

ISSN: 2146 - 4693
e-ISSN: 2458 - 9330

DÜFED

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/dufed>

Cilt [Volume] 12
Sayı [Issue] 1
Haziran [June] 2023

Dicle University Journal of the Institute of Natural and Applied Science



DÜFED

DİCLE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

DICLE UNIVERSITY JOURNAL OF THE INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE

CİLT / VOLUME 12 SAYI / ISSUE 1 10 HAZİRAN / JUNE 2023

ISSN: 2146 - 4693

e-ISSN: 2458 - 9330

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/dufed>

DİZİNLER / INDEXING, ABSTRACTING AND ENLISTING

Google Scholar, CABI: CAB Abstracts and Global Health, CAS: Chemical Abstracts Service, ROAD: Directory of Open Access Scholarly Resources, Index Copernicus International, Citefactor: Academic Scientific Journals, BASE: Bielefeld Academic Search Engine, OpenAIRE, IJIFACTOR, ASOS, Paperity: Open Science Aggregated, I2OR: International Institute of Organized Research, SJIF: Scientific Journal Impact Factor, ASI: Advanced Sciences Index, DRJI: Directory of Research Journal Indexing, SOBIAD, ACARINDEX: Akademik Araştırmalar Index, SIS: Scientific Indexing Services, Crossref, Harman Türkiye Akademik Arşivi, AccessOn, Dimensions, Wizdom, OUCI: The Open Ukrainian Citation Index, WorldCat, Scilit

**Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ceylan Enstitüler Binası
21280 - DİYARBAKIR**

Tel: +90 412 241 10 00 Dahili: 8450

e-postalar: fbedergi@dicle.edu.tr / dufed@dicle.edu.tr

DİCLE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ
DİCLE UNIVERSITY JOURNAL OF THE INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE

CİLT / VOLUME 12 SAYI / ISSUE 1 10 HAZİRAN / JUNE 2023

ISSN: 2146 - 4693
e-ISSN: 2458 - 9330

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/dufed>

Sahibi / Owner

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.
Dicle Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye
nesdalkilic@gmail.com / neslidal@dicle.edu.tr

Baş Editör / Editor-in-Chief

Prof. Dr. Ayhan BEKLEYEN
Dicle Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye
ayhan.bekleyen@gmail.com / bekleyen@dicle.edu.tr

Baş Editör Yardımcıları / Co-Editors-in-Chief

Dr. Öğr. Üyesi Mesut HÜSEYİNOĞLU
Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye
mesuth@dicle.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ACAR
Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye
hacar@dicle.edu.tr

Basım Yeri / Printing

Dicle Üniversitesi Basımevi, Diyarbakır

Yayın Kurulu / Editorial Board

Prof. Dr. Şengül ÖYMEN GÜR

Beykent Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye, senguloymen@beykent.edu.tr

Prof. Dr. Jamal M. KHATIB

Beyrut Arap Üniversitesi, İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Beyrut, Lübnan, j.khatib@bau.edu.lb

Prof. Dr. Aysu AKALIN

Gazi Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye, aysuakalin@gazi.edu.tr

Prof. Dr. Nicoleta GILLICH

Babeş-Bolyai Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Bölümü, Resita, Romanya, nicoleta.gillich@ubbcluj.ro

Prof. Dr. Akın BAYSAL

Dicle Üniversitesi, Kimya Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, akinb@dicle.edu.tr

Dr. Sevinj N. OSMANOVA

Khazar Üniversitesi, Kimya ve Kimya Mühendisliği Bölümü, Bakü, Azerbaycan, sevinj.osmanova@khazar.org

Prof. Dr. Yeliz PEKBAY

Ege Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, yeliz.pekbay@ege.edu.tr

Doç. Dr. Carlo CIULLA

Epoka Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Tiran, Arnavutluk, cciulla@epoka.edu.al

Prof. Dr. Özlem TONÇER

Dicle Üniversitesi, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, toncer@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Muzaffer DENLİ

Dicle Üniversitesi, Zootekni Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, denlim@dicle.edu.tr

Prof. Dr. İsmail Naci CANGÜL

Uludağ Üniversitesi, Matematik Bölümü, Bursa, Türkiye, cangul@uludag.edu.tr

Prof. Dr. Zekai ŞEN

İstanbul Medipol Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, zsen@medipol.edu.tr

Doç. Dr. Gülnare KANBAROVA

Nahçıvan Devlet Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Nahçıvan, Azerbaycan, gulnare_qenberova65@yahoo.com

Dr. Mohd Sayuti BIN AB KARIM

Malaya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kuala Lumpur, Malezya, mdsayuti@um.edu.my

Prof. Dr. Mehmet Rifat ULUSOY

Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, mrulusoy@cu.edu.tr

Prof. Dr. Leyla Sezen TANSI

Çukurova Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye, lsezen@cu.edu.tr

Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK

Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, toprakzf@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Kadir TURAN

Dicle Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, kturan@dicle.edu.tr

Danışma Kurulu / Advisory Board

Prof. Dr. Şengül ÖYMEN GÜR

Beykent Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye, senguloymen@beykent.edu.tr

Prof. Dr. İsmail Naci CANGÜL

Uludağ Üniversitesi, Matematik Bölümü, Bursa, Türkiye, cangul@uludag.edu.tr

Prof. Dr. Zekai ŞEN

İstanbul Medipol Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, zsen@medipol.edu.tr

Prof. Dr. Aysu AKALIN

Gazi Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye, aysuakalin@gazi.edu.tr

Prof. Dr. Ufuk Teoman AKSOY

Fırat Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye, taksoy@firat.edu.tr

Prof. Dr. Abbas GÜNGÖRDÜ

İnönü Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Malatya, Türkiye, abbas.gungordu@inonu.edu.tr

Prof. Dr. Yeliz PEKBAY

Ege Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, yeliz.pekbay@ege.edu.tr

Prof. Dr. Naki ÇOLAK

Hitit Üniversitesi, Kimya Bölümü, Çorum, Türkiye, nakicolak@hitit.edu.tr

Prof. Dr. Hikmet GEÇKİL

İnönü Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Malatya, Türkiye, hikmet.geckil@inonu.edu.tr

Prof. Dr. Ali SABİR

Selçuk Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye, asabir@selcuk.edu.tr

Prof. Dr. Leyla Sezen TANSI

Çukurova Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye, lsezen@cu.edu.tr

Prof. Dr. Kamil KARUT

Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, karuti@cu.edu.tr

Prof. Dr. Serdar SATAR

Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, hserhat@cu.edu.tr

Prof. Dr. Şengül KARAMAN

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye, sengulk@ksu.edu.tr

Alan Editörleri / Field Editors

Prof. Dr. Süreyya NAMLI

Dicle Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, snamli@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Hülya KARADEDE AKIN

Dicle Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, hkdede@dicle.edu.tr

Doç. Dr. Nurettin PİRİNÇÇİOĞLU

Dicle Üniversitesi, Fizik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, npirinc@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Akın BAYSAL

Dicle Üniversitesi, Kimya Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, akinb@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Fırat AYDIN

Dicle Üniversitesi, Kimya Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, faydin@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Ersin KILINÇ

Dicle Üniversitesi, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, kilincersin@gmail.com

Prof. Dr. Bilal ŞEKER

Dicle Üniversitesi, Matematik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, bilal.seker@dicle.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi S. Öykü YURTTAŞ

Dicle Üniversitesi, Matematik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, oykuyurttas@gmail.com

Prof. Dr. Veysel TOLAN

Dicle Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, vtolan@dicle.edu.tr

Doç. Dr. Seçil YALAZ

Dicle Üniversitesi, İstatistik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, syalaz@dicle.edu.tr

Prof. Dr. İbrahim KAYA

Dicle Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, ikaya@dicle.edu.tr

Doç. Dr. Bilal GÜMÜŞ

Dicle Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, bilgumus@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Fevzi ÖNEN

Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, fonen@dicle.edu.tr

Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ

Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, oncume@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Mustafa AYHAN

Dicle Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, mayhan@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Özgür AKKOYUN

Dicle Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, oakkoyun@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Figen BALO

Fırat Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye, figenbalo@gmail.com

Doç. Dr. Atilla Gencer DEVECİOĞLU

Dicle Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, atillad@dicle.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Gurbet ÖRÇEN

Dicle Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, gurbetorcen@dicle.edu.tr

Dr. Mohd Sayuti BIN AB KARIM

Malaya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kuala Lumpur, Malezya, mdsayuti@um.edu.my

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet NERGİZ

Dicle Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, mnergiz@dicle.edu.tr

Dr. Abdülkadir ALBAYRAK

Dicle Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, kadir.albayrak@dicle.edu.tr

Doç. Dr. C. Tuncay AKIN

Dicle Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, ctakin@dicle.edu.tr

Doç. Dr. Onur ERMAN

Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Adana, Türkiye, oerman@cu.edu.tr

Doç. Dr. Şefika ERGİN

Dicle Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, sefika@dicle.edu.tr

Doç. Dr. Canan KOÇ

Dicle Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, canan.koca@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Gültekin ÖZDEMİR

Dicle Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, gozdemir@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Mehmet Rifat ULUSOY

Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, mrulusoy@cu.edu.tr

Prof. Dr. Selime ÖLMEZ BAYHAN

Dicle Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, solmezbayhan@gmail.com

Prof. Dr. Kamil KARUT

Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, karuti@cu.edu.tr

Prof. Dr. Behiye Tuba BİÇER

Dicle Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, tbicer@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Özlem TONÇER

Dicle Üniversitesi, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, toncer@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Abdullah SESSİZ

Dicle Üniversitesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, assessiz@dicle.edu.tr

Doç. Dr. Ahmet Konuralp ELİÇİN

Dicle Üniversitesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, konuralp.elicin@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Muzaffer DENLİ

Dicle Üniversitesi, Zootehni Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, denlim@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Nihat TEKEL

Dicle Üniversitesi, Zootehni Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, ntekel@dicle.edu.tr

Doç. Dr. Abdurrahman KARA

Dicle Üniversitesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, abdurrahman.kara@dicle.edu.tr

Türkçe Dil Editörü / Turkish Language Editor

Dr. Feyza BULUT

Dicle Üniversitesi, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, feyzaislamoglu@gmail.com

İngilizce Dil Editörleri / English Language Editors

Doç. Dr. Murat BİNGÜL

Dicle Üniversitesi, Temel Eczacılık Bilimleri Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, muratbingul1983@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi F. Figen BİNBAY

Dicle Üniversitesi, Fizik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, figenbinbay@hotmail.com

Mizanpaj Editörü / Page-Setting Editor

Arş. Gör. Latife ÖLKER

Muş Alparslan Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Muş, Türkiye, latifeolkerr@gmail.com

Yayın Sekreterliđi / Secretary

Arş. Gör. Latife ÖLKER

Muş Alparslan Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Muş, Türkiye, latifeolker9@gmail.com

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- Docking Studies of Natural Product Derived Carvacrol Type Aromatic Monoterpenes Against COVID-19 and Comparison with Used Synthetic Drugs: Potential of Carvacryl Acetate Against SARS-CoV-2 (COVID-19)**
Doğal Ürün Türevli Karvakrol Tipi Aromatik Monoterpenlerin COVID-19'a Moleküler Modelleme Çalışmaları ve Kullanılmış Sentetik İlaçlarla Karşılaştırılması: Karvakril Asetatın SARS-CoV-2'ye (COVID-19) Karşı Potansiyeli
Şafak ÖZHAN KOCAKAYA, Abdulselam ERTAŞ, İsmail YENER, Enes ARICA, Demet DİNÇEL... 1
- Yok Olan Kültürel Miras: Mardin Muzafferiye Medresesi**
The Vanishing Cultural Heritage: Mardin Muzafferiye Madrasah
Murat ÇAĞLAYAN..... 15
- Calculate the Optimum Slope and Surface Orientation Angles of PV Panels in the City of Istanbul, Türkiye**
Türkiye'nin İstanbul Şehrindeki PV Panellerinin Optimum Eğim ve Yüzey Oryantasyon Açılarının Hesaplanması
Fıras Badri ABED..... 27
- Banki Türbini Verimlilik Artışı için Tasarım Parametrelerinin Sayısal ve Deneysel Olarak İncelenmesi**
Numerical and Experimental Investigation of Design Parameters for Efficiency Increase of Banki Turbine
Oğuzhan BENDEŞ, Buğra YILMAZ, Faruk KOÇ, Adem YILDIZ..... 49
- Yüksek Hızlardaki Hava Akışının Farklı Kanat Profillerine Etkisi**
The Effect of High-Speed Air Flows on Different Airfoils
Yusuf Can AKAR, Ramazan SELVER..... 65
- NDVI ve DEM Verileriyle Bitki Örtüsünün Yatay, Dikey ve Zamansal Değişiminin İncelenmesi: Savur İlçesi (Mardin) Örneği**
Investigation of Horizontal Vertical and Temporal Changes of Vegetation with NDVI and DEM Data (Example of Mardin Savur District)
Sabri KARADOĞAN, Mehmet Tahir KAVAK, Aladdin AL..... 95

Diyarbakır İli Sulu Koşullarında İleri Kademe Ekmeklik Buğday Hatlarının Verim ve Kalite Özelliklerinin GGE Biplot Tekniği ile Değerlendirilmesi <i>Evaluation of Yield and Quality Traits of Advanced Bread Wheat Lines under Diyarbakir Province Irrigated Conditions by GGE Biplot Technique</i> Sibel İPEKEŞEN, Muhammed İsmail AKYILDIZ, Aydın ALP.....	107
Ekmeklik Buğday (<i>Triticum aestivum</i> L.) Genotiplerinin Kurak Sezonda Verim Performansları <i>The Yield Performance of Bread Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) Genotypes under Drought Season</i> Levent YORULMAZ, Muhammet ÖNER, Önder ALBAYRAK, Cuma AKINCI.....	125
Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin İlleri Pamuk Üretim Alanlarında Belirlenen <i>Nabis</i> Türleri (Hemiptera: Nabidae) <i>Determination of Nabis Species (Hemiptera: Nabidae) in Cotton Production Areas of Sanliurfa, Diyarbakir and Mardin Provinces</i> Muhlis SEZGİN, Selime ÖLMEZ BAYHAN.....	139
Kültür Nohut (<i>Cicer arietinum</i>) ve Yabani Nohut (<i>C. reticulatum</i>) Melezlerinin İleri Jenerasyonlarında Bazı Tohum Kabuk Özelliklerinin Tanımlanması <i>Identification of Some Seed Coat Traits in Advanced Generations of Cultured Chickpea (<i>Cicer arietinum</i>) and Wild Chickpea (<i>C. reticulatum</i>) Hybrids</i> Leyla TURAN, Behiye Tuba BİÇER.....	147

Derleme Makale / Review Article

Biyomedikal Görüntülerin Bölütlenmesine Yönelik Derin Öğrenmeye Dayalı Yöntemler: Bir Gözden Geçirme <i>Deep Learning Based Methods for Biomedical Image Segmentation: A Review</i> Tuğba ŞENTÜRK, Fatma LATİFOĞLU.....	161
--	-----



Araştırma Makalesi / Research Article

Docking Studies of Natural Product Derived Carvacrol Type Aromatic Monoterpenes Against COVID-19 and Comparison with Used Synthetic Drugs: Potential of Carvacryl Acetate Against SARS-CoV-2 (COVID-19)

Doğal Ürün Türevli Karvakrol Tipi Aromatik Monoterpenlerin COVID-19'a Moleküler Modelleme Çalışmaları ve Kullanılmış Sentetik İlaçlarla Karşılaştırılması: Karvakril Asetatın SARS-CoV-2'ye (COVID-19) Karşı Potansiyeli

Şafak ÖZHAN KOCAKAYA ¹, Abdulselam ERTAŞ ^{2,*}, İsmail YENER ²,
Enes ARICA ³, Demet DİNÇEL ⁴

¹ Dicle University, Faculty of Science, Department of Organic Chemistry, 21280 Diyarbakir, Türkiye

² Dicle University, Faculty of Pharmacy, Department of Analytical Chemistry, 21280, Diyarbakir, Türkiye

³ Dicle University, Faculty of Medicine, Department of Forensic Medicine, 21280 Diyarbakir, Türkiye

⁴ Bezmialem Vakıf University, Faculty of Pharmacy, Department of Analytical Chemistry, 34093 Istanbul, Türkiye

<https://doi.org/10.55007/dufed.1184096>

ARTICLE INFO

Article History

Received, 05 October 2022

Revised, 18 November 2022

Accepted, 23 November 2022

Available Online, 01 April 2023

Keywords

Carvacrol, Carvacryl acetate,
COVID-19, Favipiravir,
Hydroxychloroquine, Thymol

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic that broken out in 2020 is becoming more worrying for the world. Although there is no 100 % success against COVID-19, certain synthetic drugs are currently used despite various side effects. Therefore, studies on the discovery of new treatment alternatives come to the fore. Studies so far show that natural products are still important resources for the discovery of new therapeutic agents. Plant-derived essential oils are complex volatiles composed of various phytochemicals, mostly containing compounds such as sesquiterpenes, monoterpenes, and phenylpropanoids. In this study, especially thymol and carvacrol compounds specific to the Lamiaceae (Labiata) family and aromatic monoterpenes derived from these compounds were modeled against COVID-19. Results were compared with remdesivir, hydroxychloroquine, and favipiravir used as synthetic drugs. Dock and molecular dynamics simulations analyzed these molecules' potential inhibitor efficiency of the SARS-CoV2 M^{PRO}. Lipinski parameters and Docking results were demonstrated that ligands carvacrol (2), carvacryl acetate (11) and cuminaldehyde (12) are potential inhibitors towards

*Corresponding Author

E-mail Addresses: safakozhan@dicle.edu.tr (Şafak ÖZHAN KOCAKAYA), abdulselamertas@hotmail.com

(Abdulselam ERTAŞ), ismail.yener@dicle.edu.tr (İsmail YENER), enes.arica@dicle.edu.tr (Enes ARICA),

ddinzel@bezmialem.edu.tr (Demet DİNÇEL)

COVID-19. According to the results, it is seen that medicinal aromatic herbs, which contain these volatile components with the fewer side effects than synthetic drugs, have the potential to be used as supplements in the pharmaceutical industry.

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 05 Ekim 2022

Revize, 18 Kasım 2022

Kabul, 23 Kasım 2022

Online Yayınlama, 01 Nisan 2023

Anahtar Kelimeler

Karvakrol, Karvakril asetat,

COVID-19, Favipiravir,

Hidroksiklorokin, Timol

ÖZ

2020 yılında baş gösteren COVID-19 pandemisi giderek Dünya için daha endişe verici hal almaktadır. COVID-19'a karşı %100 başarı alınamasa da şuan çeşitli yan etkilerine rağmen belli sentetik ilaçlar kullanılmaktadır. Bu nedenle, yeni tedavi alternatiflerinin keşfi ile ilgili çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Şimdiye kadar yapılan çalışmalar doğal ürünlerin, yeni terapötik ajanların keşfi için hala önemli kaynaklar olduğunu göstermektedir. Bitki türevi uçucu yağlar, çeşitli fitokimyasallardan oluşan karmaşık uçucular olup, daha çok monoterpenler, seskiterpenler ve fenilpropanoidler vb. bileşikler ihtiva eder. Bu çalışmada özellikle Labiate familyasına özgü timol ve karvakrol bileşikler ile bu bileşiklerin türevi aromatik monoterpenlerin COVID-19'a karşı moleküller modellemeleri yapılmıştır. Sonuçlar sentetik ilaç olarak kullanılan remdesivir, hydroxychloroquine ve favipiravir ile karşılaştırılmıştır. Dock ve moleküler dinamik simülasyonları, bu moleküllerin SARS-CoV2 M^{Prot}'nun potansiyel inhibitör etkinliğini analiz edilmiştir. Lipinski parametreleri ve Docking sonuçları, karvakrol (2), karvakril asetat (11) ve kuminaldehit (12) ligandlarının COVID-19'a karşı potansiyel inhibitörler olduğunu göstermiştir. Sonuçlara göre bu uçucu bileşenleri içeren, sentetik ilaçlara göre yan etkileri çok az olan, tıbbi aromatik bitkilerin ilaç sanayide takviye ürün olarak kullanılma potansiyeli olduğu görülmektedir.

1. INTRODUCTION

Coronaviruses (CoVs) are belong to Coronaviridae family which are a numerous various group of enveloped, and single-stranded RNA viruses [1]. They have been defined in humans and animals like rats, mice, chickens, dogs, cats, rabbits. In addition, they can lead to a diversity of many diseases including enteric, hepatic and respiratory tract diseases [1,2]. There are 4 coronaviruses circulating in humans. These are called HKU1, NL63, 229E and OC43 and induce mild respiratory disease. In the last two decades, two new types of CoVs, called middle east respiratory syndrome CoV (MERS-CoV) and severe acute respiratory syndrome CoV (SARS- CoV), have appeared and caused serious illness in humans [1,2]. During the pandemic, SARS-CoV has infected more than 8000 people worldwide, resulting in a mortality rate of 10%. On the other hand, MERS infected more than 857 official cases and increased the death rate to approximately 35%, with 334 deaths [1,2].

In late December 2019, an unknown pneumonia outbreak occurred in Wuhan, China. The pathogen that causes COVID-19 was first identified as a novel coronavirus in late January 2020 and was recognized as SARS-CoV-2 (also called as 2019- nCoV) [1]. The WHO classified the COVID-19 outbreak as an "international public health emergency" on January 30, 2020, and defined it as a global epidemic on March 11, 2020, where the first epidemic started, and the spread and severity of the virus [1,2]. Although 100% success has not been achieved against COVID-19, certain synthetic drugs such

as remdesivir, hydroxychloroquine, and favipiravir are currently used despite various side effects. Therefore, studies on the discovery of new treatment alternatives come to the fore.

Studies so far show that natural products are still important resources for the discovery of new therapeutic agents [3-6].

Natural products have always been valuable resources for the pharmaceutical industry. Many drugs derived from or modeled from natural products are greatly beneficial in almost all clinical therapeutic areas [7-10]. The WHO has recommended systematic testing of essential oils and other natural products against Human Immunodeficiency Virus (HIV), due to their general safety and easy availability [11]. The FDA (United States Food and Drug Administration) has stated that essential oils are safe for humans to be used as common food preservatives, flavorings, cosmetics, antiseptics, cleaners, and replenishers [12,13]. Thymol and carvacrol source essential oils have long been used in traditional medicine due to their antimicrobial, anti-inflammatory, antifungal, antiviral, and antioxidant effects [13-20]. Thyme oil, obtained from species such as *Origanum*, *Satureja*, *Thymus*, and *Thymbra*, is rich in aromatic monoterpene carvacrol, and its isomeric analog, thymol.

Carvacrol is the major compound of oregano essential oil. It is known that carvacrol has antiviral properties against MNV (nonenveloped murine norovirus) virus, and it has also been shown to be a natural disinfectant for food and surfaces [21-24]. Also, thymol has some biological activities such as antiseptic, antifungal, antiviral, antibacterial, antispasmodic, carminative, etc [25-32].

Recently, the crystal structure of M^{pro} on COVID-19 (6Lu7) has been released. This enzyme shares a similar structure with cysteine protease with an active site lacking the third catalytic residue, it comprises a catalytic dyad, namely Cysteine 145 (C145) and Histidine 41 (H41) [33]. However, some molecular docking studies have been investigated to find a potential inhibitor of M^{pro} activity based on antiviral compounds [33-36]. Until today, there are no specific therapies for COVID-19 disease and research on the treatment of COVID-19 disease is lacking. In this study, we examined the M^{pro} inhibitory potential of thirteen compounds (Thymol, carvacrol and carvacrol derivative aromatic monoterpenes specific to the Lamiaceae family) using a molecular docking approach performed by the Dock6.0 bioinformatic tool. Molecular modeling results of thymol (1), carvacrol (2), 8,9-dehydro-carvacrol (3), methyl carvacrol compounds (4), 4-isopropyl-3-methylphenol (5), chavicol (p-allylphenol) (6), p-cymene (7), o-cymene (8), eugenol (9), anethole (10), carvacryl acetate (11), cuminaldehyde (12) and p-isopropylanisole (13) were compared with remdesivir, hydroxychloroquine and favipiravir used as synthetic drugs. Dock and molecular dynamics (MD) calculations were used to investigate the potential inhibitor effect of these molecules on the target protein.

2. MATERIAL AND METHOD

This study is an illustrative analytical research. In this investigation the interreaction of several permitted compounds used to be studied. Thirteen compounds were proven in opposition to COVID-19 major protease (CoV M^{pro}). N3 ligand was used as a docking goal for evaluation. The constitution of the new CoV M^{pro} stated in entry quantity 6lu7 used to be retrieved from the PDB (Protein Data Bank) database [37]. It conforms to an elaboration between inhibitor N3 and the enzyme. The 6Lu7 model practise contains removing N3 and all water molecules, the new file was previously saved for docking analysis. CoV M^{pro} is formed of three zone: III residues 201-303, II residues 102-184 and I residues 8- 101. The CoV M^{pro}'s enzymes share an enormously preserved substrate-binding pocket, placed in the rift between zones I and II. The cavity benefits as a drug target of our chosen ligands (Figure 1).

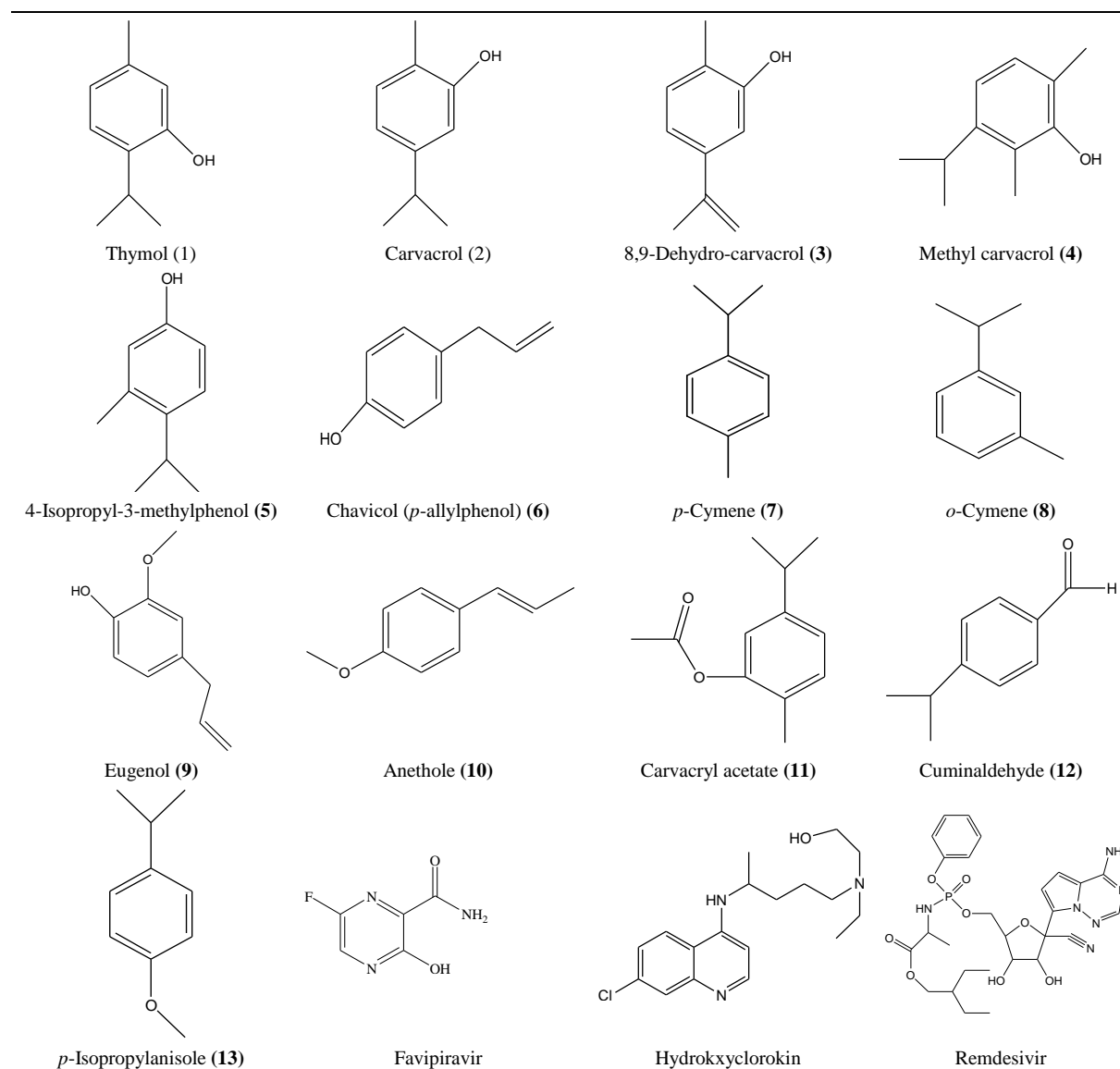


Figure 1. Studied Compound

2.1 Molecular Modeling

2.1.1 Molecular Dynamics Simulations

The compounds were used with partial atomic charges derived with the aid of fitting Antechamber acquired by way of electronic constitution simulation module in AMBER and defined the AM1-BCC charges [38-41]. Atoms on 6lu7 were dedicated the PARM99 charges, and all ionisable residues were calibrated default protonation case at neutral pH.

Compounds parameters were composed using XLEAP the amber force field (GAFF) [42]. Molecular Dynamics were ordinarily actuated at 300 K and 1 ns. All constructions were extra processed via the xLeAP module of AMBER. The systems in which the energy was reduced did so in two stages: first, the protein and ligand were fixed, only the water molecules were relaxed, and in the second, all atoms were given the go-ahead to move. In the first step, the energy minimizations were carried out in 100 and 2000 steps using the steepest descent and conjugate gradient methods, and in the second step, they were carried out in 100 and 3000 steps using the same methods.

2.1.2 Docking Studies

The Dock 6.5 [43] module enables the execution of all docking technique levels, including the evaluation of binding modes, compound docking, and ligand conformation research. As in this situation, where a rigid receptor approach was used, it is anticipated that the specific receptors taken into consideration will lead to distinct ligand binding modes depend on at the preliminary length of the M^{pro}-binding cavity. As a result, a multistep process was used to park the 13 novel covid-19 inhibitors on the available receptor. Consequently, it will define. A grid of electrical interaction for atoms taking component inside the binding zone was calculated for receptor-binding characteristics. These atoms were acquired from the analysis of every protein–ligand complicated. Default parameters were used in this step. The ligand was then docked by placing it in the pocket and scoring the suggested binding modes using the computed grid.

3. THE RESEARCH FINDINGS

During our studies, we calculated the binding energy of some monoterpenes against 6Lu7 crystal structure using Dock 6.5 [43]. Docking outcomes demonstrated that, cuminaldehyde, carvacrol and carvacryl acetate had the best energies of binding 26.90, -27.88 and -33.64 kcal/mol, respectively (Table 1), which is comply with studies. These molecules were compared with three different molecules known as drugs. The first discovered is remdesivir, which used the Dock 6.0 tool to get the best docking results with a low energy of -55.31 kcal/mol. The second was based on the molecular

docking of antimalarial drugs against the crystal structure of 6Lu7, which showed that hydroxychloroquine bound to Mpro with a score of -41.46, and the final one was favipiravir, which had a score of -29.07 kcal/mol binding energy. Remdesivir, hydroxychloroquine, favipiravir, and 13 other chemicals were found to show that all potential inhibitors were able to settle down the M^{pro} binding cavity when the clusters were evaluated.

Table 1. Molecular docking analysis results for several drugs against 6Lu7 crystal structure. Calculated thermodynamic parameters for complexation of ligands by Docking Method in kcal/mol and Lipinski Log P Parameters.

Comp. No	van der Waals Energy	Electrostatic Energy	Internal Energy	Dock Score Energy	Log P
1	-24.83	-0.043	8.13	-24.87	3.34
2	-26.60	-1.28	9.49	-27.88	3.81
3	-22.49	-0.27	4.55	-22.75	3.03
4	-18.46	-3.07	9.38	-21.53	3.51
5	-18.04	-4.05	4.75	-22.09	2.87
6	-22.28	-0.44	1.74	-22.72	2.28
7	-21.08	-1.18	7.25	-22.26	3.90
8	-21.67	-0.95	8.83	-22.62	3.87
9	-24.31	0.86	5.43	-25.17	2.10
10	-23.99	-0.23	8.78	24.22	3.10
11	-32.28	-1.36	8.031	-33.64	3.38
12	-25.70	-1.20	7.64	-26.90	3.24
13	-26.25	-0.65	8.68	-26.56	3.61
Favipiravir	-23.43	-5.64	1.67	-29.07	-0.98
Hydroksyciklokin	-39.59	-2.36	8.89	-41.46	3.73
Remdesivir	-48.47	-6.83	13.31	-55.31	3.60

Molecules with high activity established effective H- bond with E166 and N142 residues, in other respects, some compounds were found to form multiple H-bonds with E166, Gly143, and L141, residues, respectively. In addition, when the results were examined, it showed that the pi anion and van der waals interactions in this study were also significant [44].

The log P analysis values of these twelve medications were within an acceptable range, according to drug similarity and pharmacokinetic features (Table 1). Carvacrol (2), carvacryl acetate (11) and cuminaldehyde (12) substances were shown by dock score findings and Lipinski [45] criteria to be potential inhibitors of The active amino acids Thr190, Gln189, Asp187, Arg188, Val186, Pro168, His172, Leu167, Met165, Glu166, His163, Phe140, Cys145, Asn142, His41, Met49, Pro39, Leu27, and in protein are present in the pocket that was selected for virtual screening, according to COVID-19 (Figure 2).

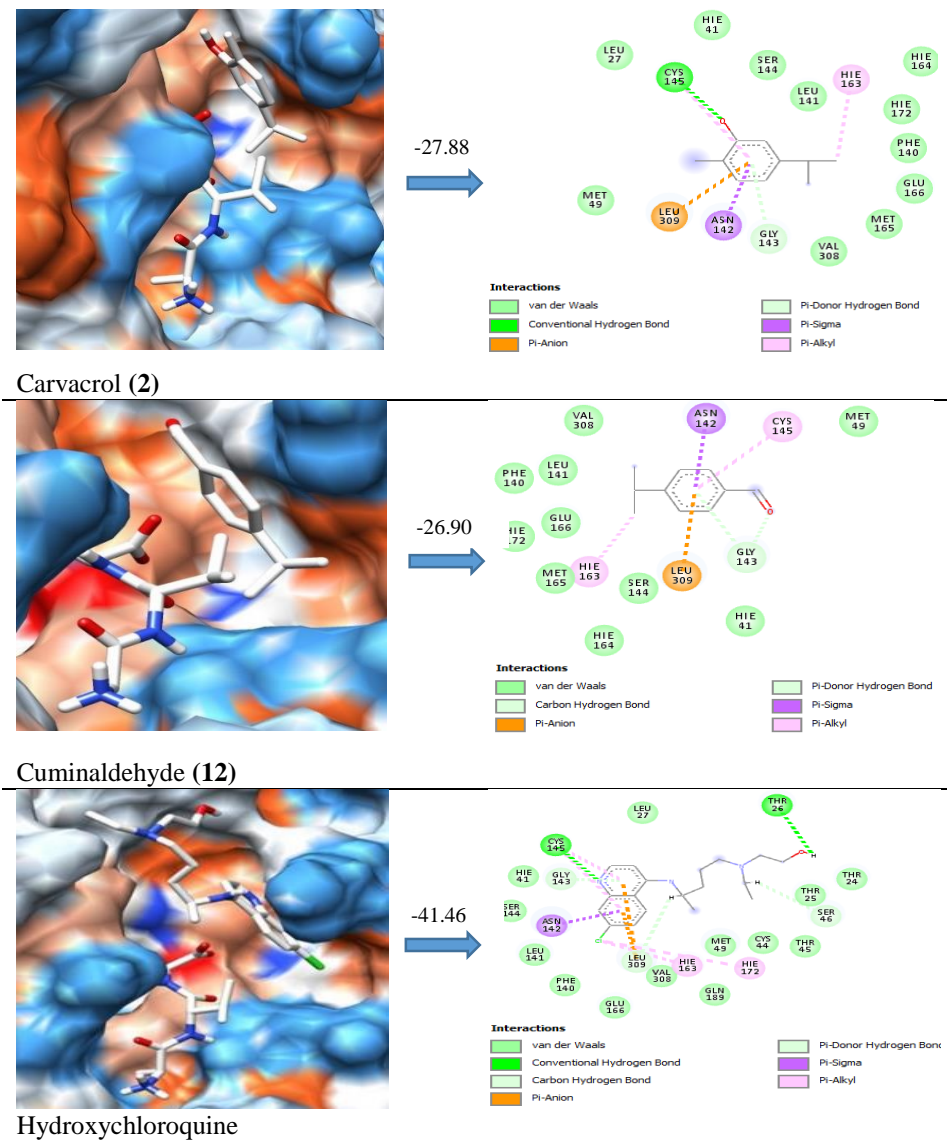


Figure 2. Docking poses of different drugs against protease M^{pro} is shown as colourfull surface background, inhibitors are in elements colors and 2D schematic interaction diagram

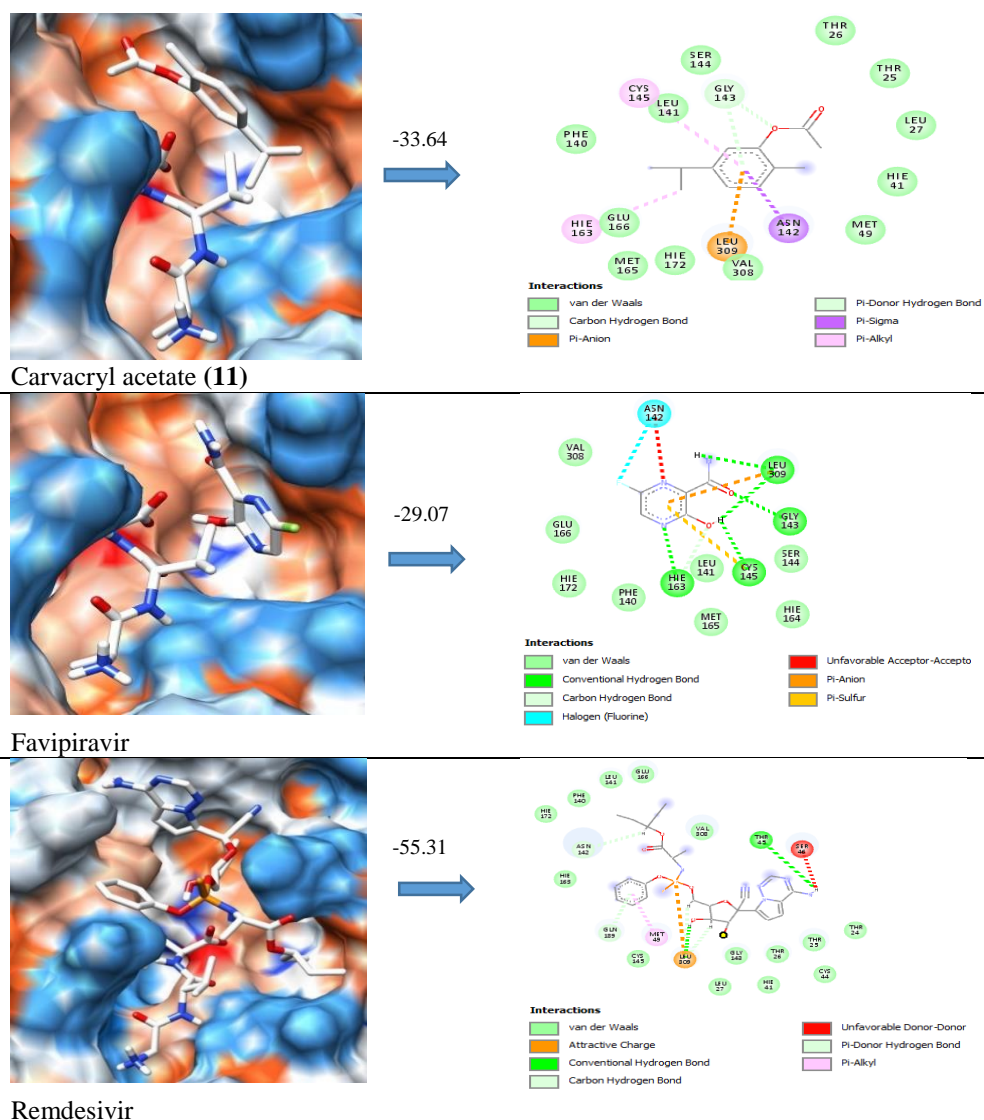


Figure 2 Continued. Docking poses of different drugs against protease M^{pro} is shown as colourfull surface background, inhibitors are in elements colors and 2D schematic interaction diagram (Continued)

3.1 Structure-Activity Relationship

Thymol (1) and carvacrol (2) are aromatic monoterpene structures that are structurally identical to each other. They are isomeric structures in which only the hydroxyl group is replaced.

Despite these similar structures, the docking score values of thymol and carvacrol compounds are -24.87 and -27.88 kcal/mol. The hydroxyl group in thymol compound is adjacent the isopropyl group. The hydroxyl group and methyl group are more closely spaced in carvacrol. Since the steric barrier of isopropyl in the thymol compound for the hydroxyl is higher, both hydrogen bond interactions and electrostatic contacts will be less than carvacrol while the compounds in question interact with the active region of the protein. The difference in docking score values of the two

compounds can be explained by the steric barrier caused by the isopropyl group. When the structure of these two compounds is compared to remdesivir and hydroxychloroquine as drugs against COVID-19, it is seen that both vanderWaals and electrostatic interactions are less, especially since the number of polar groups and hydrogen bonding is low.

Carvacryl acetate (11) is obtained by acetylation of the hydroxy group in the carvacrol (2). The carbonyl group in the acetoxy group in the carvacryl acetate makes both π - π and hydrogen bonds with the active site of the protein. Also, since it is connected through 3 bonds from the ring, there is a little steric barrier in these interactions. The bonding of an oxygen to the carbonyl group through 2 bonds also contributes to the increase of electrostatic interactions. The interactions based on mass are greater in carvacrol than in carvacryl acetate because there are more oxygen and methyl groups in the latter. Besides, the carvacryl acetate compound interacts with 17 amino acids of the protein, while carvacrol interacts with 16 amino acids. For these reasons, carvacryl acetate (docking score: -33.64 kcal/mol) binds to the active center of the protein better than carvacrol and shows a higher effect.

According to theoretical calculations, carvacrol acetate appears to be more effective than favipiravir (docking score: -29.07 kcal/mol) compound used as a drug against COVID-19.

4. CONCLUSION

The present study was carried out for the discovery of novel inhibitor molecules against three enzymes M^{pro} . Consequently, some aromatic monoterpenes (Thymol (1), carvacrol (2), 8,9-dehydrocarvacrol (3), methyl carvacrol (4), 4-isopropyl-3-methylphenol (5), chavicol (p-allylphenol) (6), p-cymene (7), o-cymene (8), eugenol (9), anethole (10), carvacryl acetate (11), cuminaldehyde (12) and p-isopropylanisole (13)) were analyzed by molecular docking techniques. The results of the 13 ligands were compared with reference molecules (remdesivir, hydroxychloroquine and favipiravir) of protein, which demonstrates that these compounds can bind more efficiently and act as inhibitors. Thus, we conclude that these compounds can be utilized as potential antiviral candidates. These novel molecules could be utilized for further innovation and development of antiviral compounds against Coronavirus.

This study showed that these drug-like compounds are screened by deep learning method subjected to molecular docking and these compounds showed better energy against M^{pro} receptor and can be used against coronavirus. Various studies are going on nowadays to treat coronavirus an existing can play a big role to treat this disease. So, this study can be used to find some novel compounds against coronavirus disease.

Thyme oil, obtained from species such as *Origanum*, *Satureja*, *Thymus*, and *Thymbra*, is rich in aromatic monoterpene 5-isopropyl-2-methylphenol (carvacrol), and its isomeric analog, 2-

isopropyl-5-methylphenol (thymol). Carvacrol, which has an aromatic monoterpene structure, has been defined as a natural food preservative due to its very high broad spectrum antimicrobial activity [21-23]. Additionally, it is mentioned in the literature that it can be used to increase the shelf life of packaged products due to its antioxidant and antimicrobial activity [24]. It is included in the literature that especially carvacrol-derived essential oils have antiviral effects on different viruses such as yellow fever virus, HSV, IFV, HIV, and avian influenza, etc. [27,28].

Moreover, studies about the carvacrol compound to be effective against COVID-19 are mentioned in the literature [46]. For these reasons, it can be said that the use of species belonging to the genus such as *Origanum*, *Satureja*, *Thymus*, and *Thymbra*, which contain carvacryl acetate and carvacrol without side effects, will be beneficial against the COVID-19 epidemic that threatens our world and humanity.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors confirm that this article content has no conflict of interest.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

Şafak ÖZHAN KOCAKAYA and Abdulselam ERTAŞ: Conceptualization, methodology, validation, writing-review and editing, development or design of methodology, supervision, data interpretation. İsmail YENER, Enes ARICA, and Demet DİNÇEL: Writing-original draft preparation, data collection, data curation, visualization, data interpretation, development or design of methodology, data presentation.

DECLARATION OF ETHICAL CODE

In this study, the authors undertake that they comply with all the rules within the scope of the “Higher Education Institutions Scientific Research and Publication Ethics Directive” and that they do not take any of the actions under the heading “Actions Contrary to Scientific Research and Publication Ethics” of the relevant directive.

REFERENCES

- [1] TCSB. Republic of Turkey Ministry of Health, general directorate of public health, COVID-19 (SARS-CoV-2 infection) general information, epidemiology and diagnosis, scientific advisory board work: Ankara, Turkey, 2020.

- [2] P. Zhou, X. L. Yang, X. G. Wang, B. Hu, L. Zhang, W. Zhang, H. R. Si, Y. Zhu, B. Li, C. L. Huang, H. D. Chen, J. Chen, Y. Luo, H. Guo, R. D. Jiang, M. Q. Liu, Y. Chen, X. R. Shen, X. Wang, X. S. Zheng, K. Zhao, Q. J. Chen, F. Deng, L. L. Liu, B. Yan, F. X. Zhan, Y. Y. Wang, G. F. Xiao and Z. L. Shi, “A Pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin,” *Nature*, vol. 579, pp. 270–273, 2020, doi: 10.1038/s41586-020-2012-7
- [3] M. Akdeniz, A. Ertas, I. Yener, M. Firat and U. Kolak, “Phytochemical and biological investigations on two *Nepeta* species: *Nepeta heliotropifolia* and *N. congesta* subsp. *cryptantha*,” *J. Food Biochem.*, Vol. 44, Article ID. e13124, 2020, doi: 10.1111/jfbc.13124
- [4] D. Bakir, M. Akdeniz, A. Ertas, M. A. Yilmaz, I. Yener, M. Firat and U. Kolak, “A GC–MS method validation for quantitative investigation of some chemical markers in *Salvia hypargeia* Fisch. & C.A. Mey. of Turkey: Enzyme inhibitory potential of ferruginol,” *J. Food Biochem.*, Vol. 44, Article ID. 13350, 2020, doi: 10.1111/jfbc.13350
- [5] S. Kocakaya-Ozhan, A Ertas, I Yener, B. Ercan, E. Varhan-Oral, M. Akdeniz, E. Kaplaner, G. Topcu and U. Kolak, “Selective in-vitro enzymes' inhibitory activities of fingerprints compounds of *Salvia* species and molecular docking simulations,” *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, vol. 19, pp. 187-198, 2020, doi: 10.22037/ijpr.2020.112498.13801
- [6] I. Yener, S. Kocakaya-Ozhan, A. Ertas, B. Ercan, E. Kaplaner E. Varhan-Oral, T. Yilmaz-Ozden, M. A. Yilmaz M. Ozturk and U. Kolak, “Selective in vitro and in silico enzymes inhibitory activities of phenolic acids and flavonoids of food plants: Relations with oxidative stress,” *Food Chem.*, vol. 27, Article ID. 127045. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127045
- [7] G. Mousseau, M. A. Clementz, W. N. Bakeman, N. Nagarsheth, M. Cameron, J. Shi, P. Baran, R. Fromentin, N. Chomont and S. T. Valente, “An analog of the natural steroidal alkaloid cortistatin a potently suppresses tat-dependent HIV transcription,” *Cell Host Microbe*, vol. 12, pp. 97-108, 2012, doi: 10.1016/j.chom.2012.05.016
- [8] N. E. Thomford, D. A. Senthebane, A. Rowe, D. Munro, P. Seele, A. Maroyi and K. Dzobo, “Natural products for drug discovery in the 21st century: Innovations for novel drug discovery,” *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 19, pp. 1578, 2018, doi: 10.3390/ijms19061578
- [9] E. C. Luna, I. S. Luna, L. Scotti, A. F. M. Monteiro, M. T. Scotti, R. O. de Moura, R. S. A. de Araújo, K. L. C. Monteiro, T. M. de Aquino, F. F. Ribeiro and F. J. B. Mendonca, “Active essential oils and their components in use against neglected diseases and arboviruses,” *Oxid. Med. Cell. Longev.*, Vol. 2019, Article ID. 6587150, 2019, doi: 10.1155/2019/6587150
- [10] L. Ma and L. Yao, “Antiviral effects of plant-derived essential oils and their components: An updated review,” *Molecules*, vol. 25, Article ID. 2627, 2020, doi: 10.3390/molecules25112627
- [11] WHO., “In vitro screening of traditional medicines for anti-HIV activity: Memorandum from a WHO meeting,” *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 67, pp. 613-618, 1989.
- [12] F. Bakkali, S. Averbeck and D. Averbeck, “Biological effects of essential oils: A review,” *Food Chem. Toxicol.*, vol. 46, pp. 446-475, 2008, doi: 10.1016/j.fct.2007.09.106

- [13] N. Leyva-Lopez, E. P. Gutiérrez-Grijalva and G.Vazquez-Olivo, Essential oils of oregano: Biological activity beyond their antimicrobial properties,” *Molecules*, vol. 22, pp. 989, 2017, doi: 10.3390/molecules22060989
- [14] S. Burt, “Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods: A review,” *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 94, pp. 223-253, 2004, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022
- [15] C. Sanchez, R. Aznar and G. Sanchez, “The effect of carvacrol on enteric viruses,” *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 192, pp. 72-76, 2015, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2014.09.028
- [16] F. Nazzaro, F. Fratianni, R. Coppola and V. de Feo, “Essential oils and antifungal activity,” *Pharmaceuticals*, vol. 10, Article ID. 86, 2017, doi: 10.3390/ph10040086
- [17] A. Al-Zubairi, M. Al-Mamary and E. Al-Ghasani, “The antibacterial, antifungal, and antioxidant activities of essential oil from different aromatic plants,” *Glob. Adv. Res. J.Med. Med. Sci.*, vol. 6, pp. 224-233, 2017.
- [18] M. Valdivieso-Ugarte, C. Gomez-Llorente, J. Plaza-Díaz and A. Gil, “Antimicrobial, antioxidant, and immunomodulatory properties of essential oils: A systematic review,” *Nutrients*, vol. 11, Article ID. 2786, 2019, doi: 10.3390/nu11112786
- [19] S. Mediouni, J. A. Jablonski, S. Tsuda, A. Barsamian, C. Kessing, A. Richard, A. Biswas, F. Toledo, V. M. Andrade, Y. Even, M. Stevenson, T. Tellinghuisen, H. Choe, M. Cameron, T. D. Bannister and S. T. Valente, “Oregano oil and its principal component, carvacrol, inhibit HIV-1 fusion into target cells,” *J. Virol.*, vol. 94, Article ID. e00147-20, 2020, doi: 10.1128/JVI.00147-20
- [20] S. Agatonovic-Kustrin, C. K. Y. Chan, V. Gegechkori and D. W. Morton, “Models for skin and brain penetration of major components from essential oils used in aromatherapy for dementia patients,” *J. Biomol. Struct. Dyn.*, vol. 38, pp. 2402-2411, 2020, doi: 10.1080/07391102.2019.1633408
- [21] M. M. Obaidat and J. F. Frank, “Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on the intact and damaged portions of lettuce and spinach leaves by using allyl isothiocyanate, carvacrol, and cinnamaldehyde in vapor phase,” *J. Food Prot.*, vol. 72, pp. 2046–2055, 2009, doi: 10.4315/0362-028X-72.10.2046
- [22] Y. Lu and C. Wu, “Reduction of *Salmonella enterica* contamination on grape tomatoes by washing with thyme oil, thymol, and carvacrol as compared with chlorine treatment,” *J. Food Prot.*, vol. 73, pp 2270–2275, 2010, doi: 10.4315/0362-028X-73.12.2270
- [23] A. Nostro and T. Papalia, “Antimicrobial activity of carvacrol: current progress and future perspectives,” *Recent Pat. Anti-Cancer Drug Discov.*, vol. 7, pp. 28-35, 2011, doi: 10.2174/157489112799829684
- [24] A. Guarda, J. F. Rubilar, J. Miltz and M. J. Galotto, “The antimicrobial activity of microencapsulated thymol and carvacrol,” *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 146, pp. 144-150, 2011, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2011.02.011
- [25] M. R. Pilau, S. H. Alves, R. Weiblen, S. Arenhart, A. P. Cueto and L.T. Lovato, “Antiviral activity of the *Lippia graveolens* (Mexican oregano) essential oil and its main compound carvacrol against human and animal viruses,” *Braz. J. Microbiol.*, vol. 42, pp. 1616-1624, 2011, doi: 10.1590/S1517-83822011000400049
- [26] D. H. Gilling, M. Kitajima, J. R. Torrey and K. R. Bright, “Antiviral efficacy and mechanisms of action of oregano essential oil and its primary component carvacrol against murine norovirus,” *J. Appl. Microbiol.*, vol. 116, pp. 1149-1163, 2014, doi: 10.1111/jam.12453

- [27] N. A. Ibrahim, S. S. El-Hawary, M. Mohammed, M. Farid, N. A. M. Abdel-Wahed, M. Ali and E. A. W. El-Abd, "Chemical composition, antiviral against avian influenza (H5N1) virus and antimicrobial activities of the essential oils of the leaves and fruits of *Fortunella margarita*, Lour. Swingle, growing in Egypt," *J. Appl. Pharm. Sci.*, vol. 5, pp. 006-012, 2015, doi: 10.7324/JAPS.2015.50102
- [28] N. Pajaro-Castro, M. C. Flechas, R. Ocazonez, E. Stashenko and J. Olivero-Verbel, "Potential interaction of components from essential oils with dengue virus proteins," *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, vol. 14, pp. 141-155, 2015.
- [29] S. Gavanji, S. S. Sayedipour, B. Larki and A. Bakhtari, "Antiviral activity of some plant oils against herpes simplex virus type 1 in Vero cell culture," *J. Acute Med.*, vol. 5, pp. 62-68, 2015, doi: 10.1016/j.jacme.2015.07.001
- [30] J. Sharifi-Rad, B. Salehi, P. Schnitzler, S. A. Ayatollahi, F. Kobarfard, M. Fathi, M. Eisazadeh and M. Sharifi-Rad, "Susceptibility of herpes simplex virus type 1 to monoterpenes thymol, carvacrol, p-cymene and essential oils of *Sinapis arvensis* L., *Lallemantia royleana* Benth. and *Pulicaria vulgaris* Gaertn.," *Mol. Cell. Biol.*, vol. 63, pp. 42-47, 2017, doi: 10.14715/cmb/2017.63.8.10
- [31] V. Cagno, B. Sgorbini, C. Sanna, C. Cagliero, M. Ballero, A. Civra, M. Donalisio, C. Bicchi, D. Lembo and P. Rubiolo, "In vitro anti-herpes simplex virus-2 activity of *Salvia desoleana* Atzei & V. Picci essential oil," *PLoS One*, vol. 12, Article ID. e0172322, 2017, doi: 10.1371/journal.pone.0172322
- [32] M. M. Nagy, D. A. Al-Mahdy, O. M. Abd El Aziz, A. M. Kandil, M. A. Tantawy and T. S. M. El Alfy, "Chemical composition and antiviral activity of essential oils from *Citrus reshni* hort. ex *tanaka* (*Cleopatra* mandarin) cultivated in Egypt," *J. Essent. Oil-Bear. Plants*, vol. 21, pp. 264-272, 2018, doi: 10.1080/0972060X.2018.1436986
- [33] Z. Jin, X. Du, Y. Xu, Y. Deng, M. Liu, Y. Zhao, B. Zhang, X. Li, L. Zhang, C. Peng, Y. Duan, J. Yu, L. Wang, K. Yang, F. Liu, R. Jiang, X. Yang, T. You, X. Liu, X. Yang, F. Bai, H. Liu, X. Liu, L. W. Guddat, W. Xu, G. Xiao, C. Qin, Z. Shi, H. Jiang, Z. Rao, and H. Yang, "Structure of Mpro from SARS-CoV-2 and discovery of its inhibitors," *Nature*, vol. 582, pp. 289-293, 2020, doi: 10.1038/s41586-020-2223-y
- [34] Y. C. Chang, Y. A. Tung, K. H. Lee, T. F. Chen, Y. C. Hsiao, H. C. Chang, T. T. Hsieh, C. H. Su, S. S. Wang, J. Y. Yu, S. S. Shih, Y. H. Lin, Y. H. Lin, Y. C. E. Tu, C. H. Hsu, H. F. Juan, C. H. Tung and C. Y. Chen, "Potential therapeutic agents for COVID-19 based on the analysis of protease and RNA polymerase docking," *Preprints*, 2020, doi: 10.20944/preprints202002.0242.v2
- [35] S. Khaerunnisa, H. Kurniawan, R. Awaluddin, S. Suhartati and S. Soetjipto, "Potential inhibitor of COVID-19 main protease (Mpro) from several medicinal plant compounds by molecular docking study," *Preprints*, 2020, doi: 10.20944/preprints202003.0226.v1
- [36] A. Srivastava, A. Kumar, G. Tiwari, R. Kumar and N. Misra, "In silico investigations on the potential inhibitors for COVID-19 protease," *Chemical Physics*, 2020, doi: 10.48550/arXiv.2003.10642
- [37] PDB., "Protein Data Bank [Internet]", 2022, Available from: <https://www.rcsb.org/document-search/CoV%20Mpro,%20quantity%206lu7>

- [38] Y. Duan, C. Wu, S. Chowdhury, M. C. Lee, G. M. Xiong, W. Zhang, R. Yang, P. Cieplak, R. Luo, T. Lee, J. Caldwell, J. M. Wang and P. Kollman, “A point-charge force field for molecular mechanics simulations of proteins based on condensed-phase quantum mechanical calculations,” *J. Comput. Chem.*, vol. 24, pp. 1999-2012, 2003, doi: 10.1002/jcc.10349
- [39] C. I. Bayly, P. Cieplak, W. Cornell and P. A. Kollman, “A well-behaved electrostatic potential based method using charge restraints for deriving atomic charges: the RESP model,” *J. Phys. Chem.*, vol. 97, pp. 10269-10280, 1993, doi: 10.1021/j100142a004
- [40] D. A. Case, T. E. Cheatham, T. Darden, H. Gohlke, R. Luo, K. M. Jr. Merz, K. M. A. Onufriev, C. Simmerling, B. Wang and R. J. Woods, “The Amber biomolecular simulation programs,” *J. Comput. Chem.*, vol. 26, pp. 1668 –1688, 2005, doi: 10.1002/jcc.20290
- [41] D. A. Case, T. A. Darden, T. E. Cheatham, C. L. Simmerling, J. Wang, R. Duke, R. Luo, R. C. Walker, W. Zhang, K. M. Merz, B. P. Roberts, B. Wang, S. Hayik, A. Roitberg, G. Seabra, I. Kolossvary, K. F. Wong, F. Paesani, J. Vanicek, J. Liu, X. Wu, S. R. Brozell, T. Steinbrecher, C. Q. Gohlke, X. Ye, J. Wang, M. J. Hsieh, G. Cui, D. R. Roe, D. H. Mathews, M. G. Seetin, C. H. Sagui, V. Babin, T. Luchko, S. Gusarov, A. Kovalenko, and P. A. Kollman, “Amber 11.,” University of California, San Francisco, 2010.
- [42] J. Wang, R. M. Wolf, J. W. Caldwell, P. A. Kollman and D. A. Case, “Development and testing of a general amber force field,” *J. Comput. Chem.*, vol. 26, pp. 114-114, 2004, doi: 10.1002/jcc.20035
- [43] P. T. Lang, D. Moustakas, S. Brozell, N. Carrascal, S. Mukherjee, S. Pegg, K. Raha, D. Shivakumar, R. Rizzo, D. Case, B. Shoichet and I. Kuntz, “Dock 6.1.” University of California, San Francisco, 2007.
- [44] Accelrys Software Inc. “Discovery Studio Modeling Environment,” Release 2.5.1, San Diego, CA., 2009.
- [45] C. A. Lipinski, F. Lombardo, B. W. Dominy and P. J. Feeney, “Experimental and computational approaches to estimate solubility and permeability in drug discovery and development settings,” *Adv. Drug Deliv. Rev.*, vol. 46, pp. 3-25, 2001, doi: 10.1016/S0169-409X(96)00423-1
- [46] A. Kumar, G. Choudhir, S. K. Shukla, M. Sharma, P. Tyagi, A. Bhushan and M. Rathore, “Identification of phytochemical inhibitors against main protease of COVID-19 using molecular modeling approaches,” *J. Biomol. Struct. Dyn.*, vol. 39, pp. 3760-3770, 2020, doi: 10.1080/07391102.2020.1772112



Araştırma Makalesi / Research Article

Yok Olan Kültürel Miras: Mardin Muzafferiye Medresesi

The Vanishing Cultural Heritage: Mardin Muzafferiye Madrasah

Murat ÇAĞLAYAN

Mardin Artuklu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 47200, Mardin, Türkiye

<https://doi.org/10.55007/dufed.1198226>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 02 Kasım 2022

Revize, 06 Mart 2023

Kabul, 07 Mart 2023

Online Yayınlama, 13 Nisan 2023

Anahtar Kelimeler

*Mardin, Artuklular, Medrese,
Muzafferiye*

ÖZ

Farklı medeniyetlerin iz bıraktığı Mardin’de on ikinci yüzyıldan on beşinci yüzyılın başına kadar hüküm süren Artuklu Beyliği; cami, medrese, hamam, köprü, külliye vb. eserler yaparak şehri bayındır hale getirmiştir. Muzafferiye Medresesi, Artukluların on üçüncü yüzyılın son çeyreğinde inşa ettiği önemli anıtsal eserlerin başında gelmekteydi. Kendinden sonra inşa edilen Artuklu ve Akkoyunlu medreselerine (Zinciriye, Kasımiye gibi) ilham verdiği düşünülen Muzafferiye Medresesi, on dokuzuncu yüzyılın sonunda yıkılarak yerine, günümüzde Mardin Olgunlaşma Enstitüsü olarak kullanılan okul binası inşa edilmiştir. Makale, arşiv belgelerinden faydalanarak medrese hakkında önemli verilere ulaşmıştır. Artuklu Beyliği dönemi yapıları ile analogi yapılarak Muzafferiye Medresesi’nin mimarisi hakkında güncel yorumlar getirmiştir.

ARTICLE INFO

Article History

Received, 02 November 2022

Revised, 06 March 2023

Accepted, 07 March 2023

Available Online, 13 April 2023

Keywords

*Mardin, Artuqids, Madrasah,
Muzafferiye*

ABSTRACT

The Artuqid Dynasty, ruled Mardin from the 12th century to the beginning of the 15th century, made the city flourish by building mosques, madrasahs, baths, bridges, complexes, etc. where many different civilizations left their mark. The Muzafferiye Madrasah built by the Artuqids in the last quarter of the 13th century was one of the most important monumental works of dynasty. The madrasah is thought to have inspired the madrasahs of Artuqid and Akkoyunlu dynasties, such as Zinciriye and Kasımiye madrasahs, which were built after it. At the end of the 19th century, the Muzafferiye Madrasah was demolished and a school building was built in its place which is used as the Mardin Technical Institute today. The article is reached in order to be educated about the madrasah from which archival documents will be used. The article has reignited discussion on the architecture of the Muzafferiye Madrasah by making analogies with the structures of the period.

1. GİRİŞ

Mardin; önemli medeniyetlerin ortaya çıktığı Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, Mezopotamya sınırının birbirine geçtiği yerde konumlanır. Varlığı efsanelerle Perslerden Romalılara dayanır. Literatürde şehrin adı ilk olarak dördüncü yüzyılda geçmektedir. Albert Gabriel; Ammianus Marcellinus adlı tarihçinin Justinien idaresindeki imparatorluğun "Maride" adlı bir kaleyi şark sınırı listesinde kaydettiğinden bahseder [1]. Listedeki Maride'nin, Mardin olduğu kesindir. Dördüncü yüzyılda bir kalenin varlığı kesinlikle bilinen Mardin'de yedinci yüzyıla beraber İslam Devletleri egemenliği başlar. Mardin, on ikinci yüzyılda Artuklu Beyliği'ne üç yüz yıl kadar başkentlik yapar. Artukluların yıkılmasından, Osmanlı Padişahı Yavuz Sultan Selim'in bölgeyi ele geçirdiği aralığa kadar Karakoyunlu, Akkoyunlu ve Safevi Devletleri Mardin'de hüküm sürmüşlerdir [2].

Birçok farklı medeniyetin iz bıraktığı Mardin'de Artuklular; cami, medrese, hamam, köprü, külliye gibi eserler yaparak şehri bayındır hale getirmişlerdir. Artukluların hüküm sürdüğü on ikinci yüzyıldan on beşinci yüzyılın başına kadar geçen süreçte yapılan medreselerde cami-medrese fonksiyonunun birleştiği görülmektedir [3]. On dokuzuncu yüzyılın sonunda yok olan Muzafferiye Medresesi de bu birden fazla işlevli yapı grubunun içindeydi. Kendinden sonra inşa edilen Artuklu ve Akkoyunlu Medreselerine (Zinciriye, Kasımiye) ilham verdiği düşünülen on üçüncü yüzyılın son çeyreğinde inşa edilen Medrese, on dokuzuncu yüzyılın sonunda yıkılarak yerine okul inşa edilmiştir.

Günümüzde mevcut olmayan bu medresenin banisi, Hicri 658-691 (Miladi 1260-1292) yılları arasında hüküm süren Melik Necmeddin İlgazi'nin oğlu Melik Muzaffer Kara Arslan'dır. Kendisi Mardin'de huzurlu bir ortamın sağlanması için dönemin güçlü hükümdarlarından İlhanlıların kurucusu Hulagü'ya itaat etmiştir. Melik; kendisi ve Hulagü adına hutbe okutarak Mardin'de para bastırmıştır. Bu şekilde birçok hükümdar Moğol darbeleri altında güç kaybederken Melik Muzaffer Kara Arslan, Artukoğullarının egemenlik hayatını uzatmıştır [4]. Melik, bu sebeple rahatlıkla şehirde bayındırlık faaliyetlerinde bulunabilmiştir.

Melik'in kendi adına inşa ettiği Muzafferiye Medresesi'nin somut varlığı, Amerikan Yabancı Misyon Masası Teşkilatı'nın (American Board of Commissioners for Foreign Missions -ABCFM-) arşivinde on dokuzuncu yüzyılın sonunda çekilen iki adet fotoğraf ile belgelenmiştir. Fotoğraflara göre Muzafferiye Medresesi; günümüz Mardin Artuklu ilçesi kentsel sit alanı içinde Medrese Mahallesi sınırlarında, kalenin güney yamacındaki Zinciriye (Sultan İsa) Medresesi'nin hemen altında konumlanmaktadır (Şekil 1, 2 ve 3). Medrese, 1889 tarihli Mardin kent silüetini konu alan gravürde de Zinciriye Medresesi'nin hemen altında betimlenmiştir (Şekil 4).



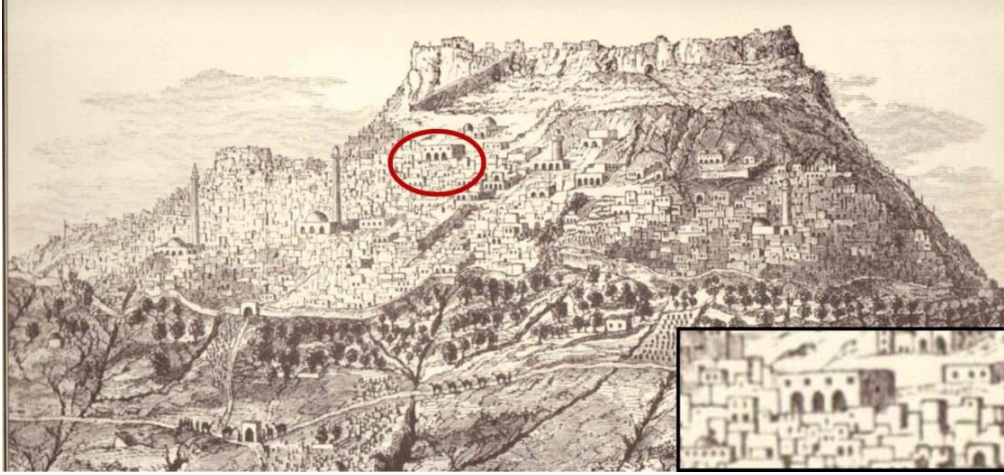
Şekil 1. Mardin Artuklu Kentsel Sit Alanı (Google Earth üzerinden düzenlenmiştir)



Şekil 2. Zinciriye Medresesi'nin hemen altında konumlanan Muzafferiye Medresesi [5]



Şekil 3. Kale eteğindeki Muzafferiye Medresesi [6]



Şekil 4. 1889 tarihli Mardin kent silueti içindeki gravürde Muzafferiye Medresesi [7]

2. MATERYAL VE METOT

Muzafferiye Medresesi'nin araştırılmasında en önemli yöntem; görsel verilerin ve arşiv belgelerinin analizi olmuştur. Amerikan Yabancı Misyon Masası Teşkilatı'nın (American Board of Commissoiners for Foreign Missions -ABCFM-) fotoğraf arşivindeki iki görsel ve 1889 tarihli gravürden yararlanılarak analogik değerlendirmeler yapılmıştır. Arşivdeki iki fotoğraf, medresenin varlığı üzerinden yapılan tartışmaların somut delili olmuştur. Osmanlı Arşiv Belgeleri, Mardin Şer'iyeye Sicillerinde ve vakıf kayıtlarında medrese ile ilgili birçok kayda ulaşılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1 Tarihçe

Medrese ile ilgili en eski kaynaklardan biri; 1537 senesinde Kâtip Ferdî tarafından özlü ve kısa olarak, edebi tarzda yazılan "Mardin Artuklu Melikleri Tarihi" adlı eserdir. Diyarbakırlı Ali Emiri 1875 senesinde Mardin'e geldiğinde bu eseri bulup kopyasını çıkarır ve 1913 yılında eseri düzenleyerek yayımlar [8]. Kâtip Ferdi, eserinde medreseyi övmektedir. Kaynağa göre Melik Muzaffer Kara Arslan; Muzafferiye Medresesi'ni ve ehli tarikat için zaviye inşa etmiş, vakfiyesini kurmuş, vefatından sonra bu medreseye defnedilmiştir. Medresenin içinde bir mescidin bulunduğu "evkaf-ı Melik Muzafferiye be-cihet-i medrese ve mescid" kaydından anlaşılmaktadır [9].

1789-1843 yılları arasında yaşamış olan Abdüsselam bin Ömer el-Mardini tarafından hazırlanmış olan "Ümmü'l İber" adlı Arapça yazılmış eserin son bölümü Mardin tarihini içermektedir. Burada Melik Muzaffer'den ve eserinden şu şekilde bahsedilmektedir:

Melik Muzaffer ileri görüşlü, akıllı, bilgili ve hayırsever bir kişiydi. Siyah ve beyaz taşlardan

yaptırdığı ve bu yüzden “Belka¹” adı verilen Muzafferiye Medresesi onun eseridir. Medresenin yanı başına bir cami ve tarikat ehli için de bir zaviye yaptırdı. Ayrıca adı geçen bu yapıların bakım, onarım vb. ihtiyaçları karşılması için vakıflar tayin etti. Yıkılmış birçok camiyi de tamir ettirdi. Hicri 684 yılında (Miladi 1285) vefat eden Melik Muzaffer 27 sene hükümdarlık yapmıştı [10].

Abdulgani Efendi'nin 1935 yılında kaleme aldığı “Mardin Tarihi” adlı eserde Abdüsselam Efendi doğrulanarak anıtın bir diğer adının “Belka Medresesi” olduğu ve cami ile beraber 1260-1285 seneleri arasında yaptırıldığı yazmaktadır. Medrese yıkılarak 1899'da bulunduğu yere mektep inşa edilmiştir. Vakıf geliri kalmamıştır ve arazisinde bulunan su kaynağı kaybolmuştur [11].

Mescid, medrese, zaviye ve türbeden oluşan yapılar topluluğunun yerine; 5 Şevval 1315 (28 Şubat 1898) tarihli “medrese arsasına bu kere hamiyet mendan ahali tarafından derununa bir cami-i şerif, bir mekteb-i rüşdi inşasına müsaade olunması isteği üzerine irade-i seniye verilmiştir.” şeklindeki belgeye göre padişahın emri ile bir cami ve günümüz eğitim sisteminde ortaokula denk gelen bir “mekteb-i rüşdi” yapılmasına karar verilmiştir [12]. Bu emir üzerine medrese yıkılarak yerine rüşdiye yapılmıştır, yapı dahasonra lise ve öğretmen okulu olarak kullanılmıştır [13].

15 Şaban 1316 (29 Aralık 1898) tarihli arşiv belgesine göre “Mardin kasabasında harap olan Muzafferiye Medresesi'nin yerine halkın yardımları ile bir mekteb-i ibtidaiye yapılması talebi” özetli yazıda; medrese yerine öncelikle rüşdiye (ortaokul) inşası düşünülmüş sonra yapının günümüz ilkokuluna denk gelen mekteb-i ibtidai olmasına karar verilmiştir [14]. 10 Rabiulahir 1318 (7 Ağustos 1900) tarihli “Mardin dâhilindeki Muzafferiye, Kale ve sair evkaf-ı munderise kura bedelatının mekatib-i ibtidaiye masarifina karşılık olması için mahalli evkaf memurluğuna emir verilmesi” konulu diğer bir belgede ise okul masraflarının temini için vakıf niteliğini kaybetmiş vakfiye gelirlerinin aktarılması hususunda Vakıflar İdaresine emir verilmektedir [15].

Ara Altun, Kâtip Ferdi'nin medrese hakkındaki görüşlerini teyit ettikten sonra bugünkü mevcut okul binasının, medresenin kalıntılarından istifade edilerek inşa edildiğini dile getirmektedir [16, 17].

3.2 Vakfiye

Medreseye ait vakıf; Hicri 20.05.1322 tanzim tarihli Mardin'deki “Muzafferiye Medresesi Vakfı” adı ile Vakıflar Genel Müdürlüğü'ne kayıtlıdır. Osmanlı arşivlerindeki vakıf kayıtlarına göre

¹ “Belka” kelimesi Arapça kökenli olup “beyaz-siyah, alaca” anlamındaki “belak (بلق)” kelimesinden türemiştir. Daha fazla bilgi edinmek için bkz. Muhammed Abdülkadir Hureysât, “Belka”, TDV İslâm Ansiklopedisi, <https://islamansiklopedisi.org.tr/belka> (Erişim tarihi: 23.02.2023).

medreseye mütevellî [18], birçok müderris [19], mutasarrıf [20] ve kâtip [21] görevlendirilmesi olmuştur.

1518 tarihli deftere göre vakfın gelirleri gayrimenkul cinsi bir işletme kirasından ve üç adet köyün malikâne hissesinden oluşmaktadır. Giderler ise büyük bir payla personel maaşları ve küçük bir miktarda yemek masraflarından oluşmaktadır. Bu tahrirde vakfın küçük bir miktar fazlalık verdiği görülür. Vakıf geliri; 1526'da 13.141, 1540'da 19.246 ve 1564'te ise 19.305 akçedir. Genel olarak 16. yüzyıldaki kayıtlarda vakfın gelir ve giderinin dengede olduğu tespit edilmiştir. On altıncı yüzyılda da vakıftan “muzafferiye” şeklinde bahsedilmektedir. Bu yüzyılda vakfın gider türleri; müderris, talebe, tevliyet (mütevellilik), imamet, tezyin, ferraş (temizlikçi), cibayet (vergi memuru), kitabet, rakabe (taşınmaz mülkler), çorba ve revgan (yağ) şeklindedir [22].

Medresenin 1526'da evkafı Cedid ve Kasımiye adlı hamamlar iken, 1540 yılında bunlara ilave olarak Mahmud Şah, Başıtune, ve Buveyre köylerinin çeyrek hububat hisseleri kayıt edilmiştir [23].

On Dokuzuncu yüzyıl kayıtlarına göre, 20 Cemaziyelevvel 1229 (10 Mayıs 1814) tarihinde medresede 10 akçe mukabili muid (müderris yardımcısı) ve nazırlık (gözetmen) vazifesi Seyid Yusuf'un ölümü üzerine oğlu Seyid Mehmed'e tevcih edilmiştir. 1242 yılının Recep ayında (Ocak 1827) Seyid Sadullah adındaki bir zat, Mardin'deki Muzafferiye evkafından almak üzere günlük 2 akçe karşılığında çerağdar (kandil ve mum yakan kişi), 2 akçe ile cüzhan, 1 akçe ile müezzin, 3 akçe ile mimar, 1 akçe ile bevvab (kapıcı) olduğu vefatı ile bütün bu görevlerinin aileye mensup başka bir seyid efendiye verildiği anlaşılmıştır [24].

Vakfa ait medrese arazisi üzerinde su kaynağı ile ilgili bir kayıt bulunmaktadır. Uzun bir zaman boyunca yıkık vaziyette bulunan Muzafferiye Medresesi'ne ait su kaynağı Kayseriye'nin batısında bulunan bir çeşmeye aktarılması üzerine Mardin Kadısı duruma müdahale ederek su kaynağının Ulu Cami'ye aktarılmasının kamu yararına daha uygun olacağını yönünde görüş beyan etmiştir. Kadının görüşü üzerine Mardin Kaymakamı Şubat 1843 tarihinde su kaynağının Ulu Cami'ye giden su kanalına aktarılması çalışmalarını başlatmıştır [25].

Muzafferiye Medresesi vakfına ilişkin Dinç'in aktardığı Mart 1898 tarihli bir tartışmanın içeriği aşağıdaki gibidir:

Mardin Liva Meclisi² medrese arsası üzerinde rüşdiye mektebinin yapılmasına ilişkin bir karar

²Taşrada yerel meclislerin kurulması Tanzimat Dönemi sonrasında yapılan düzenlemelerdendir. İlk defa 1849 yılındaki yürürlüğe giren yönetmelikle kurulan sancak (küçük) meclisleri daha sonra sancak (liva) idare meclisine dönüşmüştür. Bu mecliste başta bölgenin mali, askeri, eğitim-öğretim, sağlık, bayındırlık ve diğer işler merkezi hükümetten gönderilen talimatlara göre görüşülüp karara bağlanırdı. Daha fazla bilgi edinmek için bkz. S. F. Torun, Vilâyet Kanunlarına Göre Sancak (Livâ) İdare Meclisleri. *Tarih Araştırmaları Dergisi*, c. 35, sayı. 60, ss. 157-174, Ekim. 2016, doi:10.1501/Tarar_0000000647

alarak mektep inşasını başlatmıştır. İnşaatın bitmeye yakın aşamasında arsanın vakıf malı olduğu gerekçesiyle Diyarbakır Evkaf Muhasebecisi müdahalede bulunmuş ve mektep inşaatı durdurulmuştur. Bunun üzerine Mardin Liva Meclisi merkezi hükümetle bir dizi yazışma içine girerek yaklaşık iki yüzyıldır harabe hâlinde bulunan medrese arsasının mezbele (çöplük) olarak kullanıldığı, arsada yapılacak cami ve medrese ile kent halkına hizmet vereceği vurgulanmıştır. Aslında Mardin Liva Meclisi, Muzafferiye Medresesi'nin arsası üzerinde vakıf şartnamesine aykırı bir şekilde bina yapılamayacağını büyük ihtimalle biliyordur. Ancak kentte yeni bina yapımına uygun boş arsa bulunmamaktadır. Zira modernleşmeye bağlı olarak kent mekânında yapılan kamu anıtları için boş arsa bulunmadığından kentte bulunan bazı vakıf ya da kamu binaları yıktırılarak yeni kamu binaları inşa edilmiştir. Nitekim Mardin Hükümet Konağı daha önce idare binası olarak kullanılan Yakup Paşa Sarayı'nın bulunduğu zeminin yanı sıra Şeyh Muhammed Farisi Zaviyesi sınırlarının bir kısmını ihtiva eden alan üzerine yapılmıştır. Dolayısıyla Liva Meclisi, rüşdiye mektebinin yapımına en uygun yerin medrese harabesinin bulunduğu arsa dışında fazla bir alternatiflerinin olmaması dolayısıyla mektep inşaatını oldubittiye getirmiştir. Vakıf idaresinin müdahalesiyle karşılaşınca arsa üzerinde mektep ile birlikte cami yapıldığını ileri sürerek vakfın kutsallığa dayalı dokunulmazlık duvarını aşma yoluna gitmişlerdir. Sürecin ileri aşamalarında, konu Yıldız Sarayı'na kadar ulaşmış ve arsanın vakıf mülkiyeti hakkının korunması şartıyla mektebin yapımına başlanabileceğine dair padişah emri çıkarılmıştır [25].

3.3 Mimari

Medresenin mimarisi ile ilgili olarak elimizde birkaç veriden fazlası bulunmamaktadır. Yapılan araştırmaya göre Muzafferiye Medresesi bünyesinde mescit, türbe ve bir su kaynağı bulunduğu kesindir. Arşiv kayıtlarına giren su kaynağının izi 2014 yılında yapı onarılrken, medresenin kuzey istinat duvarının içinde gözlemlenmiştir (Şekil 5). Artuklu Dönemi medreselerin hepsinin avlusunda su kaynağı barındıran bir (selsebilli) eyvan bulunur. Eyvan muhtemelen bu kaynağın önündeydi. Günümüzde kaybolmuş bu su kaynağının yolu değişerek mektebin güneyindeki istinat duvarındaki çeşmeye akmaktadır.

