarak sınıflandırılmıştır. Samsun'un coğrafi ve iklimsel özellikleri nedeniyle buz sisi oluşmamıştır.

Kodlarına göre sis türleri incelendiğinde en fazla BCFG (469) ve FG (448) kodları rapor edilmiş, toplamda 79 rasatta iki farklı sis kodu birlikte gözlemlenmiştir. VCFG ve donmuş sis (FZFG) olayına rastlanmamıştır. Oluşum mekanizmalarına göre LTFH'de en yaygın sis türü radyasyon sisi olup, 479 rasatta tespit edilmiştir. Bunu 88 rasatla buharlaşma sisi, 75 rasatla bulut tabanının alçalmasından kaynaklanan sis, 18 rasatla yağış sisi ve 13 rasatla adveksiyon sisi takip etmiştir. Radyasyon sisi, havalimanının alçak rakımlı ve açık bir bölgede bulunması nedeniyle gece boyunca kara yüzeyinin soğumasıyla sıkça meydana gelmiştir. Özellikle rüzgarsız

ve açık gecelerde oluşan bu sis türü, sabah saatlerinde görüş mesafesini düşürerek uçuş operasyonlarını olumsuz etkilemektedir.

Genel olarak, LTFH'nin sis oluşumu için elverişli şartlara sahip olduğu belirlenmiştir. Samsun'un denize kıyısı olması nispi nemi artırarak sisin oluşumunu desteklerken, düşük şiddetli rüzgarlar sisin dağılmasını engellemiştir. Ayrıca, Samsun'un kuzeyde konumlanması nedeniyle güneş ışınlarını daha eğik açıyla alması, yüzey ısınmasını ve dolayısıyla sis oluşumunu etkilemektedir. Güneş ışınlarının geliş açısı 21 Haziran'da 72.5°, 21 Aralık'ta 25.5° ve ekinoks dönemlerinde 49° olarak hesaplanmıştır.

Havalimanı operasyonlarında pist görüş mesafesi kritik bir unsurdur ve sis, uçuş güvenliği açısından önemli meteorolojik olaylardan biridir. Sis tiplerinin ne zaman ve hangi koşullarda oluşabileceğinin bilinmesi, kazakırım olaylarını önlemeye veya etkilerini azaltmaya katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda, çalışma LTFH operasyon programlarının güvenle planlanmasına destek vermektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Yazarlar, çalışmada kullanılan verilerin temini için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ve Samsun Çarşamba Havalimanı Meteoroloji İstasyonu çalışanlarına teşekkür ederler.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT of INTEREST)

Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

ARAŞTIRMA ve YAYIN ETİĞİ BEYANI (STATEMENT of PUBLICATION ETHICS)

Çalışmanın tüm süreçlerinin araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu, etik kurallara ve bilimsel atıf gösterme ilkelerine uyduğunu beyan ederiz.

YAZAR KATKISI (AUTHOR STATEMENT)

Güllüzar Özcü: Araştırma, Analiz, Görselleştirme. **Neslihan Beden:** Araştırma, Doğrulama, Metodoloji, Görselleştirme, Yazma-orijinal taslak. **Nazire Göksu Soydan Oksal:** Metodoloji, Kaynaklar, Yazma-orijinal taslak, Veri iyileştirme. **Şule Haliloğlu:** Görselleştirme, Metodoloji, Veri iyileştirme.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Brunet, M., Jones, S., & Ruti, P. M. (2018). World Meteorological Organization.
- [2] Guerreiro, P. M., Soares, P. M., Cardoso, R. M., & Ramos, A. M. (2020). An analysis of fog in the mainland portuguese international airports. *Atmosphere*, 11(11), 1239.
- [3] Sayad, T., & Morsy, M. (2019). Possible mechanisms for fog formation over Borg El Arab airport, Egypt. *Weather*, 74(2), 43-50.
- [4] Stolaki, S., Kazadzis, S., Foris, D., & Karacostas, T. S. (2009). Fog characteristics at the airport of Thessaloniki, Greece. *Natural hazards and earth system sciences*, 9(5), 1541-1549.
- [5] Gultepe, I., Tardif, R., Michaelides, S. C., Cermak, J., Bott, A., Bendix, J., Müller, M. D., Pagowski, M., Hansen, B., & Ellrod, G. (2007). Fog research: A review of past achievements and future perspectives. *Pure and applied geophysics*, 164, 1121-1159.
- [6] Tardif, R., & Rasmussen, R. M. (2007). Event-based climatology and typology of fog in the New York City region. *Journal of applied meteorology and climatology*, 46(8), 1141-1168.
- [7] Roquelaure, S., Tardif, R., Remy, S., & Bergot, T. (2009). Skill of a ceiling and visibility Local Ensemble Prediction System (LEPS) according to fog-type prediction at Paris-Charles de Gaulle Airport. *Weather and Forecasting*, 24(6), 1511-1523.

- [8] Aktaş, C., & Erkuş, O. (2009). Lojistik Regresyon Analizi ile Eskişehir'in Sis Kestiriminin İncelenmesi Investigation of Fog Forecasting of Eskişehir Using Logistic Regression Analysis. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(16), 47-61.
- [9] Çamalan, G., Yağan, S., & Ağün, N. (2010). Esenboğa Airport fog studies. Turkey International Fog Symposium, Ankara, Turkey,
- [10] Van Schalkwyk, L., & Dyson, L. L. (2013). Climatological characteristics of fog at Cape Town International airport. Weather and Forecasting, 28(3), 631-646.
- [11] Belorid, M., Lee, C. B., Kim, J.-C., & Cheon, T.-H. (2015). Distribution and long-term trends in various fog types over South Korea. Theoretical and Applied Climatology, 122, 699-710.
- [12] Bari, D., Bergot, T., & El Khlifi, M. (2015). Numerical study of a coastal fog event over Casablanca, Morocco. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 141(690), 1894-1905.
- [13] Yavuz, V., Temiz, C., Özdemir, E. T., & Deniz, A. (2015). Avrupa Bölgesi için kaza-kırım raporlarının incelenmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2(5), 155-160.
- [14] Özdemir, E. T., Deniz, A., Sezen, İ., Menteş, Ş. S., & Yavuz, V. (2016). Fog analysis at Istanbul Ataturk International Airport. Weather, 71(11), 279-284.
- [15] Weston, M., Temimi, M., Burger, R., & Piketh, S. (2021). A fog climatology at Abu Dhabi international airport. Journal of applied meteorology and climatology, 60(2), 223-236.
- [16] Chandu, K., Dharma Raju, A., Kumar, S., Dasari, M. P., & Reddy, Y. (2022). Operational constraints on flight navigation due to fog and consequent economic implications at the Rajiv Gandhi International Airport, Hyderabad, Telangana, India. Asian Journal of Water, Environment and Pollution, 19(4), 25-32.
- [17] Uğurluel, G., Deniz, A., & Özdemir, E. T. (2023). Fog analysis of airports in the northeast of Turkey in the last decade. International Journal of Climatology, 43(16), 7549-7564.
- [18] Deniz, B., & Yavuz, V. (2024). Batman İli için Sis ve Görüş Mesafesi Analizi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(2), 767-781.
- [19] Keskin, M., & Efe, B. (2020). Samsun Carsamba Airport Analysis Of Wind, Thunderstorm And Snow. International Engineering and Natural Sciences Conference, Dicle University, Diyarbakır, Turkey.



© Author(s) 2025. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

CFD Analysis of the Impact of Temperature Variation on Condensation and Phase Transition Performance in Heat Exchangers

Isı Eşanjörlerinde Sıcaklık Değişiminin Yoğuşma ve Faz Geçiş Performansı Üzerindeki Etkisinin CFD Analizi

Yazar(lar) (Author(s)): Fuat TAN¹, Hamid Orhun TUR²

¹ ORCID ID: 0000-0002-4194-5591

² ORCID ID: 0009-0005-7850-6372

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Tan F., Tur H.O., “CFD Analysis of the Impact of Temperature Variation on Condensation and Phase Transition Performance in Heat Exchangers”, *Harran University Journal of Engineering*, 10(2): 80-93, (2025).

DOI: 10.46578/humder.1646589



CFD Analysis of the Impact of Temperature Variation on Condensation and Phase Transition Performance in Heat Exchangers

Fuat TAN^{1*}, Hamid Orhun TUR²

^{1,2}Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye

Abstract

This study investigates condensation in a rectangular copper heat exchanger with six circular tubes exposed to temperature variations. Three different temperature levels (380 K, 420 K and 460 K) were compared by examining heat transfer and phase change over a 5 second period with 1.25 s increments. A transient two dimensional analysis model was developed. Physical modeling was performed using the Volume of Fluid (VOF) phase model and the Standard k-ε turbulence model. The analysis results were monitored along two horizontal lines at different heights on the plate. The simulation results show that rapid condensation occurs at low and medium temperature levels due to high heat transfer. At the high temperature level, a delayed phase change leads to a longer condensation duration. The study serves as a guide for thermal device design by emphasizing the need to select appropriate temperature ranges while considering both the amount and duration of condensation.

Keywords: CFD, Phase Transition, Heat Exchanger, Temperature, Condensation

Article Information

Received: 17/02/2025
Revised: 07/04/2025
Accepted: 17/04/2025
Published: 30/06/2025

Tan F., Tur H.O., "CFD Analysis of the Impact of Temperature Variation on Condensation and Phase Transition Performance in Heat Exchangers", Harran University Journal of Engineering, 10(2): 80-93, (2025).

Isı Eşanjörlerinde Sıcaklık Değişiminin Yoğuşma ve Faz Geçiş Performansı Üzerindeki Etkisinin CFD Analizi

Öz

Yürütülen bu çalışma, sıcaklık değişimine maruz 6 adet dairesel boru içeren dikdörtgen bir bakır ısı eşanjöründeki yoğuşma konusunu incelemektedir. Üç farklı sıcaklık seviyesi (380 K, 420 K ve 460 K) ve 1,25 s artımlarla 5 saniye boyunca gerçekleşen ısı transferi ve faz geçişi ortaya konularak karşılaştırılmıştır. Geçici rejimde 2 boyutlu bir analiz modeli oluşturularak VOF (Volume of Fluid) faz modeli ve Standart k-ε türbülans modeli ile fiziksel modelleme yapılmıştır. Analiz sonuçları plaka üzerinde oluşturulan farklı yüksekliklerdeki yatay iki çizgi boyunca grafiklerle izlenmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre, düşük ve orta sıcaklık seviyesinde yüksek bir ısı transferi neticesinde yoğuşma işleminin hızlıca gerçekleştiği gözlemlenirken, yüksek sıcaklık seviyesinde faz değişiminin gecikerek yoğuşma süresinin diğer sıcaklık seviyelerine göre arttığı gözlemlenmiştir. Çalışma, ısı cihaz tasarımı yapılırken uygun sıcaklık aralıkları seçilerek yoğuşma miktarı ve süresinin de gözönünde bulundurulmasını ortaya koyan rehber niteliğinde bir çalışmadır.

Anahtar Kelimeler: CFD, Faz Değişimi, Isı Eşanjörü, Sıcaklık, Yoğuşma

Makale Bilgisi

Başvuru: 17/02/2025
Düzeltilme: 07/04/2025
Kabul: 17/04/2025
Yayınlanma: 30/06/2025

Tan F., Tur H.O., "Isı Eşanjörlerinde Sıcaklık Değişiminin Yoğuşma ve Faz Geçiş Performansı Üzerindeki Etkisinin CFD Analizi", Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 10(2): 80-93, (2025).

1. INTRODUCTION (GİRİŞ)

In recent years, global energy consumption has increased. Inefficient energy conversions and higher fossil fuel use have caused major global issues [1]. To tackle this, two-phase closed thermosyphons have become popular. These systems efficiently transfer heat between surfaces and are widely used in renewable heating [2]. Grover introduced the concept of two-phase heat pipes in 1964 [3]. Two-phase thermosyphon systems show various operating conditions. Chen et al. [4]. studied these conditions and the influencing factors in detail. Several methods have been developed to solve multiphase computational fluid dynamics (CFD) problems. Common methods are Volume of Fluid (VOF) [5-6], front-tracking (FT) [7] and level-set (LS) [8-9]. VOF is widely used today in multiphase flow calculations. It tracks sharp interfaces, uses computational resources efficiently and is suitable for multiphase flows. Despite lower interface stability compared to other methods, VOF remains one of the most popular solutions [10-12].

Mroue et al. [13] conducted an experimental and numerical study of a heat pipe-based heat exchanger. Experimental data were compared with CFD simulations, where the heat pipe was modeled as solid rods with constant conductivity, showing agreement within 10%. In the simulations, the heat pipe was treated as a simple solid rod since two phase flow was not considered significant. In the study by Temimy et al. [14] a CFD simulation of a vertical heat pipe was analyzed using the VOF model. The effects of different charge ratios (40%, 50%, 60%, 70% and 100%) on the system were investigated, revealing interactions between rising hot vapor and condensed liquid. The results showed that the high momentum vapor phase pushes other phases away from the wall, increasing the efficiency of the heat pipe.

Lin et al. [15] developed a comprehensive 3D CFD model to simulate evaporation and condensation processes in a wickless heat pipe. The model used UDF and VOF methods, considering phase change materials during evaporation and condensation. The results were visualized using commercial software and validated experimentally with a transparent geyser. Song et al. [16] experimentally studied the thermal efficiency of a concentric annular heat pipe heat sink (CAHPHS). CAHPHS, made up of two circular tubes with different diameters, creates a vacuum vapor area, improving heat transfer and offering a more effective cooling solution than conventional heat pipes. The experiments tested various fill ratios, flow arrangements and heat values using different liquids like water and methanol. Results showed the best thermal performance with a 10% fill ratio for water and a 40% fill ratio for methanol. Yuan et al. [17] proposed a new dual-shell intermediary structure (called DSMHCTHE) to improve the heat transfer performance on the shell side by helically coiling test tubes. The performance of DSMHCTHE has been obtained by comparing the conventional multi-layer helically coiled tubes heat exchangers (MHCTHE) with the numerical results and experimental tests. The results showed that the proposed design is better in heat transfer even with the pressure loss on the shell side and it is 12% more comprehensive than MHCTHE in terms of total performance.

In their research, Li et al. [18] developed a model that considers the fin area of a compact heat exchanger to be the annular porous medium. They also proposed the computational fluid dynamics (CFD) numerical simulation method for a 3D dimpled tube heat exchanger with a flow layout simplified only by the dummy tube area. Their method enables the capturing of the flow characteristics in other areas by having a fine mesh only in the area where the flow occurs. Jin et al. [19] made a CFD model in the ANSYS Fluent program that can recover the waste heat by means of the electric generators and furnaces that emit the gaseous mixture with the water steam. Apart from generators and furnaces, the composition of the gaseous mixture occurs during the burning of certain fuels such as oil derived diesel. The invention of the mini heat exchangers allowed for increased heat transfer and the reduction of the heat exchanger's size.

In studies involving vapor-liquid phase change, the process is often simplified and defined as heat and mass transfer. Therefore, the phase change model used to describe heat and mass transfer is crucial for the accuracy and stability of CFD analysis. The most commonly used phase change model in CFD analysis of

heat pipes is the Lee model, formulated by Lee, which assumes constant saturation pressure [20]. The Lee model was developed based on a set of Hertz-Knudsen equations derived from the kinetic energy theorem of gases. One advantage is that it allows phase change to occur both within phases and on surfaces and it can be easily applied to commercial CFD software using UDF [21]. Zhang et al. [22] have created a new phase transition model based on the Lee model to reduce numerical fluctuations in concentration simulations. By transferring energy sources to the adjacent grid points, the computational efficiency of the model was increased by a factor of 40. While the error rates for interface temperature and position with the developed model were only approximately 1%, the Lee model had an error of over 50%. Additionally, the use of R134a has been accomplished to analyze the Nusselt film condensation and forced convective condensation successfully resulting in a considerable improvement in accuracy compared to the previous numerical methods.

This study is a numerical analysis model that employs a computational fluid dynamics method to examine the condensation duration and amount in a six-tube heat exchanger at three different temperature levels. The research aims to use CFD to numerically interact with the effects of temperature variations on phase transition dynamics and condensation behavior in a rectangular copper heat exchanger. In the study, molecular dynamics simulations aided by VOF and Lee phase change models are performed to understand the dynamic behavior of the heat exchanger. The investigation runs the condensation at different thermal boundary conditions leading to the fabrication of a more rapid thermal management solution through the optimal choice of operating temperature.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Material

One well-known equation for estimating net mass transfer between vapor and liquid surfaces during evaporation is the Hertz-Knudsen equation [23], shown below:

$$m = \alpha_c \frac{\sqrt{M}}{\sqrt{2\pi R}} \left[\frac{p}{\sqrt{T_v}} - \frac{p_{sat}(T_l)}{\sqrt{T_l}} \right] \quad (1)$$

In this equation, α_c is the accommodation coefficient. M is the molecular weight; R is the universal gas constant and P represents pressure. The result is expressed in $\text{kg/m}^2\text{s}$. The Schrage and Lee models, often used for phase change in condensation and evaporation, are derived from this equation. Later, equation (1) was revised as follows.

$$m = \alpha_c \frac{\sqrt{M}}{\sqrt{2\pi RT}} [p - p_{sat}(T)] \quad (2)$$

According to the ideal gas law,

$$\rho = \frac{P_v M}{RT} \quad (3)$$

$$\frac{\sqrt{M}}{\sqrt{T}} = \frac{\sqrt{\rho R}}{\sqrt{P_v}} \quad (4)$$

By incorporating Equation (4) into Equation (2), Equation (5) is obtained as follows:

$$m = \frac{\alpha_c}{\sqrt{2\pi}} \sqrt{\rho_v} \frac{p - p_{sat}(T)}{\sqrt{p}} \quad (5)$$

CFD simulations use different methods to analyze mass transfer during phase changes. The mass transfer rate is added to the continuity equation through the source term S_m , representing mass change per unit volume. Equation (5) must be updated with the correct formula. The volumetric vapor-liquid interface area relates to the mean Sauter diameter D_{sm} and the phase volume fraction α [24]. The volumetric mass flow at the interfaces is expressed by the following formula:

$$m = \frac{6\alpha}{D_{sm}} \frac{\alpha_c}{\sqrt{2\pi}} \sqrt{\rho_v} \frac{p - p_{sat}(T)}{\sqrt{p}} \quad (6)$$

In this system, α_c and D_{sm} change based on real conditions. The empirical coefficient β is defined as:

$$\beta = \frac{6\alpha_c}{D_{sm}\sqrt{2\pi}} \quad (7)$$

Substituting into Equation (6),

$$m = \beta \alpha \sqrt{\rho_v} \frac{p - p_{sat}(T)}{\sqrt{p}} \quad (8)$$

The mass transfer equations for liquid-to-vapor (evaporation) and vapor-to-liquid (condensation) transitions are obtained.

$$m_{l \rightarrow v} = \beta_e \alpha_l \sqrt{\rho_v} \frac{p_{sat}(T) - p}{\sqrt{p}} \quad (9)$$

$$m_{v \rightarrow l} = \beta_c \alpha_v \sqrt{\rho_v} \frac{p - p_{sat}(T)}{\sqrt{p}} \quad (10)$$

The empirical coefficients s^{-1} , β_e and β_c in Equations (9-10) should be determined under specific conditions for numerical accuracy. Interface tracking between phases is done by solving the mass conservation equation for volume fractions. The equation for the first phase is as follows:

$$\frac{1}{\rho_q} \left[\frac{\partial}{\partial t} (\alpha_q \rho_q) + \nabla \cdot (\alpha_q \rho_q \vec{v}_q) \right] = \sum_{p=1}^n (\dot{m}_{pq} - \dot{m}_{qp}) \quad (11)$$

The VOF method is used to study two-phase flow and phase changes. In this study, liquid and vapor phases are used, so the total cell volume equals ($\alpha_v + \alpha_l = 1$). The continuity equation for the primary phase (liquid) is solved. Momentum and energy equations are calculated for the mixture phase. The equations are listed below.

The continuity equation is:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\alpha \rho) + \nabla \cdot (\alpha \rho \mathbf{u}) = S_m \quad (12)$$

The momentum equation is:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u) + \nabla \cdot (\rho u u) = -\nabla p + \nabla \cdot [\mu (\nabla u + \nabla u^T)] + \rho g + S_{CSF} \quad (13)$$

In Equation (13), p represents local pressure, μ is dynamic viscosity and g denotes gravitational force. The energy equation is expressed as shown below [25].

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \nabla \cdot [(\rho E + p)u] = \nabla(k \nabla T) + S_E \quad (14)$$

In this equation, E represents internal energy and k denotes thermal conductivity.

In Equations (13-14), density ρ and viscosity μ are volume-averaged in the mixture phase. However, internal energy E is mass averaged.

Surface tension results from uneven molecular forces at liquid-vapor interfaces. It pulls molecules inward, aiming to minimize the energy of bubbles or droplets. This affects bubble formation and liquid adhesion to solid surfaces. The Continuum Surface Force (S_{CSF}) model accounts for these effects by adding a source term (S_{CSF}) to the momentum equation. This improves the accuracy of fluid dynamics modeling.

$$S_{CSF} = 2\sigma_{lv} \frac{\alpha_l \rho_l C_v \nabla \alpha_v + \alpha_v \rho_v C_l \nabla \alpha_l}{\rho_l + \rho_v} \quad (15)$$

Eddy viscosity is used in turbulent flows to account for turbulence. It helps reduce errors and prevent micro-level fluctuations [26]. The general equation is:

$$\nu_t = C_\mu \frac{k^2}{\epsilon} \quad (16)$$

In the Eddy viscosity equation, ν_t is Eddy viscosity (m^2/s). C is the constant; k is turbulence energy and ϵ is energy dissipation.

2.2. Geometry

In this study, a 20x50 cm rectangular plate with six Ø7 mm copper tubes were used. Tube temperatures were examined at three levels (380K, 420K, 460K). The plate contained water vapor at 273K, and heat and vapor transfer were analyzed through the tube holes. Copper at the bottom condensed the vapor into liquid due to the high tube temperatures. 2D drawings and model image are shown in Figure 1.

In the analysis, water and vapor were the main fluids used for condensation and phase transition analysis in heat exchangers. Water was chosen to model vapor to liquid transition due to its high latent heat. The thermophysical properties of water and vapor are shown in Table 1.

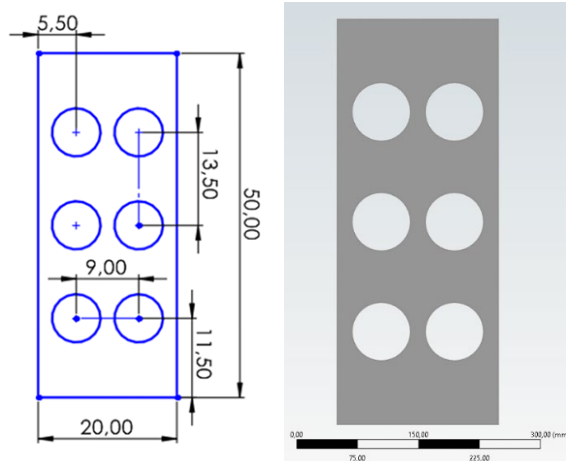


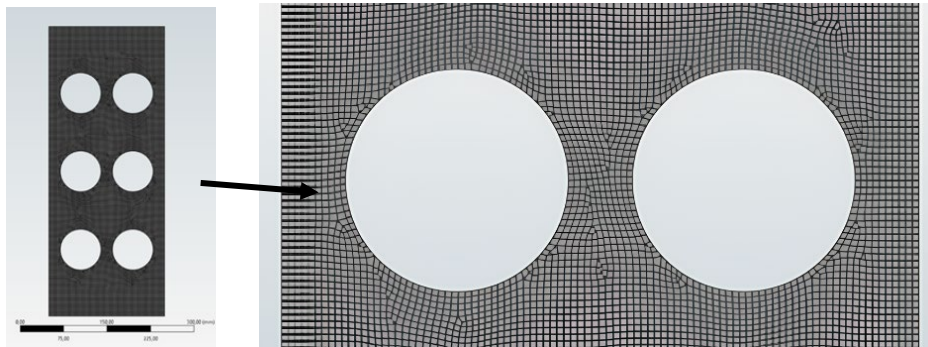
Figure 1. Model technical drawing (a) and image (b)

Table 1. Material properties

Property	Water-v	Water-l	Aluminum (Wall)
Density (ρ):	0.5542	998.2	2719
Specific heat (c_p):	2014	4182	871
Thermal conductivity:	0.0261	0.6	202.4

2.3. Mesh

The geometry model uses mostly hexahedral elements, with tetrahedral elements around the tube holes, forming a hybrid mesh. The element size is 2.1 mm and the mesh was created with "Medium" smoothing. The mesh metrics are within recommended ranges. The model has 18,733 nodes and 18,107 elements. The mesh structure is shown in Figure 2 and the metrics are in Table 2.

**Figure 2.** Mesh Structure**Table 2.** Mesh metric values

Mesh Metric	Min	Max	Average
Aspect Ratio	1	2,4686	1,0608
Skewness	4,508e-7	0,59079	5,7044e-2
Orthogonal Quality	0,75212	1	0,99086

2.4. Boundary Conditions

CFD analyses were done using Ansys Fluent under steady state conditions. The ambient temperature was set to 273K, and the water-vapor phase volume fraction was defined as 1. The vapor fraction was applied using the patch method. The edge temperatures of six tubes, called "condenser1" were set to 380K, 420K and 460K. The lower edge of the plate, "condenser2" was set to 273K.

The standard k- ϵ turbulence model and Enhanced Wall Treatment were used for the analysis. The standard k- ϵ turbulence model served as the reliable method adopted in this research because of its exact prediction of separated flows in the recirculation zone and the boundary layer such as in the case of condensation dominated phase change. This model entails the solution of transport equations for turbulence kinetic energy (k) and its dissipation rate (ϵ), thus it is the best choice for high Reynolds number and low anisotropy flows. Moreover, it provides numerical stability. The VOF method is also handy in dealing with the tracking of both liquid and vapor interfaces during an unsteady simulation. According to Fadhl et al. [10], the standard k- ϵ model yields reliable results in two-phase thermosyphon systems with condensation, balancing computational cost and physical realism. The VOF model simulated the vapor to liquid phase transition. The surface tension between liquid and vapor was set to 0.06 N/m. Mass transfer occurred through condensation, so the evaporation-condensation model was used. The Lee model was applied for analysis.

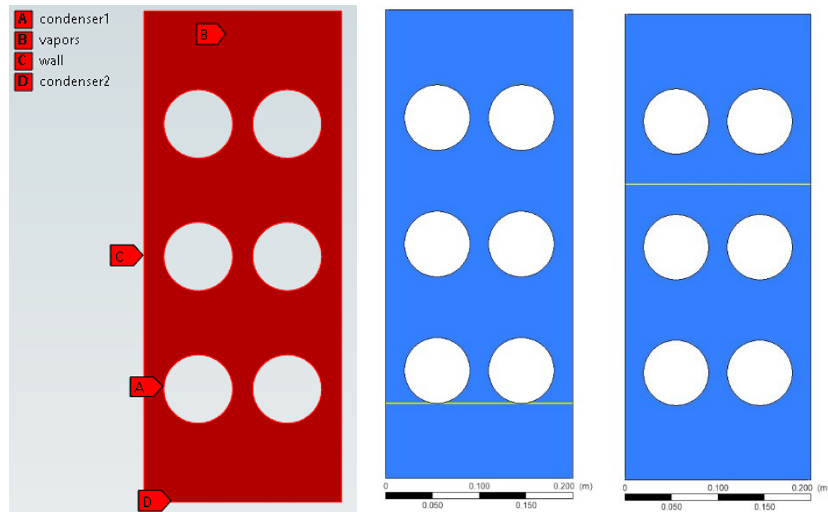


Figure 3. Boundary conditions

Table 3. Boundary conditions

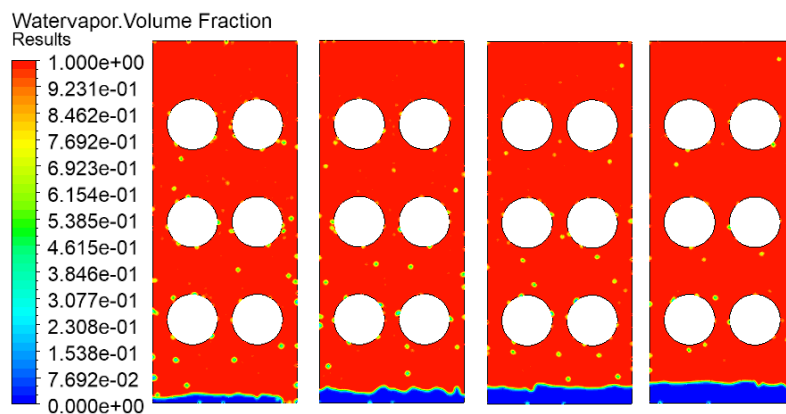
Boundary	1	2	3
“Condenser1” Temp.	380 K	420 K	460 K
Turbulence Model	k- ϵ	k- ϵ	k- ϵ
Multiphase Model	VOF	VOF	VOF
Mass Transfer Model	Lee Model	Lee Model	Lee Model

3. RESULTS and DISCUSSIONS

The contour results show that water vapor distribution and temperature changes over time. Below are detailed interpretations for each temperature level. This study's CFD analyses examined condensation and phase transitions at 380K, 420K and 460K. At 380K, condensation starts much faster. Over time ($t=1.25 - 5$ s), water vapor decreases quickly as molecules transition to liquid. Due to the lower energy level, condensation takes place quicker than at other temperatures which gives rise to rapid condensation from vapor and a swift change of phase.

