



Cilt/Volume: 01 Sayı/Number: 01 Yıl/Year: 2019 E-ISSN: 2667-7989

NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN ve MÜHENDİSLİK
BİLİMLERİ DERGİSİ

Necmettin Erbakan University
Journal of Science and
Engineering

dergipark.gov.tr/neufmbd



www.erbakan.edu.tr

NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING

Cilt/Volume: 1, Sayı / Issue: 1 (Ocak-Haziran / January-June 2019)
Ulusal Hakemli Dergi / National Refereed Journal

Sahibi/Owner

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adına/
On Behalf of Necmettin Erbakan University the Graduate School of Natural and Applied Science
Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN

Editörler / Editors

Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN
Prof. Dr. Mesut UYANER
Doç. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR

Yayın Türü / Publication Type

Yerel Süreli Yayın / Local Periodical

Yazışma Adresi / Correspondence Address

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Müdürlüğü, A3 Blok, No:120, Posta Kodu:42090, Meram Yeni Yol-Meram/Konya

Tel / Phone: 0332 323 82 20

Web: www.dergipark.gov.tr/neufmbd

E-posta / E-mail: fenbil@erbakan.edu.tr

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, yılda iki kez yayınlanan ulusal hakemli bir dergidir.

Necmettin Erbakan University Journal of Science and Engineering is a national bi-annual journal.

E- ISSN: 2667-7989

DergiPark
AKADEMİK

İÇİNDEKİLER <u>MAKALELER</u>	/	CONTENTS <u>ARTICLES</u>
Fotovoltaik Panellerde Sıcaklık ve Zenit Açısının Panel Güç Üretimine Etkisi Halil Burak DEMİR Ali Osman ÖZKAN	1-9	Effect of Temperature and Zenith Angle on Panel Power Generation in Photovoltaic Panels Halil Burak DEMİR Ali Osman ÖZKAN
Nano Elyaf Takviyeli Nanokompozit Üretimi ve Karakterizasyonu Mesut UYANER Adem YAR	10-19	Nano Fiber Reinforced Nanocomposite Production and Characterization Mesut UYANER Adem YAR
Suruç Çadırkent Alanının Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle Belirlenmesi Mehmet Aziz SAYAR Hüseyin Zahit SELVİ İlkay BUĞDAYCI	20-31	Determination of Suruç Tent City Area by Analytic Hierarchy Method Mehmet Aziz SAYAR Hüseyin Zahit SELVİ İlkay BUĞDAYCI
Osmaniye İlinin Arazi Örtüsü ve Kullanımındaki Zamansal Değişimin Uzaktan Algılama Teknikleri ile Araştırılması Batuhan KELEŞ Süleyman Savaş DURDURAN	32-52	In Terms Of Land Use And Land Cover Change Using Remote Sensing Technique: Case Of Study in Osmaniye City Batuhan KELEŞ Süleyman Savaş DURDURAN
Bal Tozu İkamesinin Kek Kalitesi Üzerine Etkisi Mustafa Kürşat DEMİR Mehmet KILINÇ	53-58	Effect of Honey Powder Substitution on Cake Quality Mustafa Kürşat DEMİR Mehmet KILINÇ

YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Prof. Dr. Mesut UYANER	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Doç. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)

DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Adnan ÖZDEMİR	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Prof. Dr. Ahmet AVCI	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Prof. Dr. Aşır GENÇ	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Prof. Dr. Haluk BİNGÖL	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Prof. Dr. Hidayet OĞUZ	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Prof. Dr. Hüseyin KURT	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Prof. Dr. Mehmet KARALI	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Prof. Dr. Mehmet AKTAN	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Prof. Dr. Mesut UYANER	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Prof. Dr. Sabri ALPAYDIN	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Prof. Dr. Sabri KOÇER	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Prof. Dr. Senar AYDIN	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Prof. Dr. Ümmügülsüm DAĞLIOĞLU	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Doç. Dr. Ahmet CAN	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Doç. Dr. Ceyda ÖZFİDAN KONAKÇI	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Doç. Dr. Esra YALDIZ	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Doç. Dr. Hasan KOTAN	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Doç. Dr. Mehmet Akif ERİŞMİŞ	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Doç. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Doç. Dr. Mustafa YÖNTEM	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Doç. Dr. Sedat PAK	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Ali AKYÜREK	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Özgür DÜNDAR	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)

BU SAYININ HAKEMLERİ / REFREES FOR THIS ISSUE

Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ	(Ondokuz Mayıs Üniversitesi)
Prof. Dr. Hasan Hüseyin UĞURLU	(Gazi Üniversitesi)
Prof.Dr. Semih EKERCİN	(Aksaray Üniversitesi)
Doç. Dr. Ahmet ÜNVER	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Doç. Dr. Fatih TÖRNÜK	(Yıldız Teknik Üniversitesi)
Doç. Dr. Muciz ÖZCAN	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Doç. Dr. Murat UYSAL	(Afyon Kocatepe Üniversitesi)
Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Doç. Dr. Salih ALÇAY	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Doç. Dr. Serpil HALICI	(Pamukkale Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Aslı BOZDAĞ	(Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Abdullah VARLIK	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Hakan Burak KARADAĞ	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Hatice KUŞAK SAMANCI	(Bitlis Eren Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Memduh KARA	(Mersin Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa KOCABAŞ	(Konya Teknik Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAĞCI	(Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Nurettin ÇETİNKAYA	(Konya Teknik Üniversitesi)

Fotovoltaik Panellerde Sıcaklık ve Zenit Açısının Panel Güç Üretimine Etkisi

Halil Burak DEMİR¹, Ali Osman ÖZKAN^{2*}

¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği AD, 42140, Meram, Konya, Türkiye

² Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 42140, Meram, Konya, Türkiye

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

(Geliş/Received: 24.01.2019; Kabul/Accepted: 17.02.2019; Online baskı/Published online: 18.04.2019)

ÖZET

Dünya üzerinde farklı yenilenebilir enerji kaynakları mevcuttur. Güneş enerjisi en çok kullanılan kaynaklardan birisidir. Güneş enerjisi elektrik enerjisine dönüştürmede fotovoltaik paneller kullanılır. Fotovoltaik panellerin verimini etkileyen faktörlerde en önemli iki parametresi panel sıcaklığı ve zenit açısının değeridir. Bu iki parametrenin panel verimine olan etkisi Konya bölgesinde kurulan bir deney düzeneği üzerinde araştırılmıştır. Yapılan çalışmada 4 adet eşdeğer fotovoltaik panel kullanılmıştır. Panellerin sıcaklığını kontrol etmek için arka yüzeyine yerleştirilmiş alüminyum kanalcıklardan soğutulmuş su geçirilmiştir. Mevsimlik açı değerleri ise farklı şekilde konumlandırılmış paneller ile ölçülmüştür. Yapılan deneysel test düzeneğinden elde edilen veriler sonucunda soğutma yapılan panellerde % 11,17 çıkış gücünde artış gözlemlenmiştir. Zenit açı ayarı yapılan panellerde ise sabit panele göre % 7,49 daha fazla enerji ürettiği gözlemlenmiştir. İki parametrenin uygun şekilde ayarlanması sonucunda deneysel düzende kullandığımız panellerde % 17,47 oranında daha fazla enerji ürettiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik paneller, Panellerin soğutulması, Zenit açısı, Elektriksel verimlilik

Effect of Temperature and Zenith Angle on Panel Power Generation in Photovoltaic Panels

ABSTRACT

There are many different renewable sources in the world. Solar energy is one of the most widely used sources. Photovoltaic panels are used to convert solar energy into electrical energy. The two most important parameters affecting the efficiency of photovoltaic panels are the panel temperature and the zenith angle. The effect of these two parameters on panel efficiency was investigated on an experimental setup established in Konya region. In the study, four equivalent photovoltaic panels were used. To check the temperature of the panels, chilled water was passed through the aluminum channels placed on the back surface. As a result of the data obtained from the experimental test setup, an increase of 11.17% output power was observed in the cooling panels. It is observed that panels with zenith angle adjustment produce 7.49% more energy than the fixed panel. Seasonal angle values were measured with panels positioned differently. As a result of the proper adjustment of the two parameters, it was determined that the panels we used in the experimental setup produced 17.47% more energy.

Key Words: Photovoltaic panels, Cooling of panels, Zenith angle, Electrical efficiency

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünya'da ve ülkemizde artan nüfus, büyüyen sanayi tesisleri ve gelişen teknoloji ile birlikte toplumların enerjiye duyduğu ihtiyaçlar giderek artmaktadır. Bu ihtiyaçları karşılamak için yeni enerji tesisleri kurmak çözüm gibi görünse de fosil yakıtlı santraller uzun vadede çözüm olmaktan hergeçen gün çıkması gerektiği düşünülmektedir. Dünyada kurulu olan enerji santrallerinin % 85'inde fosil bazlı yakıtlar kullanılmaktadır [1]. Bu fosil bazlı yakıt kaynaklarına örnek olarak petrol, taş kömürü, linyit, doğalgaz, uranyum gibi doğada sınırlı miktarlarda bulunan ve yakın gelecekte tükenen kaynaklar verilebilir. Bu sebeple alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim her geçen gerekmektedir.

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: alozkan@erbakan.edu.tr / Tel: +90 332 325 2024

Güneş enerji santrallerinin ülkemizde önemi gün geçtikçe artmaktadır. Örneğin, Kayseri ve Balıkesir'de 50 MW ve 40 MW santraller, Türkiye'nin en büyük güneş enerjisi alanıdır [2]. Bunlarla birlikte devlet desteği ile yatırımlar artmakta ve son yıllarda yeni güneş enerjisi tarlaları kurulmaktadır. 2014 yılında 93 MW olan kurulu güneş enerji santralleri 2018 yılında 4590 MW'a yükselmiştir [3]. Ülkemizde 2023 yılına kadar enerji tüketimi % 75 oranında artması öngörülen talebi karşılamak için yeni santraller kurmayı hedeflemektedir. Kurulması hedeflenen santrallerle beraber 2023 yılına kadar toplam güneş enerji santrali kurulu gücü 5000 MW'dır. Konya Karapınar ilçesine devlet teşviği ile 3000 MW'lık dünyanın en büyük güneş enerji santrali kurulması hedeflenmiştir. Santralin yapımı yaklaşık 6 milyar dolar olması beklenmektedir [4]. Artan kurulum maliyetleri santrallerin amorti sürelerini uzatmaktadır. Kurulu santrallerden birim zamanda alınan enerji miktarını artırarak bu amorti sürelerini kısaltmak mümkündür. Farklı metotlarla sağlanan bu artışlar, uygulanan yöntemde ekonomik giderleri değerlendirilerek uygulanmalıdır. Daha sonra detaylı ekonomik analizler yapılarak alınan sonuçlara göre en uygun yöntem belirlenmelidir.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Güneş enerjisi santrallerinde kullanılan fotovoltaik panellerin verimini gölgeleme, tozlanma, yansıma, spektrum, ışınım, sıcaklık gibi farklı parametreler belirlemektedir. Panellerin verimini artırmak için ise literatürde panel temizliği, güneş takip sistemleri, panel sıcaklığını düşürme gibi bazı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden elektrik üretimi üzerinde etkisi fazla olan iki parametre yaygın olarak kullanılmıştır. Bu parametreler panel sıcaklığını düşürme ve güneş takip sistemleridir.