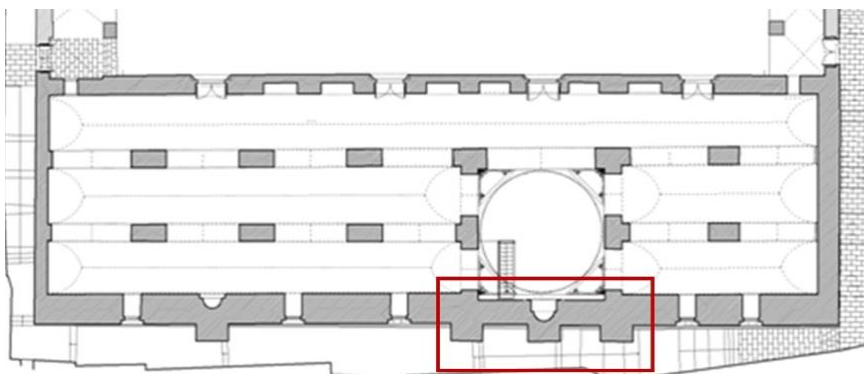
Kâtip Ferdi, medresede siyah ve beyaz taşların kullanıldığını söylemiştir [26]. Buradaki siyah taş büyük olasılıkla Diyarbakır yöresine ait olan bazalt taşıdır. Artuklular, medrese ve camilerde taç kapı ve mihrap gibi mimari elemanların süslenmesinde bazalt taşını kullanmışlardır. Beyaz taş ise yörenin ana karakteristik mimarisini oluşturan kireç (kalker) taşıdır.

Anıtın elimizde bulunan kent silueti içindeki iki adet fotoğrafı (Şekil 2 ve 3) ve bir gravür (Şekil 4) incelenerek analogi yapılacak olursa; medresenin kibleye bakan güney cephesinin Ulu Cami'nin kible cephesine çok benzediği söylenebilir. Bu bölüm üçlü payanda düzenine sahiptir.

Ortak payanda harimdeki mihraba denk gelmektedir. Orta payanda ile mihrap çıkıntısı oluşturulmuştur. Muhtemelen fotoğraftaki kareye giren bu bölüm medresenin mescit bölümüdür. Dönem örneklerine bakıldığında üçlü payanda düzenine sahip yapıların tümü kubbelidir. Bu yapı düzeninde birinci ve üçüncü payanda kubbeyi taşıyan ayakların dışa vurumu şeklinde planlanmıştır. Yapı kubbeli olmasaydı mihrabın sağındaki ve solundaki payandaları dışa vurmak statik açıdan işlevsel olmazdı (Şekil 6). Fakat gravür ve fotoğraflarda kubbe görünmemektedir. Muhtemelen zaten harap olan medresenin mescit bölümünün kubbesi yıkılmıştır.

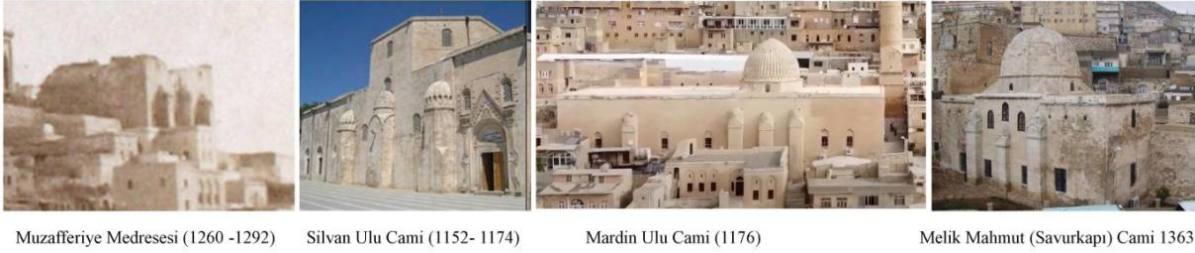


Şekil 5. Medresenin kuzey istinat duvarı içinde kalan eski su kanalı (Murat Çağlayan Arşivi)



Şekil 6. Mardin Ulu Cami planında kubbe önündeki üçlü payanda düzeni (Diyarbakır Vakıflar Bölge Müdürlüğü Arşivindeki plan üzerinden düzenlenmiştir)

Artuklu eserlerinden 1176 yılında inşa edilen Mardin Ulu Cami, Artuklu Beyi Necmeddin Alpi Dönemi'nde (1152-1174) yapılan Silvan Ulu Cami ve 1363 yılında inşa edilen Melik Mahmut Cami kible cephesi üçlü payanda düzenine sahip anıtlardandır (Şekil 7) [27].



Şekil 7. Artuklu Dönemi anıtlarının kible cephesindeki üçlü payanda düzeni (Soldaki ilk fotoğraf, Amerikan Yabancı Misyon Masası Teşkilatı Arşivine; diğerleri yazara aittir)

Eldeki fotoğraflar ve gravürün yardımı ile analogik değerlendirmeler sonucu medresenin mescit bölümü olduğu düşünülen yapının Artuklu Dönemi örnekleri ile karşılaştırıldığında kubbeli inşa edilmiş olması muhtemeldir. Fotoğraflara bakarak burada Artuklu medreselerindeki gibi etrafında öğrenci hücrelerinin olduğu selsebilli eyvana sahip açık avlulu, revaklı bir bölüm olduğunu söylemek çok zordur. Belki de bu bölüm çok önceden varlığını yitirmiştir.

1260-1292 yılları arasında hüküm süren Melik Muzaffer Kara Arslan'ın inşa ettiği uzun bir süre bakımsız ve metruk kalan medrese on dokuzuncu yüzyılın sonunda yıkılarak yerine devşirme malzeme ile okul inşa edilmiştir. Önce rüştiye yapılması düşünülmüş sonra ise idadi yapılmasına karar verilmiştir. Tarihi Mardin İdadi Mektebi; Artuklu (Merkez) ilçesi, Şar Mahallesi, 68 ada, 9 numaralı parselde bulunmaktadır. Okul binası giriş kapısının üzerinde yer alan sülüs kitabede Hicri 1318 (M. 1900) tarihli Temmuz ayında açılışı yapıldığı belirtilmektedir.

Yapı, Osmanlı Geç Dönemi'nin Mardin'deki en önemli mimarları arasında gösterilen Ermeni asıllı Mimarbaşı Lole³ tarafından iki katlı olarak inşa edilmiştir [28]. Bina, Cumhuriyet Dönemi ile idadi mekteplerinin ortaokula dönüştürülmesi sonucu ortaokul olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1932 yılında harf devriminin ardından başlatılan okuma yazma seferberlikleriyle okuryazarlık oranının artmaya başlaması sonucu avlusuna, 68 ada 8 numaralı parselde günümüzde Gazipaşa İlkokulu olarak kullanılan bina eklenmiştir (Şekil 8) [29].

³Ermeni Mimarbaşı Lole ve ailesi, Mardin'de günümüze kadar ulaşmış PTT binası (Şahtana Konağı), Şehidiye Cami minaresi, Sabancı Kent Müzesi (eski askeri kışla), Mardin Artuklu Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi (eski hükümet konağı) gibi önemli birçok yapıyı inşa etmiş veya onarımlarını gerçekleştirmiştir.



Şekil 8. Solda idadi olarak inşa edilen günümüz Olgunlaşma Enstitüsü binası, sağda 1932'de inşa edilen bugün Gazipaşa İlköğretim Okulu olarak kullanılan ek bina (Murat Çağlayan Arşivi)

4. SONUÇ

Melik Muzaffer Kara Arslan'ın on üçüncü yüzyılın son çeyreğinde inşa etmiş olduğu Muzafferiye Medresesi, Osmanlı Dönemi'nde bilinmeyen bir tarih diliminde işlevini yitirmiş ve on dokuzuncu yüzyıla harap halde gelmiştir. 1898 yılında padişahın emri ile yapının arazisine okul inşası kararlaştırılmıştır. Medrese binası yıktırılmış; iki yıl içinde yeni okul inşaatı tamamlanmıştır. Cumhuriyet Dönemi'nde ise 1932 yılında mevcut okul binasının doğusunda bulunan komşu parselde ek bina inşa edilmiştir. Medresenin arazisi üzerine inşa edilen yeni yapılar; günümüze kadar süregelen zaman diliminde idadi mektep, ortaokul, ticaret lisesi, kız meslek lisesi olarak işlev değişikliklerine uğramıştır. Mardinli Mimarbaşı Lole'nin Osmanlı'nın son döneminde inşa ettiği bina, bugün Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı Olgunlaşma Enstitüsü olarak kullanılmaktadır. 1932 yılında yanına ek olarak inşa edilen yapı ise Gazipaşa İlköğretim Okulu olarak kullanılmaktadır. Mevcut yapıların oturduğu geniş sahaya bakılacak olursa geçmişte medresenin bir külliye gibi bu alana yayıldığı söylenebilir. Günümüzde medresenin türbe ve mescidinin izi bulunmamaktadır. Türbenin taşındığına dair herhangi bir belgeye erişilememiştir. Mevcut kuzey istinat duvarının arkasında medreseye ait su kaynağının izi tespit edilmiştir. Şayet medrese bünyesinde diğer Artuklu Dönemi medreselerinde olduğu gibi bir selsebilli eyvan varsa eyvanın konumunun bu su kaynağının önünde olduğu tahmin edilmektedir. Bu duvarda ve sahada yapılabilecek arkeolojik araştırmalar ile ilerleyen zamanda medreseye ait yeni bulgular bulunabilir. Her halükarda medrese ortada olmasa da onu oluşturan yapı taşları devşirilerek mektepte kullanılmıştır. Yapı taşları özünde barındırdığı eğitim öğretim hizmetinden şaşmadan vakıf kuralları gereği günümüze kadar bir eğitim kurumu olarak kullanılagelmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar, çıkar çatışması olmadığını bildirmektedir.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduğunu, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediğini taahhüt eder.

KAYNAKLAR

- [1] A. Gabriel, *Voyages Archeologiques Dans La Turqui Orientale*, E. De Boccard, Paris, 1940.
- [2] İ. Özcoşar, H. H. Güneş, F. Dinç, *235 Nolu Mardin Şeriye Sicili Belge Özetleri ve Mardin*, İstanbul: İmak Ofset, ss. 109, 2007.
- [3] M. Çağlayan, Bir Mimari Karşılaştırma: Mardin Zinciriye ve Kasımiye Medreseleri, *İlk Çağlardan Modern Döneme Tarihten İzler II*, (Editör: Mehmet Doğan Karacoşkun ve Osman Köse), Ankara: Berikan Yayınevi, ss. 147-163, 2019.
- [4] İ. Artuk, C. Artuk, *Artukoğulları Sikkeleri*. İstanbul: Sümer Kitapevi Yayınları, ss. 30, 1993.
- [5] Amerikan Yabancı Misyon Masası Teşkilatı Arşivi, Erişim tarihi: 26.10.2022. [Online]. <https://archives.saltresearch.org/handle/123456789/43973>.
- [6] Amerikan Yabancı Misyon Masası Teşkilatı Arşivi, Erişim tarihi: 26.10.2022. [Online]. <https://archives.saltresearch.org/handle/123456789/46864>.
- [7] M. Sevim, *Gravürlerle Türkiye*, Ankara: T.C. Kültür Bakanlığı Yayınları, ss. 142, 1996.
- [8] A. Emiri, *Mardin Artuklu Melikleri Tarihi (Kâtip Ferdi, Mardin Mülûk-i Artukiye Tarihi)*, (Editörler: İbrahim Özcoşar ve Hüseyin Haşimi Güneş), Mardin Tarihi İhtisas Kütüphanesi Yayın No:2, İstanbul: Prestij Reklam, 2006, ss. 22-24.
- [9] N. Göyünç, *XVI. Yüzyılda Mardin Sancağı*, Ankara: Türk Tarih Kurumu, 1991, ss. 116.
- [10] Abdüsselam Efendi, *Mardin Tarihi*, (Hazırlayan: Hüseyin Haşimi Güneş), Mardin Tarihi İhtisas Kütüphanesi, Yayın no:17, İstanbul: İmak Ofset, 2007, ss. 51.
- [11] Abdülgani Efendi, *Mardin Tarihi* (Çeviren: Burhan Zengin), Ankara: GAP, 1999, ss. 234.
- [12] Devlet Arşivleri Başkanlığı Osmanlı Arşivleri, Evkaf İradeleri Tasnifi (5 Şevval 1315), kutu no:18, gömlek no:32
- [13] A. Bizirlik, *16. Yüzyıl Ortalarında Diyarbakır Beylerbeyliği'nde Vakıflar*, Ankara: Türk Tarih Kurumu, ss. 305, 2002.
- [14] Devlet Arşivleri Başkanlığı Osmanlı Arşivleri, Maarif Nezareti Mektubî Kalemi (15 Şaban 1316), kutu no:430, gömlek no:62.
- [15] Devlet Arşivleri Başkanlığı Osmanlı Arşivleri, Maarif Nezareti Mektubî Kalemi (10 Rabiulahir 1318), kutu no:518, gömlek no:54.
- [16] A. Altun, *Mardin'de Türk Devri Mimarisi*, İstanbul: Gün Matbaası, 1971, ss. 103.
- [17] A. Altun, *Anadolu'da Artuklu Devri Türk Mimarisinin Gelişmesi*, İstanbul: Kültür Bakanlığı Yayınları, 1978, ss. 264.
- [18] Devlet Arşivleri Başkanlığı Osmanlı Arşivleri, Cevdet Maarif (26 Rabiulevvel 1225), kutu no:22, gömlek no:1053.

- [19] Devlet Arşivleri Başkanlığı Osmanlı Arşivleri, Ali Emiri Mustafa III (29 Zilhicce 1186), kutu no:105, gömlek no:7948.
- [20] Devlet Arşivleri Başkanlığı Osmanlı Arşivleri, Ali Emiri Mahmut II (29 Zilhicce 1223), kutu no:23, gömlek no:1445.
- [21] Devlet Arşivleri Başkanlığı Osmanlı Arşivleri, Cevdet Maarif (29 Safer 1247), kutu no:40, gömlek no:2000.
- [22] A. Bizirlik, *16. Yüzyıl Ortalarında Diyarbakır Beylerbeyliği'nde Vakıflar*, Ankara: Türk Tarih Kurumu, ss. 305-306, 2002.
- [23] N. Göyünç, *XVI. Yüzyılda Mardin Sancağı*, Ankara: Türk Tarih Kurumu, ss. 116, 1991.
- [24] G. Eken, 19. yy Mardin Vakıfları Üzerine, *Türkiyat Araştırmaları Dergisi*, sayı:20, ss. 233-250, 2006.
- [25] F. Dinç, İslam İnşâ Hukukunun Mardin Kent Mekânına Yansıması (11.-19.yy). *Mukaddime*, vol. 12, no. 2, 2021, ss. 333-334, DOI: 10.19059/mukaddime.868609
- [26] A. Emiri, *Mardin Artuklu Melikleri Tarihi (Kâtip Ferdi, Mardin Mülûk-i Artukiye Tarihi)*, (Editörler: İbrahim Özcoşar ve Hüseyin Haşimi Güneş), Mardin Tarihi İhtisas Kütüphanesi Yayın No:2, İstanbul: Prestij Reklam, 2006, ss.22.
- [27] M. Çağlayan, *Mardin Ortaçağ Anıtları ve Yapım Teknikleri*, İstanbul: Hiperyayın, ss. 42-43, 2017.
- [28] A. Wharton-Durgaryan, Open for Business? The Stylistic Choices and Symbolic Vocabulary of Post-Reform Armenian Mansions in Mardin and Bitlis. *Études arméniennes contemporaines*, 14, 2022, pp. 119-160. [Online]. Available: <http://journals.openedition.org/eac/2919>, DOI : <https://doi.org/10.4000/eac.2919>
- [29] İ. Kutlu, S. S. Eray, Mardin İdadi Mektebi'nin Mekânsal ve İşlevsel Değişimi Üzerine Bir Değerlendirme. *Sanat Tarihi Dergisi*, vol. 30, no. 1, 2021, ss. 285-303, DOI: 10.29135/std.828597



Araştırma Makalesi / Research Article

Calculate the Optimum Slope and Surface Orientation Angles of PV Panels in the City of Istanbul, Türkiye

Türkiye'nin İstanbul Şehrindeki PV Panellerinin Optimum Eğim ve Yüzey Oryantasyon Açılarının Hesaplanması

Firas Badri ABED

Al Turath University College, Department of Air Conditioning and Refrigeration Engineering, Baghdad, Iraq

<https://doi.org/10.55007/dufed.1111097>

ARTICLE INFO

Article History

Received, 29 April 2022

Revised, 12 March 2023

Accepted, 12 March 2023

Available Online, 28 April 2023

Keywords

Orientation angle, Tilt angle, Solar radiation, Klein and Theilacker method, Liu and Jordan

ABSTRACT

Because of the shadow of high buildings and huge urban development that the world is witnessing, especially in the large cities such as Istanbul, this led to prevent taking advantage from a large part of the falling solar radiation, which led to finding alternative solutions for the purpose of benefiting from the falling solar radiation. Among these solutions is the adjusting solar panel at the optimum slope and orientation angle. So the purpose of this study is to determine the optimum slope and orientation angle for a photovoltaic panel in Istanbul (Turkey) with coordinate of (41° 1' 0" N, 28° 58' 0" E), latitude of ($\phi = 41.0167$), and explain the effect of azimuth angle on the optimum slope angle of solar radiation on the photovoltaic panel. A mathematical model was developed by Klein and Theilacker to determine any surface azimuth angle (γ) was used to estimate the total solar radiation on the slope photovoltaic panel surface, also Liu – Jordan model was used for calculating the optimum tilt angle for south face direction and then comparison results with two models. In our study we used a Microsoft Excel spreadsheet to determine optimum slope (β) and azimuth (orientation) (γ) surface angles for any city only by changing the coordinate and horizontal solar radiation of the selected city. For calculation purposes, horizontal solar radiation data for the city of Istanbul was obtained from the prediction of worldwide energy resources (power) by NASA. The optimum tilt (β) and azimuth (γ) angles were determined by searching for the values of angles for which the total radiation on the PV surface was maximum throughout the year. And for the specific azimuth angle (γ) changes from (0 to 90) degree It is found that the optimum tilt angle (β) should be changed to observe the maximum solar radiation. The annual maximum solar radiation in Istanbul city for azimuth angle greater than 0° was 6033 Mj/m^2 at azimuth angle equal to 10° and tilt angle equal to 30°.

MAKALE BİLGİSİ**Makale Tarihi***Alınış, 29 Nisan 2022**Revize, 12 Mart 2023**Kabul, 12 Mart 2023**Online Yayınlama, 28 Nisan 2023***Anahtar Kelimeler***Yönlendirme açısı, Eğim açısı, Güneş radyasyonu, Klein ve Theilacker metodu, Liu ve Jordan***ÖZ**

Dünyada özellikle İstanbul gibi büyük kentlerde bulunan yüksek binaların ve bu binaların meydana getirdiği gölgelerin özellikle büyük başkentlerde güneş ışınımının büyük bir kısmından yararlanılmasını engellemiş olması nedeniyle düşen güneş ışınımından yararlanma için alternatif çözümler aranmasına yol açmıştır. Güneş panelinin optimum eğim ve yönlendirme açısında ayarlanması bu çözümler arasında yer almaktadır. Bu nedenle bu çalışmanın amacı, İstanbul'da (Türkiye) $41^{\circ} 1' 0''$ K, $28^{\circ} 58' 0''$ D koordinatlarında, $\varnothing = 41.0167$ enlemdaki fotovoltaik panel için optimum eğim yönlendirme açısı belirlemek ve fotovoltaik panelde güneş ışınımının optimum eğim açısına azimut açısının etkisini açıklamaktır. Eğimli fotovoltaik panel yüzeyindeki toplam güneş ışınımını tahmin etmek üzere herhangi bir yüzey azimut açısını (γ) belirlemek için Klein ve Theilacker tarafından geliştirilen bir matematiksel model kullanılmıştır. Ayrıca güney yüz yönü için optimum eğim açısını hesaplamak üzere Liu – Jordan modeli kullanıldıktan sonra iki modelden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda, herhangi bir şehir için optimum eğim (β) ve azimut (oryantasyon) (γ) yüzey açılarını belirlemek üzere seçilen şehrin koordinatı sabit tutularak farklı yatay güneş ışınımaları için bir Microsoft Excel elektronik tablosu oluşturulmuştur. İstanbul yatay güneş radyasyonu verileri, NASA tarafından dünya çapındaki enerji kaynaklarının (power) tahmininden elde edilerek hesaplamalar için kullanılmıştır. Optimum eğim (β) ve azimut (γ) açıları, yıl boyunca PV yüzeyindeki toplam radyasyonun maksimum olduğu açılarının değerleri aranarak belirlenmiştir. Spesifik azimut açısı (γ) için (0 ila 90) derece arasında değiştiği maksimum güneş radyasyonunu gözlemlemek için optimum eğim açısının (β) değiştirilmesi gerektiği bulunmuştur. İstanbul şehrinde 0'dan büyük azimut açısı için yıllık maksimum güneş radyasyonu, 10 azimut açısına ve 30 eğim açısına eşit olduğunda 6033 Mj/m^2 olduğu belirlenmiştir.

1. INTRODUCTION

Solar energy is one of the clean and renewable energies that humans can use and benefit from it. It is one of the best energies that currently used in abundance due to the continuous decrease of traditional energies and their negative effect on the environment [1]. The sun is the main source of the Earth's heat, and the rays emanating from it are called solar radiation. The optimum tilt or slope (β) and surface azimuth or orientation (γ) angles are the important factor that used in the calculations and determined the optimum solar radiations and they depend on the position of the sun, latitude and local geographical characteristics [2]. Most of researcher studied the effect of tilt angle on the solar radiations for pv panels that install in south facing, because of good results, but sometimes there are some difficulties to install it in the south face, so we have to calculate the appropriate orientation angle (γ) to get the best solar radiation. Turkey occupies a privileged position that allows it to benefit from the falling solar radiation that is about 2,640 hours per year also the high average daily solar density that equal to 3.6 kWh/m^2 [3]. Klein *et al.* [4], developed an algorithm model to calculate any surface azimuth angle in the southern and northern hemisphere to estimate the ratio of monthly average total radiation on an inclined surface to that on a horizontal surface [4]. Shahnawaz *et al.* [5], determined the optimum slope angle by using nine new models in the region of Sindh, Pakistan. They determined the optimum slope

angles for monthly, seasonally, half-yearly and yearly. Finally they found from results that slope of tilt angle varies from 0° in May, June and July to 49° in December [5]. Yuexia *et al.* [6], developed mathematical model to calculate the optimum tilt angle and orientation of the Pv panel installed in Lhasa through summer season. They conclude that there is a deviation about 5 degree in the optimum orientations [6]. Mamun *et al.* [7], investigated numerical method that used to select the optimum slope angle for the photovoltaic panel installed in Bangladesh. The results showed that the optimum slope angle of some cities like Dhaka, Jessore, and Ishurdi was 25° , 30° , 25° respectively [7]. Hailu *et al.* [8], used the isotropic and anisotropic models to determine the optimum tilt and orientation angles for the city of Toronto in Canada, they conclude from study that by using four isotropic models there was a varying in optimum tilt angles from 37° to 44° and for other models (anisotropic) there was varying range between 46° to 47° [8]. Abdullahi *et al.* [9], developed two computer programs to calculate the optimum slope angle and its effect on the solar radiation monthly and seasonally for the city of Kano, Nigeria [9]. Maref *et al.* [10], used SPSS software and statistical verifications method to compare the accuracy of real data with simulation data in Montreal in different seasons. The results showed that the optimum tilt angles in summer season arrange from 27.5° to 35° [10]. Khan *et al.* [11], studied the effect of different tilt angles on the performance on the photovoltaic panel for some articles deals with this subject area [11]. Nfaoui *et al.* [12], used a program by MATLAB software to obtain the solar radiation for any inclined angle. They installed the PV for the purpose of collecting data in the faculty of science and technology of Settat in Morocco [12]. Abdallah *et al.* [13], compared the results obtained by MATLAB software for calculate the optimum tilt angle in Palestine on a south facing with the photovoltaic software developed by US national renewable energy laboratory. They conclude that there is a good similar between the results [13]. Oh *et al.* [14], analyzed the calculation model for derived the tolerance angle. Also they derived a simple formula for theoretical calculations. Finally they conclude that for a tolerance angle of 1%, 5% and 10% the loss of irradiance were 9° , 21° and 30° respectively [14]. Luting *et al.* [15], investigated an optimum tilt and azimuth angle in the high mountains and complex terrain by using a clear sky model. The study region was in Batang county and Dege county in Western Sichuan Plateau of China. Finally the results showed that the energy collection was 238.72 kWh/m² and 398.33 kWh/m² per year [15]. Somil *et al.* [16], studied the development of BIPV system to estimate the optimum azimuth and tilt angle for the high and shadow buildings [16]. Qusay *et al.* [17], determined the optimum tilt angle for eighteen provinces in Iraq. The results showed that the optimum tilt angle was in range from 0° to 64° [17]. Ashutosh *et al.* [18], computed the optimum tilt angles for different months for the city of Hamirpur, Himachal Pradesh in India by developing a three mathematical model. They suggested that by using the model of third degree polynomial provide a good accuracy [18]. Tong *et al.* [19], calculated the Keplerian orbit parameters of the sun to investigate a model for calculating the optimum angle of solar collector. The results showed that the optimum tilts angle varies

from 30° on 1 January to 76.1° on July [19]. Rauf *et al.* [20], presented a new model for calculation the best panel direction in the mountain region for the day [20]. Yadav *et al.* [21] determined by a numerical method optimum slope and orientation angle of building integrated photovoltaic (BIPV) system. They found from results that for D/H ratios 7.5/15, 9/15, 12/15, 15/15, 18/15, and 24/15 are 12, 7.5, 3.5, 1.5, 1 and 0, respectively [21]. As shown from previous studies there is a few papers in Turkey devoted to calculate the optimum slope and orientation angle for example is the one by Murat Kacira In Sanliurfa, Turkey. The study determined the optimum tilt angle between minimum value of 13° in June and 61° in December. In this study the total solar radiation on sloped surface was calculated for different slope and azimuth angles. Also two mathematic models were used to calculate the optimum tilt angle one of them called Liu-Jordan with azimuth angle equal to 0°, and the other called Klein-Theilacker with any value of azimuth angle, and then the comparison between two models was done for calculating the annual solar radiation by using azimuth angle equal to 0° for both models. And an indication of the possibility of using the second model to calculate tilt angle for azimuth angle equal to 0°.

2. MATHEMATICAL MODELS

There are several models that deal with average radiation on the sloped photovoltaic panel, so we shall discuss two of them as shown below.

2.1 Liu and Jordan Model

This is the first model which has been used widely to calculate solar radiation on sloped surface by assuming isotropic sky technique and the orientation γ angle is equal to 0° in the northern hemisphere, and equal to 180° in the southern hemisphere. The following equations have been used to calculate the optimum title angle and total radiation as shown in Figures (1-5) for a south facing at constant orientation angle [22].

$$H_T = H_b * R_b + \frac{H_D}{2} (1 + \cos\beta) + \frac{H_g}{2} * \rho_{g*} (1 - \cos\beta) \quad (1)$$

$$R = \frac{H_T}{H} = \left(1 - \frac{H_d}{H}\right) * R_b + \frac{H_d}{H} * \left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right) + \rho_g * \left(\frac{1-\cos\beta}{2}\right) \quad (2)$$

To estimate the diffuse radiation fraction for monthly-average daily radiation (H_d) Erbs model was used [23]. And monthly global solar radiation on horizontal surfaces (H) was determined from the prediction of worldwide energy resources (power) by NASA [24].

$$\frac{H_d}{H} = 1.391 - 3.560K_T + 4.189K_T^2 - 2.137K_T^3 \quad (3)$$

$$\text{For } \omega_s \leq 81.4 \text{ and } 0.3 \leq K_T \leq 0.8$$

$$\frac{H_d}{H} = 1.311 - 3.022K_T + 3.427K_T^2 - 1.821K_T^3 \quad (4)$$

For $\omega_s > 81.4$ and $0.3 \leq K_T \leq 0.8$

Since:

ω_s Is sunset hour angle

$$\cos \omega_s = -\tan \phi \tan \delta \quad (5)$$

K_T Is the ratio of monthly average global solar radiation on horizontal surface H to monthly average extraterrestrial solar radiation H_o on that, and it is called clearness index.

$$K_T = \frac{H}{H_o} \quad (6)$$

The dependence of extraterrestrial radiation on time of year is given by the equation

$$G_{on} = G_{sc} \left(1 + 0.033 \cos \left(\frac{360 n_{day}}{365} \right) \right) \quad (7)$$

In the above equation, $G_{sc} = 1367 \left(\frac{w}{m^2} \right)$ and n_{day} is the day of the year starts from 1st January.

If the solar constant G_{sc} is in watts per square meter, \bar{H}_o daily joules per square meter per day is given by equation

$$H_o = \frac{24 \cdot 3600 G_{on}}{\pi} * \left(\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{\pi \omega_s}{180} \sin \phi \sin \delta \right) \quad (8)$$

For $\gamma = 0^\circ$, the ratio of beam average daily radiation on slope surface to that on horizontal surface (R_b) is given by

$$R_b = \frac{\cos(\phi - \beta) \cos \delta \sin \omega_s + (\pi/180) \omega_s \sin(\phi - \beta) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + (\pi/180) \omega_s \sin \phi \sin \delta}, \quad (9)$$

Where, ω_s equal to:

$$\omega_s = \min \left[\begin{array}{l} \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \\ \cos^{-1}(-\tan(\phi - \beta) \tan \delta) \end{array} \right] \quad (10)$$

Also for $\gamma = 180^\circ$ (R_b) is equal to

$$R_b = \frac{\cos(\phi + \beta) \cos \delta \sin \omega_s + (\pi/180) \omega_s \sin(\phi + \beta) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + (\pi/180) \omega_s \sin \phi \sin \delta}, \quad (11)$$

Where, ω_s equal to:

$$\omega_s = \min \left[\begin{array}{l} \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \\ \cos^{-1}(-\tan(\phi + \beta) \tan \delta) \end{array} \right] \quad (12)$$

2.2 Klein and Theilacker Model

Klein and Theilacker investigated an algorithm model to calculate the ratio of total radiation on slope surface to that on horizontal surface (R) for any surface orientation angle γ and all latitudes [2-4].

The equation for (R) is given by following equations:

$$R = D + \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} \left(\frac{1+\cos\beta}{2} \right) + \rho_g \left(\frac{1-\cos\beta}{2} \right) \quad (13)$$

Where

$$D = \begin{cases} \max(0, G(\omega_{SS}, \omega_{SR})) & \text{if } \omega_{SS} \geq \omega_{SR} \\ \max(0, [G(\omega_{SS}, -\omega_s) + G(\omega_s, \omega_{SR})]) & \text{if } \omega_{SR} > \omega_{SS} \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} G(\omega_1, \omega_2) = & \frac{1}{2d} \left\{ \left(\frac{bA}{2} - \bar{a}B \right) (\omega_1 - \omega_2) \frac{\pi}{180} \right. \\ & + (\bar{a}A - bB)(\sin \omega_1 - \sin \omega_2) - \bar{a}C(\cos \omega_1 - \cos \omega_2) \\ & + \left(\frac{bA}{2} \right) (\sin \omega_1 \cos \omega_1 - \sin \omega_2 \cos \omega_2) \\ & \left. + \left(\frac{bC}{2} \right) (\sin^2 \omega_1 - \sin^2 \omega_2) \right\} \end{aligned} \quad (15)$$

$$\bar{a} = a - \frac{\bar{H}_d}{H} \quad (16)$$

$$a = 0.409 + 0.5016 \sin(\omega_s - \beta) \quad (17)$$

$$b = 0.6609 - 0.4767 \sin(\omega_s - \beta) \quad (18)$$

$$d = \sin \omega_s - \left(\frac{\pi * \omega_s}{180} \cos \omega_s \right) \quad (19)$$

$$|\omega_{SR}| = \min \left[\omega_s, \cos^{-1} \frac{AB+C\sqrt{A^2-B^2+C^2}}{A^2+C^2} \right] \quad (20)$$

$$\omega_{SR} = \begin{cases} -|\omega_{SR}| & \text{if } (A > 0 \text{ and } B > 0) \text{ or } (A \geq B) \\ +|\omega_{SR}| & \text{otherwise} \end{cases} \quad (21)$$

$$|\omega_{SS}| = \min \left[\omega_s, \cos^{-1} \frac{AB-C\sqrt{A^2-B^2+C^2}}{A^2+C^2} \right] \quad (22)$$

$$\omega_{SS} = \begin{cases} -|\omega_{SS}| & \text{if } (A > 0 \text{ and } B > 0) \text{ or } (A \geq B) \\ +|\omega_{SS}| & \text{otherwise} \end{cases} \quad (23)$$

Where

$$A = \cos \beta + \tan \phi \cos \gamma \sin \beta \quad (24)$$

$$B = \cos \omega_s \cos \beta + \tan \delta \sin \beta \cos \gamma \quad (25)$$

$$C = \frac{\sin \beta \sin \gamma}{\cos \phi} \quad (26)$$

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 Solar Radiation of Optimum Tilt Angle on an Inclined Surface

As mentioned, before the monthly mean daily values of global solar radiation of Istanbul city was used from the data provide by the prediction of worldwide energy resources (power) by NASA, to calculate the optimum tilt angle and total solar radiation falling on sloped surface towards the south-

facing for each month of the year by using Liu and Jordan model. The total solar radiation as shown in Fig. 2 on sloped solar collector was computed for a different tilt angle from 0° to 90° in step by 1°, also the maximum solar radiation for optimum tilt angle was concluded by using a Microsoft Excel spreadsheet. The optimum tilt angle increase in the winter season and it starts decreasing in the spring until it reaches zero in June and then starts to rise in the fall as shown in Figures 4a and 5b, and Fig.5 also the declination angle takes negative value in the winter and fall season, vice versa it takes the positive value in the summer and spring season as shown in Fig. 3. For the winter and fall season $\beta_{opt} > \delta$ vice versa $\beta_{opt} < \delta$ for summer and spring season. Table 1. and Fig. 1 show the average global daily radiation. Also it shows diffuse, beam, extraterrestrial, total monthly average daily solar radiation, average clear index and optimum tilt angles of the year.

It was found that the highest value was 24.7623 Mj/m² day in Jun at $\beta_{opt} = 4^\circ$ and the lowest value was 7.8421 Mj/m² day in December at $\beta_{opt} = 63^\circ$ as shown in Figures 4b and 5b. The total monthly radiation for all months in the year versus tilt angles that various from 0o to 90° was represented in Fig. 2. Also the optimum tilt angle can be generated depending on declination angle by developed the correlation equations as given below.

$$\beta_{opt.} = 38.701 - 1.3904 \delta \quad R^2 = 0.9572 \quad (27)$$

$$\beta_{opt.} = 45.385 - 1.3872 \delta - 0.0251 \delta^2 \quad R^2 = 0.9994 \quad (28)$$

$$\beta_{opt.} = 45.388 - 1.3359 \delta - 0.025 \delta^2 - 0.0001 \delta^3 \quad R^2 = 0.9996 \quad (29)$$

Equations 27, 28, and 29 represent linear, quadratic and third order polynomials respectively have been estimated to obtain the value of optimum tilt angle β_{opt} . based on declination angle as shown in Fig. 6 the calculations obtained from above equations are given in Table 2. Also Fig. 7 shows the comparison between the calculated values of β_{opt} . with the other values computed from correlation equations and results showed a good approximate with Eq. 29.

Table 1. Declination angle, global, diffuse, beam, extraterrestrial, total monthly average daily solar radiation on tilt surface Mj/m²day, average clear index and optimum tilt angles

Month	declination angle	H	H _d	H _b	H _o	H _T	K _T	β_{opt}
Jan.	-20.9170	5.472	2.9135	6.6854	14.5938	9.2337	0.3750	64
Feb.	-12.9546	8.172	3.9926	8.0854	19.9431	11.8969	0.4098	58
Mar.	-2.4177	12.204	5.8184	8.9773	26.9433	15.0015	0.4530	49
Apr.	9.4149	16.56	7.4020	10.0597	34.3219	17.7978	0.4825	31
May.	18.7919	20.844	8.4454	12.4794	39.5959	21.0047	0.5264	11
Jun.	23.0859	23.868	8.7034	15.1646	41.7770	23.8680	0.5713	0
Jul.	21.1837	24.732	8.2228	16.5233	40.6747	24.7623	0.6080	4
Aug.	13.4550	21.312	7.5066	14.4128	36.4046	22.2541	0.5854	22
Sep.	2.2169	16.344	6.2636	12.6227	29.6901	19.4421	0.5505	42
Oct.	-9.5994	9.9	4.7675	8.8420	22.0821	13.6527	0.4483	56
Nov.	-18.9120	6.228	3.1820	7.3066	15.9029	10.2150	0.3916	63
Dec.	-23.0496	4.572	2.6091	5.6018	13.1727	7.8421	0.3471	64

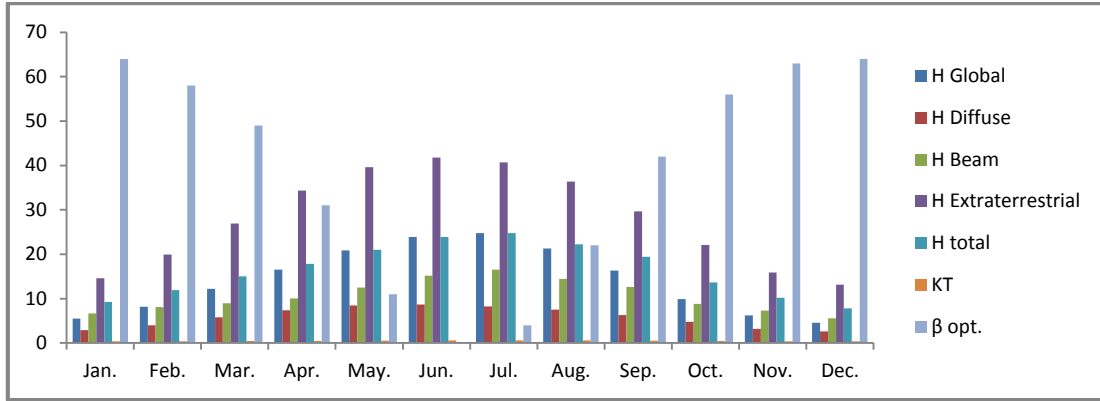


Figure 1. Global, diffuse, beam, extraterrestrial, total monthly Average daily solar radiation on tilting surface Mj/m^2 , clear index and optimum tilts angles

Table 2. Optimum tilt angle for the developed mathematical models

Months	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
$\beta_{opt. Eq27}$	67.78	56.71	42.06	25.61	12.57	6.60	9.25	19.99	35.62	52.05	65.00	70.75
$\beta_{opt. Eq28}$	63.27	59.05	48.57	30.17	10.59	0.15	4.89	22.27	42.20	56.32	62.51	63.86
$\beta_{opt. Eq29}$	63.31	58.72	48.47	30.51	10.79	0.01	4.92	22.64	42.30	56.00	62.39	64.12

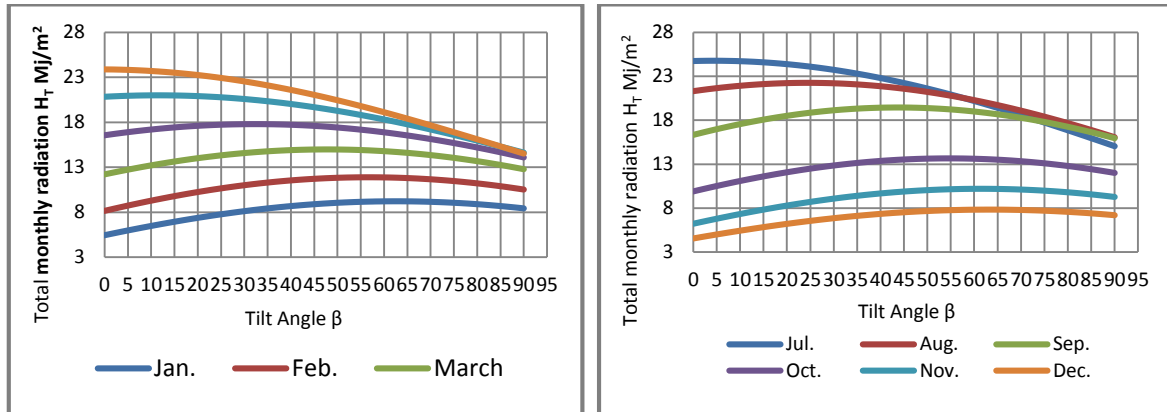


Figure 2. Total monthly average daily solar radiation for inclined surface at different tilt angle for all months of the year

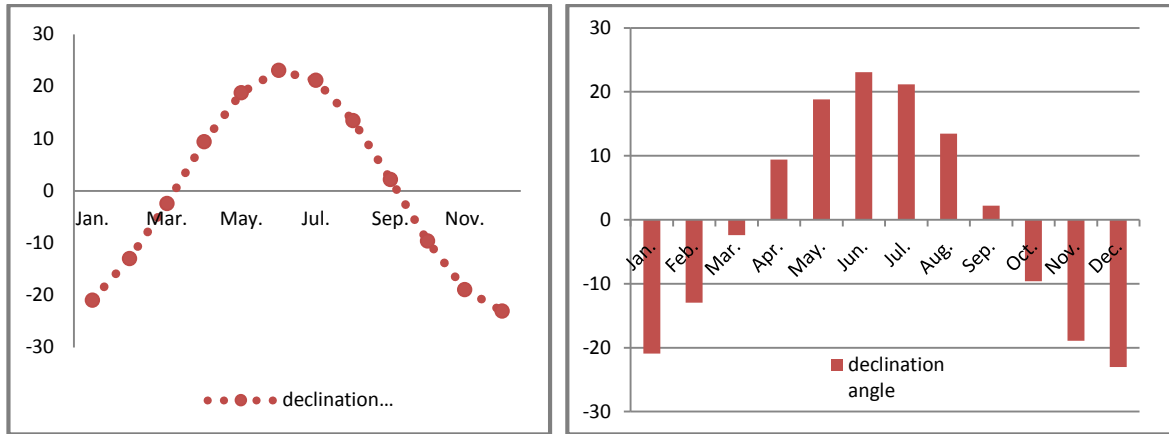


Figure 3. The value of declination angle for all months of the year

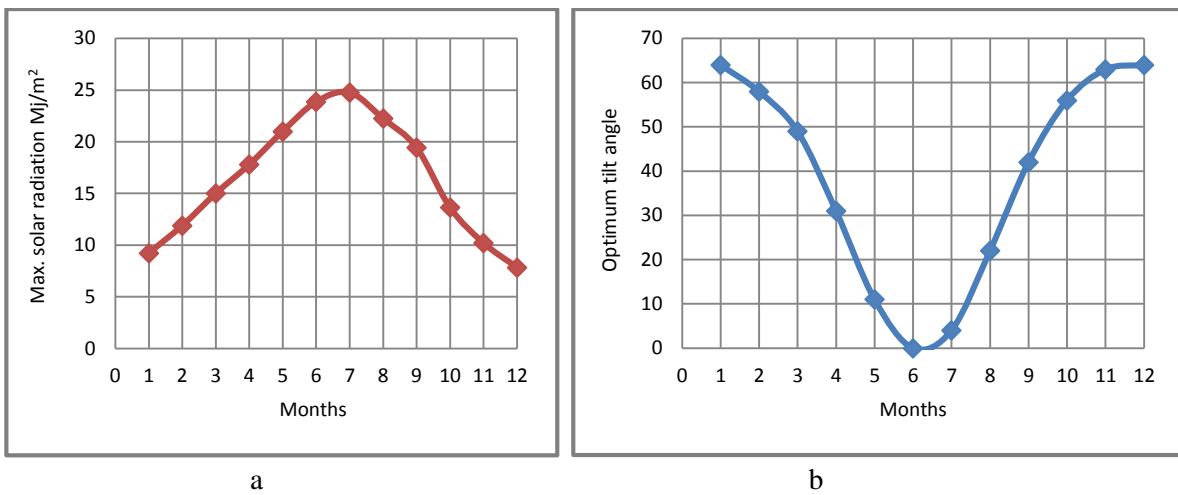


Figure 4. Max. solar radiation (a) and optimum tilt angle (b) for all months of the year

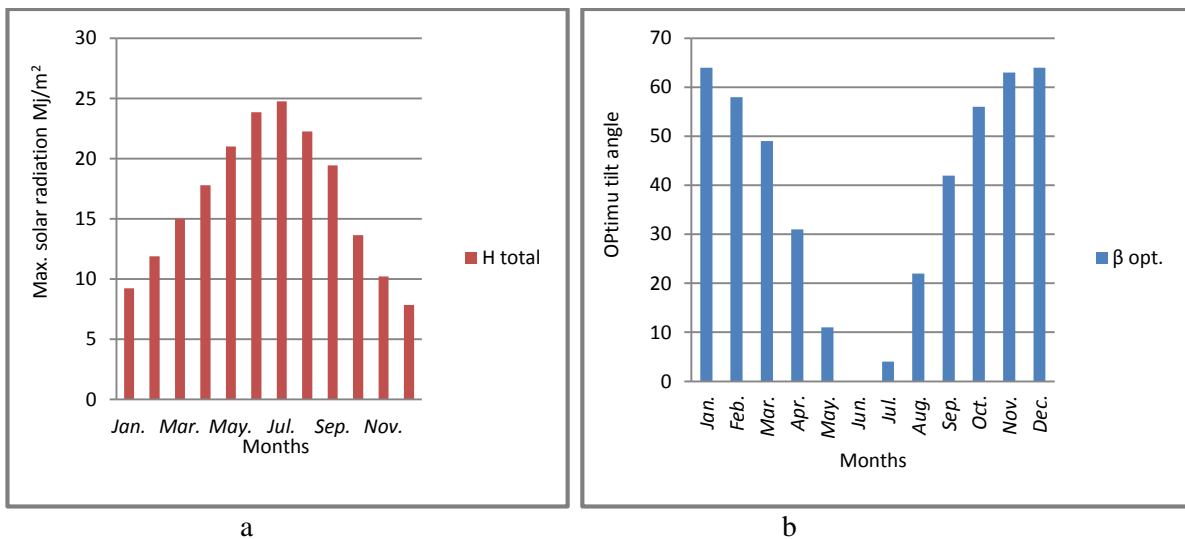


Figure 5. Bar chart of max. solar radiation (a) and optimum tilt angle (b) for all months of the year

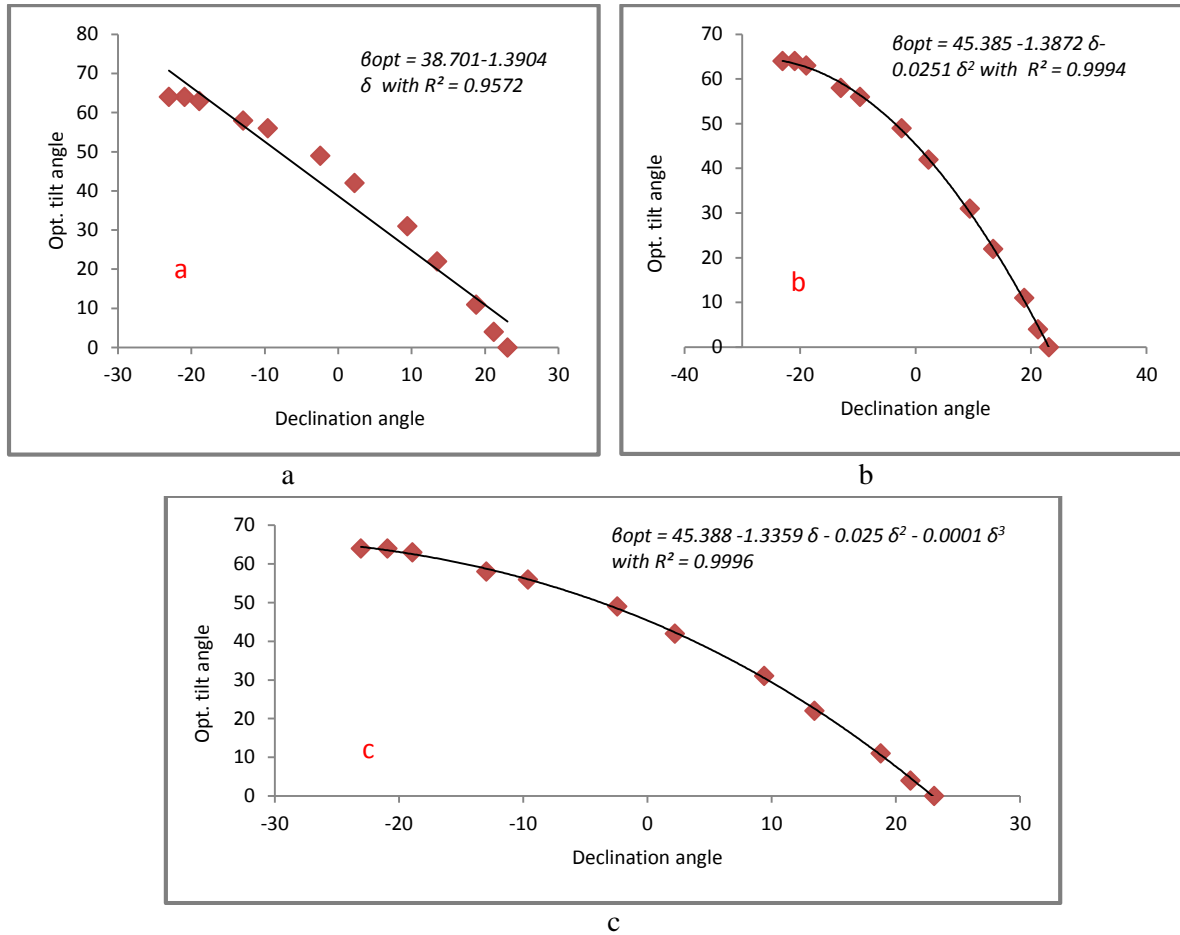


Figure 6. General correlations (a) linear, (b) quadratic and (c) third order polynomial

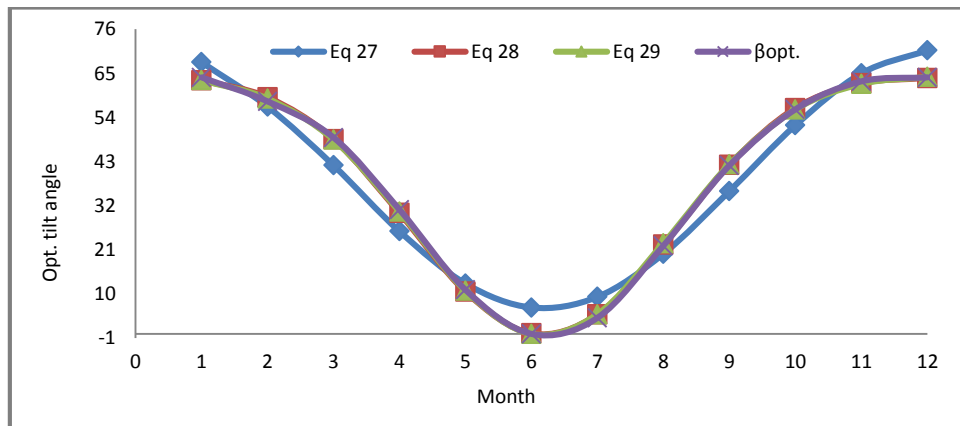


Figure 7. General correlations (Eq.27) linear, (Eq.28) quadratic and (Eq.29) third order polynomial with β_{opt}

3.2 Solar Radiation at Optimum Tilt Angle for Different Orientation

In this section the maximum total solar radiation occur at optimum tilt angle for different orientation angle various from 0° to 90° by step of 10° was calculated as shown in Table 3. Because there are a lot of data for calculating maximum total solar radiation for all months in the year, so the details

was done only for three months as an example, and other months showed only the Max. H_T and β_{opt} . Figures 8 and 9 shows the total monthly solar radiation at optimum tilt angle for different azimuth angles by using Klein - Theilacker Method. The total solar radiation that calculated by KT method for the months from Jan to Mar. and from Sep. to Dec. has approximately convergent values for β_{opt} . from 0° to 30° at different azimuth angles like, 0° , 10° , 20° , and 30° . On the other hand it has approximately the same values for other months. So, it's not necessary to change azimuth angle, that's mean will be constant at any value from 40° to 80° for months from Apr. to Aug. by adjusting β_{opt} . between 10° to 20° as shown in Table 3. Also it shows from calculations that the max. solar radiation occurs when azimuth angle equal to zero that's mean the pv panel installing towards south - face direction. But as mentioned before the calculations deals with panels that installing with different orientation angles. Fig. 10 and 11 show the variation of total solar radiation and tilt angles along all the months of year. It can be observed that the tilt angle decreases down to 10° at azimuth angle from 10° to 50° , for the months of May, Jun and July. And the max. Solar radiation occurs at tilt angle about 50° for the month of July.

Also for azimuth angle equal to 60° , 70° and 80° the tilt angle equal 10° for the months of (May, Jun, July, Aug.), (Apr., May, Jun, July, Aug.) and (Apr., May, Jun, July, Aug., Sep.) respectively. And the maximum solar radiation occurs at tilt angle. equal about 38° , 30° , 22° for azimuth angle equal to 60° , 70° and 80° respectively. Finally for the azimuth angle equal to 90° the tilt angle will be 0° for all months except Jun that is equal to 10° , and the solar radiation will be maximum in the month of July with tilt angle equal to 0° . The total annual solar radiation, for all months in the year that received by different azimuth and tilt angles were showed in the Table 4 and Fig.12. It is noticed that the annual solar radiation occur at azimuth angle equal 0° that means the pv panels installed in the south face, but as mentioned before the aim of this study deals with different orientation not equal to zero, so the heights annual solar radiation occur at azimuth and tilt angle equal to 10° and 30° respectively. Also it can be noticed from Table 5 that if we used LK method to calculate the total solar radiation by made azimuth angle equal to 0° and changing the tilt angle, the results will be close to the values that obtained from LJ method. Three different correlations linear, quadratic and third order polynomial models based on azimuth angle were developed to calculate optimum tilt angle as shown in Fig.14. The calculations obtained from below equations are given in Table 6.

$$\beta_{opt.} = 33.836 - 0.2564 \gamma \quad R^2 = 0.7326 \quad (30)$$

$$\beta_{opt.} = 27.018 + 0.255 \gamma - 0.0057 \gamma^2 \quad R^2 = 0.9629 \quad (31)$$

$$\beta_{opt.} = 28.262 + 0.0275 \gamma + 0.001 \gamma^2 - 0.00005 \gamma^3 \quad R^2 = 0.9731 \quad (32)$$

The results from above equations show that, by using Eq. 30 the calculated values of annual β_{opt} . did not give accurate values especially for azimuth angle from 30° to 90° . On the other hand by using

Eqs. 31 and 32 the results have a good agreement with annual β_{opt} . especially for Eq. 32. The comparisons of above equations are presented in the Fig. 15.

Table 3. Optimum tilt angle at different orientation for all months

6		$\gamma = 10$		$\gamma = 20$		$\gamma = 30$		$\gamma = 40$		$\gamma = 50$		$\gamma = 60$		$\gamma = 70$		$\gamma = 80$		$\gamma = 90$		
Month	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}
Jan.	5.820	0	5.820	0	5.820	0	5.820	0	5.820	0	5.820	0	5.820	0	5.820	0	5.820	0	5.820	0
	6.899	10	6.881	10	6.828	10	6.742	10	6.626	10	6.487	10	6.328	10	6.154	10	5.968	10	5.776	10
	7.765	20	7.731	20	7.629	20	7.463	20	7.245	20	6.985	20	6.692	20	6.373	20	6.036	20	5.688	20
	8.382	30	8.334	30	8.189	30	7.954	30	7.647	30	7.287	30	6.884	30	6.451	30	5.997	30	5.535	30
	8.730	40	8.669	40	8.49	40	8.198	40	7.821	40	7.381	40	6.894	40	6.376	40	5.841	40	5.302	40
	8.805	50	8.736	50	8.531	50	8.197	50	7.766	50	7.268	50	6.722	50	6.149	50	5.565	50	4.987	50
	8.621	60	8.547	60	8.326	60	7.965	60	7.499	60	6.963	60	6.384	60	5.783	60	5.181	60	4.596	60
	8.206	70	8.129	70	7.901	70	7.528	70	7.045	70	6.492	70	5.903	70	5.301	70	4.709	70	4.147	70
	7.579	80	7.158	80	7.293	80	6.923	80	6.438	80	5.889	80	5.311	80	4.733	80	4.176	80	3.660	80
	6.838	90	6.765	90	6.547	90	6.19	90	5.719	90	5.190	90	4.645	90	4.113	90	3.614	90	3.163	90
Max.	8.805	50	8.736	50	8.531	50	8.198	40	7.821	40	7.381	40	6.894	40	6.451	30	6.036	20	5.820	0
$\gamma = 0$		$\gamma = 10$		$\gamma = 20$		$\gamma = 30$		$\gamma = 40$		$\gamma = 50$		$\gamma = 60$		$\gamma = 70$		$\gamma = 80$		$\gamma = 90$		
Month	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}
Feb.	8.675	0	8.675	0	8.675	0	8.675	0	8.675	0	8.675	0	8.675	0	8.675	0	8.675	0	8.675	0
	9.847	10	9.828	10	9.769	10	9.676	10	9.552	10	9.401	10	9.226	10	9.033	10	8.825	10	8.609	10
	10.739	20	10.700	20	10.587	20	10.411	20	10.181	20	9.903	20	9.584	20	9.231	20	8.853	20	8.458	20
	11.309	30	11.255	30	11.094	30	10.847	30	10.528	30	10.148	30	9.714	30	9.238	30	8.730	30	8.200	30
	11.541	40	11.473	40	11.273	40	10.968	40	10.580	40	10.120	40	9.602	40	9.038	40	8.440	40	7.821	40
	11.436	50	11.358	50	11.128	50	10.780	50	10.340	50	9.825	50	9.250	50	8.631	50	7.983	50	7.319	50
	11.017	60	10.932	60	10.683	60	10.305	60	9.831	60	9.283	60	8.679	60	8.037	60	7.374	60	6.705	60
	10.321	70	10.233	70	9.975	70	9.581	70	9.090	70	8.530	70	7.923	70	7.289	70	6.644	70	6.005	70
	9.400	80	9.313	80	9.056	80	8.658	80	8.166	80	7.615	80	7.031	80	6.432	80	5.835	80	5.255	80
	8.314	90	8.230	90	7.982	90	7.591	90	7.114	90	6.594	90	6.056	90	5.518	90	4.992	90	4.494	90
Max.	11.541	40	11.473	40	11.273	40	10.968	40	10.580	40	10.148	30	9.714	30	9.238	30	8.853	20	8.675	0
$\gamma = 0$		$\gamma = 10$		$\gamma = 20$		$\gamma = 30$		$\gamma = 40$		$\gamma = 50$		$\gamma = 60$		$\gamma = 70$		$\gamma = 80$		$\gamma = 90$		
Month	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}
March	12.897	0	12.897	0	12.897	0	12.897	0	12.897	0	12.897	0	12.98	0	12.89	0	12.89	0	12.89	0
	13.935	10	13.918	10	13.868	10	13.787	10	13.678	10	13.542	10	13.38	10	13.20	10	13.01	10	12.80	10
	14.608	20	14.575	20	14.485	20	14.341	20	14.144	20	13.900	20	13.61	20	13.28	20	12.93	20	12.55	20
	14.886	30	14.841	30	14.718	30	14.524	30	14.261	30	13.935	30	13.55	30	13.11	30	12.63	30	12.12	30
	14.764	40	14.708	40	14.560	40	14.327	40	14.016	40	13.632	40	13.18	40	12.67	40	12.11	40	11.50	40
	14.261	50	14.197	50	14.028	50	13.767	50	13.421	50	12.999	50	12.50	50	11.95	50	11.35	50	10.70	50
	13.417	60	13.346	60	13.160	60	12.878	60	12.511	60	12.070	60	11.56	60	11.00	60	10.38	60	9.73	60
	12.287	70	12.211	70	12.012	70	11.715	70	11.339	70	10.897	70	10.39	70	9.85	70	9.26	70	8.64	70
	10.942	80	10.862	80	10.651	80	10.347	80	9.975	80	9.549	80	9.08	80	8.75	80	8.03	80	7.48	80
	9.453	90	9.370	90	9.151	90	8.849	90	8.497	90	8.108	90	7.68	90	7.24	90	6.78	90	6.32	90
Max.	14.886	30	14.841	30	14.718	30	14.524	30	14.261	30	13.935	30	13.61	20	13.28	20	13.01	10	12.89	0
$\gamma = 0$		$\gamma = 10$		$\gamma = 20$		$\gamma = 30$		$\gamma = 40$		$\gamma = 50$		$\gamma = 60$		$\gamma = 70$		$\gamma = 80$		$\gamma = 90$		
Apr.	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}
Max.	18.28	20	18.269	20	18.231	20	18.155	20	18.041	20	17.887	20	17.69	20	17.55	10	17.41	10	17.34	0
May	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}
Max.	21.890	10	21.887	10	21.879	10	21.865	10	21.840	10	21.803	10	21.754	10	21.694	10	21.623	10	21.571	0
Jun	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}
Max.	24.600	10	24.601	10	24.606	10	24.612	10	24.616	10	24.613	10	24.602	10	24.582	10	24.555	10	24.521	10
July	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}
Max.	25.718	10	25.717	10	25.716	10	25.714	10	25.703	10	25.682	10	25.649	10	25.604	10	25.548	10	25.485	0
Aug.	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}
Max.	23.078	20	23.071	20	23.049	20	22.994	20	22.895	20	22.752	20	22.594	10	22.463	10	22.315	10	22.224	0
Sep.	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}
Max.	19.481	10	19.446	30	19.325	30	19.117	30	18.825	30	18.451	30	18.103	20	17.710	20	17.374	10	17.222	0
Oct.	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}
Max.	13.298	40	13.226	40	13.021	40	12.716	40	12.350	30	11.958	30	11.507	30	11.048	20	10.648	20	10.497	0
Nov.	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}
Max.	9.766	50	9.691	50	9.469	50	9.138	50	8.737	40	8.269	40	7.755	30	7.289	30	6.849	20	6.623	0
Dec.	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}	H_T	β_{opt}
Max.	7.474	50	7.415	50	7.240	50	6.955	50	6.613	40	6.228	40	5.804	40	5.414	30	5.054	20	4.866	0

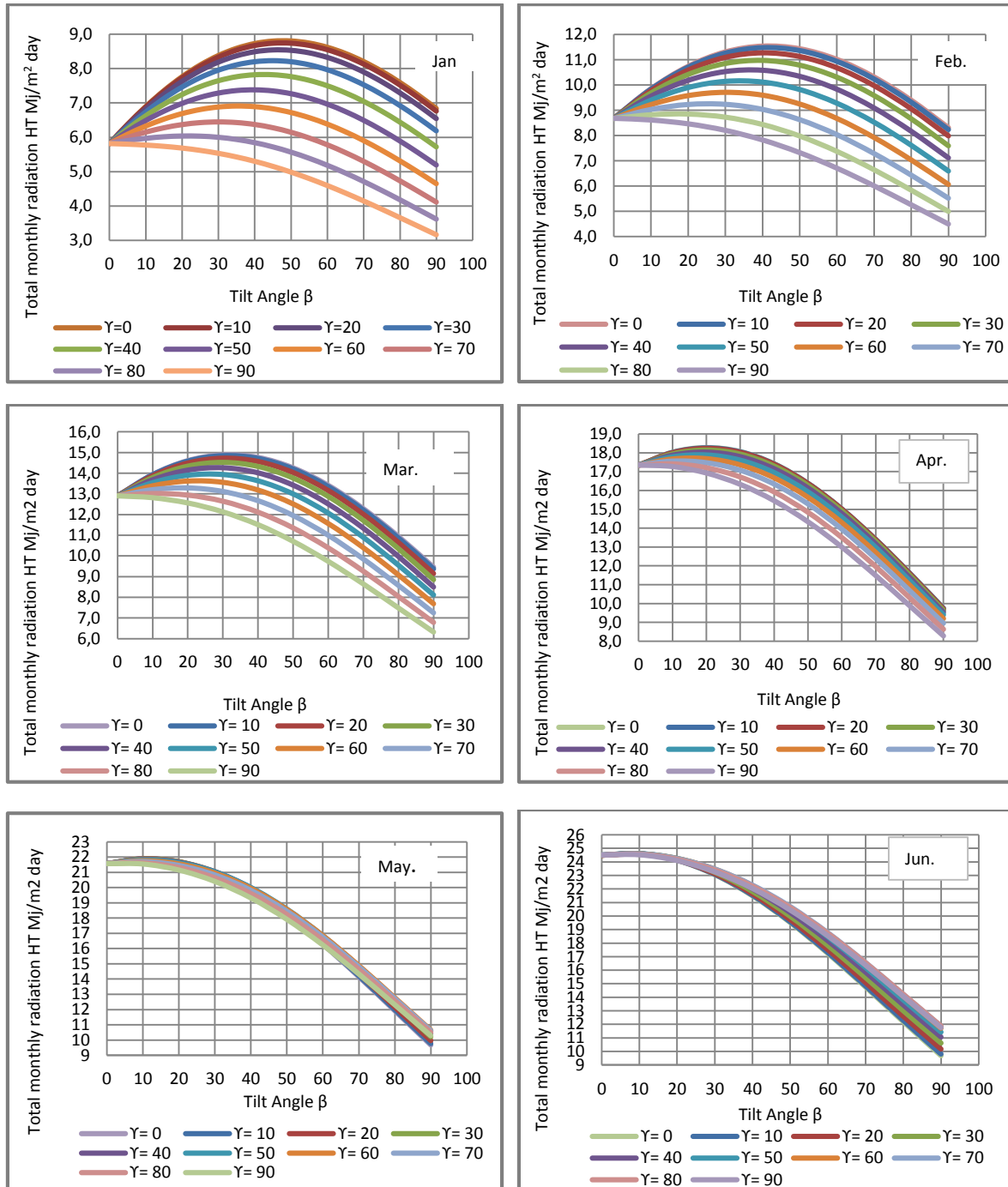


Figure 8. Total monthly solar radiation for inclined surface at different tilt and azimuth angles for months from Jan. to Jun.

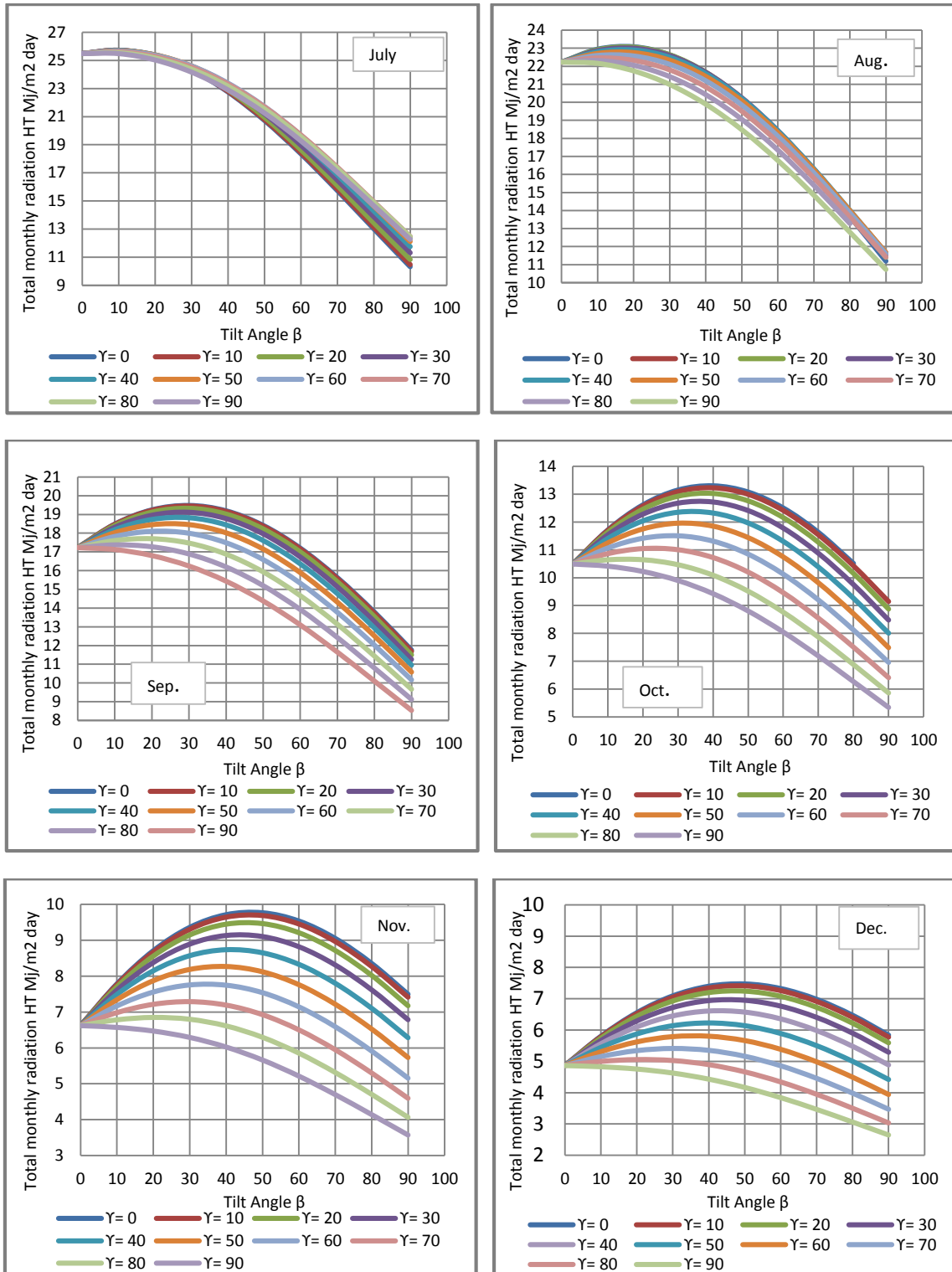


Figure 9. Total monthly solar radiation for inclined surface at different tilt and azimuth angles for months from Jul. to Dec.

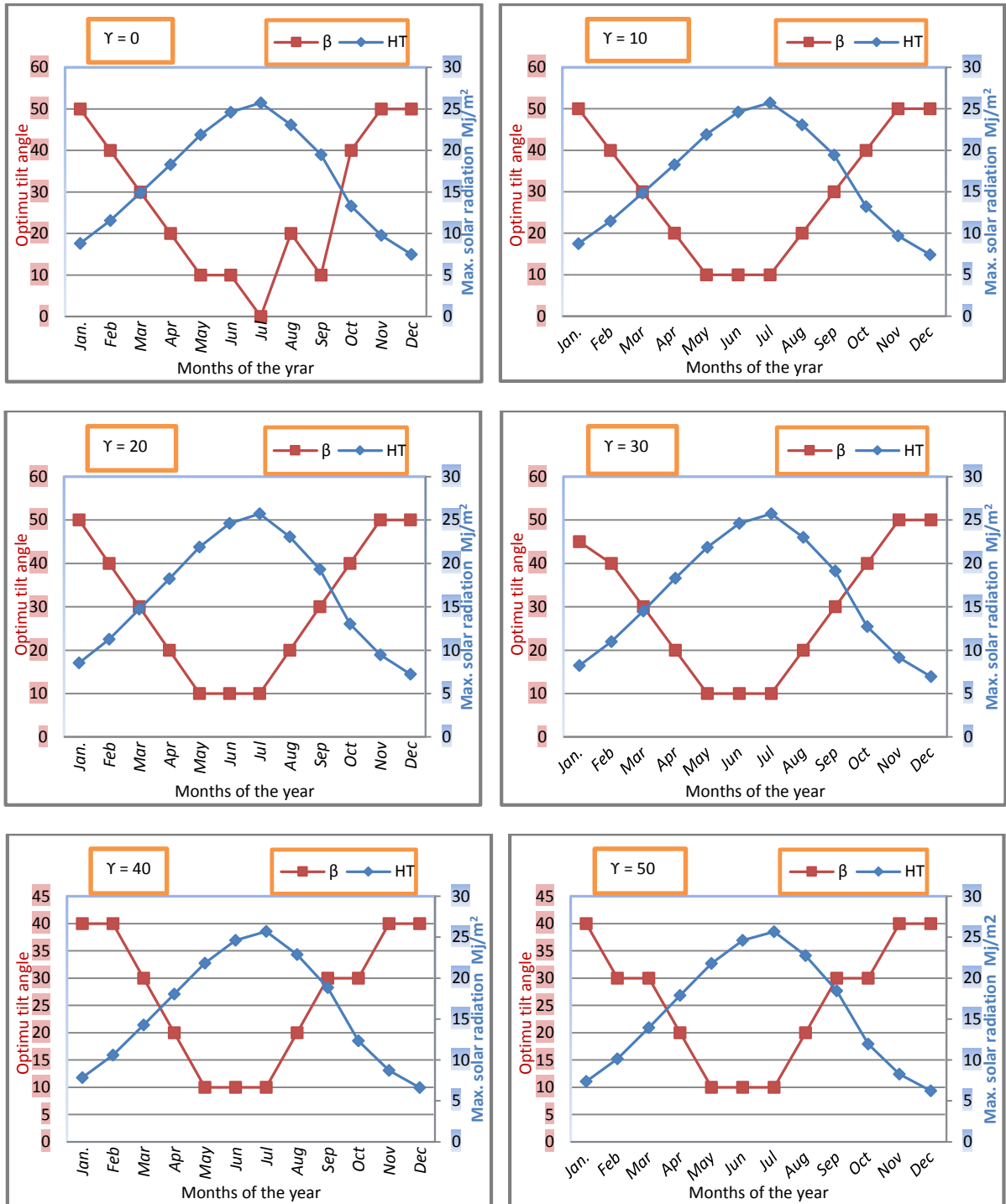


Figure 10. Max. solar radiation for inclined surface at optimum tilt angles for azimuth angle from 0° to 50°

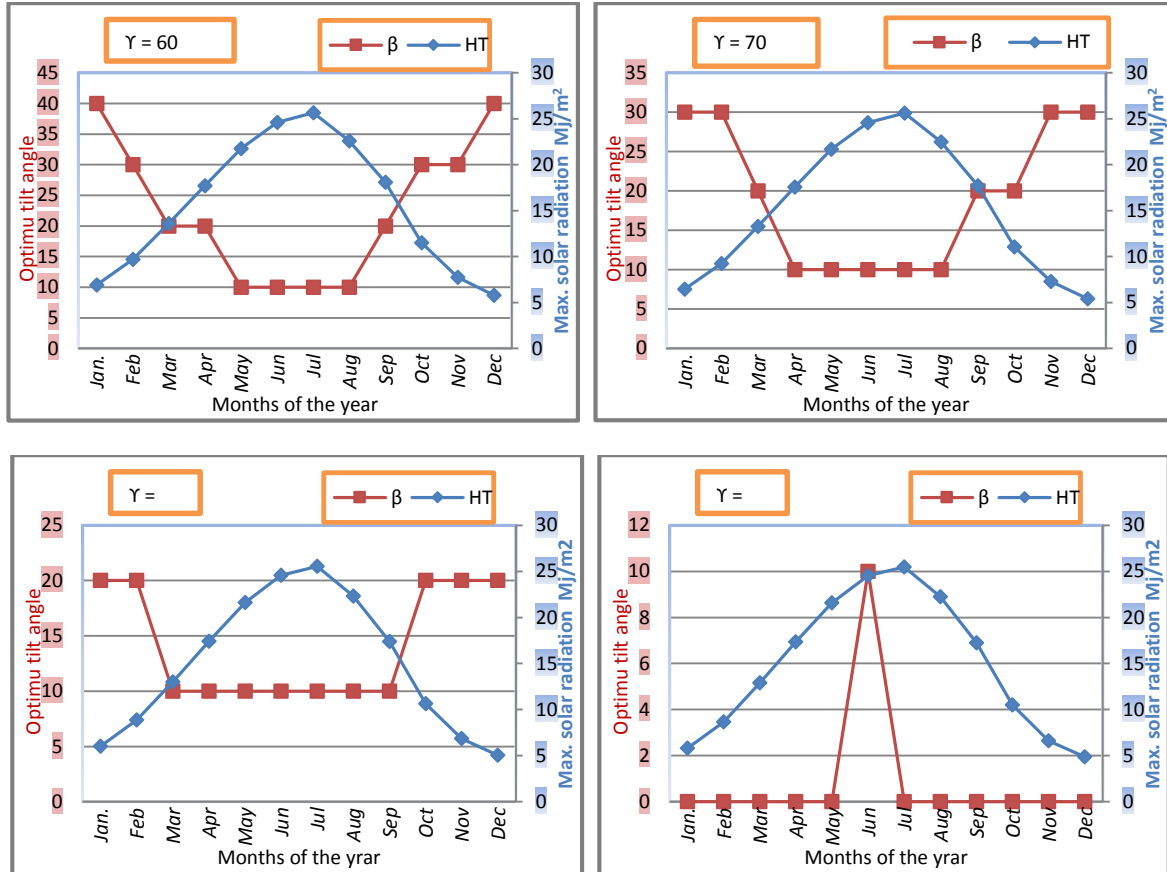


Figure 11. Max. solar radiation for inclined surface at optimum tilt angles for azimuth angle from 60° to 90°

Table 4. Yearly optimum tilt angles, annual solar radiation (Mj/m^2) for different orientations

Annual azimuth angle γ degree	Annual β_{opt} degree	Annual Total radiation for different orientation Mj/m^2
0	27	6047
10	30	6033
20	30	5994
30	29	5934
40	26	5848
50	25	5752
60	22	5648
70	19	5546
80	14	5453
90	1	5406

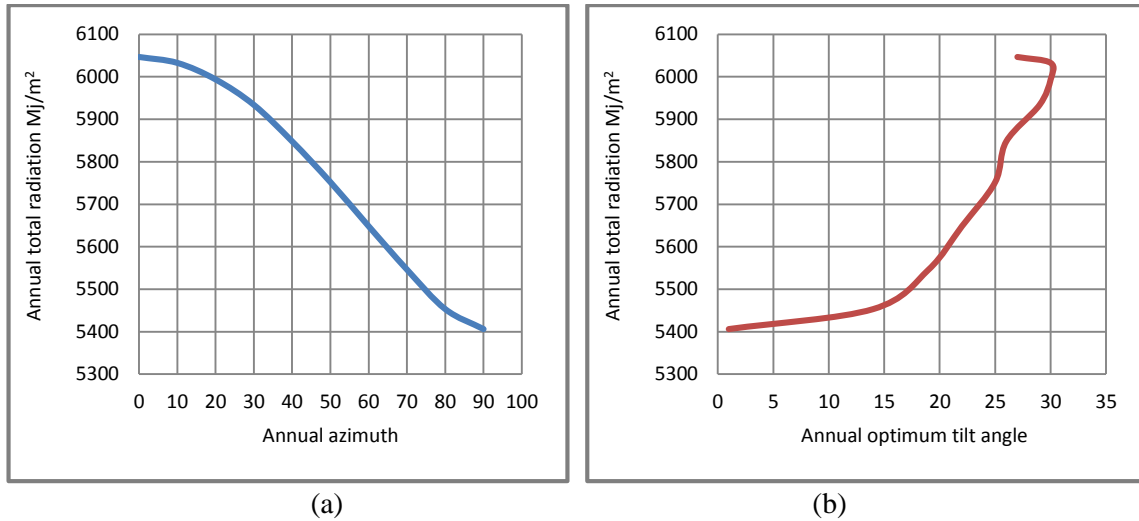


Figure 12. annual average total radiation at different orientation (a) with annual optimum tilts angle (b)

Table 5. HT by Liu - Jordan and Klein -Theilacker method for each month with optimum tilt angle and ($\gamma=0$)

Month	declination angle	Day of the year	HT by Liu and Jordan	β_{opt} .	HT by Klein and Theilacker
Jan.	-20.917	17	9.2337	64	8.48
Feb.	-12.9546	47	11.8969	58	11.12
Mar.	-2.4177	75	15.0015	49	14.33
Apr.	9.4149	105	17.7978	31	18.02
May.	18.7919	135	21.0047	11	21.89
Jun.	23.0859	162	23.868	0	24.50
Jul.	21.1837	198	24.7623	4	25.65
Aug.	13.455	228	22.2541	22	23.03
Sep.	2.2169	258	19.4421	42	19.08
Oct.	-9.5994	288	13.6527	56	12.77
Nov.	-18.912	318	10.215	63	9.42
Dec.	-23.0496	344	7.8421	64	7.21

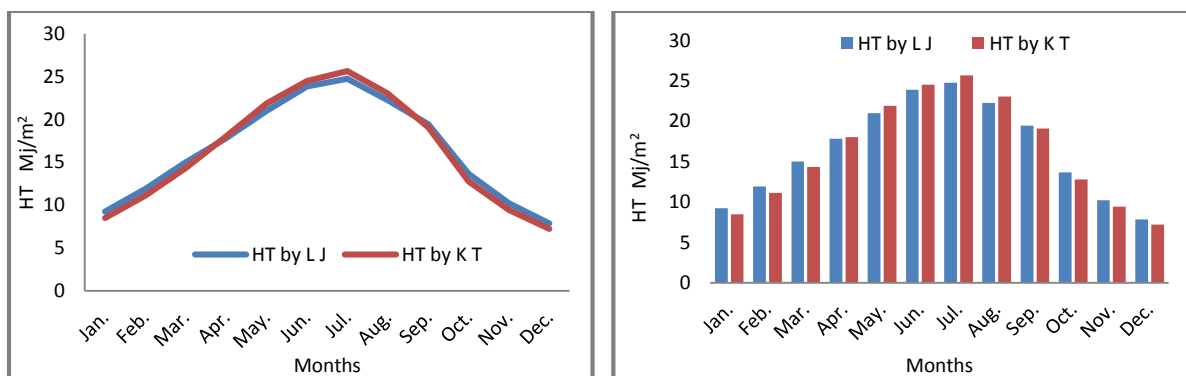


Figure 13. HT for each month with optimum tilt angle and ($\gamma=0$)

Table 6. Annual optimum tilt angle for different azimuth of the developed mathematical models

Annual azimuth angle γ degree	Annual β_{opt} degree	β_{opt} .Eq 30	β_{opt} .Eq 31	β_{opt} .Eq 32
0	27	33.836	27.018	28.262
10	30	36.4	28.998	28.587
20	30	38.964	29.838	28.812
30	29	41.528	29.538	28.637
40	26	44.092	28.098	27.762
50	25	46.656	25.518	25.887
60	22	49.22	21.798	22.712
70	19	51.784	16.938	17.937
80	14	54.348	10.938	11.262
90	1	56.912	3.798	2.387

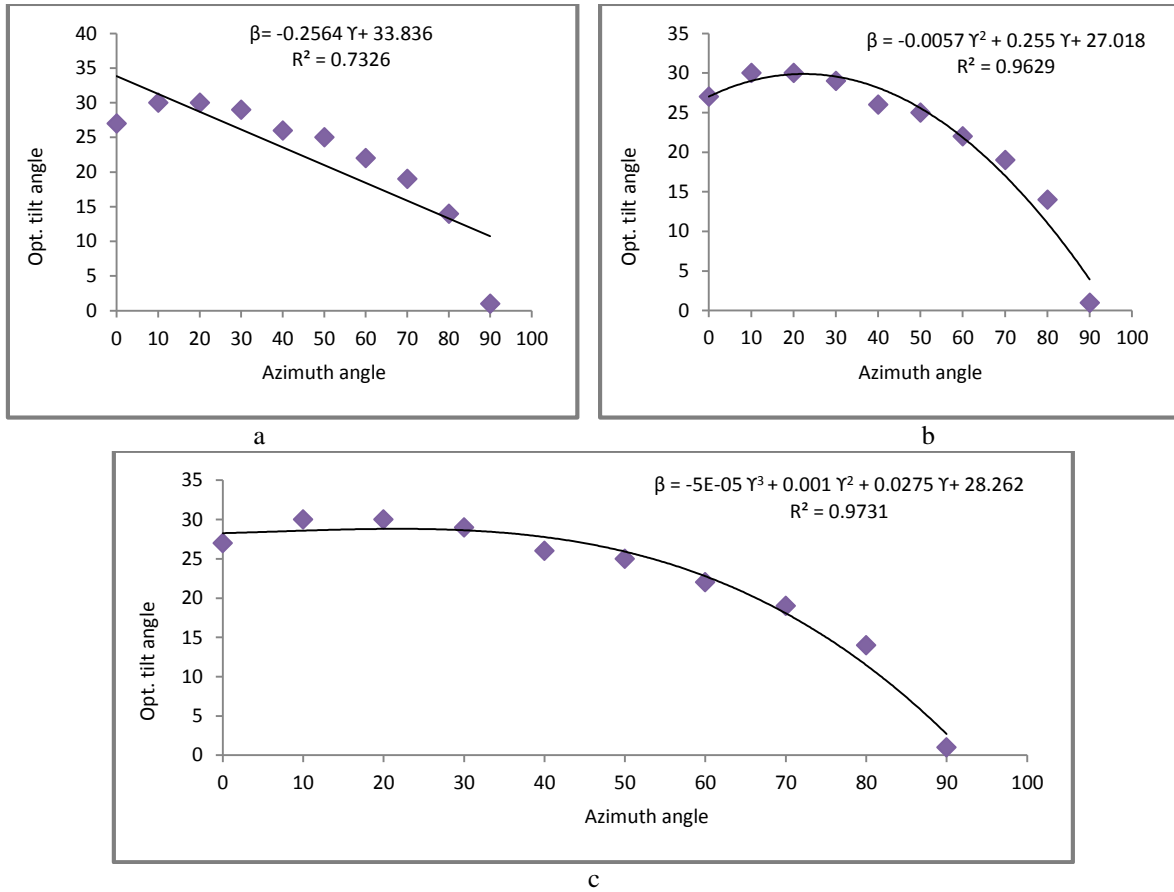


Figure 14. General correlations (a) linear, (b) quadratic and (c) third order polynomial

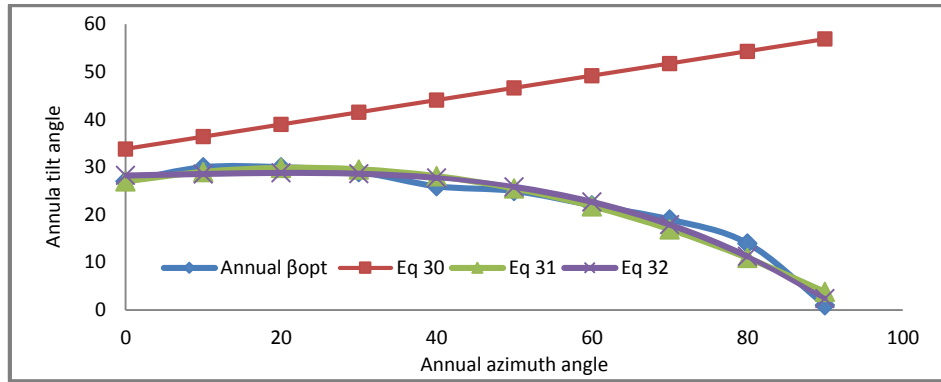


Figure 15. Annual optimum tilt angle for different azimuth of the developed mathematical models

4. CONCLUSION

In this study, an estimation of monthly, annual tilt angle of different orientation for Istanbul were performed to calculate the maximum solar radiation and the following conclusions are drawn:

1. The optimum tilt angle for city of Istanbul, Turkey by using Liu-Jordan model increase in the winter season to obtain the appropriate solar radiation, and it starts decreasing in the spring until it reaches zero in June with max. Solar radiation equal to 23.8680 Mj/m² and then starts to rise in the fall.
2. For the winter and fall season $\beta_{opt.} > \emptyset$ vice versa $\beta_{opt.} < \emptyset$ for summer and spring season, where \emptyset is the latitude of Istanbul which equal to 41.016.
3. By using Liu-Jordan model the highest value was 24.7623 Mj/m² day in Jun at $\beta_{opt.} = 4^\circ$ and the lowest value was 7.8421 Mj/m² day in December at $\beta_{opt.} = 63^\circ$
4. The comparison between the calculated values of $\beta_{opt.}$ and the other values computed from correlation equations showed a good approximate with third order polynomial (Eq. 29).
5. The above conclusions depend on installing the pv panels only towards the south face direction.
6. If it's not possible to installing the pv panel towards the south face ($\gamma \neq 0$) because of shading of high building or another reasons the following points will be considered.
7. For azimuth angles change from 10° to 30° the optimum tilt angle will be about 30° to achieve maximum solar radiation for months from Sep. to Dec.
8. For months from April (fall season) to Aug.(summer season) it's not necessary to change azimuth angle, and it can be constant at any value from 40° to 80° by adjusting $\beta_{opt.}$ 10° to 20°.
9. If the azimuth angle of the panel equal to 90° the tilt angle will be 0° for all months except Jun which is equal to 10°, and the solar radiation will be maximum in the month of July with tilt angle equal to 0°.
10. The results obtained from linear correlation equation for KT model showed that, the values of annual $\beta_{opt.}$ did not give accurate values especially for azimuth angle from 30° to 90°.