380 K results:

At 380K, temperature distribution is uniform across the surface. Over time ($t=1.25-5$ s), temperature differences decrease quickly. The lower temperature allows for faster phase transition and quicker thermal equilibrium. This indicates that condensation at 380K is more efficient and takes less time.

Figure 4. Water vapor distribution for 380 K a) $t=1.25$ s b) $t=2.5$ s c) $t=3.75$ s d) $t=5$ s

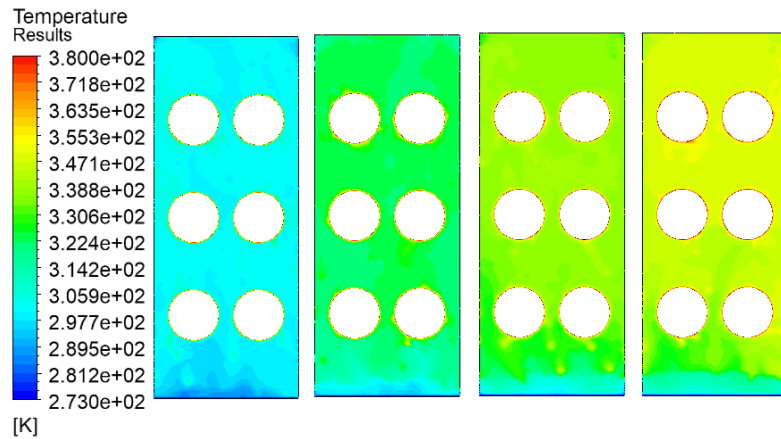


Figure 5. Temperature distribution for 380 K a) $t= 1.25$ s b) $t=2.5$ s c) $t=3.75$ s d) $t= 5$ s

420 K results:

Steam condenses on the pipes and loses energy. The high energy delays the process. At 420K, condensation is slow and gradual. Over time, water vapor decreases but condensation still takes longer than at 380K.

At 420K, the temperature gradually decreases, with noticeable cooling around the tubes. Temperature changes are slower than at 380K and surface differences are more pronounced. As time progresses ($t=1.25-5$ s), the system nears thermal equilibrium but temperature differences last longer due to the higher heat.

At 460K, temperature differences are more pronounced. Surface temperature changes vary widely and cooling is much slower. Condensation is delayed and thermal equilibrium takes longer. Even as the system cools ($t=1.25-5$ s), slow condensation keeps the differences significant.

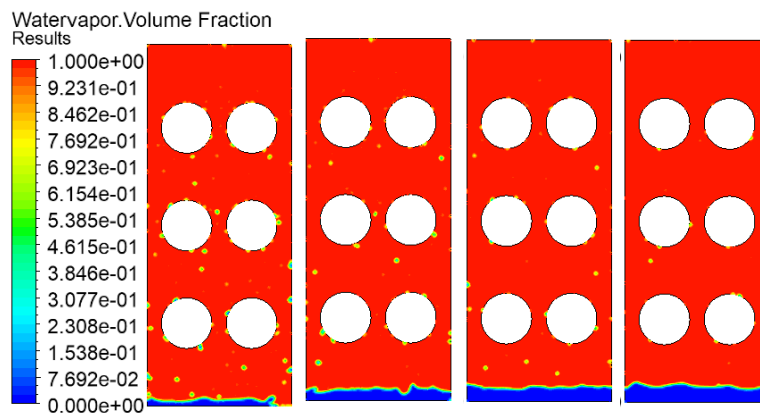


Figure 6. Water vapor distribution for 420 K a) $t= 1.25$ s b) $t=2.5$ s c) $t=3.75$ s d) $t= 5$ s

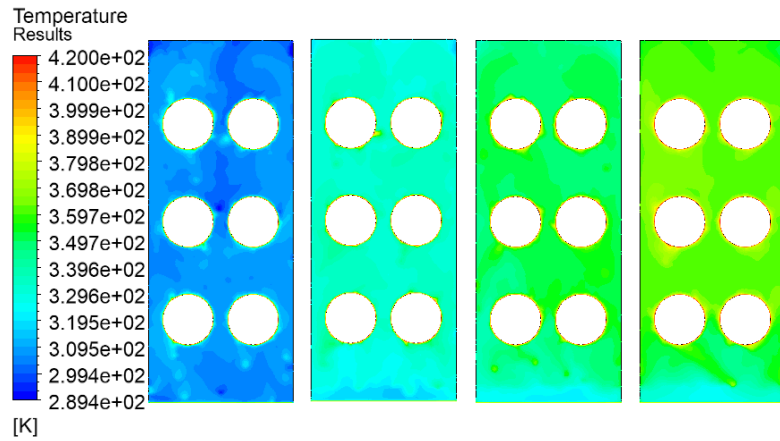


Figure 7. Temperature distribution for 420 K a) $t= 1.25\text{ s}$ b) $t=2.5\text{ s}$ c) $t=3.75\text{ s}$ d) $t= 5\text{ s}$

460 K results:

The process where vapor molecules change to liquid whilst giving off dissipates energy is referred to as condensation. This is much slower as it depends on the created thermal energy in addition to the pressure.

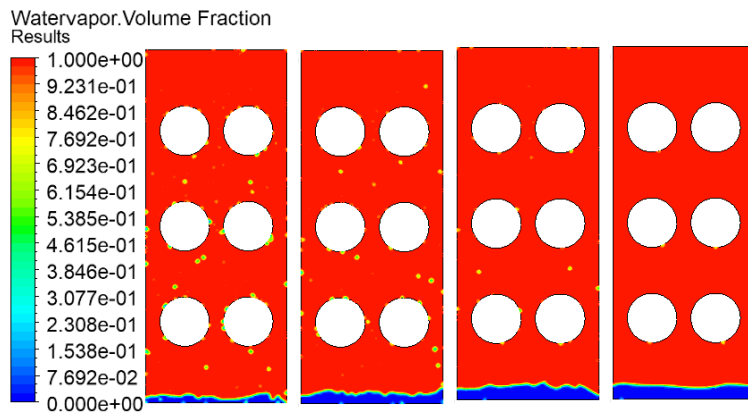


Figure 8. Water vapor distribution for 460 K a) $t= 1.25\text{ s}$ b) $t=2.5\text{ s}$ c) $t=3.75\text{ s}$ d) $t= 5\text{ s}$

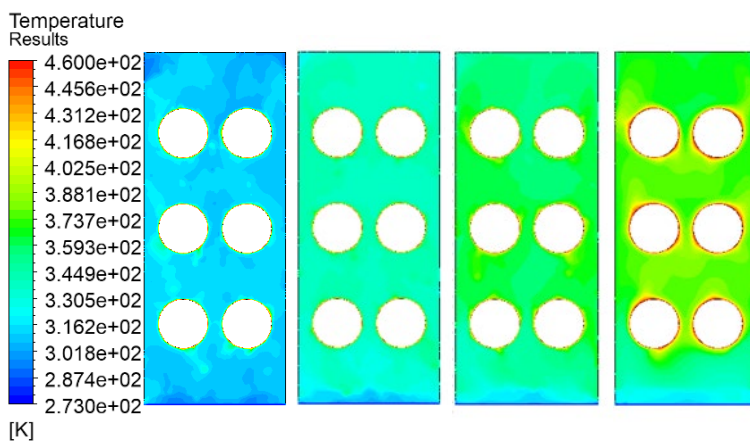


Figure 9. Temperature distribution for 460 K a) $t= 1.25\text{ s}$ b) $t=2.5\text{ s}$ c) $t=3.75\text{ s}$ d) $t= 5\text{ s}$

At higher temperature, vapor molecules possess more energy while needing to condense which takes even more energy. The increased temperature further retards the condensation process.



Figure 10. Temperature distribution at line 2

The changes of the variable x on the graph in terms of temperature suggest that the condensation process is effective over the surface. Each detached section from the base line reaches the same thermal reading which suggests that every section of the surface goes through the same process. It indicates the high ratio of effectiveness of the process of phase change. The temperature differences were large at 460K. Only notable $t = 1.25$ s did temperatures span between 312.6K to 364.6K. While at 5s the range had increased to 372K to 440K. Due to the lack of energy in the system, the rate of condensation was reduced, which explained a wide range of temperature readings over the surface. The transition of phase was slower due to an increase in molecular energy and so did the rate of energy supply to the system.

At 420K, temperature distribution was more stable but still varied. At $t = 1.25$ s, temperatures ranged from 309.5 K to 333.7 K. At $t = 5$ s, they varied between 351.4 K and 380.5 K. Condensation was slower than at 380K and temperature differences persisted longer. This indicates that the condensation process took more time and delayed energy loss in the vapor phase. At $t = 1.25$ s, temperatures ranged from 296.1 K to 315.7 K. By $t = 5$ s, they dropped to 347.4 K to 351.8 K. Lower energy in water vapor facilitated rapid condensation and reduced temperature differences quickly. A significant amount of heat energy was released during phase transition, allowing swift thermal equilibrium.



Figure 11. Temperature distribution at line 1

At 460K, temperature differences were observed over the widest range. At $T = 1.25$ s, the upper limit and the lower limit of the temperature range were 311.7 K and 316.2 K respectively. At $t = 5$ s, the range of the temperatures was from 352.8 K to 440.0 K. The condensation process at this high temperature proceeded at a very slow rate. This resulted in large temperature gradients along the surface. Phase change was completed later because the energy of molecules was high. Energy transfer took place over a longer time span.

At 420K, the heat distribution got balanced more slowly than it balanced in 380K. At $t = 1.25$ s, temperatures varied between 308.3 K and 308.1 K. At $t = 5$ s, the temperature range was wider, and it was from 357.7 K to 380.5 K. The slower condensation process resulted in longer lasting temperature differences. Even at $t = 5$ s, the differences in temperature persisted and were wider than at other levels. This indicates that condensation was more sluggish and energy dissipation in the gas phase was postponed.

At 380K, the distribution of the temperature range over time became uniform. At $t = 1.25$ s, temperature ranged from 301.2 K to 303.8 K while the variation at $t = 5$ s in temperature range was drastically lower from 347.4 K to 349.5 K. The lower energy of vapor caused a fast condensation process. This led to a quick reduction in temperature differences along the surface. A significant amount of heat energy was transferred out during the phase transition, allowing the system to reach thermal equilibrium quickly.

4. CONCLUSION

This study explores condensation and phase transition phenomena in heat exchanger systems featuring circular tubes placed on a rectangular plate. Some analysis at 380K, 420K and 460K showed that temperature variation directly influences the what is the condensation rate, transition phase effectiveness and the system integrated performance. These results inform the profound influence of temperature changes on heat transfer. As a result, the study revealed several key findings about the temperature of the phase transition and condensation:

- At the temperature level of 380K, the analysis showed that the condensation process started quickly and completed in a short time. At lower temperatures, water vapor molecules have lower energy. This leads to faster energy loss needed for the phase transition. As a result, the system reached the thermal equilibrium more rapidly and temperature differences decreased quickly. The fast condensation process also enabled more efficient heat transfer.
- At 420K, the condensation process was more gradual and lasted longer than at 380K. Temperature differences along the surface were maintained for an extended period. The phase transition slowed but showed more stability. This may benefit applications that aim to optimize temperature distribution, as condensation occurred more evenly.
- At 460K, the phase transition process was the slowest. Condensation started late and temperature differences were broader. High temperature delayed energy loss in vapor phase molecules. This extended the phase change duration and reduced system efficiency. The slow condensation caused delays in heat transfer, which is undesirable for energy efficiency.

The present study's results are in agreement with previous numerical and experimental findings as reported in the literature. The rapid condensation and heat transfer at lower temperatures shown in this study are similar to the findings of Temimy et al. [14] who have reported the efficiency of condensation is increased under the condition of lower thermal loads. In addition, the delayed transition at the higher temperature is comparable to the results of Fadhl et al. [10] where the greater energy of the vapor resulted in longer condensation times. The correlation between these studies confirms that the thermal performance of two-phase systems is highly dependent on the initial temperature conditions, which has been demonstrated through the use of CFD based analyses in the heat exchanger investigations are cited in this report. The results show that temperature control is vital for improving heat exchanger efficiency. Efficient heat transfer occurs at lower temperatures. High temperatures slow down the condensation process. Therefore, optimized heat exchanger designs are recommended for various temperature scenarios

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest between them.

STATEMENT OF PUBLICATION ETHICS

The authors of the paper submitted declare that nothing which is necessary for achieving the paper requires ethical committee and/or legal-special permissions.

AUTHOR STATEMENT

Fuat Tan: Analysis, investigation, writing, methodology.

Hamid Orhun Tur: Resources, writing, methodology.

REFERENCES

- [1] W. Srimuang, W., Amatachaya, P. (2012). A review of the applications of heat pipe heat exchangers for heat recovery. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 4303-4315.
- [2] Schneider, D., Lauer, M., Voigt, I., & Drossel, W. G. (2016). Development and examination of switchable heat pipes. *Applied thermal engineering*, 99, 857-865.
- [3] Faghri, A. (2018). Heat pipes and thermosyphons. *Handbook of thermal science and engineering*, 2163-2211.
- [4] Chen, X., Gao, P., Tan, S., Yu, Z., & Chen, C. (2018). An experimental investigation of flow boiling instability in a natural circulation loop. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 117, 1125-1134.
- [5] Yankov, G. G., Milman, O. O., Minko, K. B., & Artemov, V. I. (2023). Simulation of the condensation processes of R113 in a horizontal pipe by the VOF method. *Thermal Engineering*, 70(11), 860-874.
- [6] Su, Z., Li, Z., Wang, K., Kuang, Y., Wang, H., & Yang, J. (2024). Investigation of improved VOF method in CFD simulation of sodium heat pipes using a multi-zone modeling method. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 157, 107669.
- [7] M Najafian, M., & Mortazavi, S. (2023). A numerical study of drop evaporation at high density ratios using Front-Tracking method. *Computers & Mathematics with Applications*, 134, 1-15.
- [8] Tang, M., Xin, Z., & Wang, L. (2024). Physics-Informed neural network for level set method in vapor condensation. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 110, 109651.
- [9] Lyras, P., Hubert, A., & Lyras, K. G. (2023). A conservative level set method for liquid-gas flows with application in liquid jet atomisation. *Experimental and Computational Multiphase Flow*, 5(1), 67-83.
- [10] Fadhl, B., Wrobel, L. C., & Jouhara, H. (2015). CFD modelling of a two-phase closed thermosyphon charged with R134a and R404a. *Applied Thermal Engineering*, 78, 482-490.
- [11] Yang, Z., Peng, X. F., & Ye, P. (2008). Numerical and experimental investigation of two-phase flow during boiling in a coiled tube. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 51(5-6), 1003-1016.
- [12] Fadhl, B., Wrobel, L. C., & Jouhara, H. (2013). Numerical modelling of the temperature distribution in a two-phase closed thermosyphon. *Applied Thermal Engineering*, 60(1-2), 122-131.
- [13] Mroue, H., Ramos, J. B., Wrobel, L. C., & Jouhara, H. (2015). Experimental and numerical investigation of an air-to-water heat pipe-based heat exchanger. *Applied Thermal Engineering*, 78, 339-350.
- [14] Temimy, A. A., & Abdulrasool, A. A. (2019, May). CFD Modelling for flow and heat transfer in a closed Thermosyphon charged with water—A new observation for the two phase interaction. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 518, No. 3, p. 032053). IOP Publishing.
- [15] Lin, Z., Wang, S., Shirakashi, R., & Zhang, L. W. (2013). Simulation of a miniature oscillating heat pipe in bottom heating mode using CFD with unsteady modeling. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 57(2), 642-656.
- [16] Song, E. H., Lee, K. B., Rhi, S. H., & Kim, K. (2020). Thermal and flow characteristics in a concentric annular heat pipe heat sink. *Energies*, 13(20), 5282.
- [17] Yuan, Y., Cao, J., Zhang, Z., Xiao, Z., & Wang, X. (2024). Experimental and numerical simulation study of a novel double shell-passes multi-layer helically coiled tubes heat exchanger. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 227, 125497.
- [18] Z. Li, Z. Z., Ding, Y. D., Liao, Q., Cheng, M., & Zhu, X. (2021). An approach based on the porous media model for numerical simulation of 3D finned-tubes heat exchanger. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 173, 121226.
- [19] Ebrahimnia-Bajestan, E., Gharibnavaz, M., Jin, M., Li, R., Brinkerhoff, J., & Milani, A. (2022). CFD Simulation of Condensation Heat Transfer In Mini/Micro-Channels—Application In Waste Heat Recovery.
- [20] Lee, W. H. (1980). A pressure iteration scheme for two-phase flow modeling. *Multiphase transport fundamentals, reactor safety, applications*, 1, 407-431.
- [21] Wang, X., Wang, Y., Chen, H., & Zhu, Y. (2018). A combined CFD/visualization investigation of heat transfer behaviors during geyser boiling in two-phase closed thermosyphon. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 121, 703-714.
- [22] Zhang, Y., Li, G., Zhang, G., & Ding, S. (2023). Development and modified implementation of Lee model for condensation simulation. *Applied Thermal Engineering*, 231, 120872.

- [23] Knudsen, M., (1934). The kinetic theory of gases, methuen & co. London Ltd, 1.
- [24] De Schepper, S. C., Heynderickx, G. J., & Marin, G. B. (2009). Modeling the evaporation of a hydrocarbon feedstock in the convection section of a steam cracker. Computers & Chemical Engineering, 33(1), 122-132.
- [25] Jouhara, H., Fadhl, B., & Wrobel, L. C. (2016). Three-dimensional CFD simulation of geyser boiling in a two-phase closed thermosyphon. International Journal of Hydrogen Energy, 41(37), 16463-16476.
- [26] Prandtl, L. (1942). Bemerkungen zur Theorie der freien Turbulenz. ZAMM-Journal of Applied Mathematics and Mechanics/Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik, 22(5), 241-243.



© Author(s) 2025. This work is distributed under
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/humder>

Alcohol User Prediction With Deep Learning Methods From Electronic Health Record Data

Elektronik Sağlık Kaydı Verilerinden Derin Öğrenme Yöntemleri ile Alkol Kullanıcısı Tahmini

Yazar(lar) (Author(s)): Yasin KARAKUŞ¹

¹ ORCID ID: 0000-0002-4534-0151

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Karakuş Y., “Alcohol User Prediction With Deep Learning Methods From Electronic Health Record Data”, *Harran University Journal of Engineering*, 10(2): 94-104, (2025).

DOI: 10.46578/humder.1662856



Alcohol User Prediction with Deep Learning Methods from Electronic Health Record Data

Yasin KARAKUŞ^{1*}

¹Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Kütahya Health Sciences University, Kütahya, Türkiye.

Abstract

Alcohol consumption has negative effects on individuals and societies in various areas, including health, economic, social and cultural aspects. Alcohol use prediction is a very important research topic to prevent the negative effects of alcohol. While dose-dependent alcohol use disorder is usually predicted in the literature, in this study, unlike the literature, dose-independent alcohol users are predicted. This prediction is made from electronic health record data using popular deep learning methods. The dataset used in the study consists of 24 different attributes including personal characteristics and health parameters of 991346 individuals collected from the National Health Insurance Service in Korea. The data were optimised after digitisation and normalisation preprocessing steps. A certain amount of training and test separation was applied to the dataset. Then, an alcohol user prediction model was developed using artificial neural networks, LSTM and CNN method. According to the results obtained, although the models achieved close prediction success, artificial neural networks achieved the best result. After artificial neural networks, CNN ranked second, and LSTM ranked last. By using more than one deep learning method together in the study, a conclusion about the general success of deep learning methods on the current problem has been made and a method that will make an important contribution to the solution of the problem has been put forward.

Keywords: Alcohol user, Deep learning, LSTM, CNN, ANN.

Article Information

Received: 21/03/2025
Revised: 22/04/2025
Accepted: 09/05/2025
Published: 30/06/2025

Citation

Karakuş Y., “Alcohol User Prediction With Deep Learning Methods From Electronic Health Record Data”, Harran University Journal of Engineering, 10(2): 94-104, (2025).

Elektronik Sağlık Kaydı Verilerinden Derin Öğrenme Yöntemleri ile Alkol Kullanıcısı Tahmini

Öz

Alkol tüketiminin bireyler ve toplumlar üzerinde sağlıksal, ekonomik, sosyal ve kültürel yönler de dâhil olmak üzere çeşitli alanlarda olumsuz etkileri vardır. Alkol kullanımının öngörülmesi, alkolün olumsuz etkilerini önlemek için çok önemli bir araştırma konusudur. Literatürde genellikle doza bağlı alkol kullanım bozukluğu tahmin edilirken, bu çalışmada literatürden farklı olarak dozdan bağımsız alkol kullanıcısı tahmini yapılmaktadır. Bu tahmin popüler derin öğrenme yöntemleri kullanılarak elektronik sağlık kaydı verilerinden yapılmaktadır. Çalışmada kullanılan veri kümesi, Kore'deki Ulusal Sağlık Sigortası Hizmetinden toplanan 991346 bireye ait kişisel özellikler ve sağlık parametrelerini içeren 24 farklı öznitelikten oluşmaktadır. Veriler, sayısallaştırma ve normalizasyon ön işleme adımlarından sonra optimize edilmiştir. Veri kümesine belirli miktarda eğitim ve test ayrımı uygulanmıştır. Ardından, yapay sinir ağları, LSTM ve CNN yöntemi kullanılarak bir alkol kullanıcısı tahmin modeli geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre modeller birbirine yakın tahmin başarısı elde etse de en iyi sonucu yapay sinir ağları elde etti. Yapay sinir ağlarından sonra CNN ikinci sırada, LSTM ise son sırada yer aldı. Çalışmada birden fazla derin öğrenme yöntemi bir arada kullanılarak derin öğrenme yöntemlerinin mevcut problem üzerindeki genel başarısı hakkında bir sonuca varılmış ve problemin çözümüne önemli katkı sağlayacak bir yöntem ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Alkol kullanıcısı, Derin öğrenme, LSTM, CNN, ANN.

Makale Bilgisi

Başvuru: 21/03/2025
Düzeltilme: 22/04/2025
Kabul: 09/05/2025
Yayınlanma: 30/06/2025

Alıntı

Karakuş Y., “Elektronik Sağlık Kaydı Verilerinden Derin Öğrenme Yöntemleri ile Alkol Kullanıcısı Tahmini”, Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 10(2): 94-104, (2025).

*İletişim yazarı, e-mail: yasin.karakus@ksbu.edu.tr

*Corresponding author, e-mail: yasin.karakus@ksbu.edu.tr

DOI: 10.46578/humder.1662856

1. INTRODUCTION

Alcohol, a psychoactive substance, can induce a state of intoxication that can have detrimental consequences on the human organism. The extent of these deleterious effects is contingent on the quantity and type of alcohol consumed, with higher doses resulting in more significant harm. In the short term, alcohol use can precipitate falls and injuries, as well as an elevated risk of violence, alcohol poisoning, and miscarriage or stillbirth in women. In the long term, it can inflict considerable harm on individuals and societies in areas such as health, psychology, and social life, with consequences including elevated blood pressure, heart diseases, paralysis, liver disorders, digestive problems, skin diseases, eye diseases, weakened immunity, an increased rate of cancer and difficulties in work, family and educational life. Research has demonstrated that alcohol consumption has been responsible for more than 140,000 deaths and 3.6 million years of potential life lost in the United States between 2015 and 2019, resulting in an average lifespan reduction of 26 years for those who have died [1]. Moreover, the economic cost of alcohol consumption in 2010 was estimated to be 249 billion dollars [2]. Preventative measures targeting alcohol consumption have been identified as a potential solution to mitigate the associated harms, particularly in terms of public health and the national economy. The process of detecting alcohol use is recognized as a crucial aspect in the formulation of preventive policies and the enhancement of awareness initiatives. While various methods exist for detecting alcohol use, data science methods have emerged as a particularly effective approach, offering the potential to reduce time and labor costs. Among the various data science methods, deep learning methods have garnered significant attention. The increasing prevalence of data has led to a notable rise in the utilization of deep learning methods, owing to their superior performance in addressing problems involving large data sets and generating more effective outcomes than conventional machine learning approaches. In essence, deep learning methods represent a class of machine learning tools that emulate the fundamental principles of human brain function.

1.1 Related Works

Machine learning methods and deep learning methods, which are sub-instruments of machine learning, have recently started to be used frequently in problems such as predicting diseases from symptoms by enabling a better understanding of development and treatment in biomedical research and have started to produce successful results. Mumtaz et al. [3] carried out a study to automatically identify alcohol use disorder from EEG. The EEG data utilized in this study was collected from 12 alcohol abusers during 10 minutes of eyes closed and eyes open conditions, and the principal component analysis (PCA) was employed to select the most relevant quantitative electroencephalography features. The performance of various machine learning models, including Linear Discriminant Analysis (LDA), Support Vector Machine (SVM), Multilayer Back Propagation Network (MLP), and Logistic Model Trees (LMT), was evaluated using 10-fold cross-validation (10-CV). Among these models, LMT demonstrated the most optimal outcomes, achieving classification accuracy 96%, sensitivity 97%, and specificity 93% metrics. The study also revealed significant neurophysiological distinctions between individuals with alcohol dependence, alcoholics, and the control group.

Ebrahimi et al. [4] proposed a method to predict AUD from electronic health record (EHR) data. The EHR data used in this study consisted of data from 2,571 patients aged between 18 and 101 years in the Southern Denmark Region. Firstly, they applied preprocessing to the EHR data, and then a feature selection method was applied to select the most relevant EHR features. Following these steps, the two main feature sets were explained, and the SVM classifier was tested on these two feature sets. The results showed that the SVM classifier achieved 0.80 and 0.92 accuracy, respectively.

Sisodia et al. [5] conducted a study to prevent the negative effects of alcohol on academic performance, evaluating classification algorithms to predict some of the risks of alcohol consumption among middle school students. The attributes in the dataset used in the study consist of grades of middle school students, and social, demographic, and school-related variables. Three distinct classifiers, namely Naive Bayes Classifier, Random Tree, and Simple Logistic, in conjunction with three ensemble classifiers, encompassing Random Forest, Bagging, and Adaboost, were evaluated on the dataset. The Random Forest approach yielded the most optimal outcome, attaining a ROC score of 0.981.

Kinreich et al. [6] conducted a study to classify individuals before the onset of alcohol use disorder (AUD) into two groups: those who developed AUD years later and those who did not. The study incorporated electroencephalography (EEG) measurements, family history information, and data on alcohol consumption, alcohol dependence, and a set of Genome-wide Association Study (GWAS) single-nucleotide polymorphisms (SNPs) from recent Genome-wide Association Studies (GWAS) of alcohol-related EEG measurements as features. An SVM model was then employed to analyze the feature set. The results of the study highlighted the importance of uniform sampling, followed by stratified analysis (e.g. based on ancestry, sex, and developmental stage) and broader feature selection to enable more accurate prediction of AUD development.

Dhillon et al. [7] proposed an Internet of Things (IoT)-based enterprise health information system, termed IoT-Pulse, for predicting alcohol dependence. This system provides real-time data using machine learning in a fog computing environment and was tested using data from 300 alcohol addicts from Punjab, India. Bayesian networks, neural networks, and k-nearest neighbor (kNN) models were tested on this data set. The Neural Networks model achieved an accuracy of 96.72% on the dataset collected for alcohol dependence prediction for IoT-Pulse.

In addition to studies in which the target variable is alcohol use, there are also studies in which alcohol use is used to estimate the value of the target variable.

Narkbunnum and Wisaeng [8] conducted a study to predict whether students were depressed or not. The study utilized a combination of socio-demographic characteristics, internet addiction, and stress levels data, along with alcohol use disorder information, to develop a predictive model. Saxena et al. [9] sought to predict liver impairment through the utilization of blood test measurements believed to be sensitive to liver disorders potentially resulting from high-capacity alcohol consumption. Tseng et al. [10] conducted a study using alcohol use and demographic, behavioral, and salivary autoantibody levels data to predict high-risk cases of oral cavity squamous cell carcinoma. Patel et al. [11] developed a periodontal disease prediction model using large sample sizes, machine learning (ML) that can provide up-to-date information, and electronic dental record (EDR) data including alcohol use. Qiu et al. [12] sought to predict the risk of osteoporosis in 2024, utilizing a comprehensive dataset encompassing bone mineral density, demographic and clinical information, including alcohol consumption. Their feature importance analysis revealed alcohol use to be among the top 10 features contributing to the prediction of osteoporosis. Ahmad et al. [13] analyzed the effects of age, gender, sleep duration, Rapid Eye Movement (REM) sleep percentages, deep sleep, light sleep, awakenings, caffeine consumption, alcohol consumption, smoking status, and exercise frequency on sleep efficiency. Their analyses indicated that higher alcohol consumption and smoking status were associated with lower efficiency. Unlu and Subasi [14] developed models with the objective of predicting the use of cannabis, ecstasy, amphetamine, cocaine, and non-prescription drugs in 2024. The models were developed using various data from the 2022 Finnish National Drug Survey, including alcohol use data from 3,857 respondents. The models used long short-term memory (LSTM), BiLSTM, and Recursive LSTM deep learning models to generate predictions. The findings yielded insights into the factors influencing substance use.

1.2 Observations and Contributions

Existing studies on alcohol estimation treat alcohol use disorder as a standalone entity, ignoring the fact that alcohol, being an addictive substance, can cause more use with each use, regardless of the dose. In order to prevent these effects, and to be used in the policies to be developed by individuals and institutions, in this study, people are classified as users or non-users, regardless of the dose of use, taking into account the above-mentioned effects. The study employs artificial neural networks (ANNs), LSTMs, and convolutional neural networks (CNNs) as deep learning methods for classification. The success of these algorithms in predicting alcohol users is then compared. The motivation behind the selection of these deep learning methods is that they are among the most preferred methods in deep learning problems with relatively different data structures. By using and comparing these methods in the prediction of alcohol users, it is aimed to provide a guide for the selection of deep learning methods that have different advantages over each other in terms of method selection for the current problem.