Kumar ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada, panel sıcaklığındaki 1°C'lik artışın panel verimini % 0,5 düşürdüğünü gözlemlemişlerdir [5]. Krauter panel ön yüzeyinde yaptığı soğutma işlemiyle panel sıcaklığını 60 °C'den 22 °C'ye düşürmüştür. Sıcaklıktaki 38 °C düşüğe rağmen panel verimliliği % 8-9 oranında artmıştır [6]. Su soğutmalı bir kapsül içerisine yerleştirilen panellerle çalışan Mohan ve arkadaşları verim artışını % 9 olarak tespit etmişlerdir [7]. Aktif su soğutma sistemiyle soğutulmuş paneller kullanılarak yapılan çalışmada ise Mohammed ve arkadaşları % 12'lik bir verim artışı gözlemlemişlerdir [8]. Fotovoltaik ve termal olarak hibrit bir sistem kullanılarak yapılan araştırmada Chao sıcaklığın % 35 düştüğünü, çıkış gücünün ise % 12,7 arttığını gözlemlemiştir, ancak bu sistemin kurulum maliyeti yüksek olduğu için çok tercih edilmemektedir [9]. Yağmur suyu ile yapılan bir pasif soğutma tekniğinde elektriksel verimin % 8,3 arttığı Shenyi ve Chenguang tarafından ispatlanmıştır [10].

Güneş takip sistemleri genel olarak panel verimini artırmakta kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde en büyük problem, sistemin elektronik temelli olması nedeniyle arıza verme ihtimalini arttırmaktadır. Sistem üzerinde arızalı paneller, bağlı olduğu grupların çıkış akım ve gerilimlerini düşürmekte ve kayıplara neden olmaktadır. Lorenzo ve arkadaşları yaptığı çalışmada azimut açısı takip eden sistemleri yatay açı takibi yapan sistemlere göre % 10 oranında verimli olduğu tespit edilmiştir [11]. Al-Mohammed yaptığı çalışmada tek eksenli güneş takip sistemi ile sabit paneli karşılaştırmış ve % 20 verim artışı gözlemlemiştir [12]. Benzer bir çalışmada araştırmacılar 2 sensörlü bir sistemi 30 gün boyunca takip etmişlerdir. Bu süre içinde sistem 15 gün güneşli 9 gün parçalı bulutlu ve 6 gün ise bulutlu olarak kayıt almışlar ve günlük ortalama % 12-20 arasında verimin değiştiğini gözlemlemişlerdir [13]. Yılmaz ise yaptığı bir çalışmada Türkiye şartlarına göre iki eksenli bir güneş takip sistemi hazırlamıştır. Yapılan gözlemlere göre sabit paneller hareketli panellere oranla % 26 daha fazla enerji ürettiğini tespit etmiştir [14]. 3 ışık sensörü ile Brezilya'da yapılan bir çalışmada Carvalho ve arkadaşları % 34 -56 oranında bir çıkış gücü artışı izlemişlerdir [15]. Çift eksenli bir güneş takip sisteminde 4 adet fotosensör kullanılmıştır. Fotosensör balans sistemi denilen bu yöntemde doğu-batı ve kuzey-güney yönlerine bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Gün batarken panel batıya dönük kaldığı için sabah gün doğumunda ışığı alıp doğuya dönmesi için doğu yönüne bakan 2 adet daha fotosensör kullanılarak problem çözülmüş ve % 20-28 oranında verim elde edilmiştir [16]. Çin'de yapılan bir araştırmada ise Yao ve arkadaşları, sensör kullanmak yerine güneş açılarını önceden hesaplayarak sisteme girmiş ve otomatik olarak takip etmişler ve her 10 dakikalık periyotlarla veri kaydı yapılarak izlenen sistemde % 31,8 fazla enerji üretildiğini tespit edildiğini belirtmişlerdir [17]. Konya'da yapılan bir diğer çalışmada ise Yağcı yaptığı çift eksenli mikro işlemcili güneş takip sisteminde sabit panele göre % 25 daha fazla çıkış gücü elde etmiştir [18].

Yapılan çalışmada, temel olarak bir soğutucu radyator üzerinde soğutulan suyun panel arka yüzeyindeki alüminyum kanallı soğutucu içinden geçmesine dayanan bir sistem kurulmuştur. Bölgenin enlem derecesine bağlı olarak panelin yatayla yaptığı açının mevsimlik 15o arttırılması ve eksiltilmesi esasına dayanan ikinci bir sistemin birlikte ve ayrı ayrı kullanılarak verimlilik üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Kurulan deneysel sistem Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Hastanesi (37°52 N 32°25 E) çatısında açık havada test edildi. Konya kuzey yarım kürede bulunmaktadır. Bu yüzden sabit paneller Konya'nın enlem derecesi olan 38° açıyla güney yönüne ayarlanmıştır. Mevsimlik değişim gösteren paneller ise 53° ve 23° açı ile güneye bakar şekilde ayarlanmıştır.

Kullanılan soğutma sistemi sadece iki paneli kapsamaktadır. Soğutma sistemi olan bir panelde mevsimlik açı ayarı bulunmakta diğerinde ise sadece soğutma sistemi bulunmaktadır. Fan ile radyatörde soğutulan su bir pompa vasıtasıyla panellerin üst kısmında bulunan kanallardan panelin arka yüzeyini soğutarak panelin alt kısmından çıkmaktadır. Isınan su tekrar radyatöre girilerek soğutulmuştur. Panel arka yüzeyinde bulunan ince soğutucu kanallar panellerle tam temas ederek ısı transferini gerçekleştirilmiştir. Mevsimlik açı ayarı yapılan paneller ve soğutulan panellerin çıkışlarına bağlanan bir adet DC Wattmetre ile günlük üretilen enerjiler ölçülmüş ve not edilmiştir.