11. By using quadratic and third order polynomial models the results have a good agreement with annual β_{opt} , especially for third order polynomial equation.

CONFLICT OF INTEREST

The author declare that there is no conflict of interest.

DECLARATION OF ETHICAL CODE

In this study, the authors undertake that they comply with all the rules within the scope of the “Higher Education Institutions Scientific Research and Publication Ethics Directive” and that they do not take any of the actions under the heading “Actions Contrary to Scientific Research and Publication Ethics” of the relevant directive.

REFERENCES

- [1] A. A. Hachicha, I. Al-Sawafta, and Z. Said, “Impact of dust on the performance of solar photovoltaic (PV) systems under United Arab Emirates weather conditions,” *Renew. Energy*, vol. 141, pp. 287–297, 2019, doi: 10.1016/j.renene.2019.04.004.
- [2] N. Duffie, J. A., Beckman, W. A., & Blair, *Solar Engineering of Thermal Processes*, New York: John Wiley & Sons, 2020.
- [3] K. Ulgen, “Optimum tilt angle for solar collectors,” *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*, vol. 28, no. 13, pp. 1171–1180, 2006, doi: 10.1080/00908310600584524.
- [4] S. A. Klein and J. C. Theilacker, “An Algorithm for Calculating Monthly-Average Radiation on Inclined Surfaces,” *J. Sol. Energy Eng. Trans. ASME*, vol. 103, no. 1, pp. 29–33, 1981, doi: 10.1115/1.3266201.
- [5] S. F. Khahro, K. Tabbassum, S. Talpur, M. B. Alvi, X. Liao, and L. Dong, “Evaluation of solar energy resources by establishing empirical models for diffuse solar radiation on tilted surface and analysis for optimum tilt angle for a prospective location in southern region of Sindh, Pakistan,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 64, pp. 1073–1080, 2015, doi: 10.1016/j.ijepes.2014.09.001.
- [6] Y. Lv, P. Si, X. Rong, J. Yan, Y. Feng, and X. Zhu, “Determination of optimum tilt angle and orientation for solar collectors based on effective solar heat collection,” *Appl. Energy*, vol. 219, pp. 11–19, 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.03.014.
- [7] M. A. A. Mamun, R. Md Sarkar, M. Parvez, J. Nahar, and M. Sohel Rana, “Determining the optimum tilt angle and orientation for photovoltaic (PV) systems in Bangladesh,” 2nd Int. Conf. Electr. Electron. Eng. ICEEE 2017, pp. 1–4, 2018, doi: 10.1109/CEEE.2017.8412910.
- [8] G. Hailu and A. S. Fung, “Optimum tilt angle and orientation of photovoltaic thermal system for application in Greater Toronto Area, Canada,” *Sustain.*, vol. 11, no. 22, 2019, doi: 10.3390/su11226443.

- [9] B. Abdullahi, S. B. Abubakar, N. M. Muhammad, R. K. Al-Dadah, and S. Mahmoud, "Optimum Tilt Angle for Solar Collectors used in Kano, Nigeria Open Access Bala," *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol. 56, no. 1, pp. 31–42, 2019.
- [10] S. Heibati, W. Maref, and H. H. Saber, "Developing a model for predicting optimum daily tilt angle of a PV solar system at different geometric, physical and dynamic parameters," *Adv. Build. Energy Res.*, vol. 15, no. 2, pp. 179–198, 2021, doi: 10.1080/17512549.2019.1684366.
- [11] T. M. Y. Khan, M. Elahi. M. Soudagar, M. Kanchan, A. Afzal, N. R. Banapurmath, N. Akram, S. D. Mane & K. Shahapurkar, "Optimum location and influence of tilt angle on performance of solar PV panels," *J. Therm. Anal. Calorim.*, vol. 141, no. 1, pp. 511–532, 2020, doi: 10.1007/s10973-019-09089-5.
- [12] M. Nfaoui and K. El-Hami, "Optimal tilt angle and orientation for solar photovoltaic arrays: case of Settat city in Morocco," *Int. J. Ambient Energy*, vol. 41, no. 2, pp. 214–223, 2020, doi: 10.1080/01430750.2018.1451375.
- [13] R. Abdallah, A. Juaidi, S. Abdel-Fattah, and F. Manzano-Agugliaro, "Estimating the optimum tilt angles for south-facing surfaces in Palestine," *Energies*, vol. 13, no. 3, 2020, doi: 10.3390/en13030623.
- [14] M. Oh, J. Y. Kim, B. Kim, C. Y. Yun, C. K. Kim, Y. H. Kang, H. G. Kim "Tolerance angle concept and formula for practical optimal orientation of photovoltaic panels," *Renew. Energy*, vol. 167, pp. 384–394, 2021, doi: 10.1016/j.renene.2020.11.096.
- [15] L. Xu, E. Long, J. Wei, Z. Cheng, and H. Zheng, "A new approach to determine the optimum tilt angle and orientation of solar collectors in mountainous areas with high altitude," *Energy*, vol. 237, pp. 121507, 2021, doi: 10.1016/j.energy.2021.121507.
- [16] S. Yadav, C. Hachem-Vermette, S. K. Panda, G. N. Tiwari, and S. S. Mohapatra, "Determination of optimum tilt and azimuth angle of BiSPVT system along with its performance due to shadow of adjacent buildings," *Sol. Energy*, vol. 215, pp. 206–219, 2021, doi: 10.1016/j.solener.2020.12.033.
- [17] Q. Hassan, M. K. Abbas, A. M. Abdulateef, J. Abulateef, and A. Mohamad, "Assessment the potential solar energy with the models for optimum tilt angles of maximum solar irradiance for Iraq," *Case Stud. Chem. Environ. Eng.*, vol. 4, pp. 100140, 2021, doi: 10.1016/j.cscee.2021.100140.
- [18] A. Sharma, M. A. Kallioğlu, A. Awasthi, R. Chauhan, G. Fekete, and T. Singh, "Correlation formulation for optimum tilt angle for maximizing the solar radiation on solar collector in the Western Himalayan region," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 26, 2021, doi: 10.1016/j.csite.2021.101185.
- [19] T. Liu, L. Liu, Y. He, M. Sun, J. Liu, and G. Xu, "A theoretical optimum tilt angle model for solar collectors from keplerian orbit," *Energies*, vol. 14, no. 15, 2021, doi: 10.3390/en14154454.
- [20] R. Gardashov, M. Eminov, G. Kara, E. G. Emecen Kara, T. Mammadov, and X. Huseynova, "The optimum daily direction of solar panels in the highlands, derived by an analytical method," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 120, 2020, doi: 10.1016/j.rser.2019.109668.
- [21] S. Yadav, S. K. Panda, and C. Hachem-Vermette, "Optimum azimuth and inclination angle of BIPV panel owing to different factors influencing the shadow of adjacent building," *Renew. Energy*, vol. 162, pp. 381–396, 2020, doi: 10.1016/j.renene.2020.08.018.

- [22] B. Y. H. Liu and R. C. Jordan, “The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation,” *Sol. Energy*, vol. 4, no. 3, pp. 1–19, 1960, doi: 10.1016/0038-092X(60)90062-1.
- [23] D. G. Erbs, S. A. Klein, and J. A. Duffie, “Estimation of the diffuse radiation fraction for hourly, daily and monthly-average global radiation,” *Sol. Energy*, vol. 28, no. 4, pp. 293–302, 1982, doi: 10.1016/0038-092X(82)90302-4.
- [24] NASA, “Surface meteorology and Solar Energy”, (2014). [Online]. Available: <https://ntrs.nasa.gov>.

Copyright © 2023 Abed. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).




Araştırma Makalesi / Research Article

Banki Türbini Verimlilik Artışı için Tasarım Parametrelerinin Sayısal ve Deneysel Olarak İncelenmesi

Numerical and Experimental Investigation of Design Parameters for Efficiency Increase of Banki Turbine

Oğuzhan BENDEŞ¹ , Buğra YILMAZ² , Faruk KOÇ³ , Adem YILDIZ^{4,*} 

^{1,2,3,4} TEMSAN, Türkiye Elektromekanik Sanayi A.Ş., ArGe ve İnovasyon Daire Başkanlığı, 06200, Ankara, Türkiye

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1243168>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 03 Şubat 2023

Revize, 22 Mart 2023

Kabul, 23 Mart 2023

Online Yayınlama, 29 Mayıs 2023

Anahtar Kelimeler

Banki türbin tasarımı, Banki CFD analizi, Banki türbin verimi, Banki deneysel testler

ARTICLE INFO

Article History

Received, 03 February 2023

Revised, 22 March 2023

Accepted, 23 March 2023

Available Online, 29 May 2023

Keywords

Design of the banki turbine, CFD analysis of the banki, Efficiency of the banki, Banki experimental tests

ÖZ

Bu çalışmada, Banki hidrolik türbininin verimini artırmak için türbin kanat sayısını optimize edip yeni çark modeli oluşturmak amaçlanmıştır. Debi ve düşü değerleri bilinen türbinin tasarım değerleri analitik yollarla hesaplanmıştır. Kanat sayısı için literatürde kabul gören bir analitik yol bulunmamaktadır. 7 farklı kanat sayısı deneyerek bu çarkın sayısal analizi ANSYS CFX yazılımıyla gerçekleştirilmiş ve analiz sonucu değerlerinden en yüksek verime sahip olan 30 kanatlı çark imal edilmiştir. 0,2 m³ debi ve 65 metre düşü değerleri baz alınarak oluşturulan türbin modelinin sayısal çalışması deneysel testler ile doğrulanmıştır. Sayısal ve deneysel çalışmalar 30 kanatlı türbin için farklı debilerde verimi bulmak için tekrarlanmıştır. Türbin deneysel testlerde %74,91, HAD analizleri sonucunda %76,85 maksimum verim değerine ulaşmıştır. Bu sonuçlarla sayısal ve deneysel test sonuçlarının uyum içinde olduğu ve maksimum verim değerinin belli debi aralığında gerçekleştiği görülmüştür. Önerilen sayısal analiz yöntemiyle en yüksek verimi veren kanat sayısı farklı modelleri imal etmeye gerek kalmadan belirlenebilir.

ABSTRACT

In this study, it is aimed to create a new runner model by optimizing the number of turbine blades in order to increase the efficiency of the Banki hydraulic turbine. The design values of the turbine, whose flow and head values are known, were calculated analytically. There is no accepted analytical method in the literature for the number of blades. Numerical analysis of this runner was carried out by ANSYS CFX software by testing 7 different blade numbers and 30 bladed runner with the highest efficiency were produced from the analysis results. The numerical study

*Sorumlu Yazar

E-posta Adresleri: oguzhan.bendes@temsangov.tr (Oğuzhan BENDEŞ), bugra.yilmaz@temsangov.tr (Buğra YILMAZ), faruk.koc@temsangov.tr (Faruk KOÇ), adem.yildiz@temsangov.tr (Adem YILDIZ)

of the turbine model, which was created based on 0.2 m³ flow and 65 meters head values, was verified by experimental tests. Numerical and experimental studies were repeated for 30 bladed turbines to find efficiency at different flow rates. The turbine reached a maximum efficiency of 74.91% in experimental tests and 76.85% in CFD analysis. It has been seen that these results are in agreement with the numerical and experimental test results and the maximum efficiency value is realized in a certain flow range. With the proposed numerical analysis method, the number of blades that give the highest efficiency can be determined without the need to manufacture different models.

1. GİRİŞ

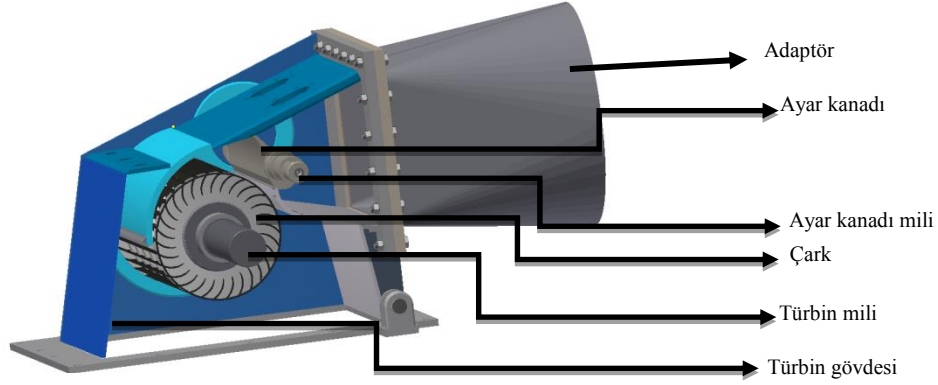
Yenilenebilir enerjiye olan ilgi; karbon kaynaklı yakıtların neden olduğu emisyon değerleri, bu kaynakların sınırlı oluşu, çevreye olan duyarlılığın artması nedeniyle her geçen yıl artış göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından hidrolik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren su türbinlerinden birisi de adını mucidinden alan çapraz akışlı olarak da adlandırılan Banki türbinidir. Genel olarak mini/mikro hes (hidroelektrik santral) olarak kullanılan Banki türbini, uygun debi ve düşü değerlerini sağlayan su kaynağının olduğu yerlerde elektrik üretimi için elverişlidir. Elektrik iletiminin zor ve maliyetli olan yerlerde, hali hazırdaki bir akarsu veya isale hattından yararlanmak istenildiğinde mini/mikro hes ekonomik bir çözüm olacaktır. Şebekeden elektrik iletimi için hattın geçtiği yerdeki doğaya verilecek olası zarar göz önüne alındığında küçük güçler için de heslerin yaygınlaştırılması önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın kapsamı mevcut debi ve düşü değerine uygun olarak tasarlanacak Banki türbininin yüksek verimlilikte projelendirmesidir. Bunun için türbin kanat sayısını optimize ederek yeni çark modeli oluşturmak hedeflenmiştir, Optimizasyon için çarkın farklı kanatlarda sayısal analizi yapılmıştır ve analiz sonucu en yüksek verimin görüldüğü çarkın imalatı gerçekleştirilmiştir. Çark imalatından sonra farklı debi ve düşülerde sayısal analizler ve deneysel testler yürütülmüştür.



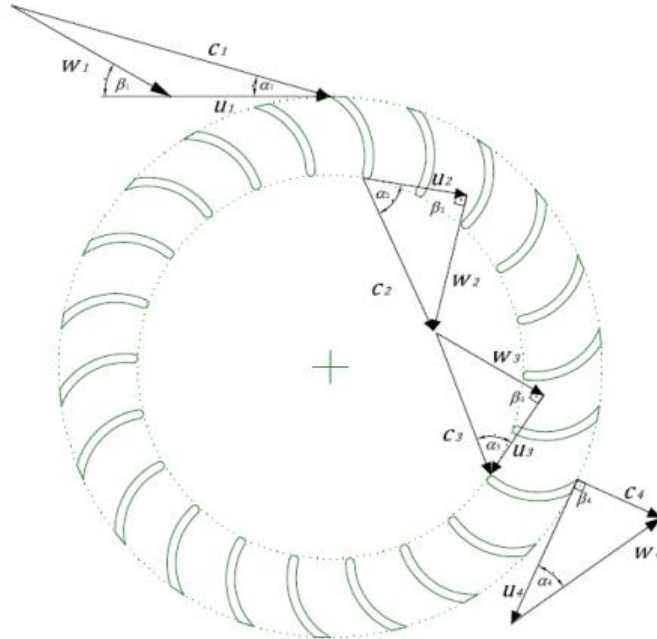
Şekil 1. 30 kanatlı türbin çarkı

Şekil 1’de türbin miline montaj halde türbin çarkı yer almaktadır. Şekil 2’de ise Banki türbinine bileşenleri verilmiştir. Su cebri borudan gelirken adaptör aracılığıyla dikdörtgen kesitli türbine girer. Ayar kanadı miline bağlı olan ayar kanadında suyun debisi ayarlanır. Ayar kanadından geçen su, türbin gövdesi içinde yer alan türbin miline monte çarktan iki kez geçerek türbin dışına yönlendirilir.



Şekil 2. Banki türbini ana parçaları

Banki türbin çarkı tasarımında önemli bir kriter olan kanat açılarını belirlerken hız üçgenlerinden yararlanır. Hız üçgenleri yardımıyla suyun türbine giriş çıkış açıları optimize edilir. Banki türbininde hız üçgenleri Şekil 3’te ve Tablo 1’de gösterilen terimlerle ifade edilmektedir [1].



Şekil 3. Hız üçgenlerinin çarkta gösterimi

Tablo 1. Hız üçgeni terimleri

Sembol	Terim, Birim
w	Bağıl hız, m/s
u	Çevresel hız, m/s
c	(u+w) Mutlak hız, m/s
α	Mutlak hız açısı, derece
β	Bağıl hız açısı, derece

Banki türbinin verimliliği, çark çapına ve uzunluğuna, dönme hızına, kanatlar, su jeti hızına, kanat açısına, kanat kavis yarıçapına, su giriş ve çıkış açısına bağlı arasındaki boşluklara olduğu gibi kanat sayısına da bağlıdır [2].

Literatürde Banki türbini verimi ve tasarımı için yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Banki türbini için yapılan bir çalışmada; hidrolik verimler HAD ve teorik olarak karşılaştırılmıştır. 16 m düşü, 0,315 m³ debiye sahip 18 adet çark kanadı olan 26,95 kW gücündeki türbinin analizindeki hidrolik verim değeri %5 hata payıyla bulunmuştur [3]. Farklı debive düşü değerlerine karşılık gelecek Banki türbininin boyutlandırılması üzerine olan çalışmada, artan düşüye ve debiye karşılık çark çapında artış, artan debi ve düşüye karşılık çark genişliğinde küçülme gözlenmiştir [4]. Banki türbininin tasarım noktasından farkı değerlerde işletmeye alınan çalışmada, düşük debinin kanat aralığını yeterince doldurmaması, bu boşluklara havanın gelmesinin verimde düşüşün nedeni olarak açıklanmıştır [5]. Banki türbin tasarımı için çark kanadının giriş çıkış açıları, çark çapı ve nozul boyutlandırılması üzerinde durulan çalışmada kanat sayısı ve çark iç/dış çap oranları az bir miktarda verime etki ettiği görülmüştür. Türbin mili, karakteristik verim eğrisine etki etmese de verimde düşüş gözlenmiştir [6]. 0,53 kW ve 7 kW gücündeki iki adet Banki türbinin sayısal ve deneysel olarak incelendiği çalışmada duvar optimizasyonu ile verim değerinde %6 oranında artış görülmüştür [7]. 2 m³/s debiye ve 5,5 m düşüye sahip, su girişi dikey olan Banki türbininde, değişen emme borusu uzunluğuna göre verim hesabı çalışması yapılmıştır. Emme borusu uzunluğunu çark çapının 1,2 katı olduğu durumda en yüksek verim değerinin elde edildiği saptanmıştır [8].

2. MATERYAL VE METOT

Türbin tasarlarken analitik yöntemlerde üzerinde uzlaşmış formüller olmadığı gibi her su kaynağından farklı debi ve düşü değerleri görülmektedir. Türbin tasarımları bu iki değere bağlı olduğundan türbinlerin parça boyutları da standart olmamaktadır. Bundan dolayı her tasarımda türbin geometrisinin yeniden ele alınması gerekmektedir.

Bu çalışmada türbin imalatına geçmeden önce türbin tasarım değerleri hesaplanıp tasarlanmış ve türbinin HAD (hesaplamalı akışkanlar dinamiği) analizi, ANSYS CFX 18.1 ticari yazılımı

yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizde farklı kanat sayıları sonucu, suyun türbin içerisindeki hız ve basınç dağılımı, ayar kanadı açıklığına göre güç ve verim değerleri irdelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre maksimum verim değeri görüldükten sonra, türbine ait bütün parçalar imal edilmiştir. TEMSAN A.Ş. bünyesinde yer alan Hidrolik Test Merkezi'nde türbinin deneysel testleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu yapılmış ölçüm cihazlarıyla yapılan testlerden veriler alınarak verim değeri hesabına geçilmiştir. Türbin milinin torku ve devri torkmetre yardımıyla ölçülmüştür, suyun debisi manyetik debimetre ile ölçülmüştür. Bu değerlerle çıkış gücü olan mil gücü hesaplanıp, suyun girişteki gücü olan hidrolik güce bölününce verim değerleri elde edilmiştir. Torkmetre TS EN ISO/IEC 17025 (Deney ve kalibrasyon laboratuvarlarının yetkinliği için genel gereklilikler) standartlarına göre kalibre edildikten sonra ölçümler gerçekleştirilmiştir [9].

2.1 Tasarım Değerlerinin Hesaplanması

Bu çalışmada kullanılan türbin için öncelikle türbin karakteristiğini oluşturan değerler açıklanmış olup, hesaplamalar verilmiştir. Tablo 2'de özet olarak türbin karakteristik değerleri yer almaktadır.

Tablo 2. Banki türbini karakteristik değerleri

Terim, Sembol, (Birim)	Değer	Terim, Sembol, Birim	Değer
Su jeti hızı, V_{jet} (m/sn)	35	Düşü, H_{net} (m)	65
Devir sayısı, n (dev/dak)	1075	Debi, Q (m ³ /s)	0,2
Türbin giriş genişliği, B_0 (mm)	100	Kanat sayısı	30
Su yoğunluğu, ρ (kg/m ³)	998,2	Gravite: g (m/s ²)	9,808

- Su jeti hızının hesaplanması, V_{jet} (1) nolueşitlikle hesaplanır [10].

$$V_{jet} = C\sqrt{2gH_{net}} = 0,98\sqrt{2 \times 9,808 \times 65} = 35 \text{ m/s} \quad (1)$$

Birimsiz C hız katsayısı, 0,98 olarak seçilmiştir.

- Türbin çark çapı D , (2) nolueşitlikle hesaplanır [11]. α , giriş açısı 18° alındığında;

$$D = \frac{30 \cdot \cos \alpha \cdot C \cdot \sqrt{2gH_{net}}}{\pi \cdot n} = \frac{30 \cdot \cos 18^\circ \cdot 0,98 \cdot \sqrt{2 \times 9,81 \times 65}}{\pi \times 1075} = 0,3 \text{ m} \quad (2)$$

- Türbin devir sayısı, n (3) nolu eşitlikten çekilerek hesaplanır.

Çark çapı D , (3) nolu eşitlikle de hesaplanabilmektedir [12]. Çark çapı 0,3 m hesaplandığına göre, verim değeri ortalama 0,75 alınıp bu eşitlikte tek bilinmeyen birim devir olarak tanımlanan n_{11} değerini (5) nolu eşitlikle bulabiliriz [13]. n_{11} için öncelikle U_1 çevresel hız değeri (4) nolu eşitlikle hesaplanır, bulunan bu değer (5) nolueşitlikte yerine konup, n_{11} hesaplanır [12].

$$D = n_{11}H^{0,5}/n \quad (3)$$

$$U_1 = \left(\frac{\eta g H}{1,732}\right)^{0,5} = \left(\frac{0,75 \times 9,808 \times 65}{1,732}\right)^{0,5} = 16,62 \text{ m/sn} \quad (4)$$

$$n_{11} = \frac{U_1 \times 60}{\pi \times H^{0,5}} = \frac{16,62 \times 60}{\pi \times 65^{0,5}} = 39,36 \text{ dev/dak} \quad (5)$$

n_{11} değerinin hesaplama yapılmaksızın literatürde yer alan 35-39 aralığına çok yakın olduğu görülmektedir [12]. Böylece n değeri (3) nolu eşitlikten çekilip yeniden yazılırsa;

$$n = n_{11}H^{0,5}/D = 39,36 \times 65^{0,5} / 0,3 = 1058 \text{ dev/dak} \quad (3)$$

olarak bulunur.

- Türbin giriş genişliğinin hesaplanması, B_0 :

Bu değer için çeşitli analitik çözümler olmakla birlikte, 200 lt/s debi ve 65 m düşü değeri için Banki türbini tasarım dokümanında yer alan grafik yardımıyla 100 mm okunur [13].

- Türbin gücü (6) ve (7) nolu eşitlikle ve türbin verimi (8) ise; (6) ve (7) nolu eşitliğin oranıyla bulunur [14].

$$P_{\text{mil gücü}} = T \cdot \omega \quad (W) \quad (6)$$

$$P_{\text{hidrolik güç}} = \rho \cdot g \cdot H_{\text{net}} \cdot Q \quad (W) \quad (7)$$

$$\eta_{\text{türbin}} = P_{\text{mil gücü}} / P_{\text{hidrolik güç}} \quad (8)$$

Analitik hesaplamalarla bulunan devir sayısı, deneysel çalışmada torkmetre ile ölçülmüştür. Bu iki hız değerinin uyumlu olduğu görülmüştür. Burada ω rad/s cinsinden açısal hızı, T Nm cinsinden türbin mili torkunu, P Watt cinsinden gücü ifade eder.

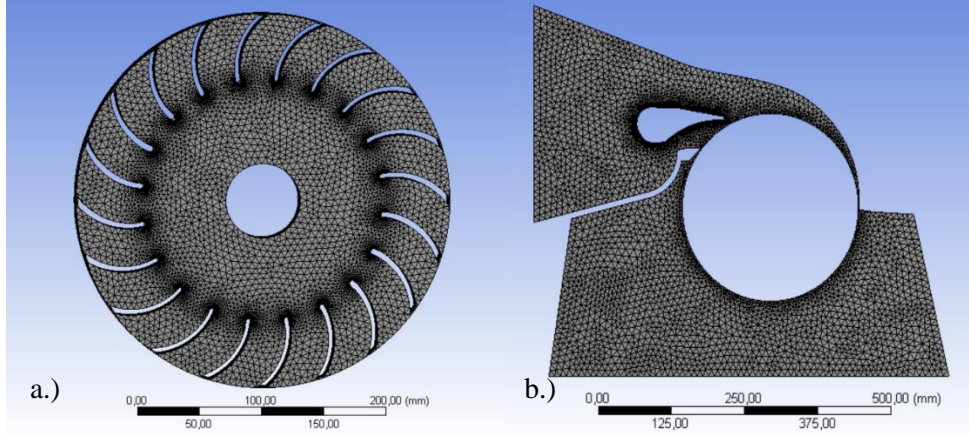
Literatürde Banki türbini ideal kanat sayısının tespiti için kabul görmüş analitik bir yol olmadığından, kanat sayısı sayısal analiz yöntemiyle ve deneysel testlerle bulunacaktır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1 Türbinin HAD Analizi

Çalışmanın ilk aşaması olan sayısal analiz kısmında, farklı kanat sayıları için Autodesk Inventor 2022 Professional ticari yazılımında geometrileri oluşturulan 20, 22, 25, 30, 35, 40 ve 45 kanatlı olmak üzere 7 farklı çarkın tasarımı yapılmıştır. Analiz, ANSYS CFX 18.1 yazılımında gerçekleştirilmiştir [15], [16]. 7 farklı çark tasarımı için 7 farklı analizde yapılan aşamalar aynı olup, ağ sayısı ve düğüm noktası farklılığı kanat sayısına göre değişkenlik göstermektedir. 30 kanat sayısı

için ağ ve düğüm sayısı Tablo 3'te verilmiştir. Türbin analizi için Şekil 4'te görüldüğü gibi çark ve gövde olmak üzere iki parçaya ayrı ayrı ağ yapısı oluşturulmuştur. Analiz kısmında montaj işlemi uygulanmıştır. Her iki parça için de dikeylik (orthogonality) ve çarpıklık (skewness) değerleri yazılım üreticisinin kullanıcı kılavuzunda tavsiye ettiği değerler arasında belirlenmiştir [17]. Çarkta ve gövdede ağ yapısının suyla temas eden çevresine daha doğru sonuçlar için inflation eklenmiştir. Inflation işleminde; transition ratio: 0,1, maksimum layers: 6, growth rate: 1,2 olarak alınmıştır. Ağ yapısında toplam 1.270.907 element, 2.082.342 düğüm noktası bulunmaktadır.



Şekil 4. Türbin ağ yapısı a.) çark b.) gövde

Tablo 3. Ağ yapısı değerleri

	Ağ yapısı element sayısı	Ağ yapısı düğüm sayısı	Skewness (çarpıklık)	Orthogonality (Dikeylik)
Çark	440350	830557	0,235	0,764
Gövde	622177	1212785	0,251	0,747
Toplam	1270907	2082342		

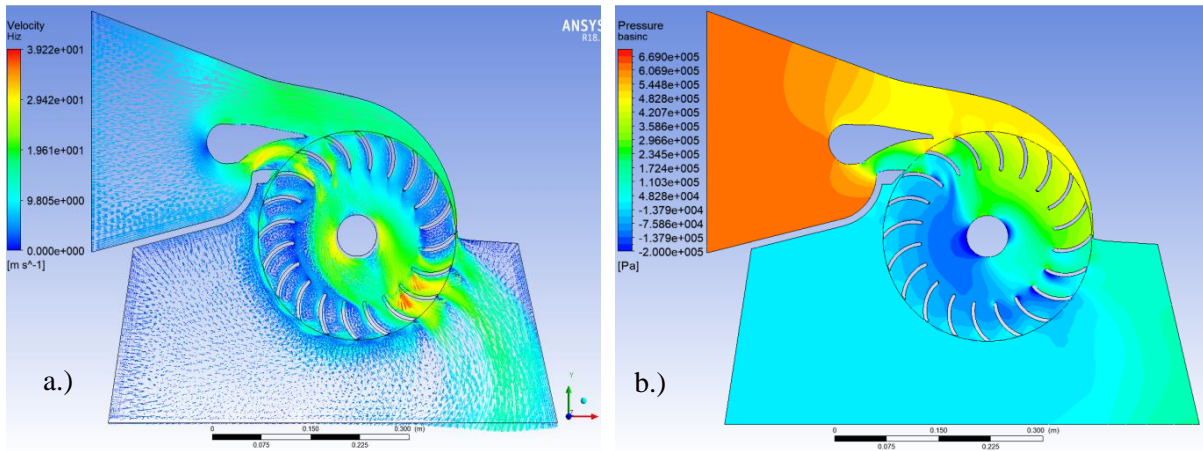
ANSYS 18.1 CFX ticari yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen analizde; giriş basıncı 6,5 bar, debi 0,2 m³/s girilmiştir. Hidrolik türbinlerde; türbülans modeli seçimi için literatürde farklı çalışmalara rastlanmakla beraber SST (Shear Stress Transport – Kesme Gerilmesi Taşınımı) modeli ile iyi sonuç alındığını bildirenler bulunmaktadır [18, 19, 20]. Analiz k-ε ve k-ω modellerinin birleşmesi ile oluşan SST modeliyle steady-state (kararlı) şartlarda gerçekleştirilmiştir. Eşitlik (9) ve (10) ile SST denklemleri gösterilmiştir. Burada; k, türbülans kinetik enerjisini, ω, spesifik yayılma oranını göstermektedir [17].

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_k \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + \widetilde{G}_k - Y_k + S_k \quad (9)$$

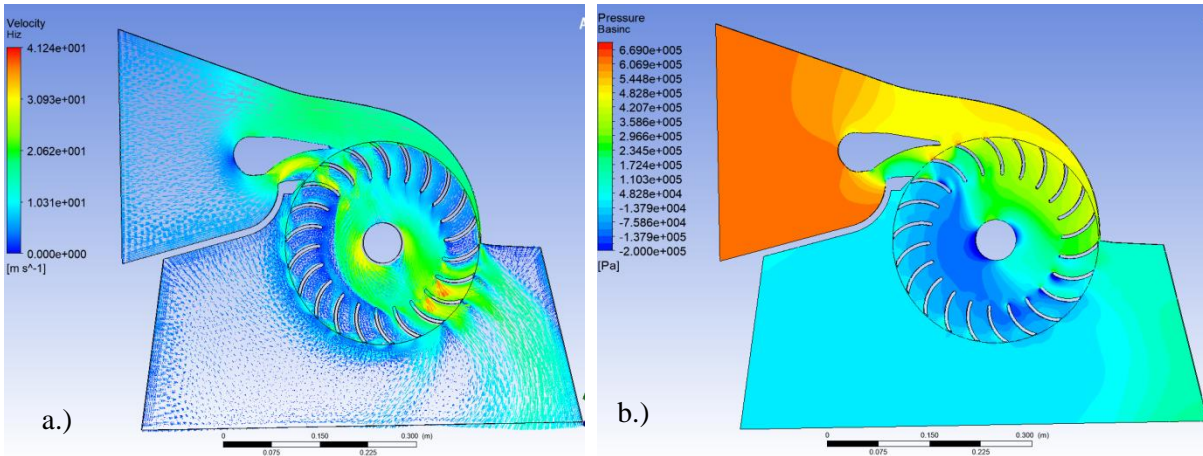
$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \omega) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \omega u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_\omega \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right) + \widetilde{G}_\omega - Y_\omega + S_\omega + S_\omega \quad (10)$$

Analizde, boyut fonksiyonu curvature, relevance değeri medium, transition slow olarak uygulanmıştır. Giriş koşulları olarak toplam basınç, rölatif basınca 65 metre düşü değeri metre su sütunu olarak girilmiştir. Çark duvarı ve kanatlar rotating wall (dönen sınır) olarak seçilmiştir. Solver control (Çözücü kontrolü) high resolution (yüksek çözünürlük), physical time scale (fiziksel zaman ölçeği) 0,01 s, residual (yakınsama kriteri) 10E-4 olarak alınmıştır. Çarkın rölatif basıncı 0, devir sayısı 1079 olarak girilmiştir. Çark çıkışı mass flow rate(kütleli debi) 200 kg/s olarak tanımlanmıştır.

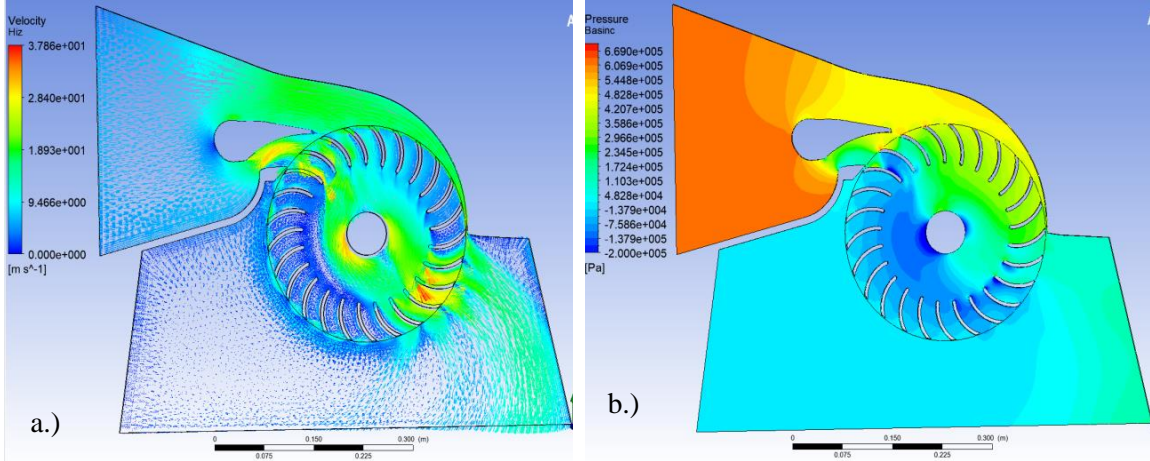
Analizler HP Z640 model, 64 GB RAM bellek ve Intel Xeon 2,4 GHz, 10 çekirdekli iş istasyonunda gerçekleştirilmiştir. 279 iterasyon sonucunda yakınsama sağlanmıştır. 7 farklı kanat sayısı ile yapılan sayısal analizler sonucu hız ve basınç dağılımları Şekil 5-11 arasında sırayla gösterilmiştir.



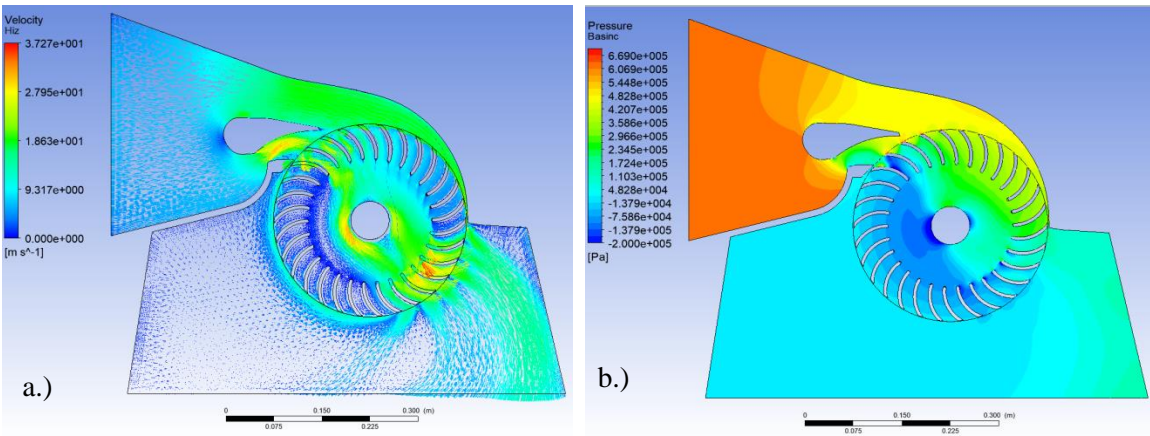
Şekil 5. 20 kanat için kanat için hız ve basınç dağılımı a.) hız b.) basınç



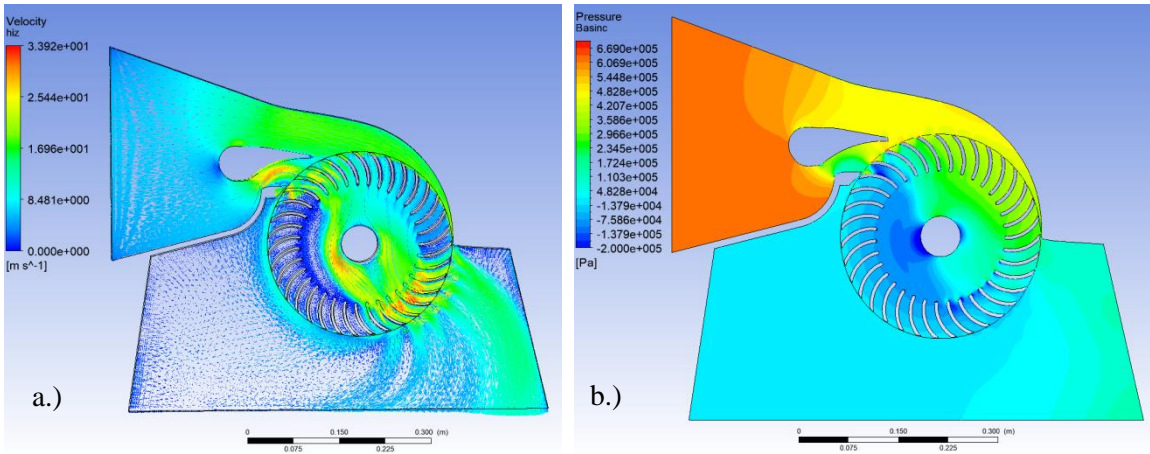
Şekil 6. 22 kanat için hız ve basınç dağılımı a.) hız b.) basınç



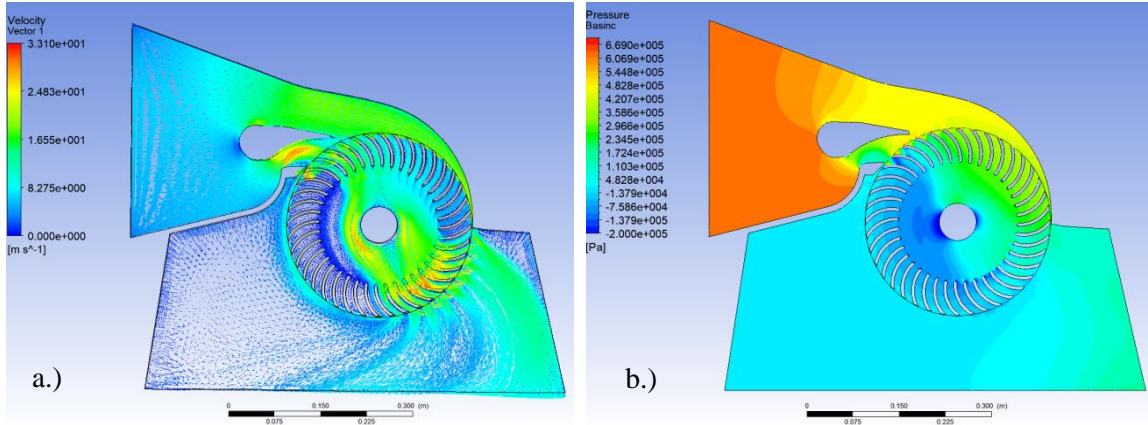
Şekil 7.25 kanat için hız ve basınç dağılımı a.) hız b.) basınç



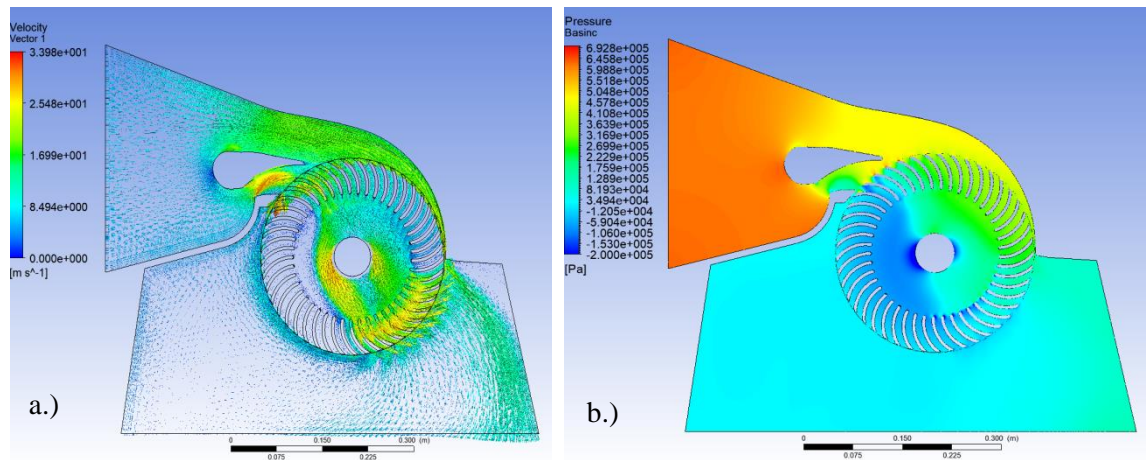
Şekil 8.30 kanat için hız ve basınç dağılımı a.) hız b.) basınç



Şekil 9.35 kanat için hız ve basınç dağılımı a.) hız b.) basınç



Şekil 10. 40 kanat için hız ve basınç dağılımı a.) hız b.) basınç

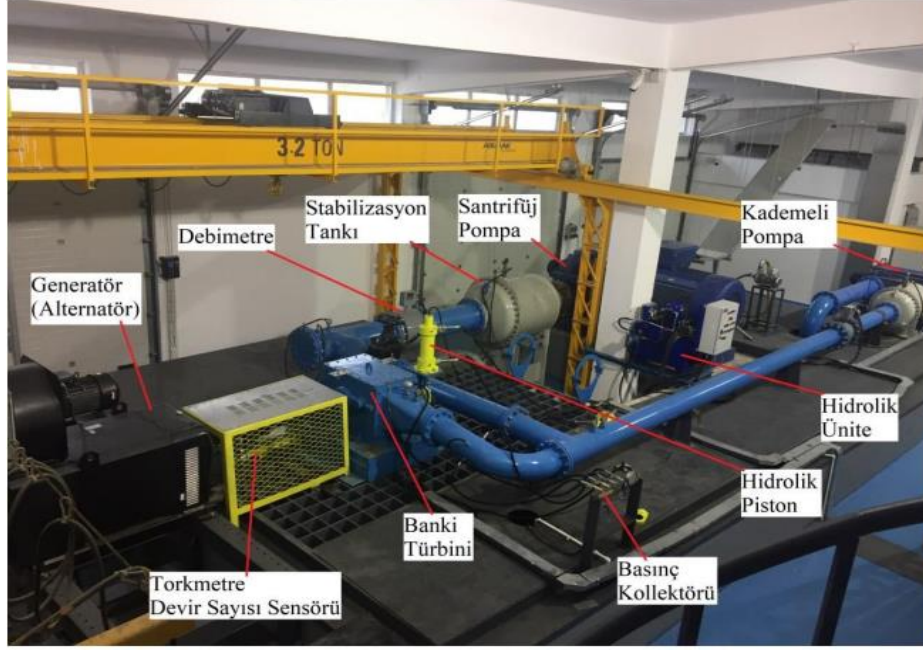


Şekil 11. 45 kanat için hız ve basınç dağılımı a.) hız b.) basınç

Şekil 5-11 arası incelendiğinde analitik hesaplanan 35 m/s su jeti hızı farklı tasarımlarda görülmüştür. Banki türbininde tasarımsal özellik olarak su, çark kanatlarından çapraz şekilde iki kez geçer. Analiz sonucu akış dağılımı teorisiyle uyumludur. Türbin girişinde 6,5 bar dolaylarındaki basınç, analize girilen değer olan 65 m düşüden dolayı beklenen bir sonuçtur. Bütün kanat sayılarında, mil çarkı etrafında negatif basınç görülmektedir. 30 kanatlı çarkın en yüksek verim değerini sağladığı sonuçlar kısmında görülmüştür.

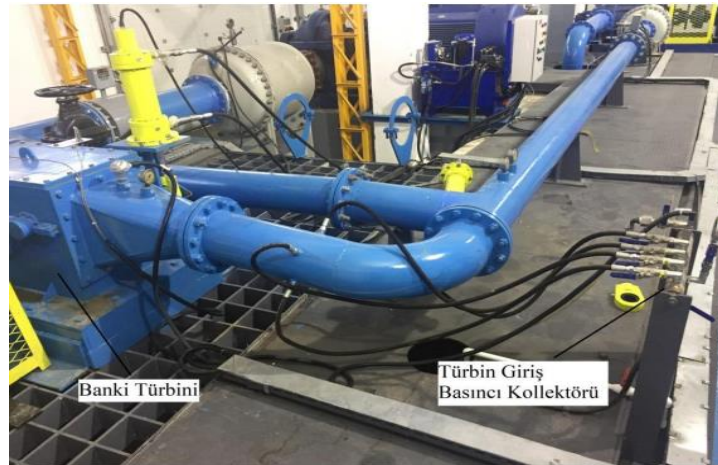
3.2 Banki Türbini Deneysel Testleri

Banki türbini deneysel testlerinin yapıldığı TEMSAN A.Ş. bünyesinde yer alan Hidrotürbin Test Merkezinin genel görünümü Şekil 12’de gösterilmektedir. Bu merkezde üretilen türbinlerin verim ve fonksiyon testleri gerçekleştirilmektedir. Görülen sistemin altında yer alan havuzdan su alınmakta, türbin çıkışında su yine havuza aktarılmakta, böylece su sirkülasyonu sağlanmaktadır.



Şekil 12. Hidrotürbin test merkezi

Test merkezinde santrifüj pompayla tasarımdaki H_{net} değerine kadar basınçlandırılan su, önce stabilizasyon tankından geçirilerek dengelenmesi sağlanır, manyetik prensiple çalışan debimetrede akış ölçümü gerçekleştirildikten sonra su türbine yönlendirilmektedir. Akış ölçümü için Modmag marka M2000 serisi manyetik debimetre kullanılmıştır. Generatör miline bağlı HBM marka T40B model torkmetrede tork ölçümü ve devir ölçümü yapılarak eşitlik (6) ile türbin mil gücü hesaplanmaktadır.

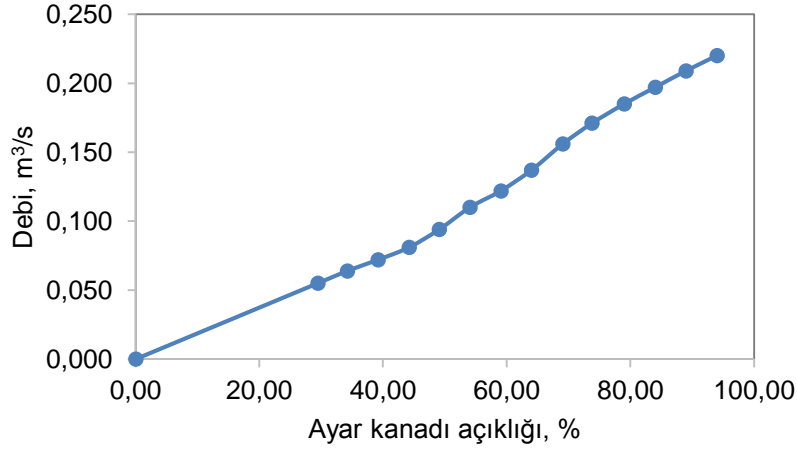


Şekil 13. Banki türbini su giriş bölümü

Şekil 13'te görüldüğü gibi; pompa, dengeleme tankı, debimetreden geçen su, boru boyunca gelerek Banki türbinine girer. Türbin girişine yakın mesafeye yerleştirilen 4 adet basınç sensörüyle

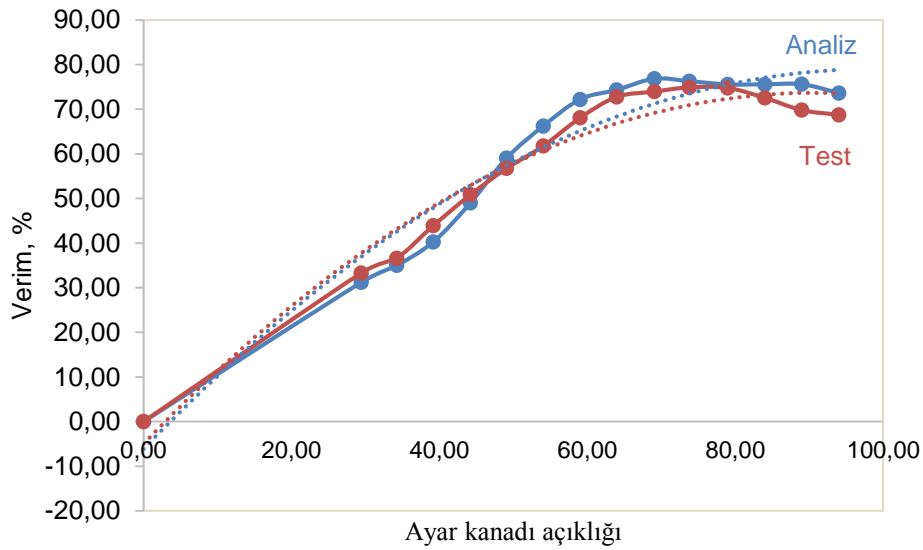
ortalama basınç bulunur, böylelikle H_{net} deneysel olarak belirlenmiş olur. Basınç sensörü olarak Keller marka PA-21Y modeli kullanılmıştır.

Farklı kanat sayısı ile yapılan HAD analizlerinden sonra en iyi verime sahip olan 30 kanatlı türbine Hidrotürbin Test Merkezinde 65 m düşü ve farklı debilere göre ayar kanadı açıklığı değiştirilerek deneysel testler uygulanmıştır. Bu açıklıkların aynı ile yeni HAD analizleri gerçekleştirilip deneysel test ile karşılaştırılmıştır. Farklı ayar kanadı pozisyonlarında elde edilen debi, verim, güç ile ilgili grafikler sunulmuştur.



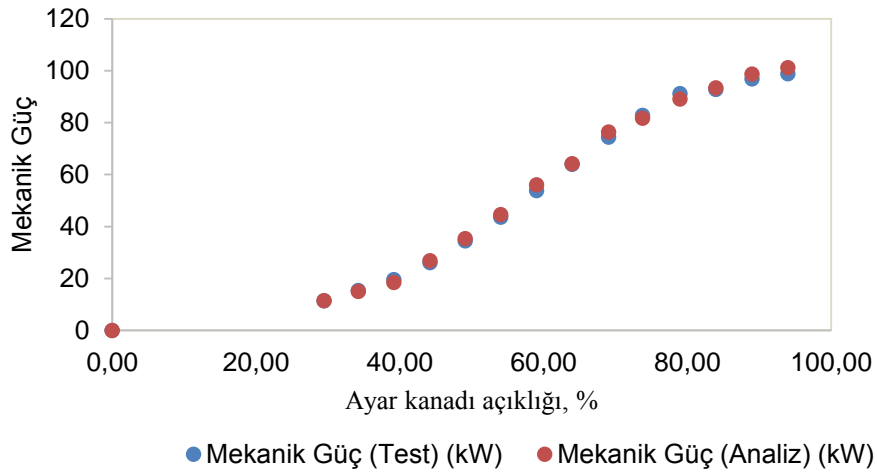
Şekil 14. Ayar kanadı açıklığı debi ilişkisi

Şekil 14 ayar kanadı pozisyonu ile debi değişimini göstermektedir. Beklendiği üzere türbinin debi ayarını yapan ayar kanadı pozisyonu açıldıkça türbine gelen debi miktarında da artış olmaktadır. $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ değerine % 84'lük açıklıkta ulaşılmıştır.



Şekil 15. Ayar kanadı pozisyonuna bağlı HAD analizi ve test sonuçlarına göre verim değerleri

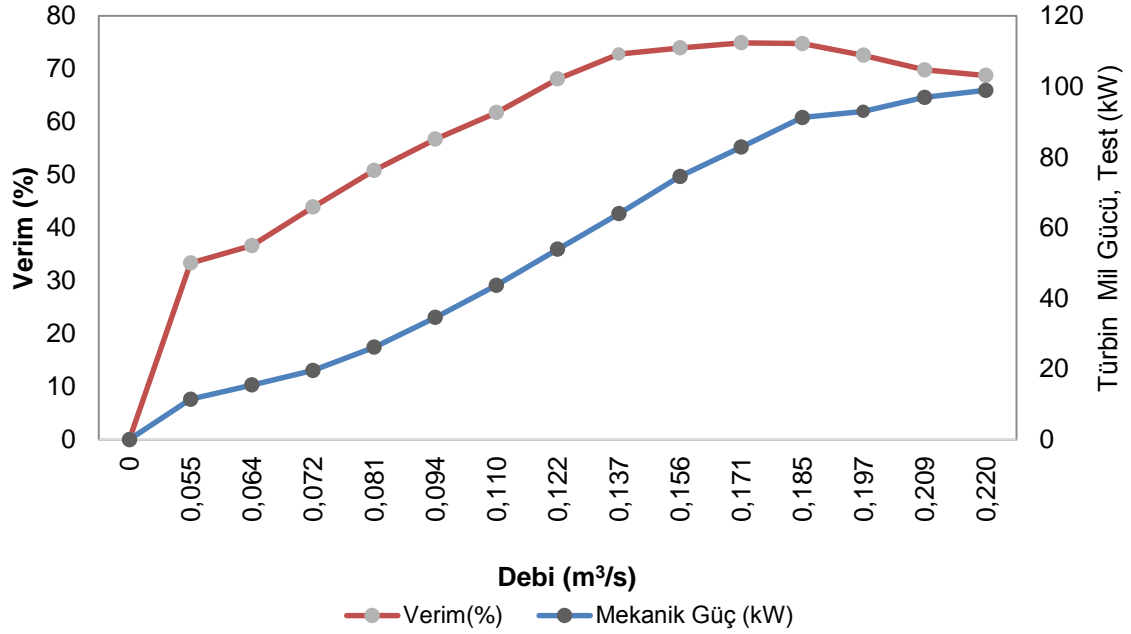
Şekil 15'te ayar kanadı açıklığına göre HAD analizi sonuçları ve deneysel testlerden elde edilen verim değerleri karşılaştırılmıştır. %29 açıklık ile başlayan test ve analiz %94'e kadar devam etmiştir. En iyi verim değerlerinin alındığı %70-80 arasındaki bölgede sonuçlar çok daha yakındır. Analizde %76,85, testte ise %74,91 maksimum verim görülmüştür. ANSYS CFX yazılımında sürtünme kayıplarının ihmal edildiği göz önünde bulundurulursa çıkan verim değerleri birbirine çok yakındır. Bu noktadan sonra verimde düşüşler görülmüştür. Grafikten eğri düzeltme sonucu görülen paralellik analiz ve test sonuçlarının tutarlı olduğunu göstermiştir.



Şekil 16. Ayar kanadı pozisyonuna bağlı HAD analizi ve test sonuçlarına göre güç değerleri

Şekil 16'da ayar kanadı açıklığının mekanik güçle olan ilişkisi verilmiştir. Ayar kanadı açıklığına göre oluşturulan grafikten görüleceği üzere %29 ile %79 değer aralığında ayar kanadında yapılan açıklıkta güç artış oranı diğer açıklık bölgelerine göre daha fazla olmaktadır. Bu bölgenin Banki türbininin ideal çalışma aralığı olduğu sonucuna varabiliriz.

Şekil 17'de deneysel testlerden debiyeye bağlı olarak verimin türbinin mekanik gücü ile ilişkisi irdelenmiştir. 0,171 m³/s debide maksimum verim değeri %74,91'i geçtikten sonra türbin mil gücü artış oranında da belirgin şekilde düşüş yaşanmıştır.



Şekil 17. Debinin verim-güç ile ilişkisi

3.3 Analiz Doğrulama

30 kanat sayısı için maksimum verim değerinin alındığı 0,171 m³/s debide k-ε ve k-ωtürbülans modelleri ile yapılan sayısal analiz sonuçlarında sırasıyla %78,57 ve %78,96 değerleriyle; SST modeline göre %1,72 ve %2,11 daha fazla fark bulunmuştur. Böylece bu boyut ve güçteki türbin için SST'nin daha yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Deneysel testler için 30 kanatlı türbin belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada; verim artışı sağlanması kapsamında, belirli debi ve düşü değerine göre türbinin karakteristik değerleri hesaplanmıştır. Karakteristik değerleri hesaplanan türbinin optimum kanat sayısı tespiti irdelenmiştir. Bunun için ANSYS CFX 18.1 ticari yazılımı kullanılarak 7 farklı kanat sayısı için HAD analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucu, en yüksek verim değeri 30 kanatlı çarkta görülmüştür. Bu türbin çarkının imalatı yapıldıktan sonra çarka TEMSAN hidrolik türbin test merkezinde güç ve verim testleri uygulanmıştır. Tasarımında 0,2 m³ debi ve 65 metre düşü değerleri baz alınan türbin, deneysel testlerde %74,91, HAD analizi sonucu %76,85 maksimum verim değerine ulaşmıştır. Bu sonuçlarla sayısal ve deneysel test sonuçlarının uyum içinde olduğu, Banki türbini için maksimum verim değerinin belli debi aralığında gerçekleştiği görülmüştür. Çark kanat sayısı ortalama değerler almak yerine optimum değeri hem sayısal hem de deneysel yöntemler kullanılarak doğrulanmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Oğuzhan BENDEŞ: Çalışmanın metodolojisi, gözetim, proje yönetimi ve koordinesi. Buğra YILMAZ ve Faruk KOÇ: HAD analizleri ve deneysel testlerin gerçekleştirilmesi. Adem YILDIZ: Literatür tarama, veri düzenleme/görselleştirme, analitik hesaplamalar, makale düzeni.

KAYNAKLAR

- [1] J. D. Andrade, C. Curiel, F. Kenyery, O. Aguilon, A. Vasquezand, M. Asuaje, “Numerical Investigation of the Internal Flow in a Banki Turbine”. *International Journal of Rotating Machinery*, vol. 2011, 2011, doi:10.1155/2011/841214.
- [2] A. N. Bilal, “Design of High Efficiency Cross-Flow Turbine for Hydro-PowerPlant,” *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, vol. 2, no 3, pp. 308-311, 2013.
- [3] M. Patel, N. Oza, and K. Patel, “Computational Fluid Dynamic Analysis of Cross Flow Turbine,” *International Journal of InnovativeResearch in Science Engineering and Technology*, vol. 5, no 9, 2016, DOI:10.15680/IJRSET.2016.0509059.
- [4] M. San and N. Nyi, “Design of Cross Flow Turbine and Analysis of Runner's Dimensions on Various Head and Flow Rate,” *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol 8, no 8, pp. 586-592, 2018, DOI: 10.29322/IJSRP.8.8.2018.p8076.
- [5] A. Dragomirescu and M. Schiaua, “Experimental and numerical investigation of a Banki turbine operating far away from design point,” *Sustainable Solutions for Energy and Environment, EENVIRO 2016, Bucharest, Romania, 26-28 October 2016*.
- [6] V. Sammartano, C. Arico, A. Carravetta, O. Fecarottaand T. Tucciarelli, “Banki-Michell Optimal Design by Computational Fluid Dynamics Testing and Hydrodynamic Analysis,” *Energies 2013*, 6, 2362-2385, doi:10.3390/en6052362.
- [7] R. Adhikari and D. Wood, “The Design of High Efficiency Cross flow Hydro Turbines: A Review and Extension”, *Energies*, vol. 11, no. 2, 2018, <https://doi.org/10.3390/en11020267>.

- [8] S. Sirojuddin, L. K. Wardhana and A. Kholil, “Investigation of the draft tube variations against the first stage and the second stage flow of banki turbine”, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 1098, 062077, 2021, doi:10.1088/1757899X/1098/6/062077.
- [9] TS EN ISO/IEC 17025, *Deney ve kalibrasyon laboratuvarlarının yeterliliği için genel şartlar*, TSE, 2017.
- [10] İ. Çallı, *Uygulamalı Hidrolik Makineler*, Ankara, Seçkin Yayınevi, 3. Baskı, 2017.
- [11] T. Chandran, P. Surendran and J. Chandapillai, “Design methodology and structural analysis of crossflow türbine,” *Innovative Solutions in Flow Measurement and Control - Oil, Water and Gas*” August 28-30, 2017, FCRI, Palakkad, Kerala, India.
- [12] C. Özgür, *Su Makinaları Dersleri*, İstanbul, Teknik Üniversite Matbaası, 3. Baskı, 1977.
- [13] Entec Consulting & Engineering, *Cross Flow Design*, Switzerland, 2003.
- [14] H. Başeşme, *Hidroelektrik Santraller ve Hidroelektrik Santral Tesisleri*, Ankara, EÜAŞ yayınları, 2. Baskı, 2003.
- [15] Autodesk Inc., *Inventor 2022 Professional*, USA, 2022.
- [16] Ansys Inc, *CFX*, USA, 2018.
- [17] Ansys Inc, *Fluent User Guide Manual*, USA, 2018.
- [18] D. Popescu, C. Popescu and A. Dragomirescu, “Flow control in Banki turbines,” *4th International Conference on Energy and Environment Research, ICEER 2017*, Porto, Portugal, 2017, doi:10.1016/j.egypro.2017.10.272
- [19] B. M. Uyar, J. Cao and Z. Wang, “Experimental and CFD simulation validation performance analysis of Francis turbine,” *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1037, 012003, 2022, doi:10.1088/1755-1315/1037/1/012003
- [20] Md. M. Kamal, G. Saini, A. Abbas and V. Prasad, “Prediction and analysis of the cavitating performance of a Francis türbine under different loads,” *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 2021, doi: 10.1080/15567036.2021.2009941



Araştırma Makalesi / Research Article


Yüksek Hızlardaki Hava Akışının Farklı Kanat Profillerine Etkisi

The Effect of High-Speed Air Flows on Different Airfoils

Yusuf Can AKAR^{1,*}, Ramazan SELVER²

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 32200, Isparta, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 32200, Isparta, Türkiye

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1129899>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 13 Haziran 2022

Revize, 05 Nisan 2023

Kabul, 05 Nisan 2023

Online Yayınlama, 29 Mayıs 2023

Anahtar Kelimeler

Yüksek akış hızı, Nümerik analiz, Uçak kanadı, NACA 4415, Hücum açısı, Kanat profili

ARTICLE INFO

Article History

Received, 13 June 2022

Revised, 05 April 2023

Accepted, 05 April 2023

Available Online, 29 May 2023

Keywords

High flow rate, Numerical analysis, Airplane wing, NACA 4415, Angle of attack, Airfoil

ÖZ

Günden güne görülen enerji kaynaklarındaki azalma ve buna bağlı artan enerji ihtiyacı düşünüldüğünde, elimizdeki kaynakları çok verimli kullanmamız gerekmektedir. Uçaklar uçuşları esnasında büyük yükler taşıdığından dolayı çok fazla miktarda yakıt tüketirler. Bu yakıt tüketimini azaltmak için birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmamızda, yakıt tüketimini azaltmak için NACA 4415 kanat profilini inceleyip, bu kanat profilini daha iyi hale getirebilmek için revize edilmiş hali ile karşılaştırdık. Kanat malzemesi için yoğunluğu düşük, mukavemet değeri yüksek Alüminyum 7075-T6 kullanılmıştır. Her iki kanat, Ansys Fluent programının Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile nümerik olarak çözdürülmüştür. Ardından kanatlar için statik analizler yapılmış ve kanatlar on dört farklı hücum açısında test edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde akış analizi ve statik analizin birçok değerinde önemli bir değişim olmazken, kaldırma kuvvetleri ve itme kuvvetlerindeki değişiklik dikkat çekmektedir. Kanat kütlelerinin azalmasından dolayı uçakta gerekli motor kuvveti azalırken, kaldırma kuvvetinde neredeyse hiçbir değişim olmadığı görülmüştür. Bu sayede, kaldırma kuvvetini değiştirmeden kanadın gerekli motor kuvveti azaltılmıştır.

ABSTRACT

Considering the ever-increasing energy demand and the resulting decrease in energy resources, we need to use the resources we have very efficiently. Because airplanes carry large loads during their flights, they consume a lot of fuel. Many studies are carried out to reduce this fuel consumption. In this study, we examined the NACA 4415 airfoil to reduce fuel consumption and compared this airfoil with its revised version to make it better. Aluminium 7075-T6 material with low density and high strength value was used for the wing material. Both airfoils were

**Sorumlu Yazar*

E-posta Adresleri: yusufcan2306@gmail.com (Yusuf Can AKAR), ramazanselver@sdu.edu.tr (Ramazan SELVER)

solved numerically with the Computational Fluid Dynamics of the Ansys Fluent program. Then, statistical analyses were performed for the wings. The wings were tested at fourteen different angles of attack. When the results were examined, there were no significant changes in many values of flow analysis and static analysis, while lifting forces and thrust forces drew attention. Due to the decrease in the wing mass, the required engine power in the aircraft decreased, but the lift force remained almost unchanged. In this way, the required engine force of the wing was reduced without changing the lift force.

1. GİRİŞ

Enerji kaynaklarının giderek azalması sebebiyle harcanan petrol ürünlerini çok verimli tüketmemiz gerekmektedir. Hem ekonomik hem de çevresel açıdan enerji verimliliğinin gün geçtikçe daha da önemli hale gelmesi, biz mühendisleri enerji tüketiminin gerçekleştiği bütün uygulamalarda daha özverili tasarımlar yapmaya ve bu sistemlerden mümkün oldukça yüksek verim almaya teşvik etmektedir. Enerji ve havacılık başta olmak üzere, birçok alandaki mühendislik uygulamalarında karşılaşılan dış veya iç akışların daha verimli hale getirilmesi için durum değerlendirmesi ve iyileştirme çalışmaları yapmak kaçınılmaz hale gelmiştir.

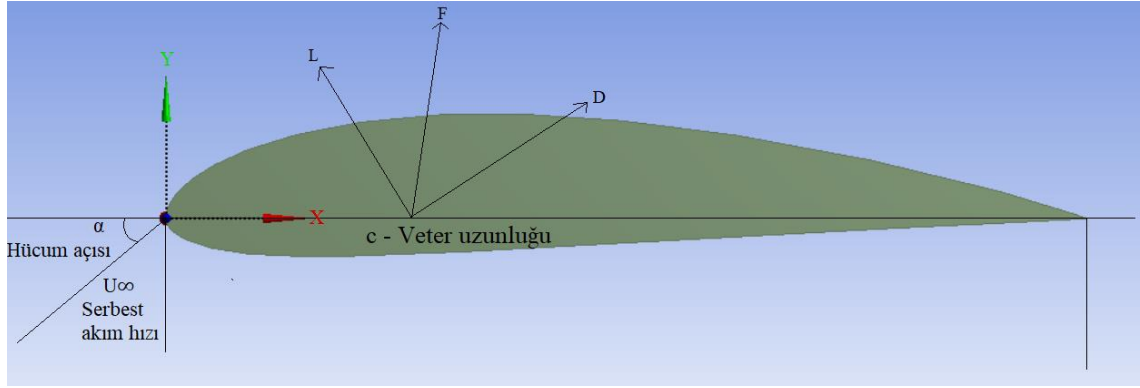
Uçak kanatları gibi aerodinamik gövdelerin üzerindeki akışlara yukarıda bahsettiğimiz nedenlerden dolayı müdahale edilmesi yaygındır. Uçak kanatlarının üzerindeki akışlarda ayrılma açısını geciktirme, sürüklenme katsayısını azaltma, kaldırma kuvvetini arttırma, akış kaynaklı gürültüleri giderme gibi amaçlardan dolayı akış alanına ve sınır tabakaya müdahale edilmesine çok sık rastlanmaktadır.

Wilburve Orville Wright'ın, kendi rüzgâr tünellerinde uçak kanadı geliştirmeye başlayıp 17 Aralık 1903'te ilk kez yoğunlukça havadan ağır bir cismin, dışarıdan tahrikle ve kontrollü olarak ilk uçuşu başarımları [1] ve Ludwig Prandtl'in 1904 yılında Almanya'nın Heidelberg kentinde gerçekleştirilen 3. Uluslararası Matematik Kongresi'nde Sınır Tabakası Teorisi'ne dair paylaştığı çalışmalar [2] ile aerodinamik ve sınır tabaka kontrolü ile ilgili çalışmalar başlatılmıştır.

II. Dünya Savaşı'nın beraberinde gelen askeri ihtiyaçların arttırdığı aerodinamik çalışmalardan biri de Amerikan Ulusal Havacılık Danışma Komitesi NACA (National Advisory Committee for Aeronautics – sonrasında NASA adını alacaktır)'nın sistemli bir şekilde kanat profilleri geliştirmeye ve test etmeye başlamasıdır. NACA sırasıyla 6-digit, 5-digit ve 4-digit Serisi dediğimiz kanat profilleri geliştirmiştir.

NACA 4-digit Serisi profillerin adlandırılmasında 4 tane rakam kullanılır (örneğin: NACA 4415 gibi). Bu sayılardan ilki veter doğrusunun maksimum kamburluk yüzdesini verir. İkinci rakam ise oluşan en yüksek kambur konumunu veter uzunluğunun yüzdesi cinsinden belirtir. Kalan iki rakam

ise veter uzunluğunun yüzdesi cinsinden en büyük kalınlık değerini gösterir. NACA 4415 profilimiz için ilk iki rakamımız 4 olduğundan oluşan maksimum kamburluk değeri %4 olup, maksimum kamburun konumu hücum kenarının en uç noktasından %40 veter uzunluğu kadar mesafede olur. Yani profilimiz kambur kanat profili olur. Sondaki 2 sayının 15 olması maksimum kalınlığın, veter uzunluğunun %15'i kadar uzunlukta olduğunu belirtir [3]. NACA 4415 için kanat profilinin terminolojisi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kanat profili terminolojisi [3]

Akışkanlar mekaniği ile ilgili neredeyse tüm alanlarda olduğu gibi, aerodinamikte de fiziksel büyüklüklerin boyutsuzlaştırılmasından faydalanılır. Kanat profilleri için bazı kuvvetlerin boyutsuz ve birimsiz halleri bizim için daha çok anlam ifade edebilir. Sürüklenme kuvveti, sürtünme kuvveti (kayma gerilmesi), kaldırma kuvveti, basınç ve yunuslama momentlerinin birimsizleştirilmiş halleri Tablo 1'deki gibidir [3].

Tablo1. Aerodinamik parametrelerin boyutlu ve boyutsuz temel büyüklükleri [3]

Fiziksel Büyüklükler	Birimi	Boyutsuz Hali
Sürüklenme Kuvveti (D)	N	$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho V_\infty^2 S}$
Basınç (P)	Pa	$C_P = \frac{P - P_\infty}{\frac{1}{2}\rho V_\infty^2}$
Kayma Gerilmesi (τ)	N	$C_f = \frac{\tau_w}{\frac{1}{2}\rho V_\infty^2 S}$
Yunuslama Momenti (M)	Nm	$C_m = \frac{M}{\frac{1}{2}\rho V_\infty^2 S c}$
Kaldırma Kuvveti (L)	N	$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2}\rho V_\infty^2 S}$

Tablo 1'de; C_D sürüklenme katsayısını, C_P basınç katsayısını, C_f sürtünme katsayısını, C_m moment katsayısını, C_L kaldırma katsayısını gösterir. ρ yoğunluğu, V hızı, S projeksiyon alanını, L uzunluğu gösterir.

Hem sürüklenme hem de taşıma katsayısının hücum açısıyla değişimlerine baktığımızda [4]:

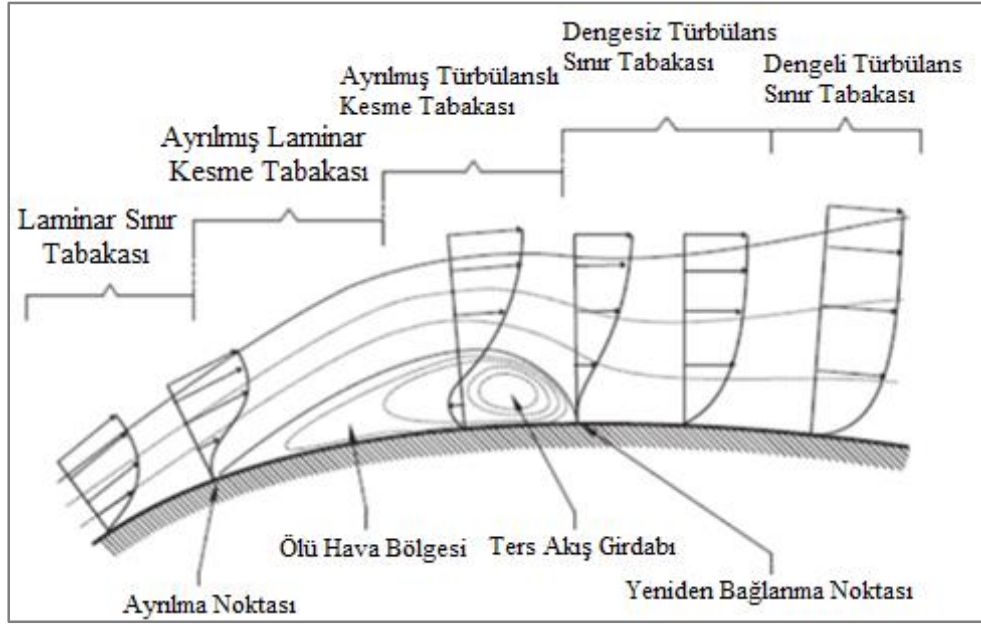
- Küçük ve orta olarak nitelendirebileceğimiz hücum açılarında (0-10) çok düzenli olduğu (sürüklenme katsayısı yaklaşık olarak sabit kalırken kaldırma katsayısı lineer değişim gösterir).
- Yüksek olarak sınıflandırabileceğimiz hücum açılarında ise düzenin bozulduğu (kaldırma artışları artık yavaşlamaya, bilakis bir noktadan sonra hücum açısının artması ile taşıma azalmaya başlar, buna karşın sürüklenme kuvvetleri ise hızla artar) dikkati çekmektedir.

Bu durumların nedeni ise havanın kanat üzerinde düzenli veyahut düzensiz geçişiyle alakalıdır. Küçük ve orta hücum açılarında hava akışı kanadın yüzeyinden düzgün bir çizgi şeklinde ve yüzeye yapışık olarak geçer, kanadı firar kenarından yine düzgün bir şekilde terk eder. Lakin yüksek olarak isimlendireceğimiz hücum açılarında (12°-14°den sonra) kanadın üst tarafında kopmalar başlar. Firar kenarı yakınlarında akış ipçikleri artık yüzeyi izleyemez duruma gelir ve yüzeyden kopar. Bu noktanın gerisinde artık türbülanslı, girdaplı, karmaşık bir akım oluşur. Bu durum ise kaldırma kuvvetindeki artışları engeller [4].