Initially, a dataset was meticulously prepared by the National Health Insurance Service in Korea, where personal information and sensitive data were extracted, to ensure the efficacy of the models in predicting alcohol users. The success of the trained models in predicting alcohol users is then evaluated using evaluation metrics. The study is divided into four sections. Firstly, an introductory section provides basic information about alcohol and alcohol use, defines the problem, and includes a literature review. This is followed by the materials and methods section, where the dataset, data preprocessing steps, and the deep learning-based alcohol user prediction model including ANN, CNN, and LSTM are explained. The subsequent section presents the results of testing the performance of the trained models with performance metrics. Finally, the study is concluded with a discussion of the study's findings and recommendations for future research.

2. MATERIAL and METHOD

2.1 Dataset

The dataset utilized in this study was obtained from the National Health Insurance Service in Korea, where sensitive data is extracted along with personal information. The dataset was obtained from Kaggle [15]. The dataset under scrutiny comprises 24 distinct columns and 991,346 rows, featuring body signals from smokers and alcohol users. The detailed composition of the dataset is outlined in Table 1. The correlation heat map of the dataset is illustrated in Figure 1. Distribution of the Target Variable by Gender is illustrated in Figure 2.

Table 1. Detailed Information About Dataset.

Feature Name	Description
Sex	Male or female
Age	Round up to 5 years
Height	Round up to 5 cm
Weight	Kg
Waistline	Cm
Sight_left	Eyesight (left)
Sight_right	Eyesight (right)
Hear_left	Hearing left, 1 (normal), 2 (abnormal)
Hear_right	Hearing right, 1 (normal), 2 (abnormal)
SBP	Systolic blood pressure (mmHg)
DBP	Diastolic blood pressure (mmHg)
BLDS	BLDS or FSG (fasting blood glucose) (mg/dL)
Tot_chole	Total cholesterol (mg/dL)
HDL_chole	HDL cholesterol (mg/dL)
LDL_chole	LDL cholesterol (mg/dL)
Triglyceride	Triglyceride (mg/dL)
Hemoglobin	Hemoglobin (g/dL)
Urine protein	Protein in urine, 1 (-), 2 (+/-), 3 (+1), 4 (+2), 5 (+3), 6 (+4)
Serum creatinine	Serum (blood) creatinine (mg/dL)
SGOT_AST	SGOT (Glutamate-oxaloacetate transaminase) AST (Aspartate transaminase) (IU/L)
SGOT_ALT	ALT (Alanine transaminase) (IU/L)
Gamma GTP	Y-glutamyl transpeptidase (IU/L)
SMK_stat_type_cd	Smoking state, 1 (never), 2 (used to smoke but quit), 3 (still smoke)
DRK_YN	Drinker or not
Sex	Male or female

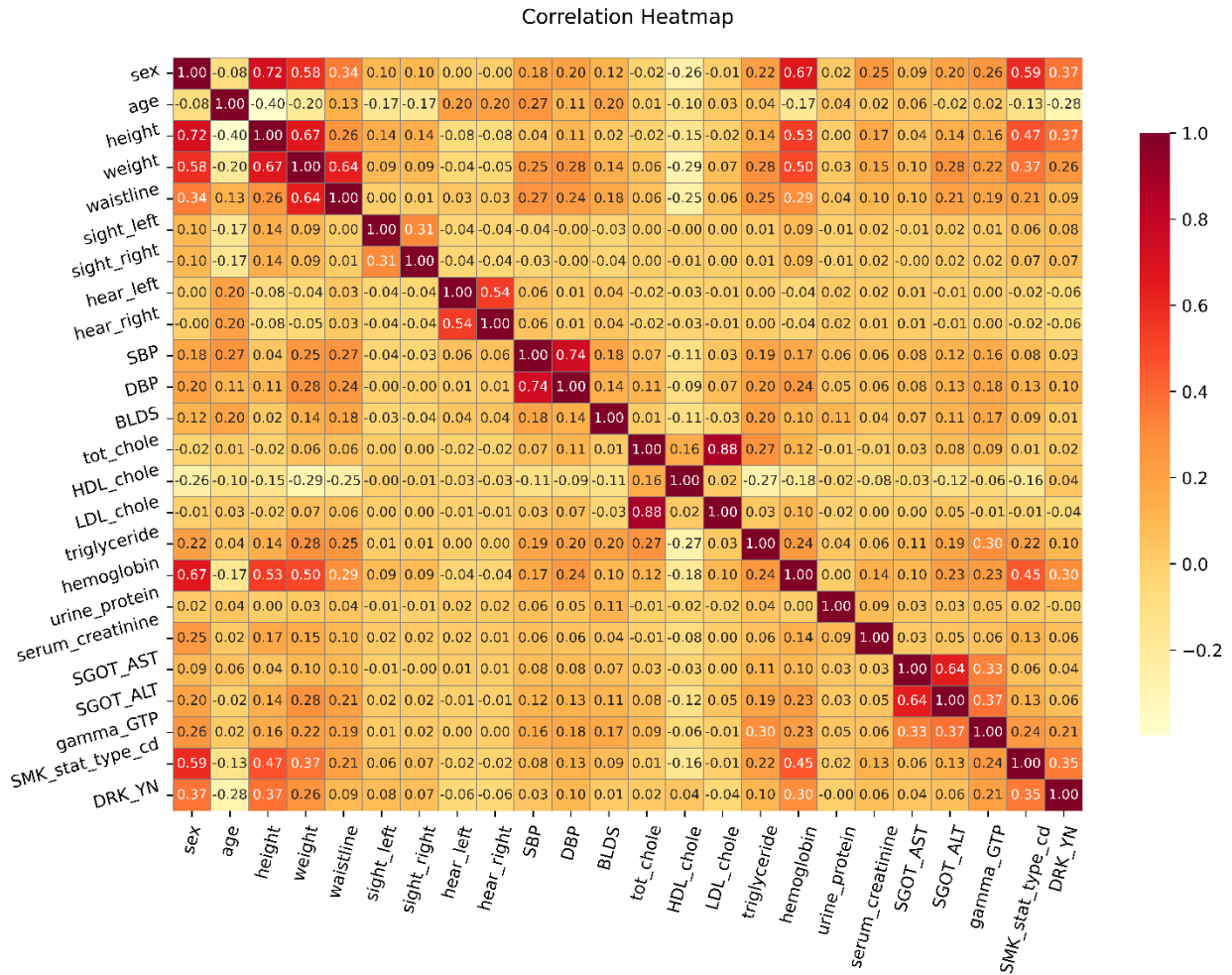


Figure 1. Correlation Heatmap of The Dataset.

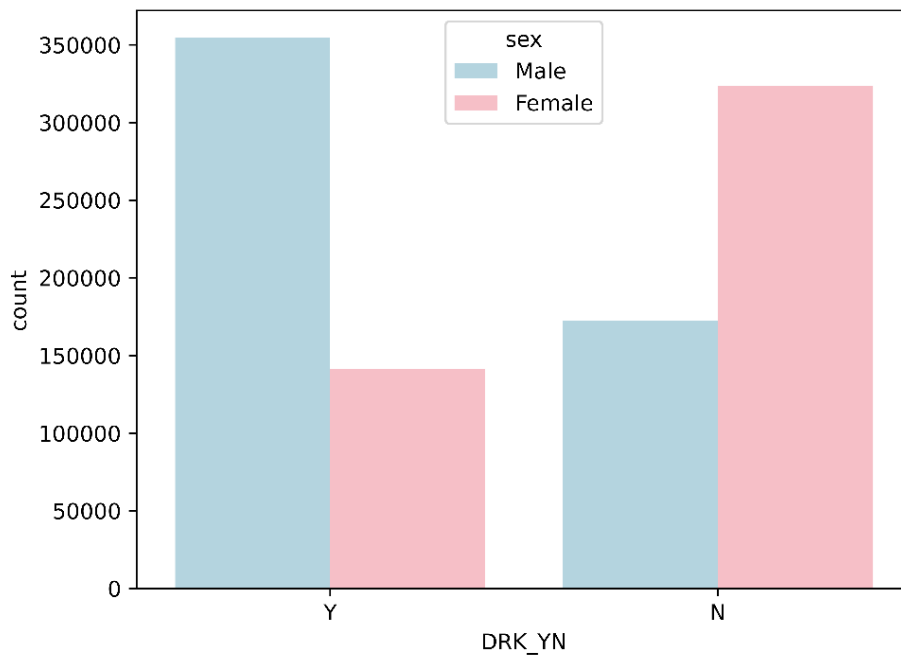


Figure 2. Distribution Of Target Variable by Gender.

2.2 Data Preprocessing

The data preprocessing stage is the stage where the data is processed and optimized to produce results. In this study, the data preprocessing stage consists of two different steps: label encoding and normalization. For learning methods to be effective on data, the data columns must be numeric. Label encoding is the process of representing textual data with simple numerical expressions. In our dataset, label encoding was applied to the 'sex' and 'DRK_YN' features.

Normalization is the process of placing data into smaller intervals to reduce computational costs and use memory and time-space more efficiently. The min-max normalization method, which is one of the most frequently used data normalization methods, is a method in which all data in the column are assigned to values between 0 and 1 after accepting the minimum value of each column in the data set as 0 and the maximum value as 1.

2.3 Alcohol User Prediction Model

After the label encoding and data normalization steps, the dataset was divided into two parts, 70% train and 30% test. The classifiers were then trained on the train dataset and finally tested on the test dataset and the performance of the classifiers was calculated with performance metrics. Models were tested independently of other models under the same conditions. The result of one model does not affect the other model. Parameters not specifically mentioned in the models are used with their default values.

The work was implemented in the JupyterLab 4.2.5 IDE using python 3.12.7 Successfully executed on a computer with Intel Core i9-13950HX 2.20 GHz CPU and 64 GB RAM.

2.3.1 Artificial neural network

Artificial neural networks are a computing technology adapted from the neurons in the human brain and the communication of neurons with each other. These networks represent a sophisticated approach to understanding the relationship between data input and output and are a form of deep learning that has been employed in the solution of numerous problems. The architecture of artificial neural networks comprises three distinct layers. These layers are the input layer, the hidden layer, and the output layer [6]. While the input and output layers comprise a single layer, the hidden layer can be subdivided into multiple layers. Each layer is capable of containing multiple neurons. The input and output layers contain vectors that comprise data about the input data and the inferences obtained from it. The function of the hidden layer is to facilitate the processes and operations required to derive the output from the input data. The feed-forward artificial neural network model developed for alcohol user prediction comprises three distinct hidden layers. The number of neurons in each of these layers is 64, 32, and 16, respectively. The artificial neural network model used in the study is illustrated in Figure 3. In ANN, Adam was selected as the optimizer, binary crossentropy as the loss function, relu as the activation function for the first, second and third ANN layer and sigmoid as the activation function for the dense layer.

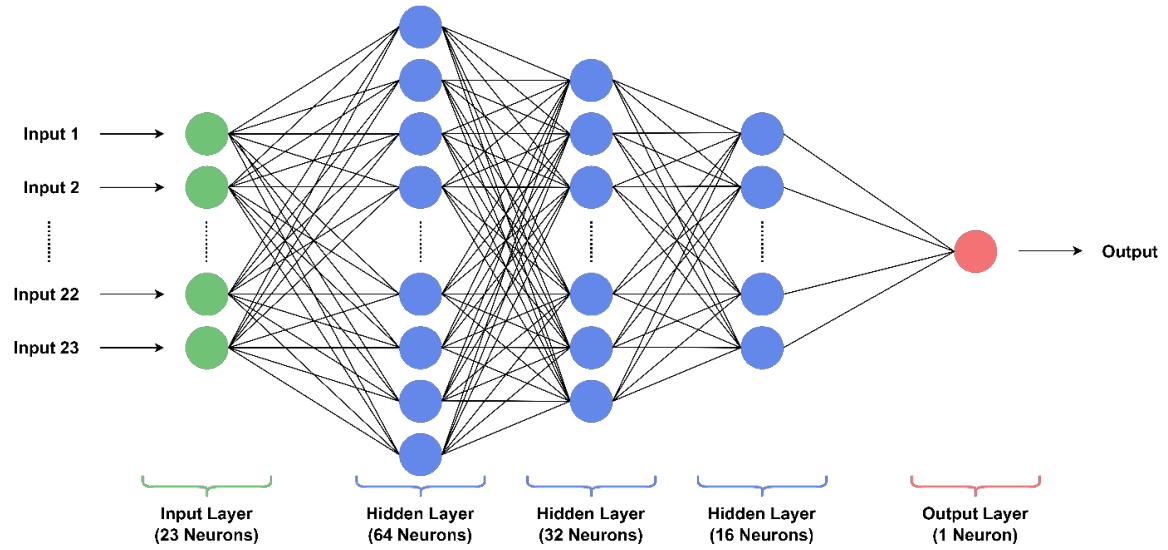


Figure 3. The Structure of ANN Used in The Study.

2.3.2 Long short-term memory

LSTM is an advanced recurrent neural network architecture that has gained popularity in the field of deep learning. It possesses the capacity to process not only instantaneous data, such as images but also sequences of data, including speech and video. A distinguishing feature of LSTM is its incorporation of feedback connections, which distinguishes it from standard feed-forward neural networks. This architectural distinction enables LSTM to circumvent the vanishing and exploding gradient problems that plague traditional recurrent neural networks. Consequently, LSTM exhibits superior proficiency in the inference of sequential, interrelated data. The LSTM model used in the study is illustrated in Figure 4. In LSTM, Adam was selected as the optimizer, binary crossentropy as the loss function, relu as the activation function for the first, second and third LSTM layer and sigmoid as the activation function for the dense layer.

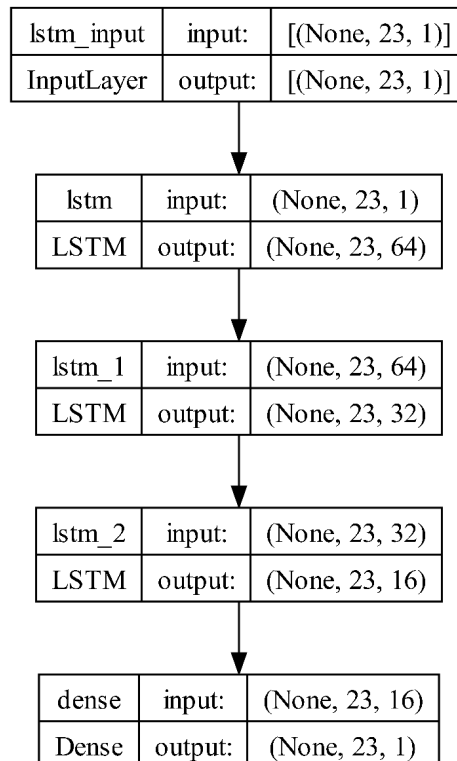


Figure 4. The Structure of LSTM Used in The Study.

2.3.3 Convolutional neural network

Although convolutional neural networks are mostly preferred in image and video processing applications due to their success in recognizing patterns in images, they are also a preferred neural network architecture in other applications. Convolutional layers consist of 5 different basic components: activation functions, pooling layers, fully connected layers, and dropout layers [16]. The CNN model used in the study is illustrated in Figure 5. In CNN, Adam was selected as the optimizer and binary crossentropy was selected as the loss function. For the first, second and third CNN layer, the activation function relu, kernel size 3 was selected. In the pooling layer, pool size was selected as 3.

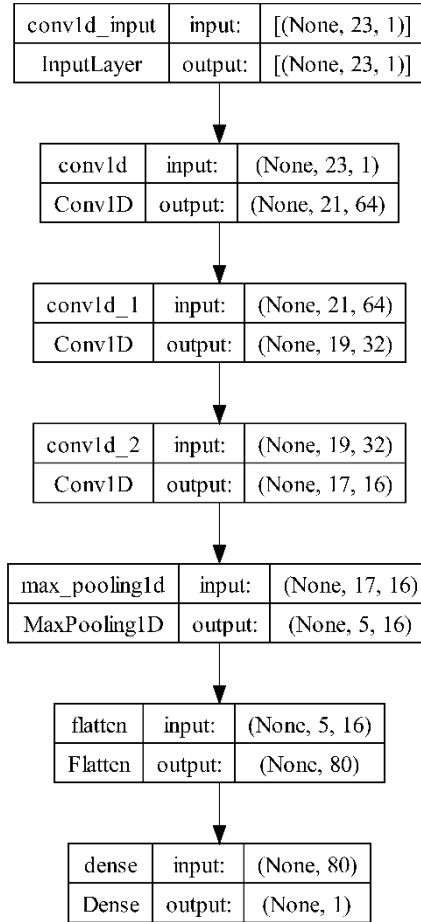


Figure 5. The Structure of CNN Used in The Study.

3. RESULTS

In this study, the accuracy, precision, recall, and F1-score metrics were utilized to evaluate the trained models. The formulae below are to be employed with the following definitions: TP is the number of correct predictions of the person who consumes alcohol. TN is the number of correct predictions of the person who does not consume alcohol. FP is the total number of predictions in which the person who consumes alcohol is predicted as a person who does not consume alcohol. Finally, FN denotes the number of predictions in which the person who does not drink alcohol is predicted as the person who drinks alcohol. Accuracy (ACC) is calculated according to Equation 1. Precision (PR) is calculated according to Equation 2. Recall (RE) is calculated according to Equation 3. F1-score (F1) is calculated according to Equation 4.

$$ACC = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

$$PR = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

$$RE = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

$$F1 = 2 * \frac{PR * RE}{PR + RE} \quad (4)$$

In the evaluation results, it is seen that although the models have achieved close success scores for each other, the best score is given by artificial neural networks with a prediction accuracy of over 70% for each metric used. While CNN came after ANNs in the best prediction success, LSTM came last with a prediction accuracy below 70%. The evaluation results are shown in Table 2.

Table 2. Scores Obtained by Deep Learning Models in Test Results According to Evaluation Criteria.

Methods	Accuracy	Precision	Recall	F1
ANN	0.7377	0.7380	0.7377	0.7376
LSTM	0.6844	0.6851	0.6844	0.6841
CNN	0.7124	0.7125	0.7124	0.7123

4. CONCLUSION

Alcohol consumption is recognized to have detrimental consequences for individuals and communities, impacting their health, social relations, and cultural dynamics. In response to this recognized problem, numerous studies have been conducted to mitigate the adverse effects of alcohol. In these studies, dose-related alcohol use disorder is generally predicted. In this study, unlike other studies, dose-independent alcohol users were predicted. A significant body of these studies employs data science methodologies. This study aims to contribute to the broader effort to curtail alcohol consumption by developing a prediction model using EHR data. The EHR data contains biometric signals, from which personal and sensitive information is extracted through the utilization of deep learning methods, namely ANN, LSTM, and CNN. In this study, three distinct deep learning methods were utilized to assess the efficacy of deep learning algorithms in addressing the prevailing issue. The findings revealed that while all models demonstrated notable predictive accuracy, ANNs emerged as the most effective approach. After ANN, CNNs were positioned as the second most successful method, while LSTMs ranked least effective. The integration of multiple deep learning methods in the present study has enabled the formulation of a comprehensive conclusion regarding the efficacy of these methods in addressing the prevailing issue. Furthermore, a methodology that is poised to make a substantial contribution to the resolution of the problem has been proposed.

In subsequent studies, the scope will be expanded to encompass datasets with a greater number of features and a more diverse range of data categories, thereby facilitating the investigation of a more extensive array of areas where alcohol is either the cause or the consequence. The efficacy of alternative deep learning methods can be assessed through self-assessment or by comparing them with traditional machine learning methods.

CONFLICT OF INTEREST

The author/authors declare that there are no conflicts of interest regarding the publication of this article.

STATEMENT OF PUBLICATION ETHICS

I declare that all processes of the study comply with research and publication ethics, and that I comply with ethical rules and scientific citation principles.

AUTHOR STATEMENT

Yasin Karakuş: Idea/Concept, Design and Conception, Supervision, Consultancy, Resources/Materials, Data Collection, Data Processing, Analysis/Interpretation, Literature Review, Drafting, Layout, Writing the Main Text.

REFERENCES

- [1] Centers for Disease Control and Prevention. (n.d.). *Alcohol screening and brief intervention (SBI)*. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/alcohol-pregnancy/hcp/alcoholsbi/index.html>
- [2] Sacks, J. J., Gonzales, K. R., Bouchery, E. E., Tomedi, L. E., & Brewer, R. D. (2015). 2010 national and state costs of excessive alcohol consumption. *American Journal of Preventive Medicine*, 49(5). <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2015.05.031>
- [3] Mumtaz, W., Vuong, P. L., Xia, L., Malik, A. S., & Rashid, R. B. (2016). Automatic diagnosis of alcohol use disorder using EEG features. *Knowledge-Based Systems*, 105, 48–59. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2016.04.026>
- [4] Ebrahimi, A., Wiil, U. K., Andersen, K., Mansourvar, M., & Nielsen, A. S. (2020). A predictive machine learning model to determine alcohol use disorder. *2020 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/iscc50000.2020.9219685>
- [5] Sisodia, D. S., Agrawal, R., & Sisodia, D. (2018). A comparative performance of classification algorithms in predicting alcohol consumption among secondary school students. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 523–532. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0923-6_45
- [6] Kinreich, S., Meyers, J. L., Maron-Katz, A., Kamarajan, C., Pandey, A. K., Chorlian, D. B., Zhang, J., Pandey, G., Subbie-Saenz de Viteri, S., Pitti, D., Anokhin, A. P., Bauer, L., Hesselbrock, V., Schuckit, M. A., Edenberg, H. J., & Porjesz, B. (2019). Predicting risk for alcohol use disorder using longitudinal data with multimodal biomarkers and family history: A machine learning study. *Molecular Psychiatry*, 26(4), 1133–1141. <https://doi.org/10.1038/s41380-019-0534-x>
- [7] Dhillon, A., Singh, A., Vohra, H., Ellis, C., Varghese, B., & Gill, S. S. (2020). IoTPulse: Machine learning-based Enterprise Health Information System to predict alcohol addiction in Punjab (India) using IOT and fog computing. *Enterprise Information Systems*, 16(7). <https://doi.org/10.1080/17517575.2020.1820583>
- [8] Narkbunnum, W., & Wisaeng, K. (2022). Prediction of depression for undergraduate students based on imbalanced data by using data mining techniques. *Applied System Innovation*, 5(6), 120. <https://doi.org/10.3390/asi5060120>
- [9] Saxena, S., Deep, V., & Sharma, P. (2018). Liver disorder prediction due to excessive alcohol consumption using slave. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 193–202. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1951-8_18
- [10] Tseng, Y.-J., Wang, Y.-C., Hsueh, P.-C., & Wu, C.-C. (2022). Development and validation of machine learning-based risk prediction models of oral squamous cell carcinoma using salivary autoantibody biomarkers. *BMC Oral Health*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02607-2>
- [11] Patel, J. S., Su, C., Tellez, M., Albandar, J. M., Rao, R., Iyer, V., Shi, E., & Wu, H. (2022). Developing and testing a prediction model for periodontal disease using machine learning and Big Electronic Dental Record Data. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 5. <https://doi.org/10.3389/frai.2022.979525>
- [12] Qiu, C., Su, K., Luo, Z., Tian, Q., Zhao, L., Wu, L., Deng, H., & Shen, H. (2024). Developing and comparing deep learning and machine learning algorithms for osteoporosis risk prediction. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7. <https://doi.org/10.3389/frai.2024.1355287>
- [13] Ahmad, H., Umar Khan, M., & Azam, M. (2024). Comparative analysis of machine learning methods for enhancing sleep efficiency and prediction. *Information Systems Engineering and Management*, 3–15. https://doi.org/10.1007/978-3-031-66854-8_1

- [14] Unlu, A., & Subasi, A. (2024). Substance use prediction using artificial intelligence techniques. *Journal of Computational Social Science*, 8(1). <https://doi.org/10.1007/s42001-024-00356-6>
- [15] Soo.Y. (2023, August 30). *Smoking and drinking dataset with body signal*. Kaggle. <https://www.kaggle.com/datasets/sooyoungher/smoking-drinking-dataset>
- [16] Subramaniam, K., & Naganathan, A. (2024). Enhancing retinal fundus image classification through active gradient deep convolutional neural network and red spider optimization. *Neural Computing and Applications*, 36(26), 16607–16619. <https://doi.org/10.1007/s00521-024-09989-0>



© Author(s) 2025. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/humder>

Geleneksel ve Fabrikasyon Yöntemleriyle Üretilen ve Adana Bölgesinde Satışa Sunulan Şalgam Suyunun Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Determination of Physicochemical Properties of Turnip Juice Produced by Traditional and Fabricated Methods and Sold in Adana Region

Yazar(lar) (Author(s)): Burcu GÖKKAYA ERDEM¹

¹ORCID ID: 0000-0002-4112-5729

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (Tocitetothisarticle): Gökkaya Erdem B., “Geleneksel ve Fabrikasyon Yöntemleriyle Üretilen ve Adana Bölgesinde Satışa Sunulan Şalgam Suyunun Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 10(2): 105-114, (2025).

DOI: 10.46578/humder.1664333



Geleneksel ve Fabrikasyon Yöntemleriyle Üretilen ve Adana Bölgesinde Satışa Sunulan Şalgam Suyunun Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Burcu GÖKKAYA ERDEM^{1*}

¹Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye

Makale Bilgisi

Başvuru: 24/03/2025
Düzeltilme: 23/05/2025
Kabul: 28/05/2025
Yayınlanma: 30/06/2025

Alıntı

Gökkaya Erdem B.,
“Geleneksel ve
Fabrikasyon
Yöntemleriyle Üretilen ve
Adana Bölgesinde Satışa
Sunulan Şalgam Suyunun
Fizikokimyasal
Özelliklerinin
Belirlenmesi”, Harran
Üniversitesi Mühendislik
Dergisi, 10(2): 105-114,
(2025).

Öz

Bu araştırma, Adana piyasasında satışa sunulan şalgam sularının fizikokimyasal niteliklerini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Çalışma, toplamda sekiz farklı örnekleme yürütülmüştür; bunlardan 2 tanesi fabrikasyon üretimli ve farklı markalara ait olup marketten satın alınmıştır, 6 örneklem ise geleneksel üretimli ve Adana'nın farklı bölgelerindeki küçük ölçekli işletmelerden temin edilmiştir. İlgili örneklerin; toplam fenolik madde içeriği, toplam monomerik antosiyanin içeriği, titrasyon asitliği, pH, renk, kül, kuru madde ve tuz tayinleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerin sonucunda, şalgam numunelerinin toplam fenolik içeriği 819-1437 mg galik asit/L; toplam monomerik antosiyanin içeriği 68.02-260.44 mgL⁻¹; titrasyon asitliği %0.62-0.85; pH değeri 3.35-3.51; tuz miktarı %1.26-1.59; kuru madde %2.13-2.48 ve kül miktarının ise %1.02-1.54 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre, araştırmada test edilen market ürünü (fabrikasyon) ve piyasadan temin edilen (geleneksel) şalgam örneklerinin bazı kimyasal özellikleri açısından birbirine çok benzer sonuçlara sahip olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda bu örneklerin özellikle antosiyanin, renk ve kül miktarı açısından istatistiksel olarak farklılık gösterdiği anlaşılmıştır. Sonuç olarak, Adana bölgesinin farklı yerlerinden temin edilen tüm şalgam örneklerinin kimyasal özellik açısından Türk Standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Şalgam suyu, fermentasyon, monomerik antosiyanin, fizikokimyasal özellik, geleneksel üretim.

Determination of Physicochemical Properties of Turnip Juice Produced by Traditional and Fabricated Methods and Sold in Adana Region

Article Information

Received: 24/03/2025
Revised: 23/05/2025
Accepted: 28/05/2025
Published: 30/06/2025

Citation

Gökkaya Erdem B.,
“Geleneksel ve
Fabrikasyon
Yöntemleriyle Üretilen ve
Adana Bölgesinde Satışa
Sunulan Şalgam Suyunun
Fizikokimyasal
Özelliklerinin
Belirlenmesi”, Harran
University Journal of
Engineering, 10(2): 105-
114, (2025).

Abstract

This research was conducted to determine some important chemical properties of turnip juices sold in the Adana region. The study was conducted with a total of eight different samples; 2 of them were factory-made and belonged to different brands and were purchased from the market, while 6 samples were traditionally produced and were obtained from small-scale businesses in different regions of Adana. The analyzes performed on the products are total phenolic content, total monomeric anthocyanin content, titratable acidity, pH, color, ash, dry matter and salt amount determinations. As a result of the analyses it has been determined that, the total phenolic content of turnip samples was 819-1437 mg gallic acid/L; total monomeric anthocyanin content 68.02-260.44 mgL⁻¹; titratable acidity %0.62-0.85; pH value 3.35-3.51; amount of salt %1.26-1.59; dry matter %2.13-2.48; ash varies in the range of %1.02-1.54. According to the data obtained, it was determined that the market product (fabricated) tested in the research and the turnip samples obtained from the small scale businesses (traditional) had very similar results in terms of some chemical properties. However, it was also understood that these samples showed statistical differences, especially in terms of anthocyanin, color and ash amount. As a result, it was detected that all turnip juice samples obtained from different parts of the Adana region comply with Turkish Standards regarding chemical properties.

Keywords: Turnip juice, fermentation, monomeric anthocyanin, physicochemical properties, traditional production.