Şekil 1 de kurduğumuz sistemin önden görünüşü, Şekil 2 de ise sistemin arkadan görünüşü verilmiştir.



Şekil 1. Kurulan sistemin önden görünüşü
(Figure 1. Front view of the installed system)

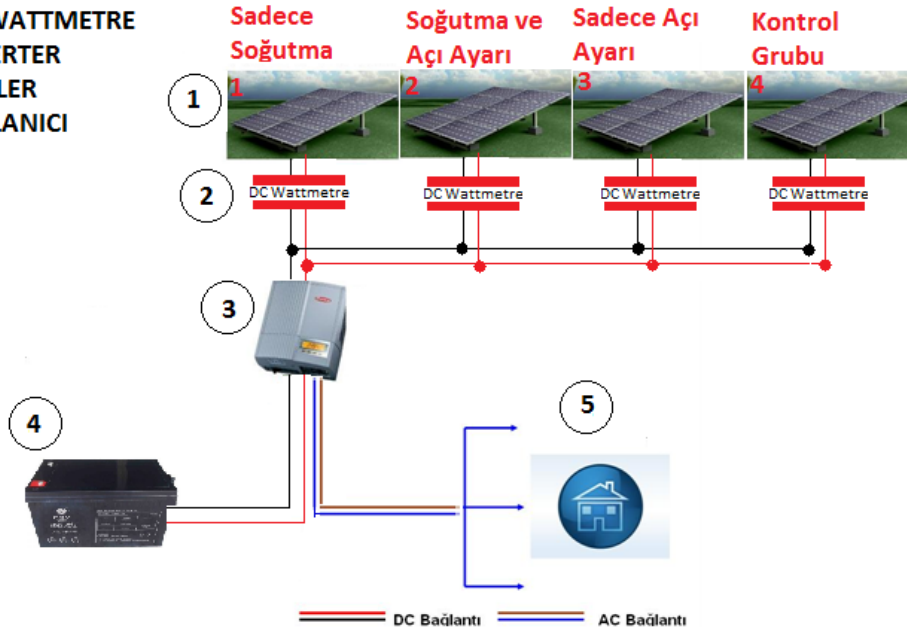


Şekil 2. Kurulan sistemin arkadan görünüşü
(Figure 2. Rear view of the installed system)

1 numaralı panelde sadece soğutma yapıp sabit 38°'lik açı ile konumlanmıştır. 2 numaralı panel ise su soğutmalı ve mevsimlik açı ayarı ile kış mevsiminde 53°, yaz mevsiminde ise 23°'lik açı ile konumlanmıştır. 3 numaralı panel su soğutma olmaksızın sadece mevsimlik açı değerleri olan 53° ve 23°'lik açı ile konumlandırılmıştır. Son olarak 4 numaralı panel ise kontrol grubu olarak belirlenmiş ve soğutma yapılmayıp 38°'lik sabit açıyla konumlanmıştır.

Şekil 3 de kurulan sistemin genel elektriksel şeması verilmiştir.

- 1) GÜNEŞ PANELİ
- 2) DC WATTMETRE
- 3) İNVERTER
- 4) AKÜLER
- 5) KULLANICI



Şekil 3. Kurulan sistemin genel şeması
(Figure 3. General scheme of the installed system)

Çalışmada 165 W'lık 4 adet panel kullanılmıştır. Kullanılan panelin özellikleri Çizelge 1 de verilmiştir.

Çizelge 1. 165 W polikristal fotovoltaik panel özellikleri
(Table 1. Features of 165W polycrystalline photovoltaic panels)

Nominal Güç (Pmax)	165 W
Açık Devre Gerilimi (VOC)	21,8 V
Kısa Devre Akımı (ISC)	8,71 A
Nominal Güç Voltajı (Vmp)	18,4 V
Nominal Güç Cari (Imp)	8,17 A
Hücre Sayısı	36 (156*156)
Boyut (mm)	1488x675x35
Ağırlık (kg)	13
Maksimum Sistem Gerilimi	1000 V DC
Maksimum Seri Fuse Rating	15 A
Operasyon Sıcaklığı	-40 °C : +85 °C
Ön Kapak	4,0 mm düşük demir temperli cam
Çerçeve	Anodize alüminyum alaşım
Bağlantı Kutusu	IP67, 6 diyot
Konnektör	MC4 veya MC4 uyumlu
Nominal Güç (Pmax)	165 W

Çizelge 1 de verilen veriler 1000 W/m² ve 25 °C ortam şartlarına göre verilmiştir. Panel çıkışlarında 4 adet DC Wattmetre ile panellerin çıkış akım, gerilim ve güç değerleri ölçülmüştür. Panel sıcaklıkları panelin ön yüzünden lazer ölçüm aletleri ile bir kaç farklı bölgeden ölçülerek ortalama değerler alınmıştır.

Sistemde kullanılan 150 Ah'lık 2 adet solar akü ile panellerde gündüz üretilen enerji depolanmış ve gece kullanılmıştır. Dış ortamda kullanılacak olan akünün şarj süresince çalışma sıcaklığı 0 °C - 40 °C'dir. Deşarj anında ise -20 °C ile +50 °C aralığında tam kapasite ile çalışmaktadır.