Lakin düşük akış hızlarında durum değişir. Akış hızının düşük olduğu durumlarda hücum açısı 10°nin altında olsa bile akış ayrılmaları oluşmaya başlar. Enerjisi yüzeye tutunmak için yeterli olmayan akışlarda, hücum açısı arttıkça akış ayrılması firar kenarından hücum kenarına doğru kaymaya başlar.

Çok daha büyük hücum açılarında (18° –20°den sonra), kanadın üst yüzeyindeki hava akımı neredeyse hücum kenarından itibaren yüzeyden ayrılır. Böyle bir durumda, hücum açısı artmaya devam ederse taşıma artmayacağı gibi tam tersine azalmaya başlar. Bu olay, tutunma kaybı (stall–perdövites) olarak adlandırılır.

Ayırma kabarcıklarının konumu ve büyüklüğü, kanat profilinin, hücum açısının, Reynolds sayısının, serbest akış bozukluklarının ve türbülans yoğunluğunun fonksiyonlarıdır. Üst kanat profili yüzeyinde bir laminer ayırma balonunun ayrılması ve oluşumu, kanat profilinin eğriliği nedeniyle oluşan ters basınç gradyanından yani sınır tabakasının kanat profili üzerinde laminer akıştan türbülanslı akışa doğal bir geçiş yapma direncinden kaynaklanmaktadır. Laminer ayırma kabarcığının ana özellikleri Şekil 2’de gösterilmektedir [5].



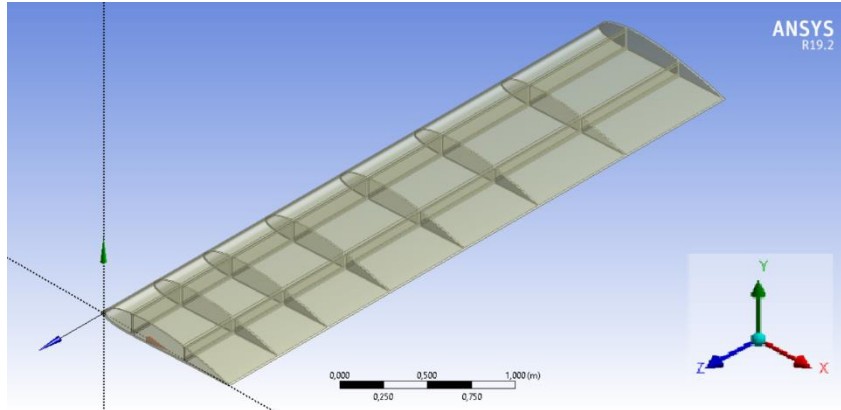
Şekil 2. Laminer ayrılma kabarcığı akışının özellikleri [5]

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada akış analizinin sayısal çözümü için ANSYS 19.2 programının 'Fluent' paketi, analiz sonuçlarının görselleştirilmesi için 'CFD-Post' paketi, statik analizler için de 'Static Structural' paketi kullanılmıştır.

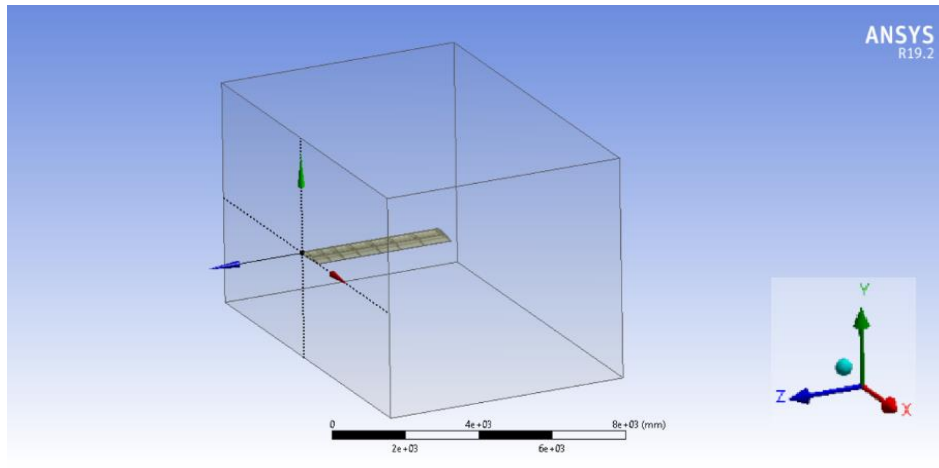
Ansys Fluent programı, sonlu elemanlardaki sonlu farklar metoduyla analizleri üç ana aşamada gerçekleştirmektedir. İlk aşamada programa bir problem tanıtılır. Bu problemde modelin geometrisi ve malzemesi belirlenir ve model sonlu elemanlara bölünür. İkinci aşamada problemin sınır şartları atanır ve çözüm gerçekleştirilir. Son aşamada ise sonuçlar elde edilir ve değerlendirilir. Bu sayede belirlenen problem nümerik olarak sonuca ulaşmış olur [6].

İlk olarak kullanılacak olan NACA 4415 kodlu kanat profilinin koordinat değerleri internet sitesi üzerinden alınır. Ardından bu koordinat değerleri kullanılarak Ansys programından geometri oluşturulur. Kanat profili ön, orta ve arka taraf olmak üzere üç bölgeye ayrılır. Kanat profilinin veter uzunluğu 1 metre(m) olup, bölgeler arasında 'I' profilli kirişler yerleştirilir. Kirişler 'extrude' komutu kullanılarak 4 m uzunluğa getirilir. Kanat boyunca her biri 10 milimetre (mm) kalınlığında ara profiller oluşturulur. Bu ara profiller, kanadın uçağa ana bağlantısı olduğu kısımda başlamak üzere ve bu bölgeden itibaren daha sık olmak üzere uçlara gidildikçe seyrek aralıklarla oluşturulur. İlk profilden sonra sırasıyla 0.4m, 0.8m, 1.3m, 1.9m, 2.5m, 3.2m ve 3.99m ötelenerek diğer profiller oluşturulur. Kanadın iskeleti oluşturulduktan sonra dış kaplaması yapılır. Profilin kenarları seçilerek dışarıya doğru 10 mm kalınlık verilir. Kanadın son hali Şekil 3'teki gibidir.



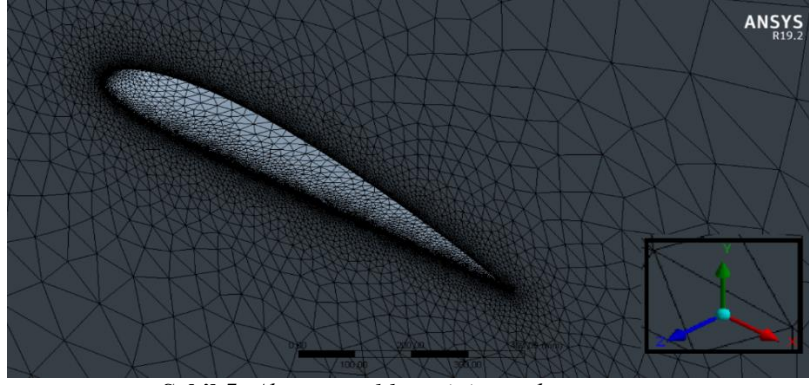
Şekil 3. NACA 4415 kanat profile

Kanadın uçak bağlantı kısmını orijin almak koşulu ile kanadın çevresine havayı temsil edecek şekilde bir kontrol hacmi çizilir. Çizilen dikdörtgenler prizması şeklindeki hacimden kanadın bulunduğu hacim çıkarılır ve geriye sadece hava akışının olduğu bölge kalır. Kontrol hacminin görüntüsü Şekil 4’teki gibidir.



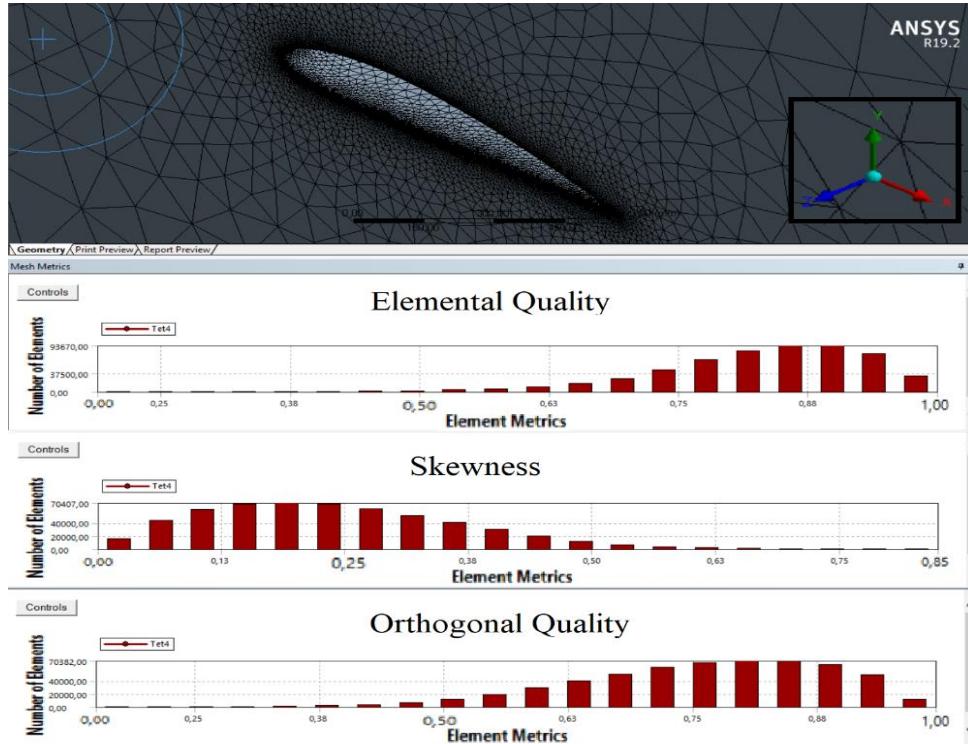
Şekil 4. Havanın control hacmi

Yüzeylerin isimlendirilmesinin ardından, oluşturulan bu geometri FluidFlow (Akış Analizi) bölümüne aktarılır. İlk yapılacak analizde akış analizi yapılacağı için kanat geometrisi ‘suppress body’ komutu ile saklanıp akışkan üzerine mesh ataması yapılır. Kanat çizgilerine yakın yerlerde daha yoğun mesh ataması yapacak şekilde tüm hacime mesh atanır. Toplamda 104201 düğümlü bir çözüm yapılmıştır. Bu mesh görüntüsü Şekil 5’te gösterilmiştir.



Şekil 5. Akış kontrol hacminin mesh görüntüsü

Mesh ataması yapıldıktan sonra mesh kalitesinin uygunluğunu görmek için ‘Elemental Quality’, ‘Skewness’ ve ‘Orthogonal Quality’ değerleri incelenir. Skewness değerinin 0’a yakın olması, diğer iki değer ise 1’e yakın olması meshin uygunluğunu ve kalitesini gösterir. Mesh uygunluğunun kontrolü Şekil 6’da gösterilmiştir.



Şekil 6. Mesh kalite kontrolü

Mesh atıldıktan sonra sekme kapatılıp ‘setup’ kısmına geçilir. Bu kısımda akış tipi standart ‘*k-epsilon*’ türbülans modeli seçilir ve sınır koşulları girilir. İlk olarak havanın giriş hızı 139 m/s (500 km/h) olarak ayarlanır. Havanın çıkış kısmında basınç, atmosfer basıncına eşit olduğundan etkin basınç sıfır (0) Pa seçilir. Üst, alt ve sağ yüzeyler simetrik olarak ayarlanır. Sol (uçanın kanat ile birleştiği kısım) ve iç yüzeyler ‘wall’ olarak seçilir. Çözüm metotları girildikten sonra ‘run calculation’

kısmından, doğruya yakın sonuçlar almak adına, 2000 iterasyon seçilir ve hesaplama başlatılır. Havanın özellikleri ve çözüm metotları Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir.

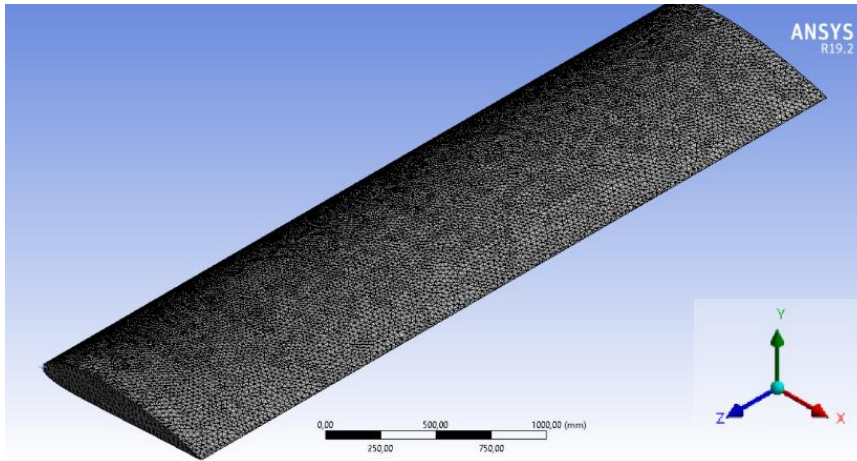
Tablo 2. Akışkanın (havanın) özellikleri

Akışkan Malzeme	Hava
Yoğunluk	1.225 kg/m ³
Havanın Hızı	500 km/h-700 km/h
Dinamik Viskozite	1,28 x 10 ⁻⁵ Kg / m.s

Tablo 3. Çözüm metotlarının seçimi

Pressure – Velocity Coupling Scheme	Coupled
Gradient	Least Squares Cell Based
Pressure	Second Order
Momentum	Second Order Upwind

Akış analizi tamamlandıktan sonra statik analiz için geometri 'staticstructural' kısmına aktarılır. Bu sefer statik analiz için akışkan kaldırılıp, sadece kanada mesh atması yapılır. Kanadın mesh görüntüsü Şekil 7'deki gibidir.



Şekil 7. Kanadın mesh görüntüsü

Mesh atıldıktan sonra kanadı sabitlemek ve havanın kanat ile hangi yüzeyde buluşacağını belirlemek için iki tane sınır koşulu girilir. Bunlardan ilki 'fixed support', bir diğeri ise kanadın üzerine basıncı uygulayabilmemiz için gereken 'fluid solid interface'dir. Fixed support, kanadın sabitleneceği yüzeydir. Fluid solid interface için ise kanadın dış yüzeyi seçilir. Ardından analiz sonrası görmek istenilen kuvvet ve moment reaksiyonları 'results' kısmından seçilir.

Kanat malzemesi seçilirken havacılıkta kullanım oranları araştırılıp buna göre malzeme seçimi yapılmıştır. Yüksek dayanımlı ve hafif malzeme seçilmesi tercih edilmektedir. Buna göre, maliyetler

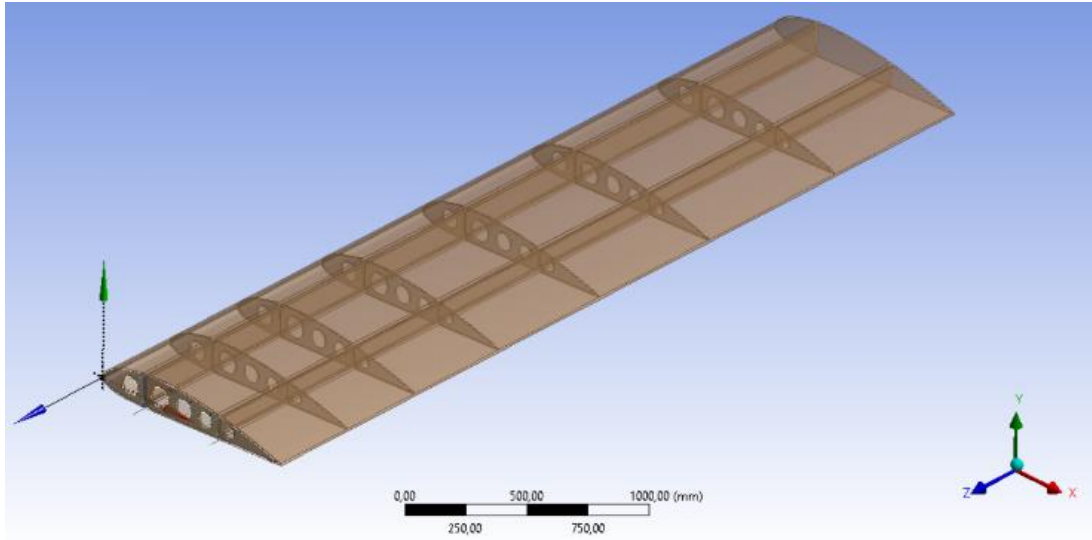
de göz önünde bulundurularak kanat malzemesi olarak Alüminyum 7075-T6 (Al 7075-T6) seçilmiş olup, mekanik özellikleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Al 7075-T6 NACA 4415 kanat profil malzemesinin mekanik özellikleri [7]

Malzeme	Yoğunluk (g/cm^3)	Yüzde uzama miktarı	Kesme Gerilmesi (MPa)	Akma Gerilimi (MPa)	Kopma Gerilimi (MPa)
Al 7075-T6	2.81	%11	331	503	572

Yapılan bu analiz kanadın hücum açısının 0° olduğu durumda yapılan analizdir. Aynı kanat, -6° ile 33° hücum açıları arasında 14 farklı açıda analize sokulmuştur. Ardından kıyaslama yapılması için, yapılan bu analizler NACA 4415-1 için tekrar yapılmıştır. NACA 4415-1, NACA 4415 profilinin iç iskelet yapısındaki konsollarının her birini üzerinde dairesel boşluklar açılarak oluşan kanat profilidir. Ayrıca 500 km/h için yapılan bu analizler her iki profil için 700 km/h hızda tekrar yapılmıştır.

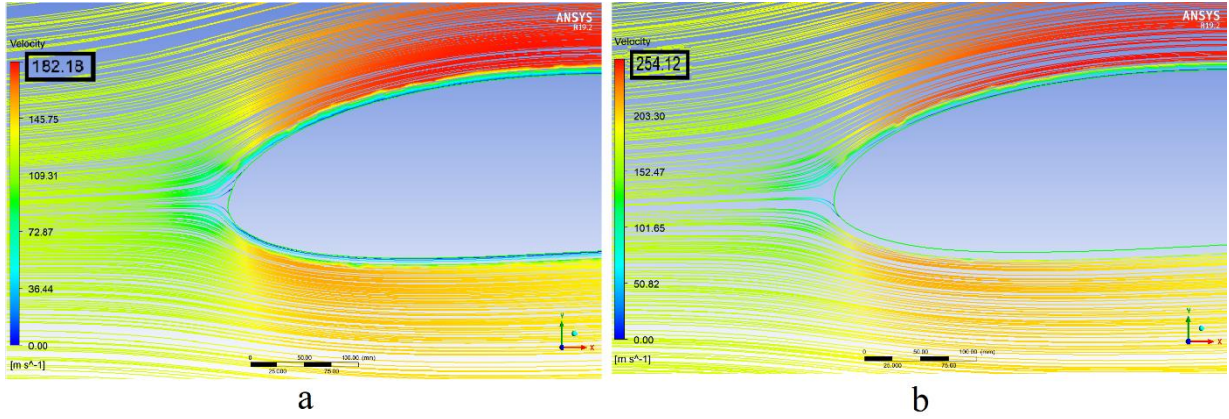
Kanat profilinin iç iskelet yapısındaki konsollarının her birinin üzerinde büyüklü-küçüklü (farklı çaplarda) dairesel boşluklar açılarak, kanat ağırlığı hafifletilerek, oluşan kanat profili “NACA 4415-1” olarak tanımlanmış ve bu kanat profilinin 3 boyutlu görüntüsü Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 8. Dairesel kesitli boşlukların bulunduğu NACA 4415-1 kanadının görünüşü

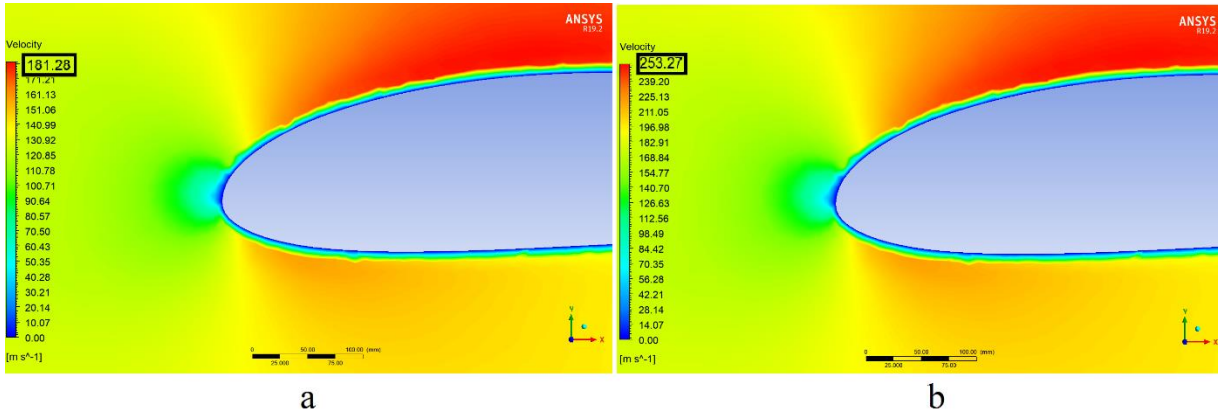
3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Şekil 9’da NACA 4415 kanat profilinin hücum kenarı görülmektedir. Hücum açısının $\alpha=0^\circ$ olduğu durumda durma noktasının (stagnation point) profilin hemen hücum kenarının ortalarında olduğu görülmektedir (akış çizgileri ve hız konturlarında skalalar m/s , basınç konturlarında Pa ’dır).



Şekil 9. NACA 4415 profilinin hücum kenarındaki a) 500 km/h hız değerindeki, b) 700 km/h hız değerindeki akış çizgileri ve durma noktaları ($\alpha=0^\circ$)

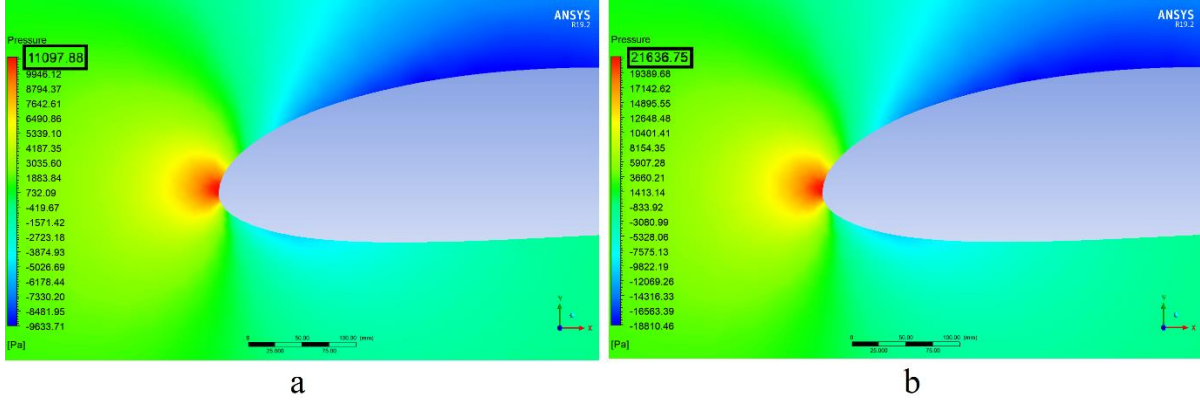
Şekil 10'da ise yine NACA 4415 kanat profili ve $\alpha=0^\circ$ hücum açısı için hücum kenarı hız konturları verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, kanadın hücum kenarına doğru serbest akım hızı azalmaktadır. Durma noktası yakınlardaki serbest akım hızının yavaşlayarak tam durma noktasında sıfır olduğu diyagramdan izlenebilmektedir.



Şekil 10 .NACA 4415 profilinin a) 500 km/h hız değerindeki b) 700 km/h hız değerindeki hücum kenarı bölgesindeki hız konturları ($\alpha=0^\circ$)

Şekil 11'de ise kanat profili aynı durumda iken statik basınç konturlarının dağılımı gözlemlenmektedir. Profilin hücum kenarının ve durma noktası etrafında statik basıncın yükseldiği şekilden görülmektedir. Kanadın hücum kenarındaki durma noktasındaki basınç yükselmesi şöyle izah edilebilir; bu noktaya akışkanlar mekaniğinde bilinen Bernoulli Denklemi uyarlandığında kinetik enerjinin sıfıra gitmesiyle ortada kalan bu kinetik enerjinin basınç enerjisine dönüşmesine sebep olur. Bu dönüşen enerji ile birlikte kanadın hücum kenarının durma noktasındaki basınç yükselmesine neden olur. Bu noktadaki basınç yükselmesi Şekil 11'de görülmektedir. Spektrumda, maviye doğru olan renkler düşük basınç bölgelerini, kırmızıya doğru olan renkler ise yüksek basınç bölgelerini ifade etmektedir. Basınç konturları grafiğinden, kanat profilinin üst yüzeyinde düşük basınç bölgesi ve alt

yüzeyinde ise yüksek basınç bölgesi olduğu görülmüştür. Kanat önünde (burun kenarında) ayrıca yüksek basınç bölgesi de (durma noktası) gözlenmiştir.

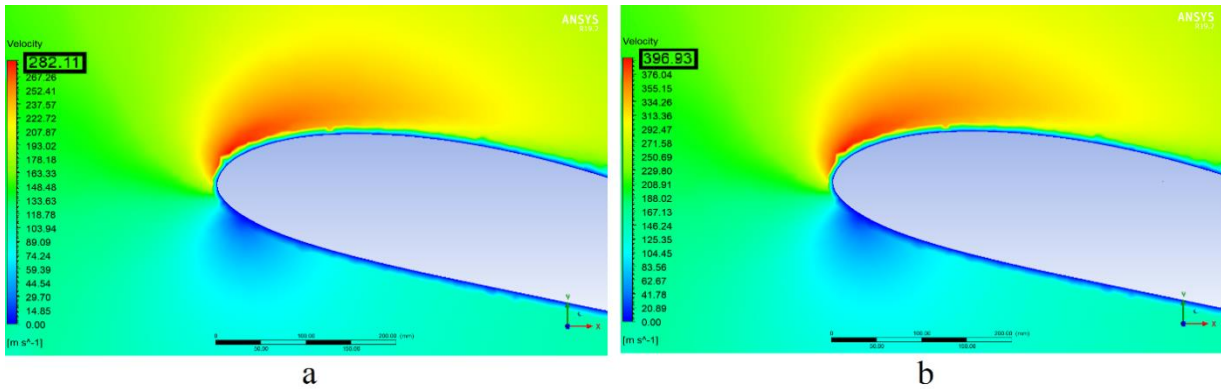


Şekil 11. NACA 4415 profilinin a) 500 km/h hız değerindeki b) 700 km/h hız değerindeki hücum kenarı bölgesindeki static basınç konturları ($\alpha=0^\circ$)

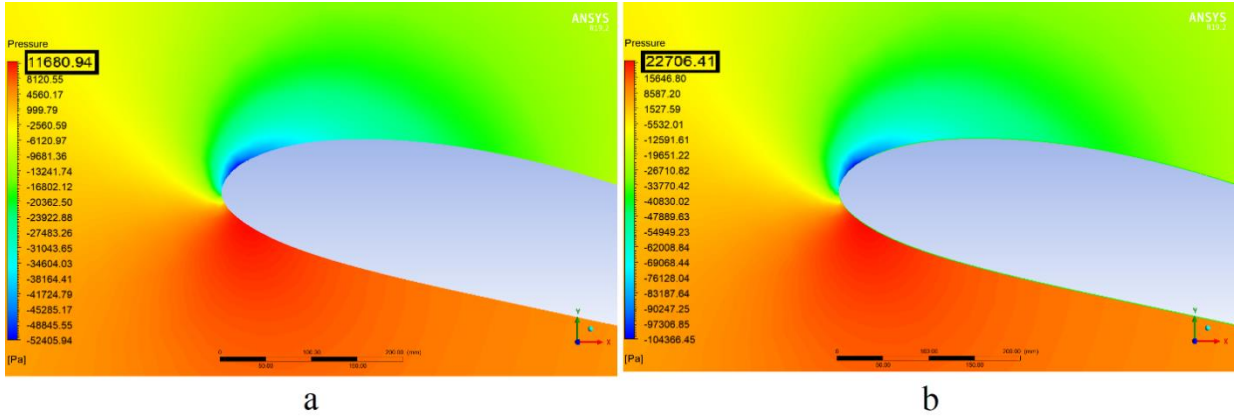
Kanadımızın hücum açısının 15° olması durumunda hız konturlarının ve statik basınç konturlarının durumunu gösteren Şekil 12 ve Şekil 13'te, durma noktasının hücum açısına bağlı olarak hücum kenarının altlarına doğru indiği gözlemlenmiştir.

Şekil 12'de, $\alpha=15^\circ$ için hız konturları grafiğinde, profilin durma noktası yakınlarda bir hız düşüşü ve üst yüzeyinde ise hız artışı görülmektedir.

Şekil 13'te görülen statik basınç konturları hız vektörlerinin negatifi şeklinde görülmektedir. Bu durum, Bernoulli etkisine göre doğru bir sonuç olup hızın arttığı yerde basınç düşüşü, hızın azaldığı yerde de basınç yükselişi olarak görülmektedir.

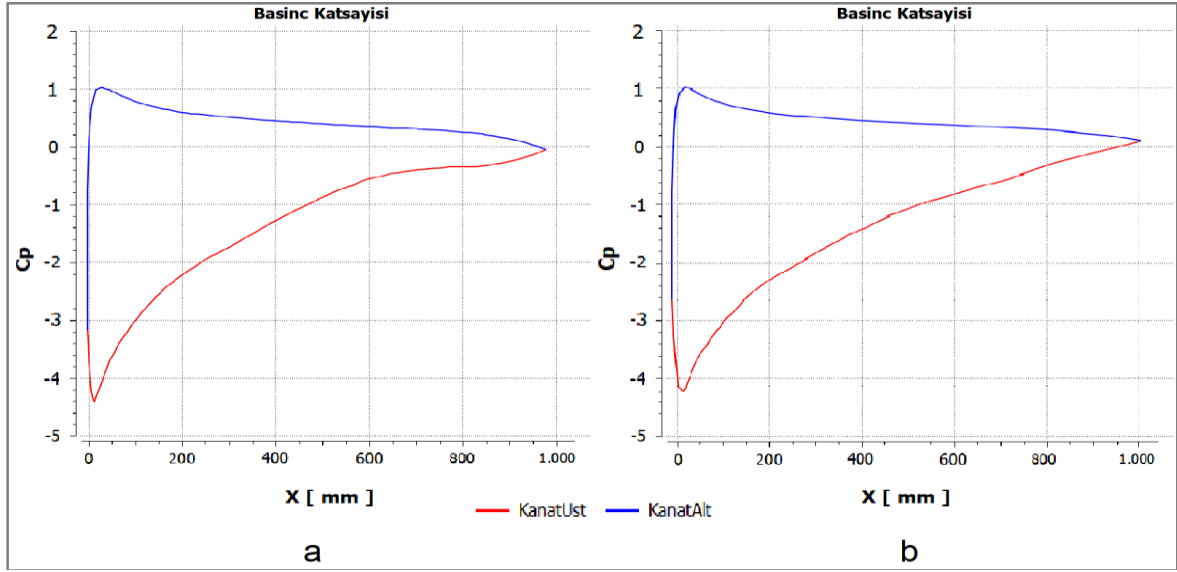


Şekil 12. NACA 4415 profilinin a) 500 km/h hız değerindeki b) 700 km/h hız değerindeki hücum kenarı bölgesindeki hız konturları($\alpha=15^\circ$)



Şekil 13. NACA 4415 profilinin a) 500 km/h hız değerindeki b) 700 km/h hız değerindeki hücum kenarı bölgesindeki static basınç konturları ($\alpha=15^\circ$)

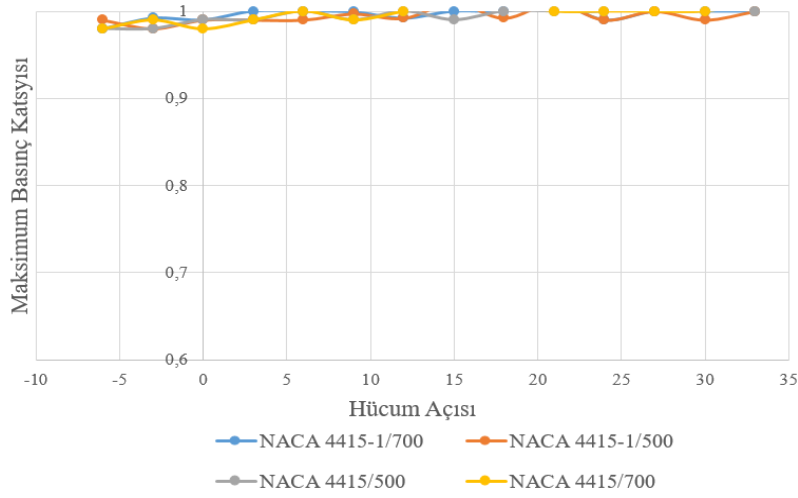
Kanat profillerinin üst yüzeyindeki teorik basınç katsayıları eğrisi ile alt yüzeyindeki teorik basınç katsayıları eğrisi arasındaki alan C_L katsayısının sayısal değerini verir. Şekil 14'te görüldüğü gibi bir kanatta oluşan kaldırma kuvvetinin büyük bir çoğunluğu hücum kenarında oluşmuştur. Oluşan maksimum basınç katsayısı değeri 1'dir ve bu değer hız değerinin sıfır (0) olduğu ve basıncın maksimum olduğu durma noktasında oluşur. Minimum basınç katsayısı ise hız değerinin maksimum olduğu noktada oluşur. Şekil 14'te NACA 4415 ve NACA 4415-1 profilleri için 700 km/h hız ve 15° hücum açısındaki basınç katsayısı grafikleri gösterilmiştir. C_p katsayısı bulunurken Tablo 1'deki formülden yararlanılmıştır. Grafikte mavi çizgiler kanadın alt yüzeyini, kırmızı çizgiler üst yüzeyini göstermektedir. Şekil 14'te NACA 4415 ve NACA 4415-1 profilleri için 700 km/h hız ve 15° hücum açısındaki basınç katsayısı grafikleri karşılaştırıldığında; kanatların alt yüzeylerindeki teorik basınç katsayıları eğrilerinin hemen hemen iki kanat için birbirlerine yakın eğriler meydana gelirken, kanatların üst yüzeylerindeki teorik basınç katsayıları eğrilerinde farklılıklar görülmüştür. Farklılıklar ile üst yüzeyindeki teorik basınç katsayıları eğrisi ile alt yüzeyindeki teorik basınç katsayıları eğrisi arasındaki alan NACA 4415 profilinde daha büyük olduğu görülmüştür. Böylece oluşan büyük alan değeri ise bu kanat üzerinde meydana gelen C_L katsayısının sayısal değerinin daha büyük değerde olmasına sebep olmaktadır.



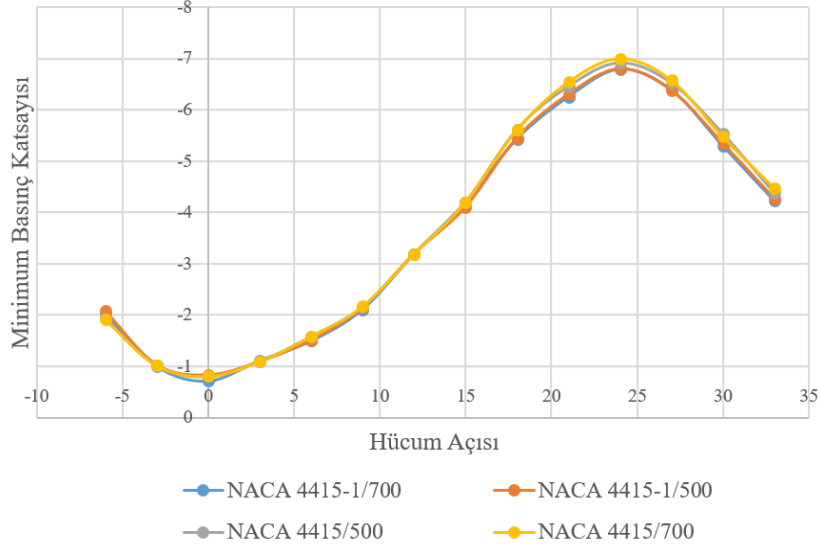
Şekil 14. 700 km/h hız ve 15° hücum açısındaki basınç katsayısı grafiği a) NACA 4415 b) NACA 4415-1

3.1 Maksimum ve Minimum Basınc Katsayıları

NACA 4415 ve NACA 4415-1 kanat profillerinin 500 km/h ve 700 km/h hız değerlerindeki aerodinamik parametrelerden “Basınc Katsayılarının Maksimum ve Minimum Değerlerinin Değişimi” Şekil 15 ve Şekil 16’da gösterilmiştir.



Şekil 15. NACA 4415 ve NACA 4415-1 kanat profillerinin 500 km/h ve 700 km/h hız değerlerindeki farklı hücum açısı değerlerine göre maksimum basınç katsayısı değerlerinin değişimi

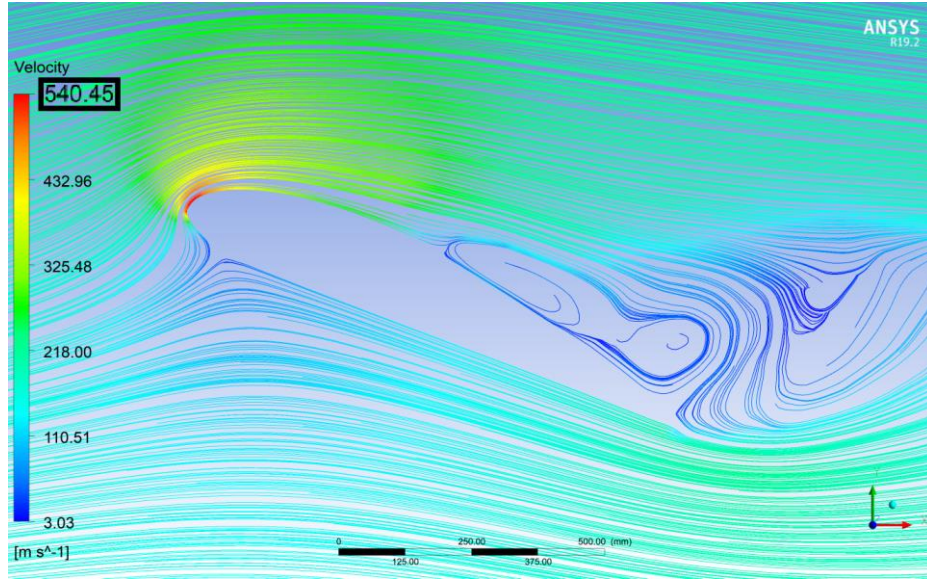


Şekil 16. NACA 4415 ve NACA 4515-1 kanat profillerinin 500 km/h ve 700 km/h hız değerlerindeki farklı hücum açısı değerlerine göre minimum basınç katsayısı değerlerinin değişimi

Şekil 15’te maksimum basınç katsayılarının değerlerinde neredeyse hiçbir değişiklik olmazken; Şekil 16’da minimum basınç katsayısı değerlerinde negatif artış görülmüştür. Bu ifade ise NACA 4415 kanadının aerodinamik yapısından meydana gelmektedir. Hücum açısı arttıkça minimum basınç katsayısında da artışlar görülmüştür.

Her iki kanadın da dış profilleri aynı olduğundan, basınç katsayıları grafikleri de hemen hemen aynıdır. Fakat Şekil 16 incelendiğinde, hücum açısının 18° - 33° aralığında, NACA 4415-1 profilinin NACA 4415’ten daha düşük bir katsayı üretmiş olduğu görülür. NACA 4415-1 profili her iki hız değerinde de bir miktar daha düşük katsayı üretmiştir. Bunun nedeni ise basınç katsayısının basınca, basıncın ise yüzey alanına bağlı olmasındandır. NACA 4415-1 profilinin deformasyon değeri daha fazla olduğundan kaldırma kuvvetinin uygulandığı projeksiyon alanında ufak ta olsa azalma olur. Projeksiyon alanındaki bu azalmanın basınç katsayısına etkisi de Şekil 16’da görülmektedir.

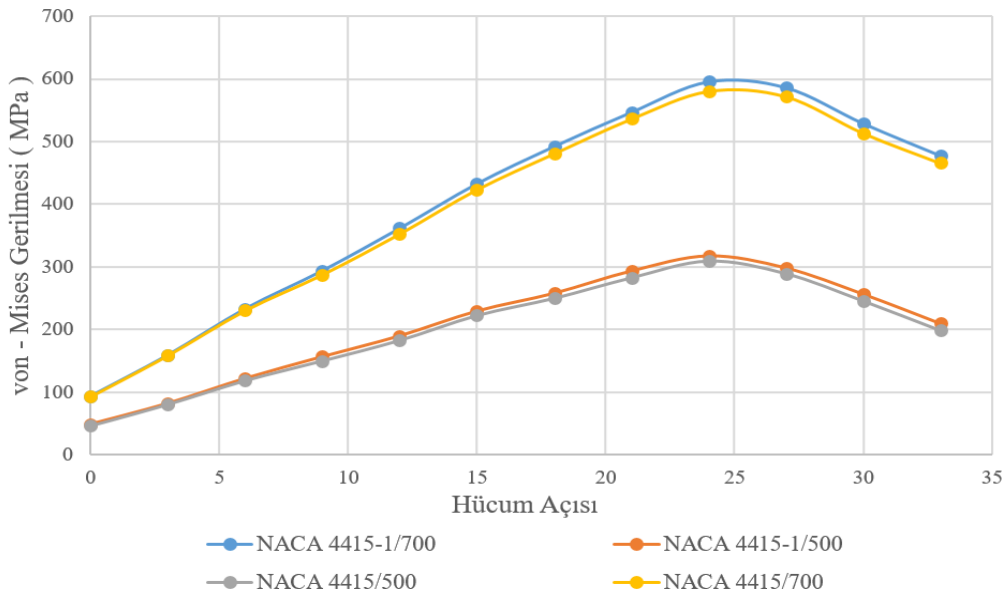
24° hücum açısı sonrası akışkanın oluşturduğu akım hatları artık kanadın arka sırt bölgelerinde tutunmamaktadır. Kanat profili artık stall bölgesinde bulunmaktadır yani akım ayrılması ve kopmalar dolayısıyla kanat yüzeyinden ayrılmalardan dolayı meydana gelen basınç sürüklenmesi çok yüksek değerlere ulaşmaktadır. Yine akım hatlarının kanat yüzeyinden kopması dolayısıyla kaldırma katsayısında keskin bir düşüş meydana gelmektedir. Stall bölgesi ve sonrasında kanat artık kaldırma kuvveti oluşturma kabiliyetini kaybetmiştir. Küçük uçaklarda bu durum bariz bir şekilde hissedilirken, büyük uçaklarda ise özellikle tırmanış anında bu bahsedilen stall oluşarak birden irtifa kaybetmelerine sebep olur ki bu hiçbir zaman istenmeyen bir durumdur. Şekil 17’de kanatta oluşan stall görülmektedir.



Şekil 17. NACA 4415 profilinin 700 km/h hız ve 24°deki hız akış çizgileri

3.2 Von-Mises Gerilmeleri

Von-Mises gerilmeleri karmaşık yüklemeye altındaki malzemelerin akmasını tahmin etmek için kullanılır. Bizim uçak kanadı olarak kullandığımız Al 7075-T6 malzemesinin Akma Gerilimi 503 MPa olup, buna göre en hafif sınır değerlerini sağlayan malzeme tercih edilmiştir. Bu malzemenin sınır değeri için 1.5 emniyet katsayısı dikkate alınarak iki farklı hızdaki değerler Şekil 18’de karşılaştırılmıştır. Bundan dolayı, uçak kanatları üzerinde meydana gelen Von-Mises gerilmelerinin önemi bir kez daha ortaya çıkmıştır.



Şekil 18. Farklı hücum açılarına göre Al 7075-T6 malzemesinin emniyetli akma dayanım değerlerinin değişimi

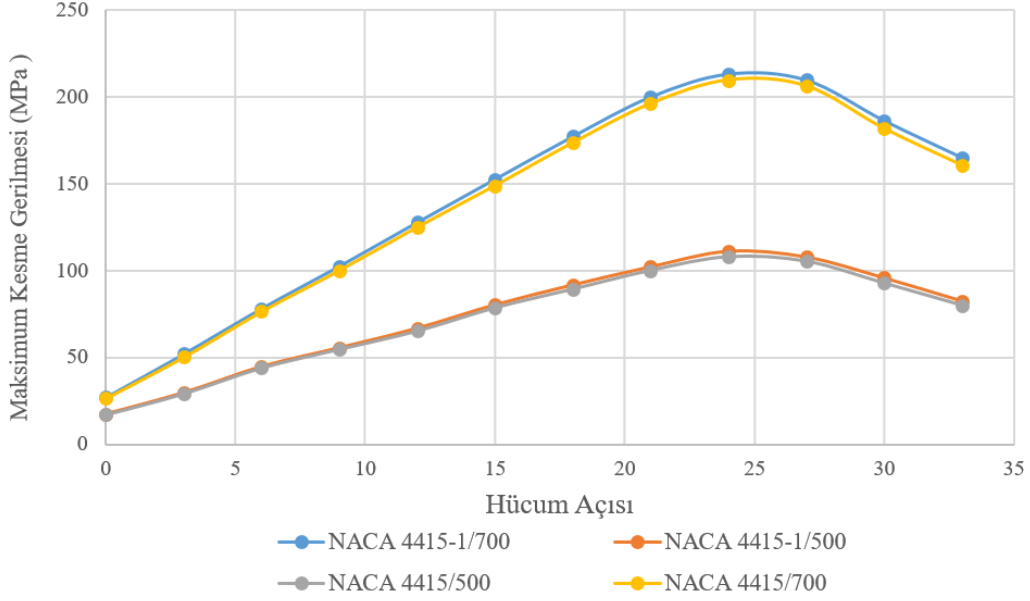
Tablo 5'teki Von-Mises gerilim değerleri incelendiğinde; NACA 4415 profilinin 700 km/h hızındaki hücum açılarının $\alpha=21^\circ-30^\circ$ aralığında (sarı ile boyalı kısım) emniyetsiz gerilim değerlerine rastlanılmıştır.

Tablo 5. NACA 4415 profilinin 700 km/h hızındaki Von-Mises gerilme değerleri ve emniyet kontrolü

Hücum Açısı	Gerilme Değeri (MPa)	Emniyet Katsayısı	Emniyetli Bileşke Gerilme (MPa)	Akma Gerilmesi (MPa)
0	61,912	1.5	92,868	503
3	105,74	1.5	158,61	503
6	153,6	1.5	230,4	503
9	191,8	1.5	287,7	503
12	235,15	1.5	352,725	503
15	282,29	1.5	423,435	503
18	320,65	1.5	480,975	503
21	357,6	1.5	536,4	503
24	387,12	1.5	580,68	503
27	381,51	1.5	572,265	503
30	339,21	1.5	508,815	503
33	310,58	1.5	465,87	503

3.3 Kesme Gerilmeleri

Alüminyum alaşımı malzeme yapay yaşlandırılmış malzeme olup; bu haliyle alüminyum alaşımları içinde en yüksek dayanım değerlerine sahip malzeme niteliği taşımaktadır. Kesme dayanımı değeri mertebe olarak 331 MPa mertebesindedir. İki farklı hız değerinde kanatta ortaya çıkan kesme gerilmesi değeri uçağın hızına bağlı olarak değişmektedir. Kesme gerilimi aerodinamik olarak 2 parametreye bağlı olarak değişmektedir. Bunlardan biri kuvvet, diğeri ise kuvvetin uygulandığı kesit alanıdır. Uçak hızı ve hücum açısı artarken uçak kanatlarında meydana gelen kesme gerilmesi değerleri de artmaktadır. Hücum açısı 24° 'ye eriştiğinde maksimum kesme gerilmesi oluşmakta ve bundan sonra kesme gerilmesi değeri düşmektedir. Oluşan kesme gerilmesi değeri maksimum 210 MPa mertebesindedir. Bu değer, malzemenin kesme dayanımı değerinden daha düşüktür. Emniyet katsayısı 1.5 olmaktadır. Diğer yandan, 500 km/h hız değeri için malzemenin dayanımı ile malzemede oluşan kesme gerilmesinin oranı 3.1 mertebesinde olup oldukça emniyetlidir. Şekil 19'da, bahsi geçen bu değerler grafik halinde verilmiştir.



Şekil 19. Farklı hücum açılarına göre emniyetli kesme gerilim değerlerinin değişimi

3.4 Deformasyon

Çalıştığımız uçak kanatlarının 2 farklı hız değerlerinde meydana gelen deformasyon (sehim) değerleri için mukavemet bilgilerinde kullandığımız formülü kullanırız. Tüm hücum açılarındaki değerleri aşağıdaki verilen formüle göre hesaplatılıp bu deformasyon değerlerinin grafikleri Şekil 20’de gösterilmiştir.

$$y = \frac{F.L^3}{3.E.I} \quad (1)$$

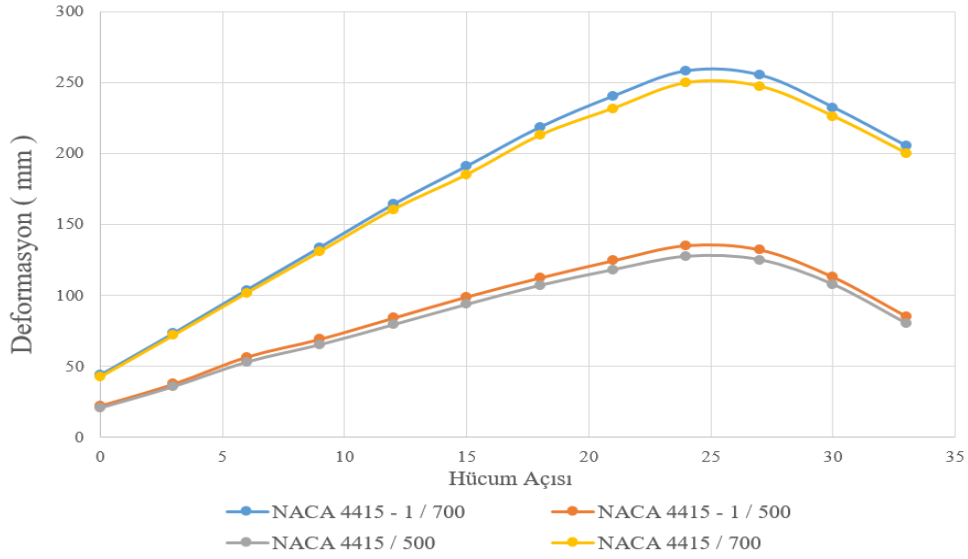
y = Sehim miktarı [m]

F = Kuvvet (Kanada uygulanan kuvvet) [N]

L = Kanat Uzunluk [m]

I = Kanat Atalet Momenti [m^4]

E = Kanat Malzemenin Elastisite Modülü [Pa]

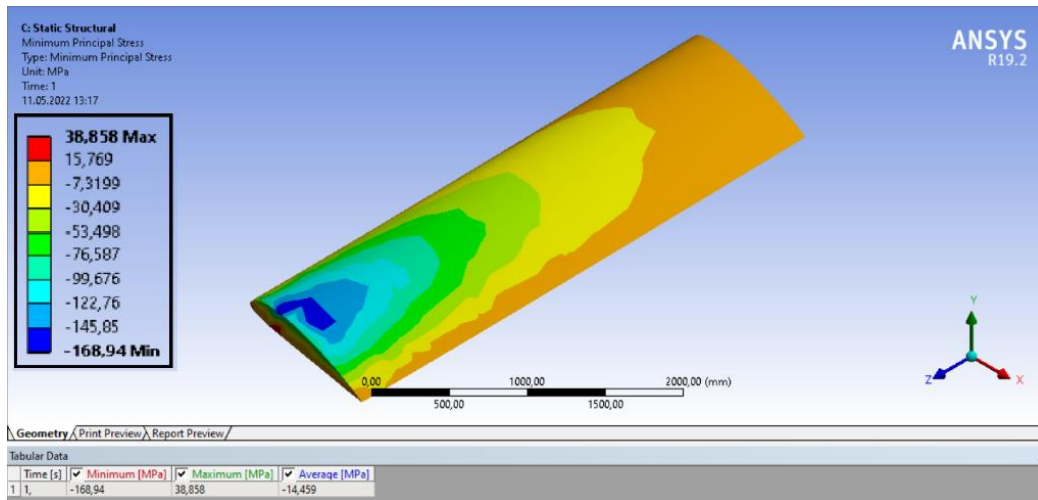


Şekil 20. Farklı hücüm açlarına göre deformasyon değerlerinin değişimi

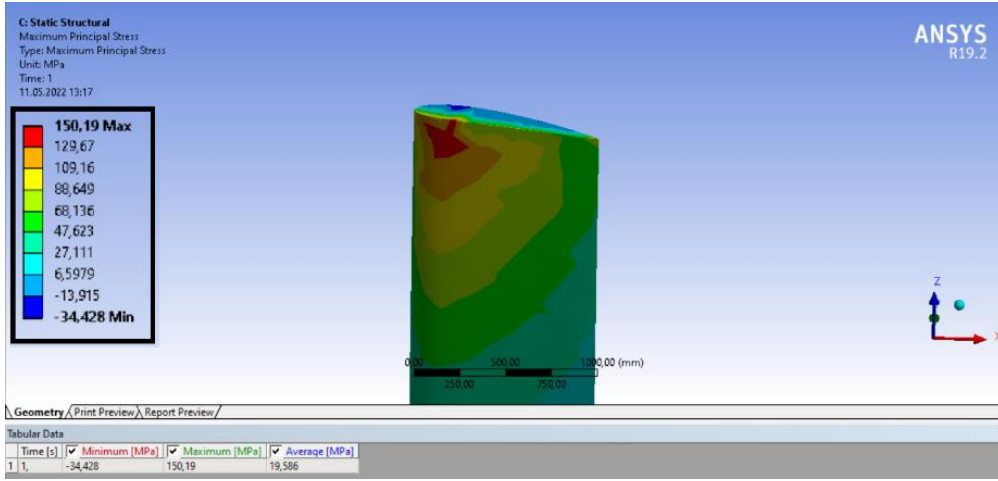
Sehim formülünde bulunan bileşenlerden; kanat uzunluğu, kanat atalet momenti, kanat malzemesi elastisite modülü sehim üzerinde hızın değişmesiyle ya da hücüm açısının fonksiyonu olarak değişmemektedir. Hızın, hücüm açısının veya her iki değişkenin değiştirilmesiyle sehim miktarında artış ya da azalışı gerçekleşmektedir. Şekil 18 ve Şekil 20 incelendiğinde, maksimum gerilmelerin olduğu 24° hücüm açısında maksimum sehim olduğu görülmüştür.

3.5 Çekme ve Basma Gerilmeleri

Kanatta meydana gelen kaldırma ve sürüklenme kuvvetlerinden dolayı kanadın üst kısmında basma, alt kısmında ise çekme gerilmeleri oluşur. NACA 4415 profili için 500 km/h hız değerinde oluşan gerilmelerin yerleri ve değerleri Şekil 21 ve Şekil 22'de görülmektedir.



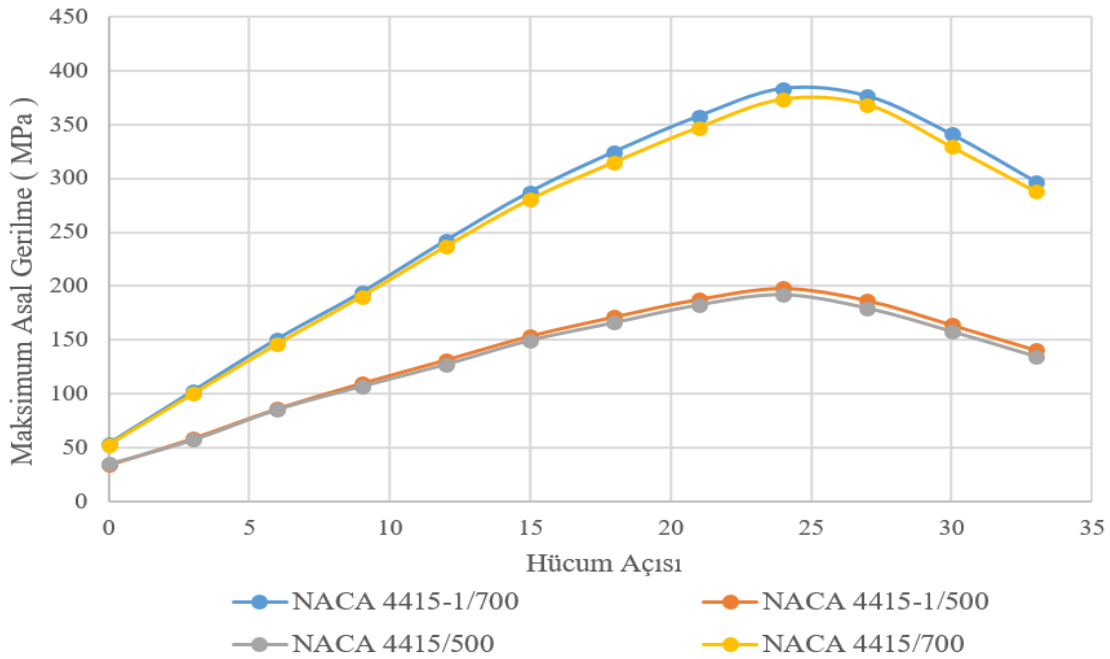
Şekil 21. Minimum asal gerilmeler (basma gerilmeleri)



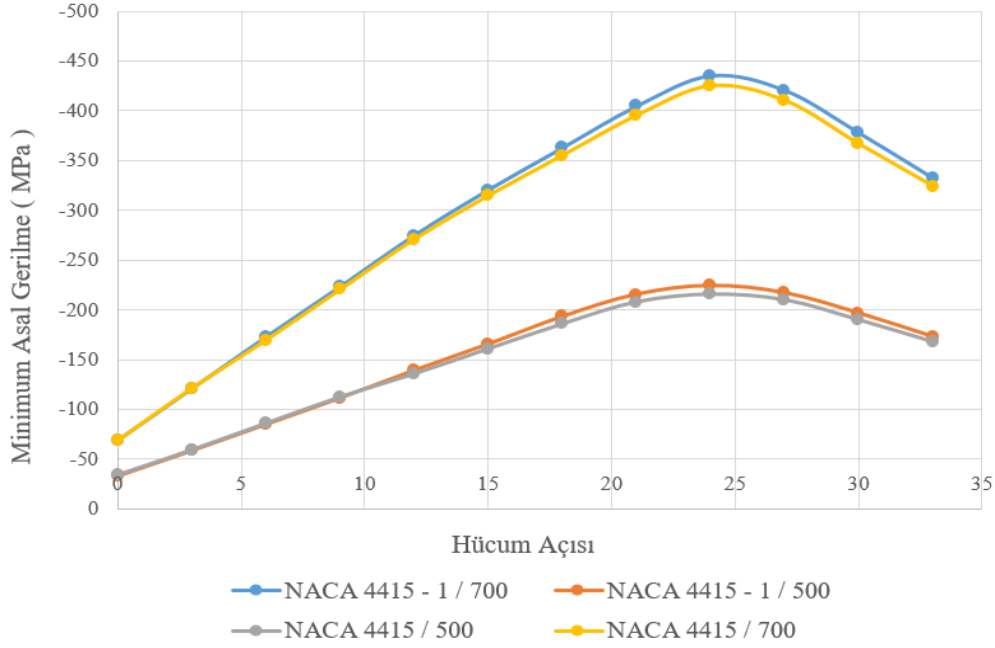
Şekil 22. Maksimum asal gerilmeler (çekme gerilmeleri)

Kanat profilleri üzerinde meydana gelen Maksimum ve Minimum Gerilim değerleri kanadın hızına göre değişmektedir. Hız değeri artarken kanat üzerinde meydana gelen Maksimum ve Minimum Gerilim değerleri de artmaktadır. Ayrıca Maksimum ve Minimum Gerilim değerleri, aerodinamik kuvvetlerden kaldırma kuvvetinin maksimum değerine kadar hücum açısı ile birlikte artmaktadır.

Maksimum ve Minimum Gerilim değerleri birbirleri ile karşılaştırıldığında, basma kuvvetlerinin meydana getirmiş oldukları gerilim değerlerinin çekme gerilim değerlerinden sayısal olarak büyük oldukları Şekil 23 ve Şekil 24'te açıkça görülmektedir.



Şekil 23. Farklı hücum açlarına göre maksimum asal gerilmelerin değişimi



Şekil 24. Farklı hücum açılarına göre minimum asal gerilmelerin değişimi

3.6 Aerodinamik Parametreler

Enerjinin korunumu olan Bernoulli'nin denklemine göre aynı akış yolunun her noktasındaki atmosferik ve dinamik basınçların toplamı aerodinamiğin temel yasası ile sabittir. Bahsi geçen toplam basınç henüz kanadın hareket alanına girmemiş yani deforme olmamış hava ortamından hesaplanır. Bu basınçlar kanadın dış yüzey alanına göre entegre edilerek, kanadın üzerinde, rölatif hızdan dolayı oluşan bileşke aerodinamik kuvvet hesaplanır. Hesaplanan kuvvet aslında kanat yüzeyindeki bir yayılı kuvvettir, fakat hesaplamalarda kolaylık olması için bu basınç kuvvetlerinin kanat üzerindeki basınç merkezi (center of pressure) noktasından etki ettiği şeklinde bir tekilleştirme (idealleştirme) yapılabilir. Bu basınç merkezi noktası, ağırlık merkezi (center of gravity) noktası ile aynı nokta değildir. Bu iki noktanın çakıştırılması aerodinamik açıdan oldukça büyük faydalar sağlar.

Kanat üzerindeki basınç, kanadın dış yüzey alanına göre entegre edilerek elde edilen bileşke aerodinamik kuvvetin bileşenlerinin (kaldırma ve sürüklenme kuvvetleri) hava hızının karesiyle, hava akımına karşı gelen kanat alanıyla ve birimsiz bir katsayı ile orantılı oldukları görülür. Bu birimsiz katsayılar kuvvet bileşenlerinin isimleri ile isimlendirilmişlerdir.

Kaldırma ve sürüklenme kuvvetlerinin etki ettiği nokta olarak belirlediğimiz basınç merkezi ile kanadın bütün dinamik analizlerinin yapıldığı nokta olan ağırlık merkezi aynı nokta değildir. Bu aerodinamik kuvvetlerin kanat dinamiğine etkisinin hesaplanması istenildiğinde bu kuvvetlerin de ağırlık merkezine taşınması gerekmektedir. Bunun için dinamik analiz için aerodinamik momentler girmektedir. Söz konusu olan moment ise araştırmamızda hesapladığımız Yunuslama Momentidir. Bu

momentler aerodinamik kuvvetler ile bunların ağırlık merkezine olan uzaklıklarının çarpımı ile bulunur.

Kanat profillerinin aerodinamik performansları her ne kadar kaldırma ve sürüklenme kuvvetleri ile yunuslama momenti olarak belirleniyorsa da, çoğu zaman bu kuvvet ve moment bileşenleri yerine bunların kendilerine ait katsayıları ile ilişkilendirilirler. Kanat profili aerodinamik performansının daha verimli olabilmesi için kaldırma katsayısının fazla, sürüklenme katsayısının ise düşük olması gerekir. Kaldırma katsayısının artması ile daha fazla yük taşınabilir veya daha kısa mesafede kalkış sağlanabilir. Ayrıca sürüklenme katsayısının her artışı yakıt tüketimini arttıracığı için sürüklenme katsayısının da az olması istenir. NACA 4415 ve NACA 4415-1 kanatları için 700 km/h hıza karşılık gelen değerler Tablo 6 ve Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 6. NACA 4415 Kanat profilinin 700 km/h hız değerlerindeki aerodinamik parametreleri

Açı	L Kuvveti (N)	D Kuvveti (N)	Moment Z (Nm)	C _L Katsayısı	C _D Katsayısı	C _m Katsayısı
-6°	-15915	1298,2	-5807	-0,173549253	0,014156559	-0,119090882
-3°	11522	1084	-3751	0,125127832	0,011772138	-0,077583165
0°	34659	1394,8	-1480	0,375877633	0,015126637	-0,024508666
3°	60240	2389,5	741	0,654200712	0,025949744	0,011174842
6°	87017	4100,3	2805	0,948899489	0,044712787	0,05239519
9°	111410	6482,7	4884	1,223304865	0,071181388	0,097855605
12°	135430	9200	6859	1,501553948	0,102003222	0,142028399
15°	155390	13068	8614	1,744655743	0,146722191	0,181325633
18°	178680	17520	10629	2,026108394	0,198664759	0,227652116
21°	194020	22514	11870	2,253851086	0,261535941	0,266263894
24°	209200	27780	13514	2,471616116	0,329786243	0,307373124
27°	203210	36824	12419	2,473401658	0,448208959	0,280994787
30°	192120	41025	10142	2,405871359	0,513745953	0,234288191
33°	162880	49124	9229	2,106234946	0,635232598	0,221382258

NACA 4415 Kanat profilinin 700 km/h hız değerlerindeki aerodinamik parametreleri olan kaldırma kuvvetinin, sürüklenme kuvvetinin, yunuslama momentinin, kaldırma katsayısının, sürüklenme katsayısının ve yunuslama moment katsayısının kanadın hücum açısına göre sayısal değerleri hesaplatılmış olup; hesaplanan bu değerler yukarıdaki Tablo 6’da gösterilmiştir.

Kaldırma kuvvetinin (L) ve bu kuvvet ile bağlantılı olan birimsiz kaldırma kuvvet katsayısı (C_L) sayısal değerleri kanat hücum açısı (0° - 24°) arasında lineer olarak atarken; 24° hücum açısı

sonrası akışkanın oluşturduğu akım hatları artık kanadın arka sırt bölgelerinde tutunamamaktadır. Kanat profili artık stall bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 7. NACA 4415-1 Kanat profilinin 700 km/h hız değerindeki aerodinamik parametreleri

Açı	L Kuvveti (N)	D Kuvveti (N)	Moment Z (Nm)	C _L Katsayısı	C _D Katsayısı	C _m Katsayısı
-6°	-16070	1235,1	-11147	-0,175239491	0,013468469	-0,121555358
-3°	10678	1026,1	-7138,2	0,115962072	0,011143349	-0,077522018
0°	33822	1364,7	-2788,8	0,36680035	0,014800202	-0,030244598
3°	58993	2309,5	1444,5	0,64065841	0,025080952	0,015687133
6°	86268	3940,1	5463	0,940731823	0,042965844	0,059572703
9°	110920	6126,2	9513	1,217924563	0,067266944	0,104454709
12°	134430	8709,3	13361	1,490466641	0,09656268	0,148137505
15°	153710	11838	16891	1,725793386	0,132912251	0,18964528
18°	176370	15439	20790	2,011170291	0,176052946	0,237071102
21°	192900	20314	23053	2,240840504	0,23597944	0,267797284
24°	202720	24311	26266	2,418432446	0,28385597	0,311813011
27°	201710	32456	23889	2,455144178	0,395043178	0,290768624
30°	190360	37366	19495	2,383831313	0,467925199	0,244131075
33°	161410	43439	17802	2,087226072	0,561718687	0,230201341

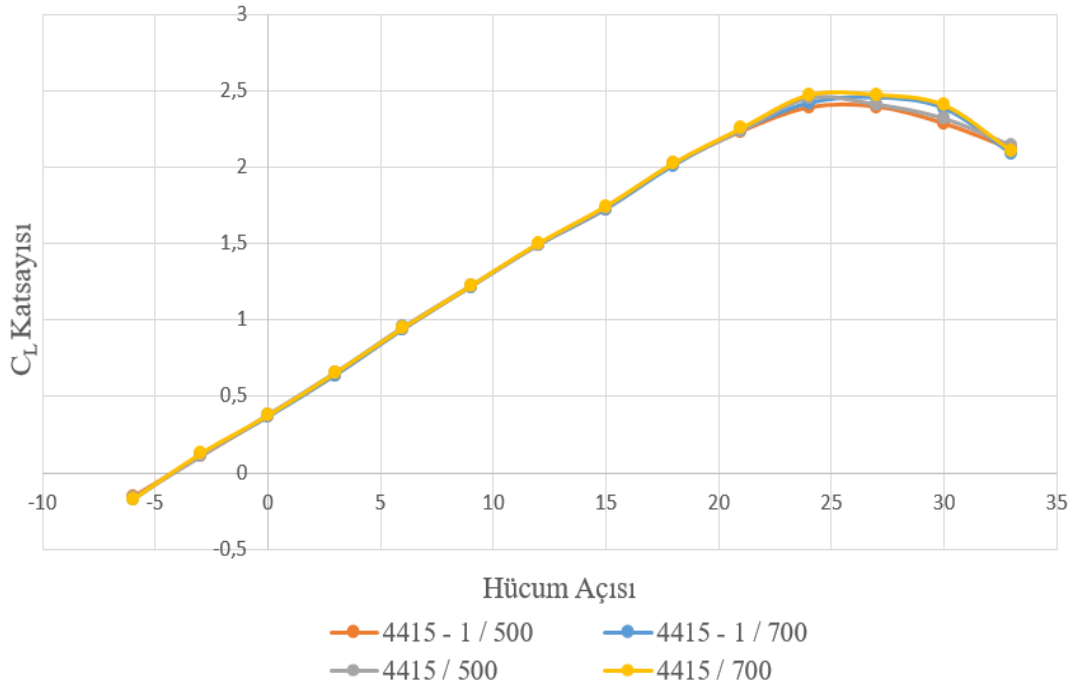
Yunuslama Momentinin (M) ve bu moment ile bağlantılı olan birimsiz moment katsayısı (C_m) sayısal değerleri kanat hücum açısı (0° - 24°) arasında lineer olarak atarken; 24° hücum açısı sonrası akışkanın oluşturduğu akım hatları artık kanadın arka sırt bölgelerinde tutunamamasından dolayı bu hücum açısından sonra lineer olarak azalmaktadır. Kanat artık stall bölgesinde olduğunu göstermektedir.

Sürüklenme kuvvetinin (D) ve bu kuvvet ile bağlantılı olan birimsiz sürüklenme kuvvet katsayısı (C_D) sayısal değerleri kanat hücum açısı (0° - 33°) arasında üstel fonksiyon şeklinde daima artar halde olduğu görülmüştür.

NACA 4415-1 Kanat profilinin 700 km/h hız değerlerindeki aerodinamik parametreleri olan kaldırma kuvvetinin, sürüklenme kuvvetinin, yunuslama momentinin, kaldırma katsayısının, sürüklenme katsayısının ve yunuslama moment katsayısının kanadın hücum açısına göre sayısal değerleri hesaplatılmış olup; hesaplanan bu değerler yukarıdaki Tablo7'de gösterilmiştir.

NACA 4415-1 Kanat profilinin 700 km/h hız değerlerindeki aerodinamik parametrelerin sayısal değerleri ile NACA 4415 Kanat profilinin 700 km/h hız değerlerindeki aerodinamik

parametrelerin sayısal değerleri çok farklı olmamak üzere bir birlerine yakın ve aynı eğim değerlerinde çıktıkları görülmüştür. NACA 4415 kanat profili ve NACA 4415-1 kanat profilleri üzerinde meydana gelen kaldırma kuvvetlerinin sayısal değerleri hemen hemen aynı değerlerde ve aynı trend oldukları görülmüştür. Fakat sürüklenme kuvvetleri karşılaştırıldığında hücum açısı 9° den sonra NACA 4415-1 kanat profilinin sayısal değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu azalma değeri hücum açısı büyüdükçe artmıştır. Bu paragrafta anlatılan kaldırma ve sürüklenme kuvvetlerindeki bağıntı bu kuvvetler ile ilişkili olan birimsiz kuvvet katsayılarında da bariz bir şekilde görülmektedir. NACA 4415 kanat profili ve NACA 4415-1 kanat profilleri üzerinde meydana gelen kaldırma ve sürüklenme kuvvetlerine bağıntılı olan birimsiz kuvvet katsayılarındaki değişimi daha iyi anlayabilmek (görebilmek) için tüm parametreler grafik haline getirilmiştir. Ayrıca grafiklerde 500 km/h hız değerindeki analiz sonuçları da verilmiştir. C_L katsayısı, C_D katsayısı, C_m katsayısı ve C_L/C_D oranları sırasıyla; Şekil 25, Şekil 26, Şekil 27 ve Şekil 28'de gösterilmiştir.

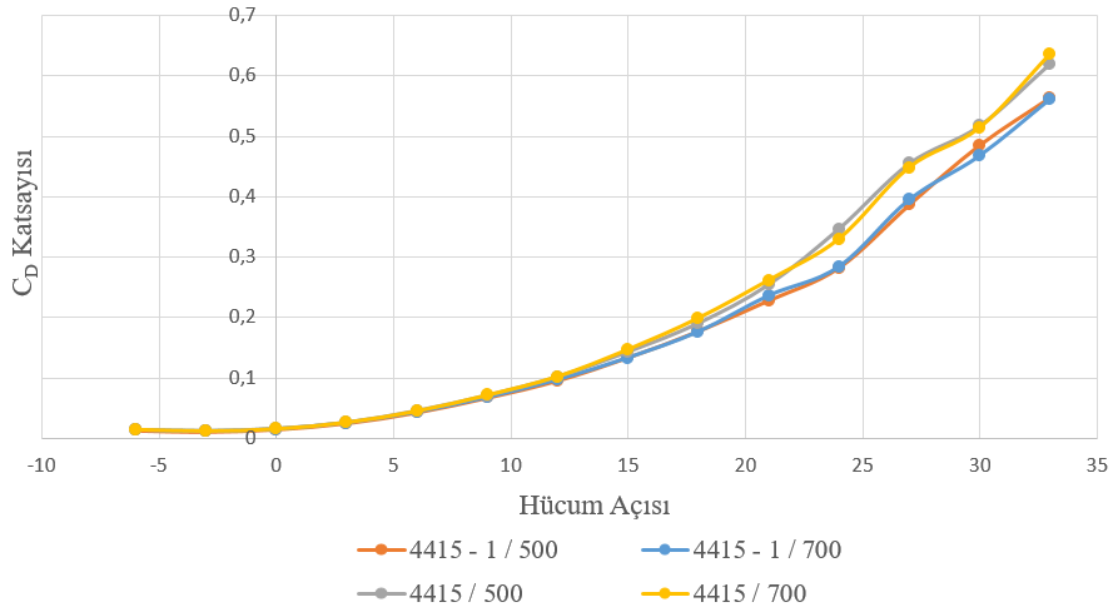


Şekil 25. NACA 4415 ve NACA 4415-1 kanat profillerinin 500 km/h ve 700 km/h hız değerlerinde C_L katsayılarının hücum açısına göre değişimi

NACA 4415 ve NACA 4415-1 kanat profillerinin 500 km/h ve 700 km/h hız değerlerinde meydana gelen kaldırma kuvvetlerine bağıntılı olan birimsiz kaldırma kuvvet katsayılarının hücum açısına göre değişimleri Şekil 25'te gösterilmiştir. NACA 4415 kanadın iç konsollarının tamamen dolu ve NACA 4415-1 kanadının iç konsollarının mukavemet değerleri dikkate alınarak irili ufaklı dairesel boşluklardan oluşan kanatların üzerindeki 500 km/h ve 700 km/h hız değerlerinde ayrı ayrı meydana gelen kaldırma kuvvetlerinin C_L kaldırma katsayılarının eğrisinde pek bir fark olmadığı görülmüştür. Bu farkın oluşmaması şu şekilde izah edilebilir; aerodinamik hava akımına karşı gelen kanat

alanlarının yapısı, alan büyüklüğü ve geometrisi aynı olduğundan dolayı bu alan üzerinde meydana gelen ayrı ayrı hız değerlerinde kaldırma kuvvetlerinin sayısal değerleri hemen hemen aynıdır. Aynı olan kaldırma kuvvetlerinin sayısal değerlerinden oluşan birimsiz kaldırma kuvveti katsayısı birbirleri üzerine çakışık vaziyette bulunmuştur.

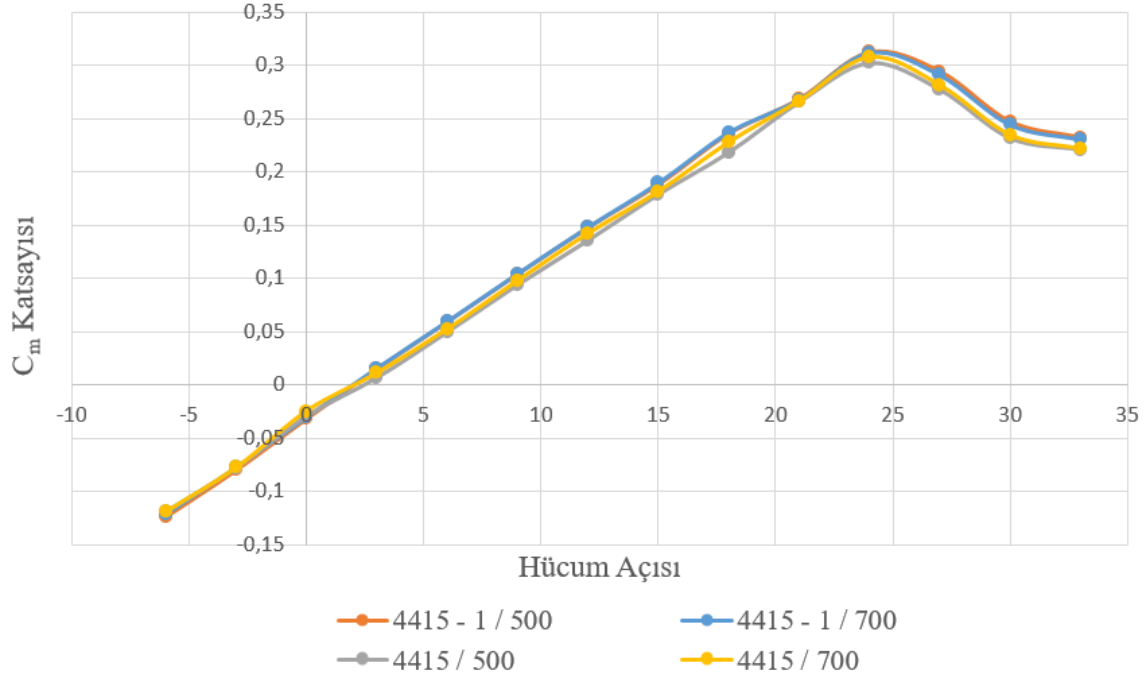
NACA 4415 ve NACA 4415-1 kanatlarının 500 km/h ve 700 km/h hız değerlerinde meydana gelen birimsiz sürüklenme kuvvet katsayılarının hücum açısına göre değişimi Şekil 26'da gösterilmiştir. NACA 4415 kanadının hem 500 km/h hız değerlerindeki hem de 700 km/h hız değerlerindeki sürüklenme kuvvetlerinin sayısal değerleri birbirleri ile hemen hemen aynıdır. Aynı olan sürüklenme kuvvetlerinin sayısal değerlerinden oluşan birimsiz sürüklenme kuvveti katsayısı birbirleri üzerine çakışık vaziyette bulunmuştur. Ayrıca NACA 4415-1 kanadının hem 500 km/h hız değerlerindeki hem de 700 km/h hız değerlerindeki sürüklenme kuvvetlerinin sayısal değerleri hemen hemen birbirleri ile aynıdır. Aynı olan sürüklenme kuvvetlerinin sayısal değerlerinden oluşan birimsiz sürüklenme kuvveti katsayısı birbirleri üzerine çakışık vaziyette bulunmuştur.



Şekil 26. NACA 4415 ve NACA 4415-1 kanat profillerinin 500 km/h ve 700 km/h hız değerlerinde C_D katsayılarının hücum açısına göre değişimi

Şekil 26'da gösterilen sürüklenme kuvvet katsayılarının hücum açısına göre değişimi şöyle izah edilebilir. Aynı akış yolunun her noktasındaki atmosferik ve dinamik basınçların toplamının aerodinamiğin temel yasası ile sabit olduğunu söylemiştik. Hesaplanan kuvvet kanat yüzeyindeki bir yayılı kuvvet olup; hesaplamalarda kolaylık olması için bu basınç kuvvetlerinin kanat üzerindeki basınç merkezi noktasından etki ettiği şeklinde bir tekilleştirme yapılır. Bu basınç merkezi noktası ile ağırlık merkezi noktası aynı nokta olmayıp hücum açısına göre değişim göstermektedir. Yapmış olduğumuz araştırmada NACA 4415 kanadının iç kısmındaki konsolları tamamen dolu olduğundan

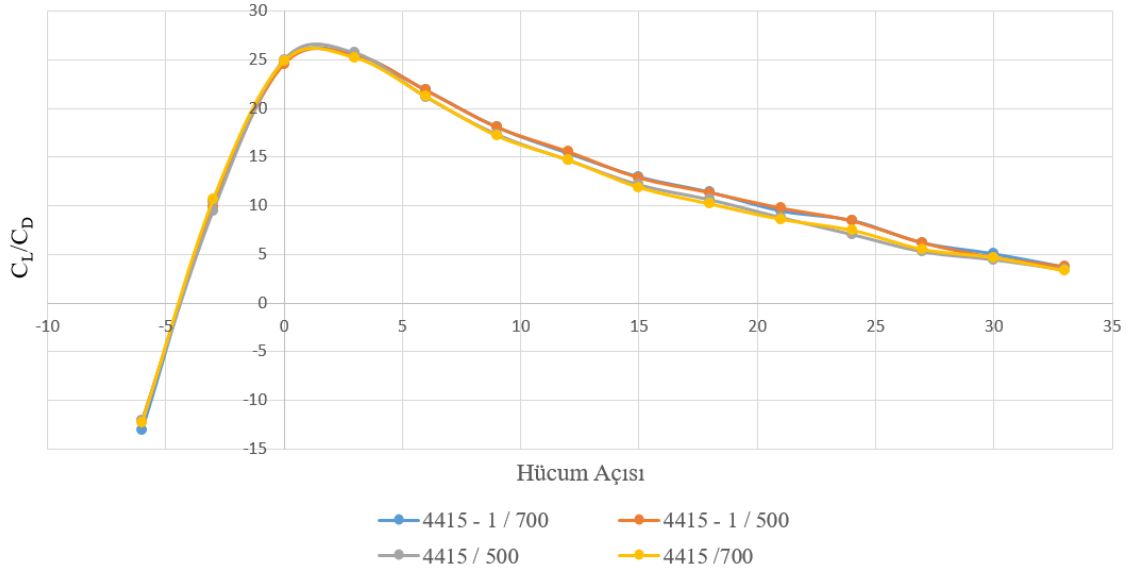
dolayı bu kanadın ağırlık merkezi ile basınç merkezi arasındaki fark, NACA 4415-1 kanadının ağırlık merkezi ile basınç merkezi noktaları arasındaki farktan daha büyüktür. Bundan dolayı NACA 4415 kanadında daha fazla bir sürüklenme kuvveti meydana gelmiştir. Bu kuvvete bağlı olan birimsiz sürüklenme kuvveti kat sayısının da Şekil 26’da görüldüğü gibi NACA 4415-1 üzerindeki sürüklenme kuvveti katsayısında hücum açısı 9° den sonra hücum açısı arttıkça azaldığı bulunmuştur.