*İletişim yazarı, e-mail: gokkayaburcu@gantep.edu.tr

*Corresponding author, e-mail: gokkayaburcu@gantep.edu.tr

DOI: 10.46578/humder.1664333

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnsan hayatının dengeli ve sağlıklı bir şekilde devam etmesini sağlayan günlük gıdalar vardır; bunların kökenleri ve işlenme metotları farklılık göstermektedir. Bu gıdalardan fermantasyon yöntemi ile üretilenlerin beslenmede oldukça önemli bir yeri vardır [1, 2]. İnsanoğlunun gıdaları saklama bilinci ve tecrübesi oluştuğundan beri fermantasyondan yararlanılmaktadır. Günümüzde de farklı kültüre sahip topluluklarda değişik fermantasyon ürünlerine rastlanılmaktadır. Fermantasyonla elde edilen ürünler arasında süt bazlı ürünler (yoğurt, peynir, kefir, tarhana), fermente içecekler (boza, sake, alkollü içkiler) ve sebze kökenli fermente gıdalar (turşu) bulunmaktadır [1]. Bunlardan başka, üretimleri yöresel olarak gerçekleştirilen daha farklı fermente ürünler bulunmaktadır. Şalgam suyu, Adana ili başta olmak üzere çevre illerden Osmaniye, Mersin, Hatay illerinde de üretilip, yaz-kış çok sevilerek tüketilen fermente bir üründür. Bu fermente içecek; gazlı, çoğu zaman içeriğinde sentetik aroma-renk maddesi bulunan ithal içeceklerle alternatif özellikte, tamamen doğal, metabolizmaya faydalı ve lezzetli bir üründür. Şalgam suyu; siyah havuç, kaya tuzu, ekşi maya, bulgur unu ve içilebilir sudan laktik asit fermantasyonu yoluyla üretilen geleneksel fermente bir üründür. Çoğunlukla üretiminde laktik asit bakterilerinin önemli derecede rol aldığı, kırmızı renkli, hafif bulanık ve ekşimsi bir meşrubattır [2]. Şalgam suyunun ana hammaddelerinden biri şalgam suyuna karakteristik rengini veren yüksek antosiyanin, karotenoid ve klorojenik asit içerikli mor/siyah havuçtur. Yapılan çalışmalar sonucunda, mor havucun yapısında bulunan β -karoten maddesinin kalp ve damar sağlığını desteklediği, katarakt hastalığı riskini azalttığı ve ayrıca bağışıklık sistemini de güçlendirdiği yönünde bilgiler elde edilmiştir [2, 3]. Antosiyaninler şalgam sularına kırmızı-mor tonlarında renk vermesinin dışında kaliteli ve güçlü antioksidan nitelikleri sayesinde sağlık üzerine önemli etkileri vardır. Mor havuçta bulunan başat antosiyanin türü siyanidin glikozittir, bundan başka malvidin ve peonidin glikozitleri de bulunmaktadır [4]. TS 11149 Şalgam Suyu Standardına göre şalgam suyundaki uygun pH değer aralığı 3,3-3,8 iken, laktik asit cinsinden olmak üzere titre edilebilir asitlik ise en az 6.0 gL^{-1} , suda çözünen kuru madde oranı en az %2.5 (m/m), tuz (NaCl) oranı ise en fazla %2.0 (m/m) olmalıdır. Daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen bilgilere göre, şalgam sularının antosiyanin içeriği şalgam üretim prosesine göre değişim gösterebilmekte ve miktar olarak $94\text{-}238 \text{ mgL}^{-1}$ (ortalama değer: 192 mgL^{-1}) arasında değişebilmektedir [5, 6, 7]. Yapılan bazı araştırmalarda, şalgam suyuna ilave edilen mor havuç miktarı arttıkça toplam asitlik, suda çözünür kuru madde, kül, toplam fenolik madde içeriği, toplam monomerik antosiyanin içeriği, renk yoğunluğu ve renk indisinin de doğru orantılı olarak arttığı anlaşılmıştır [8]. Türkiye'de şalgam üretimi ve tüketimi giderek artmaktadır. Şalgam Çukurova Bölgesi'nde, Adana başta olmak üzere Mersin ve Hatay illerinde de beğenilerek tüketilen bir üründür. Son yıllarda, fabrikasyon üretim ile ulaşılabilirliğinin artması sayesinde tüketimi Türkiye'nin diğer bölgelerinde de (İstanbul, Ankara ve İzmir metropollerini gibi) giderek artmaktadır. Son dönemlerde ise Avrupa'nın bazı şehirlerindeki marketlerde dahi şalgam satışı bulunmaktadır.

Bu araştırmada Adana ilinin farklı yerlerinde geleneksel yöntem ile üretim yapan küçük ölçekli firmalar tarafından üretilip, piyasada satılan 6 farklı şalgam suyu örneği ile 2 farklı marka fabrikasyon ürünü şalgam suyu örneği için bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Adana piyasasında satılan şalgam sularının mevzuata uygunluğu incelenmiştir. Ayrıca markette satılan fabrikasyon ürünü şalgam suları ile markasız-küçük işletmelerce geleneksel yöntem ile üretilmiş olanların benzerlik ve farklılıkları irdelenmiştir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM (MATERIAL and METHOD)

2.1 Kimyasallar (Chemicals)

NaOH, AgNO₃, K₂CrO₄, KCl, sodyum asetat, gallik asit ve Folin-Ciocalteu kimyasal malzemeleri Sigma-Aldrich firmasından tedarik edilmiştir. Kullanılan bütün kimyasal ve çözgenler analitik saflıktadır.

2.2 Çalışma İçin Piyasadan Temin Edilen Şalgam Suları (Turnip Juices Were Obtained From The Market For The Study)

Fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Adana'nın farklı yerlerinde geleneksel yöntemle üretim yapan 6 farklı firmadan 6 farklı şalgam suyu örneği temin edilmiştir. Bu şalgam suyu örnekleri N1'den N6'ya kadar kodlanmıştır.

2.3 Çalışmada Kullanılan Fabrikasyon Şalgam Suları (Factory-Made Turnip Juices Used in The Study)

Kurumsal markaların ürettiği 2 farklı marka fabrikasyon şalgam suyu örneği marketten temin edilmiştir. Kodlamaları F1 ve F2 olarak yapılmıştır.

2.4 pH Tayini (pH Determination)

Şalgam suyu örneklerinin pH değeri hiçbir ön işlem yapılmaksızın doğrudan masa tipi pH metre cihazı (Microprocessor pH meter, Hanna Instruments, Portugal) yardımıyla belirlenmiştir.

2.5 Toplam Asitlik Analizi (Total Acidity Analysis)

Çalışmada şalgam örneklerinin toplam titrasyon asitliği elektrometrik titrasyon yöntemi ile tespit edilmiştir. 10 mL şalgam suyu aynı miktarda saf suyla seyreltilmiştir. Hazırlanan solüsyonların pH değeri 8.1 oluncaya kadar 0.1 N baz çözeltisi (NaOH) ilave edilmiştir. Titrasyon boyunca pH okumaları haricinde manyetik karıştırıcı ile titrasyon devam ettirilmiştir.

Şalgam örneğinde titrasyon asitliği (laktik asit cinsinden), hem g L^{-1} hem de % olarak hesaplanmıştır (Denklem 1 ve 2).

$$\text{Toplam asitlik } (\text{g L}^{-1}) = (V * N * E * 1000) / m \quad (1)$$

V: Titrasyonda sarf edilen NaOH miktarı, mL

N: NaOH bazının normalitesi

E: Örnekteki başat (baskın) organik asidin miliekivalent ağırlığı, g

m: Alınan örneğin miktarı, mL veya g

$$\text{Titrasyon Asitliği, \%} = (V * f * E * 100) / m \quad (2)$$

V: Titrasyonda sarf edilen NaOH miktarı, mL

f: NaOH bazının faktörü

N: NaOH bazının normalitesi

m: Alınan örneğin miktarı, mL veya g

2.6 Mohr Metodu ile Tuz Tayini (Determination of Salt by Mohr Method)

Şalgam sularında tuz tayini $\text{N}/10$ 'lük AgNO_3 çözeltisi ile titrasyon yöntemine göre belirlenmiştir [9]. Tuz analizi için 10 mL şalgam örneği 250 mL'lik bir balona aktarılmış ve balon çizgisine kadar tamamlandıktan sonra filtre edilmiştir. Filtrattan 50 mL alınarak üzerine 2.5 mL %5'lik K_2CrO_4 ilave edilmiştir. Ardından 0.1 N AgNO_3 ile kiremit kırmızısı rengi elde edilene kadar titrasyona devam edilmiştir. Sonuçlar Denklem 3 ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Tuz (a/a)} = V * (f) * 0.005844 * (Sf) * 100 \quad (3)$$

V: Titrasyonda sarf edilen 0,1 N AgNO_3 miktarı, mL

f: Titrant çözeltisi faktörü

Sf: Seyreltme faktörü

0.005844: 1 mL 0.1 N AgNO₃ titrant çözeltisinin eşdeğeri NaCl miktarı, (g)

2.7 Renk Analizi (Color Analysis)

Şalgam numunelerinin rengi, CIELAB renk parametreleri (L*, a*, b*) kullanılarak renk ölçer cihazı ile her numune için yapılan üç ölçümün ortalaması alınarak test edilmiştir (Hunter Lab ColorFlex, Hunter Associates Laboratory Inc., Reston, VA, USA) [5].

2.8 Toplam Monomerik Antosiyanin İçeriği Tayini (Determination of Total Monomeric Anthocyanin Content)

Örneklerde toplam monomerik antosiyanin içeriğinin ölçülmesinde [10] tarafından önerilen pH diferansiyel yöntemi spektrofotometrik yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemle göre önce KCl (0.025 M, pH 1) ve C₂H₃NaO₂ (0.4 M, pH 4.5) olacak şekilde iki farklı tampon çözeltisi hazırlanmıştır. 0.5 mL şalgam örneğine 7.5 mL iki farklı tampon çözeltisi iki ayrı tüpte olacak şekilde ilave edilmiştir. Hazırlanan çözeltilerin absorbans değerleri okumaları 520 nm ve 700 nm dalga boylarında şahit olarak damıtık suya karşı spektrofotometre (Optima, model SP-3000 nano, Tokyo, Japonya) cihazı ile yapılmıştır. Örneklerde seyreltme yapılırken tampon çözelti kullanılmıştır fakat şahit olarak kullanımda tampon çözelti kullanımının gereksiz olduğu ve damıtık su ile bu açıdan aralarında farklılık bulunmadığı anlaşılmıştır [10]. Hesaplama için aşağıdaki formüller kullanılmıştır. Hesaplama öncelikle düzeltilerek hesaplanmış absorbans farkı bulunmuştur (Denklem 4).

$$\text{Abs} = (\text{Abs } \lambda_{520} - \text{Abs } \lambda_{700})_{\text{pH } 1.0} - (\text{Abs } \lambda_{520} - \text{Abs } \lambda_{700})_{\text{pH } 4.5} \quad (4)$$

Ardından şalgam örneğinde başat (baskın) antosiyanin olan siyanidin-3-O-glikozit (cy-3-glu) cinsinden mgL⁻¹ olarak ifade edilmiştir (Denklem 5).

$$\text{Monomerik antosiyanin, (mgL}^{-1}\text{)} = (\text{Abs} \times \text{MW} \times \text{SF} \times 1000) / (\epsilon \times l) \quad (5)$$

Abs: Düzeltilerek hesaplanmış absorbans farkı
MW: Başat antosiyanin molekül ağırlığı (449.2)
SF: Seyreltme faktörü
 ϵ : Molar absorptivite (26.900)
l: Küvet katman kalınlığı

2.9 Kül Tayini (Ash Determination)

Şalgam örneklerindeki inorganik madde miktarı tayini için kül fırını (Snoltherm LSM01, Lithuania) kullanılmıştır. Krozeye belirli miktarda tartılan şalgam örneği alevde iyice yakıldıktan sonra 550°C'deki kül fırınına konulmuş ve tüm karbon uçup bitinceye kadar ısıtmaya devam edilmiştir. Ardından kroze desikatöre alınmış, soğutulmuş ve tekrar tartım yapılmıştır (AOAC, 1990). Hesaplama için Denklem 6 kullanılmıştır.

$$\text{Kül, \% (a/a)} = \frac{(\text{Dara} + \text{Kül}) - (\text{Dara})}{(\text{Dara} + \text{Örnek}) - (\text{Dara})} \times 100 \quad (6)$$

KM'de Kül, % = (Kül) * (100 / KM)
Burada; KM = Örneğin 100 gramının içerdiği kuru madde miktarıdır.

2.10 Kuru Madde Tayini (Dry Matter Determination)

Şalgam örneğinde kuru madde tayini etüvde kurutma yöntemi ile yapılmıştır. Yönteme göre, önceden etüvde bekletilip desikatörde soğutulduktan sonra darası alınan kurutma kabına (m₁) belli miktarda örnek alınmış (m₂) ve 105°C'ye ayarlı etüvde (JSOF-100, JS Research Inc., Korea) sabit tartıma gelene kadar

bekletilmiştir. Süre sonunda suyu uçurulan örnek soğutma için tekrar desikatöre alınmış ve son tartım (m_3) yapılmıştır. Hesaplama için aşağıdaki Denklem 7 ve 8 kullanılmıştır.

$$\% \text{ Nem} = [(m_2 - m_3) / (m_2 - m_1)] * 100 \quad (7)$$

$$\% \text{ Toplam kuru madde miktarı (\% KM) (a/a)} = 100 - \% \text{ Nem} \quad (8)$$

Burada; m_1 = Kuru boş kurutma kabının ağırlığı, g
 m_2 = Kurutma öncesi içerisinde örnek bulunan kurutma kabının ağırlığı, g
 m_3 = Kurutma sonrası içerisinde örnek bulunan kurutma kabının ağırlığı, g

2.11 Toplam Fenolik Madde İçeriği Tayini (Determination of Total Phenolic Substance Content)

Üründeki toplam fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu yöntemi esas alınarak gerçekleştirilmiştir [11]. Analiz için 450 μL seyreltilmiş örnek 2.25 mL önceden saf su ile seyreltilmiş olan Folin-Ciocalteu reaktifi (1:9, h/h) ile karıştırılmak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Oda sıcaklığında 3 dakika karıştırıldıktan sonra 1.8 mL sodyum karbonat çözeltisi (75 g/L) ilave edilmiş ve ardından solüsyon yine oda sıcaklığında 2 saat süresince (reaksiyonun gerçekleşebilmesi için) bekletilmiştir. Örneklerin absorpsiyon okuması 760 nm dalga boyunda olmak üzere spektrofotometrede (Optima, model SP-3000 nano, Tokyo, Japonya) yapılmıştır. Kalibrasyon eğrisini oluşturmak için çeşitli konsantrasyonlarda (10-100 mgL^{-1}) gallik asit solüsyonları kullanılmıştır. Toplam fenolik madde içeriği şalgam suyu için mg gallik asit/L örnek olarak verilmiştir [12].

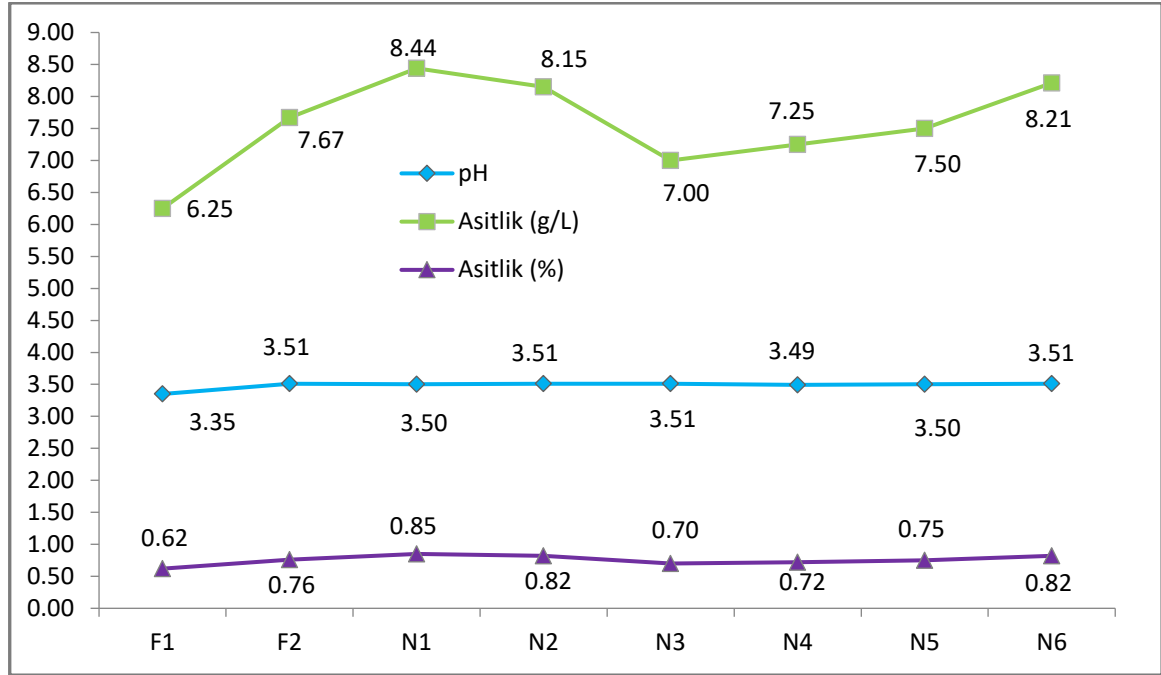
2.12 İstatistiksel Analiz (Statistical Analysis)

Verilerin analizinde SPSS istatistik programının 25.0 versiyonu (Chicago, ABD) kullanılmıştır. Tüm deneyler en az üçlü denemelerle yapılmış ve ortalama değerler kullanılmıştır. Veri değerlendirmesi tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile gerçekleştirilmiş ve ardından şalgam örneklerinin ölçüm sonuçları arasındaki anlamlı farklılıkların ($p < 0.05$) belirlenmesi için Tukey çoklu aralık testi kullanılmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA (RESULTS and DISCUSSIONS)

3.1 pH Değeri (pH Value)

Şalgam suyu gibi fermente ürünlerin pH değeri fermentasyon sürecinde hem enzimlerin hem de mikrobiyal (laktik asit bakterileri vb.) faaliyetlerin düzenli yürütülmesi için oldukça önemlidir. Bir gıdanın pH değeri, o gıdanın içerdiği serbest hidrojen iyonlarının doğrudan bir fonksiyonudur. Ürün veriminin artırılması için, pH'ın optimum bir değerde tutulması ve proses süresince kontrol edilmesi gerekmektedir. Adana bölgesinden temin edilen şalgam suyu örneklerinin pH ve asitlik değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Son ürünün organoleptik kalitesinin yüksek olması için bu iki önemli kriterin kontrolü elzemdir. Şalgamın pH asitliği şalgam fermentasyonu süresince üretilmiş olan asit miktarıyla doğrudan ilişkilidir. Doğal asitlerden olan laktik asit, şalgam suyu ürününde bulunan en baskın (başat) organik asittir [1]. Daha önce yapılan bir çalışmada şalgamda bulunan laktik asit miktarının, aynı çalışmada tanımlanan diğer organik asitlere göre en az 5-6 kat daha yüksek miktarda olduğu rapor edilmiştir [1]. Sonuçlara göre, bu çalışmada analiz edilen şalgam suyu örneklerinin pH değeri 3.35 ve 3.51 aralığında değişmiş ve istatistiki olarak aralarında önemli bir farklılık olmadığı anlaşılmıştır ($p > 0.05$). TS 11149 Şalgam suyu standardına göre, şalgam suyunun uygun pH değer aralığı 3.3 ve 3.8'dir. Şekil 1'e göre Adana bölgesinden temin edilen tüm örneklerin pH açısından tüketime uygun olduğu söylenebilir.



Şekil 1. Adana Bölgesine Ait Şalgam Suyu Örneklerinin pH ve Toplam Asitlik Sonuçları

3.2 Toplam Asitlik (Total Acidity)

Çalışmada değerlendirilen 6'sı piyasadan (geleneksel yöntemle üretim yapan küçük işletmeler) ve 2'si marketten olmak üzere toplamda 8 farklı şalgam suyu örneğinin asitlik değerlerinin %0.62-0.85 (6.25-8.44 gL⁻¹) arasında değiştiği anlaşılmıştır (Şekil 1). TS 11149 Şalgam Suyu Standardına göre şalgam suyunda toplam asitlik değerinin en az 6.0 gL⁻¹ olması gerekmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar incelendiğinde tüm şalgam suyu örneklerinin toplam asit bakımından standartta belirtilen değer aralığına uygun olduğu anlaşılmıştır. Özer ve Çoksöyler tarafından yapılan bir çalışmada farklı firmalardan temin edilen bozulmuş ve/veya bozulmakta olan şalgam örneklerinin 5 tanesinde asitlik bakımından standartlara uygunluk olmadığı görülmüştür [13]. Araştırmacılar bu durumun sebebini ortamda olan fakat istenmeyen mikroorganizmaların şalgamdaki laktik asidi parçalamaları ile açıklamışlardır. Literatürdeki bilgilere göre pH değerinde veya asitlikte görülen standart dışı değişimin şalgam suyu kalitesinde önemli bir bozulma göstergesi olduğu ifade edilmektedir [1, 10]. Bu çalışmada test edilen örneklerin ise pH ve toplam asitlik bakımından ideal sonuçlara sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Şalgam Suyu Örneklerinin Kimyasal Özellikleri

Test Türü	F1	F2	N1	N2	N3	N4	N5	N6
Kül (%)	1.49±0.07 ^a	1.54±0.08 ^{ab}	1.02±0.05 ^c	1.34±0.06 ^{ad}	1.52±0.07 ^{ab}	1.35±0.06 ^{ad}	1.36±0.06 ^{ad}	1.41±0.07 ^{ae}
KM (%)	2.26±0.11 ^a	2.27±0.11 ^a	2.13±0.10 ^{ab}	2.18±0.10 ^a	2.48±0.12 ^c	2.25±0.11 ^a	2.31±0.10 ^a	2.19±0.10 ^a
Tuz (%)	1.47±0.07 ^a	1.59±0.08 ^{ab}	1.26±0.06 ^c	1.46±0.07 ^a	1.46±0.07 ^a	1.35±0.06 ^{ac}	1.29±0.06 ^{ac}	1.45±0.07 ^a

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı üst simge harfler istatistiksel farklılıkları göstermektedir (Tukey testi, p<0.05). KM: Kuru madde, F: Fabrikasyon şalgam suyu, N: Geleneksel şalgam suyu.

3.3 Kül Miktarı (Ash Amount)

Çalışmada şalgam suyu örneklerinde belirlenen kül miktarı yanmayan maddelerin toplamını ifade etmektedir. Bu maddelerin içeriğinde inorganik yapıdaki anyonik ve katyonik iyonlar bulunmaktadır [6]. Bundan başka kül içeriğini şalgam suyunun üretimi aşamasında ilave edilen tuz (NaCl), su (suyun içindeki mineraller) ve diğer bazı hammaddeler oluşturmaktadır. Külün içerisinde, potasyum (K), sodyum (Na), kalsiyum (Ca), alüminyum (Al), demir (Fe), kurşun (Pb), çinko (Zn), magnezyum (Mg),

katyonik ve anyonik iyonlar, fosfatlar, karbonat ve klorürler yer alır [6]. Tablo 1'de bu çalışmada elde edilen kül miktarları verilmiştir. Sonuçlar arasında istatistiki bazı farklılıklar olsa da genel olarak birbirine yakın sonuçların elde edildiği anlaşılmıştır ($p < 0.05$).

3.4 Kuru Madde Miktarı (Dry Solid Amount)

Şalgam suyu örneğinde toplam kuru madde oranı su ve diğer uçucu maddeler şalgamdan uçurulduktan sonra geriye kalan çözünür maddelerin toplamıdır. Toplam kuru maddenin içeriğini organik asit, tuz, protein ve mineral maddeler oluşturur. Bu çalışmada şalgam suyu örneklerinin kuru madde miktarlarının %2.13-2.48 (a/a) arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 1). Özer ve Çoksöyler tarafından yapılan bir araştırmada kendi üretimleri olan 3, piyasadan alınan 14 ve bozuk/bozulmakta olan 9 olmak üzere toplamda 26 adet şalgam suyu örneğinde çeşitli kimyasal analizler yapılmıştır. Bunlardan biri olan kuru madde tayini sonucu bulunan değerler %1.9 ile %3.2 arasında değişim göstermiştir [13]. Bu çalışmada kuru madde bakımından örnekler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$). Bununla beraber fabrikasyon üretimi olan F1 ve F2 hemen hemen aynı kuru madde oranına sahip iken (F1'in KM oranı %2.26 (a/a), F2'nin KM oranı %2.27 (a/a)), en yüksek değer olan %2.48'in ise piyasadan temin edilen N3 örneğine ait olduğu anlaşılmıştır.

3.5 Tuz Miktarı (Salt Amount)

Tuz denildiğinde farklı bir durum yok ise (Na) sodyum ve Cl (klor) iyonlarının birleşmesinden oluşan NaCl (sodyum klorür) akla gelmektedir. Bu iyonlar, vücutta plazmada ve hücre dışı sıvılarda bulunur ve vücudun osmotik basıncını, asit/baz dengesini ayarlamaya yardımcı olur [9]. Bu çalışmada örneklerin tuz miktarının %1.26-1.59 (a/a) arasında değiştiği gözlenmiştir (Tablo 1). Şalgam suyu örneklerinde tuz miktarı açısından en yüksek değer 1.59 (F2-fabrikasyon şalgam örneği), en düşük değer 1.26 (N1-piyasadan temin edilen) olarak kaydedilmiştir. Çalışılan örneklerde tuz bakımından bazı istatistiksel farklılıklar tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Şalgam suyu ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda tuz miktarının 8.2-20.90 gL⁻¹ (%0.82-%2.09 (a/a)) arasında olduğu bildirilmiştir [5]. TS 11149 Şalgam Suyu Standardı'nda belirtildiğine göre şalgam suyu içeceğinde tuz miktarının kütlege en fazla 20 gL⁻¹ (%2 (a/a)) olarak sınırlandırıldığı anlaşılmaktadır. Çalışmada elde edilen tuz miktarlarının (Tablo 1) standartta belirtilen sınır değerleriyle uyum içerisinde olduğu anlaşılmıştır.

3.6 Renk Değerleri (Color Values)

L* değeri parlaklığı temsil eder, bu değer 0 ve 100 arasında değişebilmektedir. 0 değeri mükemmel bir siyahlığı ifade eder iken 100 ise mükemmel parlaklık ve netlik anlamına gelir. CIELAB renk skalasında a* örnek renginin kırmızılık ve yeşilliğini temsil eder. Pozitif a* kırmızılık, negatif a* ise yeşillik göstergesidir. Bu değerde 0 ise nötrluktur. Bundan başka b* rengin sarı-maviliğini ifade eder. b*'nin pozitif değerleri sarı, negatif değerleri ise mavidir. 0 tarafsızlığı gösterir [14]. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, örnekler arasında renk L*, a*, b* değerleri açısından istatistiksel farklılıklar olduğu anlaşılmıştır. Şalgam suyu karakteristik olarak bulanık bir yapıya sahiptir, bu sebeple Tablo 2'de görüldüğü üzere düşük parlaklık (L*) değerleri beklenen bir durumdur. Tabloya göre en yüksek L* değeri 2.72 olup F1 ve N6 örneklerine aittir. a* değerinin 0,78 ve 9,82 aralığında olduğu anlaşılmıştır. Daha önce yapılan bir çalışmada geleneksel yöntemle üretilen şalgam sularında L* (13.78 – 14.25), a* (4.74 – 5.20) ve b* değerleri (-0.12 – -0.35) arasında değişirken, doğrudan yöntemle üretilen şalgam sularında ise L* (13.27 – 14.23), a* (2.95 – 5.58) ve b* değerleri (0.16 - 1.17) arasında belirlenmiştir [7]. Şalgam suyunda yüksek L değeri siyah havuç miktarının yetersiz olmasından dolayı antosiyanin bileşiminin eksik kalması böylece açık kırmızı rengin ortaya çıkmasıdır. Şalgam suyunun istenen rengi açık kırmızı değil, koyu kırmızı olmasıdır [7]. Bundan başka fermantasyon süresi, siyah havuç oranı, depolama koşulları gibi pek çok etken renk parametrelerini etkileyebilmektedir [8]. Literatürdeki bazı makalelerin rapor ettiğine göre a* değerindeki bu farklılıkların şalgam suyu üretimi aşamasında kullanılan havuç miktarı ile ilintili olduğu söylenebilir [5,7,15]. Yapılan bir çalışmada farklı oranlarda siyah havuç ilave edilerek üretimi yapılan şalgam sularından en yüksek a* değerine sahip olanın en yüksek oranda siyah havuç içeren örnek olduğu ifade edilmiştir [5]. Tablo 2'den anlaşıldığı üzere tüm şalgam suyu örneklerinde b* değeri sarı

bölgededir. Yapılan bu çalışmada tüm örneklerde b* değerinin pozitif (sarı bölgede) tespit edilmesinin şalgamdaki kırmızılığın içinde bir miktar sarı rengin de bulunduğu ispatı olarak açıklanabilir.