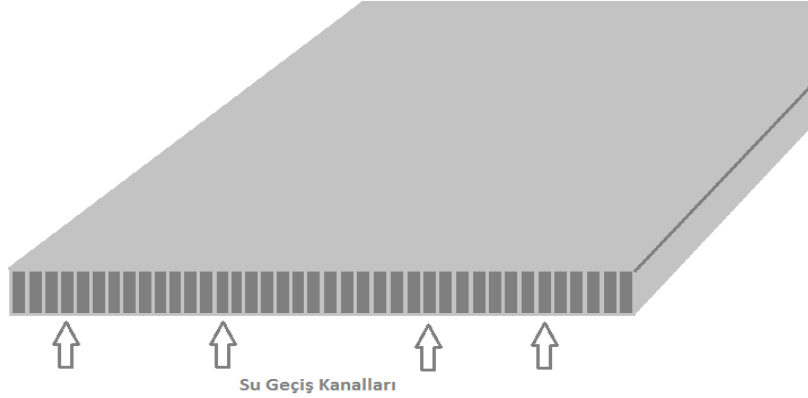
Sistem için 2500 W gücünde 24 V DC giriş gerilimli tam sinüs inverter kullanılmıştır. Kullanılan inverter hem akü şarj redresörü hem de alternatif akım çıkışı olarak kullanılabilir. Kullanılan inverterin özellikleri Çizelge 2 de verilmiştir.

Çizelge 2. 2400 W tam sinüs inverter özellikleri

(Table 2. 2400W full sine inverter specifications)

Güç	Tam Sinüs 230 V AC Nominal +-3% 3000 VA
Şebeke veya Jeneratör Giriş Voltaj	90-280 V AC 50/60 Hz (otomatik algılama) - Ayarlanabilir çıkış voltajı
Ayarlanabilir Akü Şarj Gücü	24 V, 50 A (max.)
PWM Charger (Şarj Regülatörü)	50 A, 24 V DC
Giriş gücü	1600 W Güneş Paneli ve 220 V Şebeke ve Jeneratör girişi
Koruma	Aşırı sıcaklık, Aşırı yük, Kısa devre
Verimlilik	0,98
Kaynaklar Arası Tranfer Süresi	20 milisaniye altında
Beklemede Güç Tüketimi	4 W

İki adet paneli soğutmak için kullanılan sistemde panel arka yüzeylerine monte edilen alüminyum soğutucu Şekil 4 te gösterilmiştir. Kullanılan soğutucu petek panel yüzeyine tam temas edecek şekilde termal macun ile birbirine yapıştırılmıştır. Tam temas eden yüzeyler panel yüzeyindeki ısıyı kanallar içinden suya ileterek panel ısısını düşürecek şekilde ayarlanmıştır. Kullanılan soğutucu peteğin iç yüzeyi Şekil 4 te gösterilmiştir.

**Şekil 4.** Alüminyum soğutucu petek iç yüzeyi (Figure 4. Aluminum cooler honeycomb inner surface)

Panellerde bulunan soğutucularda ısınan su bir motor vasıtasıyla radyatöre getirilmektedir. Radyatörde fan ile soğutulan su tekrar panel arka yüzeyindeki peteklere gönderilerek paneli soğutmaya devam etmektedir. Suyun sistemdeki akış diyagramı fotoğraf üzerinde Şekil 5 te gösterilmiştir.

**Şekil 5.** Su soğutma sisteminde suyun akış yönü (Figure 5. Water flow direction in water cooling system)

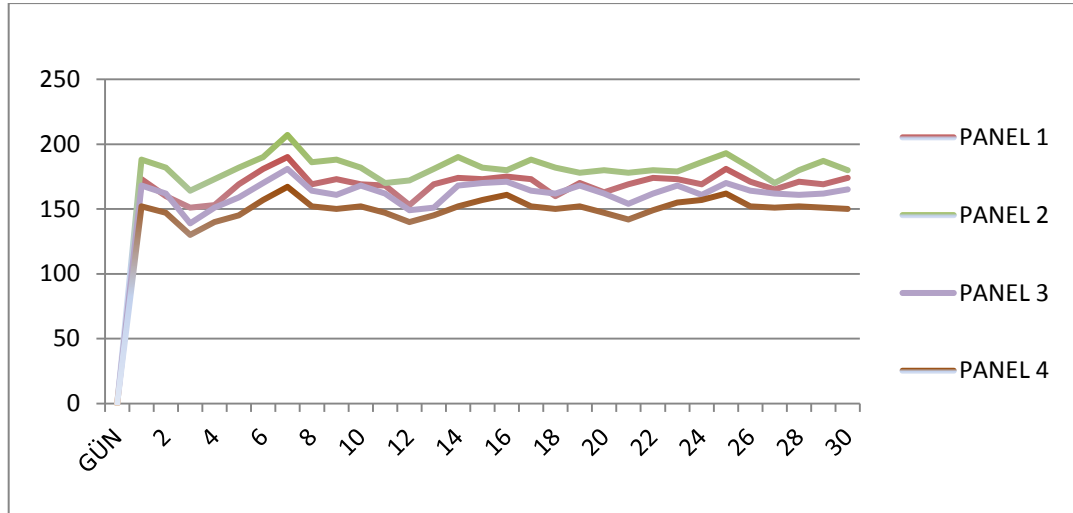
3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Yapılan ölçümler ve gözlemler sonucunda 30 gün boyunca panellerin ürettikleri enerji miktarı Watt-saat (Wh) olarak kaydedilmiştir. Öğlen saatinde bir saat boyunca üretilen enerji Wattmetrelerden ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Güneşli günlerde yapılan ölçümlerle panellerden elde edilebilecek maksimum enerji ve buna bağlı maksimum verimler elde edilmeye çalışılmıştır. Her güç ölçümü yapıldığında aynı zamanda panel sıcaklıkları da ölçülmüştür. Sıcaklık ölçümü panelin rasgele 3 farklı bölgesinden alınarak ortalama sıcaklık değeri hesaplanmıştır. Çizelge 3 te panellerde üretilen saatlik enerji miktarları verilmiştir. Çizelge 3 te verilen değerlerin grafiksel görüntüsü Şekil 6 da gösterilmiştir.