Şekil 27. NACA 4415 ve NACA 4415-1 kanat profillerinin 500 km/h ve 700 km/h hız değerlerinde C_m katsayılarının hücum açısına göre değişimi

Kanat profili etrafındaki aerodinamik akış bileşenlerinin sayısal hesabıyla kanat tasarımı üzerinde meydana gelen kuvvetlerden kaldırma kuvvetinin artırılıp sürüklenme kuvveti ve yunuslama momentinin azaltılması yoluna gidilmiştir. Şekil 27'ye bakıldığında ise, NACA 4415-1 profilinin yunuslama moment katsayısının (C_m) arttığı görülmüştür. Yunuslama momenti, Kaldırma-Sürüklenme düzlemi içerisinde etkiyen moment bileşenidir. Kanat profilinin hücum açısı artacak şekilde etkimesi halinde pozitif yön kabul edilir.

Bir kanat veya kanat profili tarafından sürüklenmesine kıyasla oluşturulan kaldırma miktarı (C_L/C_D) kanadın verimliliğini ifade eder. Şekil 28'deki C_L/C_D -Hücum Açısı grafiğini incelediğimizde, yaklaşık 5° hücum açısına kadar kanat veriminde bir değişiklik olmadığını lakin hücum açısı artınca NACA 4415-1 kanat profilinin hem 500 km/h hem de 700 km/h hız değerlerinde daha verimli çalıştığı görülmektedir. Bu değerler bize düzenlenmiş kanat profili NACA 4415-1'de enerji tasarrufu gerçekleştirildiğini göstermiştir.



Şekil 28. NACA 4415 ve NACA 4415-1 kanat profillerinin 500 km/h ve 700 km/h hız değerlerinde kaldırma/sürüklenme katsayısı oranı (C_L/C_D)

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, literatürde genellikle iki boyutlu modellenen NACA 4415 kanat profili üç boyutlu olarak tasarlanmıştır. AnsysFluent programı ile iki farklı kanat profili modellenip, kanatların farklı hızlardaki aerodinamik parametreleri incelenmiştir. NACA 4415 profili kanadın normal halini belirtirken; NACA 4415-1 profili ise kanadın konsolları içerisinde irili ufaklı dairesel kesitli boşluk oluşturulmuş halini ifade etmektedir. Her iki kanat için de 139 m/s ($\approx 500 \text{ km/h}$) ve 194 m/s ($\approx 700 \text{ km/h}$) hava akış hızı uygulanmıştır. Bu kanatlar -6° ile 33° aralığında 3° 'er derece aralıklarla, 14 farklı açıda tek tek analize sokulmuştur.

Her iki kanatta ve her iki farklı hız değerlerinde kanadın hücum kenarında meydana gelen durma noktasının yeri hücum açısına bağlı olarak değişmektedir. Bu değişimin hücum açısı arttıkça hücum kenarının altlarına doğru indiği görülmüştür. Kanatların hız konturları grafiğinde kanadın durma noktası yakınlığında bir hız düşüşü ve üst yüzeyinde ise hız artışı görülürken, statik basınç konturları hız vektörlerinin negatifi şeklinde görülmüştür. Bu durum Bernoulli Denklemi etkisine göre doğru bir sonuç olup hızın arttığı yerde basınç düşüşü, hızın azaldığı yerde de basınç yükselişi olarak görülmüştür.

Kanat profillerinin üst yüzeyindeki teorik basınç katsayıları eğrisi ile alt yüzeyindeki teorik basınç katsayıları eğrisi arasındaki alan C_L katsayısının sayısal değerini oluşturur. Her iki kanatta ve her iki farklı hız değerlerinde oluşan C_L katsayısı hücum açısının artışı ile 24° ye kadar artmakta ve 24° den sonrası birden bire düşerek kanat stall-perdövites olduğu görülmüştür.

NACA 4415 ve NACA 4415-1 kanatlarının 500 *km/h* ve 700 *km/h* hız değerlerindeki aerodinamik parametrelerden “Basınç Katsayılarının Maksimum ve Minimum Değerlerinin Değişimi” incelenmiş olup; maksimum basınç katsayılarının hücum açılara bağlı olarak değişimlerinin olmadığı ve 1°’e yakın değerlerde oldukları görülmüştür. Fakat minimum basınç katsayılarının hücum açılarının artışı ile birlikte 24° ye kadar arttığı sonra da birdenbire düştüğü görülmüştür.

Karmaşık yükleme altında araştırma yaptığımız kanadın malzemesinin akmasını tahmin etmek için gerekli olan Von-Mises gerilmeleri her iki kanatta ve her iki farklı hız değerlerinde sayısal olarak çıkartılmış ve bu çıkartılan sayısal değerler bir grafikte gösterilmiştir. Her iki kanadın 700 *km/h* hız değerlerindeki hücum açısının 21°-30° aralığında akma dayanımının üzerinde bir sayısal değerde çıktıkları görülmüştür. Kesme gerilmeleri her iki kanatta ve her iki farklı hız değerlerinde sayısal olarak hesaplatılmış ve hesaplatılan sayısal değerler bir grafikte gösterilmiştir. Her iki kanadın da kesme gerilmesi değerlerinin kesme dayanımı değerinin üzerinde bir sayısal değere çıkmadığı ve emniyetli olduğu görülmüştür.

NACA 4415 ve NACA 4415-1 kanatlarının 500 *km/h* ve 700 *km/h* hız değerlerindeki aerodinamik parametrelerinin kanatlar üzerinde oluşturduğu deformasyonlar hız değerlerine bağlı olarak artış göstermektedir. Hız değeri 700 *km/h* olan kanat üzerinde meydana gelen deformasyon değerlerinin, hız değeri 500 *km/h* olan kanat değerlerinden daha yüksek oldukları görülmüştür. Ayrıca NACA 4415-1 kanadının her iki hız değerlerindeki deformasyonlarının NACA 4415’e kıyasla daha fazla olduğu görülmüştür.

Her iki kanatta ve her iki farklı hız değerlerindeki kanatlar üzerinde meydana gelen maksimum ve minimum gerilim değerlerinin kanadın hızına göre değiştiği görülmüş olup; hız değeri artarken kanat üzerinde meydana gelen maksimum ve minimum gerilim değerleri de artacaktır. Ayrıca maksimum ve minimum gerilim değerleri, aerodinamik kuvvetlerden kaldırma kuvvetinin maksimum değerine kadar hücum açısı ile birlikte artmaktadır. Maksimum ve minimum gerilim değerleri birbirleri ile karşılaştırıldığında, basma kuvvetlerinin meydana getirmiş oldukları gerilim değerlerinin çekme gerilim değerlerinden sayısal olarak büyük oldukları açıkça görülmektedir.

NACA 4415 ve NACA 4415-1 kanatlarının 700 *km/h* hız değerlerindeki aerodinamik parametreleri tablo halinde çıkartılmış olup; diğerleri ise ilgili grafik üzerinde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. NACA 4415 ve NACA 4415-1 kanatlarının 500 *km/h* ve 700 *km/h* hız değerlerinde meydana gelen kaldırma kuvvetlerine bağıntılı olan birimsiz kaldırma kuvvet katsayılarının (C_L) hücum açısına göre değişiminde pek bir fark olmadığı görülmüştür. Fakat birimsiz sürüklenme kuvvet katsayılarının (C_D) hücum açısına göre değişimi görülmüştür. Hücum açısı 9° den sonraki açılarda NACA 4415-1 kanadının üzerinde meydana gelen C_D katsayısının sayısal değerinin NACA 4415

kanadından daha az olduğu görülmüştür. Aradaki farkın değerinin hücum açısı arttıkça arttığı görülmüştür.

Moment katsayısının (C_m) ise her iki kanatta ve her iki farklı hız değerlerinde hemen hemen birbirlerine yakın (çakışık) eğriler şeklinde oldukları görülmüş olup; hücum açısı 24° 'den sonraki hücum açılarında birdenbire düştükleri görülmüştür.

Kanatların verimliliğini ifade eden (C_L/C_D) değerleri NACA 4415 ve NACA 4415-1 kanatlarının 500 km/h ve 700 km/h hız değerlerinde incelenmiş ve NACA 4415-1 kanadının daha etkin (verimli) olduğu ortaya çıkmıştır.

Sınır tabakanın kanat profili üzerinde mümkün olduğunca laminar kalması arzu edilir. Fakat kanat profilleri zaman içerisinde sürekli gelişen ve değişen bir süreç geçirmişlerdir. Türbülanslı bölgedeki ayrılmaların hücum açısının artması ile arttığı görülmüştür. Stall açılarına yakın ve bunun üstündeki hücum açısı bölgelerinde ayrılmaların şiddetlenerek alan olarak büyüdüğü, kaldırma kuvvetinin ise hızla azaldığı görülmüştür.

Profillerin hücum kenarında oluşan laminar ayrılmaların hücum açısının artışı ile profilin ön bölgesinde daha dar bir alana sıkışarak alan ve şiddet olarak küçüldüğü görülür.

Maksimum kaldırma kuvvetinin oluştuğu 24° 'deki kuvvet tepkileri incelendiğinde; 500 km/h akış hızında NACA 4415-1 kanadı NACA 4415 kanadından %3.51 daha az kaldırma kuvveti oluşturmuştur. Lakin gerekli motor kuvvetinde de %12.79 azalma görülmüştür. Aynı hücum açısında, 700 km/h akış hızındaki değerler incelendiğinde, NACA 4415-1 kanadı NACA 4415 kanadından %3,09 daha az kaldırma kuvveti oluştururken gerekli motor kuvvetinde de %12.48 azalma görülmüştür. Bu değerler Şekil 25, Şekil 26, Tablo 6 ve Tablo 7'de açıkça görülmektedir.

Motor kuvvetlerinde ki azalmanın sebebi kanadın kütesinin azalmasıdır. Kanat profilinden çıkarılan dairesel kesitler tüm kanada bakıldığında; kanadın hacminde 0.00410485 m^3 'lük bir azalmaya sebep olur (11.51 kg). Bu kazanç gerekli motor kuvvetini azaltarak yakıt tasarrufu sağlar. Kaldırma kuvvetinde ki azalmanın sebebi ise parça çıkarılan NACA 4415-1 kanadının daha fazla deformasyona uğramasındandır. Deformasyon miktarı artınca kuvvetin uygulandığı projeksiyon alanı azaldığı için kaldırma kuvvetinde düşüş yaşanmıştır.

United Airlines firması, uçak içi dergilerinin basıldığı kâğıdın kalitesini değiştirerek her bir derginin ağırlığını yaklaşık olarak 30 gram azalarak 195 grama düşürmüştür ve bu değişikliğin havayolu şirketine yılda 170000 galon yakıt tasarrufu sağladığı beyan edilmiştir [8].

Tüm sonuçlar incelendiğinde, kanat profilinden çıkarılan parçaların sürüklenme kuvvetini azaltması gibi pozitif yönlerinin yanı sıra gerilme değerlerinin ve buna bağlı olarak deformasyon değerlerinin artması gibi negatif yönleri de olduğu görülmüştür. Kanat üreticileri kanadın kütlesini ne kadar azaltabileceklerine, kanadın kullanılacağı alana göre, kendileri karar vermelidir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmada karşılaştığım zorlukları tecrübesi ve bilgisi ile aşmamda yardımcı olan, beni yönlendiren değerli hocam Ramazan SELVER'e teşekkürlerimi sunarım.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

YAZARLARIN KATKILARI

Yusuf Can AKAR: Yazma ve düzenleme, verilerin düzenlenmesi, metodoloji, veri toplama, test ve kontrol. Ramazan SELVER: Gözetim ve liderlik sorumluluğu, analiz, veri düzenleme, inceleme ve sonuçların yorumlanması.

KAYNAKLAR

- [1] J. D. Anderson, "Fundamentals of Aerodynamics", 5th ed., McGraw Hill, New York, 2010.
- [2] J. D. Anderson, "Ludwig Prandtl's boundary layer," *Phys. Today*, vol. 58, no. 12, pp. 42-48, 2005.
- [3] M. C. Güçlü, Uçak Kanadı Üzerindeki Akışın Aerodinamik Performans Analizi Ve Kontrolü, Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, TOBB Ekonomi Ve Teknoloji Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2019.
- [4] Y. M. Adil, "Uçak mühendisliğine giriş ve etik ders notları", 2006-2007.
- [5] G. Castiglioni, J. A. Domaradzki, V. Pasquariello, S. Hickel, M. Grilli, "Numerical simulations of separated flows at moderate Reynolds numbers appropriate for turbine blades and unmanned aero vehicles", *International Journal of Heat and Fluid Flow*, vol. 49, pp. 91-99, 2014.
- [6] E. Haydaraslan, Isı Değiştiricisindeki Yüzey Deseninin Isı Transferine Etkisinin İncelenmesi, Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2018.
- [7] ASM International, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials, vol. 2, 10th Ed., 1990, <https://doi.org/10.31399/asm.hb.v02.9781627081627>

- [8] M. Yılmaz, *Uçaklar nasıl kilo veriyor*. (2018). Erişim Tarihi: 26.07.2018. [Online]. <https://boardinginfo.com/kucuk-dokunuslarla-buyuk-kazanclar/>.

Copyright © 2023 Akar and Selver. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).



Araştırma Makalesi / Research Article

NDVI ve DEM Verileriyle Bitki Örtüsünün Yatay, Dikey ve Zamansal Değişiminin İncelenmesi: Savur İlçesi (Mardin) Örneği

Investigation of Horizontal Vertical and Temporal Changes of Vegetation with NDVI and DEM Data (Example of Mardin Savur District)

Sabri KARADOĞAN¹ , Mehmet Tahir KAVAK² , Aladdin AL^{3,*}

^{1,3}Dicle Üniversitesi, Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi, Coğrafya Eğitimi Anabilim Dalı, 21280, Diyarbakır, Türkiye

² Dicle Üniversitesi, Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi, Fizik Eğitimi Anabilim Dalı, 21280, Diyarbakır, Türkiye

<https://doi.org/10.55007/dufed.1194363>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 25 Ekim 2022

Revize, 13 Nisan 2023

Kabul, 27 Nisan 2023

Online Yayınlama, 29 Mayıs 2023

Anahtar Kelimeler

Uzaktan algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri, NDVI, Savur, Bitki örtüsü

ARTICLE INFO

Article History

Received, 25 October 2022

Revised, 13 April 2023

Accepted, 27 April 2023

Available Online, 29 May 2023

Keywords

Remote sensing, Geographic Information Systems, NDVI, Savur, Vegetation

ÖZ

Uzaktan Algılama ile Coğrafi Bilgi Sistemleri teknikleri yeryüzünün doğal özelliklerini, yer ve zamana göre değişiminin gözlemlenmesinde kullanılan yaygın ve güvenilir yöntemlerdendir. Bu yöntemlerin birlikte kullanıldığı en yaygın uygulamalardan biri NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) analizleridir. NDVI analizi genellikle kuraklığı izlemek, tarımsal verimliliği tahmin etmek veya bölgelere göre bitki örtüsündeki tahribatı belirlemek için yapılan çalışmalarda kullanılır. Böylece doğal döngü açısından önemli bir yere sahip olan bitkilerin ve bitki örtüsünün artış ve azalışının denetlenmesi ve izlenmesi mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada, Mardin ili Savur ilçe sınırları içindeki alanı kapsayan 1995-2021 yılları arasındaki 30 m çözünürlüklü Landsat 5, Landsat 8 ve 2000-2021 yılları arasındaki 500 metre çözünürlüklü MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) uydu görüntülerinden yararlanılarak NDVI ve DEM (Sayısal Yükselti Modeli) veri katmanları ile sahanın bitki örtüsünün yatay ve dikey yönde dağılımının ve değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bulgular harita ve diyagramlarla değerlendirilmiştir.

ABSTRACT

Remote Sensing and Geographic Information Systems techniques are reliable and common methods that used in examining and observing the natural features of the earth, its change according to place and time. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) analyses are one of the most popular uses of these methods together. Studies that track drought, forecast agricultural output, or identify regional differences in vegetation degradation frequently use NDVI data. As a result, it is feasible to manage and keep track of the growth and decline of vegetation, which

*Sorumlu Yazar:

E-posta Adresleri: skaradogan@gmail.com (Sabri KARADOĞAN), mtkavak@gmail.com (M. Tahir KAVAK),

aladdin.al@dicle.edu.tr (Aladdin AL)

plays a significant role in the natural cycle. In this study, NDVI images were used by utilizing 500-meter-resolution MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) satellite images between 2000 and 2021 and 30-meter-resolution Landsat 5, Landsat 8 between 1995 and 2021 to cover the area inside the Savur district of Mardin province. Determining the horizontal and vertical distribution and change of the field's vegetation cover is the goal of DEM (Digital Elevation Model) data layers. Maps and diagrams were used to analyze the findings.

1. GİRİŞ

NDVI, bitki örtüsünün yoğunluğunu ölçmek için bir gösterge olarak kullanılır. NDVI, elektromanyetik spektrumun görünür ve yakın-kızılötesi bantlarından gözlemlenen hedefin canlı yeşil bitki örtüsü içerip içermediğini belirlemek için başvurulan basit bir yöntem olarak uygulanmaktadır. NDVI, bitki üzerine yapılan araştırmalarda geniş bir uygulama yeri edinmiş, özellikle mahsul verimi, mera performansı ve mera taşıma kapasitesi gibi araştırmalarda öne çıkmıştır. Kısaca NDVI bir uzaktan algılama bandının fotosentetik olarak aktif bitki örtüsünün (NIR) algılanan yansıması ile bir referans bandının fotosentetik olmayan bitki örtüsünün (RED) algılanan yansıması arasındaki farkı ölçen bir algoritmadır [1].

NDVI yüzey örtüsünün, bitkinin fotosentez etkinliği, yüzey sularının, biyokütle ve yaprak alan endeksinin oranları ile doğrudan ilişkilidir. Bitki indeksi, ilk defa Rouse *et al.* 1973 [2] yılında Texas A & M Üniversitesi Uzaktan Algılama Merkezinde yaptığı çalışmada ortaya konmuştur.

Genellikle, sağlıklı olan bitki örtüsü, üzerine düşen yakın-kızılötesi ışığın büyük bir çoğunluğunu yansıtırken görünür ışığı ise absorbe etmektedir. Sağlıksız ya da sık olmayan bitki örtüsü daha görünür ışık ve daha az yakın-kızılötesi ışık yansır. Buna karşın çıplak toprak elektromanyetik spektrumun [3], kırmızı ve kızıl ötesi kısmı orta derecede yansır.

Bitkilerin davranışlarını ve vejetasyon verilerini Landsat uydu görüntüsü bantları kullanılarak elde edilmesi ve NDVI değerlerini hesaplanabilmesi mümkündür. Buna dayanarak, uydu görüntülerindeki yakın kızılötesi ve kırmızı yansıtma arasındaki daha büyük bir fark, daha fazla vejetasyon olması demektir. NDVI algoritması yakın-kızılötesi ile gelen kırmızı yansıma değerleri arasındaki farkı yakın-kızılötesi ve kırmızı bantları toplamına böler.

$$\text{Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi denklemi: } NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (1)$$

Bu denkleme göre biri parlak güneş diğeri ise gökyüzünün bulutlu olduğu iki özdeş bitki örtüsünün farklı değerlerde olabileceği şeklinde yorumlanabilir. Parlak pikseller daha büyük değeri ifade ederken bantlar arasındaki mutlak fark daha büyük olacaktır. Bütün bunlar farkın toplamın bölünmesiyle önlenir. NDVI, -1 ile +1 arasında bir değerdir. Ancak uygulamada yüksek negatif değer

su 0 (sıfır) yakınındaki değerler çıplak toprak ve 0.6'nın üzerindeki değer sağlıklı vejetasyonu yani yeşilliği gösterir. Bu özellikleri nedeniyle NDVI analizi genellikle kuraklığı takip etmek, tarımsal verimliliği yorumlamak veya bölgesel ve yerel bitki örtüsündeki tahribatı belirlemek için yapılan çalışmalarda kullanılabilir. Böylece NDVI, doğal döngü açısından önemli bir yere sahip olan vejetasyon örtüsündeki değişimin izlenmesine ve denetlenmesine imkân sağlamaktadır [4].

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, bir sahanın bitki örtüsünün yoğunluğunu analiz ederek ortaya koyan indeks olan, NDVI ile Mardin iline bağlı Savur ilçesi arazisini kapsayan 1995-2021 yılları arasındaki Landsat 5 ve Landsat 8 uydu görüntüleri ve 2000-2021 yılları arasındaki MODIS verilerinden yararlanılarak bitki örtüsü dağılımının ilçe ölçeğinde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. NDVI değerlerinin konumsal dağılımını belirlemek için NDVI haritaları üretilmiştir. NDVI ve DEM (Sayısal Yükselti Modeli) veri katmanları ile Landsat görüntüsünden alınan Uzaktan Algılama verileri kullanılmıştır. MODIS ve Landsat verileri sırasıyla NASA'nın (AppEEARS) Application for Extracting and Exploring Analysis Ready Samples [5] ve (USGS) United States Geological Survey Earth Explorer [6] arayüzünden internet üzerinden indirilerek işlendi. Sonuç haritaları ArcGIS programında üretildi.

NDVI temelde, sağlıklı bitki örtüsünden yansıyan radyasyonun, diğer tüm kaynaklardan yansıyan radyasyona oranını ifade eder ve görüntüdeki her piksel konumu için ayrı olarak hesaplanır. NDVI, sağlıklı bitki örtüsünün varlığını gösteren +1 ile hiç bitki örtüsü olmadığını gösteren -1 arasında değişen ölçektir. Bu verilerden hareketle Savur ilçesinin 1995-2021 yılları arası vejetasyon dönemlerine (genellikle ilkbahar tarihleri) ait NDVI haritaları yapıldı. Değişimin seyrini ve karakterini belirlemek için ise 2000 – 2021 yılları arası Modis (500 m) verilerinden yararlanılarak eğilim ve vejetasyon dönemlerini belirleyen grafikler oluşturuldu. Hem baz alınan yıllara (1995-2021) ait, hem de değişim seyrinin kesintisiz elde edildiği yıllara ait (2000-2021) grafik ve martialed ortaya çıkan bulgular değerlendirildi. Özellikle yükseltiye göre vejetasyonda meydana gelen değişikliklerin nedeni araştırıldı.

3. ARAŞTIRMA SAHASININ COĞRAFİ ÖZELLİKLERİ

Coğrafi bakımdan Türkiye'nin Güneydoğusu'nun, Dicle bölümünde yer alan Savur ilçesi, Mardin idari sınırları içinde, yaklaşık 1050 km² bir alanı kapsamaktadır. Mardin Platosu'nun kuzeyini oluşturan ilçe, Tur-Abdin olarak bilinen alanın içinde yer alır.

İnceleme alanından daha güneye doğru gidildikçe hafif dalgalanmış olan Midyat Platosun'a doğru geçilmektedir. Bu nedenle sahadaki jura tipi kıvrımların bugünkü topografyası, kıvrımlı saha

meydana geldikten sonra yükselerek ve eğilnenerek gençleşen bir peneplenden türemiş olmalıdır. Bu gençleşme sonucunda akarsu şebekesi ve topografya, temelin kıvrımlı yapısına yeniden uymuştur” [7].

Savur yerleşmesi, Mardin Eşiğinin kuzey kenarındaki Jura tipi bir antiklinal yapısının Dicle Nehri'nin kollarından Savur Çayı tarafından aşındırılmasından sonra oluşmuş bir depresyonda, küçük iki tepenin (şahit tepe-büt) eteklerinde kurulmuştur.

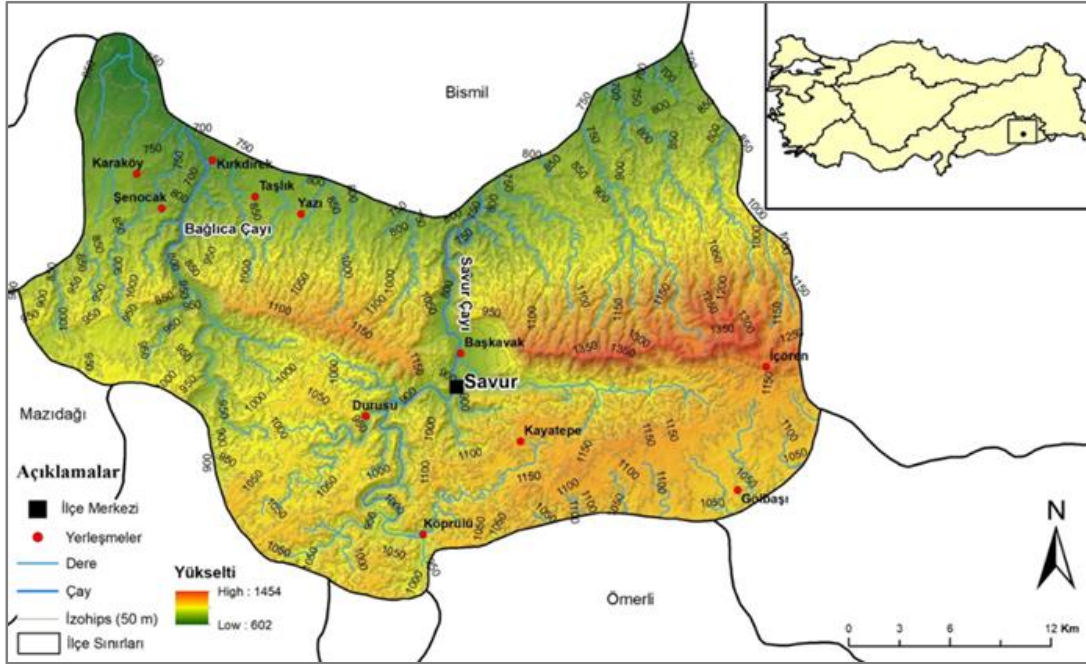
Gelişmiş bir üst Neojen penepleni olan Mardin Midyat platosu, dış drenaja bağlanmasıyla beraber Dicle Nehri ve kolları tarafından parçalanarak gençleşmiştir. Dolayısıyla Savur depresyonunun boşaltılması bu süreçle başlamıştır. Nitekim Savur depresyonunun Diyarbakır havzasına bağlandığı boğazın kuzeyinde ve depresyonun batısında savur çayı gömük menderesler oluşturmuştur (Şekil 1). Dicle vadisindeki yüksek basamaklı aşınım sekilerin varlığı, yarıma ve kazılmanın çok şiddetli cereyan ettiğini göstermektedir. Bununla beraber flüviyal süreçlere karstik ve tektonik süreçler eşlik etmiştir [8].

Savur, topografik yönüyle ve geleneksel mimarisiyle “Küçük Mardin” diye anılmaktadır. Ancak Savur ilçesi korunaklı ve ana ulaşım arterlerinden uzakta olması nedeniyle kültürel ve mimari yapısını nispeten korumuştur. Su kaynaklarının varlığı ile esasen kurak olan karstik özellikteki bu plato sahası içinde Savur'un kurulduğu yer adeta bir vaha niteliğindedir. Savur Çayı'nın aktığı vadi tabanında zengin bir doğal bitki örtüsü ve tarım alanları mevcuttur. Başta Kavak olmak üzere Söğüt, Çınar, Ceviz, Sakız, Kiraz, Dişbudak, Bıttım, Badem ve Sumak bitkileriyle bu sahanın çevresine göre farklı bir mikro klima alanı olduğu hemen dikkati çekmektedir [9].

Savur, özellikle geleneksel konak mimarisi ile iki tepenin doğu ve batı yamaçları boyunca yerleşim alanlarından oluşmaktadır. Tepe üstüne konumlandırılmış Savur Kalesi, topografyaya uygun konumlanmış konakları ve evleriyle, sokaklarıyla, çarşısıyla, sosyal ve kamu yapılarıyla, geleneksel yerleşim yapısının özgün biçimini göstermektedir. Yerleşimin bulunduğu depresyon tabanından Savur Çayı akmaktadır. Savur Çayı'nın ve yamaçlar boyunca ortaya çıkan kaynakların beslediği vadi tabanı yoğun bitki örtüsüyle kaplıdır. Kuzeydeki mesa görünümlü tepeli kuşatan, ancak günümüze sadece bazı duvar kalıntıları ulaşan Savur Kalesi'nin kuşattığı alanın, en eski yerleşim yeri olduğu söylenebilir [10].

Yukarı Dicle Havzası'nda farklı coğrafyaları birbirine bağlayan doğal yollar ve geçitler üzerinde bulunan Savur yerleşmesi, çağlar boyunca stratejik önemini korumuş ve bölgeye hâkimiyet kuran medeniyetler açısından önemli bir lokasyon olmuştur. Özellikle Assur devleti döneminde Savur'dan Güney Mezopotamya'ya kavak ticareti yapıldığı ileri sürülmektedir. Kavaklar, Dicle Nehri'ne taşınarak daha sonra Kaluka adı verilen kelekler üzerine istif edilerek Hasankeyf'li usta

salcılar yönetiminde Musul'a götürülüp pazarlanırdı. Günümüzde değişmiş olsa da kavakçılık halen yapılmaktadır [11].

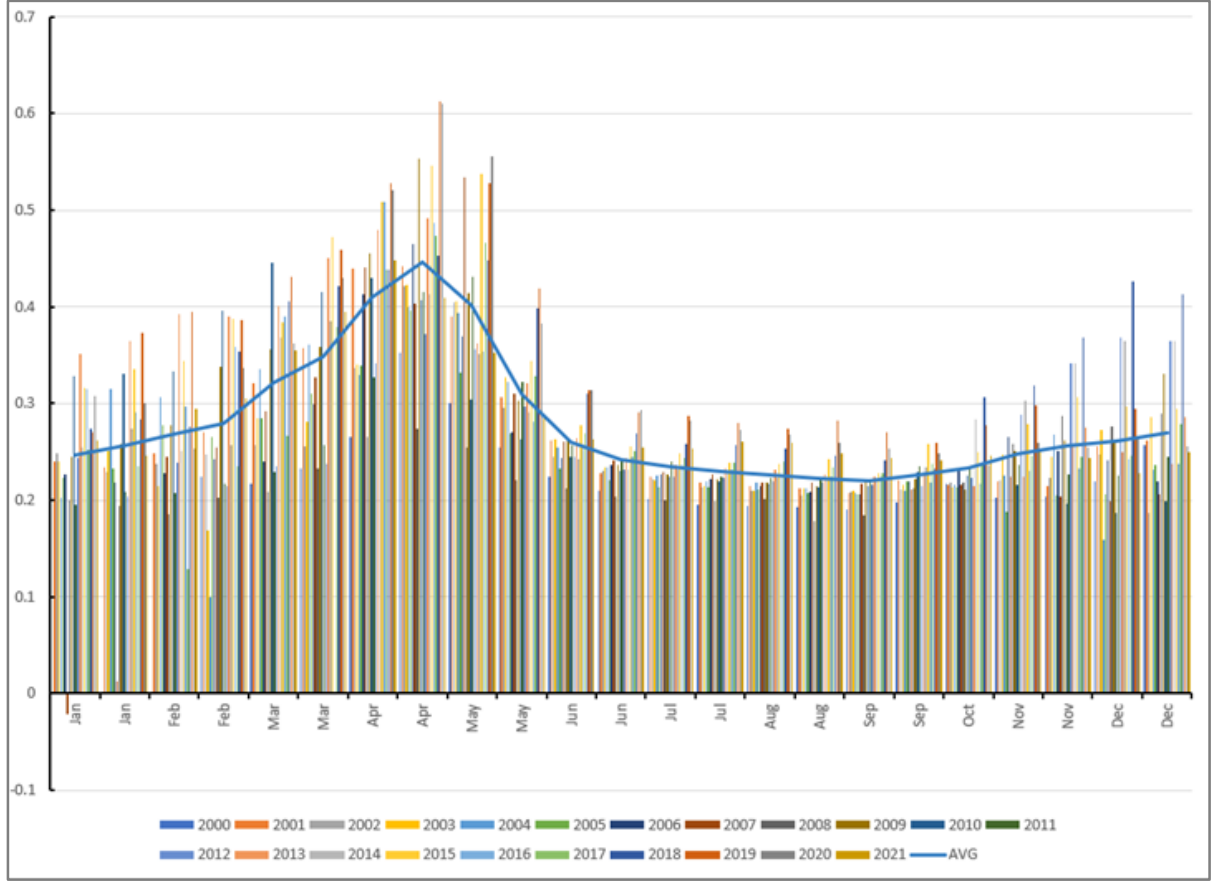


Şekil 1. Çalışma Alanının Lokasyon ve Fiziki Haritası (renkler yükselti basamaklarını ifade etmektedir)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

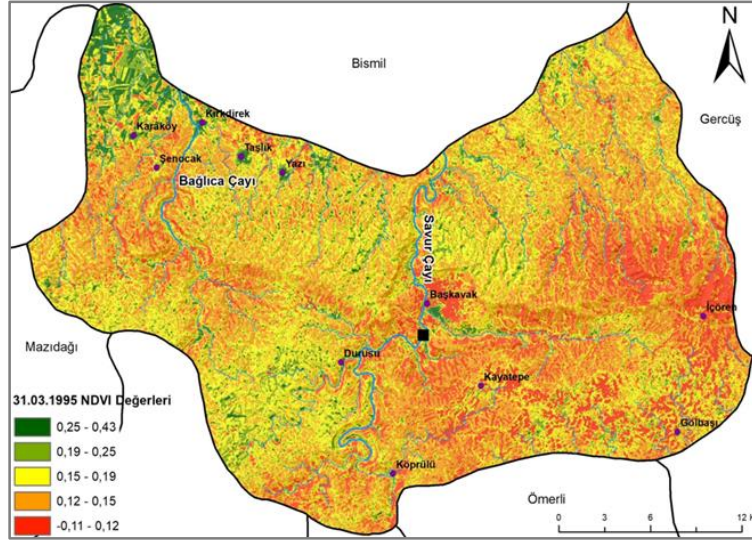
2000-2001 yılları arasını kapsayan MODIS verilerinden elde edilen ve aylara göre vejetasyon indeksini veren grafikte görüldüğü üzere yarı kurak bir iklim karakterinde olan Güneydoğu Anadolu'nun diğer kesimlerinde olduğu gibi, Savur ilçesinde vejetasyon indeksi yıllar itibariyle küçük farklılıklar göstermektedir. Genel ortalama, kış sonu itibariyle yükselmeye başlamakta, nisan ve mayıs aylarında zirveye çıkmakta, mayıs sonlarından itibaren ise buharlaşmanın ve sıcaklığın artması, yağışların azalması ile düşme eğilimi göstermektedir (Şekil 2).

Baz alınan iki yıla ait (1995-2021) Landsat verileri bu dönemin ortalarına denk gelen Mart ayından seçilmiştir. Ancak görüntülerin aynı güne denk gelmemesi bulutluluk şartlarından dolayı aynı güne ait verilerin bulunamaması nedeniyledir. Bu verilerle oluşturulan haritalarda her iki yılda da genellikle depresyon tabanları, vadi boyları ve düşük kademedeki alçak platoların vejetasyon açısından daha zengin olduğu görülür (Şekil 3-4). Şüphesiz bunda insan faaliyetlerinin ve kültür bitkilerinin yer altı ve yerüstü suların varlığına bağlı olarak etkisi önemlidir.

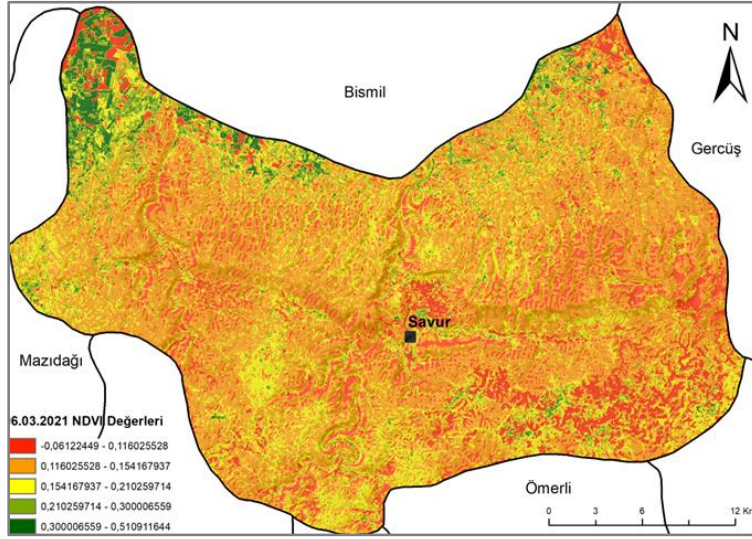


Şekil 2. Modis verilerinden elde edilmiş savur ilçe sınırlarına ait 2000-2021 arasındaki aylık ve ortalama vejetasyon indeksi grafiği

Haritalarda fark edilmeyen değişimler grafiklerle elde edilmeye çalışılmıştır (Şekil 5-6-7). 1995-2021 yılları arasında yükseltiyeye göre NDVI farkı incelendiğinde 750-800 metre aralığı hariç tüm yükselti kademelerinde 2021 yılı için negatif bir eğilim, yani vejetasyonda yükseltiyeye göre bir azalış söz konusudur (Şekil 5). Negatif farkın düşük yükselti kademesinde (600-650 m) daha yüksek olduğu dikkati çekmektedir. Bu durumu taban arazide bir tarımsal aktivite azalışıyla özellikle bağcılıktaki üretim düşüşüyle açıklamak mümkündür. Yüksek rakımlardaki azalış ise yakacak ve çeşitli nedenlerle orman örtüsündeki (özellikle meşe) azalış ile ilgili olmalıdır.



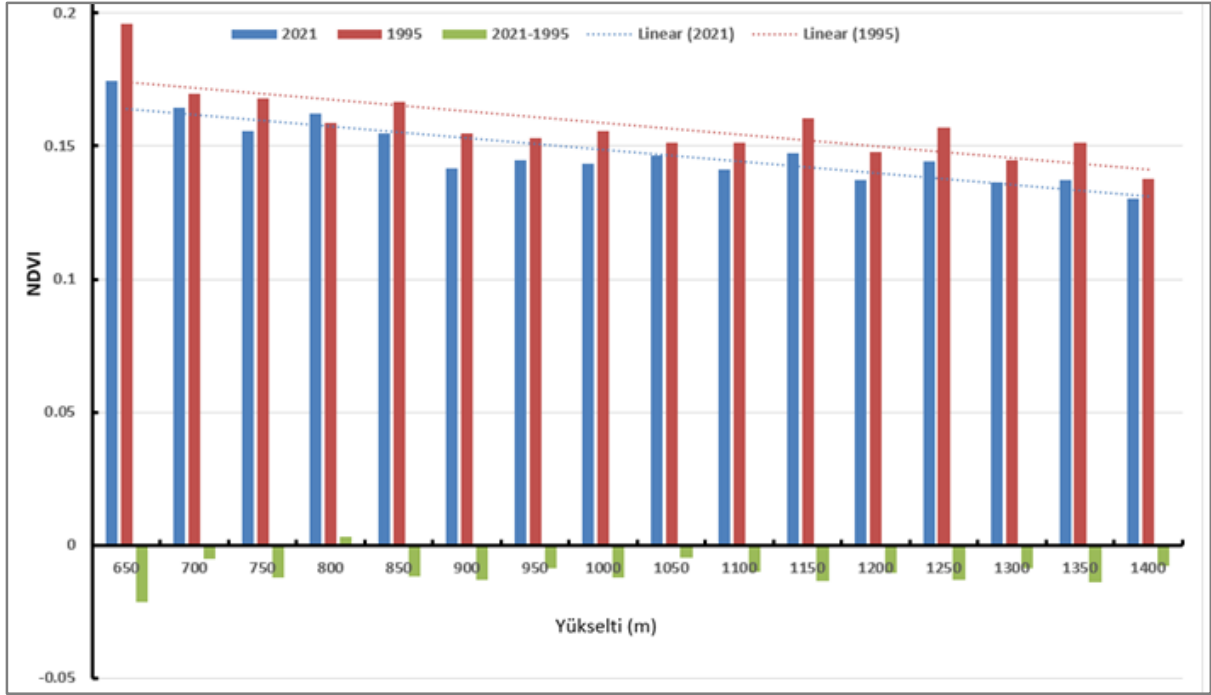
Şekil 3. 1995 yılına ait NDVI haritası



Şekil 4. 2021 yılına ait NDVI Haritası

Yükselti basamaklarına göre her iki yıla ait (1995-2021) NDVI değerlerine bakıldığında özellikle alçak ve orta yükseltilerde değişimin belirgin olduğu, yüksek kesimlerde ise değişimin minimuma indiği görülür (Şekil 6). Bunda da kuşkusuz yerleşim yerlerinin bulunduğu yükselti kademelerinde kültür tarımı ile ilgili değişimin etkisinin olduğu söylenebilir. Özellikle Savur çevresinde dere boylarında yıldan yıla değişiklik gösteren kavak yetiştiriciliği ile orta yükseltideki yamaçlarda bağcılığın gösterdiği seyir vejetasyon değişiminde önemlidir.

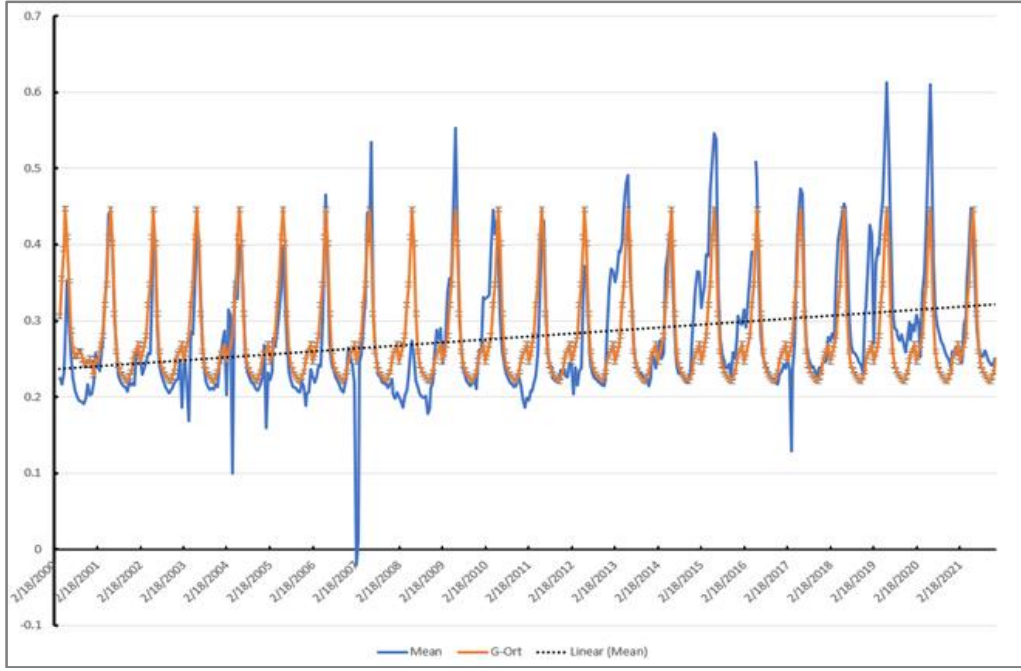
Yine 2000 yılından 2021 yılına kadar tüm yıllara ve tüm ilçe alanına ait vejetasyon indeksinin verildiği grafiğe bakıldığında bazı yıllarda görülen anomalilere rağmen vejetasyonun artış eğiliminde olduğu görülür (Şekil 7). Bunda şüphesiz doğal faktörlerden ziyade kırsal kesimlere dönüşün ve kültür bitkilerin üretimindeki artış etkilidir.



Şekil 5. 1995-2021 yılları arasında yükseltiye göre NDVI farkı



Şekil 6. 1995-2021 yılları arasında yükseltiye göre NDVI değerleri



Şekil 7. 2000- 2021 yılları tüm Savur ilçe alanına ait vejetasyon indeksi eğilimi

4. SONUÇLAR

Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi ile uzaktan algılama yöntemiyle herhangi bir sahada bitki örtüsü varlığı ve değişimi konusunda fikir verir.

Savur ilçe sınırlarını kapsayan sahada 1995 ve 2021 yıllarına ait Mart ayı Landsat görüntülerinden ve 2000-2021 yılları arasındaki MODIS verileriyle NDVI analizleri yapılmış ve şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Bazı yıllarda görülen doğal veya beşeri kökenli anomalilere rağmen ilçe sahasında vejetasyonun artış eğiliminde olduğu söylenebilir.
- Yoğun bitki örtüsünün göze çarptığı kuşaklar yağışlara dönük yamaçlar ile ilgili olabileceği gibi, yer altı ve yüzey suları bakımından zengin vadi ve depresyon tabanları ile bunların çevresindeki beşeri faaliyetler ile delgidir
- Yıllara göre yükselti kademelerindeki vejetasyon ve tarımsal ürün alanlarındaki değişime bakıldığında yeşillik indeksinde 800 metre civarı hariç bir azalma olduğu söylenebilir. Bu da vejetasyon indeksinde kültür bitkisi yetiştiriciliğinin (kavak ve bağcılık gibi) önemli olduğunu göstermektedir.
- Şiddetli buharlaşma, sıcaklık ve çalılardan oluşan meşe topluluklarının tahrip edilmesi yüksek kesimlerdeki düşük vejetasyonun nedenlerindedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışmasının olmadığını beyan etmektedir.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Sabri KARADOĞAN: Kavramsallaştırmanın yapılması, yazma, proje yönetimi. Mehmet Tahir KAVAK: Veri toplama, verinin düzenlenmesi (çeşitli kaynaklardan toplanan verilerin organizasyonu ve bütünleştirilmesi), görselleştirme (eri sunumu). Aladdin AL: Yazma-gözden geçirme ve düzenleme, inceleme, orijinal taslak hazırlama metodoloji, veri toplama, verinin düzenlenmesi.

KAYNAKLAR

- [1] K.S. Gündoğdu, B.B. Bantchina, “Landsat uydu görüntülerinden NDVI değer dağılımının parsel bazlı değerlendirilmesi, Uludağ üniversitesi ziraat fakültesi çiftlik arazisi örneği,” *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol. 32, no. 2, s. 45-53, 2018.
- [2] R. J. Wilson, R. H. Haas, J. A. Schelland, D. W. Deering, “Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS”, *NASA Spec. Publ*, 351.1, 1974.
- [3] A. McR. Holme, D. G. Burnsideand, A. A. Mitchell, “The development of a system for monitoring trend in range condition in the arid shrublands of Western Australia,” *Australian Rangeland Journal*, vol. 9, no.1, pp. 14-20, 1987.
- [4] M. T. Kavak, S. Karadoğan, G. Özdemir, “Along Term NDVI Investigation of Hevsel Garden Using Remote Sensing Techniques, Workshop on the study and rehabilitation of Hevsel gardens at the foot of the walls of the Roman city of Amida (Diyarbakir, Turkey)” *Research Strategy and Protection*, Paul-Valery University, Montpellier/France2014.
- [5] Anonim, Application for Extracting and Exploring Analysis Ready Samples. Erişim tarihi: 09.10.2022. [Online]. <https://appears.earthdatacloud.nasa.gov/api/#introduction>
- [6] Anonim, *United States Geological Survey Earth Explorer*. Erişim tarihi: 17.10.2022.[Online]. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- [7] S. Erinç, *Jeomorfoloji –I*, Genişletilmiş 4. Baskı, Özeğitim Yayınevi, s.61,Konya, 1971.
- [8] S. Karadoğan, A. Yıldırım, “Mardin-Midyat Platosunun Ekoturizm Açısından Değerlendirilmesi,” Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi V. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, s. 16-17, 2008.

- [9] S. Karadoğan, A. Yıldırım ve I. Atalay, “The Effects of Topography on the Human Life: A Case Study From Savur SE Anatolia,” Romanian-Turkish Geographical Academic Seminar, s.111-120, Bucharest, Sibiu, Cluj-Napoca, Sighisoara, Romania,2009.
- [10] F. M. Halifeođlu, “Makalelerle Mardin II Ekonomi- Nüfus-Kentsel Yapı, Savur Geleneksel Kent Dokusunda Bir Konak Örneği,” Avrupa Birliđi Desteđiyle Mardin Tarihi İhtisas Kütüphanesi, no: 8, s. 205-232, İstanbul, 2007.
- [11] Ş. E. Ayaz, *Geçmişten Geleceđe Savur*, Savur Belediyesi Yayınları, 2003.

Copyright © 2023 Karadoğan, Kavak and Al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).



Araştırma Makalesi / Research Article

Diyarbakır İli Sulu Koşullarında İleri Kademe Ekmeklik Buğday Hatlarının Verim ve Kalite Özelliklerinin GGE Biplot Tekniği ile Değerlendirilmesi

Evaluation of Yield and Quality Traits of Advanced Bread Wheat Lines under Diyarbakir Province Irrigated Conditions by GGE Biplot Technique

Sibel İPEKEŞEN ^{1,*}, Muhammed İsmail AKYILDIZ ², Aydın ALP ³

^{1,2} Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 21280, Diyarbakır, Türkiye

³ Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

<https://doi.org/10.55007/dufed.1277128>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 04 Nisan 2023

Revize, 27 Nisan 2023

Kabul, 27 Nisan 2023

Online Yayınlama, 29 Mayıs 2023

Anahtar Kelimeler

Ekmeklik buğday, *Triticum aestivum*, Verim, Protein, GGE biplot analizi.

ARTICLE INFO

Article History

Received, 04 April 2023

Revised, 27 April 2023

Accepted, 27 April 2023

Available Online, 29 May 2023

Keywords

Bread wheat, *Triticum aestivum*, Yield, Protein, GGE biplot analysis.

ÖZ

Bu çalışmada, Diyarbakır ili sulu koşullarında toplam 32 adet ileri kademe ekmeklik buğday hattı ile 3 adet ekmeklik buğday çeşidinin (Tosunbey, Saggitaro ve Ceyhan-99) verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi ve GGE biplot analiz tekniği ile hat ve özellikler arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Deneme Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama alanında 2017-2018 üretim sezonunda Augmented desenine göre yürütülmüştür. Araştırmada bitki boyu, başak uzunluğu, başakta tane sayısı, başaklanma gün sayısı, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, tane verimi ve tanede protein oranı özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda tane verimi 463.1-920.5 kg/da ve tanede protein oranı %13.5-18.3 arasında değişmiştir. Tane verimi yönünden en yüksek değeri Tosunbey çeşidi (920.5 kg/da) gösterirken bu çeşide en yakın değeri 890.0 kg/da ile H-20 hattı göstermiştir. Biplot analiz sonucunda başaklanma gün sayısı, başakta tane sayısı, tane verimi, tane protein oranı ve bitki boyu aynı grupta, bin tane ağırlığı, başak uzunluğu ve başakta tane sayısı ayrı bir grupta yer almıştır. Hektolitre ağırlığı ise tek başına ayrı bir grubu oluşturmuştur. Araştırma sonucunda incelenen özellikler yönünden öne çıkan hatlar (H-9, H-10, H-15, H-18, H-20, H-27 ve H-31) sulu yetiştirme koşullarına uygun olan ekmeklik buğday ıslah çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the yield and quality characteristics of 32 advanced lines and three bread wheat varieties (Tosunbey, Saggitaro and Ceyhan-99) in irrigated conditions in Diyarbakir province ecological conditions and to evaluate the relationship between line and characteristics

*Sorumlu Yazar

E-posta Adresleri: sibelisikten@gmail.com (Sibel İPEKEŞEN), xmailakyildiz@gmail.com (M. İsmail

AKYILDIZ), aydinalp21@hotmail.com (Aydın ALP)

with GGE biplot analysis technique. The experiment was carried out according to Augmented Trial design in the 2020-2021 growing season at Dicle University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Research and Application area. In the study, the number of days of heading, plant height, spike length, number of grains per spike, thousand grain weight, hectoliter weight, grain yield and grain protein ratio were investigated. In the results of study, grain yield and grain protein ratio varied between 463.1-920.5 kg da⁻¹ and 13.5-18.3%, respectively. Tosunbey variety (920.5 kg/da) given the highest value for grain yield, and H-20 line showed the closest value to this variety with 890.0 kg/da. According to biplot analysis, the number of days of heading, number of grains per spike, grain yield, grain protein ratio and plant height were in the same group, while thousand-seed weight, spike length and number of grains per spike were in a separate group. Hectoliter weight alone formed a separate group. The lines (H-9, H-10, H-15, H-18, H-20, H-27 and H-31), standout in the characteristics examined as a result of the research, will contribute to the breeding bread wheat suitable under irrigated growing conditions.

1. GİRİŞ

Buğday tahıllar arasında en fazla ekim alanına ve tüketime sahip ekonomik değeri en yüksek ürünler arasındadır. Ülkemizde buğday ekiliş alanı toplam 66.3 milyon da olup bunun yaklaşık 54.2 milyon dekarını ekmeçlik buğday oluşturmaktadır. TÜİK 2022 yılı istatistiklerine göre toplam ekmeçlik buğday üretim miktarı 16 milyon ton, kişi başı tüketim ise yıllık 176.8 kg'dır. Bu tüketim miktarı ile ülkemizde beslenme programlarında şüphesiz en fazla yer alan üründür. Ülkemiz toplam buğday ekim alanının yaklaşık olarak 6.1 milyon da alanı Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne ait olup bu ekim alanının yaklaşık % 33.9'unda sulu, % 66.1'inde ise kuru yetiştiricilik yapılmaktadır. Diyarbakır ilinde de toplam 1.9 milyon da ekim alanında %90.3'ünde kuru, geri kalanında ise sulu buğday tarımı yapılmaktadır [1].

Ülkemizde yıllık ortalama yağışın 500 mm'den daha az olduğu bölgelerde kuru tarım yapılmakta ve bu alanlarda nadas-buğday ekim nöbeti sistemi uygulanmaktadır. Kuru tarım sisteminde su kullanım etkinliği, kalitesi ve verimi yüksek, hastalık ve zararlılara dayanıklı, bu özellikleri farklı iklimlerde de sürdürebilen, stabil ve tescilli çeşitlerin geliştirilip üreticinin kullanımına sunmak gerekmektedir [2]. Buğday genotiplerinde, birçok gen tarafından kontrol edilen verim ve kalite karakterleri arasındaki farklılıklar çevre faktörünün etkisi altında gerçekleşebilmektedir [3,4]. Bu nedenle verim ve kalite özelliklerinin incelenen hatlarda istenilen düzeyde olması arzu edilmektedir. Kalite ve verim özellikleri bakımından yüksek performanslı sahip çeşitlerin geliştirilmesinde incelenen karakterlerin genetik yapılarının iyi bilinmesi gerekmektedir. Kuru ve sulu koşullarda ekmeçlik buğday yetiştiriciliği ile ilgili yapılan araştırmalarda verim ve kalite özellikleri üzerine çevresel koşulların etkisinin farklılık gösterdiği saptanmıştır [5]. Tosun ve diğerleri [6], sulu koşullarda buğday genotiplerini geliştirmek amacıyla sulu şartlar için direkt seleksiyon veya kuru koşullarda indirekt seleksiyon ile istenen karakterlerin seçilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Yaptıkları araştırma sonucunda

sulu koşullar altında tane verimi, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı, m²'de başak sayısı, protein oranı, kuru koşullar altında ise bitki boyu, başak boyu, başakta başakçık sayısı, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve başaklanma gün sayısı gibi karakterlerin seleksiyon yapmak için önem arz ettiğini rapor etmişlerdir.

Son yıllarda tane verimi ve diğer tarımsal özelliklerin bazı istatistik programlarında korelasyon ve temel bileşenler analizi yapılarak GGE biplot tekniği ile özellikler arasındaki ilişki görsel olarak verilebilmektedir [7]. Özellikler arası ilişkilerin bilinmesi ıslah çalışmalarında zaman ve işgücünden tasarruf edilmesini sağladığından bu teknik bitki ıslahçıları tarafından sıklıkla kullanılmaktadır [8-10].

GGE biplot tekniği ile incelenen hat veya hatlardan ümitvar olanlar seçilerek bitki ıslah çalışmalarında ilerleyebilmek için ıslahçılara büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu çalışmada ileri kademedeki ekmeklik buğday hatlarının sulu koşullardaki verim ve kalite karakterlerinin GGE biplot tekniği ile değerlendirilmesi ve ileri generasyonlarda kullanılacak üstün performansa sahip hatların saptanması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu araştırma, 2017-2018 üretim sezonunda Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama alanında sulu koşullar altında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, ülkemizde sıklıkla yetiştirilen 3 adet standart ekmeklik buğday çeşidi (Sagittario, Tosunbey ve Ceyhan-99) ve CIMMYT ve ICARDA kuruluşları tarafından geliştirilen 32 adet ileri kademe ekmeklik buğday hattı kullanılmıştır (Tablo 1).

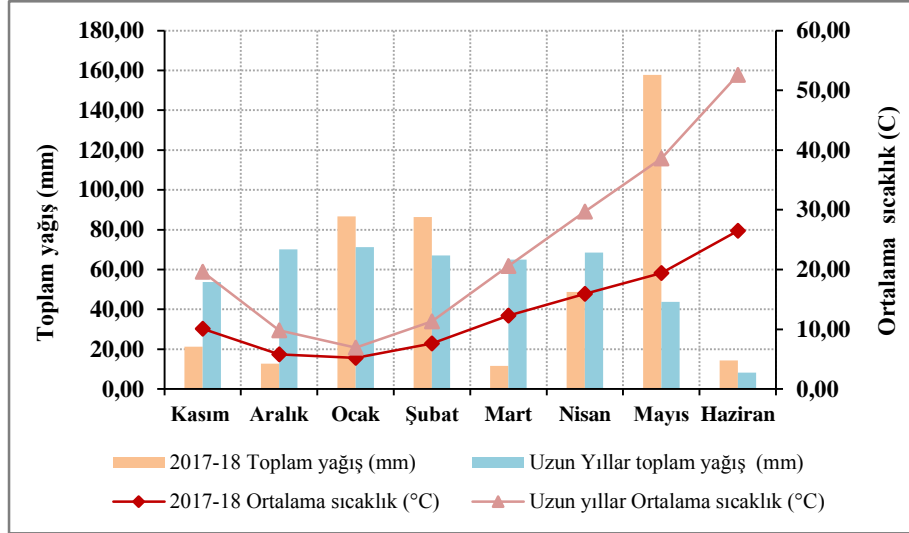
Deneme toprağı, killi-tınlı bünyeye sahip, potasyumca zengin, organik maddece fakir, pH değeri 7.8 ve az kireçli topraktır. Deneme yılının Kasım (21.2 mm), Aralık (12.8 mm) ve Mart (11.6 mm) aylarında meydana gelen yağışın uzun yıllar yağış ortalamasının çok altındadır. Mayıs ayı yağış miktarı (157.8 mm) uzun yıllar ortalamasının üzerindedir. Deneme yılının Ocak, Şubat, Mart ve Nisan ayları sıcaklık ortalamaları uzun yıllardan yüksek görülmüştür (Şekil 1).

Deneme alanı sonbaharda pullukla derin işlenmiş ve tapan çekilerek ekime hazır hale getirilmiştir. Deneme parselleri 5 metre uzunluğunda, 6 sıralı, sıra arası 20 cm olup metrekareye 500 tohum hesabıyla 28/10/2017 tarihinde ekim yapılmıştır. Deneme, Augmented deneme desenine göre yürütülmüştür. Denemede saf madde üzerinden dekara 20 kg serpmeye olarak 20-20-0 kompoze gübre (3.6 kg/da saf N ve 3.6 kg/da saf P) ekimle birlikte uygulanmıştır. Sapa kalkma döneminde ise üst gübre olarak dekara 20 kg üre (%46) hesabıyla 9.2 kg N verilmiştir. Sulama uygulaması sapa kalkma-başaklanma arası dönem ve süt olum döneminde olmak üzere 2 kez yağmurlama sulama yöntemiyle

yapılmıştır. Bitkiler 29/06/2018 tarihinde her parseldeki kenar sıralar kenar tesiri olarak kabul edilmiş olup parsel ortasında yer alan 4 sıra elle hasat edilmiş olup harman makinası ile harman edilmiştir.

Tablo 1. Araştırmada kullanılan hat ve çeşitlere ait bilgiler

Hat/Çeşit	Orjini	Pedigri
H-1	TCI	MT0419/DESTIN//BONITO-36
H-2	TCI	T88/2180//T811//KRISTADORA/3/SHARK/F4105W2.1
H-3	TCI	B1551-WH/KS94U326/3/F10S-1//STOZHER/KARL/4/F10S1//STOZHER/KARL
H-4	MX-TCI	TAM200*2/MO88//KAMB1*2/KUKUNA/3/SW893218/VORONA
H-5	TCI	ORH010083/AHMETAGA
H-6	TCI	ESKINA-7/3/NEMURA/CRDN//78014-40
H-7	TCI	BABAX/LR42//BABAX*2/3/VIVITSI/4/AGRI/NAC//ATTILA
H-8	TCI	38IBWSN-97/DESTIN
H-9	TCI	BABAX/LR42//BABAX*2/3/KURUKU/4/TX96V2427
H-10	TCI	PYN*2/CO725052/3/KAUZ*2/YACO//KAUZ/4/KRIA
H-11	TCI	CROC_1/AE.SOUARROSA(205)//KAUZ/3/LUFER/4/KS97P0630-45/CM95560//X920879-C15-1/3/X84WO63-9-18/U1324-25-1-4-
H-12	TCI	T136//T812*2//KARL/3/ZUBKOV/3/AGRI/NAC//ATTILA
H-13	TCI	CITARI-9/MV18-2000//ISTARSHINA
H-14	TCI	COPPER/7/ZCL/3/PGFN//CNO67/SN64/4/SERI/5/UA 2837/6/ATILLA/3*BCN
H-15	TCI	PANTHEON/BLUEGIL2/5/AGRI/BJY//VEE/3/BUL6687.12/4/F6038W12.1
H-16	TCI	CMH84.168/4/TAST/SPRW//ZAR/3/ATAY/GALVEZ87
H-17	TCI	TAM200/3/F60314,76/MRL//CNO79/4/84.40022/5/AGRI/NAC//KAUZ/3/1D13.1
H-18	MX	INTENSIVNAYA/KKTS
H-19	MX	KRASNOVODOPADSKAYA-25//PBW343*2/KUKUNA
H-20	MX	GRK79//INQALAB 91*2/TUKURU
H-21	MX	ALMALY//PBW343/PASTOR
H-22	MX	INTENSIVNAYA/KUKUNA
H-23	ROM	PARTENER
H-24	ROM	RETEZAT
H-25	HUN	MV SED
H-26	HUN	MV NEMERE
H-27	US-KS	ART/KS990494-11-O//KS0603A-36
H-28	US-KS	O3A-BB//WBLL 1*2/KUKUN/3/FULLER
H-29	US-KS	FULLER/OVERLEY//KS980554-12-9
H-30	US-KS	TXOOD1390/RONL//KS990159-3-7
H-31	US-KS	KS061880M-3
H-32	US	T-153
Standart çeşit	TR-ANK	TOSUNBEY
Standart çeşit	IT	SAGİTARİO
Standart çeşit	TR-ANK	CEYHAN-99



Şekil 1. Deneme yılı ve uzun yıllara ait iklim verileri

Araştırmada incelenen özelliklere ait izlenen yöntemler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Başaklanma gün sayısı: Bitki çıkışını takiben başaklanmaya kadar geçen süre hesaplanmıştır.

Bitki boyu: Hasattan önce parsellerden rastgele alınan 10 bitki toprak seviyesinden en üst başakçığa kadar olan bitki bölümü cm cinsinden ölçülmüştür.

Başak uzunluğu: Parsellerden alınan 10 adet başak cm cinsinden ölçülüp ortalama başak uzunluğu belirlenmiştir.

Başakta tane sayısı: Parsellerden alınan 10 bitki örneğinin başakları harman edildikten sonra ortalama başaktaki tane sayısı hesaplanmıştır.

Bin tane ağırlığı: Hasattan sonra alınan 10 bitki örneğinden elde edilen tanelerin 4×100 adet sayılarak 2.5 katsayısı ile çarpıldıktan sonra elde edilen değer g cinsinden kaydedilmiştir.

Hektolitre ağırlığı: Parsellerden alınan örnekler 1 lt'lik kabın ¼ oranındaki manuel hektolitre cihazı yardımı ile belirlendikten sonra ölçülen değer kg/hl olarak kaydedilmiştir.

Tane verimi: Parsellerden alınan 10 adet bitkiden elde edilen toplam tane ağırlığı belirlenip ortalama tane verimi tespit edilmiştir.

Tane protein oranı: Parsellerden alınan örnekler Mininfra Infracon tScan-T Plus NIT cihazında ölçülmüştür.

Araştırmada incelenen özelliklere ait verilere Augmented Analysis GATAE 2005 istatistik paket programında varyans analizi uygulanmıştır [11]. Özelliklere ait elde edilen veriler IBM SPSS Statistic-25 paket programında basit istatistik analize tabi tutulmuştur. Biplot analizleri ortalama veriler üzerinden hesaplanarak Genstat 12th (Copyright 2011, VSN International Ltd) istatistik paket programında yapılmış ve sonuçlar GGE biplot analiz tekniği ile değerlendirilmiştir [8]. Korelasyon analizi ve korelasyon analizine bağlı olarak elde edilen renk haritalama grafiği JumpPro-13 istatistik

paket programından elde edilmiştir. Bu programda ayrıca incelenen özelliklerin temel bileşen analizlerinde toplam varyasyona katkısı belirlenmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmada ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen 3 adet standart ekmeklik buğday çeşidi (Sagittario, Tosunbey ve Ceyhan-99) ile tarafından geliştirilen 32 adet ileri kademe ekmeklik buğday hattında verim ve kalite özellikleri incelenmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre hatlar arasındaki farklılıklar bitki boyu, başaklanma gün sayısı ve protein oranı, başak uzunluğu, başakta tane sayısı, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve tane verimi açısından önemli bulunmuştur.

Başaklanma gün sayısı genel ortalaması 147.90 gün, standart çeşitlerin ortalaması 148 gün, hatların ortalaması ise 147.89 gün olarak belirlenmiştir. H-13 ve H-17 hatları 152.5 gün ile geç, H-8 hattının (141 gün) en erken başaklanan hatlar olmuştur (Tablo 2). Başaklanma sürelerinin farklılık göstermesi bu karakter yönünden yapılacak seleksiyonlarda erkenci ve geççi genetik materyal kazancı açısından önemli olarak görülmektedir.

Deneme genel bitki boyu ortalaması 75.93 cm, standart çeşitlerin ortalaması 86.37 cm, hatların ortalaması ise 74.95 cm olarak tespit edilmiştir. H-13 (88.80 cm) ve H-14 (87.80) nolu hatlar bitki boyu açısından standart çeşitlerden yüksek bulunmuştur (Tablo 2). Bitki boyu 45.29 varyans değeri ile geniş bir genetik zenginlik göstermiştir. Bu özellik açısından farklı bitki boyu gösteren hatların seleksiyonunu mümkün kılmaktadır. Ayrıca, bitki boyu çeşitlerin genetik yapısı ve çevre faktörlerine bağlı olarak düşük ve orta kalıtıma sahip olduğu için kuru ve sulu koşullar için seleksiyonda önemli bir karakterdir [6,12,13]. Bulgularımız Aydoğan'ın [14], Konya'da kuru koşullarda bitki boyunun 79.50 ile 115 cm, sulu koşullarda 102 ile 133.50 cm ve Tunca'nın [15], Eskişehir kuru koşullarında 77.5-128.8 cm ve sulu koşullarda 90-128 cm arasında değiştiğini bildiren sonuçlarından farklı bulunmuştur. Bu farklılık çeşit ve çevre koşullarından kaynaklanmış olabilir.

Başak uzunluğu genel ortalaması 8.08 cm, standart çeşitlerde 8.43 cm ve hatlarda 8.05 cm olarak belirlenmiştir. Araştırmada 9 hat (H-6, H-11, H-12, H-13, H-16, H-22, H-25, H-29 ve H-32) standart çeşitlerin başak uzunluğundan üstün değerler göstermiştir. H-6 hattı 9.55 cm ile standart çeşitlerden yüksek başak uzunluğu vermiştir. H-24 hattı 6.30 cm ile en kısa başak uzunluğuna sahip olmuştur (Tablo 2). Bulgularımız başak uzunluğunun Konya'da kuru koşullarda 8.8-11.1 cm, sulu koşullarda 8.3-10.4 cm [14], taban ve kıraç koşullarda 7.9-12.1 cm [16], Konya kuru koşullarında 9.4-16.4 cm [17] ve Yozgat koşullarında 8-11 cm [18] arasında değiştiğini bildiren çalışmalara benzer bulunmuştur. Başak uzunluğu kalıtımı yüksek ve verime etkisi yüksek bir karakter olup genetik yapı çevre faktöründen daha

önemlidir. Başak uzunluğu yönünden seleksiyon yapılması yüksek verimli hat ve çeşit geliştirmede önemlidir [6].

Tablo 2. İleri kademe ekmeklik buğday hatları ve kontrol çeşitlerinde incelenen özelliklere ait ortalama veriler ve analiz sonuçları

Hat/Std. çeşitler	Başaklanma gün sayısı (gün)	Bitki boyu (cm)	Başak uzunluğu (cm)	Başakta tane sayısı (adet)	Bin tane ağırlığı (g)	Hektolitreye Ağırlığı (kg/hl)	Tane verimi (kg/da)	Tane protein oranı (%)
H-1	145.00	70.40	7.95	33.00	35.75	87.43	779.30	16.45
H-2	146.00	74.25	7.60	34.50	33.53	85.24	758.50	13.54
H-3	149.50	64.75	7.60	32.00	35.65	85.87	785.20	16.16
H-4	148.00	69.65	7.70	35.00	34.92	83.15	647.90	16.08
H-5	151.00	81.25	7.75	41.50	35.99	85.56	722.00	15.48
H-6	150.00	81.45	9.55	45.50	33.76	84.71	844.90	15.59
H-7	147.50	75.15	8.30	37.50	32.04	85.17	821.50	15.39
H-8	141.00	68.90	6.85	45.50	35.47	84.67	623.70	15.01
H-9	146.50	72.15	7.85	41.00	35.24	85.36	463.10	18.03
H-10	149.00	67.55	8.20	44.50	35.51	84.69	664.40	14.85
H-11	146.00	77.40	9.25	42.00	34.09	85.28	608.90	14.84
H-12	150.50	77.95	8.65	45.50	31.52	84.82	743.00	17.10
H-13	152.50	88.80	8.95	44.50	34.51	85.12	821.90	17.97
H-14	149.50	87.80	8.35	39.50	32.94	85.27	795.20	17.37
H-15	152.00	83.75	7.80	39.00	32.01	83.79	725.90	17.44
H-16	146.00	78.65	8.60	42.50	30.60	83.83	683.80	17.16
H-17	152.50	80.60	7.00	44.00	35.39	85.90	827.60	16.68
H-18	145.00	74.45	8.25	37.50	30.80	85.86	886.50	16.70
H-19	146.00	69.80	7.60	46.50	32.12	84.27	816.60	15.69
H-20	144.50	67.55	7.85	39.50	33.73	83.03	890.00	16.36
H-21	148.00	75.90	8.00	36.50	36.21	83.59	812.30	15.95
H-22	146.50	73.60	8.45	37.00	37.78	87.26	722.80	16.72
H-23	150.50	78.30	8.10	39.50	35.93	83.76	768.10	14.90
H-24	147.00	68.15	6.30	38.50	31.11	85.79	616.70	15.66
H-25	143.50	69.60	8.95	41.00	32.97	85.89	599.60	13.71
H-26	150.50	71.15	8.30	39.00	37.40	84.56	795.70	16.62
H-27	147.50	71.55	7.00	45.00	34.54	87.33	731.30	17.35
H-28	147.50	82.05	8.15	44.00	39.58	85.07	712.50	15.45
H-29	150.00	75.70	8.60	38.50	34.35	84.46	625.20	15.66
H-30	151.50	81.50	7.40	35.00	30.16	83.93	765.70	15.64
H-31	150.00	69.15	8.05	46.00	34.22	84.83	882.20	16.16
H-32	142.00	69.65	8.70	35.50	33.93	85.31	519.80	15.10
Sagittario	149.00	86.70	7.50	45.00	43.20	82.17	844.40	15.07
Ceyhan-99	148.00	87.00	9.10	39.00	39.05	82.40	724.10	15.28
Tosunbey	147.00	85.40	8.70	41.00	38.70	80.05	920.50	14.37
Genel Ort.	147.90**	75.93*	8.08*	40.31**	34.71**	84.73**	741.45**	15.93*
Standart Ort.	148.00	86.37	8.43	41.67	40.32	81.54	829.67	14.91
Hat Ort.	147.89	74.95	8.05	40.19	34.18	85.03	733.18	16.03
Genel Ort. geçen çeşit+hat sayısı	18	15	18	17	16	19	17	17
Std. Ort. geçen hat sayısı	14	2	9	12	0	32	4	27
Ort. Std. hatası	0.47	1.13	0.11	0.68	0.47	0.26	17.99	0.18
Std. Sapma	2.83	6.73	0.70	4.05	2.79	1.49	106.48	1.098
Varyans	8.04	45.29	0.50	16.44	7.78	2.22	11337.59	1.20
Min. değer	141.00	64.75	6.30	32.00	30.16	80.05	463.10	13.54
Max. değer	152.50	88.80	9.55	46.50	43.20	87.43	920.50	18.03
DK (%)	1.92	8.86	8.76	10.06	8.04	17.49	14.36	6.89

*; $P \leq 0.05$, **; $P \leq 0.01$ düzeyinde önemlidir.

Başakta tane sayısı genel ortalaması 40.31 adet, standart çeşitlerde 41.67 adet ve hatlarda 40.19 adet olarak belirlenmiştir. Araştırmada 12 hat (H-6, H-8, H-10, H-11, H-12, H-13, H-16, H-17, H-19, H-27, H-28 ve H-31) başakta tane sayısı açısından standart çeşitlerden üstün bulunmuştur. H-19 ve H-31 hatları 46.5 adet ile en yüksek, H-3 hattı 32.0 adet ile en düşük tane sayısını vermiştir (Tablo 2).

Bulgularımız Konya’da kuru koşullarda 33.2 ile 44.9 adet sulu koşullarda 31.8 ile 46.10 adet [14] ve Pakistan’da kıraç koşullarda 43.05 adet [19] olarak belirtilen bulgular ile benzer, farklı çevrelerde 18.55-28.15 adet [20], Van’da kıraç koşullarda 24.9 adet [21] ve Eskişehir’de kıraç koşullarda 28.9 adet, sulu koşullarda 30.1 adet [2] olarak belirtilen bulgulardan farklılık göstermiştir. Buğdayda sapa kalkma başlangıcı ile çiçeklenme dönemi arasındaki periyotta belirlenen potansiyel tane sayısı [22], çeşitlere bağlı olarak değişebilmektedir [23].

Denemenin ortalama bin tane ağırlığı 34.71 g, standart çeşitlerin 40.32 g, hatların ise 34.18 g’dır. Araştırmada bin tane ağırlığı 40.3 g ile Sagittario çeşidi en yüksek olup diğer hat ve standart çeşitlerden bu çeşidin altında değerler göstermiştir. H-30 hattı 30.16 g ile en düşük değere sahip olmuştur (Tablo 2). Aydoğan [14], buğdayın fiziksel kalite özellikleri arasında yer alan bin tane ağırlığının çeşit, iklim ve toprak koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini ve sulu koşullarda bin tane ağırlığının 34.82-39.98 g arasında değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir. Bazı araştırmacılar da bu değerlerin Yozgat koşullarında 33-44 g [18], Samsun, Amasya, Amasya-Suluova ve Tokat koşullarında 34.5-41.4 g [24], ve Konya kuru koşullarında 26.7 ve 32.0 g [17] arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Hektolitre ağırlığı genel ortalaması 84.73 kg/hl, standart çeşitlerde 81.54 kg/hl ve hatlarda 85.03 kg/hl olarak saptanmıştır. Araştırmada yer alan tüm hatlar hektolitre ağırlığı bakımından standart çeşitlerden üstün değerler göstermiştir. H-1 hattı 87.43 kg/hl ile en yüksek, Tosunbey çeşidi 80.05 kg/hl ile en düşük hektolitre değerine sahiptir. Araştırmamızda hektolitre ağırlığına ilişkin elde ettiğimiz değerler, bazı araştırmacıların sırasıyla 75.69- 80.26, 69,6-80,2 ve 76.5-80.4 kg/hl olarak bildirdikleri değerlerden farklı bulunmuştur [14,17,24]. Bu farklılık çeşitten kaynaklanmış olabilir. Nitekim buğdayın kalitesinin tespitinde en yaygın ölçülerden biri olan hektolitre ağırlığı çeşitlerin genetik yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterebilen bir karakterdir [25].

Tane verimi 741.45 kg/da, standart çeşitlerde 829.67 kg/da ve hatlarda 733.18 kg/da olarak belirlenmiştir. Araştırmada H-6, H-18, H-20 ve H-31 hatları tane verimi açısından standart çeşitlerden yüksek bulunmuştur. Araştırmada en yüksek tane verimi 920.50 kg/da ile Tosunbey çeşidinde, en düşük tane verimi 463.1 ile H-9 hattında saptanmıştır (Tablo 2). Verim çok sayıda farklı genetik etkilere sahip karakterler tarafından ortaya çıkan bir özelliktir. Kalıtım derecesi düşük olup iklim ve yetiştirme uygulamalarından oldukça fazla etkilenen bir özelliktir. Bu hatlar arasında da tane verimi yönünden büyük varyasyonun elde edilmesi verime yönelik seleksiyonda verime etki eden karakter üzerinden yol takip edilmesini gerektirir [6]. Özen ve Akman [18], tane veriminin Yozgat’ta 427-639 kg/da, Aydoğan [14], Konya’da kuru koşullarda 447.4 ile 709.0 kg/da, sulu koşullarda 546.9-981.4 kg/da, Karaman [26], sulu koşullarda 961.5 kg/da ve Tunca [15], Eskişehir’de sulu koşullarda 533-856 kg/da ve kuru koşullarda 478-526 kg/da arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

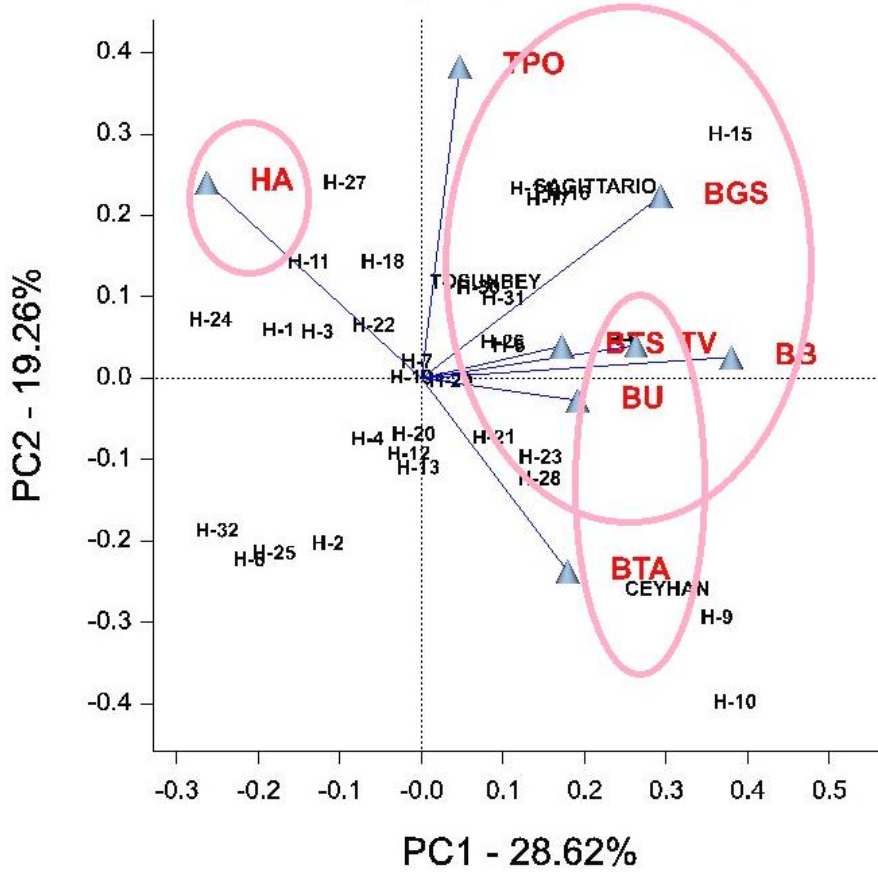
Protein oranı genel ortalaması %15.93, standart çeşitlerde %14.91 ve hatlarda %16.03 olarak tespit edilmiştir. Araştırmada 27 hat protein açısından standart çeşitlerden üstün bulunmuştur. Araştırmada en yüksek protein oranı %18.03 ile H-9 hattından, en düşük %13.54 ile H-2 hattından elde edilmiştir (Tablo 2). Aydoğan *et al.* [27], sulu koşullarda protein oranını genel verim ortalamasını %12.59, standart çeşitlerde %12.66 ve genotiplerde %12.48 olarak bildirmişlerdir. Aydoğan ve Soyulu [28] ise protein oranının kuru koşullarda %11.93 ile %13.44 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

İslah çalışmalarında popülasyonlardaki değişim katsayısının ≥ 10 olması seleksiyon çalışmalarında istenen varyasyon için yeterli bulunmaktadır [29]. Denememizde incelenen özelliklerden başakta tane sayısı, hektolitre ağırlığı ve tane veriminin yeterli varyasyona sahip olduğu, ancak bitki boyu, başak uzunluğu, başaklanma gün sayısı, bin tane ağırlığı ve tane protein oranının varyasyon bakımından yetersiz kaldığı görülmektedir (Tablo 2).