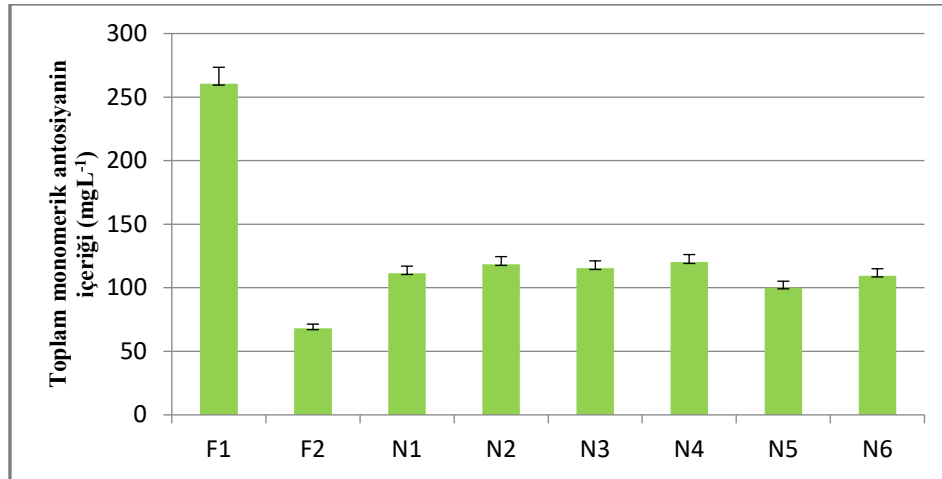
Tablo 2. Şalgam Suyu Örneklerinin Renk Değerleri

Renk	F1	F2	N1	N2	N3	N4	N5	N6
L*	2.72±0.14 ^a	0.54±0.03 ^e	1.99±0.09 ^b	0.83±0.04 ^d	1.45±0.07 ^{cb}	1.48±0.07 ^{cb}	1.20±0.06 ^c	2.72±0.14 ^a
a*	9.82±0.49 ^a	0.78±0.04 ^d	6.39±0.32 ^b	1.79±0.09 ^c	8.47±0.42 ^a	1.82±0.09 ^c	7.72±0.38 ^{ab}	6.81±0.34 ^b
b*	2.48±0.12 ^a	0.21±0.01 ^d	1.47±0.07 ^b	0.44±0.02 ^c	2.04±0.10 ^{ab}	0.40±0.02 ^c	0.48±0.02 ^c	1.48±0.07 ^b

(Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı üst simge harfler istatistiksel farklılıkları göstermektedir (Tukey testi, p<0.05). L: Aydınlık, a: kırmızılık, b: sarılık, F: Fabrikasyon şalgam suyu, N: Geleneksel şalgam suyu.)

3.7 Toplam Monomerik Antosiyanin İçeriği (Total Monomeric Anthocyanin Content)

Şalgam suyu örneklerindeki toplam antosiyanin miktarları Şekil 2’de verilmiştir. Antosiyaninler meyve ve sebzelerin yapısında doğal olarak bulunan ve bunlardan elde edilen ürünlerin kalitesine katkı sağlayan önemli bileşiklerdir. Antosiyaninlerin ana kaynaklarından son ürüne geçişleri pH değeri, oksijen miktarı, enzim uygulaması, ortam sıcaklığı gibi çevresel faktörlerden ve üretim yöntemlerinden etkilenebilmektedir [9,15]. Literatürde belirtildiği üzere antosiyaninlerden, aglikon yapıdaki siyanidin-glikozitleri siyah havuçta en fazla bulunan bileşiklerdir. Ayrıca bundan başka malvidin ve peonidin glikozitleri ve siyanidin-3-ksilosilgalaktoz da şalgam suyu içeceklerinde tespit edilen diğer antosiyanin çeşitleri olarak ifade edilmiştir [1]. Daha önce yapılan bir çalışmada şalgamda tespit edilen antosiyanin değerinin 95-231 mgL⁻¹ dolaylarında değiştiği rapor edilmiştir [3]. Bu çalışmada ise şalgam suyu örneklerinde antosiyanin, siyanidin-3-glikozit cinsinden, 68.02 ile 260.44 mgL⁻¹ arasında bulunmuştur ve sonuçların literatür ile uyumlu olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 2). Mor havuç kaynaklı antosiyaninler açıl formundadır. Açılmış olan antosiyanin, diğer antosiyaninlerle kıyaslandığında daha dayanıklı bileşikler olarak ifade edilebilir ve depolama sırasındaki degradasyon hızları da daha azdır. Bu özelliği ile farklı çalışmaların sonuçlarının karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Çünkü stabil olmayan bir bileşiğin değerlendirilmesi bilimsel açıdan oldukça zordur.

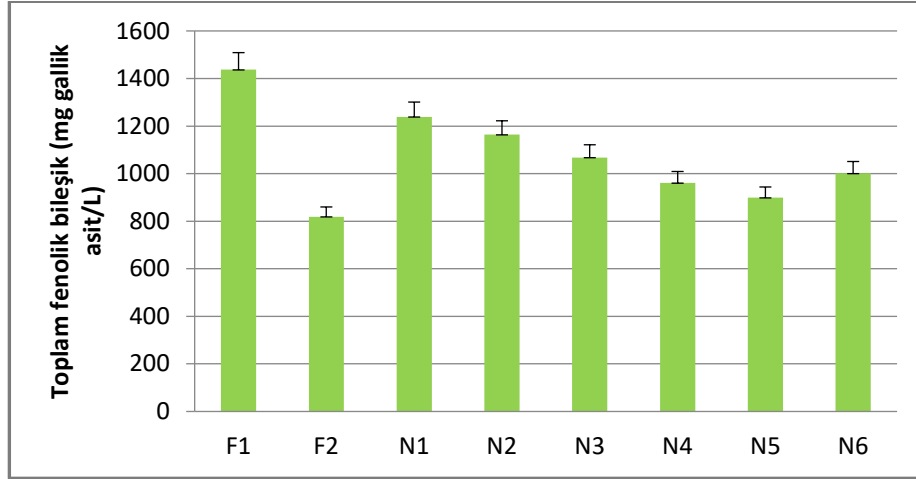


Şekil 2. Şalgam Suyu Örneklerinin Toplam Monomerik Antosiyanin İçeriği Sonuçları

3.8 Toplam fenolik madde içeriği (Total Phenolic Substance Content)

Polifenoller olarak da adlandırılabilen fenol bileşikleri yapılarında bir benzen halkasına bağlı – OH (hidroksil) grubu bulunan maddelerdir. Bu bileşikler fenol asitleri, flavonoidler, tanenler ve ayrıca antosiyaninleri içermektedir [10]. Meyve ve sebzeler özellikle yapılarında bulundukları fenolik maddelerin anti-oksidatif ve anti-mikrobiyal etkileri sayesinde insan sağlığı üzerinde pozitif etkilere sahiptirler. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre piyasadan toplanan 6 farklı şalgam suyu örneğinin toplam fenolik madde miktarı 1239-899 mg gallik asit/L aralığında değişir iken markalı market şalgam örneklerinde ise F1 için 1437 mg gallik asit/L ve F2 için ise 819 mg gallik asit/L değerleri tespit edilmiştir (Şekil 3). Daha önce yapılan bazı analizlerde, şalgam suyu içeceklerindeki toplam fenolik

madde içerik miktarının 455-858 mg gallik asit/L arasında değiştiği rapor edilmiştir [16]. Bayram ve ark. tarafından farklı siyah havuç oranları ile yapılan başka bir çalışmada ise %10 havuç içeren için 455.51 mg gallik asit/L, %15 için 654.01 mg gallik asit/L ve %20 için ise 858.51 mg gallik asit/L sonuçları elde edilmiştir [5]. Ayrıca ilgili yazarlar şalgam üretimi sırasında toplam fenolik bileşik miktarının en aktif ve hızlı şekilde arttığı zamanın fermentasyonun ilk üç günü olduğunu, fakat 3. günden sonra bu artışın oldukça yavaşladığını belirtmişlerdir. Bu bilgiler ışığında, şalgamda toplam fenolik madde içeriği açısından literatürdeki bu farklılıkların kabul edilebilir olduğu, çünkü biyoaktif bileşenlerin oldukça hassas olup şalgam suyunun fermentasyon süresi, kullanılan siyah havuç miktarı vb. gibi pek çok farklı etmenden etkilendiği bir gerçektir.



Şekil 3. Şalgam Suyu Örneklerinin Toplam Fenolik İçerik Sonuçları

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Çalışmada, Adana başta olmak üzere Türkiye'nin pek çok farklı bölgesinde beğenilerek tüketilen ve bir fermentasyon ürünü olan şalgam suyunun bazı kimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmada 2'si fabrikasyon (marketten temin edilen) ve 6'sı piyasadan (Adana'nın farklı bölgelerindeki geleneksel yöntem ile üretim yapan küçük ölçekli işletmelerden elde edilen) olmak üzere 8 farklı şalgam suyu örneği üzerinde pH, toplam asitlik, tuz, kuru madde, kül, toplam monomerik antosiyanin, toplam fenolik içerik ve renk analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde şalgam suyu örneklerindeki biyoaktif madde içeriklerinin (toplam fenolik ve toplam antosiyanin) arasında farklılıklar olduğu açıkça görülmüştür. Şalgam suyunun üretimi aşamasında kullanılan ve şalgamı biyoaktif madde açısından esas olarak zenginleştiren ana bileşen siyah havuçtur. Şalgam suyu, yöresel bir üründür. Pek çok geleneksel üründe olduğu gibi şalgam suyunun da üretim süreçlerinde standart bir prosese sahip olunmadığı görülmektedir. Türkiye'de şalgam suyu üretimi yapan endüstriyel tesislerde ve/veya küçük ölçekli işletmelerde siyah havuç miktarı farklı oranlarda kullanabilmektedir. Çalışmada fenolik ve antosiyanin madde içeriği açısından elde edilen farklılıkların esas sebebinin bu durum olduğu söylenebilir. Piyasada satılan şalgam sularının özellikle biyoaktif bileşenlerinin belli bir standartta tutulabilmesi için yasal düzenlemelerin daha ayrıntılı ve kontrollü hale getirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Elde edilen diğer veriler değerlendirildiğinde gerek küçük ölçekli işletmelerce üretilen gerek marketten temin edilen tüm örneklerin kimyasal açıdan Türk Gıda Mevzuatı ve literatürle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Gaziantep Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne altyapı ve laboratuvar imkanlarının kullanımı için teşekkür ederim.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

ARAŞTIRMA ve YAYIN ETİĞİ BEYANI (STATEMENT OF PUBLICATION ETHICS)

Çalışmanın tüm süreçlerinin araştırma ve yayın etiğine uygun olduğunu, etik kurallara ve bilimsel atıf gösterme ilkelerine uyduğumu beyan ederim.

YAZAR KATKISI (AUTHOR STATEMENT)

Makaleye ait bütün çalışmalar **Burcu GÖKKAYA ERDEM** tarafından yapılmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Ekinci, F. Y., Baser, G. M., Özcan, E., Üstündağ, Ö. G., Korachi, M., Sofu, A., Blumberg, J. B., & Chen, C.-Y. O. (2016). Characterization of chemical, biological, and antiproliferative properties of fermented black carrot juice, shalgam. *European Food Research and Technology*, 242, 1355-1368.
- [2] Erten, H., Tanguler, H., & Canbaş, A. (2008). A traditional Turkish lactic acid fermented beverage: Shalgam (Salgam). *Food Reviews International*, 24(3), 352-359.
- [3] Velioğlu, S. (2000). Doğal antioksidanların insan sağlığına etkileri. *Gıda*, 25(3).
- [4] Tangüler, H. (2010). Şalgam suyu üretiminde etkili olan laktik asit bakterilerinin belirlenmesi ve şalgam suyu üretim tekniğinin geliştirilmesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Adana.
- [5] Bayram, M., Erdoğan, S., Esin, Y., Saraçoğlu, O., & Kaya, C. (2014). Farklı siyah havuç miktarlarının şalgam suyunun bileşimine ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 12(1), 29-34.
- [6] Cabaroğlu, T. (1991). Nevşehir Ürgüp bölgesinde yetiştirilen şaraplık beyaz Emir üzümü üzerinde teknolojik araştırma. *ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Adana.
- [7] Tanguler, H., Cankaya, A., Agcam, E., & Uslu, H. (2021). Effect of temperature and production method on some quality parameters of fermented carrot juice (Shalgam). *Food Bioscience*, 41, 100973.
- [8] Güneş, G. (2008). Şalgam suyu üretiminde en uygun siyah havuç (*Daucus carota*) miktarının belirlenmesi üzerine bir araştırma, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Adana.
- [9] Utuş, D. (2008). Şalgam suyu üretiminde kullanılan siyah havuç (*Daucus Carota*) boyutunun şalgam suyu kalitesi üzerine etkisi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Adana.
- [10] Cemeroglu, B. (2013). Gıda analizleri. *Bizim Grup Basımevi Ajans Tan. Org. Yay. Dağ. San. Tic. Ltd. Şti. Ankara, Türkiye*.
- [11] Can, S., Göğüş, F., & Bozkurt, H. (2020). Spray drying of organic strawberry extract. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(2), 126-139.
- [12] Özbek, H. N., & Elik, A. (2022). Gaziantep piyasasında satışa sunulan nar ekşili ve limon soslarının bazı kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Food and Health*, 8(3), 208-217.
- [13] Özer, N., & Çoksöyler, F. N. (2015). Şalgam suyunun bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Gıda*, 40(1), 31-38.
- [14] Erdem, B. G. (2023). Use of Microwave Drying for Production of Protein-Oil Based Edible Films. *Akademik Gıda*, 21(3), 274-283.
- [15] Turker, N., Aksay, S., & Ekiz, H. İ. (2004). Effect of storage temperature on the stability of anthocyanins of a fermented black carrot (*Daucus carota* var. L.) beverage: shalgam. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(12), 3807-3813.
- [16] Tanrıseven, D., Dıblan, S., Selli, S., & Kelebek, H. (2018). Şalgam suyunun üretim yöntemleri ve biyoaktif bileşenleri. *Artıbilim: Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 38-45.



© Author(s) 2025. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/humder>

Yeşil Lojistik: Literatür Taraması ve Bibliyometrik Analiz

Green Logistics Literature Review and Bibliometric Analysis

Yazar(lar) (Author(s)): Fatıma EKER¹, Orhan ENGİN²

¹ ORCID ID: 0009-0003-8575-0408

² ORCID ID: 0000-0002-7250-0317

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Eker F., Engin, O. “Yeşil Lojistik: Literatür Taraması ve Bibliyometrik Analiz”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 10(2): 115-137, (2025).

DOI: 10.46578/humder.1610826



Yeşil Lojistik Stratejileri: Bibliyometrik Analiz

Fatıma EKER¹ , Orhan ENGİN^{1*}

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 42250, Selçuklu/KONYA

Öz

Makale Bilgisi

Başvuru: 02/01/2025
Düzeltilme: 28/01/2025
Kabul: 12/03/2025
Yayınlanma: 30/06/2025

Alıntı

Eker F., Engin, O. “Yeşil Lojistik: Literatür Taraması ve Bibliyometrik Analiz”, Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 10(2): 115-137, (2025).

Bu çalışmada, lojistik süreçlerde çevresel etkileri azaltmayı hedefleyen yeşil lojistik konusu hakkında 696 adet makaleyi kapsayan kapsamlı bir araştırmaya yer verilmiştir. Yeşil ürün tasarımı, yeşil satın alma, yeşil üretim, yeşil dağıtım ve pazarlama, yeşil depolama, yeşil ambalaj, tersine lojistik gibi çeşitli stratejiler sunulmaktadır. Bu stratejilerin benimsenmesi, işletmelerin çevresel etkilerini azaltarak sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasına yardımcı olacağı konusunda öneriler yapılmıştır. Araştırmada, başlığında “Green Logistic” içeren tüm yeşil lojistik çalışmaları “Web of Science (WoS)” veri tabanı kullanılarak taranmış ve bibliyometrik analiz yapılmıştır. Verilerin analizi için “R-Studio” programı içerisinde yer alan bibliometrix paketi kullanılmıştır. Yapılan bibliyometrik analiz sonucunda, 2000 yılından günümüze kadar yapılan yeşil lojistik ile ilgili çalışmalar için genel bilgiler verilmiştir. Çalışmalar için yıl, yazar, anahtar kelime, yayın yapılan kaynak, atıf sayısı, yayın yapılan kurum ve ülkelere göre çeşitli analizler yapılmış ve akademik yazım ile ilgili mevcut durum incelenmiştir. Araştırma, literatür taraması ve uygulama örnekleri ile desteklenerek, yeşil lojistiğin çevresel, ekonomik ve sosyal faydalarını ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bibliyometrik Analiz, Yeşil Lojistik Operasyonları, Yeşil Lojistik Uygulamaları

Green Logistics Strategies: Bibliometric Analysis

Abstract

Article Information

Received: 02/01/2025
Revised: 28/01/2025
Accepted: 12/03/2025
Published: 30/06/2025

Citation

Eker F., Engin, O. “Green Logistics Literature Review and Bibliometric Analysis”, Harran University Journal of Engineering, 10(2): 115-137, (2025).

This study provides a comprehensive review of 696 articles on green logistics, which aims to reduce environmental impacts in logistics processes. Various strategies such as green product design, green purchasing, green manufacturing, green production, green distribution and marketing, green warehousing, green packaging, and reverse logistics are presented. Recommendations are made that the adoption of these strategies will help businesses achieve their sustainability goals by reducing their environmental impact. All green logistics studies containing “green logistics” in the study title were scanned using the Web of Science (WoS) database and bibliometric analysis was performed. The bibliometrix package in the RStudio program was used for data analysis. As a result of the bibliometric analysis, general information is given for the studies on green logistics since 2000. The studies were analyzed according to year, author, keyword, source of publication, number of citations, institutions and countries of publication and the current situation regarding academic writing was examined. The research is supported by a literature review and application examples, revealing the environmental, economic and social benefits of green logistics.

Keywords: Bibliometric Analysis, Green Logistics Operations, Green Logistics Practices

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

*Corresponding author, e-mail: oengin@ktun.edu.tr

DOI: 10.46578/humder.1610826

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzdeki mamul ve hizmet üretim faaliyetleri, gezegenimize birçok yönden zarar vermektedir. Dünya nüfusunun kalabalık olması, üretim miktarlarını artırmakta ve daha fazla atık çıkmasına neden olmakta, aynı zamanda biyoçeşitliliği de azaltmaktadır. Müşteri talep ve beklentilerini karşılamak için yapılan aşırı üretim, doğal kaynakları hızla tüketmekte, gelecek nesillerin ihtiyaç duyacakları kaynaklar, bugünden kullanılmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, 1987 yılında Birleşmiş Milletler, Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından Sürdürülebilir Kalkınma kavramı gündeme getirilmiştir [1, 2]. Sürdürülebilir kalkınma, üretim sürecinde ileri teknolojilerin kullanımı ve israfların ortadan kaldırılması ile sağlanabilir. Üretimde ileri teknolojilerin kullanımı ile ilgili 2011 yılında Almanya’da Hannover fuarında, Endüstri 4,0 paradigması önerilmiştir [3]. Endüstri 4,0 paradigması, bilgi ve iletişim teknolojilerine odaklanarak, fiziksel cihazlar arasındaki bağlantı ile üretimde dijitalleşmeyi sağlayacaktır [4]. Endüstri 4,0 ile akıllı fabrikalarda üretim yapılacaktır. Akıllı fabrikalarda, akıllı üretim senaryoları (öğrenme yöntemleri) kullanılarak, insan-makine-robot iş birliği ile ürün, yeşil lojistik yönetiminde, nesnelerin interneti, bulut temelli yaklaşımlar ve büyük veri teknolojisi kullanılarak üretilmektedir [5]. Akıllı fabrikalar ile üretim çizelgeleri esnek hale gelmiş olacak daha az kaynak ile daha kısa sürede, müşterilerin istedikleri ürün ve hizmetlerin zamanında sunulması amaçlanmaktadır [6]. Endüstri 4,0 sürecinin yeşil lojistik ile desteklenmesi kaçınılmazdır.

Yeşil lojistik, lojistik süreçlerin çevreye olan olumsuz etkilerini azaltmayı hedefleyen bir anlayıştır. Sürdürülebilirlik ilkesine dayanan bu yaklaşım, lojistik faaliyetlerin doğa ve çevre üzerindeki zararlarını en aza indirmeyi amaçlar. Aynı zamanda çevre dostu uygulamaları benimseyerek sürdürülebilir lojistik çözümler sunar.

Bu çalışmanın amacı, yeşil lojistik için 696 adet makaleyi kapsayan kapsamlı literatür araştırması sunmak ve 2000 yılından günümüze kadar yapılmış olan çalışmanın bibliyometrik analizi ile akademik yazım açısından genel bir bakış açısı sağlamaktır. Araştırmada, Yeşil Lojistik ile ilgili aşağıdaki sorulara cevaplar aranmıştır.

- (i)Yıllara göre bilimsel çalışma sayıları ve trend konuları,
- (ii)Yayınların yapıldığı kaynaklar ve yayın sayıları,
- (iii)En fazla çalışma yapan yazarlar ve bireysel katkıları,
- (iv)Araştırmalarda etkili olan kurumlar,
- (vi)Geleceğe dair öngörüler.

Bu amaçla, ilk olarak, “Web of Science (WoS)” veri tabanı kullanılarak “Green Logistic” ile ilgili tüm çalışmalar filtrelenmiştir. Veri analizi için “R-Studio” programı içerisinde yer alan bibliyometrik paketi kullanılmıştır. Yapılan bibliyometrik analiz sonucunda çalışmalar yıl, yazar, anahtar kelime, yayın yapılan kaynak, atıf sayısı, yayın yapılan kurum ve ülkelere göre çeşitli analizleri yapılarak akademik yazım ile ilgili mevcut durum incelenmiştir. Bu araştırma, literatürde, yeşil lojistik ile ilgili yapılan ilk bibliyometrik çalışmadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, yeşil lojistik operasyon ve uygulamaları açıklanmıştır. Üçüncü bölümde, araştırmalar analiz edilerek yeşil lojistik ile ilgili bibliyometrik çalışma yapılmıştır. Araştırmanın dördüncü bölümü olan sonuç kısmında ise yapılan bibliyometrik analiz çıktıları yorumlanarak akademik araştırma fırsatları önerilmektedir.

2. YEŞİL LOJİSTİK OPERASYONLARI VE UYGULAMALARI (GREEN LOGISTICS OPERATIONS AND APPLICATIONS)

2.1. Yeşil Lojistik Operasyonları (Green Logistic Operations)

Yeşil ürün tasarımı, Yeşil satın alma, Yeşil üretim, Yeşil dağıtım ve pazarlama, Yeşil lojistik, Yeşil depolama, Yeşil ambalaj ve Tersine lojistik. Yeşil lojistik sisteminin temel özelliği, gelişmiş teknoloji ve

modern ekipmanlardan yararlanarak çevresel zararları en aza indirmek ve kaynakların verimli kullanımını maksimize etmektir. Yeşil lojistik operasyonları aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Yeşil ürün tasarımı: Ürünlerin, daha az enerji ve malzeme tüketerek, geri dönüşüm veya yeniden kullanım imkânlarını artıracak şekilde tasarlanmasıdır. Bu yaklaşım ile üretimde kullanılan girdiler azaltılmış, montaj ve demontaj işlemleri daha kolay hale getirilmiş ve malzemelerin yeniden kullanım ile geri dönüşüm oranları yükseltilmiş olacaktır. Yeşil ürün tasarımı, yeşil bina mimarisinden yeşil ambalaj üretimine kadar her şeyi kapsar. Tasarımı sürdürülebilir kılma sorununa yönelik birçok farklı çözüm vardır ve çevre dostu tasarımı standart haline getirmek için tasarım ve üretim standartlarını iyileştirmek için dünyanın her yerinde çalışan, çok sayıda insanlar vardır. Yeşil tasarıma örnek olarak, yapısına güneş panelleri eklenmiş bir bina verilebilir. Bu paneller güneşten enerji toplayabilir ve bunu sürdürülebilir elektrige dönüştürebilir [7].

Yeşil satın alma: Çevreye ve insan sağlığına duyarlı ürün ve hizmetlerin temin edilmesine odaklanan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, mali ve çevresel risklerin dengelenmesini sağlayarak tedarik sürecine daha bütüncül bir perspektif kazandırır. Yeşil satın alma kapsamında, tedarikçilerin süreçlere henüz tasarım aşamasında dahil edilmesi mümkün hale gelir ve çevre dostu yönetim anlayışını benimsemiş tedarikçilerin önceden belirlenmesine olanak tanır. Bu yaklaşım, yalnızca tüketici bazında değil, aynı zamanda güçlü tedarikçi ilişkileri kurulmasında da olumlu sonuçlar doğurur [8]. Sürdürülebilir bir tedarik zinciri oluşturma ilk halkası olan tedarikçiler, üretici için çevre dostu süreçlerin başlangıç noktasını oluşturur. Bu nedenle, çevresel uyum ve kalite standartlarına uygun tedarikçilerle çalışmak, üretici için stratejik bir gerekliliktir. Tedarikçilerin seçimiyle başlayan süreçte, beklentilere uygunluk sürekli sorgulanmalı ve iş ilişkileri düzenli denetimlerle desteklenmelidir [9].

Yeşil satın alma, kurumların tedarik süreçlerindeki maliyetlerini düşürmekle kalmaz, aynı zamanda kaynak kullanımını optimize ederek geri dönüşüm ve yeniden kullanım alışkanlıklarının yaygınlaşmasını sağlar. Bu uygulamalar, zamanla işletmenin kurumsal politikalarına ve sürdürülebilirlik hedeflerine entegre edilerek şirketin uzun vadeli vizyonuna hizmet eder. Ayrıca, çevreye duyarlı bu felsefe, müşterilerin sağlık ve güvenliğini ön planda tutan, düşük toksisiteye sahip ürünlerin kullanımını teşvik ederken, hava, toprak ve su kaynakları üzerindeki zararlı etkileri minimuma indirir.

Yeşil satın alma, enerji verimliliği politikalarının oluşturulmasına ve enerji maliyetlerinde ciddi iyileştirmeler yapılmasına da katkı sağlar. Örneğin, geri dönüşümlü kâğıt kullanımı, sera gazı emisyonlarını azaltırken, su tüketimi ve atık yönetimi konularında da tasarruf sağlar. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek enerji tasarrufu yapılması, çevre dostu bir döngünün devamlılığını sağlar ve işletmelere uzun vadeli faydalar sunar.

Yeşil üretim: Çevre dostu ürünlere yönelik talebin artması, üretim süreçlerinde hammadde kayıplarını önlemenin ve atık oluşumunu azaltmanın mümkün olduğunu göstermektedir. Hammaddelerin etkin bir şekilde kullanımı hem kaynak israfını önlemekte hem de atık miktarını önemli ölçüde düşürmektedir. Yeşil üretim, üretim süreçlerinin çevreye duyarlı bir şekilde planlanması ve gerçekleştirilmesini esas alır. Bu yaklaşım, çevresel faktörlerin üretim süreçlerinde dikkate alınması ve üretim aşamalarında gerekli önemin gösterilmesiyle, sürdürülebilir bir üretim anlayışını benimser. Ayrıca, kullanılan ürünlerin geri toplanarak çeşitli işlemlerden geçirilmesi ve yeniden pazara sunulması da yeşil üretimin önemli bir bileşenidir [10].

Yeşil dağıtım ve pazarlama: İşletmelerin faaliyetlerini çevreye zarar vermeden yürütmelerini hedefleyen bir yaklaşımdır. Bu uygulamalar, işletmelere sosyal sorumluluk bilinciyle hareket ederek olumlu bir imaj oluşturma ve ürünlerini daha yüksek fiyatlarla pazarlama fırsatı sunar. Bu nedenle, işletmeler yeşil dağıtım ve pazarlama süreçlerine giderek daha fazla önem vermekte ve bu alanlardaki çabalarını artırmak için kararlılıklarını göstermeye çalışmaktadır. Yeşil dağıtım ise hammadde ve enerji tüketimini minimuma indirerek çevre kirliliğini azaltmayı amaçlar. Aynı zamanda atık yönetimi ve çevre koruma ile ilgili faaliyetleri de içerir [11].

Yeşil lojistik: Lojistik ağları ve teslimat süreçlerinin çevresel etkilerini en aza indirmeyi amaçlayan tüm iş uygulamalarını kapsar. Her sektörden işletmeler, yeşil lojistik stratejilerini benimseyerek önemli faydalar elde edebilirler. Yaygın olarak uygulanan sürdürülebilir lojistik faaliyetleri arasında, ürün tedarik zincirinin optimize edilmesi, depolama verimliliğinin artırılması ve ulaşım kaynaklı emisyonların azaltılması yer alır.

Bu stratejiler, bağımsız bir şekilde veya birbirleriyle entegre olarak kullanılabilir ve her sektördeki işletmeler için etkili sonuçlar doğurur [12].

Yeşil depolama: Depo süreçlerinin çevresel etkisini en aza indirirken en yüksek sosyal standartları korumayı ve finansal verimliliği artırmayı hedefleyen teknolojik ve organizasyonel çözümler bütünüdür. Bu tür depolar, enerji ve maliyet tasarrufu sağlama amacı güderken giderek daha yaygın hale gelmektedir. Mevcut depolar da doğa dostu hale dönüştürülebilir. Yeşil depolama tasarımı öncelikli olarak, doğal ışık kullanımının artırılması için düzenlemeler yapılmalıdır. Elektrik tasarrufu sağlamak adına, güneş enerjisinden faydalanarak elektrik üretimi yapılabilir veya depo içinde hareketle çalışan ışık sensörleri kullanılabilir. Ayrıca, depo içindeki ve çevresindeki ekipmanların karbon bazlı yakıtlar yerine elektrikle çalışan araçlarla değiştirilmesi, çevreye daha duyarlı bir yaklaşım sağlar [13].

Yeşil ambalaj: Ambalajlamanın temel amacı, ürünü sevkiyat ve depolama sırasında korumak, hasar görmesini önlemektir. Bunun yanı sıra ambalajlar, ürünle ilgili iletişim ve sevkiyat bilgilerini içerir ve bazen birden fazla küçük parçayı bir arada tutma işlevi de görür. İşletmeler, yeşil ambalajlama stratejileri geliştirerek, ambalajlama süreçlerinde fonksiyonel ve fiziksel yenilikler yaparak tasarruf sağlamayı amaçlar. Yeşil ambalajlamanın farklı işlevleri vardır; ürün ambalajlaması, kalite maliyetlerini azaltırken çevresel zararları en aza indirmeye ve müşteri güvenini kazanmaya yardımcı olur. Çevreye duyarlı davranışların artması ve "yeşil" yani çevre bilincine sahip tüketici sayısının çoğalmasıyla birlikte, paket kullanımının azalması ve geri dönüştürülebilir ambalajlar içeren "yeşil" paketleme anlayışı daha fazla önem kazanacaktır [14].