Çizelge 3. 30 günlük 4 panelin saatlik Wh olarak üretim verileri

(Table 3. Production data of 4- panels for 30-hours in Wh)

Gün	Panel-1	Panel-2	Panel-3	Panel-4	Gün	Panel-1	Panel-2	Panel-3	Panel-4
1	173	188	168	152	16	175	180	171	161
2	160	182	162	147	17	173	188	164	152
3	151	164	139	130	18	160	182	162	150
4	153	173	151	140	19	170	178	168	152
5	169	182	159	145	20	163	180	162	147
6	181	190	170	157	21	169	178	154	142
7	190	207	181	167	22	174	180	162	149
8	169	186	164	152	23	173	179	168	155
9	173	188	161	150	24	169	186	161	157
10	169	182	168	152	25	181	193	170	162
11	168	170	162	147	26	171	182	164	152
12	153	172	149	140	27	165	170	162	151
13	169	181	151	145	28	171	180	161	152
14	174	190	168	152	29	169	187	162	147
15	173	182	170	157	30	174	190	165	150



Şekil 6. 4 panelin 30 günlük üretim verileri

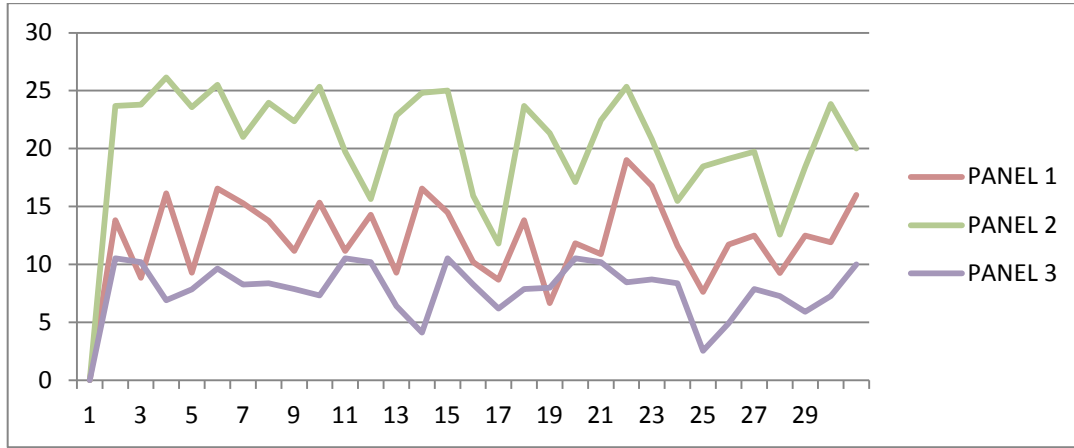
(Figure 6. Production data of 4- panels for 30-hours)

Şekil 6 da görüldüğü üzere soğutma ve açılı ayarı yapılan Panel 2 en fazla enerjiyi üretmiş, sadece soğutma yapılan Panel 1, yalnız açılı ayarı yapılmış Panel 3 ve son olarak kontrol grubu en az enerjiyi üretmiştir. Grafikteki dalgalanmalar günlük bulutluluk ve ışınım farklarından dolayı oluşmuştur.

Panellerin ürettikleri enerjiler 30 gün boyunca kaydedilerek kontrol grubunun ürettiği enerjiyle oranlanmıştır. Yapılan ölçümlere ait veriler Çizelge 4 te gösterilmiştir. Çizelge 4 te verilen değerlerin grafiksel görüntüsü Şekil 7 de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 30 günlük 4 panelin kontrol grubuna oranda % üretim artışı
(Table 4. Production boost percentage of 4 panels for the 30-day panel with respect to control group)

Gün	Panel 1	Panel 2	Panel 3	Panel 4	Gün	Panel 1	Panel 2	Panel 3	Panel 4
1	12,14	19,15	9,52	Kontrol Grubu	16	8,00	10,56	5,85	Kontrol Grubu
2	8,13	19,23	9,26	Kontrol Grubu	17	12,14	19,15	7,32	Kontrol Grubu
3	13,91	20,73	6,47	Kontrol Grubu	18	6,25	17,58	7,41	Kontrol Grubu
4	8,50	19,08	7,28	Kontrol Grubu	19	10,59	14,61	9,52	Kontrol Grubu
5	14,20	20,33	8,81	Kontrol Grubu	20	9,82	18,33	9,26	Kontrol Grubu
6	13,26	17,37	7,65	Kontrol Grubu	21	15,98	20,22	7,79	Kontrol Grubu
7	12,11	19,32	7,73	Kontrol Grubu	22	14,37	17,22	8,02	Kontrol Grubu
8	10,06	18,28	7,32	Kontrol Grubu	23	10,40	13,41	7,74	Kontrol Grubu
9	13,29	20,21	6,83	Kontrol Grubu	24	7,10	15,59	2,48	Kontrol Grubu
10	10,06	16,48	9,52	Kontrol Grubu	25	10,50	16,06	4,71	Kontrol Grubu
11	12,50	13,53	9,26	Kontrol Grubu	26	11,11	16,48	7,32	Kontrol Grubu
12	8,50	18,60	6,04	Kontrol Grubu	27	8,48	11,18	6,79	Kontrol Grubu
13	14,20	19,89	3,97	Kontrol Grubu	28	11,11	15,56	5,59	Kontrol Grubu
14	12,64	20,00	9,52	Kontrol Grubu	29	13,02	21,39	9,26	Kontrol Grubu
15	9,25	13,74	7,65	Kontrol Grubu	30	13,79	21,05	9,09	Kontrol Grubu



Şekil 7. Panel verimlerinin kontrol grubu üretim verilerine oranları
(Figure 7. Ratio of panel efficiencies to control group production data)

Şekil 7 deki grafikte Panel 1, 2 ve 3'ün kontrol grubunun ürettiği enerjiye oranla ne kadar daha fazla enerji ürettiklerinin yüzde olarak grafiğini göstermektedir. Grafikte bulunan dalgalanmaların genel sebebi ise ölçüm yapılan günlerdeki ışınım ve bulutluluk oranının farklı olmasıdır.