3.1 GGE Biplot Analiz Modellerine Göre Genotip ve Özellikler Arası İlişkinin Değerlendirilmesi

Son yıllarda birçok araştırmacı GGE biplot analiz tekniği birden fazla özelliği bir arada değerlendirerek seleksiyon yapabilmektedir [7,30,31]. Bu teknik ile hatlar ve incelenen özellikler arasındaki ilişkiyi görsel olarak yorumlamaya yardımcı olan biplot tekniği ile materyal olarak kullanılan hat veya çeşitlerden hangisinin hangi karakter yönünden ön plana çıktığı saptanabilmektedir. Araştırmada incelenen özellikler ve hatlar arasındaki ilişki, scatterplot biplot modeline göre elde edilen vektörler (Şekil 3) ve sektör-poligon (Şekil 4) grafikleri ile açıklanmıştır. Ayrıca comparison biplot modelinden elde edilen grafik ile hat ve standart çeşitlerin orjine göre konumu tespit edilmiştir (Şekil 5).

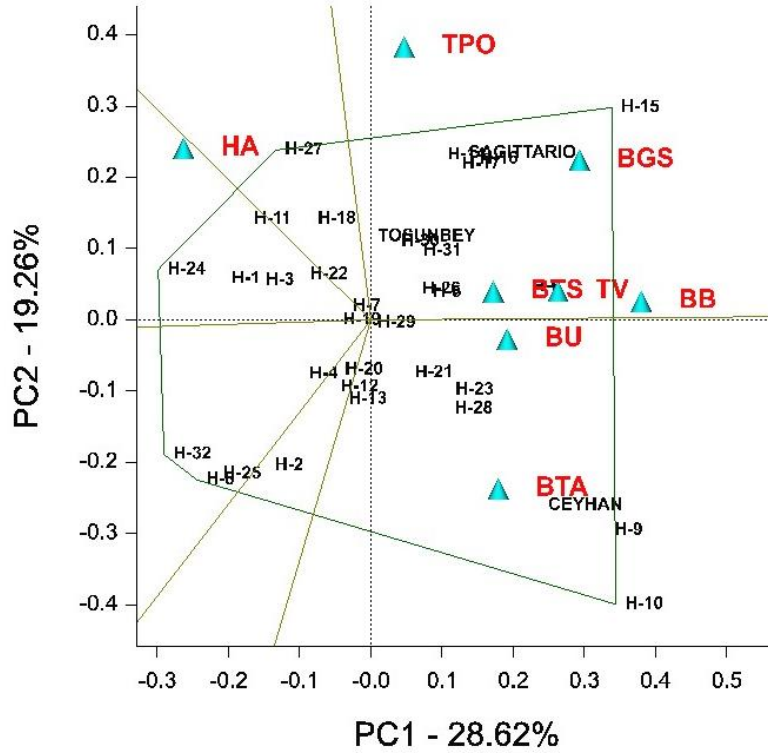
Vektörlerden elde edilen scatterplot biplot grafiğinde; hat ve özellikler arası ilişkilerin birinci ana bileşende (PC1) %28.62, ikinci ana bileşende (PC2) %19.26 ve toplam varyasyonun (PC1+PC2) ise %47.88 olduğu görülmektedir. Toplam varyasyona ait bulgularımız bazı araştırmacıların bulguları ile benzer [32] olurken, başka araştırmacıların bulgularından farklı bulunmuştur [7,33]. Özellikleri temsil eden iki vektör arasındaki açının daralması (BTS, TV, BB ve BU) özellikler arasında pozitif ve yüksek ilişki olduğunu, açının artması (TPO ile BGS, TPO ile BU ve TPO ile BTA) aradaki ilişkinin zayıfladığını, açının 90° 'den büyük olması (HA ile BGS) negatif ilişki olduğunu, ancak açının 90° olması arada hiçbir ilişki olmadığını göstermektedir [8,34]. Başakta tane sayısı (BTS), başaklanma gün sayısı (BGS) ve birim alan verimi (BAV) parametreleri birbiriyle pozitif ilişkilidir.



Şekil 2. Scatterplot biplot analizi ile hat ve özellikler arası ilişkinin vektörler ile gösterimi ve oluşan gruplar. Kısaltmalar: BB: Bitki boyu, BU: Başak uzunluğu, BTS: Başakta tane sayısı, BGS: Başaklanma gün sayısı, BTA: Bin tane ağırlığı, HA: Hektolitreye ağırlığı, BAV: Birim alan verimi, TPO: Tane protein oranı

Grafikte iki eksenin kesişim noktasına yakın konumlanan hatlar (H-1, H-7, H-17, H-20 ve H-29) diğerlerine kıyasla uç değerler taşımaktadır. İncelenen karakterlerin yanında yer alan (BTA: Ceyhan-99, H-9, H-10, BGS: H-15 ve HA: H-27) hatlar söz konusu parametreler yönünden diğerlerine oranla daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilmektedir. Ayrıca vektörlerin dağılımına bağlı olarak üç ayrı grup oluşmuştur. Birinci grupta BTA, BU ve BTS, ikinci grupta BB, TV, BTS, BU, BGS ve TPO, üçüncü grupta ise HA yer almaktadır. BU ve BTS özellikleri birinci ve ikinci grubun kesişim noktasında yer almaktadır (Şekil 2).

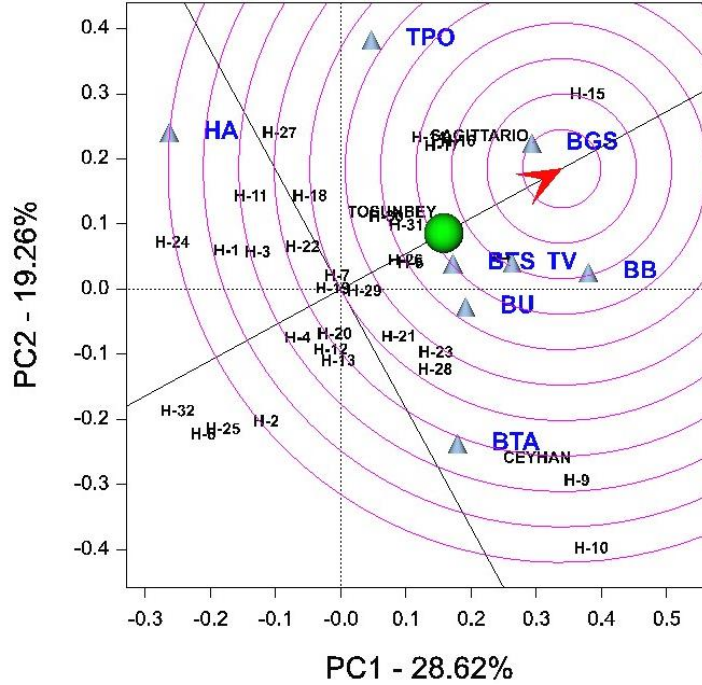
Hat veya çeşitlerde ön plana çıkan özellikleri değerlendirmek amacıyla çokgen ve sektörlerden faydalanarak elde edilen scatterplot grafiğinde (Şekil 3), aralarında pozitif ilişki bulunan karakterler ve bu karakterler için en yüksek değerleri gösteren hatlar aynı bölgede toplanmıştır. Koordinat düzleminin x eğrisinden başlayarak merkezden grafik köşelerine yeşil doğrusal eğrilerle grafik farklı bölmelere ayrılmıştır. Bu doğrusal eğrilerin her biri ayrı bir sektörü temsil etmektedir. Bu sektörlerin merkezinde konumlanan hatlar söz konusu sektörde yer alan özellikler yönünden en iyi hat olma özelliğini göstermektedir. Araştırmamızda toplam 6 sektör mevcuttur (Şekil 3).



Şekil 3. Sektör analizi ile genotipler ve özelliklerin gruplandırılması ve en etkili genotiplerin saptanması.
Kısaltmalar: BB: Bitki boyu, BU: Başak uzunluğu, BTS: Başakta tane sayısı, BGS: Başaklanma gün sayısı, BTA: Bin tane ağırlığı, HA: Hektolitire ağırlığı, BAV: Birim alan verimi, TPO: Tane protein oranı

Sektör analizinde, incelenen özelliklerden aynı sektör içerisinde bulunan özellikler birbiriyle pozitif yönde bir ilişkiye sahiptir. Yine aynı sektörde yer alan hat veya standart çeşitlerin söz konusu özellikler yönünden genetik yapısının benzerlik gösterdiği, ancak farklı sektörde yer alan hat veya standart çeşitlerin genetik yapısının birbirinden uzak olduğundan bahsetmek mümkündür. Aynı sektörde incelenen tüm özelliklerin yer alması bu özelliklerin birbiri ile karmaşık bir interaksiyon içinde olduğunu işaret etmektedir [35]. Buna göre araştırmamızda birinci sektörde H-10 H-12, H-13, H-20, H-21, H-23, H-28 ve H-9 hatları ve Ceyhan-99 standart çeşidi ile BTA ve BU özellikleri yer almaktadır. H-10 hattı poligon köşesinde konumlandığı için sektörde yer alan BTA ve BU özelliklerini en iyi temsil eden hat olmuştur. İkinci sektörde standart çeşitlerden Tosunbey ve Sagittario çeşitleri ile H-15, H-17, H-26, H-31 hatları ve BTS, TV, BB, BGS ve TPO özellikleri yer almaktadır. H-15 hattı merkezde konumlandığından bu sektörde yer alan karakterler bakımından (özellikle BGS yönünden) en iyi hattı temsil etmektedir [8]. Ancak tane verimi yönünden en yüksek değere sahip olan Tosunbey (920.50 kg/da) standart çeşidine yakın değeri H-20 hattı (890,0 kg/da) vermiştir. Üçüncü sektörde H-7, H-11, H-18, H-22 ve H-27 hatları ile HA özelliği bulunmaktadır. H-27 merkezde yer aldığından söz konusu özellik bakımından en iyi hat olmuştur. Dördüncü sektörde H-1, H-3, H-19 ve H-24 hatları, beşinci sektörde H-4, H-8, H-25 ve H-32 hatları, altıncı sektörde ise sadece H-2 hattı yer almıştır. Koordinat düzleminde x ve y düzleminin tam merkez noktasında konumlanan H-7, H-19 ve H-29 hatları diğer yer

aldıkları sektörler içerisinde en baskın hatlar olmuştur (Şekil 4). Benzer çalışmalarda sektör analizinden faydalanılarak hangi popülasyonun incelenen özellikler bakımından üstün olduğu belirlenmeye çalışılmıştır [36].

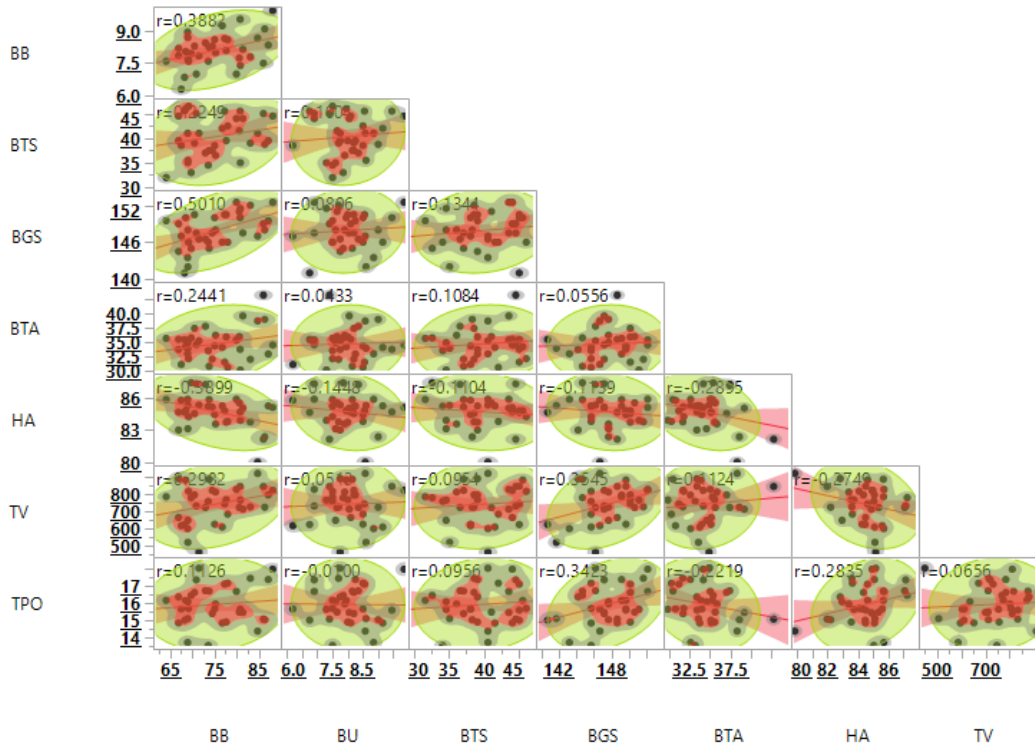


Şekil 4. Orjine göre hat ve özelliklerin konumu. Kısaltmalar: BB: Bitki boyu, BU: Başak uzunluğu, BTS: Başakta tane sayısı, BGS: Başaklanma gün sayısı, BTA: Bin tane ağırlığı, HA: Hektolitre ağırlığı, BAV: Birim alan verimi, TPO: Tane protein oranı

3.2 Scatterplot Matrixi ve Renk Haritalama Metodu ile Özellikler Arası Korelasyon Analizi ve Korelasyona Bağlı Olarak Temel Bileşen Analizinde Özelliklerin Toplam Varyasyona Etkisi

Araştırmada incelenen özellikler arasındaki ilişkiye ait korelasyonu gösteren scatterplot matrixi ve renk haritası aracılığıyla korelasyon analiz sonucu Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir. Buna göre incelenen özelliklerden başak uzunluğu ile bitki boyu arasında ($P \leq 0.05$, $r = 0.3882$), başaklanma gün sayısı ile bitki boyu arasında ($P \leq 0.01$, $r = 0.5010$) pozitif yönde ve yüksek ilişki, hektolitre ağırlığı ile bitki boyu arasında ($P \leq 0.05$, $r = -0.3899$) negatif yönde ancak önemli ilişki bulunmuştur. Başaklanma gün sayısı ile hektolitre ağırlığı ($P \leq 0.05$, $r = 0.3545$) ve tane protein oranı ($P \leq 0.05$, $r = 0.3423$) arasında pozitif ve önemli ilişki belirlenmiştir. Buğday ile ilgili yapılan araştırmalarda incelenen özellikler arasındaki korelasyon kat sayısı göz önünde bulundurularak özellikler arasındaki ilişki scatterplot matrixi ile desteklenmektedir [37]. Scatterplot matrixi ile incelenen iki özellik arasındaki ilişkiyi ifade eden grafikte dağılım regresyon eğrisi üzerinde düzenli şekilde yığılmadığı takdirde söz konusu iki özellik arasında ilişkinin zayıf olduğunu, buna ilaveten aralarında hiçbir ilişki olmadığını da ifade edebiliriz. Bu dağılım regresyon eğrisi üzerinde düzenli yığıldığı takdirde bu iki özellik arasındaki ilişkinin güçlü olduğundan söz edilebilir. Grafikte incelenen özellikler arasında düzenli bir yığılma

olmadığı buna bağlı olarak oluşan renk haritasında da yeşil rengin hâkim olduğu görülmektedir (Şekil 5 ve Şekil 6).

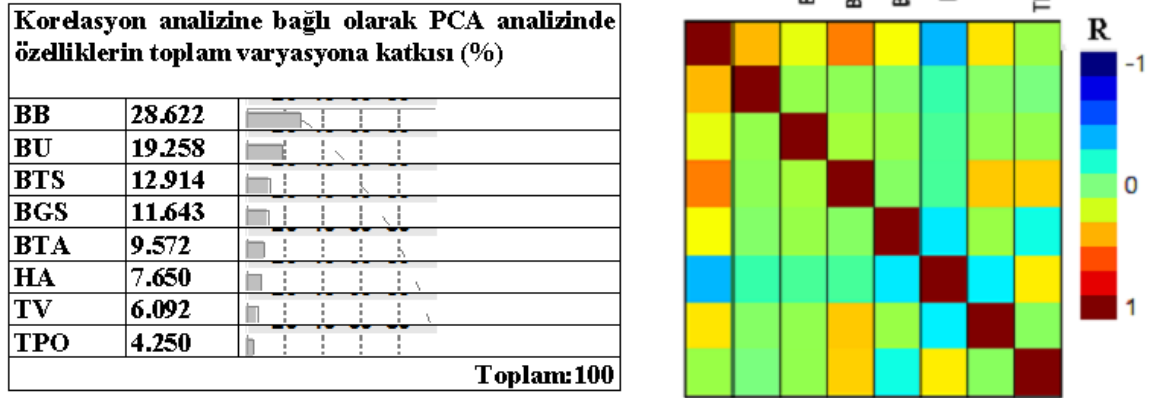


Şekil 5. İncelenen özelliklerin korelasyon katsayılarının scatterplot matrixi ile gösterimi. Kısaltmalar: BB: Bitki boyu, BU: Başak uzunluğu, BTS: Başakta tane sayısı, BGS: Başaklanma gün sayısı, BTA: Bin tane ağırlığı, HA: Hektolitre ağırlığı, BAV: Birim alan verimi, TPO: Tane protein oranı

Yapılan korelasyon analizinden elde edilen renk haritasında da görüleceği üzere koyu kırmızı renk korelasyon katsayısının 1'e eşit olduğunu ifade etmektedir. Korelasyon 1 sayısından uzaklaştıkça renklerde açılmalar görülmektedir. Yukarıda scatterplot matrixi ile değerlendirilen ve değerlendirme sonucu $P \leq 0.01$ düzeyinde ilişki tespit edilen özellikler arasında koyu turuncu renk hâkimdir. Bu önemlilik düzeyi $P \leq 0.05$ olarak tespit edilen özellikler arasında açık turuncu renk bulunmaktadır. Açık mavi tonlar korelasyonun 0 değerinden uzaklaştığını göstermektedir. Bu durum söz konusu özellikler yönünden negatif korelasyonun hâkim olduğunu kanıtlamaktadır. Grafiğin genelinde hâkim olan yeşil renk korelasyonun 0 değerine yaklaştığını dolayısıyla özellikler arasında ilişki olmadığını göstermektedir (Şekil 7).

İncelenen özelliklerin korelasyon analizine bağlı olarak elde edilen temel bileşen analiz sonuçlarına göre; %28.6'lık oranla özellikler arasında toplam varyasyona en fazla katkı sağlayan parametrenin bitki boyu olduğunu görmekteyiz. Toplam varyasyona katkı yönünden bitki boyunu sırasıyla başak uzunluğu (%19.2), başakta tane sayısı (%12.9), başaklanma gün sayısı (%11.6), bin tane

ağırlığı (%9.5), hektolitre ağırlığı (%7.6), tane verimi (%6) ve tane protein oranı (%4.2) takip etmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. İncelenen özelliklerin toplam varyasyona katkısı. Kısaltmalar: BB: Bitki boyu, BU: Başak uzunluğu, BTS: Başakta tane sayısı, BGS: Başaklanma gün sayısı, BTA: Bin tane ağırlığı, HA: Hektolitre ağırlığı, BAV: Birim alan verimi, TPO: Tane protein oranı

4. SONUÇ

Diyarbakır’da sulu koşullarda yürütülen denemede, incelenen hatlara ait başakta tane sayısı, hektolitre ağırlığı ve tane verimi özellikleri yeterli varyasyon göstermiştir. Ancak bitki boyu, başak uzunluğu, başaklanma gün sayısı, bin tane ağırlığı ve tane protein oranı varyasyon bakımından yetersiz kalmıştır. Araştırmada tarımsal üretimin en önemli kriteri olan tane verimi için varyasyonun yüksek bulunması bu karakter bakımından öne çıkan hatların ıslah programlarına dâhil edilmelerini gerekli kılmaktadır. Nitekim bu hatların gelecekte yapılacak ıslah programlarında ebeveyn olarak seçilmesi çalışmaların başarılı olmasına katkı sağlayacaktır. GGE biplot tekniği ile yapılan analizlerde aynı bölgede konumlanan hatlar ilgili bölgelerde yer alan özellikler yönünden diğer materyallerden daha iyi sonuçlar vermiştir. Biplot grafiklerinde yer alan bu hatların genetik yapı olarak da diğer hatlara oranla birbirine daha yakın olduğu söylenebilir. İlgili hatların gelecekte yapılacak sulu yetiştirme koşullarına uygun ıslah programlarına dâhil edilmesi ıslah programlarına katkı sağlayacaktır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Bu araştırmada yer alan yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın

Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Sibel İPEKEŞEN: Toplanan verinin düzenlenmesi, verileri analiz etmek için istatistik programı ve diğer tekniklerin kullanılması, görselleştirme, yazma ve orijinal taslak hazırlama. M. İsmail AKYILDIZ: Arazi çalışmalarında bulunma, veri toplama ve düzenleme, analiz araçlarını sağlama. Aydın ALP: Metodolojinin tasarlanması ve geliştirilmesi, araştırma faaliyetinin planlanması ve yürütülmesi için gözetim ve liderlik sorumluluğu, inceleme, gözden geçirme ve düzenleme ve doğrulama.

KAYNAKLAR

- [1] TUİK, (2022). Erişim Tarihi: 28.03.2023. [Online]. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- [2] A. C. Sönmez, "Sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinde farklı ekim sıklıklarının bazı fizyolojik, verim ve kalite özelliklerine etkisinin belirlenmesi", Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2017.
- [3] S. Ünal, "Buğdayda kalitenin önemi ve belirlenmesinde kullanılan yöntemler", Hububat ürünleri teknolojisi Kongre ve Sergisi 3-4 Ekim, Gaziantep, 2002.
- [4] F. Çay, "Sentetik heksaploid buğday hatları ve ekmeklik buğday hatlarının morfolojik ve moleküler karakterizasyonu", Doktora Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ, 2020.
- [5] M. Şahin, S. Aydoğan, A. Akçacık Göçmen, S. Taner, "Orta Anadolu için geliştirilmiş bazı ekmeklik buğday genotiplerinin alveograf enerji değeri yönünden değerlendirilmesi", *Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bitkisel Araştırma Dergisi*, cilt 2, s.1-9, 2009.
- [6] M. Tosun, S. Yüce, A. Erkul, H. Ege, "Kuru ve sulu koşullarda yetiştirilen buğdayın bazı agronomik ve kalite özelliklerinin direkt seleksiyona karşı indirekt seleksiyon etkinliği", *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, cilt 43, sayı 2, s. 53-62, 2006.
- [7] M. Karaman, "Evaluation of the physiological and agricultural properties of some of breadwheat (*Triticumaestivum*L.) genotypes registered in Turkey using biplot analysis", *Pak. J. Bot.*, vol. 52, no. 6, p. 1989-1997, 2020.
- [8] W. Yan, N.A. Tinker, "Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications", *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 86, pp. 623–645, 2006.
- [9] H. Kılıç, "Durum buğday genotiplerinin (*Triticum durum* L.) yüksek sıcaklık şartlarında verim ve bazı kalite özellikleri yönünden değerlendirilmesi", *International Journal of Pure and Applied Sciences*, cilt 6, sayı 1, s. 17-32, 2020.
- [10] E. Kendal, "GGE biplot analysis of multi-environment yield trials in barley (*Hordeumvulgare* L.) cultivars". *Journal of Crop Breeding and Genetics*, vol.2, no. 1, pp. 90-99, 2016.

- [11] R. G. Petersen, "Corvallis, USA Augmented Designs for preliminary yield trials (Revised) *RACHIS, Oregon Statw University*", vol. 4, no. 1, pp. 27-32, 1985.
- [12] M. Çölkesen, N. Eren, A. Öktem, A. Akıncı, "Şanlıurfa'da kuru ve sulu koşullara uygun makarnalık buğday çeşitlerinin saptanması üzerine bir araştırma", *Makarnalık Buğday ve Mamülleri Simpozyumu*, s. 533-539, Ankara, 1993.
- [13] Z. Khan, M. Ibrahim, G. Ahmad, M. Jan, M. Ishaq, K. Afridi, "Evaluation of promising wheat advanced lines for maturity and yield attributes under rainfed environment" *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, vol. 15, no. 8, pp. 1625-1629, 2015.
- [14] S. Aydoğan, "Kuru ve sulu yetiştirme şartlarının ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve kalitesine etkisinin belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Konya, 2016.
- [15] Z.Ş. Tunca, "Sulu ve kuru şartlar için geliştirilen ileri bisküvilik buğday hatlarının verim, verim unsurları ve kalite özelliklerinin belirlenmesi", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2020.
- [16] A. Kaya, "Çukurova'nın taban ve kıraç koşullarında bazı ekmeklik buğday genotiplerinin morfolojik ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2006.
- [17] M. Çöl, "Geçmişten günümüze ekmeklik buğdayda verim ve kalitedeki gelişmeler", Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2007,
- [18] S. Özen, Z. Akman, "Yozgat ekolojik koşullarında bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi", *Sdü Ziraat Fakültesi Dergisi*, cilt 10, sayı 1, s. 35-43, 2015.
- [19] A. Amanullah, Khan, Z. Hussain, D. Jan, "Performance of wheat cultivars sown at different seeding rates under drought-stress conditions", *Archives of Agronomy and Soil Science*, vol. 56, no. 1, pp. 99-105, 2010.
- [20] S. Özdemir, "Farklı lokasyonlarda ekilen buğday çeşitlerinin optimum ekim sıklığının belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2011.
- [21] D. Kaydan, "Van ekolojik koşullarında bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin verim ve verim öğeleri üzerine bir araştırma", *Journal of Agricultural Sciences*, cilt 14, sayı 4, s. 350-358, 2008.
- [22] E. J. M. Kirby, "Analysis of Leaf, stem and ear growth in wheat from terminal spikelet stage to anthesis", *Field Crops Research*, vol. 18, pp. 127-140, 1988.
- [23] D. Kaydan, M. Yağmur, "Van ekolojik koşullarında bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin verim ve verim öğeleri üzerine bir araştırma", *Tarım Bilimleri Dergisi*, cilt 14, sayı 4, s. 350-358, 2008.
- [24] Z. Mut, N. Aydın, H. Orhan Bayramoğlu, H. Ozcan, "Stability of some quality traits in bread wheat (*Triticum Aestivum*) genotypes", *Journal of Environmental Biology*, vol. 31, no. 4, pp. 489-495, 2010.
- [25] R. Kara, A. Y. Dalkılıç, C. Yürürdurmaz, B. Şimşek, Y. Aldemir, A. Akkaya "Makarnalık Buğdayda Ekim Sıklığının Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkileri", *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, cilt 25, sayı 1, s. 78-87, 2016.
- [26] M. Karaman, "Sulu koşullarda bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) hatlarının tarımsal özellikler bakımından değerlendirilmesi", *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, cilt 6, sayı 2, s. 296-304, 2019.

- [27] S. Aydoğan, M. Şahin, A. G. Akçacık, B. Demir, S. Hamzaoğlu, E. Yakişir, "Sulu koşullardaki ekmeklik buğday ıslah materyallerinin kalite özellikleri açısından ıslah programı kapsamında değerlendirilmesi". *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, cilt 8, sayı 1, s. 11-20, 2019.
- [28] S. Aydoğan, S. Soyulu, "Ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve verim öğeleri ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi", *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, cilt 26, sayı1, s. 24-30, 2017.
- [29] L. Dotlacil, J. Hermuth, Z. Stehno, M. Manev, "Diversity in European winter wheat landraces and obsolete cultivars", *Czech. J. Genet. Plant Breed.* vol. 16, pp. 29–36, 2000.
- [30] E.H. El-Harty, S.S. Alghamdi, M.A. Khan, H.M. Migdadi, M. Farooq, "Adaptability and stability analysis of different soybean genotypes using biplot model", *International Journal of Agriculture and Biology*, cilt 20, sayı 10, s. 2196-2202, 2018.
- [31] H. Güngör, "Bolu koşullarında bazı ekmeklik buğday (*Triticuma estivum* L.) çeşitlerinin verim, verim unsurları ve kalite yönünden değerlendirilmesi", *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, cilt 6, sayı 1, s. 44-51, 2019.
- [32] L. Yorulmaz, M. Öner, Ö. Albayrak, C. Akıncı, "Ekmeklik Buğday (*Triticum Aestivum* L.) Genotiplerinde Verim ve Kalite Özelliklerinin Değerlendirilmesi". *Tarla Bitkilerinde Ekonomik Öneme Sahip Stratejik Ürünlerin Araştırılması*. Iksad Yayınevi. Bölüm:2, s. 33-46, 2022.
- [33] H. Güngör, M. F. Çakır, Z. Dumlupınar, "İleri ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) hatlarının verim, verim unsuru ve kalite özellikleri bakımından değerlendirilmesi", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, No. 35, s. 123-127, 2022.
- [34] F. Abate, F. Mekbib, Y. Dessalegn, "GGE biplot analysis of multi-environment yield trials of durum wheat (*Triticum turgidum* Desf.) genotypes in North Western Ethiopia". *American J. Exp. Agriculture*, vol. 8, no. 2, pp. 120-129, 2015.
- [35] W. Yan, L. A. Hunt, Q. Sheng, Z. Szlavnins, "Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot". *Crop Science*, vol. 40, no. 3, pp. 597-605, 2000.
- [36] D. Kabak, M. Akçura, "Bingöl ilinden toplanan yerel çavdarlarda tane verimi ve bazı özellikler arasındaki ilişkilerin biplot analizi ile incelenmesi", *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, cilt 4, sayı 2, s. 227-235, 2017.
- [37] M. Karaman, "GGE biplot tekniği ve scatter plot matrixi ile ekmeklik buğdayda (*Triticuma estivum* L.) genotip, verim ve verim komponentlerinin yorumlanması", *Muş Alparslan Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, cilt 10, sayı1, s. 931-937, 2022.



Araştırma Makalesi / Research Article


Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinin Kurak Sezonda Verim Performansları

The Yield Performance of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes under Drought Season

Levent YORULMAZ^{1,*} , Muhammet ÖNER² , Önder ALBAYRAK³ ,
Cuma AKINCI⁴ 

^{1,3,4} Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

² Dicle Üniversitesi, Tarım MYO, Tohumculuk Teknolojisi Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1279104>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 07 Nisan 2023

Revize, 30 Nisan 2023

Kabul, 03 Mayıs 2023

Online Yayınlama, 29 Mayıs 2023

Anahtar Kelimeler

Ekmeklik buğday, Verim,
Kuraklık stresi, Python 3.8

ARTICLE INFO

Article History

Received, 07 April 2023

Revised, 30 April 2023

Accepted, 03 May 2023

Available Online, 29 May 2023

Keywords

Wheat, Yield, Drought stress,
Python 3.8

ÖZ

Tarımda en dikkat çekici çevresel kaygı küresel sıcaklığın artmasıdır. Buğday, dünyadaki temel besin kaynaklarından biridir ve tarım sektöründe önemli bir noktadadır. Küresel ısınmanın yol açtığı kuraklık buğday üretimini ciddi anlamda tehdit etmektedir. Bu çalışmada, kurak geçen buğday yetiştirme sezonunda 20 adet ekmeklik buğday genotipinin kuraklığa karşı tepkilerinin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, tane verimi, bitki boyu, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı ve ana sap çapı özellikleri incelenmiştir. İncelenen özelliklerin tümünde genotipler arasında $p \leq 0.01$ seviyesinde önemli istatistiksel farklar oluşmuştur. Çalışmada genotip ortalamaları, tane veriminde 115,86 kg da⁻¹, bitki boyunda 42,57 cm, başak uzunluğunda 7,22 cm, başakta başakçık sayısında 13,81, başakta tane sayısında 12,21 ve ana sap çapı özelliğinde 2,39 cm olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, DZMP, Yerel-3 ve Yerel-6 genotipleri kuraklık stresine diğer genotiplere oranla daha fazla tolerans göstermiştir. Söz konusu genotipler özellikle seleksiyon ve melez ıslahında değerlendirilmek üzere gelecekte yapılacak ıslah programlarına dahil edildiği takdirde araştırmacıların yeni çeşit geliştirmesine kaynak oluşturacaktır.

ABSTRACT

The most significant environmental concern in agriculture is the increase in global temperature. Wheat is one of the most important sources of food worldwide and plays a crucial role in the agricultural sector. However, drought caused by global warming seriously threatens wheat production. This study aimed to observe the responses of 20 bread wheat genotypes to

*Sorumlu Yazar

E-posta Adresleri: levent.yorulmaz@dicle.edu.tr (Levent YORULMAZ), muhammet.oner@dicle.edu.tr

(Muhammet ÖNER), ondera@dicle.edu.tr (Önder ALBAYRAK), akinci@dicle.edu.tr (Cuma AKINCI)

drought during the wheat growing season. Grain yield, plant height, spike length, spikelet number per spike, grain number per spike, and stem diameter were examined. Statistically significant differences between genotypes were observed for all the examined traits at a $p \leq 0.01$ level. The genotype means in the study were determined as 115.86 kg/ha⁻¹ for grain yield, 42.57 cm for plant height, 7.22 cm for spike length, 13.81 for spikelet number per spike, 12.21 for grain number per spike, and 2.39 cm for stem diameter. Based on these results, DZMP, Yerel-3, and Yerel-6 genotypes showed more tolerance to drought stress compared to other genotypes. If these genotypes are included in future breeding programs for selection and hybridization, it will provide researchers with new genetic material and resources for developing new drought-resistant varieties, reducing the impact of drought caused by global climate change on agricultural production.

1. GİRİŞ

Bitki büyümesini ve gelişimini etkileyen çeşitli çevresel stresler, olası iklim değişikliği bağlamında ciddi bir endişe kaynağı haline gelmiştir. Tarımda en dikkat çekici çevresel kaygı küresel sıcaklığın artmasıdır. Ortalama olarak ortam sıcaklığının 21. yüzyılın sonuna kadar 1-6°C artacağı tahmin edilmektedir [1]. Buğday, arpa ve diğer tahıllar, tüm iklim değişikliği senaryolarında önemli verim kayıplarıyla karşı karşıyadır.

Buğday, dünyadaki en önemli temel besin kaynaklarından biri olmasından dolayı, tarım sektöründe önemli bir noktadadır. İklim değişiklikleri, kuraklığın şiddeti ve sıklığında artışa sebebiyet vererek buğday verimi ve kalitesinde düşüşe neden olmaktadır [2,3]. Küresel buğday üretiminin her 1°C sıcaklık artışı için %6 oranında düştüğü tahmin edilmektedir [4]. Kuraklık, buğday bitkisi de dahil olmak üzere dünya çapında bitkisel üretimin verimliliğini etkileyen önemli bir çevresel strestir. Kuraklık stresi etkileri, buğday gelişiminin her aşamasında görülebilir. Artan sıcaklığın bitkiler üzerindeki etkisinin çok karmaşık olduğu bildirilmiş ve bitkide büyüme ve gelişmenin değişmesine, fizyolojik fonksiyonların değişmesine ve tane oluşumunun ve veriminin azalmasına neden olduğu belirtilmiştir [5]. Çimlenme aşamasında, kuraklık fidelerin çıkışını geciktirebilmekte veya engelleyebilmektedir. Buna bağlı olarak hayatta kalan bitki sayısında azalmaya yol açar ve verimde düşüşe neden olur. Ayrıca ileriki safhalarda yaprak alanında küçülmelere ve kuru ağırlığın azalmasına yol açabilmektedir. Sonuç olarak da fotosentezin ve karbon asimilasyonunun azalmasına yol açabilir. Öte yandan generatif dönemde tane bağlama sayısı ve ağırlığında azalmaya yol açabilir bu durum ise verimde kayıplara neden olabilmektedir.

Bu çalışmada ekmeklik buğday genotiplerinin aşırı kurak geçen yetişme sezonundaki verim performansları değerlendirilmesi ve kuraklığa karşı tepkilerinin gözlemlenmesi amaçlanmıştır.

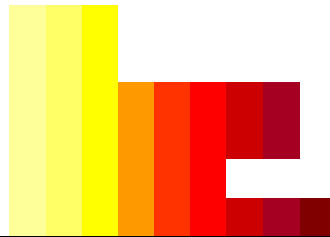
2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne ait araştırma ve uygulama alanında 2021-2022 buğday yetiştirme sezonunda yürütülmüştür.

Tablo 1'de çalışmanın yürütüldüğü alandaki toprak analizi sonucunda; deneme alanı toprağının, tuz stresi olmayan, hafif alkali özellikte, orta derecede kireçli yapıda, azot (N) ve organik madde miktarınca fakir olduğu saptanmıştır.

Tablo 1. Çalışmanın yürütüldüğü alanın toprak analiz sonuçları

Analiz Sonucu		Değerlendirme		
Sonuç		Düşük	Orta	Yüksek
Analiz Adı				
Saturasyon (%)	: 63,2			
Tuzluluk (dS/m)	: 0,92			
pH	: 8,11			
Bünye	: Killi			
Organik Madde (%)	: 0,77			
Azot (N) (%)	: 0,04			
Potasyum (ppm)	: 314,45			
Kalsiyum (ppm)	: 9			
Magnezyum (ppm)	: 471,78			
Demir (ppm)	: 9,29			



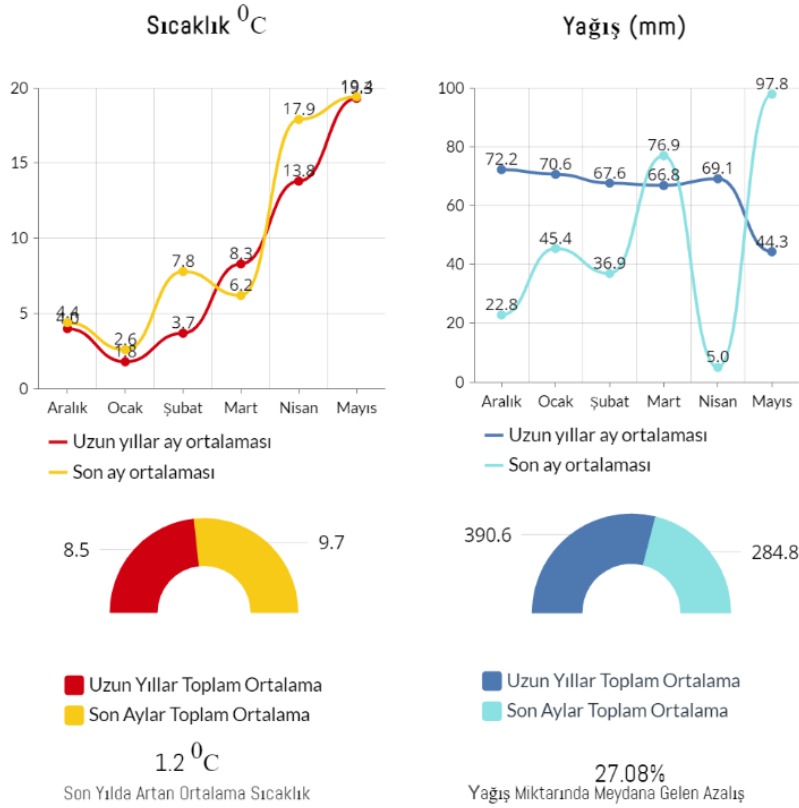
Uzun yıllar yağış ortalamasına göre, çalışmanın yürütüldüğü 2021-2022 buğday yetiştirme sezonunda düşen yağış miktarı %27,08 azalmıştır, öte yandan uzun yıllar ortalamasına göre düzensiz olan yağış rejimi Şekil 1' de belirtilmiştir. Ayrıca uzun yıllar ortalamasına göre ortalama sıcaklığın 1,2 °C yükseldiği görülmektedir.

Materyal olarak; Ceyhan-99 ve Hilar tescilli çeşitleri kontrol olmak üzere toplamda 20 adet ekmeklik buğday genotipi kullanılmıştır.

Araştırma denemesi, tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuştur. Ekim işlemi, deneme mibzeri ile alanı 4.8 m² olan parsellerde gerçekleştirilmiştir. Ekimle beraber 6 kg/da saf azot ve fosfor, bitkinin sapa kalkma döneminde ise 6 kg/da saf azot gübresi hesaplanıp verilmiştir. Yabancı otları mücadelede etken maddesi 2,4-D Ethylhexyl Ester Florasulam olan kimyasal ilaç kullanılmıştır.

Çalışmada, tane verimi, bitki boyu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, başak uzunluğu ve ana sap çapı özellikleri incelenmiştir.

Çalışma sonunda verilerin varyans analizi JMP Pro 13 istatistiki paket programı ile, Pearson's korelasyon analizi ve box plot analizleri Python 3.8 programı ile, Genstat 12th (Copyright 2011, VSN International Ltd) istatistik analiz programında ise scatter plot analizi yapılmıştır.



Şekil 1. Diyarbakır ili uzun yıllar ve 2021-2022 üretim dönemine ait iklim verileri

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada kurak geçen sezonda ekmeklik buğday genotiplerinin verimi incelenerek kuraklık stresine karşı toleranslarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada incelenen tüm özelliklerde genotipler arasında önemli ($P \leq 0.01$) istatistiksel farklılık olduğu saptanmıştır (Tablo 2).

Tane verimi özelliği incelendiğinde; genotiplerin 39,35 kg da⁻¹ ile 282,89 kg da⁻¹ aralığında olduğu ve ortalamalarının 115,86 kg da⁻¹ olduğu ayrıca popülasyonda ortalamanın üzerinde değer veren genotiplerin oranının %30 olduğu belirlenmiştir. Buğday yetiştirme döneminde yere düşen yağış miktarının azalması, buğday tane veriminde düşüşe yol açmıştır. Artan sıcaklığın ve azalan yağışın dünyanın birçok yerinde buğday veriminde azalmaya yol açacağı bildirilmiştir [2,3] Çalışmanın yürütüldüğü lokasyonda ve farklı lokasyonlarda daha önce yapılmış olan benzer çalışmalarda, ekmeklik buğdayın tane verimi ortalamalarını Akıncı *et al.* [6] 158,96 kg da⁻¹, Yorulmaz ve Akıncı [7] 227,97 kg da⁻¹, Albayrak *et al.* [8] 215,69 kg da⁻¹, Bayhan *et al.* [9] 142,71 kg da⁻¹, Naneli *et al.* [10] 350,5 kg da⁻¹ olarak bildirmişlerdir. Yapılmış benzer çalışmalardan daha düşük ortalama tane veriminin elde

edilmesi, yetiştirme sezonunda gerçekleşen kuraklığın etkili olduğunu göstermektedir. Çetin *et al.* [11], buğdayda tane veriminin gelişim dönemindeki toplam yağış miktarından ziyade, yağışın yetiştirme dönemindeki eşit dağılımının önemli olduğunu bildirmektedirler. Tane verimi; birden fazla gen kontrolünün dışında, sıcaklık, yağış miktarı ve tarımsal uygulamalardan etkilenen karmaşık bir düzene sahiptir [12-14].

Tablo 2. Gözlemlenen özelliklerin genotip ortalamaları ve oluşan gruplar

Genotipler	Tane Verimi (kg da ⁻¹)	Bitki Boyu (cm)	Başak Uzunluğu (cm)	Başakta Başakçık Sayısı (Adet)	Başakta Tane Sayısı (Adet)	Ana Sap Çapı (cm)
CEYHAN-99	64.26 ij	30.6 ı	6.17 hı	13.5 f-ı	7.27 ı	2.58 a-d
HİLAR	126.2 de	42.8 de	6.13 hı	12.5 ijk	10.37 d-h	2.74 a
DZMP	282.89 a	44.4 d	8.3 bc	15.33 bc	22.53 a	2.67 ab
DZMÇ	108.92 e-h	37.4 gh	6.97 e-h	12.9 h-k	10.7 d-h	2.22 gh
DZ-1	61.92 ij	39.4 efg	7.57 c-f	12.67 ijk	7.92 hı	2.42 b-g
DZ-2	147.68 d	39.2 efg	6.97 e-h	12.33 jk	10.13 d-ı	2.28 fgh
DZ-3	104.36 e-h	42.2 def	7.53 c-f	13.17 g-j	11.94 de	2.58 a-d
DZ-4	85.18 f-g	37.3 gh	6.13 hı	12.97 h-k	9.57 e-ı	2.56 a-e
DZ-5	39.35 j	36.9 gh	7.03 e-h	13.73 e-h	8.27 f-ı	2.49 a-f
DZ-6	78.13 ghı	39.7 efg	6.47 gh	11.97 k	8.1 ghı	2.44 b-g
Yerel-1	88.17 f-ı	52.7 ab	5.43 ı	13.4 f-ı	11.83 de	1.91 ı
Yerel-2	113.05 ef	54.6 a	8.1 cd	14.4 c-f	12.9 cd	2.23 gh
Yerel-3	243.59 b	51.3 abc	10.07 a	16.57 a	22.03 a	2.28 fgh
Yerel-4	110.42 efg	48.4 c	6.87 fgh	15.63 ab	16.7 b	2.59 abc
Yerel-5	88.94 f-ı	53.1 a	7.8 cde	12.73 h-k	11.03 def	2.12 hı
Yerel-6	190.83 c	48.9 bc	9.13 b	14.77 b-e	16.53 b	2.33 d-h
Yerel-7	86.35 f-ı	34.8 h	6.27 hı	14.57 cde	12.3 cde	2.37 c-h
24 HTWSN 2058	129.8 de	39.6 efg	7.43 c-f	14.93 bcd	14.97 bc	2.32 e-h
6 HWSN-42	90.92 f-ı	38.7 fgh	6.77 fgh	14.03 d-g	10.83 d-g	2.37 c-h
6STEMRRSN 6125	76.29 hı	39.5 efg	7.27 d-g	14.1 d-g	8.23 f-ı	2.33 d-h
Ortalama	115.86	42.57	7.22	13.81	12.21	2.39
DK %	17.45	5.54	7.67	4.64	14.43	6.33
AÖF	33.42**	3.90**	0.91**	1.06**	2.91**	0.25**

** : P ≤ 0.01 seviyesinde önemli, DK: düzeltme katsayısı, AÖF: asgari önemli fark

Çalışmada genotiplere ait bitki boylarının 54,6 cm ile 30,6 cm aralığında olduğu ve ortalamanın 42,57 cm olduğu belirlenmiştir. Buğdayda bitki boyu iklim, toprak şartları ve genetik yapıya bağlı olarak değişmektedir. Kuraklık stresinin buğdayda bitki boyunu olumsuz etkilediği ayrıca yüksek boya sahip genotiplerin kuraklık stresi altında kısa boylu genotiplere oranla verimlerinde daha fazla düşüşün meydana geldiği bildirilmiştir [15]. Yapılan benzer çalışmalarda; Özkan *et al.* [16] ekmeçlik buğday genotiplerine ait bitki boyu ortalamalarının 71,06 cm, Yorulmaz *et al.* [17] ise 63,55 cm olduğunu bildirmişlerdir.

İncelenen özelliklerden başak uzunluğu 10,07 cm ile 5,43 cm aralığında değişmiş olup genotipler ortalaması 7,22 cm olarak belirlenmiştir. Yapılan benzer çalışmalarda, ekmeçlik buğday genotiplerine ait başak uzunluklarını; Usta ve Yağmur [18] 6,46-8,53 cm, Sakin *et al.* [19] 7,8-8,2 cm, Güngör *et al.* [20] 8,5-8,6 cm, Karaman [21] 9,15-6,55 cm olduğunu bildirmişlerdir. Yıldırım *et al.* [22]

başak uzunluğunun bitkinin tane tutan kısmı olması nedeniyle verime önemli katkısının olduğunu ayrıca başak başına tane sayısını doğrudan etkilediğinden, buğdayın tane verimini tahmin etmek için güvenilir bir gösterge olduğunu bildirmişlerdir.

İncelenen özelliklerden bir diğeri olan başakta başakçık sayısı en yüksek 16,57 iken en düşük değer 11,97 ve genotiplere ait ortalama 13,81 olarak belirlenmiştir. Kuraklığın getirdiği su stresinin bitkiler üzerinde özellikle tane verimi, başakta tane sayısı ve başakta başakçık sayısı gibi verim ve verim öğelerini etkilediği bildirilmiştir [23,24].

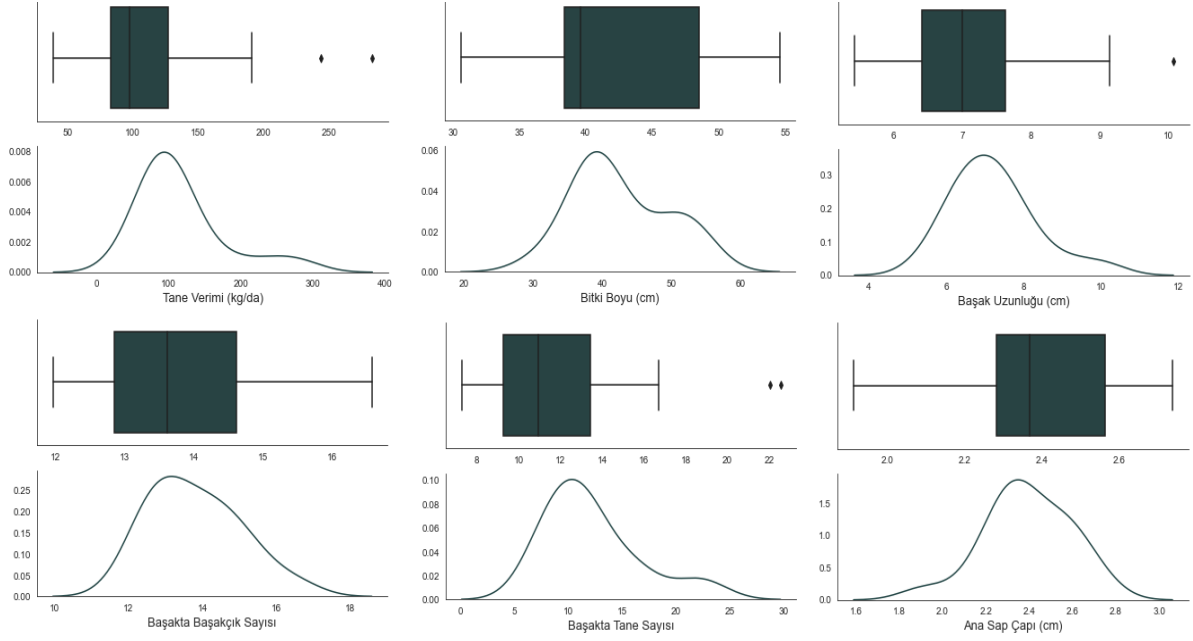
Başakta tane sayısı en çok 22,53 iken en az 7,27 ve genotip ortalaması 12,21 olarak belirlenmiştir. Başakta tane sayısı en yüksek olan genotiplerden DZMP ve Yerel-3, tane veriminde de en yüksek genotipler olarak belirlenmiştir. Yorulmaz ve ark. [25] kurak şartlarda yaptıkları bir çalışmada ekmeklik buğday genotiplerine ait ortalama başakta başakçık sayısını 16,54 olarak bildirmişlerdir. Andarap [26] başakta tane sayısı parametresinin üstün genotip seçiminde birer kriter olarak kullanılabileceğini bildirmiştir.

Ana sap çapı özelliği incelendiğinde 2,74 cm ile en yüksek değer Hilar genotipinde iken 1,91 cm ile en düşük değer Yerel-1 genotipinde ve genotipler ortalaması 2,39 cm olarak belirlenmiştir.

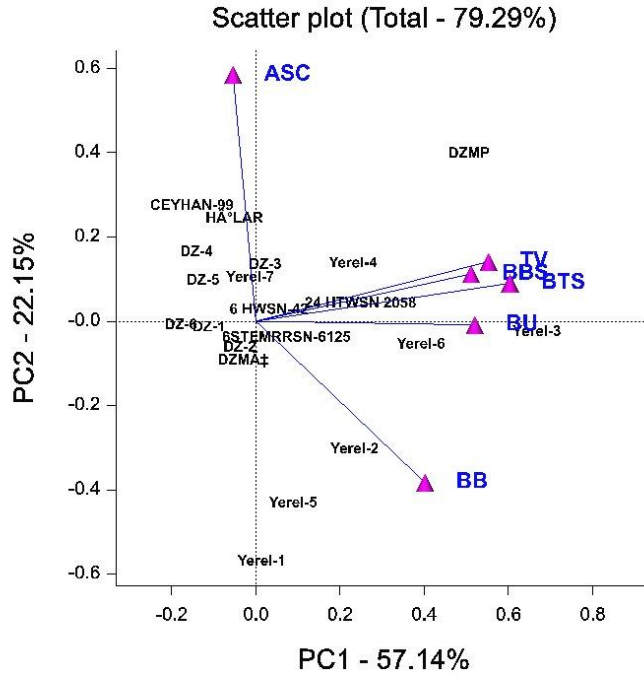
Buğday yetiştirme sezonunun kurak geçtiği senelerde bitki boyu uzunluğunun kısaldığı, verim ve verim unsurlarında ciddi düşüşün olduğunu bildiren çok sayıda çalışma yapılmıştır [24,27,28].

İncelenen özelliklere ait genotip dağılımını gösteren diyagramlara bakıldığında (Şekil 2), bitki boyu, başakta başakçık sayısı ve ana sap çapı özelliklerinde tüm genotipler normal dağılıma uygun fakat tane verimi ve başakta tane sayısı özelliklerinde DZMP ve Yerel-3 genotipleri, başak uzunluğu özelliğinde ise sadece DZMP genotipi normal dağılımın dışında kalmıştır.

Scatter plot grafiğinde (Şekil 3), iki vektör arasındaki açı; söz konusu özelliklerin birbiriyle olan ilişkisinin önem seviyesini göstermektedir. Vektörler arası açının 90° olması, özellikler arasında ilişkinin olmadığını gösterirken, açı değeri azaldıkça ($<90^\circ$) özellikler arasındaki ilişki pozitif, arttıkça ($>90^\circ$) özellikler arasındaki ilişki negatif olmaktadır [29]. Grafik incelendiğinde, başak ölçümlerinin tane verimiyle yakın ilişkili olduğu görülmektedir. Yapılacak olan ıslah çalışmalarında, başak üzerinde alınacak gözlemler, seleksiyon kriterleri olarak kullanılabilirler. Ana sap çapı özelliğinin bitki boyu özelliğiyle negatif yönde ilişkiye sahiptir. Ayrıca bütün özellikler göz önünde bulundurulduğunda, Yerel-3 genotipi en stabil olan genotip konumundadır.



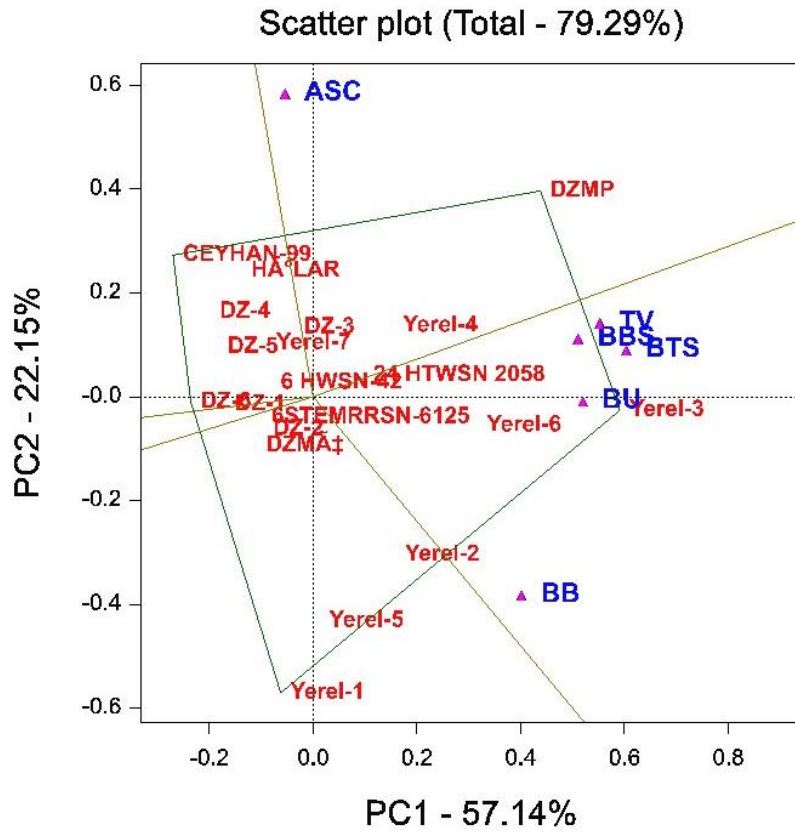
Şekil 2. Genotiplerin incelenen özellikler yönünden genotip dağılımını gösteren diyagramlar



Şekil 3. Özelliklere ait ortalama değerlerden elde edilen verilerin vektörler vasıtasıyla gösterimi. TV: tane verimi BBS: başakta başakçık sayısı, BTS: başakta tane sayısı, BU: başak uzunluğu, BB: bitki boyu, ASC: ana sap çapı

Araştırmada incelenen genotiplerden ön plana çıkan özellikleri değerlendirmek için çokgen ve sektörlerden faydalanarak elde edilen grafiğin yer aldığı Şekil 4'te; aralarında pozitif ilişki bulunan karakterler ve bu karakterler için en yüksek değerleri gösteren genotipler aynı sektörde toplanmıştır. Koordinat düzleminin x eğrisinden başlayarak merkezden grafik köşelerine yeşil doğrusal eğrilerle grafik farklı bölmelere ayrılmıştır. Bu doğrusal eğrilerin her biri ayrı bir sektörü temsil etmektedir. Bu

sektörlerin merkezinde konumlanan hatlar söz konusu sektörde yer alan özellikler yönünden en iyi hat olarak karşımıza çıkmaktadır. Araştırmamızda 5 sektör mevcut olup her sektörde çokgenin köşe noktasında bulunan genotip ilgili sektörde yer alan özellik bakımından ön plana çıkmıştır. Grafiğe göre ikinci sektörde yer alan BB, BU, BBS, BTS ve TV özellikleri bakımından Yerel-3 genotipi ön plandadır. Üçüncü sektörde yer alan DZMP genotipi ana sap çapı (ASC) bakımından en iyi performansa sahiptir. Diğer sektörlerde yer alan genotipler hiçbir özellik bakımından ön plana çıkmazken, Yerel-1 genotipi ve Ceyhan -99 çeşidi bağlı buldukları sektörlerde en iyi genotip veya çeşit olmuşlardır. Daha önce birçok araştırmacı tarafından, buğday genotiplerinin performansını görmek için scatter plot analizi kullanılmıştır [30-34].

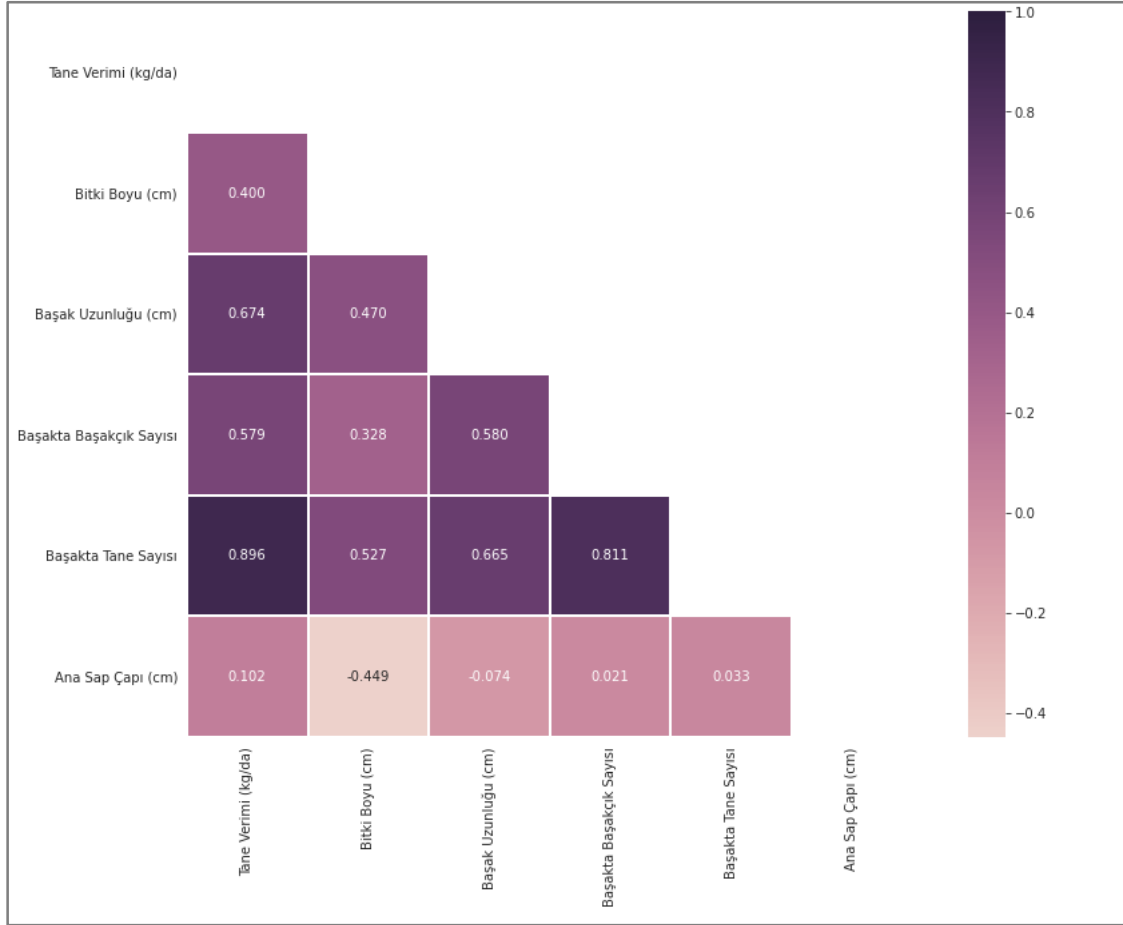


Şekil 4. Özelliklere ait ortalama değerlerden elde edilen verilerin sektör ve çokgenler vasıtasıyla gösterimi

Şekil 5'te özellikler arası önemlilik düzeyi grafiğinin sağında yer alan skorda gösterilmiştir. Bu skorda özellikler arasındaki ilişkiyi ifade eden r değerinin +1 ve -1'e yaklaşması, söz konusu özellikler arasındaki ilişkinin önemlilik seviyesinin arttığını, 0 değerine yaklaşması ise ilişkinin önemlilik seviyesinin azaldığını göstermektedir.

Çalışmada incelenen özelliklerin korelasyon analizine bakıldığında (Şekil 5), tane veriminin, başak uzunluğu ($P \leq 0.01$, $R=0.674$), başakta başakçık sayısı ($P \leq 0.01$, $R=0.579$) ve başakta tane sayısı ($P \leq 0.01$, $R=0.896$) parametreleriyle pozitif yönde önemli bir ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Başak

ölçümlerinin tane verimiyle olan önemli ilişkisi, üstün genotip seleksiyonunda önemli parametreler olabileceğini göstermektedir. Suleiman *et al.* [35] tane verimi ile başakta tane sayısı özellikleri arasındaki ilişkinin önemli olduğunu bildirmişlerdir. Özen ve Akman [36] başakta başakçık sayısının, başakta tane sayısını ve tane verimini etkilediğini bildirmişlerdir. Tane verimi ile bitki boyu ($P \leq 0.01$, $R=0.400$) arasında pozitif yönde önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir. İlaveten bitki boyu ve ana sap çapı ($P \leq 0.01$, $R=0.449$) özellikleri arasında negatif yönde önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bitki boyunun artması, sap kalınlığını azaltmıştır.



Şekil 5. İncelenen özelliklerin korelasyon analizi

Çalışmada incelenen özelliklerin korelasyon analizine bakıldığında (Şekil 5), tane veriminin, başak uzunluğu ($P \leq 0.01$, $R=0.674$), başakta başakçık sayısı ($P \leq 0.01$, $R=0.579$) ve başakta tane sayısı ($P \leq 0.01$, $R=0.896$) parametreleriyle pozitif yönde önemli bir ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Başak ölçümlerinin tane verimiyle olan önemli ilişkisi, üstün genotip seleksiyonunda önemli parametreler olabileceğini göstermektedir. Suleiman *et al.* [35] tane verimi ile başakta tane sayısı özellikleri arasındaki ilişkinin önemli olduğunu bildirmişlerdir. Özen ve Akman [36] başakta başakçık sayısının, başakta tane sayısını ve tane verimini etkilediğini bildirmişlerdir. Tane verimi ile bitki boyu ($P \leq 0.01$, $R=0.400$) arasında pozitif yönde önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir. İlaveten bitki boyu ve ana sap

çapı ($P \leq 0.01$, $R=0.449$) özellikleri arasında negatif yönde önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bitki boyunun artması, sap kalınlığını azaltmıştır.

4. SONUÇLAR

Çalışmanın yürütüldüğü yetiştirme sezonunda yaşanan yüksek sıcaklık ve düşük yağış genotiplerin verim ve verim unsurları üzerinde olumsuz etkide bulunmuştur. Ancak bu genotiplerden DZMP, Yerel-3 ve Yerel-6 genotipleri kuraklık stresine diğer genotiplere oranla daha fazla tolerans göstermiştir. Bu genotipler ileride yapılacak ıslah çalışmaları için genetik kaynak oluşturması bakımından önem arz etmektedir. Söz konusu genotipler özellikle seleksiyon ve melez ıslahında değerlendirilmek üzere gelecekte yapılacak ıslah programlarına dâhil edildiği takdirde araştırmacılara yeni genetik materyal kazandırmaktadır. Ayrıca küresel iklim değişikliğinin beraberinde getirdiği kuraklığın tarımsal üretim üzerindeki etkisini azaltmak için kuraklığa uygun yeni çeşit geliştirmesine kaynak oluşturacaktır. Bu doğrultuda yapılacak ıslah çalışmaları sayesinde çağımızın en önemli sorunları arasında yer alan kuraklığa uygun yeni çeşitler geliştirmek buğday üreticilerine katkı sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Koordinatörlüğü'nce desteklenmiştir (Proje Numarası: ZİRAAT.22.001, 2022).

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Levent YORULMAZ: Yazma-orijinal taslak hazırlama, veri toplama, verinin düzenlenmesi ve analizi ve görselleştirme. Muhammet ÖNER: Verilerin toplanması. Önder ALBAYRAK: Kavramsallaştırma, yöntem, doğrulama, inceleme ve düzenleme, gözetim ve liderlik sorumluluğu.

Cuma AKINCI: Kavramsallaştırma, yöntem, doğrulama, inceleme ve düzenleme, gözetim ve liderlik sorumluluğu.

KAYNAKLAR

- [1] W. De Costa, “A review of the possible impacts of climate change on forests in the humid tropics,” *J. Natl. Sci. Found Sri.*, vol. 39, pp. 281–302, 2011.
- [2] G. Fontana, A. Toreti, A. Ceglar, G. De Sanctis, “Early heat waves over Italy and their impacts on durum wheat yields,” *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, vol. 15, pp. 1631-1637, 2015.
- [3] B. Mueller, M. Hauser, C. Iles, R. H. Rimi, F. W. Zwieters, H. Wan, “Lengthening of the growing season in wheat and maize producing regions,” *Weather Clim Extrem*, vol. 9, pp. 47–56, 2015.
- [4] S. Asseng, F. Ewert, P. Martre, R. P. Rotter, D. B. Lobell, D. Cammarano, B. A. Kimball, M. J. Ottman, G. W. Wall and J. W. White., “Rising temperatures reduce global wheat production,” *Nat. Clim. Chang.*, vol. 5, pp. 143–147, 2014.
- [5] S. Mondal, R. P. Singh, J. Crossa, J. Huerta-Espino, I. Sharma, R. Chatrath, G. P. Singh, V.S. Sohu, G. S. Mavi, V. S. P. Sukaru, I. K. Kalappanavarg, V. K. Mishra, M. Hussain, N. R. Gautam, J. Uddin, N. C. D. Barma, A. Hakim, A. K. Joshi, “Earliness in wheat: a key to adaptation under terminal and continual high temperature stress in south Asia,” *Field Crops Res.*, vol. 151, pp. 19–26, 2013.
- [6] C. Akıncı, R. Özkan, M. Bayhan, Ö. Albayrak, “Comparison of some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines for yield in Diyarbakir conditions,” *Eurasia 6th International Congress of Applied Science*, pp. 36-43, 2020.
- [7] L. Yorulmaz, C. Akıncı, “Bazı Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinin Sırtta Ekim Sisteminde Morfolojik, Fizyolojik, Verim ve Kalite Yönünden İncelenmesi,” *MAS Journal of Applied Sciences*, vol. 7, no. 2, s. 326–336, 2022.
- [8] Ö. Albayrak, M. Bayhan, R. Özkan, C. Akıncı, “Ekmeklik Buğday İleri Hatlarının Verim ve Verim Kriterlerinin İncelenmesi,” *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 11, no. 1, s. 173-182, 2022.
- [9] M. Bayhan, L. Yorulmaz, R. Özkan, M. Yıldırım, Ö. Albayrak, M. Öner, “Kurak koşullarda bazı ekmeklik buğday genotiplerinin performanslarının GGE Biplot Analizi Yöntemi ile değerlendirilmesi,” *AÇÜ Orman Fakültesi Dergisi*, vol. 23, no. 2, s. 88-95, 2022.
- [10] İ. Naneli, M. A. Sakin ve A. S. Kırıl, “Tokat-Kazova Şartlarında Bazı Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi,” *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol. 32, no. 1, s. 91-103, 2015.
- [11] Ö. Çetin, D. Uygan, H. Boyacı, K. Öğretir, “Kışlık buğdayda sulama-azot ve bazı önemli iklim özellikleri arasındaki ilişkiler,” *Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi*, 15-20 Kasım, Adana, Cilt I, Genel ve Tahıllar, s. 151-156, 1999.
- [12] Z. Mut, N. Aydın, H. Özcan ve O. Bayramoğlu, “Orta Karadeniz Bölgesi’nde ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi,” *GOP Üniv. Zir. Fak. Derg.*, cilt 22, sayı 2, s. 85-93, 2005.

- [13] D. Kaydan ve M. Yağmur, “Van ekolojik koşullarında bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin verim ve verim öğeleri üzerine bir araştırma,” *Tarım Bil. Derg.*, vol. 14, no. 4, s. 350-358, 2008.
- [14] H. Aktaş, M. Karaman, E. Oral, E. Kendal ve S. Tekdal, “Bazı ekmeklik buğday genotiplerinin (*Triticum aestivum* L.) doğal yağış koşullarındaki verim ve kalite parametrelerinin değerlendirilmesi,” *Tarla Bit. Merk. Araş. Enst. Derg.*, cilt 26, sayı 1, s. 86-95, 2017.
- [15] M. R. Poudel, H. Poudel, M. Pandey, D. Thapa, K. Dhakal, “Evaluation of Wheat Genotypes Under Irrigated, Heat Stress and Drought Conditions,” *J. Biol. Today's World* 2020, vol. 9, no. 1, pp. 212, 2020.
- [16] R. Özkan, M. Bayhan, L. Yorulmaz, M. Öner ve M. Yıldırım, “Effect of different organic fertilizers on bread weat (*Triticum aestivum* L.) productivity,” *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, vol. 5, no. 3, pp. 433-442, 2021.
- [17] L. Yorulmaz, M. Öner, Ö. Albayrak ve C. Akıncı, “Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinde verim ve kalite özelliklerinin değerlendirilmesi,” *Tarla Bitkilerinde Ekonomik Öneme Sahip Stratejik Ürünlerin Araştırılması Kitabı*, s. 33-46, 2022.
- [18] T. Usta ve M. Yağmur, “Kırşehir ekolojik koşullarında bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin (*Triticum aestivum* L.) verim ve verim öğelerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma”. *Kırşehir Ahi Evran Üniv. Zir. Fak. Derg.*, cilt 1, sayı 1, s. 36-54, 2021.
- [19] M. A. Sakin, İ. Naneli, A. G. Göy ve K. Özdemir, “Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin Tokat-Zile koşullarında verim ve verim komponentlerinin belirlenmesi”. *GOÜ. Zir. Fak. Derg.*, cilt 32, sayı 3, s. 119-132, 2015.
- [20] H. Güngör ve Z. Dumlupınar, “Bolu koşullarında bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin verim, verim unsurları ve kalite yönünden değerlendirilmesi”. *Türk Tarım ve Doğa Bil. Derg.*, cilt 6, sayı 1, s. 44-51, 2019.
- [21] M. Karaman, “Muş Koşullarında Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinin Verim ve Verim Bileşenleri Bakımından Değerlendirilmesi,” *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 11, no. 1, s. 125-136, 2022.
- [22] M. Yıldırım, F. Kızılgeçi, Ö. Albayrak, M.A. Iqbal and C. Akıncı, “Grain yield and nitrogen use efficiency in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) hybrids under different nitrogen fertilization regimes”. *J. Elem.*, vol. 27, no. 3, pp. 627-644, 2022.
- [23] D. A. Abd El Moneim, I. N. Mohamed, A. H. Belal, and M. E. Atta, “Screening bread wheat genotypes for drought tolerance: germination, radical growth and mean performance of yield and its components”. 2. International Conference on Drought Management, Istanbul, Turkey, 04-06 March, 2010.
- [24] A. Ali, N. Ali, N. Ullah, F. Ullah, M. Adnan and Z. A. Swati, “Effect of drought stress on the physiology and yield of the Pakistani wheat germplasms”. *International Journal Advance Research Technology*, vol. 2, no. 7, pp. 419-430, 2013.
- [25] L. Yorulmaz, C. Akıncı, Ö. Albayrak and M. Öner, “Effect of Drought Stress on Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes”. *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management*, vol. 6, no. 1, pp. 866-872, 2023.
- [26] S. S. Andarab, “Study of correlation among yield and yield components affecting traits on bread wheat under drought stress and non-stress conditions”. *Annal Biology Research*, vol. 4, no. 5, pp. 286-289, 2018.

- [27] A. Khakwani, M. D. Dennett, M. Munir, “Drought tolerance screening of wheat varieties by inducing water stress conditions”. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, vol. 33, no. 2, pp. 135-142, 2011.
- [28] M. Kamran, M. K. Naeem, M. Ahmad, M. Kausar, N. Shah and M. S. Iqbal, “Physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) against drought stress”. *International Journal of Plant and Soil Science*, vol. 6, no. 1, pp. 1-9, 2015.
- [29] M. Karaman, “Sulu koşullarda bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin tarımsal özellikler bakımından değerlendirilmesi”. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, vol. 6, no. 2, s. 296-304, 2019.
- [30] W. Yan and M. Kang, “GGE Biplot analysis: a graphical tool for breeders, geneticists’ agronomists”. CRC Press, Boca Raton, Florida. 2002.
- [31] M. Temesgen, S. Alamerew and F. Eticha, “GGE biplot analysis of genotype by environment interaction and grain yield stability of bread wheat genotypes in Southeast Ethiopia”. *World Journal of Agricultural Sciences*, vol. 11, no. 4, pp. 183-190, 2015.
- [32] S. Golkari, R. Hagparast, E. Roohi, S. Mobasser, M. M Ahmadi, K. Soleimani, G. Khalilzadeh, G. Abedi-Asl and T. Babaei, “Multi-environment evaluation of winter bread wheat genotypes under rainfed conditions of Iran-Using AMMI model”. *Crop Breeding Journal*, vol. 4, no. 6, pp. 17-31, 2016.
- [33] E. Kendal, S. Tekdal and M. Karaman, “Proficiency of biplot methods (AMMI and GGE) in the appraisal of triticale genotypes in multiple environments”. *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 17, no. 3, pp. 5995-6007, 2019.
- [34] M. Karaman, M. Başaran, İ. Erdemci and M. Okan, “Augmented deneme desenine dayalı ekmeklik buğday genotiplerinin (*Triticum aestivum* L.) Diyarbakır yağışa dayalı şartlarında bazı tarımsal özellikler yönünden değerlendirilmesi”. *MSU Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 9, no. 1, s. 833-842, 2021.
- [35] A. A. Suleiman, J. F. Nganya and M.A. Ashraf, “Correlation and pathanalysis of yield and yield components in some cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Khartoum State”. *Sudan. Journal of Forest Products ve Industries*, vol. 3, no. 6, pp. 221-228, 2014
- [36] S. Özen ve Z. Akman, “Yozgat ekolojik koşullarında bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi”. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol. 10, no. 1, s. 35-43, 2015.



Araştırma Makalesi / Research Article


Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin İlleri Pamuk Üretim Alanlarında Belirlenen *Nabis* Türleri (Hemiptera: Nabidae)

Determination of Nabis Species (Hemiptera: Nabidae) in Cotton Production Areas of Sanliurfa, Diyarbakir and Mardin Provinces

Muhlis SEZGİN^{1,*} , Selime ÖLMEZ BAYHAN² 

¹ Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, 21280, Diyarbakır, Türkiye

² Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1278104>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 06 Nisan 2023

Revizye, 21 Nisan 2023

Kabul, 24 Nisan 2023

Online Yayınlama 01 Haziran 2023

Anahtar Kelimeler

Güneydoğu Anadolu Bölgesi,
Pamuk, *Nabis* spp., Predatör,
Survey.

ARTICLE INFO

Article History

Received, 06 April 2023

Revised, 21 April 2023

Accepted, 24 April 2023

Available Online, 01 June 2023

Keywords

Southeastern Anatolia Region,
Cotton, *Nabis* spp., Predator,
Survey.

ÖZ

Pamuk bitkisi yoğun bir emek ve masraf gerektiren önemli bir endüstri kültür bitkisidir. Bununla birlikte pamukta verim ve kaliteyi etkileyen pek çok zararlı böcek türü olup, bu zararlılarla mücadelede birçok insektisit kullanılmaktadır. Kimyasal mücadele insan ve çevre sağlığı yanı sıra hedef olmayan organizmalar üzerinde de ciddi problemler meydana getirmektedir. Bunun yanında mücadele yöntemlerinden biri de biyolojik mücadelede yer alan doğal düşmanlardır. *Nabis* spp. (Hemiptera: Nabidae) birçok zararlı tür üzerinde beslenebilen bir doğal düşmandır. Çalışmada Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin illeri pamuk ekim alanlarında *Nabis* cinsine bağlı önemli türlerin belirlenmesi için örnekleme yapılmıştır. Buna göre; türlerin bulunma oranlarının toplanan ergin bireylere oranlanması ile %72.5 oranında *Nabis* (*Nabis*) *pseudoferus orientarius* Remane, 1962, %20 oranında *Nabis* (*Nabis*) *punctatus* A. Costa, 1847 ve %7.5 oranında ise *Nabis* (*Nabis*) *ferus* (Linnaeus, 1758) türleri tespit edilmiştir.

ABSTRACT

Cotton is an important industrial crop that requires intensive labor and expense. However there are many pest species that affect the yield and quality of cotton production and many insecticides are used to control these pests. Chemical control occurs serious problems on human and environmental health as well as non-target organisms. In addition one of the control methods is natural enemies in biological control. *Nabis* spp. (Hemiptera: Nabidae) is a natural enemy that can feed on many pest species. In the study sampling was carried out to determine *Nabis* genus and important species in cotton cultivation areas of Şanlıurfa, Diyarbakır and Mardin provinces. According to results of this study the important species

*Sorumlu Yazar

E-posta Adresleri: m.sezgin1907@gmail.com (Muhlis SEZGİN), solmezbayhan@gmail.com (Selime ÖLMEZ BAYHAN)

have been identified 72.5% *Nabis (Nabis) pseudoferus orientarius* Remane, 1962, 20% *Nabis (Nabis) punctatus* A. Costa, 1847 and 7.5% *Nabis (Nabis) ferus* (Linnaeus, 1758) species through the ratio of the presence of the species to the collected adult individuals.

1. GİRİŞ

Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) ticari değeri yüksek bir endüstri kültür bitkisidir. Tekstil başta olmak üzere hayvancılık ve yağ sanayi gibi kullanım alanlarının yanında sağladığı iş olanaklarıyla tarımsal sektöre katkı sağlamaktadır. Dünya pamuk üretiminde Çin, Hindistan, ABD, Brezilya ve Pakistan'ın en fazla üretim yapan ülkeler olduğu, tüketim sıralamasında ise Çin, Hindistan, Pakistan, Bangladeş ve Türkiye geldiği görülmektedir. Türkiye, pamuk üretim miktarıyla Dünyada altıncı, pamuk ekim alanıyla da on birinci sıradadır. Birim alandan elde edilen lif verimi bakımından ikinci, pamuk ithalatında ise altıncı ülke konumundadır [1]. Türkiye 2020 ve 2021 yılları pamuk (kütü) ekim alanları 3.592.200 ve 4.322.790 da, üretim miktarları (kütü) 1.777.3646 ile 2.250.000 tondur. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin illeri 2020 yılı ekim alanları sırasıyla 1.287.469 da, 403.830 da ve 74.419 da, üretim miktarları ise 567.251 ton, 217.642 ton ve 39.747 ton olup, 2021 yılında ise ekim alanları sırasıyla 1.834.608 da, 552.467 da, 59.541 da ve üretim miktarları 892.906 ton, 309.229 ton ve 32.712 ton olmuştur [2].

Pamuk yetiştiriciliği ekonomik boyutuyla ele alındığında verim ve kalite unsurları ön plana çıkmaktadır. Verimi yüksek ve kaliteli bir ürün elde edebilmek için üretimde çok yoğun bir emek ile girdi sağlamak gerekmektedir. Ancak pamuk üretiminde verim ve kaliteyi düşüren birçok etken mevcuttur. Bunlar bitki hastalıkları, yabancı otlar ve bitkide önemli kayıplara neden olabilen çok sayıda ki zararlı böcek türünden oluşmaktadır. Pamuk üretim alanlarında zararlılarla mücadele etmek için birtakım insektisitler kullanılmaktadır. Ancak bunlar insan, çevre sağlığı açısından önemli sorunlar doğurmakta ve pamuk zararlıları üzerinde beslenen, doğal dengenin önemli bir parçası olan avcı böceklerle de olumsuz yan etkiler verebilmektedir. Bu avcı böceklerden biri de pamukta zararlara neden olan afit, yaprak kurtları, akar, küçük tırtıllar, güve yumurtaları ve bitki tahtakuruları gibi birçok yumuşak vücutlu zararlı, larva ve yumurtaları üzerinde önemli bir avcı tür olan *Nabis*'lerdir. Bunlar ince yapılı 0.5 - 1.0 cm uzunlukta, genellikle açık grimsi kahverengi renkli bir predatör böcektir. İnce uzun başlı, sokucu emici ağız yapısına sahip olan bu predatörlerin anteni uzun ve 4 segmentli olup, 5 nimf dönemi geçirirler [3].