Tersine lojistik: Geri dönüştürülmesi, yeniden kullanılması, yakılması ya da yok edilmesi gereken materyallerin (şişe, kâğıt, kutu, atık vb.) işlenmesi ile ilgili faaliyetlerin tamamını ifade eder. Ayrıca, defolu ya da iade edilen ürünlerin tekrar satılabilir hale getirilmesi de tersine lojistik kapsamına girer [11]. Tersine lojistiğin ana özellikleri aşağıda sunulmuştur:

- Hasarlı veya istenmeyen ürünlerin iade edilmesi ve belirlenen prosedürlere göre taşınması,
- Tedarik zincirinde, ürünlerin nerelerde satıldığının izlenebilmesi ve kalite kontrol amaçlı incelenebilmesi,
- Tersine lojistiğin önemi, kârların artırılması, atıkların minimize edilmesi ve müşteri deneyiminin en üst düzeye çıkartılmasına katkı sağlamasıdır.

2.2. Yeşil Lojistik Uygulamaları (Green Logistic Applications)

Lojistik sektörü, küresel ekonomideki payını her geçen yıl artırarak önemli bir gelişim göstermektedir. Bugün, çevre bilincinin arttığı gelişmiş ülkelerle birlikte, gelişmekte olan ülkelerde de çevre dostu uygulamalara yönelik çalışmalar yaygınlaşmaktadır. Bu durum, ülkelerde faaliyet gösteren şirketleri doğrudan etkilemekte ve şirketler, çevre dostu politikaları benimseyerek bu alandaki gelişmeleri takip etmektedir. Birçok sektörde olduğu gibi lojistik sektörü de çevresel gelişmeleri göz önünde bulundurarak faaliyetlerini şekillendirmekte ve çevreyi koruyan stratejileri hayata geçirmektedir. Yeşil lojistik uygulamalarına yatırım yapan firmalar, uluslararası pazarda daha fazla tercih edilmekte ve bu sayede hem maliyet avantajı elde etmekte hem de çevre dostu bir imaj kazanarak rekabet avantajı sağlamaktadır.

Dünya genelindeki yeşil lojistik uygulamalarına baktığımızda, özellikle gelişmiş ülkelerde çevre dostu ulaşım altyapılarına büyük önem verildiği görülmektedir. Avrupa, bu alanda öncülük etmektedir. Hollanda, elektrikli araçlar için özel şehir içi dağıtım sistemleri kullanırken, İsviçre’de kargo taşımacılığı için çevre dostu tramvaylar tercih edilmektedir. Almanya’daki özel kamu iş birliğiyle oluşturulan Yük Taşıma Platformu ve İsveç’teki lojistik merkezleri de koordine edilmiş taşıma hizmetleri sunmaktadır. İngiltere, yeşil lojistiği devlet politikalarıyla daha ileriye taşıyan bir başka önemli örnektir [15].

3. ARAŞTIRMALARIN ANALİZİ VE TARTIŞMA (ANALYSIS of RESEARCHES, and DISCUSSION)

3.1.Araştırmaların Analizi (Analysis of Researches)

Bu çalışmada, Yeşil Lojistik konusundaki literatürün incelenmesi amacıyla, Bibliyometrik analiz yöntemi kullanılmıştır. Bibliyometrik analiz, belirli bir zaman diliminde ve coğrafi bölgede, kişiler ya da kuruluşlar tarafından üretilen akademik yayınlar ile bu yayınlar arasındaki ilişkilerin nicel bir şekilde incelenmesidir. Bu yöntem, genel olarak sayısal analiz teknikleriyle, dergilerde yayımlanan makaleler ve bu makalelere yapılan atıfları istatistiksel olarak ele alır ve inceler [16, 17].

Araştırmada, saygınlığı yüksek bilimsel dergilerin yer aldığı, Dünyanın önde gelen veri tabanı olarak kabul edilen “Web of Science (WoS)” veri tabanı kullanılarak, “Green Logistic” anahtar kelimesiyle sorgu yapılmıştır. “Web of Science (WoS)”’un tercih edilmesinin nedeni, bilimsel literatürdeki güvenilirliği ile farklı disiplinlerdeki makalelere erişim sağlamasıdır. Bu sayede, Yeşil Lojistik alanında, uluslararası saygınlığı yüksek dergilerde, literatür, kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Filtreleme aşamasında herhangi bir yıl sınırlaması yapılmamış olup belge tipi “Article” olan İngilizce dilinde yayımlanmış, toplam 696 adet çalışma dikkate alınmıştır. Analizler, “RStudio” programında “Bibliometrix” paketi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. “Bibliometrix”, özellikle bibliyometrik analizler için geliştirilmiş bir araçtır. Verilerin istatistiksel olarak detaylı bir şekilde incelenmesine olanak sunmaktadır. “RStudio”’nun geniş veri işleme ve görselleştirme yetenekleri sayesinde, çalışmanın kapsamı hakkında derinlemesine analizler yapılabilmiş, görsel açıdan yorumlanabilmesi kolay grafiksel çıktılar araştırmada sunulmuştur.

Tablo 1’de 2000 yılından günümüze kadar yapılan yeşil lojistik ile ilgili 696 adet çalışma hakkında genel bilgiler verilmiştir.

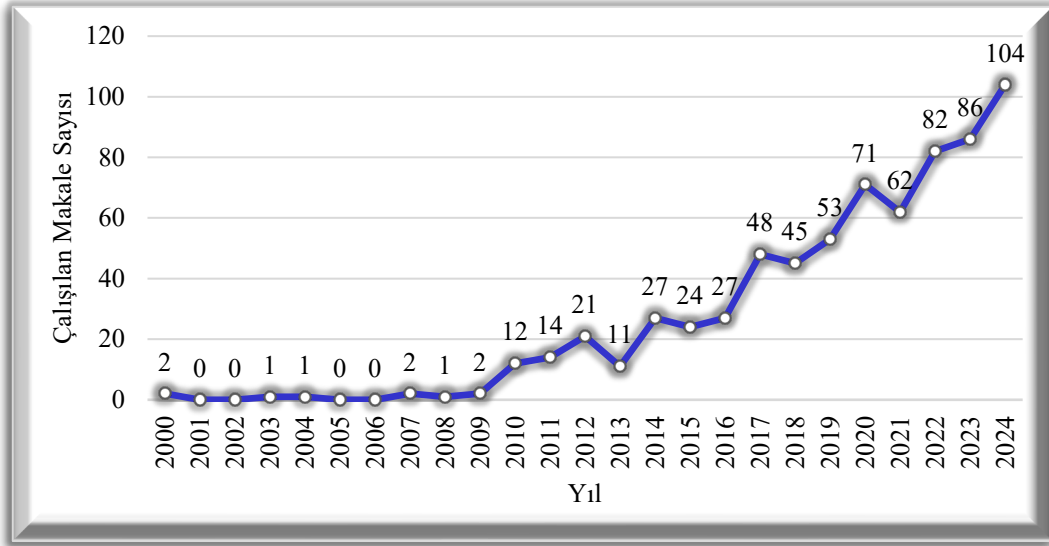
Tablo 1. 2000-2024 yılları arasında yapılan yeşil lojistik çalışmaları için genel bilgiler.

Veriler Hakkında Temel Bilgiler			
Zaman aralığı	2000-Kasım 2024	Çalışmaların ortalama yaşı	4.58
Kaynaklar (Dergiler, Kitaplar vb.)	300	Çalışma başına ortalama atıf sayısı	30.63
Çalışma sayısı	696	Kullanılan kaynak sayısı	26808
Yıllık büyüme oranı	%17.9	Anahtar kelime sayısı (Keywords Plus)	1026
Yazar Bilgisi			
Yazar sayısı	2068	Yazar’ın anahtar kelime sayısı	2162
Tek yazarlı çalışma yapan yazar sayısı	65		
Yazarların İş Birliği			
Tek yazarlı çalışma sayısı	70	Çalışma başına yazar sayısı	3.44
Uluslararası ortak yazar yüzdesi	%32.9		
Çalışma Türleri			
Makale sayısı	696		

Tablo 1. incelendiğinde, yeşil lojistik ile ilgili ilk çalışmanın, 2000 yılında yapıldığını ve günümüze kadar 696 adet makale yayımlandığı görülmektedir. Yıllık büyüme oranı dikkate alındığında ortalama olarak her yıl bir önceki yıla göre %17,9 daha fazla çalışmanın yapıldığını ve toplamda 2068 yazarın bu çalışmalara katkı sağladığı görülmektedir. Yeşil lojistiğin bu istatistiklerini göz önünde bulundurduğumuzda çok geniş

çaplı bir araştırma alanına sahip olduğunu ve büyüme oranından bu alanda önemli ölçüde çalışma ihtiyacının olduğu görülebilmektedir.

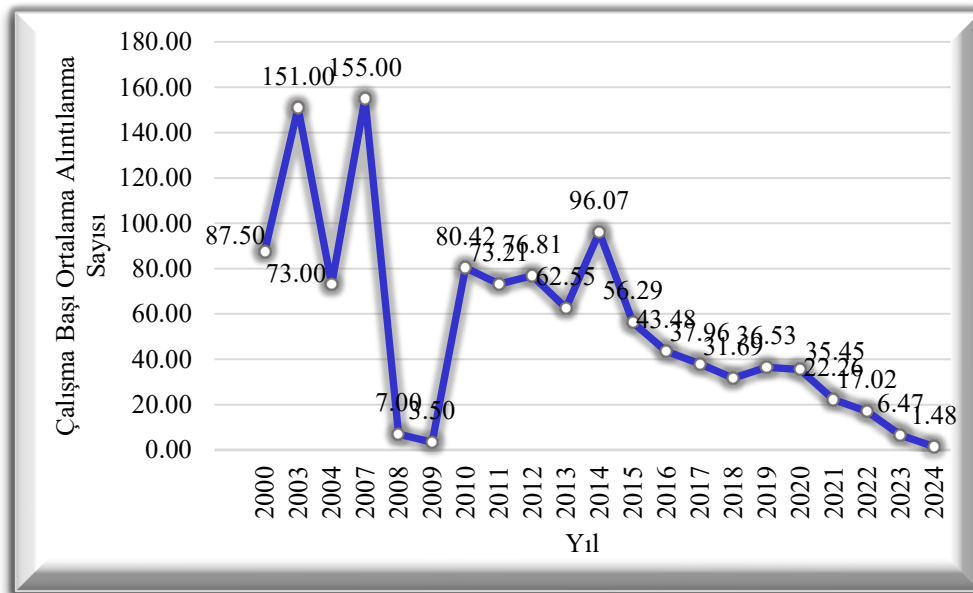
Şekil 1’de ise Yeşil lojistik üzerine yıllara göre yapılmış çalışma sayılarına yer verilmiştir.



Şekil 1. Yeşil lojistik konusunun yıllara göre çalışma sayıları.

Şekil 1’de Yeşil lojistik üzerine yapılmış çalışmalarda, yıllara göre önemli artışlar olduğu gözlemlenebilmektedir. 2000-2009 yıllarında makale sayılarında adetler düşük sayılarda ilerlerken, 2010 yılı itibariyle yıllık çalışma sayıları 10’un üzerine çıkmış ve yükselişe geçmiştir. Yeşil lojistiğin en yoğun çalışıldığı 2023 ve 2024 yıllarında sırasıyla 86 ve 104 çalışma ile Yeşil lojistik konusu oldukça fazla talep gören akademik bir çalışma alanı olmuştur. 2024 Kasım ayına kadar yapılan çalışma 2024 yılı bittiğinde tamamlanmamış olan çalışmaların bu sayıya eklenmesi ile 2024 çalışma sayısının 110 ve üzerini görmesi beklenmektedir.

Şekil 2. ve Tablo 2’de ise Yeşil lojistik ile ilgili çalışmaların alıntılanma sayıları hakkında sayısal bilgilere yer verilmiştir.



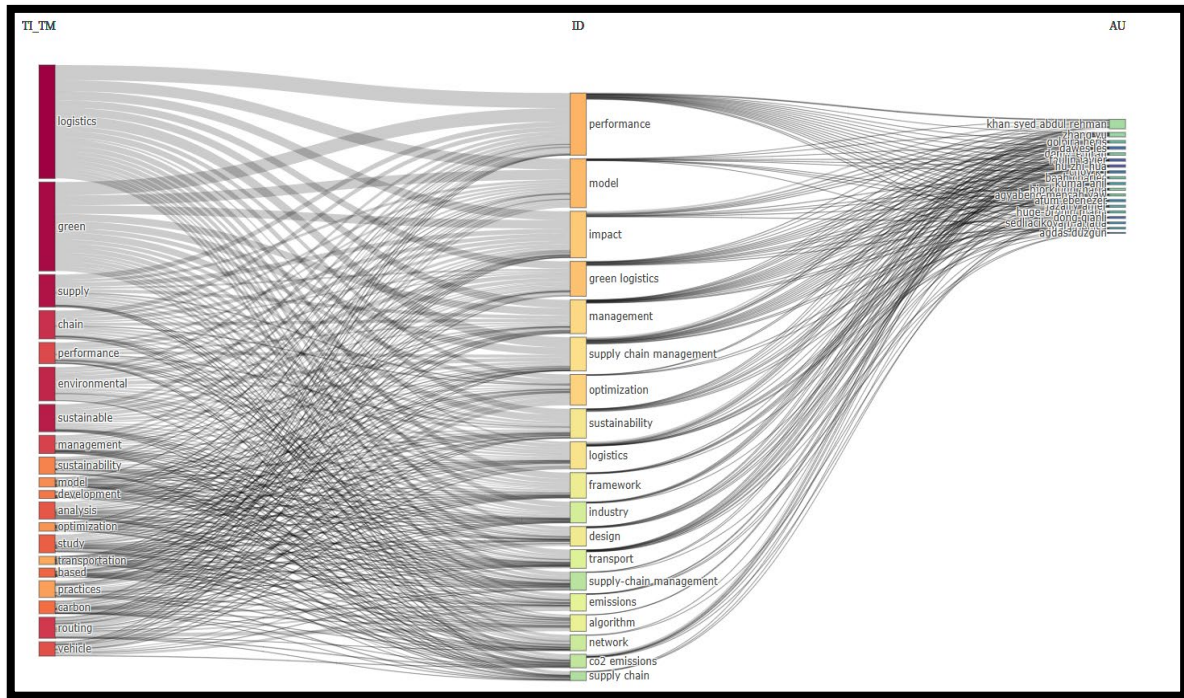
Şekil 2. Yeşil lojistik çalışmasının yıllara göre alıntılanma sayıları

Tablo 2. Yeşil lojistik çalışmasının yıllara göre alıntılanma sayıları

Yıl	Çalışma Başı Ortalama Alıntılanma Sayısı	Çalışma Sayısı	Çalışmaların Yıl Başına Ortalama Alıntılanma Sayısı	Alıntı Yapılabilir Yıl Sayısı
2000	87.5	2	3.5	25
2003	151	1	6.86	22
2004	73	1	3.48	21
2007	155	2	8.61	18
2008	7	1	0.41	17
2009	3.5	2	0.22	16
2010	80.42	12	5.36	15
2011	73.21	14	5.23	14
2012	76.81	21	5.91	13
2013	62.55	11	5.21	12
2014	96.07	27	8.73	11
2015	56.29	24	5.63	10
2016	43.48	27	4.83	9
2017	37.96	48	4.74	8
2018	31.69	45	4.53	7
2019	36.53	53	6.09	6
2020	35.45	71	7.09	5
2021	22.26	62	5.57	4
2022	17.02	82	5.67	3
2023	6.47	86	3.23	2
2024	1.48	104	1.48	1

Tablo 2’de ikinci sütunda verilen çalışma başı ortalama alıntılanma sayısı, ilgili yılda çalışmaların toplam alıntılanma sayısının, üçüncü sütunda verilen çalışma sayısına bölünmesi ile bulunmuştur. Dördüncü sütunda verilen çalışmaların her bir yıl için ortalama alıntılanma sayısı ise çalışma başı ortalama alıntılanma sayısının alıntı yapılabilir yıl sayısına oranlanması ile elde edilmiştir. Alıntı yapılabilir yıl sayısı ise 2024 yılı dâhil olmak üzere çalışmanın yapıldığı yıl ile 2024 yılı arasındaki sayıyı vermektedir. Daha iyi anlaşılması için Tablo 2’de 2011 yılı üzerinden örnek verecek olursak, 2011 yılında 14 çalışma yapılmış ve bu çalışmaların toplam alıntılanma sayısı 1025 olmuştur. 2011 yılında çalışma başı ortalama alıntılanma sayısını bulmak için çalışmaların toplam alıntılanma sayısı olan 1025 sayısını yapılan çalışma sayısı olan 14’e oranlama yaparak 73,21 sayısını elde etmiş oluruz. 2011 yılında yapılan alıntı yapılabilir yıl sayısı ise “2024-2011+1=14” işlemi ile kolaylıkla bulunabilir. 2011 yılı için çalışmaların her bir yıl için ortalama alıntılanma sayısı ise çalışma başı ortalama alıntılanma sayısı olan 73,21 sayısını alıntı yapılabilir yıl sayısı olan 14’e bölerek 5,23 sayısını elde etmiş oluruz. Yani 2011 yılında yapılan her bir çalışma için 2024 yılına kadar her yıl ortalama olarak 5,23 atf yapılmış demektir.

Şekil 3’te ise Yeşil lojistik için üç alan grafiğine yer verilmiştir.



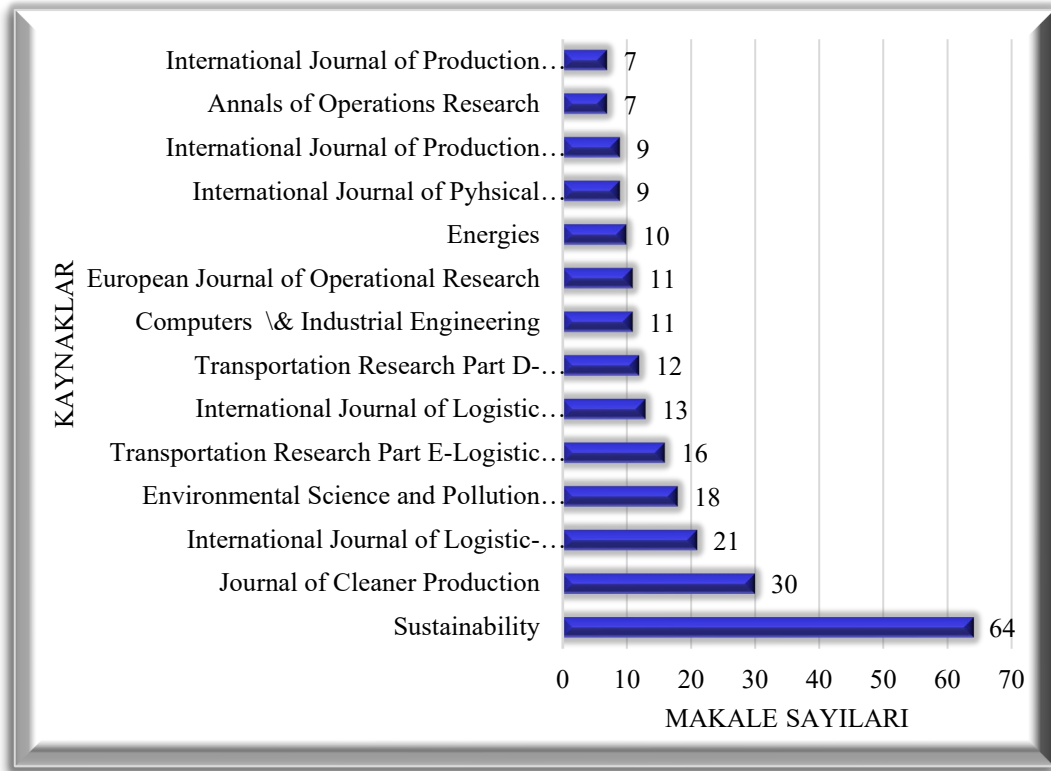
Şekil 3. Yeşil lojistik için üçlü alan grafiği (Başlıklar- Anahtar Kelimeler – Yazarlar)

Şekil 3'te verilen üçlü alan grafiği, yeşil lojistik üzerine yapılmış olan çalışmalarda başlıklar, anahtar kelime ve yazarlar olmak üzere farklı açılardan bağlantıların birbiri ile ilişkisinin bir görselidir. Görselde, kutucukların büyüklükleri değişmekte olup kutucuk büyüdükçe ilişkisel büyüklüğün arttığını göstermektedir. Yazar sütunundan anahtar kelime sütununa giden çizgilerin yoğunluğu hangi yazarların hangi anahtar kelimeleri daha çok kullandığını göstermektedir. Anahtar kelime sütunundan başlık sütununa giden çizgilerin yoğunluğu ise hangi başlıklarda hangi anahtar kelimelerin daha çok kullanıldığını gösterir. Yeşil lojistik için üçlü alan grafiğinde en fazla kullanılan anahtar sözcükler, en fazla yayın yapan yazarlar ve bu yazarların başlıklarında en fazla kullandığı sözcükler arasındaki ilişkiyi göstermektedir. En fazla kullanılan anahtar sözcüklerin performans, model ve etki olduğu görünmekte olup bu kelimelerin yazarlar tarafından ya da başlıklarda ne kadar sık geçtiğine ilişkin bir alan görselidir. Bu görsel incelendikten sonra literatür taraması yapacak bir birey hangi sözcüklere odaklanacağı ve hangi yazarları incelemesi gerekeceği gibi sorular hakkında genel bir fikre sahip olacaktır.

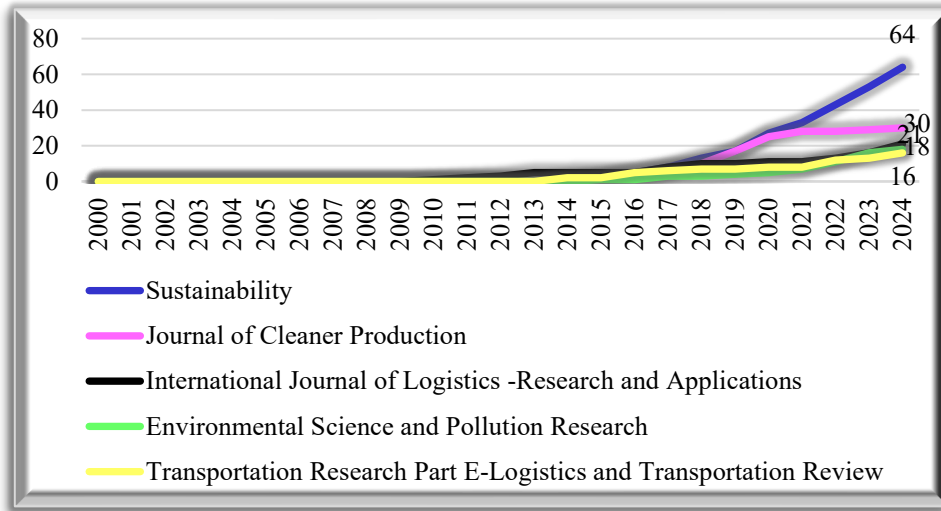
Şekil 4’te ise Yeşil lojistik için en fazla yayın yapılan kaynaklara yer verilmiştir. Şekil 4’te verilen bilgilere göre, yeşil lojistik üzerine yapılmış olan çalışmaların en fazla yayınlandığı kaynağı ve bu kaynaklarda yapılan çalışma sayısını göstermektedir. Bu doğrultuda yeşil lojistik kapsamında en çok yayın yapan “*Sustainability*” olduğunu görmekteyiz.

Şekil 5'te verilen grafik ise yeşil lojistiğin en fazla yayınlandığı ilk beş kaynakta yıllar içerisindeki çalışma sayılarının artışını göstermektedir. Buna göre 64 yayın ile birinci sırada olan “*Sustainability*” 2014 yılı sonrasında gözle görülebilir bir artış oranı ile yeşil lojistik alanında aktif olarak çalışmalar yayınlayıp birinci sıraya geçmiştir.

Şekil 5'te verilen grafikten anlaşılabacağı üzere yeşil lojistik üzerine yapılan ilk çalışma *International Journal of Logistics -Research and Applications* dergisinde 2010 yılında yayınlanmıştır.

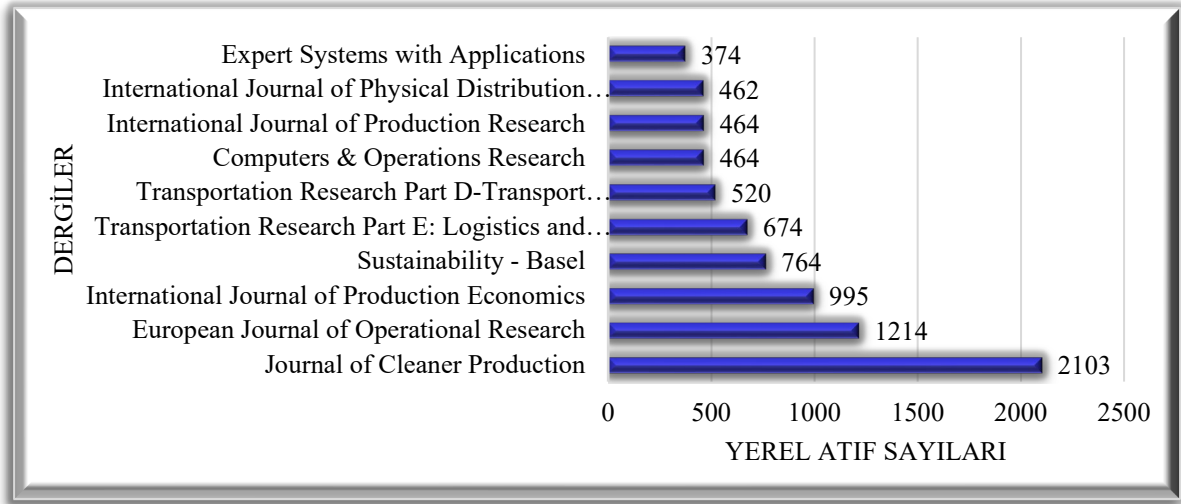


Şekil 4. Yeşil lojistik ile en alakalı kaynaklar



Şekil 5. Dergilerin yıllara göre yeşil lojistik için çalışma sayıları

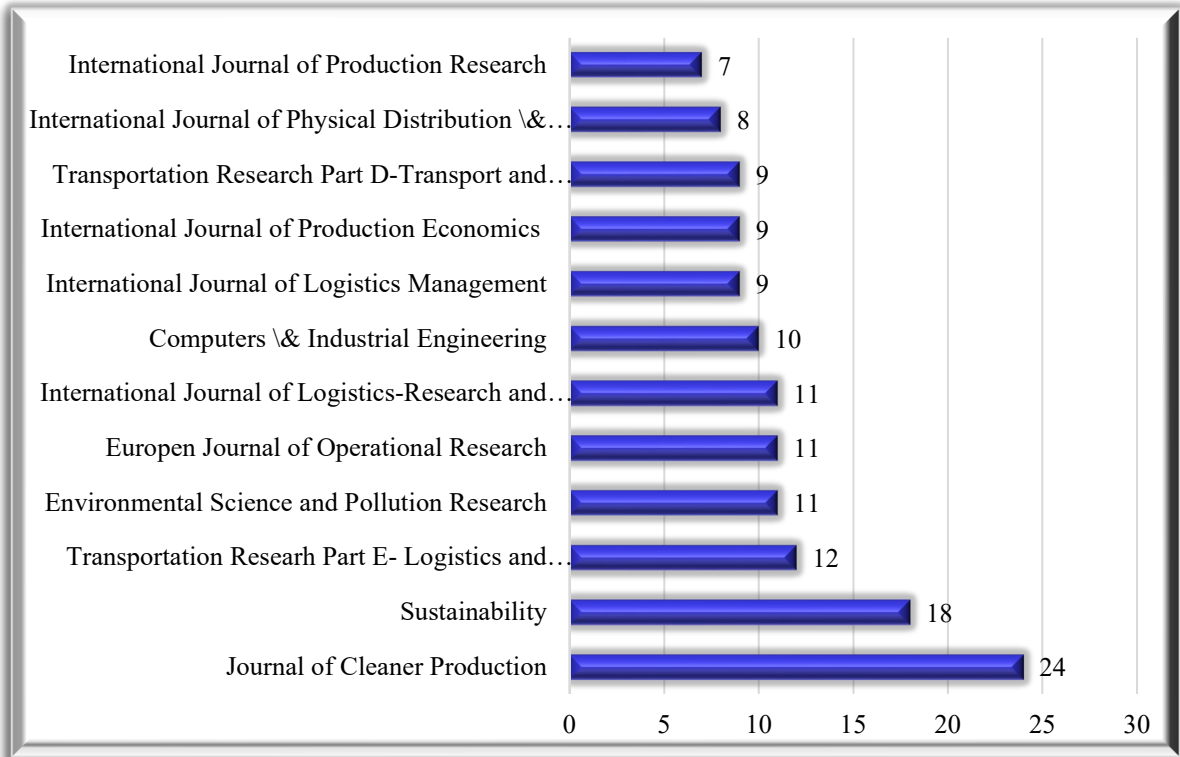
Şekil 6’da Dergilerin, yeşil lojistik için yapılmış çalışmalardan aldığı yerel atıf sayıları sunulmuştur. Yerel atıf “WoS” veri tabanında, bölgesel atıfları ifade etmektedir. Bunlar; “Chinese Science Citation Database, KCI - Korean Journal Database, Russian Science Citation Index, SciELO Citation Index” dir. Bunlardan, “SciELO Citation Index” Latin Amerika, İspanya, Portekiz, Karayipler ve Güney Afrika'daki araştırmaları içermektedir.