Çizelge 5 te 4 adet panelin kaydedilmiş sıcaklık değerleri verilmiştir.

Çizelge 5. Soğutulan ve soğutulmayan panellerdeki sıcaklık ve sıcaklık farkları (°C)
(Table 5. Temperature and temperature differences in refrigerated and non-cooled panels, °C)

Gün	Panel 1	Panel 2	Panel 3	Panel 4	Düşürülen Sıcaklık	Gün	Panel 1	Panel 2	Panel 3	Panel 4	Düşürülen Sıcaklık
1	20,89	20,89	33,6	33,6	12,71	16	20	20	34,2	34,2	14,2
2	20,22	20,22	32,4	32,4	12,18	17	20,89	20,89	32,8	32,8	11,91
3	18,22	18,22	27,8	27,8	9,58	18	20,22	20,22	32,4	32,4	12,18
4	19,22	19,22	30,2	30,2	10,98	19	19,78	19,78	33,6	33,6	13,82
5	20,22	20,22	31,8	31,8	11,58	20	20	20	32,4	32,4	12,4
6	21,11	21,11	34	34	12,89	21	19,78	19,78	30,8	30,8	11,02
7	23	23	36,2	36,2	13,2	22	20	20	32,4	32,4	12,4
8	20,67	20,67	32,8	32,8	12,13	23	19,89	19,89	33,6	33,6	13,71
9	20,89	20,89	32,2	32,2	11,31	24	20,67	20,67	32,2	32,2	11,53
10	20,22	20,22	33,6	33,6	13,38	25	21,44	21,44	34	34	12,56
11	18,89	18,89	32,4	32,4	13,51	26	20,22	20,22	32,8	32,8	12,58
12	19,11	19,11	29,8	29,8	10,69	27	18,89	18,89	32,4	32,4	13,51
13	20,11	20,11	30,2	30,2	10,09	28	20	20	32,2	32,2	12,2
14	21,11	21,11	33,6	33,6	12,49	29	20,78	20,78	32,4	32,4	11,62
15	20,22	20,22	34	34	13,78	30	20	20	33	33	13

Çizelge 5 ten görüleceği gibi soğutma yapılan panel 1 ve 2, soğutma yapılmayan panel 3 ve 4 e oranla yaklaşık 10 ile 14 °C daha soğuk olduğu tespit edilmiştir.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Yapılan çalışmada, zenit açısının tek başına % 7,49 sıcaklığın ise % 11,17 oranında çıkış gücüne etkisi olduğu görülmüştür. Panel üzerinde yapılan soğutma işlemi ile beraber yapılan zenit açısı ayarı çıkış gücünü % 17,47 oranında arttırmıştır. Fotovoltaik panellerde verimliliği etkileyen iki önemli faktör olan soğutma ve zenit açısı ayarı birlikte uygulandığında, panel verimlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Fotovoltaik panellere bazı çalışmalar yapılarak çıkış güçleri önemli seviyelerde arttığı görülmektedir. Fakat yapılan bu çalışmaların her biri kurulum maliyetlerini yükseltmektedir. Prototip olarak yapılan bu çalışmada kurulum maliyetleri toplu bir üretime göre daha yüksektir. Büyük güçlerde kurulacak bir santral için yapılacak soğutma ve mevsimlik açısı ayarı maliyeti daha düşük olacak olup artan üretimle amorti süresi kısalarak karlılığı yeniden artıracaktır. Şehir yakınlarında kurulu olan santrallerin soğutulması için gereken soğuk su, şebeke suyundan alınarak santraldeki soğutma peteklerinden geçirilerek sistem soğutulabilir ve verimlilik artırılabilir. Bu sayede su sirkülasyonu ve ısınan suyun soğutulması için gerekli olan enerji tüketimi problemi ortadan kalkarak verimlilik artacaktır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma Dr.Öğr. Üyesi Ali Osman ÖZKAN'ın danışmanlığında Halil Burak DEMİR'in Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında devam eden "Güneş Takip Sistemlerinde Panel Sıcaklığının Enerji Üretimine Etkisi" başlıklı Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir. Bu çalışma ayrıca Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 181319009 nolu yüksek lisans tez projesi ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Güner Bacanlı, Ü. Türkiye'de Enerji Kaynakları ve Hidroelektrik Santrallerinin Önemi, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 10. Enerji Kongresi, 2006: 91–99
- [2] Enerji Atlası, Türkiye'de bulunan Güneş Enerji Santralleri, (2016),<http://www.Enerjiatlası.Com/Gunes/> (erişim 15 Aralık 2018)
- [3] Yeşil Ekonomi, Türkiye'de Güneş Enerjisi, (2018), <https://yesilekonomi.com/turkiyenin-gunes-enerjisi-kurulu-gucu-5-gwa-yaklasti/> (erişim 13 Aralık 2018)
- [4] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. 2015. MİLGES, MİLHES, MİLKANAT ve (YGDA) Sistemi Geliştirilmesi