Güneydoğu Anadolu Bölgesi pamuk ekim alanlarında görülen zararlılar üzerinde birçok doğal düşman bulunmaktadır. Bu doğal düşmanlardan *Cotesia* spp. (Hym: Braconidae), *Habrobracon hebetor* (Say.) (Hym: Braconidae), *Trichogramma* spp. (Hym: Trichogrammatidae), *Aphelinus* sp., *Aphidus* sp. (Hym: Aphidiidae), *Aphelopus* sp. (Hym: Dryinidae), *Eretmocerus mundus* Mercet ve *Encarsia lutea* (Masi), *E. formosa* Gahan (Hym: Apheliridae) parazitoit türler olarak yer

almaktadır[4]. Pamuk alanlarında parazitoit türler ve zararlılar üzerinde beslenen çok sayıda avcı böcek türü de bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada verilen bilgilere göre, *Nabisferus*'un ömrü boyunca 450-600 aphid'i tükettiğini ve *Nabis pseudoferus*'in Güney Anadolu pamuklarında zarara neden olan Noctuidae (Lep.) familyasına bağlı türler üzerinde etkili olduğu ve pamuk üretim alanlarında faaliyetlerinin oldukça önemli olduğunu bildirilmiştir [5]. Diyarbakır ili Bismil ilçesinde predatör türler olarak; *Nabis pseudoferus*, *Nabisrugosus* L., *Geocoris pallidipennis* (Costa, 1843) (Hemiptera: Geocoridae), *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) (Neuroptera: Chrysopidae) türleri belirlenmiştir [6]. Yine bölgede yapılan üç ayrı çalışmada; pamuk ekiliş alanlarında yaygın olarak *C. carnea*, *Orius* spp. (Hemiptera: Anthocoridae), *Nabis* spp.(Hemiptera: Nabidae), *Deraeocoris* spp.(Hemiptera: Miridae), *Geocoris* spp. (Hemiptera: Geocoridae), *Campylomma divesicornis* Reuter, 1878 (Hemiptera: Miridae) ve *Aelothrips collaris* Priesner, 1919 (Thysanoptera: Aeolothripidae) gibi predatör türlerin bulunduğu görülmüştür [7,8,9].

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin illeri pamuk üretim alanlarında 2021 ve 2022 yıllarında yürütülen bu çalışma ile bölgemizde biyolojik mücadele açısından önemli bir doğal düşman olan *Nabis* türlerinin belirlenmesi, bunların içerisinde önemli türün ortaya çıkarılması ve biyolojik mücadele çalışmalarına teşkil edecek temel verilerin elde edilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Çalışmanın ana materyali pamuk ekim alanlarında bulunan *Nabis* türleri ile D-Vac ve diğer laboratuvar araç gereçlerinden oluşmuştur.

2.2 Örneklemeye Metodu

Çalışma 2021 ve 2022 yıllarında pamuk ekiminin yapıldığı 15 Nisan-15 Mayıs tarihinden sonra bitkinin temel gelişme dönemiyle pamuk hasadının yapıldığı Ekim ayında yürütülmüştür. Şanlıurfa İli Haliliye, Eyyubiye, Akçakale, Siverek, Hilvan, Harran ve Viranşehir ilçeleri, Diyarbakır ili Çınar, Bismil, Ergani, Sur ve Yenişehir ilçeleri ve Mardin İli Derik ve Kızıltepe ilçelerinde pamuk ekim alanlarında bölgeyi temsil edecek şekilde D-Vac ile örneklemeye yapılmıştır. Surveyler 2 haftalık periyotlar şeklinde yürütülmüştür. Çalışmada yer alan illerin TÜİK 2020-2021 yılı pamuk üretim alan verilerinin %0.1'den az olmamak kaydıyla alanda örneklemeye yapılmıştır [10]. Çalışmalara pamuk bitkisinin temel gelişme dönemi ile birlikte başlanıp, pamuk hasadına kadar belirtilen lokasyonlarda 2 haftada bir survey şeklinde yapılmıştır. Yapılan bu surveylerde pamuk üretim alanını temsil edecek şekilde tarlanın 20–25 m içerisinden ve tarlanın köşegenler doğrultusunda başlamak suretiyle, 3 farklı

noktadan aynı sıra üzeri yürüyerek 2'şer dakika boyunca D-Vac ile çekim yapılmıştır. D-Vac'ta her örnekleme için 30 cm genişlik ve 45 cm uzunlukta ağzı lastikli bir tül torba kullanılmıştır. Örnekler bu tül torba içinde etiket bilgileri ile birlikte alınmıştır. Alınan örneklerdeki *Nabis* türleri ağız aspiratörü ile alınıp plastik bir kap içerisinde ölmeleri için dondurucuya alınmıştır. Daha sonra buradan alınan bireyler etiketlenerek teşhise hazır hale getirilmiş ve tür teşhisleri için konu uzmanına gönderilmiştir. Ayrıca çalışmada elde edilen bireyler içerisinde önemli türün belirlenmesi, türlerin bulunma oranlarının toplanan ergin bireylere oranlanması ile belirlenmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışmada Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin illeri pamuk ekim alanlarında bölgeyi temsil edecek şekilde 2021 ve 2022 yıllarında yapılan surveylere ilişkin bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin İlleri Pamuk Ekim Alanlarında 2021 ve 2022 Yıllarında Yapılan Örnekleme Alan (da) ve Sayıları (adet)

İl	İlçe	2021 Yılı			2022 Yılı		
		Ünite Alanı	Örnekleme Alanı	Örnekleme Sayısı	Ünite Alanı	Örnekleme Alanı	Örnekleme Sayısı
Şanlıurfa	Haliliye	615	375	14	917	439	11
	Siverek	1130	250	5	1470	600	8
	Akçakale	180	180	21	268	188	9
	Harran				571	291	5
	Eyyübiye	340	240	6	1216	522	11
	Hilvan	1550	675	14	255	190	4
	Viranşehir	123	50	1			
Diyarbakır	Çınar	3495	1700	48	3600	1810	34
	Ergani	135	75	3	910	360	6
	Bismil	2045	580	20	330	160	8
	Yenişehir	180	80	2	40	40	1
	Sur	555	250	5	205	130	3
Mardin	Derik	1295	760	16	1895	1155	22
	Kızıltepe	3075	900	23	1925	915	13

Çalışmanın yürütüldüğü 2021 yılında; Şanlıurfa İlinde en fazla örnekleme 21 adet ile Akçakale ilçesinde yapılırken, en az örnekleme 1 adet ile Viranşehir ilçesinde yapılmıştır. Diyarbakır ilinde en fazla örnekleme 48 adet ile Çınar ilçesinde, en az ise 2 adet ile Yenişehir ilçesi pamuk ekim alanlarında yapılmıştır. Mardin ilinde ise en fazla örnekleme 23 adet olarak Kızıltepe'de en az ise 16 adet olarak Derik ilçesinde yapılmıştır.

2022 yılında yürütülen çalışmalarda; Şanlıurfa İlinde en fazla örnekleme 11 adet ile Haliliye ve Eyyübiye ilçelerinde yapılırken, en az örnekleme ise 4 adet olarak Hilvan ilçesinde yapılmıştır. Diyarbakır ilinde en fazla örnekleme 34 adet ile yine Çınar ilçesinde olurken, en az örnekleme ise 1 adet ile Yenişehir ilçesinde yapılmıştır. Mardin ilinde en fazla örnekleme 22 adet ile Derik ilçesinde ve en az örnekleme 13 adet olmak üzere Kızıltepe ilçesinde yapılmıştır.

Yapılan bu surveylerde elde edilen *Nabis* bireylerinin teşhis sonuçlarına göre; 2021 yılında önemli türün belirlenmesinde türlerin bulunma oranlarının toplanan ergin bireylere oranlanması ile Hemiptera takımına bağlı Nabidae familyasının *Nabis* cinsine ait *N. pseudoferus orientarius*'un %75 oranında, *N. punctatus*'un %20 oranında ve *N. ferus* türünün ise %5 oranında olduğu belirlenmiştir. 2022 yılında bu oran *N. pseudoferus* için %70, *N. punctatus*'un %20 oranında ve *N. ferus* türünün ise %10 olduğu görülmüştür. Çalışmanın yürütüldüğü ilçelerde tespit edilen Nabidae familyasına bağlı bu türlerin yüzde oranları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin İlleri Pamuk Ekim Alanlarında 2021 ve 2022 Yıllarında Bulunan Nabidae Familyası Türleri Yüzde Oranları

İl	İlçe	2021 Yılı			2022 Yılı		
		<i>Nabis pseudoferus</i>	<i>Nabis punctatus</i>	<i>Nabis ferus</i>	<i>Nabis pseudoferus</i>	<i>Nabis punctatus</i>	<i>Nabis ferus</i>
Şanlıurfa	Haliliye	15	9.25	-	-	-	-
	Siverek	-	-	-	-	-	-
	Akçakale	12	7	-	-	-	6
	Harran	-	-	-	-	-	-
	Eyyübiye	-	-	-	-	-	-
	Hilvan	4.5	-	-	-	-	-
	Viranşehir	-	-	-	-	-	-
Diyarbakır	Çınar	21	5.5	2	31.5	12	-
	Ergani	-	-	-	4.5	-	-
	Bismil	3	-	-	6	-	-
	Yenişehir	-	-	-	-	-	-
	Sur	13.5	3.25	3	25	8	-
Mardin	Derik	6	-	-	3	-	4
	Kızıltepe	-	-	-	-	-	-

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde pamuk üretiminin yoğun yapıldığı Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin İlleri ilçelerinde 2021 ve 2022 yıllarında gerçekleştirilen surveylerde *N. pseudoferus*'un en yaygın tür olduğu ve bunu *N. punctatus*'un takip ettiğini, *N. ferus*'un ise bunlara göre en az görülen tür olduğu belirlenmiştir.

Pamuk üretim alanlarında yapılan çalışmalara baktığımızda, Şırnak ili Cizre ve Silopi ilçelerinde pamuk ekim alanlarında *N. pseudoferus* türü tespit edilmiştir [11]. Yapılan başka bir

çalışmada ise Diyarbakır, Mardin ve Elazığ illerinde Nabidae familyasına ait *N. pseudoferus orientarius* türü tespit edilmiştir [12]. Pamuk ekim alanlarında yapılan bu çalışmalarda *N. pseudoferus* türü ön plana çıkarken 2021 ve 2022 yıllarında pamuk ekim alanlarında yürütmüş olduğumuz bu çalışmada da en yoğun tür olarak *N. pseudoferus* türünün olduğu görülmüştür.

Ülkemizde pamuk üretiminin yapıldığı başka bir alan olan Amik Ovası'nda Pembekurt, *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1844) (Lepidoptera: Gelechiidae)'un doğal düşmanı olarak *N. pseudoferus* ve *N. rugosus* türleri tespit edilmiştir [13]. Türkiye'nin farklı yerlerinden yürütülen diğer çalışmalarda ise Nabidae familyasına bağlı olarak *N. ferus*, *N. pseudoferus*, *N. pseudoferus orientarius* ve *N. punctatus* türleri tespit edilmiş olup, *N. pseudoferus*'un en yoğun ve yaygın tür olduğu bildirilmiştir [14]. Türler üzerine yapılan diğer bir çalışmada ise *N. rugosus*, *N. capsiformis*, *N. ferus*, *N. pseudoferus* ve *N. punctatus* türleri verilmiş. Nabidae familyasına bağlı cins ve türlerin teşhis anahtarları, sinonimleri ve genel özellikleri ile birlikte *N. pseudoferus*, *N. punctatus* ve *N. ferus*'un yapılan değerlendirme sonuçlarına göre ülkemizde en yaygın türler olduğu bildirilmiştir [15]. Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin İlleri pamuk alanlarında 2021 ve 2022 yıllarında yürüttüğümüz bu çalışmada, benzer şekilde *N. pseudoferus orientarius*, *N. punctatus* ve *N. ferus* türleri görülmüştür.

4. SONUÇLAR

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Şanlıurfa İli Haliliye, Eyyubiye, Akçakale, Siverek, Hilvan, Harran ve Viranşehir ilçeleri, Diyarbakır ili Çınar, Bismil, Ergani, Sur ve Yenişehir ilçeleri ve Mardin İli Derik ve Kızıltepe ilçelerinde 2021 ve 2022 yıllarında yürütülen bu çalışma ile önemli türün belirlenmesinde, türlerin bulunma oranları, toplanan ergin bireylere oranlanması ile 2021 yılında %75 oranında *N. pseudoferus orientarius*, %20 oranında *N. punctatus* ve %5 oranında ise *N. ferus*, 2022 yılında ise *N. pseudoferus* %70, *N. punctatus*'un %20 ve *N. ferus* türünün ise %10 olarak tespit edilmiştir.

Çalışmanın yürütüldüğü 2021 yılında en fazla örnekleme Diyarbakır ilinde 48 adet ile Çınar ilçesinde, Şanlıurfa İlinde 21 adet ile Akçakale ilçesinde ve Mardin ilinde ise 23 adet olarak Kızıltepe ilçesinde yapılmıştır. 2022 yılında yürütülen çalışmalarda en fazla örnekleme ise Diyarbakır ilinde 34 adet ile yine Çınar ilçesinde, Şanlıurfa İlinde 11 adet ile Haliliye ve Eyyübiye ilçelerinde ve Mardin ilinde ise 22 adet olmak üzere Derik ilçesinde pamuk ekim alanlarında yapılmıştır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde pamuk üretiminin en yoğun yapıldığı Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin İllerinde 2021 ve 2022 yıllarında gerçekleştirilen surveylerde *N. pseudoferus*'un en yaygın tür olduğu ve bunu *N. punctatus*'un takip ettiğini, *N. ferus*'un ise bunlara göre en az görülen tür olduğu belirlenmiştir.

Pamuk ekim alanlarında bulunan birçok zararlı tür üzerinde avcı bir böcek olan Nabidler biyolojik mücadele açısından önemli türlerdir. Pamuk ekim alanlarında zararlılar ile mücadelede çok sayıda kimyasal preparatın kullanılması ve bunların uygulama sayılarının fazla olması hedef olmayan faydalı organizmalar üzerinde dolaylı ve dolaysız olumsuz etkiler bırakmaktadır. Birçok zararlı üzerinde beslenebilen *Nabis* türlerinin korunması, yaygınlığı ve popülasyonlarının artırılması için doğal düşman varlığı göz önünde bulundurularak gereksiz pestisit kullanımından kaçınılması, daha spesifik preparatların tercih edilmesi biyolojik mücadeleye katkı sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, “Diyarbakır, Mardin ve Şanlıurfa İlleri Pamuk Üretim Alanlarında *Nabis* Türleri Hemiptera: Nabidae) ile Önemli Türün Laboratuvar Koşullarında Biyolojik Özelliklerinin ve Bazı İnsektisitlerin Yan Etkilerinin Belirlenmesi” adlı doktora tezinin bir bölümü olup, Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü’nce (Proje Numarası: TAGEM/BSAD/A/21/A2/P5/5417, 2021) desteklediği için teşekkür ederiz. Tür teşhisleri çalışmalarını yapan Dr. Gülten YAZICI (Ankara Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara)’ya teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Muhlis SEZGİN: İlgili beyanların doğruluğundan, kavramsallaştırma, yazma-orijinal taslak hazırlama, gözden geçirme ve düzenleme, görselleştirme, veri toplama, verinin düzenlenmesi, inceleme ve proje yönetiminden sorumludur. Selime ÖLMEZ BAYHAN: Kavramsallaştırma, taslak hazırlama, gözden geçirme ve düzenleme, görselleştirme, inceleme ve proje yönetiminden sorumludur.

KAYNAKLAR

- [1] Anonim, “Ticaret Bakanlığı Esnaf, Sanatkârlar ve Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü 2018 Yılı Pamuk Raporu 2009”, Erişim Tarihi: 20 Aralık 2022.
- [2] Anonim, “Türkiye İstatistik Kurumu 2020 ve 2021 Yılı Bitkisel Üretim Verileri”, Erişim Tarihi: 20 Aralık 2022.
- [3] Damsel Bugs Beneficials Ontario Crop IPM (2020). Erişim Tarihi: 03.09.2022. [Online]. <http://www.omafra.gov.on.ca/IPM/english/beneficials/gallery/damsel-bugs.html>
- [4] Anonim, “Pamuk Entegre Mücadele Teknik Talimatı, Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı.” Erişim Tarihi: 20.04.2022.
- [5] F. Önder, N. Lodos, “Türkiye’de bulunan predatör Heteroptera türleri üzerine genel bir değerlendirme”. *Türk. Entomol. Derg.*, vol. 11, no. 2, s. 117-125, 1987.
- [6] M. A. Göven, L. Efil, “Dicle vadisi pamuk alanlarında zararlı Yeşilkurt (*Heliothis armigera* Hübn.) (Lepidoptera: Noctuidae)’un doğal düşmanları ve etkinlikleri üzerinde araştırmalar”. Türkiye 3. Biyolojik Mücadele Kongresi, 25-28 Ocak 1994, İzmir, s.449-457
- [7] M. Büyük, S. Eren, B. Baran, A. Demir, “GAP Bölgesi pamuk üretiminde mevcut zirai mücadele sorunları ve çözüm önerileri”. Türkiye V. Pamuk, Tekstil ve Konfeksiyon Sempozyumu Bildirileri. 28-29 Nisan 2002, Diyarbakır, s.177-185
- [8] A. Özpinar, A. Yücel, “Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) alanındaki pamuklarda zararlı ve avcı böceklerin belirlenmesi”. Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi, 4-7 Eylül 2002, Erzurum, s. 247-255.
- [9] E. Bayhan, S. Ö. Bayhan, “Güneydoğu Anadolu Bölgesi Pamuk Alanlarındaki Faydalı Böcekler”. Mas International European Congress on Mathematics, Engineering, Natural and Medical Sciences-II. 21-23 Aralık 2018, Mardin, pp. 79-84.
- [10] T. Bora, İ. Karaca, “*Kültür bitkilerinde hastalığın ve zararın Ölçülmesi.*” Ege Üniversitesi Yardımcı Ders Kitabı, Yayın No: 167, E.Ü. Mat., Bornova-İzmir, s. 8, 1960.
- [11] T. Ayaz, F. Can, “Şırnak ili pamuk ekim alanlarında bulunan zararlı lepidoptera türleri, popülasyon yoğunlukları ve avcıları üzerinde araştırmalar”. *MKU. Tar. Bil. Derg.*, vol. 26, no. 3, s. 516-532, 2021, DOI: 10.37908/mkutbd.885475
- [12] H. Maral, M.R. Ulusoy, H. Bolu, “Diyarbakır, Mardin ve Elazığ illerinde tarım ve tarım dışı alanlardaki ağaçlarda bulunan Tingidae (Hemiptera) türlerinin doğal düşmanları”. *Türk. Biyo. Mücadele Derg.*, vol. 11, no. 1, s. 7-21, 2020.
- [13] C. Mart, “Amik Ovası'nda Pamuk Alanlarında Zararlı Pembekurt, *Pectinophora gossypiella* (SAUND.) (Lepidoptera: Gelechiidae) 'Un Doğal Düşmanları, Konukçuları ve Kışlama Durumu’”. *Kahramanmaraş Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt 4, Sayı 2, 2001.
- [14] E. Yıldırım, G. Yazıcı, R. Kul, P. Moulet, “Contribution to the Knowledge of the Anthocoridae, Lyctocoridae, Nabidae, Reduviidae and Tingidae (Hemiptera, Heteroptera) Fauna of Turkey”. *J. Entomol. Res. Soc.*, vol. 15, no. 3, s. 53-66, 2013.
- [15] H. Erbay, “Türkiye Nabidae (heteroptera) faunası üzerinde sistematik çalışmalar”. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki koruma, İzmir, 1986.



Araştırma Makalesi / Research Article

Kültür Nohut (*Cicer arietinum*) ve Yabani Nohut (*C. reticulatum*) Melezlerinin İleri Jenerasyonlarında Bazı Tohum Kabuk Özelliklerinin Tanımlanması

*Identification of Some Seed Coat Traits in Advanced Generations of Cultured Chickpea (*Cicer arietinum*) and Wild Chickpea (*C. reticulatum*) Hybrids*

Leyla TURAN ^{1,*}, Behiye Tuba BİÇER ²

¹ Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 21280, Diyarbakır, Türkiye

² Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye.

<https://doi.org/10.55007/dufed.1282743>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 13 Nisan 2023

Revize, 30 Nisan 2023

Kabul, 03 Mayıs 2023

Online Yayınlama, 06 Haziran 2023

Anahtar Kelimeler

Nohut, *Cicer arietinum*, *Cicer reticulatum*, Tohum şekli, Tohum kabuk yüzeyi, Tohum rengi.

ARTICLE INFO

Article History

Received, 13 April 2023

Revised, 30 April 2023

Accepted, 03 May 2023

Available Online, 06 June 2023

Keywords

Chickpea, *Cicer arietinum*, *Cicer reticulatum*, Seed shape, Seed shell surface, Seed color

ÖZ

Bu çalışma Gökçe kültür nohutu ile bazı yabani nohut genotiplerinden elde edilen ileri jenerasyon melez hatların tohum kabuk özelliklerinin tanımlanması amacıyla 2021-2022 yetiştirme sezonunda Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri araştırma alanında yürütülmüştür. Çalışmada Gökçe × *Cicer reticulatum* melezinden elde edilen F7-8 jenerasyonlarındaki (Gökçe × Cudi_152 (85 hat), Gökçe × Egil_073 (82 hat), Gökçe × Sirna_060 (84 hat) ve Gökçe × Savur_063 (34 hat)) popülasyonlar kullanılmıştır. Deneme Augmented desende 2 tekrarlamalı olarak, sıra uzunluğu 0,5 m ve sıra arası mesafe 50 cm olan parsellerden oluşmuştur. Çalışmada tohum kabuğu rengi, tohum şekli, tohum kabuk yüzeyi ve tohum kabuğu üzerinde renk ve şekil oluşumları özellikleri tanımlanmıştır. F7-F8 kuşaklarındaki melez hatlarda tohum kabuk rengi siyahtan açık kremeye kadar değişmiş kahverengi ve tonları ağırlıklı renkler olmuştur. Hatlara ait tohum şekilleri tüm popülasyonlarda yüksek oranda bezelyemsi tiptedir. Tohum kabuğunun yüzeyinde ve embriyoda değişik renklenmeler belirlenmiş bunlar dantel şekli, leopar desen, kemik görümlü tohum kabuk yüzeyleri olarak tanımlanmıştır.

ABSTRACT

This study was conducted in the Dicle University Faculty of Agriculture research area during the 2021-2022 growing season to determine the seed coat properties of advanced generation hybrid lines derived from Gökçe x wild chickpea genotypes. In the study, chickpea populations in F7-8 generations obtained from Gökçe × *Cicer reticulatum* hybrids (Gökçe × Cudi_152 (85 lines) Gökçe × Egil_073 (82 lines), Gökçe × Sirna_060 (84

*Sorumlu Yazar

E-posta Adresleri: leylatrn8@gmail.com (Leyla TURAN), tbicer@dicle.edu.tr (Behiye Tuba BİÇER)

lines) and Gökçe × Savur_063 (34 lines) were used. Experiment were in augmented design with 2 replications, and plots consist of 0,5 m length, one row and row spacing 50 cm. In the study, the seed coat color, seed shape, seed coat surface and color and shape formation on the seed coat were defined. In the hybrid lines in the F7 F8 generations, the color of the seed coat changed from black to light cream, and the colors were predominantly brown and its tones. In all populations, the seed shapes of the lines were pea-like. Different colorations were determined on the surface of the seed coat and in the embryo, and these were defined as lace shape, leopard pattern, bone-like seed coat surfaces.

1. GİRİŞ

Nohut (*Cice rarietinum L.*), Fabaceae familyasına aittir. *Cicer L.* cinsi, 40 yabani uzun ömürlü, 8 yabani yıllık ve bir yıllık ekili tür içeren 49 taksondan oluşmaktadır [1]. Nohut, alan (17,5 milyon hektar) ve üretim (15,1 milyon ton) bakımından fasulyeden sonra dünyanın en önemli ikinci baklagilidir [2]. 10.000–12.000 yıl önce Bereketli Hilal'de tarım evriminin bir parçası olarak diğer bitkilerle birlikte kültüre alınmıştır [3]. Nohutun menşei Türkiye ve Suriye'dir [4] ve nohutun atası olan *C. Reticulatum Ladiz.* Türkiye'nin Güneyi ve Doğusuna endemik bir türdür [5]. Dünyanın başlıca nohut üreten ülkeleri Hindistan, Avustralya, Türkiye, Pakistan ve İran'dır. Avrupa'da, nohut İspanyol ve Portekizli gezginler tarafından yayılmıştır [6]. Bugün nohut, Güney Asya, Batı Asya, Kuzey ve Doğu Afrika, Güney Avrupa, Kuzey ve Güney Amerika ve Avustralya dâhil olmak üzere dünyanın 33'ten fazla ülkesinde yetiştirilmektedir [7].

Nohut yabani türler bakımından zengin bir genetik havuza sahiptir ve kültürü yapılan türlerle melezlenebilirlik durumuna göre üç gen havuzuna ayrılmaktadır. Birincil gen havuzu türleri *C. arietinum L.* ve *C. reticulatum*, ikincil gen havuzu *C. echinospermum* ve üçüncül gen havuzu türleri *C. bijugum*, *C. judaicum*, *C. pinnatifidum* ve diğer *Cicer* türleridir. [8].

Türler arası melezleme ilk defa Ladizinsky ve Adler [4] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada *C. reticulatum* ve *C. echinospermum*'da başarı sağlanmış, diğer türlerde melezleme başarılı olmamıştır. Bu ilk türler arası melezlemeden sonra *C. arietinum* × *C. reticulatum* melezlenmiştir. *C. arietinum* × *C. reticulatum* yapılan melezler fertil döl verebilirken *C. arietinum* × *C. echinospermum* kısmen kısırılık sorunu ile karşılaşmış ve F2'de kısırılık oranı daha da artmıştır [4].

Cicer reticulatum ilk olarak Ladizinsky [9] tarafından Dereçi, Savur, Mardin, Türkiye'de keşfedilmiş ve Türkiye'nin doğu ve güneydoğusuna endemiktir [5]. Kültür nohutuna yakın olan *Cicer reticulatum* 2n=16 kromozom sayısına sahip olup kendi kendine döllenebilen yabani nohut türüdür. Bu türün çiçek rengi mor, yaprakları normal (bileşik) olup yaprakçıklar küçük, baklada tane sayısı 1-4 adet ve tane rengi kahverengi, siyahımsı kahverengi ve yeşilimsi kahverengidir [10,11]. Bu türün

büyüme şekli sürünücü, yatık ve yarı-yatık olup tohum kabuğu ağsı (*reticulate*) yapıdadır ayrıca soğuklama ihtiyacı vardır [12,13].

Dünya gen bankaları, *C. reticulatum* ve *C. echinospermum*'un zayıf bir germplazm koleksiyonuna sahiptir. *C. reticulatum* 18 ve *C. echinospermum*'un 10 orijinal aksesiyonu vardır [14]. Dahası, bunlardan bazıları dünyanın önemli gen bankalarında yanlış etiketlenmiş kopyalar gibi görünmektedir [15]. Son zamanlarda nohutun yeni toplamalarıyla *C. reticulatum* ve *C. echinospermum*'un aksesiyon sayısı *C. reticulatum*'da 513'e ve *C. echinospermum*'da 169'a yükseltilmiştir. Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da (Türkiye) bir toplama görevi sırasında, *C. turcicum* Toker, Berger & Göktürk olarak önerilen yeni bir *Cicer* türü keşfedilmiştir. Bu türün Güneydoğu Anadolu'ya endemik olduğu ve bugüne kadar bilinen tek yıllık nohut türlerinden uzakta yalnızca tek bir popülasyonda yer aldığı bildirilmiştir [16].

Yabani tür *C. reticulatum*, kültürü yapılan nohutun (*C. arietinum* L.) yabani atası olarak kabul edilmektedir. Diğer kültürü yapılan nohutlardan farklı olarak, nohutun yabani atasının dar bir dağılıma sahip olduğu ve kültüre alma sırasında bir dizi evrimsel darboğazın, kültürü yapılan nohut çeşitleri arasında dar bir genetik temele yol açtığı bildirilmektedir.

Kültür nohutlarının tohum şekilleri genellikle bir koçun (Koç) kafasına benzer, bu nedenle "*arietinum*" adı verilirken, karakteristik bir gagaya sahip küresel kuşbaşı veya yarı küresel bezelyemsi gibi başka şekilleri de mevcuttur. Tohum kabuğunun yüzeyi pürüzsüz veya yumrulu (*tuberculate*) olabilmektedir. Endosperm yoktur. Tohum büyüklüğü ve rengi çeşit karakteridir ve çevre koşullarından, özellikle nem ve sıcaklıktan yüksek derecede etkilenmektedir. Tohum büyüklüğüne ve rengine göre iki tür kültür nohutu vardır. Bunlar Desi ve Kabuli tiplerdir. Desi tipinde tohumlar genellikle küçük, tohum kabuğu kalın ve tohum rengi krem, sarı, kahverengi, siyah ve yeşil gibi değişik renklerde olabilmektedir. Kabuli tipinde tohumlar genellikle büyük (yaklaşık 0,3-0,5 g/tohum) ila ekstra büyüktür (tohum başına 0,5 g'dan fazla). Tohum kabuğu ince ve renkleri çoğunlukla krem veya bej olup, nadiren beyaz renkte görülür. [17].

Son zamanlarda yapılan ıslah çalışmalarında genetik kaynakların kullanımı oldukça yaygın hale gelmiştir. Bu çalışmada kültüre alınmış nohutun atası olarak kabul edilen *Cicer reticulatum*'un genotipleri kullanılmıştır. Daha önce *C. arietinum* × *C. reticulatum* melezlemesi yapılan ve ileri jenerasyonlara ulaşan çeşit adaylarının karakterizasyonu amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

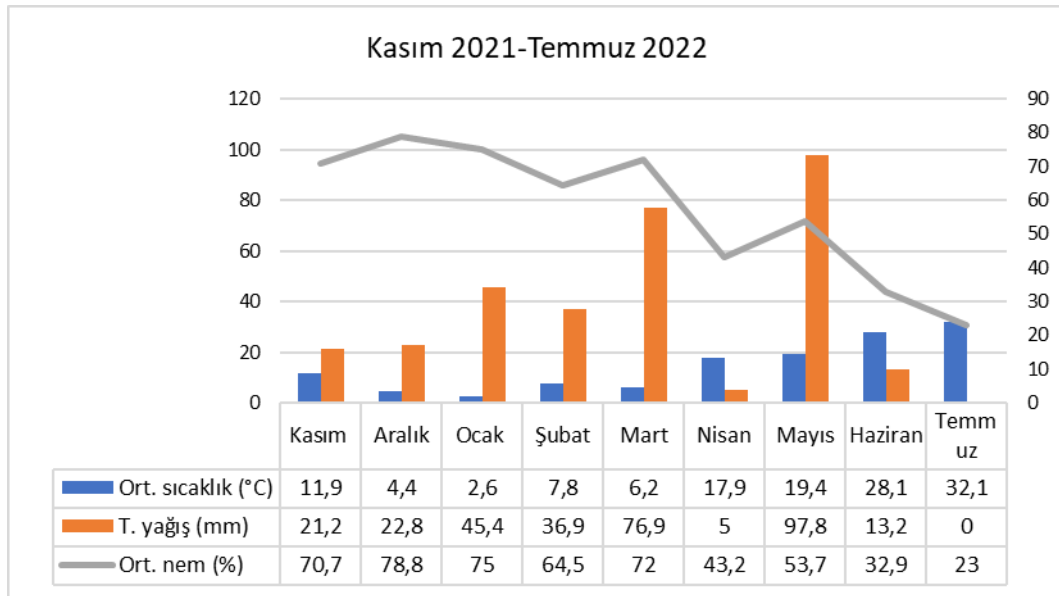
2.1 Materyal

Bu çalışma 2021-2022 üretim sezonunda Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında yürütülmüştür. Deneme alanı koordinatları 37°88'81" K. ve 40° 27' 9" D. arasındadır.

Denemede *Cicer arietinum* türlerinde kabulü tane tipinde Gökçe ve Azkan çeşitleri ile Gökçe × *Cicer reticulaum* melezlerinden elde edilen F7-8 jenerasyonlarında 4 popülasyon Gökçe × Cudi_152 (85 adet hat), Gökçe × Egil_073 (81 adet hat), Gökçe × Sirna_060 (83 adet hat) ve Gökçe x Savur_063 (34 adet hat) kullanılmıştır. Gökçe çeşidinin taneleri koçbaşı tipinde ve krem, tüysüz, çiçek rengi beyaz, bitki rengi yeşildir. Popülasyonlar, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Yemelik Tane Baklagil ıslah programlarından, Doç. Dr. Abdullah KAHRAMAN' dan temin edilmiştir.

2.2 Araştırma Yerinin İklim Özellikleri

Denemenin yürütüldüğü 2021 ve 2022 yılı Diyarbakır iline ait aylık toplam yağış, sıcaklık ve nem ortalamaları Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. Diyarbakır ili 2021-2022 iklim verileri

Denemenin yürütüldüğü Kasım – Temmuz ayları arasında iklim değerleri incelendiğinde; tohum ekiminin yapıldığı Kasım ayında ortalama sıcaklığın 11,2 °C ve toplam yağışın 21,2 mm olduğu görülmektedir. Bitki gelişiminin aktif olduğu Mart- Mayıs aylarında Mart ayının soğuk (6,2 °C) ve

yağışlı (76,9 mm), Nisan ayının sıcak (17,9 °C) ve kurak (5,0 mm) ve Mayıs ayının yağışlı (97,8 °C) geçtiği görülmektedir.

2.3 Metot

Deneme Augmented desende 2 tekerrürlü olarak, sıra arası mesafe 50 cm olan parsellere 0,5 m uzunluğunda, 1 sıra olarak ve her sırada 5 tohum olacak şekilde 18 Kasım 2021 tarihinde elle ekilmiştir. Denemede gübreleme ve sulama uygulamaları yapılmamıştır. Yabancı ot mücadelesi için ekim sonrası çıkış öncesi kimyasal olarak mücadele, büyüme ve gelişmenin ileri aşamalarında el ile mücadele yapılmıştır.

Denemede tohum rengi; siyah renkten açık krem renge kadar (skala değeri 1-17) Serrano *et al.* [18]'na göre gözlenmiştir.

Siyah (1)	Kırmızı kahve (2)	Koyu kahve (3)	Kahve (4)	Sarı kahve (5)
Sütlü kahve (6)	Açık kahve (7)	Gri (8)	Koyu sarı (9)	Sarı (10)
Açık sarı (11)	Krem (12)	Kirli krem (13)	Bej (14)	Yeşil (15)
Yeşil kahve (16)	Açık Yeşil (17)			

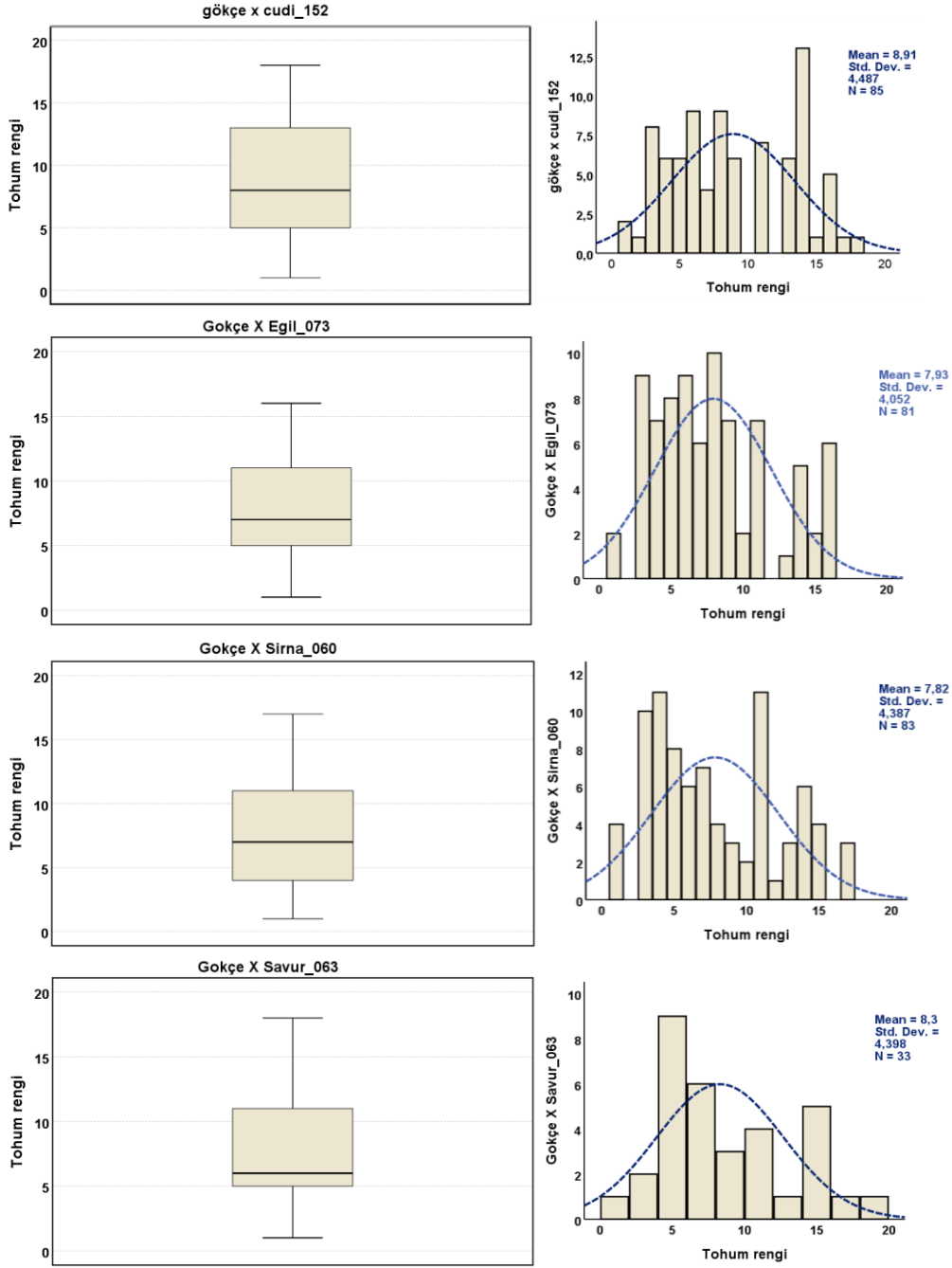
Tohum şekli; kuşbaşı, köşeli ve bezelyemsi (skala değeri 1-3) olarak Wood *et al.* [19]'na göre incelenmiştir. Kabukta tüylenme; tüsüzden çok fazla tüylüye kadar (skala değeri: 1-5) Biçer ve Anlarsal [20]'a göre incelenmiştir. Tohum kabuğu üzerinde renk ve şekil oluşmaları Wood *et al.* [19]'na göre incelenmiştir. Tohum kabuğu ile karakterler sıradaki bitkilerin tüm tohumlarında iki gözlemci tarafından görsel olarak değerlendirilmiştir.

Veriler SPSS paket programında basit istatistiksel analize tabi tutularak frekans analizi yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Gökçe × *Cicer reticulaum* melezlerinden elde edilen F7-8 jenerasyonlarında Gökçe × Cudi_152, Gökçe × Eğil_073, Gökçe × Sirna_060 ve Gökçe × Savur_063 popülasyonlarına ait tohum rengi, tohum şekli ve tohum kabuk yüzeyi karakterleri incelenmiştir.

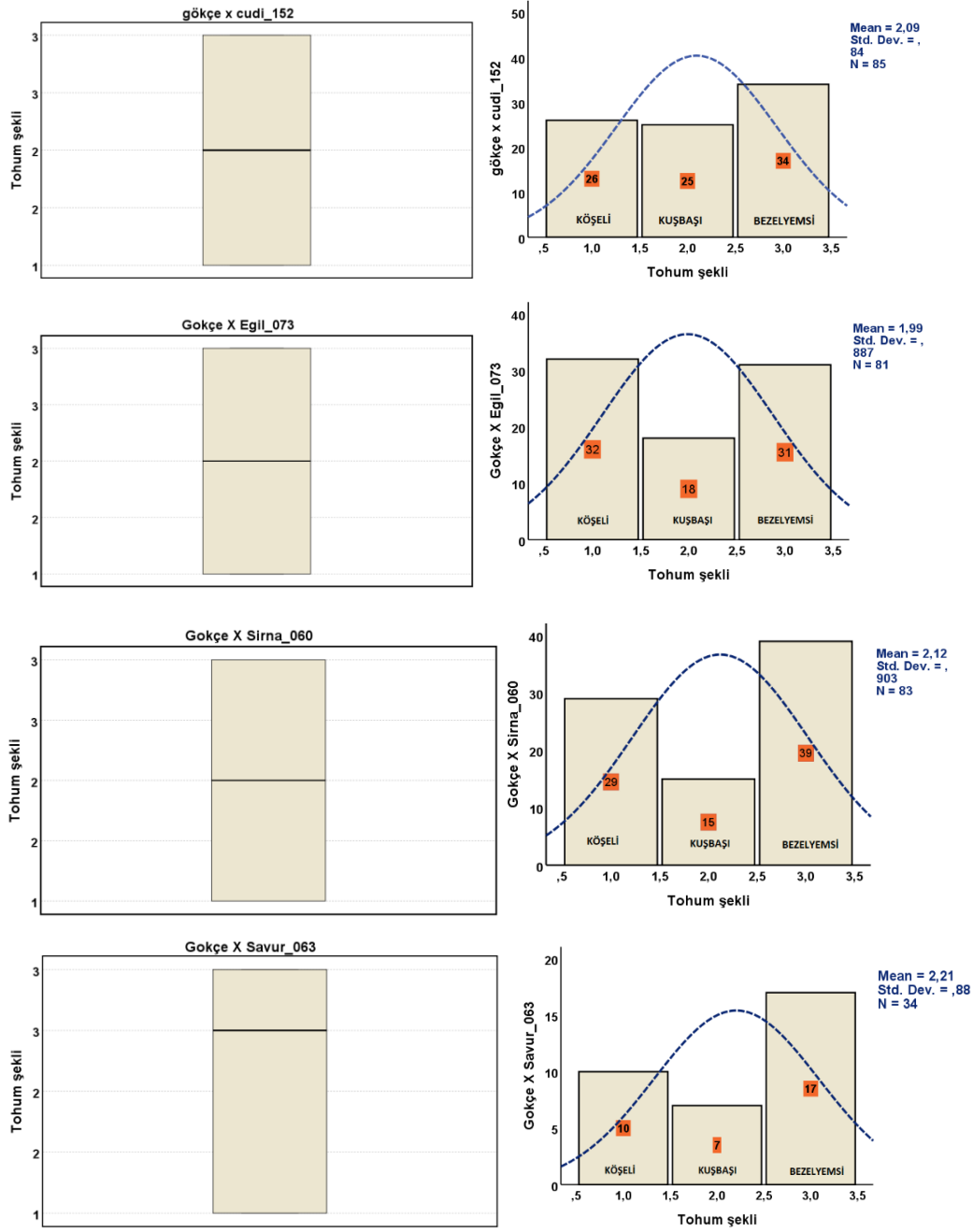
Popülasyonlarda tohum kabuk rengi; kahverengi tonları, siyah tonları, krem sarı tonları ve yeşil tonları [18,19] olarak (skala değeri:1-17) sınıflandırılmıştır. Popülasyonlar genelinde en yüksek kahverengi ve tonları, en düşük yeşil ve tonlarına rastlanmıştır. Gökçe × Cudi2_152 popülasyonunda 85 hat arasında 16 farklı renk gözlenmiştir. Kahverengi ve tonları (%55,55), krem-sarı tonları (%30,0), siyah ve tonları (%7,77) ile yeşil ve tonları (%6,66) olarak sıralanmıştır. Gökçe × Eğil_073 popülasyonunda 81 hat arasında 49 hat ile kahverengi ve tonları hâkim olup (%60,49) bunlar kırmızı-kahve renginden açık kahve rengine kadar değişmiş ayrıca 9 hatta siyah ve tonları (siyah ve koyu gri) gözlemlenmiştir. Gökçe × Sirna_060 popülasyonunda 73 hat arasında kahverengi ve tonları (39 hat), krem-sarı ve tonları (27 hat) ve siyahtan açık gri renge doğru değişen siyah ve tonları (7 hat) belirlenmiştir. Gökçe × Savur_063 popülasyonunda 33 hat arasında kahverengi ve tonları (18 hat: %54,54), yeşil ve tonları (koyu-açık yeşil) (2 hat), siyah ve tonları (3 hat) ve krem-sarı ve tonları (10 hat %30,30) gözlemlenmiştir (Şekil 2). Renk karmaşık bir özellik olduğu için oldukça doğru, nesnel ve kantitatif bir renk ölçümü içermesi gerekmektedir. Renk değerlendirme kriterlerinin sınırları belirsiz olduğundan burada göz yanılgıları olabilmektedir. Bu nedenlebu çalışmada renk skalası genişletilerek değerlendirme yapılmıştır. F7-F8 kuşaklarındaki bu hatlarda askın olarak koyu renkte tohum rengi belirlenmiştir. Anaç olarak kullanılan Gökçe çeşidinin tohum rengi krem ve tohum şekli koçbaşı, yabancı tür olan *Cicer reticulatum* ise tohum rengi kahve-siyah-gri ve bunların değişen tonları ile kırışık tohum şekli görülmektedir. Anaçlardan biri Gökçe çeşidi olmasına rağmen tane renklerinin tüm popülasyonlarda siyah renkten krem renge doğru azalan sayıları saptanmıştır. Bizim çalışmamızda yüksek oranda kahverengi ve tonları saptanmış bu durum Meena *et al.* [21]'nin beş ebeveyn ve dokuz farklı melezi incelediği ve kahverengi tohum kabuğunun diğer tüm renkler üzerinde baskın olduğunu bildiren sonuçları ile benzer bulunmuştur. Yine Meena *et al.* [21] bu karakterin üç ana lokus, Hossain *et al.* [22]'da birkaç minor gen ile iki ana lokus tarafından kontrol edildiğini bildirmişlerdir.



Şekil 2. Gökçe × Cudi_152, Gökçe × Egil_073, Gökçe × Sirna_060 ve Gökçe × Savur_063 popülasyonlarına ait tohum renkleri

Popülasyonlarda tohum şekli köşeli, kuşbaşı ve bezelyemsi olarak [18] sınıflandırılmıştır. Tohum şekilleri oldukça değişken olmasına rağmen tohum yüzeyinin kırışık ve radikula ucunun belirgin bir "gaga" şeklinde görülmesi ile bu özellik tanınabilmektedir. Popülasyonlar ayrı ayrı gözlemlendiğinde; Gökçe × Cudi2_152 popülasyonunda 85 hat arasında 34 hatta bezelyemsi, 26 hatta köşeli ve 25 hatta kuşbaşı, Gökçe × Egil_073 popülasyonunda 81 hat arasında köşeli ve bezelyemsi hat sayısı benzer olup (31 hat) en düşük (18 hat) kuşbaşı tohum şekli gözlenmiştir. Gökçe × Sirna_060 ve Gökçe × Savur_063 popülasyonlarında tohum şekilleri bezelyemsi (39-17), köşeli (29-10) ve

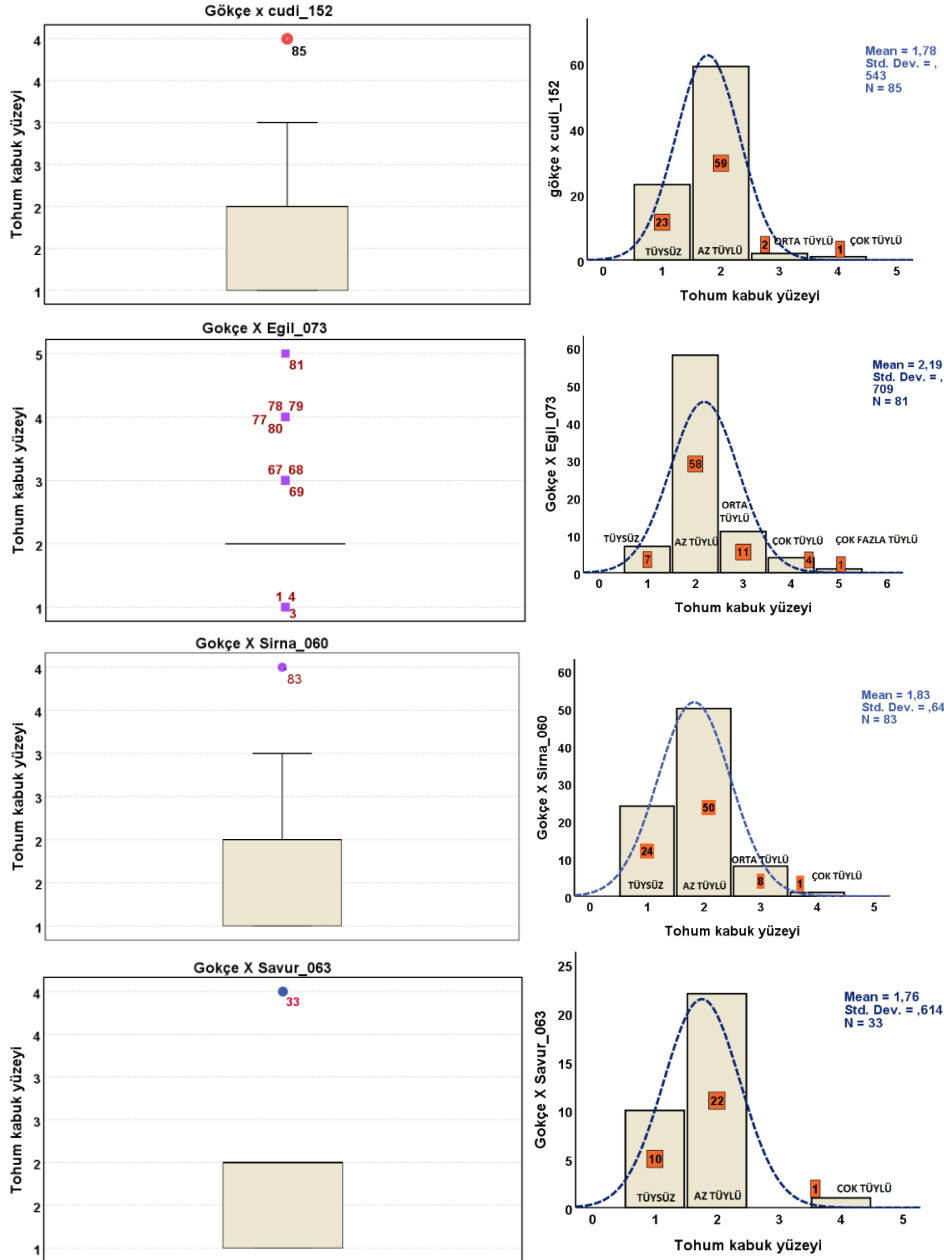
kuşbaşı (15-7) olarak sıralanmıştır (Şekil 3). Kırışik tane formu kabuli tür olarak değerlendirilememiştir. Bunun sebebi; kabuli tipin çiçek rengi (beyaz), tane boyutu, (iri), tane kabuk şekli (ince) ve rengi (krem) tanımlamasına uygun hatta rastlanılmadığından dolayıdır. Yine tohum özelliklerinin geniş varyasyonundan dolayı desi ve bezelyemsi tipler arasında karmaşıklık yaşanacağından dolayı tohum tiplerini kırışik, kuşbaşı ve bezelyemsi olarak tanımlamanın daha gerçekçi olacağı düşünülmüştür. Tanımlamada yaşanan bu durum Knights *et al.* [23] tarafından da bildirilmiştir. Çalışmamızda her iki anaca ait tohum şekilleri yerine yüksek oranda bezelyemsi tohum şekli ortaya çıkmıştır. Tohum tipinin dominant epistasi gösteren iki lokus tarafından yönetildiği ve dominantlık ilişkisinin desi>bezelyemsi>kabuli olarak sıralandığı bildirilmektedir [23]. Tohum iriliği konusunda bir hesaplama yapmamamıza rağmen tane iriliklerinin de *C. reticulatum* yönünde eğilim gösterdiği gözlenmiştir. Hatların popülasyonlar arasında farklılık göstermeksizin tohum şekli yönünden yabancı türe doğru eğilimi yüksektir. Knights *et al.* [23] yuvarlak ve köşeli tohumlarının melezlemesi ile F1 jenerasyonunda yuvarlak tohum şeklini köşeli şekle baskın, F2 ve F3 jenerasyonlarında 3: yuvarlak, 1: köşeli oran gözlediklerini ve tane şekillerinin görsel tanımlamada zorluk yaşattığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar F2 jenerasyonunda yaz mevsiminde yüksek sıcaklıklarda olgunlaşan veya bitki başına çok az tohum olduğunda ve tohum oluşumu sırasında bitki strese girmişse, tohum kabuk şekilleri arasında ayırım yapmada zorluk meydana gelebildiğini belirtmişlerdir. Yine Cubero [17]'ya göre tohum şekli hem ebeveyn hem de embriyonun etkisi ile değişen bir karakter olup ve açılan jenerasyonlarda tohum tipi oranlarını bozabildiğini belirtmiştir. Yani birden fazla yumurtalık olması durumunda yumurtalar arası rekabetin tohum şeklini tanımlamada karmaşıklık çıkartabileceğini bildirmektedir. Aynı şekilde Gil ve Cubero [24] desi × kabuli melezlemesinde, büyük ve yuvarlak kabuli tohumlarına sahip F2 bitkilerinin daha az sayıda olduğunu, ara şekilli tohumların yüksek oranda olmasının, bunların açıkça tanımlanmış iki gruba (yani, desi ve kabuli) ayrılmasını zorlaştırdığını bildirmişlerdir. Yine tohum kabuğu kalınlığının kabuli tiplerde resesif ve desi tiplerde dominant yönetilmesinden dolayı her iki tohum tipini karakterize eden en az bir gen olduğunu da bildirmişlerdir. Diyarbakır nohut köy popülasyonlarında tane renginin beyaz, siyah, krem, sarı, koyu sarı, açık kahve renklerinin olduğu saptamışlardır [20]. Siyah tanelerin desi tiplerde, sarı ve koyu sarı renklerin bezelyemsi tiplerde olduğunu, kuşbaşı formuna sahip tanelerde tane renginin beyaz, kuşbaşı tanelerde ise rengin beyaz ve krem arasında değiştiğini bildirmişlerdir.



Şekil 3. Gökçe × Cudi_152, Gökçe × Eğil_073, Gökçe × Sirna_060 ve Gökçe × Savur_063 popülasyonlarına ait tohum şekli

Popülasyonlarda tohum kabuk yüzeyinin tüylülük durumu incelenmiştir. Kabukta tüylenme; tüysüz, az tüylü, orta tüylü, çok tüylü ve çok fazla tüylü olarak sınıflandırılmıştır [20]. Gökçe × Cudi2_152 popülasyonunda 59 hatta az tüylü, 23 hatta tüysüz ve 1 hat ise çok tüylü, Gökçe × Eğil_073 popülasyonunda 7 hatta tüysüz tohum kabuğu görülürken, 58 hatta (%71,60) az tüylü tohum kabuğu gözlenmiş, bu popülasyonda diğer popülasyonlarda rastlanmayan çok fazla tüylü tohum kabuğuna 1 adet hatta rastlanmıştır. Gökçe × Sirna_060 ve Gökçe × Savur_063 popülasyonlarında tüysüz tohum kabuk yüzeyi (24-10 hat), az tüylü ise (50-22 hat) tohum kabuk yüzeyine rastlanılmıştır

(Şekil 4). Popülasyonların genelinde tohum kabuğunda tüylülük özelliği ön plana çıkmaktadır. Diyarbakır nohut köy popülasyonlarında yapılan bir çalışmada tane yüzeylerinin tüylüden tüysüze azalan oranlarda olduğu bildirilmiştir [20]. More ve Cruz, [25] tohum yüzeyinin yapısının, pürüzsüzden pürüzlüye baskın olan dört tamamlayıcı gen tarafından kontrol edildiğini bildirmişlerdir. Kim *et al.* [26] *C. bijugum* türünün koyu kırmızımı, *C. echinospermum* türünün ise kısa sarımsı renkte tohum kabuğu tüyüne sahip olduğunu bildirmişlerdir. *C. reticulatum* bu iki tür kadar yoğun tüylü olmamakla beraber hatlarımızda yoğun tüylü tohum kabukları saptanmıştır.



Şekil 4. Gökçe × Cudi_152, Gökçe × Eğil_073, Gökçe × Sirna_060 ve Gökçe × Savur_063 popülasyonlarına ait tohum kabuk yüzeyi

Popülasyonlarda farklı sayılarda hatlar (Gökçe × Cudi_152 (38 hat), Gökçe × Egil_073 (29 hat), Gökçe × Sirna_060 (23 hat) ve Gökçe × Savur_063 (8 hat)) tohum kabuğu üzerinde renk ve şekil oluşumları bakımından [19] incelenmiştir. Tohum kabuğunun yüzeyinde renklenmeler tanımlanmış ve tohum kabuğunun yüzeyi “Dantel Şekli: ornate scroll” hatlar; Gökçe × cudi_152 (11 hat), Gökçe × Egil_073 (6 hat), Gökçe × Sirna_060 (7 hat) ve Gökçe × Savur_063 (2 hat) popülasyonlarında rastlanmıştır (Şekil 5). Tohum kabuğu yüzeyinde koyu kahve üzerine turuncu leopar desenli (Tigger) görünümü Gökçe × Cudi_152 ve Gökçe × Sirna_060 popülasyonlarında (3 hat) rastlanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Tohum kabuğunun yüzeyi a ve b) dantel şekli (ornate scroll), c) leopar desen

Tohum kabuğunda siyah noktali görünüm Gökçe × Cudi_152 (1 hat), Gökçe × Egil_073 (7 hat) ve Gökçe × Sirna_060 (4 hat) popülasyonlarında gözlenmiştir. Tohum embriyonal kısmında krem, turuncu, gri ve açık kahverengi renklenmeler ise Gökçe × Cudi_152 ve Gökçe × Sirna_060 (5 hat), Gökçe × Egil_073 ve Gökçe × Savur_063 (1 hat) popülasyonlarında rastlanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Tohum kabuğu yüzeyinde siyah noktalar ve embriyonal kısımda renklenmeler a) kahve, b) turuncu, c) krem

Tohum kabuğu kemik görünümde Gökçe × Cudi_152 ve Gökçe × Egil_073 popülasyonlarında 4 adet hatta rastlanmıştır. Tohum kabuğunda lekeli görünüm olanlar tüm popülasyonlarda 23 adet hatta rastlanmıştır, Gökçe × Cudi_152 popülasyonunda yoğun olarak görülmüştür (Şekil 7).



Şekil 7. Tohum kabuğu a) kemik görünümde, b) lekeli

Wood *et al.* [19] desi de 13 ve kabuli nohutunda 3 farklı tohum işaretleme yaparak tohum üzerindeki renklemeleri saptamışlardır. Tohum üzerindeki renklemelerin fizyolojik bitki stresinden, zararlılar ve hastalıklardan, fiziksel hasardan veya kötü depolamadan kaynaklanmış olacağını belirtmişlerdir. Araştırmacılar leopar, siyah nokta, dantel, lekeli tohum kabuğu şekilleri ile farklı embriyo renkli tohumlar tespit etmişlerdir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Gökçe × *Cicer reticulatum* melezlerinden elde edilen F7-8 jenerasyonlarında Gökçe × Cudi_152, Gökçe × Eğil_073, Gökçe × Sirna_060 ve Gökçe × Savur_063 popülasyonlarına ait tohum rengi, tohum şekli ve tohum kabuk yüzeyi karakterleri incelenmiştir. Tohum kabuk rengi yönünden popülasyonlar genelinde en yüksek kahverengi ve tonları, en düşük yeşil ve tonlarına rastlanmıştır. Bazı popülasyonlarda 16 farklı renk tespit edilmiştir. Renkler kahverengi ve tonları, krem-sarı tonları, siyah ve tonları ve yeşil ve tonları çok görülenden az görülene doğru sıralanmıştır. Popülasyonlarda tohum şekli bezelyemsi, köşeli ve kuşbaşı olarak en çoktan en aza doğru sıralanmıştır. Popülasyonlarda tohum kabuk yüzeyinin tüylülük durumu incelenmiş, tohum kabuğu tüylülüğü az tüylü olan hatlar oldukça yüksek oranda rastlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma; Prof. Dr. Behiye Tuba BİÇER danışmanlığında Leyla TURAN tarafından hazırlanan “Kültür nohut (*Cicer arietinum*) ve yabani Nohut (*C. reticulatum*) melezlerinin ileri jenerasyonlarında bazı tohum kabuk özelliklerinin tanımlanması” başlıklı yüksek lisans tezi konusundan üretilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Leyla TURAN: Analiz, kurgulama, taslak hazırlama, veri toplama, verinin düzenlenmesi, görselleştirme ve yazma. Behiye Tuba BİÇER: Analiz araçlarını sağlama, inceleme, kavramsallaştırma, metodoloji, doğrulama, gözetim ve yazma.

KAYNAKLAR

- [1] P. Smýkal, C. J. Coyne, M. J. Ambrose, N. Maxted, H. Schaefer, M. W. Blair, J. Berger, S. L. Greene, M. N. Nelson, N. Besharat, T. Vymyslický, C. Toker, R. K. Saxena, M. Roorkiwal, M. K. Pandey, J. Hu, Y. H. Li, L. X. Wang, Y. Guo, L. J. Qiu, R. J. Redden and R. K. Varshney, “Legume crops phylogeny and genetic diversity for science and breeding”. *Critical Reviews in Plant Sciences*, vol.34, no. 1-3, pp. 43-104, 2015.
- [2] Anonymous, (2023). Faostat. Accessed: March 16, 2023. [Online]. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- [3] D. Zohary, and M. Hopf, “*Domestication of plants in the Old World: The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley*” (No. Ed. 3). Oxford university press, 2000.
- [4] G. Ladizinsky and A. Adler. “Genetic relationships among the annual species of *Cicer L.*” *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 48, no. 4, pp.197-203, 1976.
- [5] C. Toker, J. Berger, A. Kahraman, A. Aydoğan, C. Can, B. Bukun, R. V. Penmetsa, E. J. von Wettberg and D. R. Cook. “*Cicer reticulatum* Ladizinsky, progenitor of the cultivated chickpea (*C. arietinum L.*)”. *Legume Perspect*, vol. 5, pp. 26–27, 2014.
- [6] L. J. G. Van der Maesen. “Origin, history and taxonomy of chickpea”, *In The chickpea*, pp.11-34, 1987.
- [7] Y. Anbessa, T. Warkentin, R. Bueckert and A. Vandenberg. “Short internode, double podding and early flowering effects on maturity and other agronomic characters in chickpea”. *Field Crops Research*, vol. 102, pp. 43-50, 2007.
- [8] F. K. Kupicha. “The delimitation of tribe Viceae (Leguminosae) and the relationship of *Cicer L.*” *Botanical Journal of the Linnean Society*, vol. 4, pp. 131–162, 1977.
- [9] G. Ladizinsky. “A new *Cicer* from Tukey. Notes from the Royal Botanical Garden Edinburgh”, vol. 34, pp. 201-202, 1975.
- [10] L. D. Robertson, B. Ocampo and K. B. Singh. “Morphological variation in wild annual *Cicer* species in comparison to the cultigen.” *Euphytica*, vol. 95, no. 3, pp. 309- 319, 1997.
- [11] S. Abbo, R. P. Van-Oss, A. Gopher, Y. Saranga, I. Ofner and Z. Peleng. “Plant domestication versus crop evolution: a conceptual framework for cereals and grain legumes.” *Trends in Plant Science*, vol. 19, no. 6, pp. 351-360, 2014.

- [12] S. Abbo, S. Lev- Yadun, and N. Galwey, “Vernalization response of wild chickpea. New Phytologist”, vol. 154, no.3, pp. 695-701, 2002.
- [13] S. Samineni, S. Kamatam, M. Thudi, R. K. Varshney and P. M. Gaur. “Vernalization response in chickpea is controlled by a major 32 QTL”, *Euphytica*, vol. 207, no. 2, pp. 453-461, 2016.
- [14] J. Berger, S. Abbo and N. C. Turner. “Ecogeography of annual wild species”, *Crop Science*, vol. 43, no. 3, pp. 1076–1090, 2003.
- [15] F. Shan, H. C. Clarke, J. A. Plummer, G. Yan and K. H. M. Siddique, “Geographical patterns of genetic variation in the world collections of wild annual *Cicer* characterized by amplified fragment length polymorphisms” *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 110, pp. 381–391, 2005.
- [16] C. Toker, J. Berger, T. Eker, D. Sari, H. Sari, R. S. Gokturk, A. Kahraman, B. Aydın and E. Von Wettberg, “*Cicer turcicum*: A New *Cicer* species and its potential to improve chickpea”. *Frontiers in Plant Science*, vol. 12, pp. 587, 2021.
- [17] J. I. Cubero, “Morphology of chickpea.” In: MC. Saxena, KB. Singh (eds) *The Chickpea*. CAB. International, Wallingford, Oxon, OX10 8DE, UK, 1987, pp. 35–66.
- [18] C. Serrano, B. Carbas, A. Castanho, A. Soares, M. C. V. Patto and C. Brites. “Characterisation of nutritional quality traits of a chickpea (*Cicer arietinum*) germplasm collection exploited in chickpea breeding in Europe”. *Crop and Pasture Science*, vol. 68, no. 11, pp. 1031-1040, 2017.
- [19] J. A. Wood, N. E. Egan, C. F. Keir, J. C. Miller, G. C. Pengilley and K. B. Hobson. “Characterisation of seed marking types in chickpea (*Cicer arietinum* L.): Tiger stripe and other blemishes”. *Legume Science*, vol. 2, no. 2, e29, 2020.
- [20] B. T. Biçer ve A. E. Anlarsal, “Diyarbakır Yöresi Nohut (*Cicer arietinum* L.) Köy Popülasyonlarının Tarımsal, Morfolojik ve Fenolojik Özellikler için Değerlendirilmesi” *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol.9, no. 3, pp. 1-8, 2005.
- [21] H. S. Meena, J. Kumar and S. S. Yadav. “Inheritance of seed coat color in chickpea (*Cicer arietinum* L.)” *Indian J. Genet*, vol. 64, no. 2, pp. 151 -152, 2004.
- [22] S. Hossain, J. Panozzo, C. Pittock, and R. Ford. “Quantitative trait loci analysis of seed coat color components for selective breeding in chickpea (*Cicer arietinum* L.)” *Canadian journal of plant science*, vol. 91, no.1, pp. 49-55, 2011.
- [23] E. J. Knights, J. A. Wood, and S. Harden. “A gene influencing seed shape of desi type chickpea (*Cicer arietinum* L.)” *Plant breeding*, vol. 130, no. 2, pp. 278-280, 2011.
- [24] J. Giland and J. I. Cubero. “Inheritance of seed coat thickness in chickpea (*Cicer arietinum* L.) and its evolutionary implications”. *Plant Breeding*, vol. 111, no. 3, pp. 257-260, 1993.
- [25] D. C. More and R. D. Cruz, “Genetic studies in Bengal gram (*Cicer arietinum*, L.) V: D-70-10 · White flowered White grained-II.” *J. Maharashtra Agric. Univ.*, vol. 1, pp. 11-14, 1976.
- [26] S. Kim, M. Han and A. L. Rayburn. “Genome size and seed mass analyses in *Cicer arietinum* (Chickpea) and wild *Cicer* species”. *Hort Science*, vol. 50, no. 12, pp. 1751-1756, 2015.



Derleme Makalesi / Review Article

Biyomedikal Görüntülerin Bölütlenmesine Yönelik Derin Öğrenmeye Dayalı Yöntemler: Bir Gözden Geçirme

Deep Learning Based Methods for Biomedical Image Segmentation: A Review

Tuğba ŞENTÜRK^{1,*}, Fatma LATİFOĞLU²

¹ İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği, 44280, Malatya, Türkiye

² Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği, 38280, Kayseri, Türkiye

<https://doi.org/10.55007/dufed.1181996>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 29 Eylül 2022

Revize, 04 Mayıs 2023

Kabul, 04 Mayıs 2023

Online Yayınlama, 06 Haziran 2023

Anahtar Kelimeler

Görüntüleme, Biyomedikal görüntüler, Derin öğrenme, Biyomedikal görüntü bölütleme, Tıbbi görüntü işleme

ARTICLE INFO

Article History

Received, 29 September 2022

Revised, 04 May 2023

Accepted, 04 May 2023

Available Online, 06 June 2023

Keywords

Imaging, Biomedical image, Deep learning, Biomedical image segmentation, Medical image processing

ÖZ

Tıbbi görüntüleme alanında derin öğrenme modeli, mevcut yöntemlere kıyasla zaman ve performans açısından daha fazla katkıda bulunan bir modeldir. Görüntülerin otomatik olarak bölütlenmesini veya sınıflandırılmasını kapsar. Mevcut yöntemler ile tek katmanlı görüntüler üzerinden işlem yapılırken, derin öğrenme modeli ile çok katmanlı görüntüler üzerinden çalışma performansı daha yüksek ve daha kesin sonuçlar elde edilebilir. Son zamanlardaki gelişmeler, bu yaklaşımların tıbbi görüntülerdeki örüntülerin tanımlanması ve nicelendirilmesinde oldukça etkili olduğunu göstermektedir. Bu ilerlemelerin en önemli nedeni, derin öğrenme yaklaşımlarının doğrudan görüntülerden hiyerarşik özellik temsilleri elde etme yeteneğidir. Bu nedenle, derin öğrenme yöntemlerinin tıbbi görüntü işleme ve bölütleme alanındaki uygulamaları hızla en son teknolojiye dönüşmektedir ve klinik uygulamalarda performans iyileştirmeleri sağlamaktadır. Bu makalede, derin öğrenme yaklaşımlarının biyomedikal görüntülerin bölütlenmesi için uygulamaları, yöntemleri ve içerikleri genel bir bakış açısıyla incelenmiştir.

ABSTRACT

A deep learning model is a model in the field of medical imaging that provides more contributions in terms of time and performance compared to existing methods. It includes automatic segmentation or classification of images. While existing methods process single-layer images, with the deep learning model, higher performance and more accurate results can be obtained on multi-layer images. Recent developments show that these approaches are highly effective in identifying and quantifying patterns in medical images. The most important reason for these advances is the core function of deep learning approaches to directly obtain hierarchical feature representations from images. Therefore, the applications of deep

*Sorumlu Yazar

E-posta Adresleri: tugba.senturk@inonu.edu.tr (Tuğba ŞENTÜRK), flatifoglu@erciyes.edu.tr (Fatma LATİFOĞLU)

learning methods to medical image processing and segmentation are rapidly becoming the latest technology and resulting in performance improvements in clinical applications. This article provides an overview of the applications, methods, and contents of deep learning approaches for the segmentation of biomedical images.

1. GİRİŞ

Görüntü işleme, daha kaliteli bir görüntü elde etmek veya ondan bazı önemli bilgiler çıkarmak için bir görüntü üzerinde birtakım işlemleri gerçekleştirme olarak tanımlanmaktadır. Girişin bir görüntü olduğu, çıkışın görüntü veya o görüntüyle ilişkili özellikler olabileceği bir sinyal işleme türüdür. Sayısal görüntü işleme, görüntüleri bir algoritma aracılığıyla işlemek için sayısal bir bilgisayarın kullanılması olarak tanımlanmaktadır [1]. Girdi görüntülerine daha çok geniş bir algoritma yelpazesinin uygulanmasına olanak sağlama ve işleme sırasında gürültü oluşumu ve bozulma gibi sorunları önleyebilme özelliğinden dolayı sayısal görüntü işleme analog görüntü işlemeye göre daha çok avantajlara sahiptir. Sayısal görüntü işlemenin en önemli amaçlarından biri görüntüden gerekli bilgiyi elde etmektir. Bir görüntünün gürültüsünü giderme/geliştirme işlemleri ise görüntü işlemede kullanılan en önemli çalışmalardandır [2]. Sayısal görüntü işleme yöntemleri görüntü iyileştirme, ultraviyole (UV) algılama, iletim ve kodlama, bilgisayarlı görme, görüntü tanıma, video işleme, engel algılama, renk işleme ve tıbbi görüntüleme olmak üzere pek çok alanda uygulanmaktadır. Tıbbi görüntülerin işlenmesi alanındaki uygulamalar ise önemini her geçen gün artırmaktadır.

Tıbbi görüntüleme, modern tıpta hasta sağlığı için vazgeçilmez bir temel izleme aracıdır. Kliniksellere ve radyologlara hastalıkları teşhis etmede, terapötik veya cerrahi kararlar vermede ve cerrahi operasyonlara rehberlik etmek gibi pek çok konuda etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Tıbbi görüntüleme teknolojilerinde X ışınları (bilgisayarlı tomografi taramaları), ses (ultrason), manyetizma (manyetik rezonans görüntüleme, (MRG)), radyoaktif ilaçlar (nükleer tıp: pozitron emisyon tomografisi ve tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi) veya ışık (endoskopi) gibi araçlar kullanılmaktadır.

Biyomedikal görüntü işleme, çok boyutlu biyomedikal sinyal işlemeye benzer olup, X-ray, ultrason, MRG, nükleer tıp ve optik görüntüleme gibi teknolojiler aracılığıyla elde edilen görüntülerin analizini, iyileştirilmesini ve görüntülenmesini içermektedir. Biyomedikal görüntü toplama, görüntü oluşturma, görüntü analizi ve görüntülerden elde edilen özelliklere dayalı tıbbi teşhise kadar geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır.

Görüntü işleme çalışmaları, görüntüyü oluşturan piksellere matematiksel işlemlerin uygulanmasıyla gerçekleştirilmektedir. Organ ve lezyonlar gibi görüntü üzerinde ilgilenilen birçok

bölgelerin şekilleri ve hacimleri hakkındaki bilgileri sunmak konusunda oldukça önemli bir yere sahip olan bu işlemler görüntü analizini gerçekleştirmek ve bulguları daha yüksek doğrulukla tespit etmek için kullanılmaktadır.

Görüntü bölütleme, bilgisayar destekli tanı (Computer Aided Design, CAD), tıbbi görüntü analizi, görüntü füzyonu, görüntü kılavuzluğunda terapi, görüntü açıklama ve görüntü alma dahil olmak üzere tıbbi görüntüleme alanında önemli bir rol oynar. Bilgisayarlı görü, görüntü bölütleme; bir 2D/3D boyutlu görüntüyü birden çok bölüme ayırma işlemidir. Bölütlemenin amacı, bir görüntünün temsilini basitleştirmek veya daha anlamlı ve analiz edilmesi daha kolay bir şekilde dönüştürmektir. Bir görüntüdeki her bir pikselin mevcut sınıf etiketlerinden birine dâhil edilerek işlenmesi sonucu bölütleme işlemi gerçekleştirilmektedir.

Klasik görüntü bölütleme teknikleri eşik değer (threshold) bölütleme ile kümeleme bölütlemeyi oluşturmaktadır [3]. Eşiklemeye dayalı bölütleme, en basit ve yaygın olarak kullanılan bölütleme tekniklerinden biridir [4-5]. Görüntüler kırmızı-yeşil-mavi (Red-Green-Blue, RGB) olmak üzere 3 katmandan oluşan matrislerdir. Eğer bunlar gri skala yani tek katmanlı siyah beyaz, renksiz bir hale getirilirse 3 katmandan tek katmanlı bir görüntü haline dönüştürülür. Nesnelere arası geçişler ve arka plandan bağımsız farklı piksel değerlerine sahip olan bu görüntülerde bir eşik değeri belirleyerek görseller bölütlenebilmektedir [3]. Kümeleme tekniği ise [6] makine öğrenmesinde gözetimsiz öğrenmede sıkça kullanılan bir yöntemdir. Sınıflandırma problemlerinde etiketsiz görüntüyü belirli niteliklere göre kendi başına sınıflandıran kümeleme algoritmaları görüntü bölütlemesinde de çok kullanılmaktadır. Esas olarak kenar tabanlı, bölge tabanlı ve eşik tabanlı olmak üzere çok çeşitli bölütleme teknikleri de mevcuttur. Kenar tabanlı bölütleme yöntemleri, görüntü yoğunluğundaki kısmi değişikliklerin kenarlara bağlı olması bilgisinden faydalanmaktadır. Ancak bu yöntemler düzgün kenarlı veya çok kenarlı görüntülere uygulanmamaktadır. Benzer şekilde bölge bazlı görüntü bölütleme, komşu pikselin yoğunluğunu kontrol ederek bölgenin büyüdüğü temel noktaya göre bölgeleri ayırır. Piksel tabanlı bölütleme olarak da adlandırılan bu teknik, hesaplama açısından uğraştırıcı bir yaklaşım içermektedir ve bazı durumlarda yanlış bölütleme sonuçları üretebilmektedir. Kenar tabanlı ve bölge tabanlı tekniklerin birlikte kullanıldığı farklı kombinasyonları, tek tek kullanılmaları durumundaki bazı dezavantajları ortadan kaldırmaktadır ve böylece daha iyi bir bölütleme tekniği ortaya çıkarmaktadır [7-8]. Klasik görüntü bölütleme tekniklerinde karşılaşılan avantaj ve dezavantajlar Şekil 8’de özetlenerek gösterilmektedir [9-11].

Son yıllarda, derin öğrenme yöntemleri, görüntü [12] ses [13] ve metin verileri [14] dâhil olmak üzere büyük miktarda dijital verinin işlenmesini içeren çeşitli görevlerde yüksek performans göstermiştir. Özellikle derin öğrenmenin kullanıldığı görüntü işleme ve bilgisayarlı görü uygulamaları gürültü giderme [15-17], tanıma [12,18-19], algılama ve bölütleme [20-21], gibi uygulamalarda

dikkate değer başarılar elde edilmiştir. Bu yöntemlerle ilgili pek çok çalışmada, genel uygulanabilirliklerini göstermek için sınırlı bir durumda yürütülüp değerlendirilmiş olsa da derin öğrenme yöntemleriyle yapılan çalışmalar kayda değer gelişmeler göstermiştir.

Ayrıca görüntü işleme alanında yapılan çalışmalarda klasik bölütleme tekniklerinde bulunan dezavantajların üstesinden gelmek için derin öğrenme ile görüntüleri bölütlere ayırarak analizinin gerçekleştirildiği ve yüksek performanslı sonuçların elde edildiği görülmektedir. Bu alanda mevcut birçok çalışma olmakla birlikte güncel çalışmaların sayısı sürekli olarak artmaktadır. Bu çalışmalarda derin öğrenme yaklaşımlarıyla, görüntü sınıflandırma, [12,22], nesne algılama [22-23], ve görüntü bölütleme gibi amaçlarla [24, 25-27] görüntü özelliklerinin detaylı analizi gerçekleştirilmektedir. Ayrıca görüntü işleme alanındaki başarısı nedeniyle derin öğrenme modelleri kullanılarak tıbbi görüntüleme sistemlerinde de uygulanmak üzere çeşitli yöntemler önerilmektedir. Bu alanda temel olarak iki çeşit bölütleme yaklaşımı kullanılmaktadır [28,29] Bunlardan birincisi bir nesneye ait her bir bireyin farklı bir sınıf etiketine atanması işlemi ile gerçekleştirilen birey (Instance) bölütlemesidir. İkincisi ise semantik bölütlemesidir ve nesnede yer alan bireylere ait piksel aynı sınıf etiketine atanması işlemine denir.

Tıbbi görüntülerin bölütlenmesinde derin öğrenme tabanlı yöntemler [30,31], özellikle histopatolojik görüntü bölütlenmesinde oldukça yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Histopatolojik görüntü analizi, kanser tanıma ve teşhisi için bir altın standarttır ve çoğunlukla kesilen dokulardan alınan histopatolojik görüntülerin/görüntülerden Hematoksilin-Eozin (H&E) yöntemi uygulanarak boyanmasıyla elde edilen görüntüler üzerinde analiz yapılmaktadır. Çalışmalar sırasında uzmanlar tarafından boyanan kesitler değerlendirilirken görüntüyü farklı parçalara ve nesnelere ayırma konusunda sıkıntı yaşanmaktadır ve çok zaman alıcı olmakla birlikte önemli seviyede iş yükü getirmektedir. Bu nedenle histopatolojik görüntülerdeki nesnelere ve ilgilenilen alanların daha kolay, hızlı ve başarılı analiz edilebilmesi için görüntü bölütleme çalışmaları oldukça önemli olmaktadır [32-38]. Bu derleme çalışmasında, medikal görüntü bölütleme yöntemleri incelenmiş olup tıbbi görüntü bölütleme için derin öğrenmeye dayalı yöntemler analiz edilmiştir. Kullanılan yöntemler uçtan uca bölütleme ve piksel bazında sınıflandırma olmak üzere iki temel kategoride sınıflandırılmıştır. Her bir sınıfa ait bölütleme yöntemlerindeki, en son gelişmeler, katkılar ve yenilikleri incelemek için yöntemler karşılaştırmalı olarak ayrıntılı bir şekilde analiz edilmiştir.