Şekil 6. Dergilerin yeşil lojistik için yapılmış çalışmalardan aldığı yerel atıf sayıları

Şekil 6.'da verilen grafik incelendiğinde yeşil lojistik konusu üzerinden en fazla yerel atıf sayısı 2103 atıf ile “*Journal of Cleaner Production*” iken 1214 atıf sayısı ile “*European Journal of Operational Research*” ikinci sırada yer almaktadır. “*Sustainability*” yayın sayısında birinci sırada iken yerel atıf sayısında 764 atıf ile dördüncü sırada yer almaktadır. Tablo 1.'de 696 makale için 26808 adet kaynağa başvurulduğu gösterilmişti. 26808 kaynaktan en etkin olanlar yani kaynakçalardaki dergilerin en etkin olanları Şekil.6.'da gösterilmektedir.

Şekil 7'de yeşil lojistik üzerinden hesaplanmış olan dergilerin yerel H indeks değerleri verilmiştir.

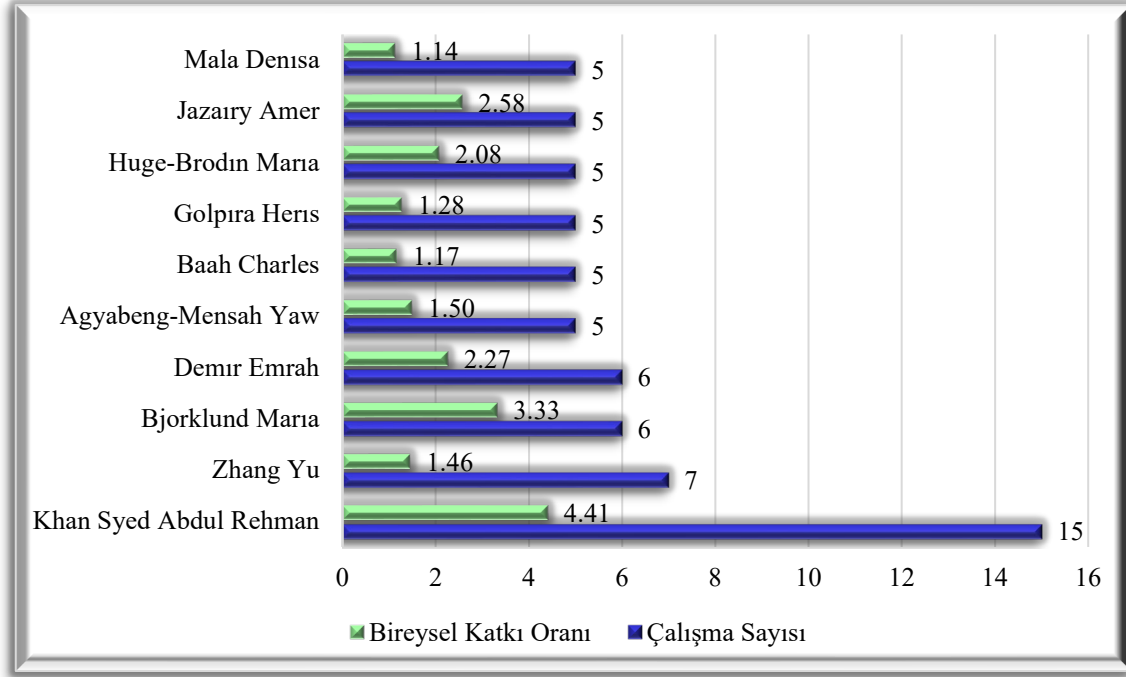


Şekil 7. Yeşil lojistik için dergilerin yerel H indeks değerleri

H indeks değeri belirli bir bilim insanının veya akademisyenin ya da bir bilim insanı veya akademisyen grubunun (bir bölüm veya araştırma grubu gibi) hem üretkenliğini hem de etkisini temsil etmeyi amaçlayan bir sayıdır. Bu kavram, 2005 yılında ABD Kaliforniya Üniversitesi'nden Jorge Hirsch tarafından

geliştirilmiştir. Bilim dünyasında bibliyometrik bir ölçüm aracıdır. Yazar veya dergi bazında hesaplanabilen H indeks değeri, yazar veya derginin ne düzeyde verimli ve etkili olduğunu gösteren sayısal bir değerdir. Şekil 7’de yeşil lojistik üzerinden dergilerin H indeks değerlerine baktığımızda, H indeks değerine göre etki düzeyi 24 ile en yüksek derginin “*Journal of Cleaner Production*” olduğu görülmektedir.

Şekil 8’de yeşil lojistik alanında en fazla çalışan yazarların çalışma sayıları ve bireysel katkı oranları hakkında bilgi vermektedir.



Şekil 8. Yeşil lojistik üzerine en fazla çalışma yapan yazarlar ve bireysel katkı oranları

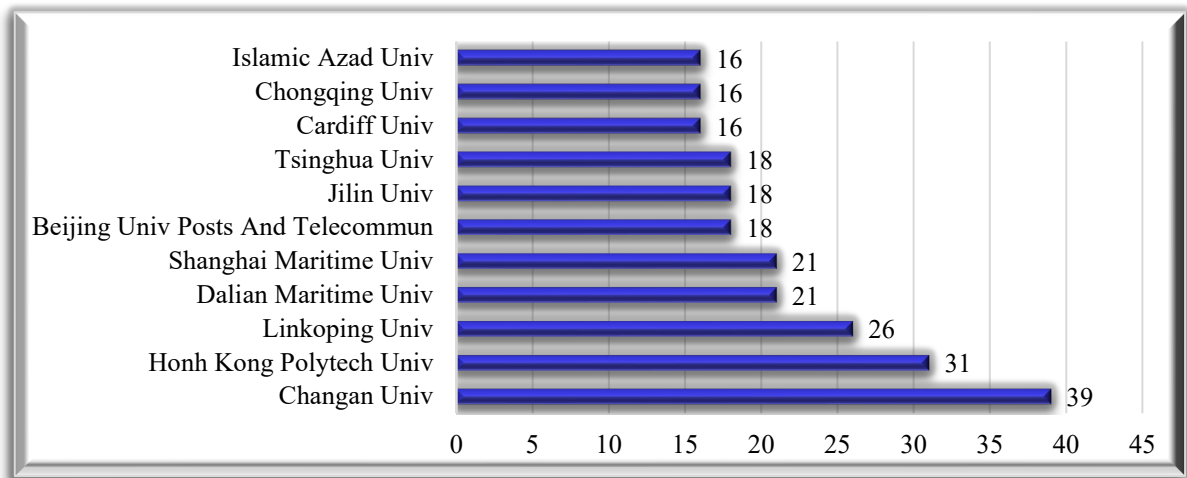
Şekil 8. incelendiğinde yeşil lojistik için en fazla çalışan yazarın 15 adet çalışma ile Khan Syed Abdul Rehman birinci sırada ve 7 adet çalışma ile Zhang Yu’nun ikinci sırada olduğu görülmektedir. Bireysel katkı oranına göre Şekil 8 incelenip değerlendirme yapıldığında ise 4,41 oran ile Khan Syed Abdul Rehman birinci sırada, 3,33 oran ile Bjorklund Maria ikinci sırada ve 2,58 ile Jazairy Amer üçüncü sırada yer almaktadır.

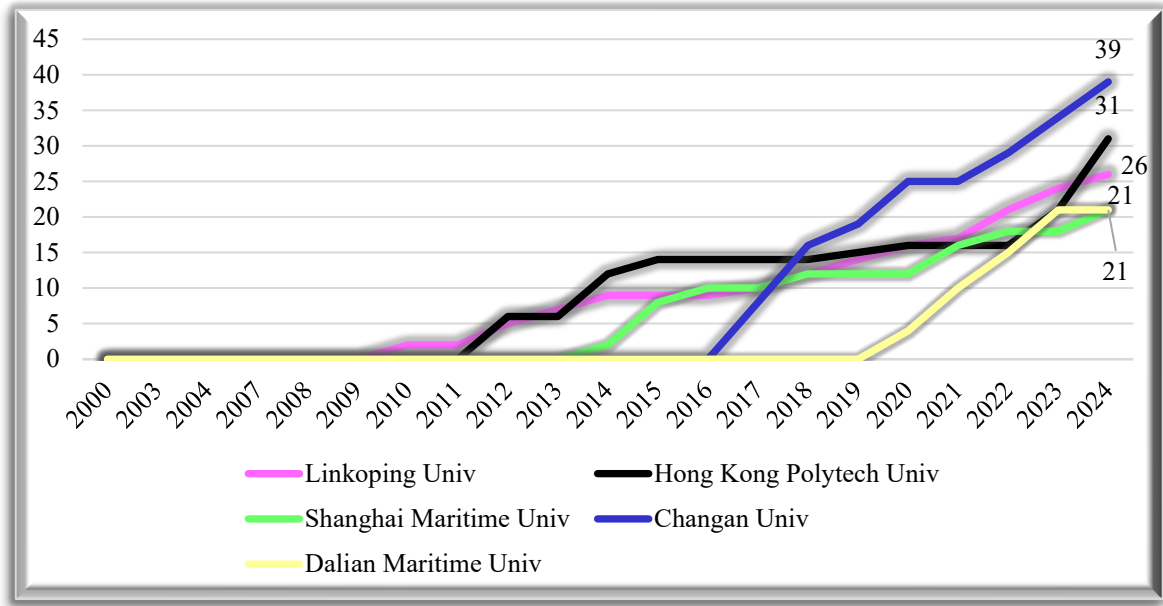
Tablo 3’te ise yeşil lojistik üzerinde çalışan yazarların yerel etkisini incelemek için bazı bilgiler verilmiştir. Tablo 3’te Yeşil lojistik üzerinden yazarların H indeks, G indeks, M indeks değerlerinin hesaplanmış hali verilmiştir. G, yazar düzeyinde bir indeks olup bir yazarın ilk en iyi G adet yayının en az G^2 atıf aldığını ifade eder. M’de, yine yazar düzeyinde bir indeks olup H/N olarak tanımlanır. Buradaki H, H indeksini ve N’de yazarın ilk yayımlanan çalışmasından günümüze kadar geçen yılların sayısını ifade eder. Tablo de, yazarların konu ile ilgili yaptığı çalışmalara gelen toplam atıf sayısı ve ilk çalışmasını hangi yılda yaptığı gösterilmektedir. Burada verilen indeks değerleri farklı şekillerde hesaplanmasına rağmen ortak özellikleri, bibliyometrik verilere dayanarak akademik performansın ölçümü için kullanılmasıdır. Tablo 3’te verilen bilgiler doğrultusunda H indeks, G indeks, M indeks, toplam atıf sayısı ve çalışma sayısında en yüksek değerin Khan Syed Abdul Rehman ‘a ait olduğu görülmektedir [18]. Listedeki yazarlar içerisinde konuyu ilk çalışma yılına göre ise Björklund Maria 2010 yılında yaptığı ilk çalışma ile yeşil lojistik için ilk çalışan yazar olduğu görülmektedir [19].

Yeşil lojistik çalışan yazarların, çalışmayı yaptığı esnada bağlı bulundukları kuruluş bilgisine dayanarak, Şekil 9. ve 10.’da yeşil lojistik kuruluşlara göre çalışılma sayıları ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Tablo 3. Yeşil lojistik üzerinde çalışan yazarların yerel etkisi

Yazar	H İndeks	G İndeks	M İndeks	Toplam Alıntı	Çalışma Sayısı	İlk Çalışma Yılı
Khan Syed Abdul Rehman	14	15	1.75	1708	15	2017
Zhang Yu	6	7	0.75	934	7	2017
Agyabenng-Mensah Yaw	5	5	1.00	265	5	2020
Baah Charles	5	5	1.00	200	5	2020
Golpira Heris	5	5	0.71	601	5	2018
Kumar Anil	5	5	0.83	856	5	2019
Mala Denisa	5	5	0.63	62	5	2017
Sedliacikova Mariana	5	5	0.63	62	5	2017
Afum Ebenezer	4	4	0.80	206	4	2020
Björklund Maria	4	6	0.27	127	6	2010
Choy K L	4	4	0.36	830	4	2014
Demir Emrah	4	6	0.50	143	6	2017
Dong Qianli	4	4	0.50	564	4	2017
Faulin Javier	4	4	0.50	64	4	2017
Hu Zhi-Hua	4	4	0.36	118	4	2014
Huge-Brodin Maria	4	5	0.33	115	5	2013
Jazairy Amer	4	5	0.80	134	5	2020
Sharif Arshian	4	4	0.67	596	4	2019
Wang Chao	4	4	0.80	35	4	2020
Yu Zhang	4	4	0.50	190	4	2017
Zaman Khalid	4	4	0.50	455	4	2017
Zhang Shuzhu	4	4	0.36	251	4	2014
Agdas Duzgun	3	4	1.00	47	4	2022
Basso Rafael	3	3	0.50	302	3	2019
Boysen Nils	3	3	0.43	114	3	2018

**Şekil 9.** Yeşil lojistik konusunun kuruluşlara göre çalışılma sayıları



Şekil 10. Yeşil lojistik konusunun kuruluşlarda yıllara göre çalışılma sayıları

Şekil 9’da verilen grafik incelendiğinde en fazla çalışma yapılan kuruluşun 39 çalışma ile Chang’an Üniversitesi, ikinci kuruluşun ise 31 çalışma ile The Hong Kong Polytechnic Üniversitesi olduğu görülmektedir.

Şekil 10’da ise en fazla çalışma yapılan kuruluşlardan 5 tanesinin yıllara göre çalışma sayılarındaki değişimi görebilmekteyiz. Bu 5 kuruluşun ilk çalışma 2010 yılında Linköping Üniversitesi’nde yapılmış olmasına rağmen, 2024 yılında toplam çalışma sayısında Linköping Üniversitesi üçüncü sırada yer almıştır. Changan Üniversitesi’nde ise ilk olarak 2018’de çalışma yapılmıştır. 2024 yılına kadar ciddi bir yükseliş göstererek 39 çalışma ile en fazla çalışma yapılmış kuruluş olmuştur.

Tablo 4’te ise yeşil lojistik üzerine en fazla çalışma yapılmış ilk on ülkede sorumlu yazar olma durumu verilmiştir.

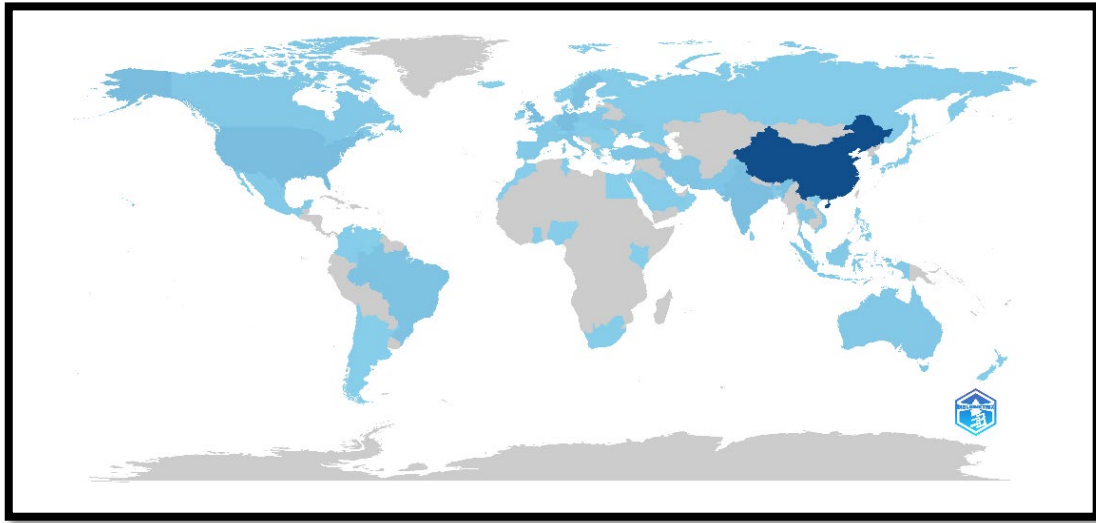
Tablo 4 Yeşil lojistik ile ilgili çalışmalarda ülkelere göre sorumlu yazar olma durumu

Ülke	Çalışma sayısı	Sorumlu yazar sayısı	Sorumlu yazar oranı
China	248	171	0.69
Germany	31	19	0.61
United Kingdom	29	15	0.52
Sweden	28	25	0.89
India	26	23	0.88
USA	26	14	0.54
Brazil	17	15	0.88
Iran	15	13	0.87
Italy	14	10	0.71
Korea	14	9	0.64
Turkey	14	13	0.93
Thailand	12	9	0.75
Poland	10	5	0.50

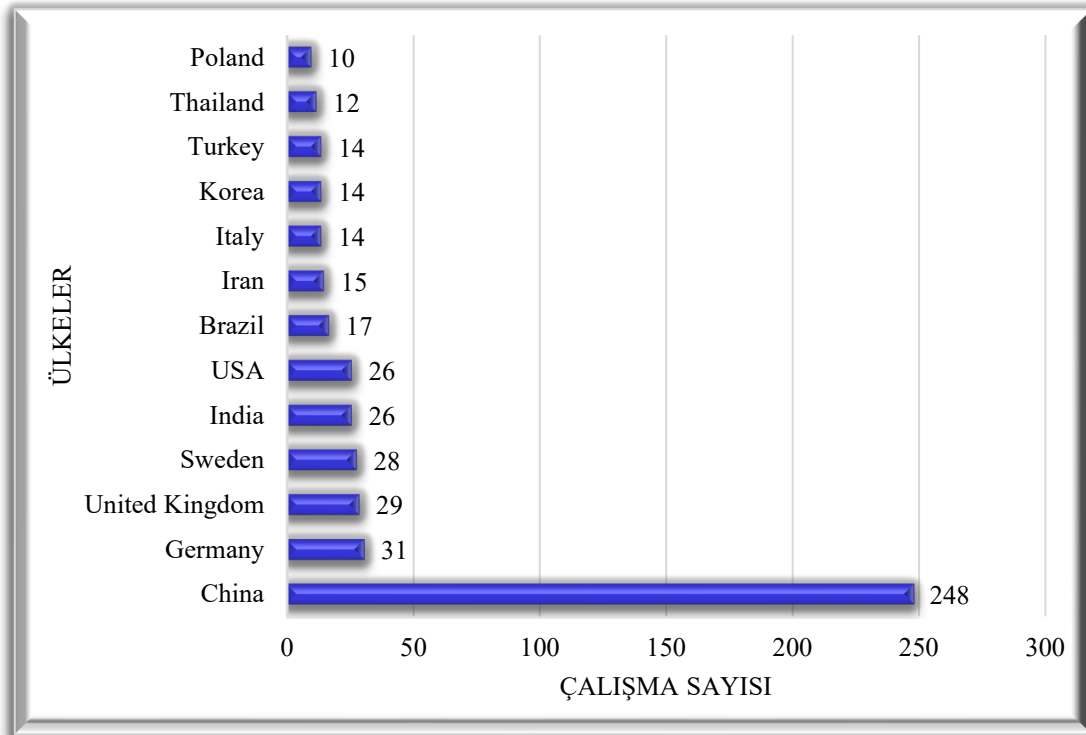
Tablo 4’te verilen bilgiler incelendiğinde sorumlu yazar olma oranı en yüksek ülke, 0,93 ile Türkiye olurken, 0,89 oran ile İsveç ikinci ve 0,88 oran ile Hindistan ve Brezilya üçüncü sırada yer almaktadır. En

fazla çalışma yapılmış ülkelerden Çin ve Almanya’da ise sorumlu yazar oranı sırasıyla 0,69 ve 0,61 olduğu görülmektedir. Verilen liste içerisinde sorumlu yazar olma oranı en düşük ülke ise 0,50’lik bir oran ile Polonya olmuştur. Sorumlu yazar, araştırma ekibi, dergi editörleri, hakemler ve okuyucular arasındaki ana iletişim noktasını oluşturur. Bu kişi, genellikle araştırma makalesinin başyazarı veya kıdemli yazarıdır ve makalenin tüm iletişim süreçlerinden sorumludur. Sorumlu yazar, dergi editörlerine gerekli belgeler ve materyallerin sağlanmasından, tüm etik ve yasal yükümlülüklerin yerine getirilmesinden, ayrıca diğer yazarlara makalenin durumu ve güncellemeleri hakkında bilgi verilmesinden sorumludur. Sorumlu yazarın adı ve iletişim bilgileri, genellikle yayımlanan makalede yer alır, bu da okuyucuların herhangi bir soru veya görüş için doğrudan bu kişiye başvurabilmesini sağlar.

Şekil 11. ve 12.’de ülkelerin üretkenliği ile ilgili grafikler verilmiştir.



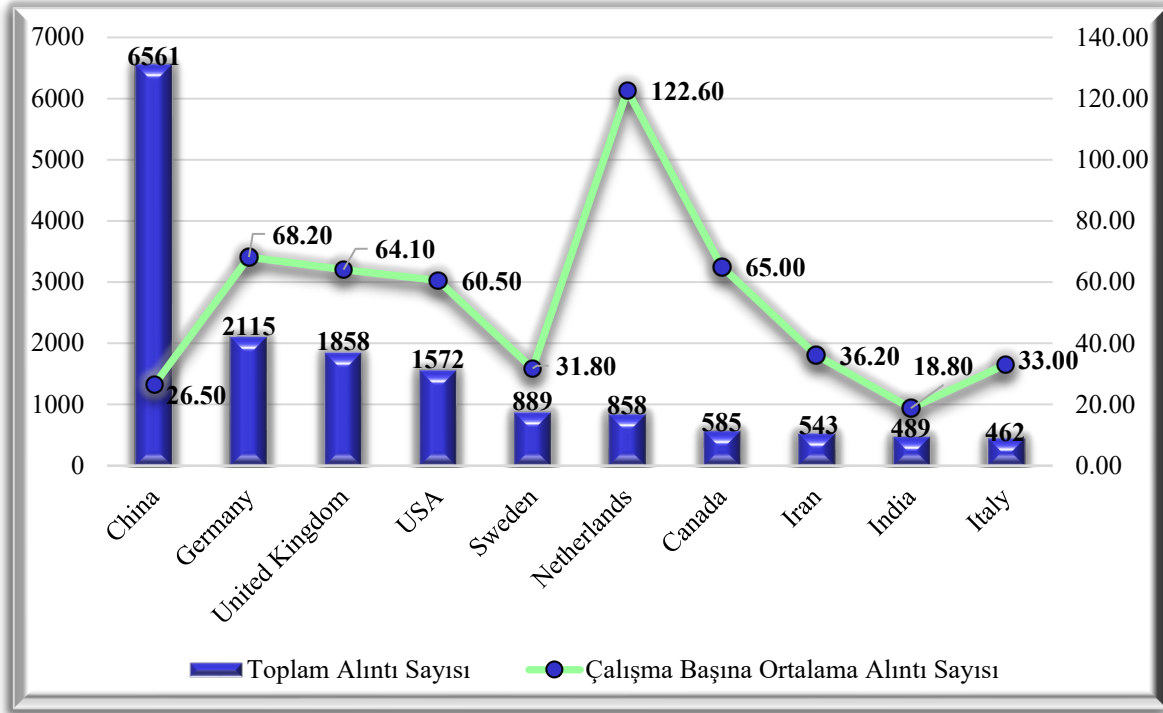
Şekil 11. Yeşil lojistik için ülkelerin üretkenliğine göre yoğunluk haritası



Şekil 12. Yeşil lojistik çalışmalarında ülkelere göre üretkenlik

Şekil 11. ve 12.'de verilen grafikler doğrultusunda çalışma sayısı bakımından Çin'in diğer ülkelere göre açık ara önde olduğu görülmektedir. Çin Halk Cumhuriyeti ardından sırasıyla Almanya, İngiltere, İsveç ve Hindistan geldiği görülmektedir.

Şekil 13.'de verilen grafikte yeşil lojistik için global olarak toplam ve çalışma başına düşen ortalama alıntılanma sayısı ülkeler bazında incelenmiştir.



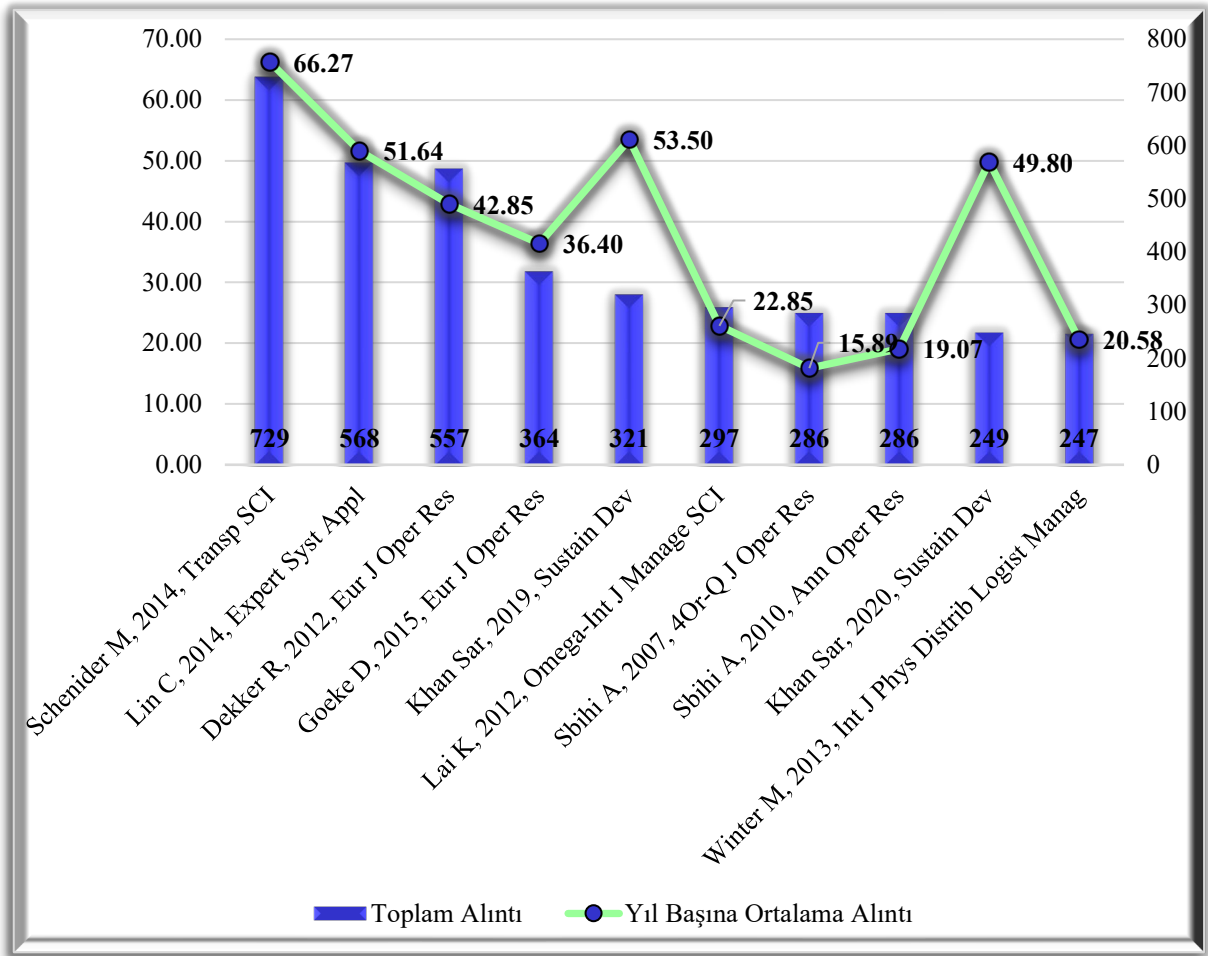
Şekil 13. Yeşil lojistik için globalde en çok alıntı yapılan çalışmalar (ülkelere göre)

Şekil 13'te verilen grafik incelendiğinde yeşil lojistik üzerine yapılmış olan çalışmaların globaldeki toplam alıntı sayısı bakımından en fazla alıntıya sahip olan ülkenin 6561 alıntı ile Çin olduğu görülmektedir. Öyle ki Çin, toplam alıntılanma sayısı bakımından kendisinden sonra gelen dört ülkenin alıntılanma sayılarının toplamından daha fazla alıntıya sahiptir. Buna rağmen Çin'in 26,5 ile çalışma başına düşen ortalama alıntı sayısında grafikte verilen sekiz ülkenin gerisinde kalarak dokuzuncu sırada olduğu görülmektedir. Çalışma başına düşen ortalama alıntı sayısında ise 122,6 ile Hollanda'nın ilk sırada, 68,2 ile Almanya'nın ikinci sırada ve 65,0 ile Kanada'nın üçüncü sırada yer aldığı görülmektedir.

Şekil 14.'te yeşil lojistik için global olarak toplam ve yıl başına düşen ortalama alıntılanma sayısı yapılan çalışma bazında incelenmiştir.

Şekil 14'te grafikte yeşil lojistik üzerine yapılmış olan çalışmaların globaldeki toplam alıntı sayısı verilmiştir [20-29]. En fazla alıntılanan çalışmanın 729 ile Michael Scheneider'in 2014 yılında *Transportation Science* dergisinde yaptığı çalışma olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın her bir yıl için ortalama alıntı sayısına bakıldığı zaman 66,27 ile birinci sırada yer almaktadır. Şekil 14'te her bir yıl için ortalama alıntı sayısı en düşük olan çalışma ise 15,89 ile 2007 yılında Abdelkader Sbihi'nin *4OR-A Quarterly Journal of Operations Research* dergisinde yaptığı çalışmanın olduğu görülmektedir.

Tablo 5.'te yeşil lojistik için en fazla kullanılan anahtar kelime sayıları verilmiştir.



Şekil 14. Yeşil lojistik için globalde en çok alıntı yapılan çalışmalar (çalışmaya göre)

Tablo 5. Yeşil lojistik ile ilgili çalışmalarda en sık kullanılan anahtar kelime sayıları

Kelime	Kullanım Sayısı	Kelime	Kullanım Sayısı
performance	119	framework	46
model	105	algorithm	44
green logistics	87	emissions	44
impact	84	transport	37
optimization	73	industry	35
management	72	network	33
supply chain management	69	CO ₂ emissions	31
logistics	65	supply-chain management	31
sustainability	56	supply chain	30
design	49	implementation	29

Tablo 5’te verilen bilgiler doğrultusunda, Yeşil lojistik için en fazla kullanılan 3 anahtar kelimenin sırasıyla 119 adet ile “*performance: performans*”, 105 ile “*model: model*” ve 87 ile “*green logistic: yeşil lojistik*” olduğu görülmektedir.

Şekil 15.’de verilen görselde yeşil lojistik için en çok kullanılan anahtar kelimelerin kullanım sayısı ile boyutu eşleştirilerek bir kelime bulutu oluşturulmuştur.



Şekil 15. Yeşil lojistik için kelime bulutu

Şekil 15.’de, yeşil lojistik için en fazla kullanılan anahtar kelimelerin kullanım sayısı, yazı tipi boyutu ile doğru orantılı olacak şekilde görselleştirilmiştir. Bir bulutu andıracak şekilde kelimelerin yerleştirilmesinden dolayı kelime bulutu olarak adlandırılan görselde, yeşil lojistik için hangi konu ve yöntemlerin öne çıktığını anlamak mümkündür.

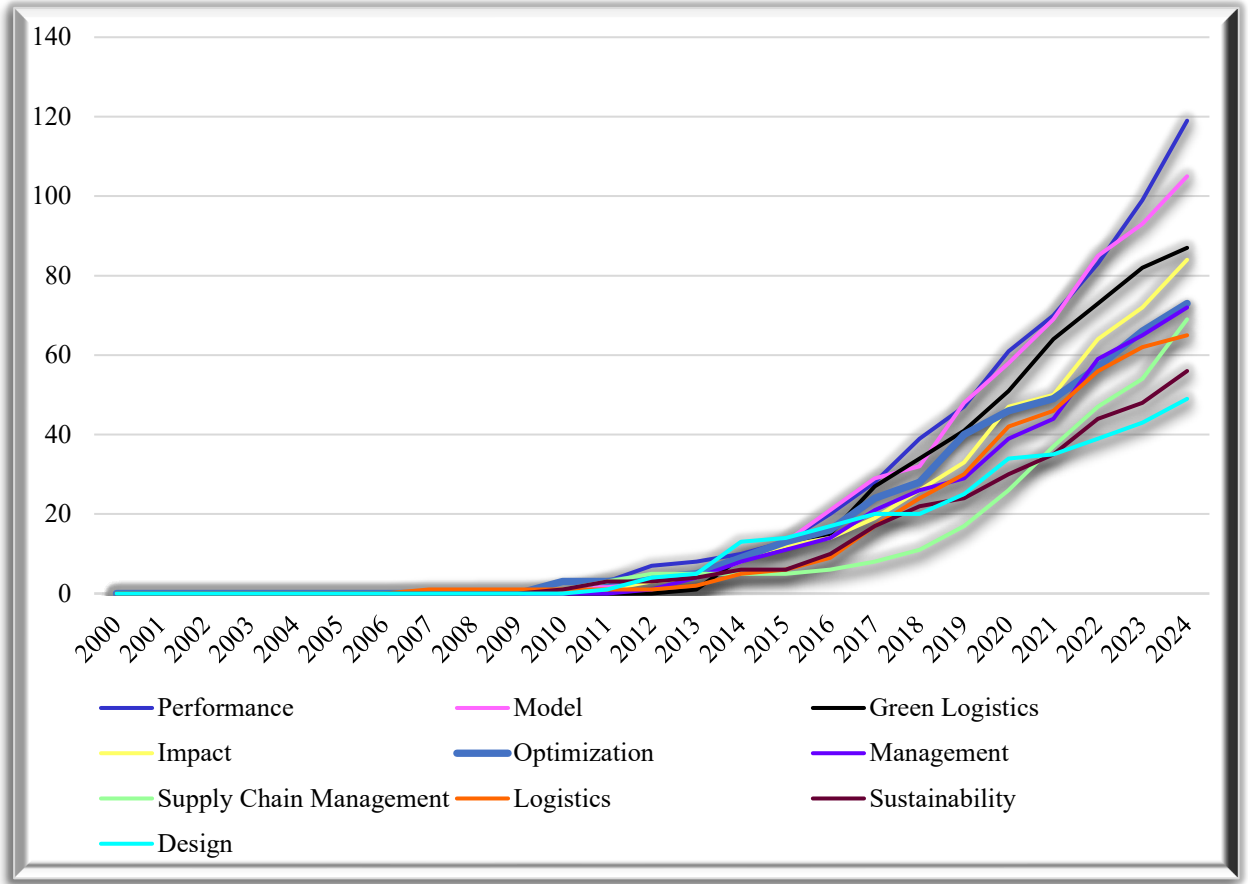
Şekil 16.’da ise en çok kullanılan ilk on anahtar kelimenin yıllar içerisindeki kullanım sayısındaki değişim verilmiştir.

Şekil 16’da Yeşil lojistik konusu için en fazla kullanılan on adet anahtar kelimenin kullanım sayısının yıllar içindeki artışı görülmektedir. Grafikte görüldüğü üzere anahtar kelimeler 2014 yılından sonra fark edilebilir düzeyde yükselişe girmiştir.

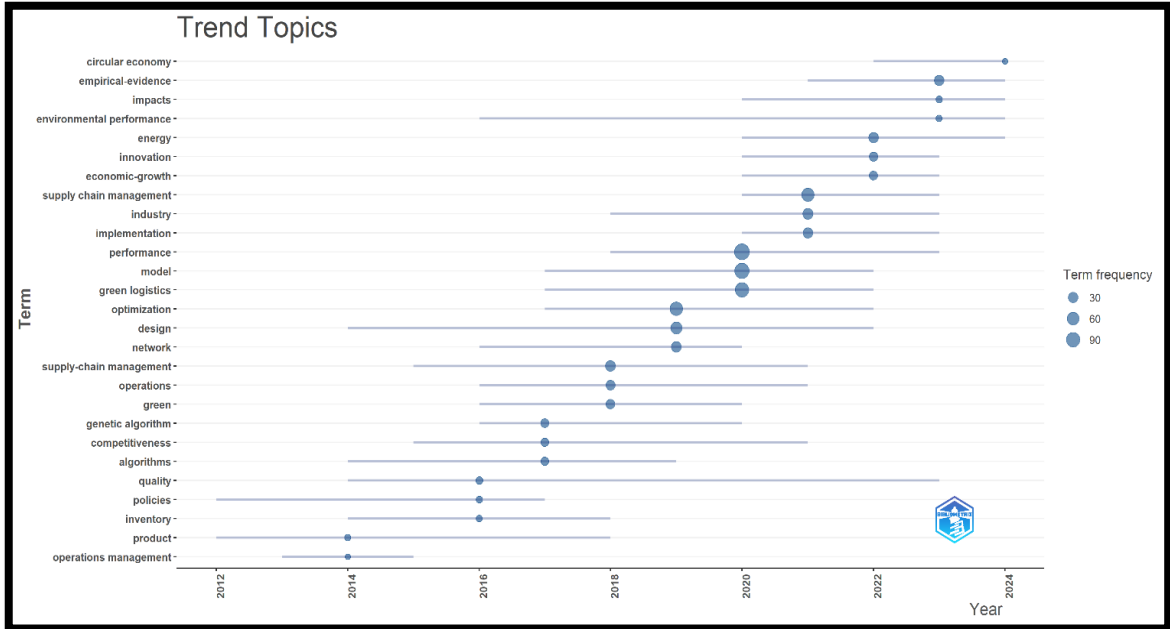
Şekil 17.’de Yeşil lojistik konularının yıllara göre trend olma durumu verilmiştir.

Şekil 17.’de Yeşil lojistik kapsamındaki konuların yıllar içerisindeki kullanım sıklığına göre trend olma yani belli dönemlerde öne çıkması hakkında grafik sunulmaktadır. Grafiğe göre “*quality: kalite*”, “*environmental performance: çevresel performans*” ve “*design: tasarım*” en uzun süre boyunca trend olan kelimeler arasında olduğu görülmektedir.

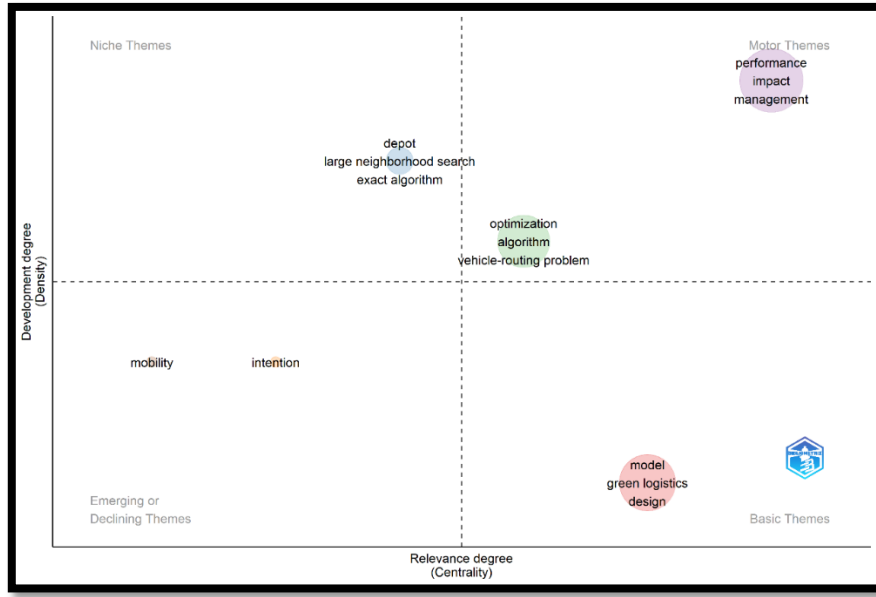
Şekil 18.’de Yeşil lojistiğe ait konuların ilişki derecesi ve gelişmişlik düzeyi hakkına bilgi veren tematik haritaya yer verilmiştir.



Şekil 16. Yeşil lojistik konusu için en sık kullanılan anahtar kelimelerin yıllar içerisindeki değişimi



Şekil 17. Yeşil lojistik konusunun yıllara göre trend konuları



Şekil 18. Yeşil lojistik için kullanılan anahtar kelimelerin tematik haritası

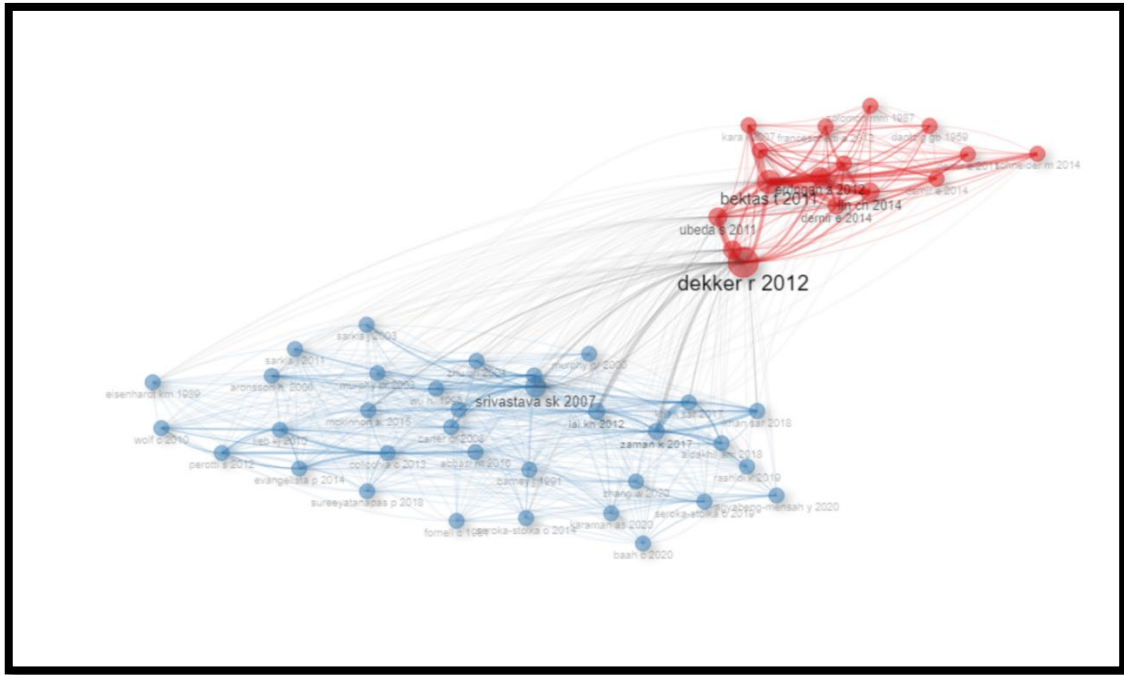
Şekil 18.'de verilen grafikte Yeşil lojistik kapsamındaki anahtar kelimelerin tematik haritası verilmiştir. İlgili haritanın yatay ekseninde merkezilik derecesi görünmektedir. Dikey eksen ise yoğunluk derecesi görünmektedir. Merkeze yakın olan kelimeler en fazla kullanılan anahtar kelimelerdir. Yoğunluk açısından baktığımızda ise kelimeler haritanın ne kadar üstündeyse o kelimelerin o kadar yoğun kullanıldığını ve gelişmişliğinin yüksek olduğunu görürüz. Baloncuklar ise birbiri ile en alakalı anahtar kelimeleri bir arada sunmaktadır. Harita dört bölgeden oluşmaktadır. Sağ alt (Basic Themes) ana temaları belirtmekte olup buradaki anahtar kelimeler kilit sözcükleri ifade etmektedir. Sağ üst (Motor Themes) bu konunun öncü temalarını, öne çıkan ve trend kavramları belirten kısımdır. Sol alt (Emerging or Declining Themes) modası geçmiş çok fazla kullanılmayan ya da yeni yeni filizlenen kelimeleri ifade etmektedir. Sol üst (Niche Themes) bu konuda ilgili kelimelerin çok kullanılmadığı fakat bu kelimelerde bir potansiyel olduğunu belirten kısımdır.

Verilen grafikten anlaşılacağı üzere sağ üst köşede bulunan “*optimization*: optimizasyon”, “*algorithm*: algoritma”, “*vehicle-routing problem*”: araç rotalama problemi anahtar kelimeleri kullanılırsa şu an yeşil lojistik kapsamındaki akımın içerisine dahil olmak mümkün görünmektedir. Sol üst köşede bulunan “*depot*: depo”, “*large neighborhood search*”: geniş komşuluk araması, “*exact algorithm*: kesin algoritma” anahtar kelimeleri ise yeşil lojistik konusu üzerinde potansiyeli olan kelimeleri ve bu kelimeleri kullanmayı değerlendirmemiz gerektiğini ifade eder.

Şekil 19.'da Yeşil lojistik üzerine yapılan çalışmaların ortak atıf ağı verilmiştir.

Şekil 19.'da verilen ortak atıf ağı, yeşil lojistik üzerine yapılmış çalışmaların birbiri ile ortak atıf ilişkisini göstermektedir. Birbiri ile ilişkisi yüksek olan çalışmalar mavi ve kırmızı olmak üzere benzer renkte gruplandırılmıştır. Baloncuk ve isim boyutları ise ortak atıflarda en fazla öne çıkan çalışmaları vurgulamaktadır. Şekil 19'da görüldüğü üzere Dekker R.'nin 2012 yılında yaptığı çalışma en geniş grupta en öne çıkan araştırmadır.

Şekil 20.'de Yeşil lojistik için ülke iş birliği haritasına yer verilmiştir.



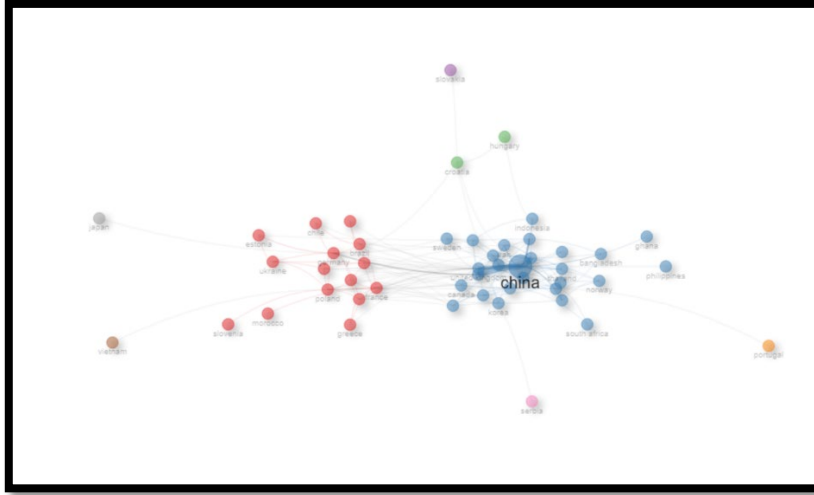
Şekil 19. Yeşil lojistik üzerine yapılan çalışmaların ortak atıf ağı



Şekil 20. Yeşil lojistik için ülke iş birliği haritası

Şekil 20.'de harita üzerindeki mavi renk tonlarının açıklık ve koyuluğu ülkelerin çalışma sayısını vurgulamaktadır. Renkler koyulaştıkça çalışma sayısı da artmaktadır. Harita üzerinde verilen kırmızı çizgiler ise ülkeler arası yapılan çalışmaları belirtmektedir. Kırmızı çizgi yoğunluğu arttıkça iki ülke arasında yapılan çalışma sayısının arttığı anlaşılmaktadır. Verilen harita incelendiğinde yeşil lojistik konulu çalışmalarda hem çalışma sayısı bakımından hem ülkeler arası iş birliği açısından en öne çıkan ülkenin Çin Halk Cumhuriyeti olduğu açık bir şekilde fark edilmektedir.

Şekil 21.'de ise Yeşil lojistik konusu için hangi ülkelerin birbirleriyle daha aktif çalıştığı gösterilmektedir.



Şekil 21. Yeşil lojistik için ülkelerin birlikte aktif çalışma haritası

Şekil 21 incelendiğinde, Çin'in, İngiltere-Kanada-İran gibi ülkelerle aktif olarak çalıştığı görülmektedir.

3.2. Tartışma (Discussion)

Yeşil lojistiğin en geniş açıdan ele alınmasını sağlayan ve akademik yayım açısından kapsamlı bir bilgiye sahip olunmasında yardımcı olan bibliyometrik analiz ile elde edilen çıkarımlar aşağıda maddeler halinde listelenmiştir.

- Yeşil lojistik yıllık %17,9 büyüme oranına sahip olan çok kapsamlı bir çalışma alanıdır.
- Yeşil lojistik konusunda en etkili ve alakalı dergilerin “*Sustainability*”, “*Journal of Cleaner Production*” ve “*International Journal of Logistic-Research and Applications*” olduğu görülmüştür.
- Yeşil lojistik konusunda en etkili ve alakalı yazarların Khan Syed Abdul Rehman ve Zhang Yu olduğu görülmüştür.
- Yeşil lojistik konusunda en çok öne çıkan kuruluşların İslami Azad Üniversitesi, Chongqing Üniversitesi ve Cardiff Üniversitesi olduğu görülmüştür.
- Yeşil lojistik konusunda en öne çıkan ülkeler Çin, Almanya, İngiltere, İsveç ve Hindistan'dır.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu araştırmada, yeşil lojistik için bibliyometrik analiz yardımıyla bir literatüre incelemesi yapılmıştır. Yeşil Lojistik ile ilgili, Yıllara göre bilimsel çalışma sayıları ve trend konuları, Yayınların yapıldığı kaynaklar ve yayın sayıları, En fazla çalışma yapan yazarlar ve bireysel katkıları, Araştırmalarda etkili olan kurumlar ve Geleceğe dair öngörüler ile ilgili sorulara cevaplar aranmıştır. Araştırmanın kapsamı “WoS” veri tabanı ile sınırlandırılmış, diğer veri tabanlarındaki yayımlar analize katılmamıştır. Çalışmada, sadece makale olarak, İngilizce dilinde yayımlanmış ve başlık ya da metinde “Green Logistic” kavramının yer aldığı yayımlar analiz edilmiştir. Tarama esnasında başlangıç yılı için herhangi bir tarih belirlenmemiş, ilk çalışmanın, 2000 yılında yapıldığı tespit edilmiştir. Araştırmada, 2000 yılından itibaren, 2024 yılı dâhil yayımlanmış, yani sayı ve sayfa numarası almış makaleler dikkate alınmış, basın aşamasında olan çalışmalar kapsam dışı bırakılmıştır.

Araştırmada, Yeşil Lojistik kavramının yer aldığı ilk çalışmanın, 2000 yılında yapıldığı görülmüştür. 2000 yılından 2009 yılına kadar yıllık olarak, 0, 1 ya da en fazla 2 adet makalenin “WoS” veri tabanında taranan dergilerde yayımlandığı gözlemlenmiştir. 2009 yılından itibaren, Yeşil Lojistik ile yıllık 10 ve katları adedince makalelerin yayımlandığı ve 2024 yılında da yayımlanan makale sayısının 104 adet gibi zirve bir değere ulaştığı görülmüştür. Yeşil Lojistiğin son yıllarda bilim insanlarının daha çok ilgisini çektiği

görülmektedir. Her geçen yıl ise yeşil lojistik konusuna daha çok önem verilmekte olup konu hakkında yazılan makale sayısı artış göstermektedir.

Araştırmada elde edilen çıkarımlar, yeşil lojistik uygulamalarının, işletmeler için sürdürülebilir ve karlı bir strateji olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, yeşil lojistik uygulamalarının yaygınlaştırılması ve geliştirilmesi hem çevresel hem de ekonomik açıdan büyük önem taşımakta ve günümüzde gerçek yaşam koşullarındaki sorunlara çözüm üretmekte daha fazla etkili olacağı öngörülmektedir.

Gelecekte, yeşil lojistiğin aktif kullanımı için yeşil lojistik operasyonlarına (Yeşil ürün tasarımı, yeşil satın alma, yeşil üretim vb.) önem verilmeli ve bu konudaki uygulamalar yaygınlaştırılmalıdır. Çalışanlar ve müşteriler arasında yeşil lojistik uygulamaları hakkında farkındalık oluşturulmalıdır. Eğitim programları ve bilinçlendirme kampanyaları düzenlenmelidir. Ulusal ve uluslararası düzeyde yeşil lojistik uygulamalarını destekleyen politikalar ve mevzuatlar geliştirilmelidir. Devlet teşvikleri ve düzenlemeleri ile yeşil lojistik uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır. Yeşil lojistik ile ilgili ülkemizde daha fazla bilimsel araştırma yapılmalıdır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

YAZAR KATKISI (AUTHOR STATEMENT)

Fatıma Eker: Kaynaklar/Malzemeler, Veri Toplama, Veri İşleme. **Orhan Engin:** Fikir/Kavram, Tasarım ve Dizayn, Veri İşleme, Denetleme.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Anonim. (2024). United Nations, Academic impact, sustainability <https://www.un.org/en/academic-impact/sustainability>
- [2] Luu, T. V., Chromjaková, F., Nguyen, H. Q. (2023). A model of industry 4.0 and a circular economy for green logistics and a sustainable supply chain, Business Strategy & Development: 6 (4): 897- 920, <https://doi.org/10.1002/bsd2.286>
- [3] Aydoğmuş, U., Engin, O. (2021). Endüstri 4.0 Sürecinde Ağırlama Sektörüne Yönelik Uygulamaların İncelemesi. İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 13(3): 851-874. DOI: 10.17932/IAU.IAUSBd.2021.021/iausbd_v13i3013
- [4] Manzak, R., Engin, O. (2023). Akıllı Fabrikalarda Çizelgeleme Yöntemlerinin Analizi, Verimlilik Dergisi, 57(4): 761-774. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1136778>
- [5] Sarıcan B., Engin, O. (2024). Makine Çizelgeleme Problemlerinin Çözümünde Pekiştirmeli Öğrenme Etkisinin Analizi. ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi, 6(2), 116-140. <https://doi.org/10.46740/alku.1390397>
- [6] Engin, O., Engin, B. (2018). Hybrid flow shop with multiprocessor task scheduling based on earliness and tardiness penalties, Journal of Enterprise Information Management, 31 (6), 925-936. <https://doi.org/10.1108/JEIM-04-2017-0051>
- [7] Atrek, B., Özdagoglu, A. (2013). Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamaları: Alüminyum Dograma Sektörü İzmir Örneği, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 23. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/147601>
- [8] Anonim, (2017). Yeşil Satın Alma ve Sürdürülebilirlik Kazanımları, [online], <https://www.satinalma.com/yesil-satin-alma-ve-surdurebilirlik-kazanimlari-blog> [Ziyaret Tarihi: 15.10.2024].
- [9] Soyer, A., Türkay, A.B. (2020). Yeşil Satın Alma ve Yeşil Tedarikçi Seçimi: Beyaz Eşya Sektöründe Bir Uygulama, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 1205-1208. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1013492>
- [10] Enes, M. (2013). Yeşil Tedarik Zinciri Yaklaşımı ve Örnekleri, Konya Ticaret Odası Yayınları, 12.
- [11] Kayan, C. (2023). Perakende sektöründe yeşil lojistik kriterlerine göre AHP ve VIKOR yöntemleri ile tedarikçi seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.

- [12] Anonim (2024). Yeşil Lojistik Nelerdir ve Neden Önemlidir? [Online], <https://www.sap.com/turkey/insights/green-logistics.html> [Ziyaret Tarihi: 15.10.2024]
- [13] Dukic, G., Oluic, C. (2007). Order-Picking Methods and Technologies for Greener Warehousing, *International Journal of Logistics Systems and Management*, 52 (1) 23-31.
- [14] Ayyıldız, H., Genç, K.Y. (2008). Çevreye Duyarlı Pazarlama: Üniversite Öğrencilerinin Çevreye Duyarlı Pazarlama Uygulamaları ile İlgili Tutum ve Davranışları Üzerine Bir Araştırma, *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12, 2-22: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/32138>.
- [15] Güvercin, S. (2018). Sürdürülebilir Kalkınma için Yeşil Lojistiğin Önemi Dünya ve Türkiye’deki Uygulama Örnekleri”, *SOBİDER Sosyal Bilimler Dergisi*, 5, 19, 465- 481 [10.16990/SOBIDER.4003](https://doi.org/10.16990/SOBIDER.4003)
- [16] Kökçam, A.H., Erden, C., Demir, A.S., Kurnaz, T.F. (2024). Bibliometric analysis of artificial intelligence techniques for predicting soil liquefaction: insights and MCDM evaluation. *Natural Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06630-0>
- [17] G. Yiğit, O. Engin, (2025). Endüstri 5.0 ile Sürdürülebilirliğin sağlanması: Bir Bibliyometrik Analiz. *İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 17, 1, 23-46. DOI: 10.17932/IAU.IAUSB.2021.021/iausbd_v17i1002
- [18] Piprani, A.Z., Khan, S.A.R., Yu, Z. (2024). Driving success through digital transformation: influence of Industry 4.0 on lean, agile, resilient, green supply chain practices, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 35(6) 1175-1198: <https://doi.org/10.1108/JMTM-05-2023-0179>
- [19] Björklund, M. (2010). Linking strategic logistics change to labor rights, *Social Responsibility Journal*, 6 (4) 580-592: <https://doi.org/10.1108/17471111011083455>
- [20] Schneider, M. (2014). The Electric Vehicle-Routing Problem with Time Windows and Recharging Stations, *Transportation Science*, 500-520, <https://doi.org/10.1287/trsc.2013.0490>
- [21] Lin, C. (2014). Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and future trends, *Expert Systems with Applications*, 1118-1138. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.07.107>
- [22] Dekker, R. (2012). Operations Research for green logistics –An overview of aspects, issues, contributions and challenges, *European Journal of Operational Research*, 671-679. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.11.010>
- [23] Goeke, D. (2015). Routing a mixed fleet of electric and conventional vehicles, *European Journal of Operational Research*, 245 (1) 81-99. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.01.049>
- [24] Khan, S. (2019). A Green Ideology in Asian Emerging Economies: From Environmental Policy and Sustainable Development, *Sustainable Development*, 1063-1075. <https://doi.org/10.1002/sd.1958>
- [25] Lai, K. (2012). Green Logistics Management and Performance: Some empirical evidence from Chinese manufacturing exporters, *Omega*, 267-282. <https://doi.org/10.1016/011.07.002>
- [26] Sbihi, A. (2007). Combinatorial optimization and Green Logistics, *4OR*, 5, 99-116. <https://doi.org/10.1007/s10288-007-0047-3>
- [27] Sbihi, A., Eglese, R. W. (2010). Combinatorial optimization and Green Logistics, *Ann Oper Res*, 175, 159–175. <https://doi.org/10.1007/s10479-009-0651-z>
- [28] Abdul Rehman Khan, S., Zhang, Y., Kumar, A., Zavadskas, E., Streimikiene, D. (2020). Measuring the impact of renewable energy, public health expenditure, logistics, and environmental performance on sustainable economic growth, *Sustainable Development*, 833-843. <https://doi.org/10.1002/sd.2034>
- [29] Winter, M., Knemeyer, A. M. (2013). Exploring the Integration of Sustainability and Supply Chain Management Current State and Opportunities for Future Inquiry, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 43(1) 18-38. <https://doi.org/10.1108/09600031311293237>