2. MEDİKAL GÖRÜNTÜ BÖLÜTLEME ÇALIŞMALARINDA DERİN ÖĞRENME YAKLAŞIMLARI

Bu derleme çalışmasında derin öğrenme yaklaşımı kullanan medikal görüntü bölütleme yöntemleri, ağ mimarisi, eğitim süreci (denetimli, yarı denetimli, denetimsiz, transfer öğrenme), girdi

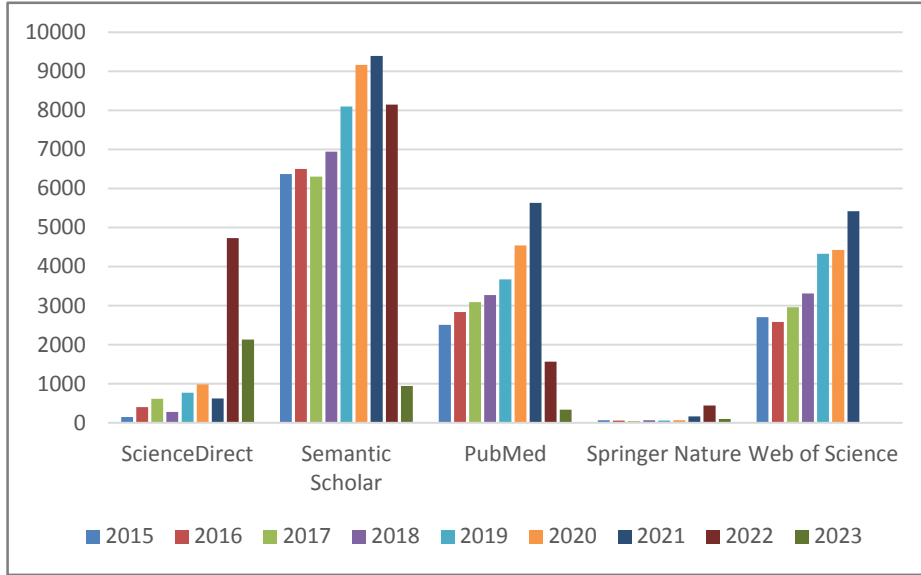
görüntü türleri (histopatolojik, patolojik ve hücre vb.) göz önünde bulundurularak uçtan uca bölütleme ve piksel bazında sınıflandırma olmak üzere iki genel kategoride sınıflandırılmıştır. Ağ yapısı tasarımına dayanarak, piksel bazında sınıflandırma yöntemleri;

1. Otomatik Kodlayıcı (AE)
2. Evrişimli Sinir Ağı (ESA) olarak iki sınıfta incelenmiştir.

Benzer şekilde, uçtan uca bölütleme yöntemleri;

1. Tam Evrişimli Ağ (TEA),
2. Bölge Tabanlı Ağ (TEA -R-FCN),
3. Üretken Çelişkili Ağ (GAN),
4. Her alt kategori için, gerçekleştirilen çalışmaların kapsamlı bir listesini oluşturulmuştur.

Bu derleme çalışması için atıfta bulunulan eserler, Google Scholar, PubMed, Web of Science, Semantic Scholar, Sciencedirect, Springer Nature vb. dahil olmak üzere çeşitli veri tabanlarından elde edilmiştir. Literatür araştırmak için kullanılan anahtar kelimeler, derin öğrenme, bölütleme, organ bölütleme, hücre bölütleme, medikal görüntü bölütleme, tıbbi görüntü bölütleme, evrişimli sinir ağı ve benzerlerini içermektedir. Bu çalışmaların çoğu 2015 ve 2023 yılları arasında yayınlanmıştır. Tıbbi görüntülerde bölütleme ile ilgili yapılan çalışmaların yıllara göre dağılımı Şekil 1’de gösterilmektedir.

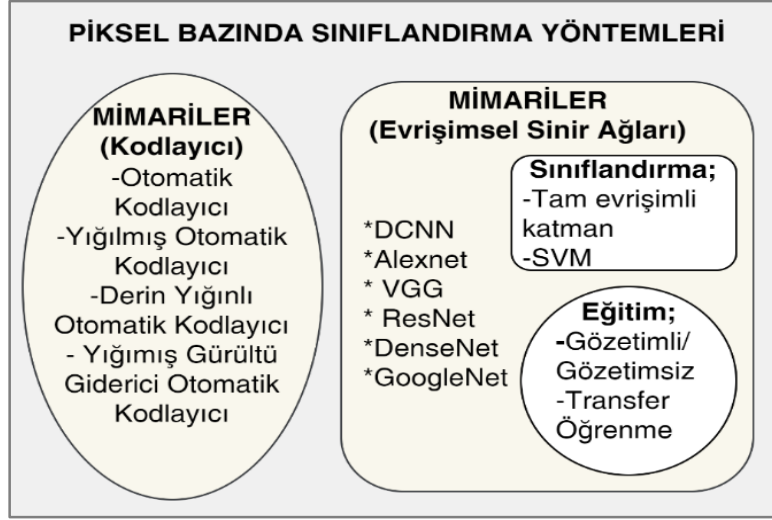


Şekil 1. 2015 ve 2021 Yılları Arasında Tıbbi Görüntülerde Bölütleme Grafiği

2.1 Piksel Bazında Sınıflandırma Yaklaşımları

Derin öğrenme tabanlı yöntemler içinde piksel bazlı sınıflandırma yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Piksel bazında sınıflandırma için ana mimari yapıları incelenerek Şekil 2’de

görüldüğü gibi Otomatik kodlayıcı ve Evrişimsel sinir ağları tabanlı yöntemler için mimari türleri incelenmiştir.



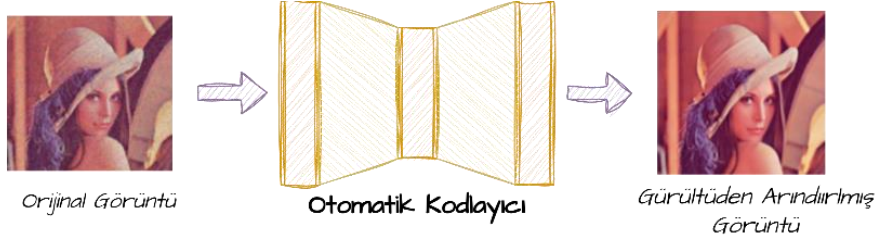
Şekil 2. Otomatik Kodlayıcı ve Evrişimsel Sinir Ağları Tabanlı Yöntemler

2.1.1 Otomatik Kodlayıcı

Otomatik kodlayıcı (AutoEncoder-AE) çok boyutlu bir veriyi önce gizli katmana sıkıştırıran sonra da sıkıştırılmış katmandan veriyi yeniden inşa etmek için kullanılan gözetimsiz bir sinir ağı çeşididir. AE, şekil 3'te de görüldüğü üzere giriş ve çıkış arasındaki yeniden yapılandırma hatalarını en aza indirerek girişi gizli bir katmanla kodlayan bir sinir ağı kodlayıcısından oluşur [38]. AE' nin işlevini yerine getirdikten sonra aşırı öğrenmeyi önlemek için yığınlanmış otomatik kodlayıcı (Stacked Autoencoders, SAE) önerilmiştir. SAE ve AE ard arda gerçekleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Burada her katmanın çıktısı, ardışık katmanların girişlerine bağlanmaktadır [39]. SAE'nin en önemli avantajı, daha yüksek düzeyde özellik çıkartırken daha derin ağdan yararlanabilmesidir [39]. Gürültüden arındırma otomatik kodlayıcı yapısı, klasik otomatik kodlayıcı yapısının stokastik bir uzantısıdır [40] ve gürültülü girdi verisinden girdinin yeniden yapılandırılmasını sağlamaktadır. Stokastik bir bozulma süreci, bazı girdileri rastgele sıfıra ayarlamaktadır ve gürültü giderme otomatik kodlayıcısı (Denoising Autoencoder, DAE), gürültülü girdilerin rastgele seçilen alt kümeleri için gürültülü değerleri tahmin etmeye çalışmaktadır [41-42]. Yığılmış gürültü giderme otomatik kodlayıcı (Stacked Denoising Autoencoder, SDAE), DAE'nin yapısını kullanan bir başka otomatik kodlayıcı tipidir [41, 43-44], literatürde yapılan çalışmalar Tablo 1'de gösterilmektedir.

Alex ve Menze[42-45]halka açık BraTS 2013 ve BraTS 2015 verilerini kullanarak Yığılmış gürültü giderme otomatik kodlayıcının beyin MRG tümörünün bölütlemesi için çalışılmıştır. Yığınlanmış Seyrek Otomatik Kodlayıcının BT görüntülerinde karaciğer bölütlenmesi için yüksek sınıflandırma doğruluğuna ve hızına sahip olduğu gösterilmiştir [46]. Otomatik kodlayıcı, içeriğindeki

ayrıt etme yeteneklerini (özellik çıkartırken) geliştirmek için geniş aralıklı girdi örnekleri kullanmakta olup tıbbi görüntülerin derin özelliklerini öğrenebilmektedir [47].

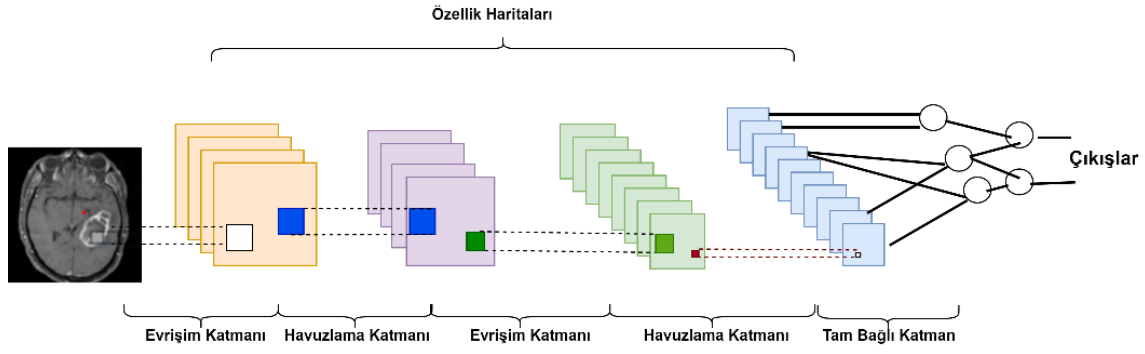


Şekil 3. Otomatik Kodlayıcı Ağ Yapısı

AE tabanlı bölütleme yöntemleri, birçok anatomik yapılar için yaygın olarak çalışmaktadır. Avantajı olmasına rağmen, tıbbi görüntü bölütlemeye bazı zorluklar ve sınırlamalarla karşı karşıyadır. Bununla birlikte, denetimsiz otomatik kodlayıcı yöntemlerinin, büyük şekil değişkenliğine sahip düzensiz lezyonları bölütlere ayırması zor olmaktadır. Bir diğer zorluk ise kodlayıcı bölümü tamamlanıp, kod çözücü kısmına geçerken öznitelikler bu kısımda öğrenilmesidir. Ancak bu öğrenim sırasında girişi doğrusal olarak sıkıştığı için tüm öznitelikleri iletilmemesi sebebiyle bir darboğaz (gizli katman) meydana gelmektedir. Bu nedenle bu katmanda öğrenme tam anlamıyla gerçekleştirilmeyebilir.

2.1.2 Evrişimli Sinir Ağları

Tipik bir evrişimsel sinir ağı (ESA); Şekil 4'te de görüldüğü üzere evrişim katmanlarından, aktivasyon fonksiyonlarından, maksimum havuzlama katmanlarından, normalleştirme katmanlarından, bırakma katmanlarından (dropout) ve tam bağlı katmanlardan oluşmaktadır [48]. Bir ESA'nın son katmanı, sınıflandırma için tipik olarak bir sigmoid veya softmax katmanı ve regresyon katmanından oluşmaktadır. Evrişim katmanları, göreve bağlı olarak çeşitli özellik haritalarını çıkarmayı öğrenebilmektedir. Havuzlama katmanları, maksimum/ortalama aşağı örnekleme işlemlerini kullanarak özellik haritalarının uzamsal boyutunu küçültmek için kullanılmaktadır. Doğrultulmuş doğrusal birim (ReLU) ve Sızdıran ReLU gibi aktivasyon fonksiyonları, herhangi bir negatif giriş değerini sıfıra kırparak ve pozitif giriş değerlerini bağlı nöronlara geçirerek nöron aktivasyonunu simüle etmek için kullanılmaktadır [49]. Tam bağlantılı katman, önceki katmandaki her nöronu bir sonraki katmandaki her nörona bağlamaktadır. Özellik haritalarını düzleştirmek için son sınıflandırma katmanından önce yerleştirilirler.



Şekil 4. Evrimsel Sinir Ağ Yapısı

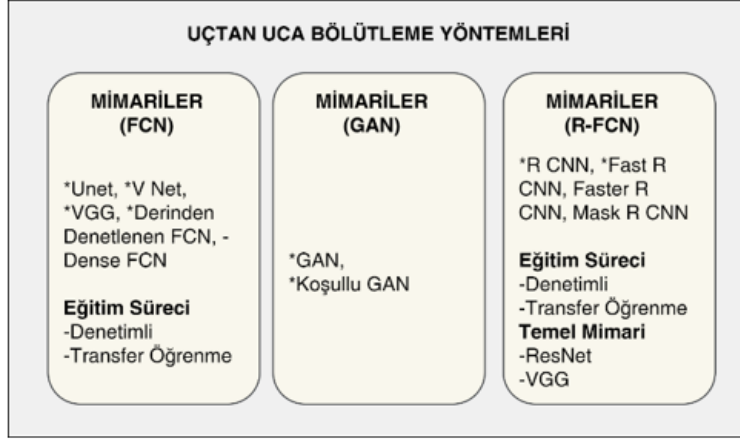
Eğitim sırasında, ESA mimarisinin öğrenilebilir parametrelerini geri yayılım yoluyla güncellemek için stokastik gradyan iniş (SGİ) ve adam gradyan iniş gibi gradyan tabanlı optimizasyon yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. LeNet ilk olarak Lecun ve diğerleri [50] tarafından elle yazılmış rakamları sınıflandırmak için önerilmiştir. LeNet, evrişim katmanlarından, havuz katmanlarından ve tam bağlantılı katmanlardan oluşur. Bilgisayarlar donanımsal olarak gelişip, ağ eğitimi için sayıca veriler arttıkça çözüme odaklı farklı mimariler ortaya konulmuştur. Krizhevsky ve ark. 2012'de AlexNet'i önermiştir ve ILSVRC-2012 görüntü sınıflandırma yarışmasını büyük bir farkla kazanmıştır [50]. AlexNet'in literatüre girmesinden bu yana, ESA'lar geniş çapta dikkat çekmeye başlamıştır ve birçok görüntü işleme uygulamasında en gelişmiş performansları elde eden çeşitli ESA türlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. AlexNet'in LeNet üzerindeki iyileştirmeleri 1) doğrusal olmama ve seyreklik için ReLU katmanı, 2) veri kümesi çeşitliliğini genişletmek için veri büyütme, 3) öğrenilebilir parametreleri azaltmak ve aşırı öğrenmeyi önlemek için bırakma katmanı, 4) paralel hesaplama için GPU, 5) yerel yanıt normalleştirme ve 6) örtüşen havuzlama katmanı olmak üzere 6 madde de özetlenebilmektedir. 2013'te Zeiler ve Fergus [51], AlexNet'in performansını iyileştirmek için ZFNet'i önerdi [52] ve daha az katmana sahip ve sığ bir ağ yapısı geliştirerek görüntülerin kenar, renk ve doku özellikleri ile, görüntülerin soyut özelliklerini öğrenebileceğini ortaya oymuştur. ZFNet'in ana geliştirmesi, özellik haritasını görselleştirmek için kullanılan ters evrişim bloğudur. Ağ performansını ağ derinliklerine göre değerlendirmek için Simonyan ve Zisserman [19] tarafından VGG'nin ağ derinliğini 19 katmana genişletmesi önerilmiştir. Acar ve ark. birçok insanda görme bozukluğuna sebep olan katarakt hastalığını erken dönemde tedavi etmek amacıyla, gözün tanımlayıcı bölümlerindeki anormallikleri tespit etmek için önceden eğitilmiş VGGNet ve DenseNet mimarilerini kullanarak bir çalışma yapmıştır [53]. Kaggle veritabanından elde edilen 6080 renkli fundus görüntüsünden (548 katarakt ve 5532 katarakt olmayan) oluşan bir veri seti kullanılmıştır. %80'i eğitim verisi, %20'si test için kullanılan veri seti Monte-Carlo çapraz doğrulama kullanılarak yapılmıştır. VGGNet ve DenseNet mimarilerinin eğitimi transfer öğrenme kullanılarak gerçekleştirilip, mimaride sadece 3×3 boyutlu filtreler kullanılmaktadır. VGGNet mimarisi 138 milyon parametreden oluşturulup, her biri iki evrişim ve Relu katmanı içeren beş VGG bloğuna sahiptir.

Ayrıca son katmanı hariç tüm katmanları dondurularak ağırlık değerleri aktarılmıştır. DenseNet mimarisinde ise her biri sekiz katmandan oluşan 32 yoğun bloğa sahip olup bu bloklar arasında 5×5 evrişim katmanı ve 2×2 havuzlama katmanı kullanılmıştır. Önerilen bu sistemin başarısını, çeşitli geleneksel ve güncel sınıflandırma sistemleriyle karşılaştıran Acar ve ark. [53] %97'ye ulaşan doğrulukla otomatik katarakt teşhisini gerçekleştirmiştir.

GoogLeNet, bir başlangıç modülünü [54] tanıtmak için önerilmiştir. Bu modül, ağırlık çıkarma yeteneğini geliştiren daha geniş algılama alanı ve daha derin ağırlık sağlamaktadır. Ağırlık derinleştikçe, gradyan kaybolması/patlama nedeniyle ağırlık eğitimi zorlaşmaktadır. Bu sorunu hafifletmek için He vd. [55] daha da derin ağırlık görüntü tanıma için eğitilmesine izin veren bir artı ağırlık (ResNet) önermiştir. Huang vd. [56] daha sonra hem düşük frekanslı hem de yüksek frekanslı özellik haritalarını birleştirmek için her katmanı diğer tüm katmanlara bağlayarak yoğun bağlantılı bir evrişimli ağırlık (DenseNet) önermiştir. Roth vd. [57] abdominal BT görüntüsünü pankreas görüntülerinin bölütlenmesi için çok seviyeli bir derin ESA yaklaşımı önermiştir. Kayar bir pencere kullanılarak aksiyal, koronal ve sagittal düzlemde 2D görüntü parçaları çıkarılarak elde edilen görüntü parçalarının merkez voksellerine geliştirilen bir ESA modeli ile sınıf olasılıkları atanmıştır. Bu mimari, maksimum havuzlama katmanı, üç tam bağlı katman, iki bırakma katmanı ve ikili sınıflandırma gerçekleştirmek için bir softmax operatörü tarafından takip edilen beş evrişim katmanından oluşmaktadır. 4 kat çapraz doğrulama kullanılarak 82 hastanın BT görüntüsü üzerinde değerlendirilen, eğitim ve test için sırasıyla $0,84 \pm 0,06$ ve $0,72 \pm 0,11$ 'lik bir ortalama dice benzerlik katsayısı elde edildi. Elde ettikleri bu katsayılar ile 2D görüntüler yerine doğrudan 3D boyutundaki görüntülerle hacimsel veri kümesi elde ettiler. Hamidian ve ark. göğüs BT görüntülerinde akciğer pulmoner nodüllerini saptamak için 3D boyutunda parça tabanlı ESA kullanmayı önerdi [58]. 3D akciğer görüntü veri tabanı konsorsiyumu (LIDC) veri setinden [59] görüntüler çıkarıldı. 3D ESA'nin hacimsel BT verileri için 2D ESA'den daha uygun olduğu yapılan çalışmada gösterildi. Literatürde yapılan çalışmaların bir kısmı Tablo 1'de gösterilmektedir.

2.2 Uçtan Uca Bölütlenme

Sınıflandırmadaki verimliliğini artırmak için uçtan uca bölütlenme ağırlık önerildiği görülmüştür. Uçtan uca bölütlenme yöntemleri Şekil 5'te görüldüğü gibi üç kategoride incelenmektedir.

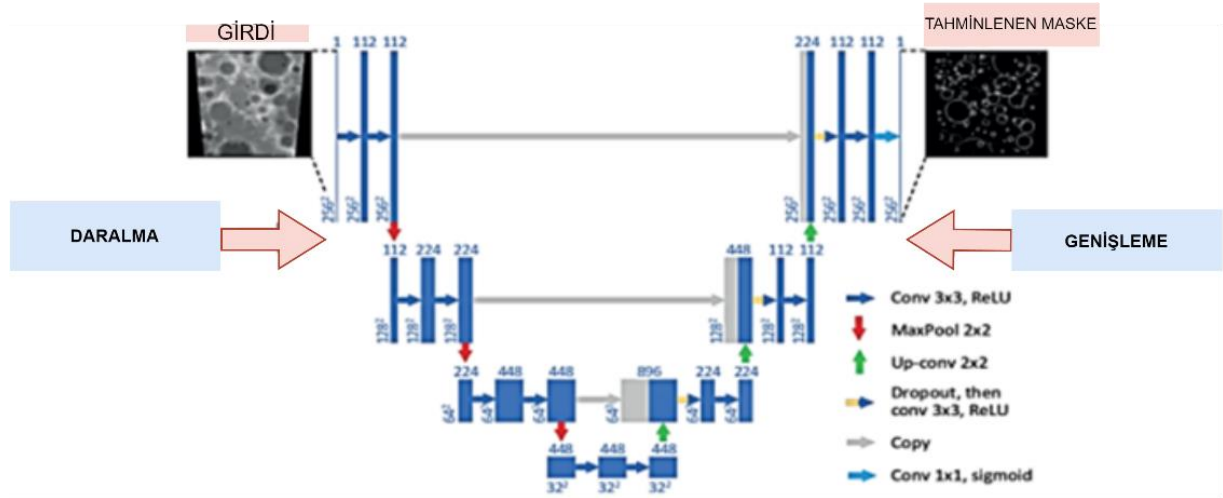


Şekil 5. Otomatik Kodlayıcı ve Evrişimsel Sinir Ağları Tabanlı Yöntemler

2.2.1 Tam Evrişimli Ağ

Tam evrişimli ağlar (TEA, Fully Convolutional Network- FCN), nesne tanıma alanında her geçen gün ilerleme sağlamaktadır. Yalnızca görüntü sınıflandırmasında [12,19, 54], gelişmekle kalmıyor, aynı zamanda sınırlayıcı kutular (bounding box) oluşturarak nesne algılamada da [18, 60-61], ilerleme göstermektedir. Önceki yaklaşımlarda, her pikselin, nesnenin sınıfı ile etiklendiği semantik segmentasyon [55,62-66], için evrişimli sinir ağları kullanılmakta olup piksel bazında sınıflandırmaya dayalı yöntemler için, görüntünün merkez vokseli, çoklu evrişimli katmanlardan geçirildikten sonra düzleştirilmiş (flatten) özellik haritalarına dayalı olarak tam bağlantılı katmanlar tarafından sınıflandırılmaktadır. Shelhamer vd. [67] ilk önce, tam bağlı katmanı bir evrişim katmanı ile değiştiren bir ESA önerdi. Ağdaki tüm katmanlar evrişimli katmanlar olduğundan, yeni ağ TEA olarak adlandırıldı. TEA, özellik haritalarını örneklemek için kullanılan ters evrişim çekirdekleri sayesinde, uçtan uca segmentasyona [67] dönüşen modelin giriş görüntüsü ile aynı boyuta sahip bir segmentasyon haritasını tahmin etmesine olanak sağlamıştır. Ters evrişim kavramını kullanan tıbbi görüntü segmentasyonu için en iyi bilinen TEA yapılarından biri Şekil 6'de gösterilen U-Net yapıdır [68-69]. U-Net, kod çözücü tarafında ters evrişim işlemi gerçekleştirir ve buna ek olarak mimarinin kodlayıcı tarafından gelen bağlantılar sayesinde özneliklerin kaybolmasına engel olmaktadır. Bu mimaride ilk bölümdaralma bölümüdür ve klasik evrişimli sinir ağı, 'Relu' aktivasyon fonksiyonu ve 'havuzlama' katmanlarından oluşmaktadır. Genişleme bölümü, U-net modelinin en önemli kısmıdır. Daralma bölümünden gelen özelliklerin bu bölümde genişletilerek girdi ile aynı boyut ve çözünürlükte görüntü üretilmesi sağlar. U-net' te aşağı örnekleme katmanları ve yukarı örnekleme katmanları arasındaki evrişim katman sayısı aynıdır. U-net' te, her bir alt örnekleme ve yukarı örnekleme katmanını birbirine bağlamak için atlama bağlantı işlemini kullanır. Bu, uzamsal bilgilerin doğrudan çok daha derin katmanlara uygulanmasını sağlarken daha verimli bir segmentasyon yapılmasında ortam sağlamış olur [69]. Milletari ve ark. U-Net'te kalıcı olmayan öğrenme ağlarına kıyasla yakınsama oranını artıracak V-Net [70] adlı bir U-Net varyantı önerdi. U-Net'ten farklı olarak

V-Net, önce ve sonraki evrişim katmanları arasında kısa atlama bağlantısı olarak artık bloğu içermektedir.



Şekil 6. U-Net Ağ Yapısı

TEA'yı eğitmek için derin denetim, yaygın olarak kullanılmaktadır. Derin denetim farklı çözünürlük seviyelerinde çoklu segmentasyon haritalarının oluşturulduğu tasarımıdır. Derin denetimin [71-72], ana fikri, yalnızca son çıktı katmanı üzerinde değil, aynı zamanda gizli katmanlar üzerinde de denetim sağlamaktır. Doğrudan denetim, ağın ayırt etme yeteneğini artırabilecek birden çok derin katmanı etkilemektedir. Dikkat kapısı, anlaşılır özellikleri vurgulayarak, alakasız olan özellikleri bastırıp görüntü sınıflandırma ve segmentasyon [73] performansını arttırmak için TEA de kullanılmaktadır. Literatürde yapılan diğer çalışmalar Tablo 1'de gösterilmektedir.

2.2.2 Bölge Tabanlı Tam Evrişimli Ağ

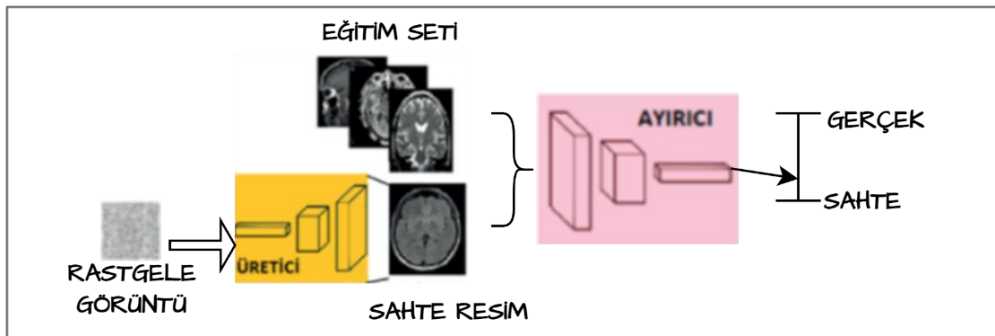
Bölgesel tabanlı ESA mimarisinde bölge tabanlı tam evrişimli ağ (Region-based Fully Convolutional Networks R-FCN), nesne tespitini yapabilmek için üç modüllü bir sistem kullanır. İlk modül, sınıflardan bağımsız bir şekilde bölge önerileri üretmektedir. Bu öneriler sayesinde bir dizi aday bölgeler tanımlanır. İkinci modül ise görüntüden belirli boyutta bir özellik vektörü çıkaran bir ESA ağ yapısı [74] kullanmaktadır. Son ve üçüncü modül de sınıflara özgü doğrusal bir Destek Vektör Makinesi (SVM—Support Vector Machine) kullanmaktadır [61]. Bölge tespit sürecini hızlandırmak için hızlı bölgesel tabanlı ESA mimarisinde [75] her besleme görüntüsü için ağa çok sayıda bölge önerisi beslemesi gerekmez. Algoritmayı daha hızlı hale getirmek için kullanılan bu yöntemde seçici aramayı öğrenilebilir ağ yapısı ile değiştirmek için daha hızlı bölgesel tabanlı ESA [76] ortaya konmuştur.

Bölge bazlı TEA yöntemleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Christ vd. [77] bu mimarinin ilk kısmı ile karaciğer konumunu tespit etmiştir ve ikinci kısmının karaciğer lezyonlarını bölütleme için kullanmıştır.

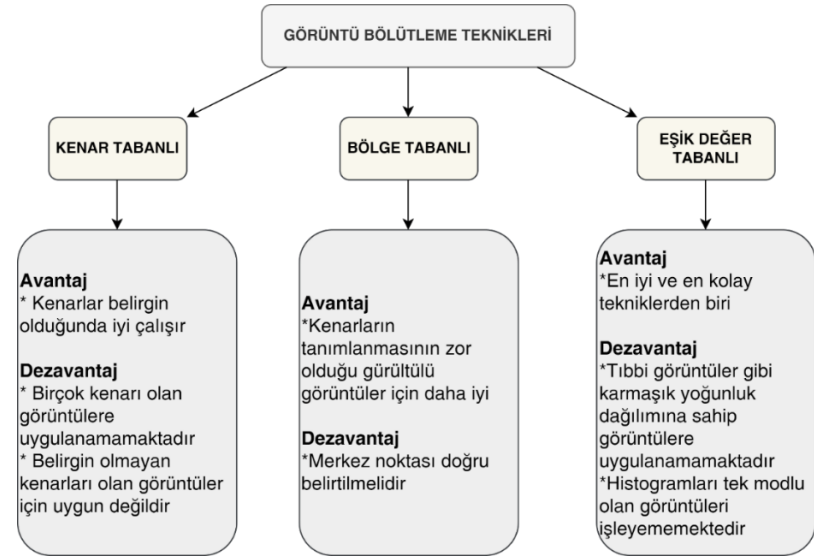
2.2.3 Çekişmeli Üretici Ağlar

Çekişmeli üretici ağlar (Generative Adversarial Networks, GAN), olasılık yoğunluk fonksiyonunu açıkça modellemeden veri üretme kabiliyetiyle görüntü işlemede yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ağ yapısı Şekil 7'deki gibi 2 sinir ağından oluşmaktadır. Bunlar üretici ve ayırt edici olmak üzere ayrılmıştır. Üretici ağ klasik otokodlayıcılar gibi çalışarak hedef veri dağılımına benzer yapay veriler üretmek için eğitilmektedir. Bu veriler resim, ses, şekil, model vb. şekilde oluşabilmektedir. Ayırt edici taraf ise sahte ve gerçek verilerin birbirinden ayırt edilmesine yardımcı olur. Ayırt edilen veriler yapay verileri gerçek verilerden ayırt etmek için eğitilmektedir [78].

Çekişmeli üretici ağ'ın görüntü yeniden yapılandırılma [79], görüntü büyütme [80-81], bölütleme [82-83] sınıflandırma ve tespit [84], veri sayısını artırma [85] ve çapraz modalite görüntü sentezi [86] gibi birçok uygulamada yararlı olduğu kanıtlanmıştır. Literatürde yer alan çalışmalardan bazıları Tablo 1'de gösterilmektedir.



Şekil 7. Çekişmeli Üretici Ağ Yapısı



Şekil 8. Klasik Görüntü Bölümleme Teknikleri Avantajları ve Dezavantajları

Tablo 1. Literatür çalışmaları

BT			
Ref.	Yıl	Yöntem	Bölge
[87]	2017	Yığınlanmış Otomatik Kodlayıcı	Karaciğer
[88]	2019	Yığınlanmış Seyrek Otomatik Kodlayıcı	Omur
[89]	2019	Otomatik Kodlayıcı	Baş ve Boyun
[90]	2017	Derin Evrişimsiz Sinir Ağı	Beyin
[91]	2017	Evrişimli Sinir Ağı	Baş ve Boyun
[92]	2019	2D ve 3D Evrişimli Sinir Ağı	Toraks
[93]	2019	U-Net	Akciğer
[94]	2017	2D Tam Evrişimli Ağ	Tüm Vücut
[95]	2019	Tam Evrişimli Ağ	Akciğer
[96]	2019	2D-3D Tam Evrişimli Ağ	Karın
[97]	2020	U-Net	Karın
[98]	2020	3D U-Net	Göğüs - Karın
[99]	2019	Şekil Kısıtlanmalı Üretken Çelişkili Ağ	Karın
[100]	2020	3D U-Net	Baş- Boyun
MR			
[43]	2015	Yığılmış Gürültü Giderme Otomatik Kodlayıcı	Beyin Gliomları
[101]	2018	3 D Tam Evrişimli Ağ	Karın
[102]	2018	Üretken Çelişkili Ağ	Beyin Tümörü
[77]	2016	Kademeli Tam Evrişimli Ağ	Karaciğer ve Lezyonları
[103]	2019	Otomatik Kodlayıcı	Göğüs (W1)
[104]	2016	Evrişimli Sinir Ağı- Seçime Dayalı Seyrek Şekil Modeli	(Kanser) Beyin, Meme ve Pankreas (H&E)
[105]	2015	Çok Ölçekli Evrişimli Sinir Ağı + Grafik Bölümleme Yaklaşımı	Rahim Ağzı Kanser Hocreleri (H&E)
[106]	2019	Yığınlanmış Otomatik Kodlayıcı	Göğüs (H&E)
[107]	2015	Yığınlanmış Seyrek Otomatik Kodlayıcı	Göğüs(H&E)
[108]	2017	Çok Ölçekli Evrişimli Sinir Ağı Modeli	Serviks (Rahim Ağzı), (Pap, H&E)
[109]	2019	Evrişimli Sinir Ağı	Bağırsak (H&E)
[110]	2017	Evrişimli Sinir Ağı – 2D LSTM	Göğüs (H&E)
[111]	2019	Tam Evrişimli Ağ	Bağırsak(H&E)
[112]	2018	Tam Evrişimli Ağ- U-net	Böbrek (PAS)
[113]	2017	Tam Evrişimli Ağ Tabanlı Çok Örnek Öğrenme + Derin Denetim	Bağırsak (H&E)
[114]	2018	Evrişimli Sinir Ağı Tabanlı Regresyon Modeli	Meme Kanseri ((H&E))
[115]	2018	Evrişimli Sinir Ağı- U-net- Resnet	(Kanserli) Bağırsak ve Kolorektal Doku (H&E- IHC)

Tablo 1'in devamı

[116]	2018	Otomatik Kodlayıcı Tabanlı U-Net Modeli	Göğüs
[117]	2018	Tam Evrişimli Ağ + Yinelemeli Öğrenme Yaklaşımı	Mide (H&E)
[118]	2016	Tam Evrişimli Ağ	(Kanserli) Bağırsak
[119]	2019	U Net	(Kanser) Çoklu Organ Ve Akciğer (H&E)
[120]	2019	Evrişimli Sinir Ağı	(Kanser)Çoklu Doku (H&E-WSI)
[121]	2019	Döngü Üreten Çekişmeli Ağ + Unet	Böbrek
[122]	2019	Döngü Üreten Çekişmeli Ağ	Böbrek (Pas, H&E)
[123]	2019	Döngü Üreten Çekişmeli Ağ + SegNet	Akciğer (Pd-L1 + Sitokeratin)
[124]	2019	Tam Evrişimli Ağ	(Kanser)Göğüs-Bağırsak (H&E- WSI)
[125]	2019	U- Net	Bağırsak (H&E- WSI)
[126]	2019	U- Net	Prostat (H&E -IHC)
[127]	2020	U- Net	Prostat
[128]	2019	Çok Ölçekli Tam Evrişimli Ağ Modeli	(Kanser) Bağırsak
[129]	2019	U-Net + Evrişimli Sinir Ağı	(Kanser)Akciğer
[130]	2019	U Net	Bağırsak (H&E- WSI)
[131]	2019	U Net	Göğüs (H&E- WSI)

3. SONUÇLAR

Bu derleme çalışmasında, yakın zamanda yayınlanan biyomedikal görüntü bölütleme için derin öğrenme tabanlı bölütleme yöntemlerinin kapsamlı bir incelemesi sunulmaktadır. Son 5 yılda yapılan çalışmaların birçoğu Tablo 1' de genel olarak gösterilmektedir.

Medikal bölütleme yöntemlerine yönelik ilk yaklaşımda, sinir ağı sıfırdan oluşturularak eğitilmektedir. Bu durumda genellikle büyük etiketli veri kümesinin kullanılması gerekmektedir. İkinci yaklaşımda, ide mevcut önceden eğitilmiş ESA'lardan biri kullanılmaktadır [12]. Yaygın olarak kullanılan AlexNet mimarisi, ImageNet Büyük Ölçekli Görsel Tanıma Challenge 2010 aracılığıyla sağlanan 1,2 milyon yüksek çözünürlüklü görüntüyü 1000 farklı sınıf için sınıflandırmak üzere eğitilmiştir.

Diğer grup çalışmalarda ise uçtan uca bölütlemeyi gerçekleştirmek için tam evrişim ağının hızlı bir şekilde anlamlı sonuçlar elde etmesinden ötürü sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. R-FCN yöntemlerinden önce hedef bölgelerini belirlemesi ve ardından her bir hedef için bölge tabanlı tam evrişimli ağ bölütleme yapması açısından birçok çalışmada avantaj sağlamaktadır.

Derin öğrenme tabanlı [89,132–135], tıbbi görüntü bölütlemesinde, özellikle çoklu organ bölütleme alanında da son zamanlarda birçok çalışma yapılmıştır. Geleneksel yöntemlerin aksine, derin öğrenme tabanlı yöntemler ile tıbbi görüntülerden temsili özelliklerin çıkarımları yapılarak sonuçlar elde edilmiştir [136]. Bu yöntemler arasında AE'nin birçok avantajı olmasına rağmen, çoklu organ bölütlemelerinde bazı zorluklar karşılaşılmaktadır. Bunların en önemlisi veri düzenliliği ile ilgilidir. AE yöntemiyle yapılan çalışmalarda, akciğer, kalp ve karaciğer gibi küçük şekil değişkenliğine sahip anatomik yapılar için oldukça iyi çalışır. Bununla birlikte, denetimsiz AE yöntemlerinin, büyük şekil değişkenliğine sahip düzensiz lezyonları ve tümörleri bölütlere ayırması

zor olmaya devam etmektedir. AE kullanılan katman sayısı, büyük hesaplama karmaşıklığı nedeniyle sınırlı olabilir. Son zamanlardaki çalışmalarda göze çarpan bir diğer konu ise gelişmiş doku kontrastı sağlamak ve bölütleme doğruluğunu geliştirmek için sentetik görüntülerin kullanılmasıdır. Fakat bu konu ile ilgili çalışmaların hala devam ettiği görülmüştür.

GAN tabanlı yapılan çalışmalarda, bölütleme sonuçlarının doğruluğu ve bölütlere ayrılmış yapıların aslına uygunluğunu artırmada umut verici sonuçlar göstermekte olduğu tespit edilmiştir. Histopatolojik uygulamalarda derin öğrenmenin uygulanması da 1990'larda tam slayt tarayıcıların tanıtılması, tüm doku slaytlarının mikroskopik çözünürlükte sayısallaştırılmış görüntülerini üretmeyi çok daha kolay hale getirmesiyle başlamıştır. Bu, görüntü analizi ve makine öğrenimi tekniklerinin histopatolojiye uygulanmasına olan ilginin yenilenmesine yol açmıştır. Orijinal olarak radyolojide bilgisayar destekli tanı için geliştirilen algoritmaların çoğu, dijital patolojide kullanım için başarıyla uyarlanmıştır ve [136-137] derin öğrenme yöntemlerinin yaygın olarak benimsenmesinden önce yürütülen çalışmaların kapsamlı incelemelerini sunmaktadır. 2011 yılında [138], histoloji görüntülerinden çıkarılan özelliklerin kanser dokusunun yeni biyolojik yönlerinin keşfedilmesine yardımcı olabileceğini göstermektedir. Bu gelişmeler, dijital patoloji görüntülerinden elde edilen biyo-belirteçlerin hassas tıp için [139], özellikle onkolojide kullanımına yönelik artan bir ilgiye yol açmıştır. Daha sonra 2012 yılında [12] ImageNet LSVRC-2010 yarışmasında 1,2 milyon yüksek çözünürlüklü görüntüyü 1000 farklı sınıfa ayırarak evrişimli sinir ağlarının önceki makine öğrenimi yaklaşımlarından daha iyi performans gösterebileceğini gösterdi. Aynı zamanda, [63] ESA'ların elektron mikroskobu görüntülerinde sınırları bölütlere ayırmada ve histopatoloji görüntülerinde mitotik hücreleri tespit etmede rakip yöntemlerden daha iyi performans gösterebileceğini göstermiştir [140]. O zamandan beri, ESA'lara dayalı yöntemlerin, diğer manuel yöntemlerden daha iyi performans gösterdiği ispatlanmıştır. ESA'ların, patoloğlardan uzman girdisine ihtiyaç duymadan doğrudan ham verilerden özellikleri öğrenme yeteneği ve açıklamalı histopatoloji veri kümelerinin mevcudiyeti, histopatolojiye uygulanan derin öğrenmeye olan ilginin artmasına da yol açmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedir.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Fatma LATİFOĞLU: Doğrulama, analiz, inceleme ve düzenleme, gözetim ve liderlik sorumluluğu. Tuğba ŞENTÜRK: Yazma-orijinal taslak hazırlama, verilerin ve kaynakların düzenlenmesi, görselleştirme, kavramsallaştırma, metodolojiden sorumlu yazarın katkılarıdır.

KAYNAKLAR

- [1] A. Maier, C. Syben, T. Lasser and C. Riess, “A gentle introduction to deep learning in medical image processing,” *Elsevier Z. für M. Physik*, vol. 29, no. 2, pp. 86-101, 2019, doi: 10.1016/j.zemedi.2018.12.003.
- [2] M. Sharif, S. Mohsin and M. J. Jamal, “Illumination normalization preprocessing for face recognition,” 2010 The 2nd Conference on Environmental Science and Information Application Technology, Wuhan, China, July 17-18, 2010.
- [3] S. Aja-Fernández, A. H. Curiale, and G. Vegas-Sánchez-Ferrero, “A local fuzzy thresholding methodology for multiregion image segmentation,” *Knowl Based Syst*, vol. 83, no. 1, pp. 1–12, 2015, doi: 10.1016/J.KNOSYS.2015.02.029.
- [4] P. P. Vijay and N. C. Patil, “Gray scale image segmentation using OTSU Thresholding optimal approach,” *Journal for Research*, vol. 2, no. 5, pp. 2395-7549, 2016.
- [5] S. S. Al-amri, N. V. Kalyankar, and S. D. Khamitkar, “Image Segmentation by Using Threshold Techniques,” *Lahore Garrison University Research Journal of Computer Science and Information Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 83-86, 2010, doi: 10.48550/arxiv.1005.4020.
- [6] G. B. Coleman and H. C. Andrews, “Image segmentation by clustering,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 67, no. 5, pp. 773-785, 1979, doi: 10.1109/PROC.1979.11327
- [7] G. Sethi, B. S. Saini and D. Singh, “Segmentation of cancerous regions in liver using an edge-based and phase congruent region enhancement method,” *Elsevier, Computers & Electrical Engineering*, vol. 53, pp. 244-262, 2016, doi: doi.org/10.1016/j.compeleceng.2015.06.025
- [8] K. Wu and D. Zhang, “Robust tongue segmentation by fusing region-based and edge-based approaches,” *Expert Syst Appl*, vol. 42, no. 21, pp. 8027–8038, Jul. 2015, doi: 10.1016/J.ESWA.2015.06.032.
- [9] N. M. Zaitoun and M. J. Aqel, “Survey on Image Segmentation Techniques,” *Procedia Comput Sci*, vol. 65, pp. 797–806, 2015, doi: 10.1016/J.PROCS.2015.09.027.
- [10] S. Niu, Q. Chen, L. de Sisternes, Z. Ji, Z. Zhou, and D. L. Rubin, “Robust noise region-based active contour model via local similarity factor for image segmentation,” *Pattern Recognit*, vol. 61, pp. 104–119, 2017, doi: 10.1016/J.PATCOG.2016.07.022.
- [11] E. Anjna and R. Rajandeeep, “Review of image segmentation technique,” *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, vol. 8, no. 4, pp. 36-39, 2017.
- [12] A. Krizhevsky, I. Sutskever and G. E. Hinton, “Imagenet classification with deep convolutional neural networks,” *Communications of the ACM*, vol. 60, no. 6, pp. 84-90, 2017, doi: https://doi.org/10.1145/3065386.

- [13] G. Hinton, L. Deng, D. Yu, G. E. Dahl, A. Mohamed, N. Jaitly, A. Senior, V. Vanhoucke, P. Nguyen, T. N. Sainath and B. Kingsbury, “Deep neural networks for acoustic modeling in speech recognition: The shared views of four research groups,” *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 29, no. 6, pp. 82-97, 2012, doi: 10.1109/MSP.2012.2205597.
- [14] I. Sutskever, O. Vinyals, and Q. V. le, “Sequence to Sequence Learning with Neural Networks,” *Adv Neural Inf Process Syst*, vol. 27, 2014.
- [15] W. Jifara, F. Jiang, S. Rho, M. Cheng, and S. Liu, “Medical image denoising using convolutional neural network: a residual learning approach,” *Journal of Supercomputing*, vol. 75, no. 2, pp. 704–718, 2019, doi: <https://doi.org/10.1007/s11227-017-2080-0>.
- [16] P. Vincent, H. Larochelle, I. Lajoie, Y. Bengio and P. A. Manzagol, “Stacked denoising autoencoders: Learning useful representations in a deep network with a local denoising criterion.” *Journal of Machine Learning Research*, vol. 11, no. 12, pp. 3371–3408, 2010.
- [17] K. Zhang, W. Zuo, Y. Chen, D. Meng and L. Zhang “Beyond a gaussian denoiser: Residual learning of deep cnn for image denoising,” *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 26, no. 7, pp. 3142-3155, 2017, doi: 10.1109/TIP.2017.2662206.
- [18] K. He, X. Zhang, S. Ren and J. Sun, “Deep Residual Learning for Image Recognition,” 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, Jun. 27-30, 2016.
- [19] K. Simonyan and A. Zisserman, “Very deep convolutional networks for large-scale image recognition,” ICLR 2015, arXiv: 1409.1556.
- [20] L. Chen, G. Papandreou, I. Kokkinos, K. Murphy and A. L. Yuille, “Semantic image segmentation with deep convolutional nets and fully connected crfs,” *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intelligence*, vol. 40, no. 4, pp. 834-848, 2018, doi: 10.1109/TPAMI.2017.2699184.
- [21] H. Noh, S. Hong and B. Han, “Learning deconvolution network for semantic segmentation,” 2015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Santiago, Chile, Dec. 04-13, 2015.
- [22] J. Hung, A. Goodman, D. Ravel, S. C. P. Lopes, G. W. Rangel, O. A. Nery, B. Malleret, F. Nosten, M. V. G. Lacerda, M. U. Ferreira, L. Rénia, M. T. Duraisingh, F. T. M. Costa, M. Marti and A. E. Carpenter, “Keras R-CNN: Library for cell detection in biological images using deep neural networks,” *BMC Bioinformatics*, vol. 21, no. 1, 2020, doi: 10.1186/S12859-020-03635-X.
- [23] Z. Zhao, P. Zheng, S. Xu and X. Wu, “Object detection with deep learning: A review,” *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, vol. 30, no. 11, pp. 3212-3232, 2019, doi: 10.1109/TNNLS.2018.2876865
- [24] F. H. D. Araújo, R. R.V. Silva, D. M. Ushizima, M. T. Rezende, C. M. Carneiro, A. G. C. Bianchi and F. N. S. Medeiros, “Deep learning for cell image segmentation and ranking,” *Computerized Medical Imaging and Graphics*, vol. 72, pp. 13-21, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2019.01.003>.
- [25] S. Minaee, Y. Boykov, F. Porikli, A. Plaza, N. Kehtarnazav and D. Terzopoulos, “Image segmentation using deep learning: A survey,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 44, no. 7, pp. 3523-3542, 2022, doi: 10.1109/TPAMI.2021.3059968.

- [26] B. M. Priego-Torres, D. Sanchez-Morillo, M. A. Fernandez-Granero and M. Garcia-Rojo “Automatic segmentation of whole-slide H&E stained breast histopathology images using a deep convolutional neural network architecture,” *Expert Systems with Applications*, vol. 151, pp. 113387, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113387>
- [27] T. Zhou, S. Ruan and S. Canu, “A review: Deep learning for medical image segmentation using multi-modality fusion,” *Array*, vol. 3–4, pp. 100004, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.array.2019.100004>.
- [28] A. Garcia-Garcia, S. Orts-Escolano, S. O. Oprea, V. Villena-Martinez, and J. Garcia-Rodriguez, “A review on deep learning techniques applied to semantic segmentation,” arXiv: 1704.06857., 22 Apr 2017.
- [29] Y. Weng, T. Zhou, Y. Li and X. Qiu, “Nas-unet: Neural architecture search for medical image segmentation,” *Special Section On Advanced Optical Imaging For Extreme Environments*, vol.7, pp. 44247-44257, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2908991.
- [30] Z. Bozdağ Karakeçi and M. Fatih Talu, “Histopatolojik Görüntülerde Kanser Tespit ve Lokasyon Yöntemleri,” *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, no. 23, pp. 608–616, 2021, doi: 10.31590/ejosat.888836.
- [31] E. Menteşe and E. Hançer, “Histopatoloji görüntülerde derin öğrenme yöntemleri ile çekirdek segmentasyonu,” *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Ejosat, Özel Sayı, pp. 95–102, 2020, doi: 10.31590/ejosat.819409.
- [32] Y. Guo, Y. Liu, T. Georgiou, and M. S. Lew, “A review of semantic segmentation using deep neural networks,” *Int J Multimed Inf Retr*, vol. 7, no. 2, pp. 87–93, Jun. 2018, doi: 10.1007/S13735-017-0141-Z.
- [33] Y. Fu, Y. Lei, T. Wang, W. J. Curran, T. Liu and X. Yang., “A review of deep learning based methods for medical image multi-organ segmentation,” *Physica Medica*, vol. 85, pp. 107-122, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.05.003>
- [34] A. Fischer, K. Jacobson, J. Rose and R. Zeller, “Hematoxylin and eosin staining of tissue and cell sections,” *Cold spring harbor protocols, Preparation of Cells and Tissues for Fluorescence Microscopy*, Chapter 4, in *Basic Methods in Microscopy* NY, USA, 2008.
- [35] I. Rizwan I. Haque and J. Neubert, “Deep learning approaches to biomedical image segmentation,” *Inform Med Unlocked*, vol. 18, pp. 100297, 2020, doi: 10.1016/J.IMU.2020.100297.
- [36] S. Minaee, Y. Buykov, F. Porkli, A. Plaza, N. Kehtarnavaz and D. Terzopoulos, “Medical Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 44, no. 7, pp. 3523-3542, 2022, doi: 10.1109/TPAMI.2021.3059968.
- [37] Ş. Öztürk and B. Akdemir, “Cell-type based semantic segmentation of histopathological images using deep convolutional neural networks,” *Int J Imaging Syst Technol*, vol. 29, no. 3, pp. 234–246, 2019, doi: 10.1002/IMA.22309.
- [38] J. Âmin, M. Sharif, N. Gul, M. Raza, M. A. Anjum, M. W. Nisar and S. A. C. Bukhari “Brain Tumor Detection by Using Stacked Autoencoders in Deep Learning,” *J Med Syst*, vol. 44, no. 2, 2020, doi: 10.1007/S10916-019-1483-2.
- [39] H. Shin, M. Orton, D. J. Collins, S. J. Doran and M. O. Leach, “Stacked autoencoders for unsupervised feature learning and multiple organ detection in a pilot study using 4D patient data,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 35, no. 8, pp. 1930-1943, 2013, doi: 10.1109/TPAMI.2012.277.

- [40] P. Vincent, H. Larochelle, Y. Bengio, and P. A. Manzagol, "Extracting and composing robust features with denoising autoencoders," Proceedings of the 25th International Conference on Machine Learning, Helsinki, Finland, jul. 5, 2008.
- [41] Z. Fan, D. Bi, L. He, M. Shiping, S. Gao, and C. Li, "Low-level structure feature extraction for image processing via stacked sparse denoising autoencoder," *Neurocomputing*, vol. 243, pp. 12–20, 2017, doi: 10.1016/J.NEUCOM.2017.02.066.
- [42] V. Alex, K. Vaidhya, S. Thirunavukkarasu, C. Kesavadas and G. Krishnamurthi, "Semisupervised learning using denoising autoencoders for brain lesion detection and segmentation," *Journal of Medical Imaging*, vol. 4, no. 4, pp. 041311, 2017, doi: <https://doi.org/10.1117/1.JMI.4.4.041311>
- [43] K. Vaidhya, S. Thirunavukkarasu, V. Alex, and G. Krishnamurthi, "Multi-modal brain tumor segmentation using stacked denoising autoencoders," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 9556, pp. 181–194, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-30858-6_16.
- [44] H. Su, F. Xing, X. Kong, Y. Xie, S. Zhang, and L. Yang, "Robust cell detection and segmentation in histopathological images using sparse reconstruction and stacked denoising autoencoders," *Advances in Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 9351, no. 9783319429984, pp. 257–278, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-42999-1_15.
- [45] B. H. Menze, A. Jakab, S. Bauer, J. Kalpathy-Cramer, K. Farahani, J. Kirby, Y. Burren, N. Porz, J. Slotboom, R. Wiest, L. Lanczi, E. Gerstner, M. Weber, T. Arbel, B. B. Avants, N. Ayache, P. Buendia, D. L. Collins, N. Cordier, J. J. Corso, A. Criminisi, T. Das, Hervé Delingette, Ç. Demiralp, C. R. Durst, M. Dojat, S. Doyle, J. Festa, F. Forbes, E. Geremia, B. Glocker, P. Golland, X. Guo, Andac Hamamci, Khan M. Iftexharuddin, Raj Jena, Nigel M. John, E. Konukoglu, D. Lashkari, J. A. Mariz, R. Meier, S. Pereira, D. Precup, S. J. Price, T. R. Raviv, S. M. S. Reza, M. Ryan, D. Sarikaya, L. Schwartz, H. C. Shin, J. Shotton, C. A. Silva, N. Sousa, N. K. Subbanna, G. Szekely, T. J. Taylor, O. M. Thomas, N. J. Tustison, G. Unal, F. Vasseur, M. Wintermark, D. H. Ye, L. Zhao, B. Zhao, D. Zikic, M. Prastawa, M. Reyes, and K. V. Leemput, "The multimodal brain tumor image segmentation benchmark (BRATS)," *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 34, no. 10, pp. 1993–2024, 2015, doi: 10.1109/TMI.2014.2377694.
- [46] M. Ahmad, J. Yang, D. Ai, S. F. Qadri, and Y. Wang, "Deep-stacked auto encoder for liver segmentation," *Communications in Computer and Information Science*, vol. 757, pp. 243–251, 2018, doi: 10.1007/978-981-10-7389-2_24.
- [47] X. Wang, S. Zhai, and Y. Niu, "Automatic Vertebrae Localization and Identification by Combining Deep SSAE Contextual Features and Structured Regression Forest," *J Digit Imaging*, vol. 32, no. 2, pp. 336–348, 2019, doi: 10.1007/S10278-018-0140-5.
- [48] S. Albawi, T. A. Mohammed and S. Al-Zawi, "Understanding of a convolutional neural network," 2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET), Antalya, Turkey, Aug. 21-23, 2017.
- [49] L. Alzubaidi, J. Zhang, A. J. Humaidi, A. Al-Dujaili, Y. Duan, O. Al-Shamma, J. Santamaría, M. A. Fadhel, M. Al-Amidie and L. Farhan "Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions," *J Big Data*, vol. 8, no. 1, 2021, doi: 10.1186/S40537-021-00444-8.
- [50] Y. Lecun, L. Bottou, Y. Bengio and P. Haffner, "Gradient-based learning applied to document recognition," *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, no. 11, pp. 2278-2324, 1998, doi: 10.1109/5.726791.

- [51] M. D. Zeiler and R. Fergus, “Stochastic pooling for regularization of deep convolutional neural networks,” 1st International Conference on Learning Representations, ICLR 2013, arXiv: 1301.3557.
- [52] O. Russakovsky, J. Deng, H. Su, J. Krause, S. Satheesh, S. Ma, Z. Huang, A. Karpathy, A. Khosla, M. Bernstein, A. C. Berg and L. Fei-Fei “ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge,” *Int J Comput Vis*, vol. 115, no. 3, pp. 211–252, 2015, doi: 10.1007/S11263-015-0816-Y.
- [53] E. Acar, Ö. Türk, Ö. F. Ertugrul, and E. Aldemir, “Employing deep learning architectures for image-based automatic cataract diagnosis,” *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, vol. 29, no. 8, pp. 2649–2662, Jan. 2021, doi: 10.3906/elk-2103-77.
- [54] C. Szegedy, W. Liu, Y. Jia, P. Sermanet, S. Reed. D. Anguelov, S. Erhan, V. Vanhoucke and A. Rabinovich, “Going deeper with convolutions,” 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Boston, MA, Jun. 07-12, 2015.
- [55] K. He, X. Zhang, S. Ren and J. Sun, “Spatial pyramid pooling in deep convolutional networks for visual recognition,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 37, no. 9, pp. 1904-1916, 2015, doi: 10.1109/TPAMI.2015.2389824.
- [56] G. Huang, Z. Liu, L. van der Maaten, and K. Q. Weinberger, “Densely connected Convolutional networks,” 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Honolulu, HI, USA, jul. 21-26, 2017.
- [57] H. R. Roth, L. Lu, A. Farag, H. C. Shin, J. Liu, E. B. Turkbey & R. M. Summers “Deeporgan: Multi-level deep convolutional networks for automated pancreas segmentation,” *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 9349, pp. 556–564, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-24553-9_68.
- [58] S. Hamidian, Sahiner, N. Petrick and A. Pezeshk, “3D convolutional neural network for automatic detection of lung nodules in chest CT,” SPIE Medical Imaging, Orlando, Florida, United States, Mar. 3, 2017
- [59] G. L. França da Silva, T. L. A. Valente, bAristófañes CorrêaSilvaaAnselmo Cardosode PaivaaMarceloGattassb “The lung image database consortium (LIDC) and image database resource initiative (IDRI): a completed reference database of lung nodules on CT scans,” *Wiley Online Library*, vol. 38, no. 2, pp. 915–931, 2011, doi: 10.1118/1.3528204.
- [60] P. Sermanet, D. Eigen, X. Zhang, M. Mathieu, R. Fergus, and Y. Lecun, “Overfeat: Integrated recognition, localization and detection using convolutional networks,” arXiv: 1312.6229, 24 Feb. 2014.
- [61] R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell and J. Malik, “Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation,” 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Columbus, OH, USA, Jun. 23-28, 2014.
- [62] F. Ning, D. Delhomme, Y. LeCun, F. Piano, L. Bottou and P.E. Barbano, “Toward automatic phenotyping of developing embryos from videos,” *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 14, no. 9, pp. 1360-1371, 2005, doi: 10.1109/TIP.2005.852470.
- [63] D. C. Cireş,ancires,an, A. Giusti, L. M. Gambardella, and J. Schmidhuber, “Deep Neural Networks Segment Neuronal Membranes in Electron Microscopy Images,” *Advances in neural information processing systems*, vol. 25, 2012.
- [64] P. Pinheiro and R. Collobert, “Recurrent convolutional neural networks for scene labeling,” *Proceedings of the 31st International Conference on Machine Learning*, vol. 32, no. 1, pp. 82-90, 2014.

- [65] B. Hariharan, P. Arbeláez, R. Girshick, and J. Malik, “Simultaneous detection and segmentation,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 8695 LNCS, no. PART 7, pp. 297–312, 2014, doi: 10.1007/978-3-319-10584-0_20/COVER.
- [66] S. Gupta, R. Girshick, P. Arbeláez, and J. Malik, “Learning rich features from RGB-D images for object detection and segmentation,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 8695 LNCS, no. PART 7, pp. 345–360, 2014, doi: 10.1007/978-3-319-10584-0_23/COVER.
- [67] J. Long, E. Shelhamer and T. Darrell, “Fully convolutional networks for semantic segmentation,” 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Boston, MA, USA, Jun. 07-12, 2015.
- [68] O. Ronneberger, P. Fischer and T. Brox, “U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation,” In *International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention*, vol. 9351, pp. 234–241, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-24574-4_28.
- [69] A. Eker and N. Duru, “Medikal Görüntü İşlemede Derin Öğrenme Uygulamaları,” *Acta Infologica*, cilt: 5, sayı: 2, s. 459 - 474, 2021, doi: 10.26650/acin.927561.
- [70] F. Milletari, N. Navab and S. Ahmadi, “V-net: Fully convolutional neural networks for volumetric medical image segmentation,” 2016 Fourth International Conference on 3D Vision (3DV), Stanford, CA, USA, Oct. 25-28, 2016.
- [71] Y. Lei, S. Tian, X. He, T. Wang, B. Wang, P. Patel, A. B. Jani, H. Mao, W. J. Curran, T. Liu and X. Yang, “Ultrasound prostate segmentation based on multidirectional deeply supervised V- Net,” *Wiley Online Library*, vol. 46, no. 7, pp. 3194–3206, 2019, doi: 10.1002/mp.13577.
- [72] B. Wang, Y. Lei, S. Tian, T. Wang, Y. Liu, P. Patel, A. B. Jani, H. Mao, W. J. Curran, T. Liu and X. Yang, “Deeply supervised 3D fully convolutional networks with group dilated convolution for automatic MRI prostate segmentation,” *Wiley Online Library*, vol. 46, no. 4, pp. 1707–1718, 2019, doi: 10.1002/mp.13416.
- [73] J. Schlemper, O. Oktay, M. Schaap, M. Heinrich, B. Kainz, B. Glocker and D. Rueckert, “Attention gated networks: Learning to leverage salient regions in medical images,” *Medical Image Analysis*, vol. 53, pp. 197-207, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.media.2019.01.012>.
- [74] J. R. R. Uijlings, K. E. A. van de Sande, T. Gevers, and A. W. M. Smeulders, “Selective search for object recognition,” *Int J Comput Vis*, vol. 104, no. 2, pp. 154–171, 2013, doi: 10.1007/S11263-013-0620-5.
- [75] R. Girshick, “Fast r-cnn,” 2015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Santiago, Chile, Dec. 07-13, 2015
- [76] S. Ren, K. He, R. Girshick and J. Sun, “Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.39, no. 6, pp. 1137-1149, 2017, doi: 10.1109/TPAMI.2016.2577031.

- [77] P. F. Christ, M. E. Elshaer, F. Ettliger, S. Tatavarty, M. Bickel, P. Bilic, M. Rempfler, M. Armbruster, F. Hofmann, M. D’Anastasi, W. H. Sommer, S. A. Ahmadi and B. H. Menze, “Automatic liver and lesion segmentation in CT using cascaded fully convolutional neural networks and 3D conditional random fields,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 9901 LNCS, pp. 415–423, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-46723-8_48.
- [78] I. Goodfellow, J. Pouget-Abadie, M. Mirza, B. Xu, D. Warde-Farley, S. Ozair, A. Courville, and Y. Bengio, “Generative adversarial nets,” *Communications of the ACM*, vol. 63, no. 11, pp. 139–144, doi: <https://doi.org/10.1145/3422622>.
- [79] X. Ying, H. Guo, K. Ma, J. Wu, Z. Weng and Y. Zheng, “X2CT-GAN: reconstructing CT from biplanar X-rays with generative adversarial networks,” *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, CA, USA, Jun. 15-20, 2019.
- [80] X. Dong, Y. Lei, T. Wang, K. Higgins, T. Liu, W. J. Curran, H. Mao, J. Nye and X. Yang, “Deep learning-based attenuation correction in the absence of structural information for whole-body positron emission tomography imaging,” *Physics in Medicine & Biology*, vol. 65, no. 5, pp. 055011, 2020, doi: <https://doi.org/10.1088/1361-6560/ab652c>.
- [81] J. Harms, Y. Lei, T. Wang, R. Zhang, J. Zhou, X. Tang, W. J. Curran, T. Liu and X. Yang, “Paired cycle- GAN- based image correction for quantitative cone- beam computed tomography,” *Wiley Online Library*, vol. 46, no. 9, pp. 3998–4009, 2019, doi: 10.1002/mp.13656.
- [82] X. Dong, Y. Lei, T. Wang, M. Thomas, L. Tang, W. J. Curran, T. Liu and X. Yang, “Automatic multiorgan segmentation in thorax CT images using U- net- GAN,” *Wiley Online Library*, vol. 46, no. 5, pp. 2157–2168, 2019, doi: 10.1002/mp.13458.
- [83] W. Dai, N. Dong, Z. Wang, X. Liang, H. Zhang, and E. P. Xing, “Scan: Structure correcting adversarial network for organ segmentation in chest x-rays,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 11045 LNCS, pp. 263–273, 2018, doi: 10.1007/978-3-030-00889-5_30.
- [84] Q. Zhang, H. Wang, H. Lu, D. Won and S. W. Yoon, “Medical image synthesis with generative adversarial networks for tissue recognition,” 2018 IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI), New York, NY, USA, Jun. 04-07, 2018.
- [85] M. Frid-Adar, I. Diamant, E. Klang, M. Amitai, J. Goldberger and H. Greenspan, “GAN-based synthetic medical image augmentation for increased CNN performance in liver lesion classification,” *Neurocomputing*, vol. 321, pp. 321-331, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.09.013>.
- [86] G. Shafai-Erfani, T. Wang, Y. Lei, S. Tian, P. Patel, A. B. Jani, W. J. Curran, T. Liu and X. Yang, “Dose evaluation of MRI-based synthetic CT generated using a machine learning method for prostate cancer radiotherapy,” vol. 44, no. 4, pp. e64-e70, 2019
- [87] D. Oszutowska-Mazurek, P. Mazurek, and O. Knap, “Stacked autoencoder for segmentation of bone marrow histological images,” *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 764, pp. 425–435, 2019, doi: 10.1007/978-3-319-91189-2_42/COVER.
- [88] S. Qadri, Z. Zhao, D. Ai, M. Ahmad and Y. Wang, “Vertebrae segmentation via stacked sparse autoencoder from computed tomography images,” Eleventh International Conference on Digital Image Processing (ICDIP 2019), Guangzhou, China, Aug. 14, 2019.

- [89] E. Tappeiner, S. Pröll, M. Hönig, P. F. Raudaschl, P. Zaffino, M. F. Spadea, G. C. Sharp, R. Schubert and K. Fritscher, “Multi-organ segmentation of the head and neck area: an efficient hierarchical neural networks approach,” *Int J Comput Assist Radiol Surg*, vol. 14, no. 5, pp. 745–754, 2019, doi: 10.1007/S11548-019-01922-4.
- [90] K. Men, X. Chen, Y. Zhang, T. Zhang, J. Dai, J. Yi and Y. Li, “Deep deconvolutional neural network for target segmentation of nasopharyngeal cancer in planning computed tomography images,” *Front Oncol*, vol. 7, no. DEC, 2017, doi: 10.3389/FONC.2017.00315.
- [91] B. Ibragimov and L. Xing, “Segmentation of organs- at- risks in head and neck CT images using convolutional neural networks,” *Wiley Online Library*, vol. 44, no. 2, pp. 547–557, 2017, doi: 10.1002/mp.12045.
- [92] L. D. van Harten, J. M. H. Noothout, J. J. C. Verhoeff, J. M. Wolterink, and I. Išgum, “Automatic Segmentation of Organs at Risk in Thoracic CT scans by Combining 2D and 3D Convolutional Neural Networks.,” In: *SegTHOR@ISBI. in CEUR Workshop Proceedings(2019)*. vol. 2349, pp. 1-4, 2019, doi: http://ceur-ws.org/Vol-2349/SegTHOR2019_paper_12.pdf
- [93] J. Zhu, J. Zhang, B. Qiu, Y. Liu, X. Liu, and L. Chen, “Comparison of the automatic segmentation of multiple organs at risk in CT images of lung cancer between deep convolutional neural network-based and atlas-based techniques,” *Acta Oncol (Madr)*, vol. 58, no. 2, pp. 257–264, 2019, doi: 10.1080/0284186X.2018.1529421.
- [94] X. Zhou, R. Takayama, S. Wang, T. Hara, and H. Fujita, “Deep learning of the sectional appearances of 3D CT images for anatomical structure segmentation based on an FCN voting method,” *Wiley Online Library*, vol. 44, no. 10, pp. 5221–5233, 2017, doi: 10.1002/mp.12480.
- [95] G. Shi, L. Xiao, Y. Chen and S. K. Zhou, “Marginal loss and exclusion loss for partially supervised multi-organ segmentation,” *Medical Image Analysis*, vol. 70, pp. 101979, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.media.2021.101979>.
- [96] Y. Zhou, Z. Li, S. Bai, C. Wang, X. Chen, M. Han, E. Fishman and A. L. Yuille, “Prior-aware neural network for partially-supervised multi-organ segmentation,” In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision, Seoul, Korea (South), Oct. 27 – Nov. 02, 2019*.
- [97] H. Kim, J. Jung, J. Kim, B. Cho, J. Kwak, J. Y. Jang, S. Lee, J. Lee and S. M. Yoon, “Abdominal multi-organ auto-segmentation using 3D-patch-based deep convolutional neural network,” *Scientific reports*, vol. 10, no. 1, pp. 1-9, 2020, Art no. 6204, 2020.
- [98] Z. Peng, X. Fang, P. Yan, H. Shan, T. Liu, X. Pei, G. Wang, B. Liu, M. K. Kalra and X. G. Xu, “A method of rapid quantification of patient-specific organ doses for CT using deep-learning-based multi-organ segmentation and GPU-accelerated Monte Carlo dose computing,” *Med Phys*, vol. 47, no. 6, pp. 2526–2536, 2020, doi: 10.1002/MP.14131.
- [99] J. Cai, Y. Xia, D. Yang, D. Xu, L. Yang, and H. Roth, “End-to-End Adversarial Shape Learning for Abdomen Organ Deep Segmentation,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 11861 LNCS, pp. 124–132, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-32692-0_15.
- [100] S. Gou, N. Tong, S. Qi, S. Yang, R. Chin and K. Sheng, “Self-channel-and-spatial-attention neural network for automated multi-organ segmentation on head and neck CT images,” *Phys. Med. Biol.*, vol. 65, no. 24, pp. 245034, 2020, doi: <https://doi.org/10.1088/1361-6560/ab79c3>

- [101] Y. Fu, T. R. Mazur, X. Wu, S. Liu, X. Chang, Y. Lu, H. H. Li, H. Kim, M. C. Roach, L. Henke and D. Yang, “A novel MRI segmentation method using CNN- based correction network for MRI- guided adaptive radiotherapy,” *Wiley Online Library*, vol. 45, no. 11, pp. 5129–5137, 2018, doi: 10.1002/mp.13221.
- [102] Z. Li, Y. Wang, and J. Yu, “Brain tumor segmentation using an adversarial network,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 10670 LNCS, pp. 123–132, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-75238-9_11.
- [103] D. J. Ho, D. V. K. Yarlagadda, T. M. D’Alfonso, M. G. Hanna, A. Grabenstetter, P. Ntiamoah, E. Brogi, L. K. Tan and T. J. Fuchsab, “Deep multi-magnification networks for multi-class breast cancer image segmentation,” *Computerized Medical Imaging and Graphics*, vol. 88, pp. 101866, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2021.101866>
- [104] F. Xing, Y. Xie and L. Yang, “An automatic learning-based framework for robust nucleus segmentation,” *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 35, no. 2, pp. 550-566, 2016, doi: 10.1109/TMI.2015.2481436
- [105] Y. Song, L. Zhang, S. Chen, D. Ni, B. Lei and T. Wang, “Accurate segmentation of cervical cytoplasm and nuclei based on multiscale convolutional network and graph partitioning,” *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 62, no. 10, pp. 2421-2433, 2015, doi: 10.1109/TBME.2015.2430895
- [106] L. Houa, V. Nguyen, A. B. Kanevsky, D. Samaras, T. M. Kurc, T. Zhao, R. R. Gupta, Y. Gao, W. Chen, D. Foran and J. H. Salt, “Sparse autoencoder for unsupervised nucleus detection and representation in histopathology images,” *Pattern Recognition*, vol. 86, pp. 188-200, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2018.09.007>
- [107] J. Xu, L. Xiang, Q. Liu, H. Gilmore, J. Wu, J. Tang and A. Madabhushi, "Stacked Sparse Autoencoder (SSAE) for Nuclei Detection on Breast Cancer Histopathology Images," in *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 35, no. 1, pp. 119-130, 2016, doi: 10.1109/TMI.2015.2458702.
- [108] Y. Song, E. Tan, X. Jiang, J. Cheng, D. Ni, S. Chen, B. Lei and T. Wang, “Accurate cervical cell segmentation from overlapping clumps in pap smear images,” *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 36, no. 1, pp. 288-300, 2017, doi: 10.1109/TMI.2016.2606380
- [109] T. Qaiser, Y. Tsang, D. Taniyama, N. Sakamoto, K. Nakane, D. Epstein and N. Rajpoot, “Fast and accurate tumor segmentation of histology images using persistent homology and deep convolutional features,” *Medical Image Analysis*, vol. 55, pp. 1-14, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.media.2019.03.014>
- [110] A. Agarwalla, M. Shaban, and N. M. Rajpoot, “Representation-Aggregation Networks for Segmentation of Multi-Gigapixel Histology Images,” arXiv:1707.08814, 27 Jul. 2017.
- [111] S. Graham, H. Chen, J. Gamper, Q. Dou, P. Heng, D. Snead, Y. Tsang and N. Rajpoot “MILD-Net: Minimal information loss dilated network for gland instance segmentation in colon histology images,” *Medical Image Analysis*, vol. 52, pp. 199-211, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.media.2018.12.001>.
- [112] T. de Bel, M. Hermsen, B. Smeets, L. Hilbrands, J. van der Laak and G. Litjens “Automatic segmentation of histopathological slides of renal tissue using deep learning,” In *Medical Imaging 2018: Digital Pathology*, Houston, Texas, United States, Mar. 6, 2018.

- [113] Z. Jia, X. Huang, I. Eric, C. Chang and Y. Xu, “Constrained deep weak supervision for histopathology image segmentation,” *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 36, no. 11, pp. 2376-2388, 2017, doi: 10.1109/TMI.2017.2724070
- [114] P. Naylor, M. Laé, F. Reyal and T. Walter, “Segmentation of nuclei in histopathology images by deep regression of the distance map,” *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 38, no. 2, pp. 448-459, 2019, doi: 10.1109/TMI.2018.2865709
- [115] Y. van Eycke, C. Balsat, L. Verset, O. Debeir, I. Salmon and C. Decaestecker, “Segmentation of glandular epithelium in colorectal tumours to automatically compartmentalise IHC biomarker quantification: A deep learning approach,” *Medical Image Analysis*, vol. 49, pp. 35-45, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.media.2018.07.004>
- [116] F. Gu, N. Burlutskiy, M. Andersson, and L. K. Wilén, “Multi-resolution Networks for Semantic Segmentation in Whole Slide Images,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 11039 LNCS, pp. 11–18, 2018, doi: 10.1007/978-3-030-00949-6_2.
- [117] Q. Liang, Y. Nan, G. Coppola, K. Zou, W. Sun, D. Zhang, Y. Wang and G. Yu, “Weakly supervised biomedical image segmentation by reiterative learning,” *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 23, no. 3, pp. 1205-1214, 2019, doi: 10.1109/JBHI.2018.2850040
- [118] A. BenTaieb and G. Hamarneh, “Topology aware fully convolutional networks for histology gland segmentation,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 9901 LNCS, pp. 460–468, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-46723-8_53.
- [119] H. Qu, G. Riedlinger, P. Wu, Q. Huang, J. Yi, S. De and D. Metaxas, “Joint segmentation and fine-grained classification of nuclei in histopathology images,” 2019 IEEE 16th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2019), Venice, Italy, Apr. 08-11, 2019.
- [120] S. Graham, Q. D. Vu, S. Raza, A. Azam, Y. Tsang, J. Kwak and N. Rajpoot, “Hover-net: Simultaneous segmentation and classification of nuclei in multi-tissue histology images,” *Medical Image Analysis*, vol. 58, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.media.2019.101563>
- [121] M. Gadermayr, L. Gupta, V. Appel, P. Boor, B. M. Klinkhammer and D. Merhof “Generative adversarial networks for facilitating stain-independent supervised and unsupervised segmentation: a study on kidney histology,” *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 38, no. 10, pp. 2293-2302, 2019, doi: 10.1109/TMI.2019.2899364
- [122] M. Gadermayr, L. Gupta, B. M. Klinkhammer, P. Boor, and D. Merhof, “Unsupervisedly training GANs for segmenting digital pathology with automatically generated annotations,” arXiv:1805.10059, 1 Aug. 2018.
- [123] A. Kapil, T. Wiestler, S. Lanzmich, A. Silva, K. Steele, M. Rebelatto, G. Schmidt and N. Brieu, “DASGAN--Joint Domain Adaptation and Segmentation for the Analysis of Epithelial Regions in Histopathology PD-L1 Images,” arXiv:1906.11118, 26 Jun. 2019.
- [124] B. Xu, J. Liu, X. Hou, B. Liu, J. Garibaldi, L. O. Ellis, A. Green, L. Shen, G. Qiu, “Look, investigate, and classify: a deep hybrid attention method for breast cancer classification,” 2019 IEEE 16th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2019), Venice, Italy, Apr. 8-11, 2019.
- [125] J. M. Bokhorst, H. Pinckaers, P. Van Zwam, I. Nagtegaal, J. Van der Laak, F. Ciompi, “Learning from sparsely annotated data for semantic segmentation in histopathology images,” *Proceedings of Machine Learning Research*, vol. 102, pp. 84-91, 2019.

- [126] W. Bulten, P. Bandi, J. Hoven, R. van de Loo, J. Lotz, N. Weiss, J. Van der Laak, B. Van Ginneken, C. Hulsbergen- van de Kaa and G. Litjens, “Epithelium segmentation using deep learning in H&E-stained prostate specimens with immunohistochemistry as reference standard,” *Sci Rep*, vol. 9, no. 864, 2019, doi: 10.1038/s41598-018-37257-4
- [127] W. Bulten, H. Pinckaers, H. Pinckaers, H. Van Boven, R. Vink, T. De Bel, B. V. Ginneken, J. Van der Laak, C. Hulsbergen -van de Kaa, and G. Litjens, “Automated deep-learning system for Gleason grading of prostate cancer using biopsies: a diagnostic study,” *The Lancet Oncology*, vol. 21, no. 2, pp. 233-241, 2020, doi: [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(19\)30739-9](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(19)30739-9)
- [128] H. Ding, Z. Pan, Q. Cen, Y. Li, S. Chen, “Multi-scale fully convolutional network for gland segmentation using three-class classification,” *Neurocomputing*, vol. 380, pp. 150-161, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2019.10.097>.
- [129] H. Tokunaga, Y. Teramoto, A. Yoshizawa, and R. Bise, “Adaptive Weighting Multi-Field-Of-View CNN for Semantic Segmentation in Pathology,” *2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Long Beach, CA, USA, Jan. 15-20, 2019.
- [130] H. Pinckaers and G. Litjens, “Neural Ordinary Differential Equations for Semantic Segmentation of Individual Colon Glands,” arXiv:1910.10470, 23 Oct. 2019.
- [131] N. Seth, S. Akbar, S. Nofech-Mozes, S. Salama, A. L. Martel, “Automated segmentation of DCIS in whole slide images,” *European Congress on Digital Pathology*, vol. 11435, pp. 67–74, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-23937-4_8.
- [132] Y. Liu, Y. Lei, Y. Fu, T. Wang, J. Zhou, X. Jiang, M. McDonald, J. J. Beitler, W. J. Curran, T. Liu, and X. Yanga, “Head and neck multi- organ auto- segmentation on CT images aided by synthetic MRI,” *Wiley Online Library*, vol. 47, no. 9, pp. 4294–4302, 2020, doi: 10.1002/mp.14378.
- [133] P. Hu, F. Wu, J. Peng, Y. Bao, F. Chen, and D. Kong, “Automatic abdominal multi-organ segmentation using deep convolutional neural network and time-implicit level sets,” *Int J Comput Assist Radiol Surg*, vol. 12, no. 3, pp. 399–411, 2017, doi: 10.1007/S11548-016-1501-5.
- [134] E. Gibson, F. Giganti, Y. Hu, E. Bonmati, S. Bandula, K. Gurusamy, B. Davidson, Stephen P. Perira, M. J. Clarkson and D. C. Barratt, “Automatic multi-organ segmentation on abdominal CT with dense V-networks,” *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 38, no. 8, pp. 1822-1834, 2018, doi: 10.1109/TMI.2018.2806309.
- [135] S. Chen, X. Zhong, S. Hu, S. Dorn, M. KachelrieB, M. Lell and A. Maier, “Automatic multi-organ segmentation in dual-energy CT (DECT) with dedicated 3D fully convolutional DECT networks,” *Med Phys*, vol. 47, no. 2, pp. 552–562, 2020, doi: 10.1002/MP.13950.
- [136] M. N. Gurcan, L. E. Boucheron, A. Can, A. Madabhushi, N. M. Rajpoot and B. Yener, “Histopathological image analysis: A review,” *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, vol.2, pp. 147-171, 2009, doi: 10.1109/RBME.2009.2034865
- [137] A. Madabhushi and G. Lee, “Image analysis and machine learning in digital pathology: Challenges and opportunities,” *Medical Image Analysis*, vol. 33, pp. 170-175, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.media.2016.06.037>
- [138] A. H. Beck, A. R. Sangoi, S. Leung, R. J. Marinelli, T. O. Nielsen, M. J. Van De Vijver, R. B. West, M. Van De Rijn and D. Koller, “Systematic Analysis of Breast Cancer Morphology Uncovers Stromal Features Associated with Survival,” *Science Translational Medicine*, vol. 3, no. 108, pp.108-113, 2011, doi: 10.1126/scitranslmed.3002564.

- [139] K. Bera, K. A. Schalper, D. L. Rimm, V. Velcheti, and A. Madabhushi, “Artificial intelligence in digital pathology-new tools for diagnosis and precision oncology,” *Nature Reviews Clinical Oncology*, vol. 16, no. 11, pp. 703–715, 2019, doi: 10.1038/s41571-019-0252-y.
- [140] D. C. Cireşan, A. Giusti, L. M. Gambardella, and J. Schmidhuber, “Mitosis detection in breast cancer histology images with deep neural networks,” In International conference on medical image computing and computer-assisted intervention, Springer, Berlin, Heidelberg, Sep. 411-418, 2013.

Copyright © 2023 Şentürk and Latifoğlu. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0)