- Projeleri, 7.5.2015.
- [5] K. Kumar, S.D. Sharma, L. Jain, R. Al Khaimah, Standalone Photovoltaic (PV) Module Outdoor Testing Facility For UAE Climate, *Submitted To CSEM-UAE Innovation Center LLC*; (2007).
- [6] S. Krauter, Increased Electrical Yield Via Water Flow Over The Front of Photovoltaic Panels. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 82(1-2) (2004) 131–137. Doi:10.1016/j.solmat.2004.01.011
- [7] M. Kolbe, D. Bin, E. Hu, Water Cooled Concentrated Photovoltaic System. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, 2(2) (2013), 159–163. Doi: 10.12720/sgce.2.2.159-163
- [8] M.M. Musthafa, Enhancing The Photoelectric Conversion Efficiency of Solar Panel by Water Cooling, *Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications*, 5(4) (2015), 166. Doi: 10.4172/2090-4541.1000166
- [9] C.Y. Huang, H.C. Sung, K.L. Yen, Experimental Study of Photovoltaic/Thermal (PV/T) Hybrid System, *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, 2(2) (2013), 148–151. Doi: 10.12720/sgce.2.2.148-151
- [10] S. Wu, C. Xiong, Passive Cooling Technology for Photovoltaic Panels for Domestic Houses, *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 9(2) (2014), 118–126. Doi: 10.1093/ijlct/ctu013
- [11] E. Lorenzo, M. Perez, A. Epeleta, J. Acedo, Design of Tracking Photovoltaic Systems With A Single Vertical Axis, *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 10(48) (2002) 533–543. Doi: 10.1002/pip.442
- [12] A. Al-Mohamad, Efficiency improvements of photo-voltaic panels using a Sun-tracking system, *Applied Energy*, 79(3) (2004) 345–354. Doi: 10.1016/j.apenergy.2003.12.004
- [13] G.C. Lazaroiu, M. Longo, M. Roscia, M. Pagano, Comparative Analysis of Fixed and Sun Tracking Low Power PV Systems Considering Energy Consumption, *Energy Conversion and Management*, 92 (2015) 143–148. doi:10.1016/j.enconman.2014.12.046
- [14] M. Yılmaz, İki Eksenli Güneş Takip Sistemlerinde Takip Verimliliğinin Arttırılması, *Batman University Journal of Life Sciences Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 7(1/2) (2017) 56-62.
- [15] D.R. Carvalho, A.F. Lacerda Filho, R.C. Resende, M.A. Possi, J.P. Kruckeberg, An Economical, Two Axes Solar Tracking System For Implementation In Brazil, *Applied Engineering in Agriculture*, 29(1) (2013) 123–128. doi: 10.13031/2013.42525
- [16] M. Serhan, L. El-Chaar, Two Axes Sun Tracking System: Comparison With A Fixed System, *International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPPQ'10)*, Granada, Spain. 2010: s. 79–84. Doi: 10.24084/repqj08.227
- [17] Y. Yao, Y. Hu, S. Gao, G. Yang, J. Du, A Multipurpose Dual-Axis Solar Tracker With Two Tracking Strategies, *Renewable Energy*, 72 (2014) 88–98. Doi: 10.1016/j.renene.2014.07.002
- [18] M. Yağcı, Economical and Technical Challenges of a Large Scale Solar Plant, *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 5(2) (2017) 70–75. Doi: 10.18201/ijisae.2017529085

Nano Elyaf Takviyeli Nanokompozit Üretimi ve Karakterizasyonu

Mesut UYANER^{1*} , Adem YAR² 

¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Mühendisliği Bölümü, 42090, Meram, Konya, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 12000, Bingöl, Türkiye

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

(Geliş/Received: 28.01.2019; Kabul/Accepted: 05.02.2019; Online baskı/Published online:18.04.2019)

ÖZET

Bu çalışma polivinilalkol (PVA) ve polivinilpirolidon (PVP) den elde edilen nano liflerin kompozitin tabakalar arasında olan etkisini incelemektedir. E-camı/epoksi kompozit malzemelerin arasında PVA ve PVP elektro eğirme nano elyaf yerleştirilerek Vakum Destekli Reçine Transferi Kalıplama (VARTM) yöntemi ile kompozit malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir. Nano elyaf ile modifiye edilmiş kompozit malzemelerin çekme testleri yapılmıştır. Ayrıca çekme testinden sonra kompozit malzemelerin kırılma yüzeyleri SEM ile incelenmiştir. Bu çalışma, PVA ve PVP nano elyafların epoksi ile yeteri kadar ıslanmadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Elektro eğirme, Nano elyaf, Tabakalararası bölge, E-camı/Epoksi

Nano Fiber Reinforced Nanocomposite Production and Characterization

ABSTRACT

The present study investigates the effect of various fabricated nanofiber such as poly-vinyl-alcohol (PVA) ile poly-vinyl-pyrrolidone (PVP) nanofibers mat to interlaminar features. E-glass/epoxy composite materials are produced by Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM) method, interleaving PVA and PVP electrospun nanofiber mat in each laminate consisted of eight ply. Tensile tests are carried out for nanomodified composite materials. Also, after tensile tests, the fracture surfaces area of both composite materials are studied using scanning electron microscope (SEM). Results reveal that PVA and PVP nanofiber mat was not adequately impregnated with epoxy.

Key Words: Electrospinning, Nanofiber, Interlaminar zone, E-glass/epoxy

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Parçacıklarda mikro boyuttan nano boyuta geçildiğinde fiziksel özelliklerde çarpıcı değişimler görülür. Birçok önemli kimyasal ve fiziksel etkileşimlerin yüzey ve yüzey özellikleri tarafından kontrol edildiği bilindiğine göre, nano yapıdaki bir parçacık aynı bileşime sahip olduğu daha büyük boyutlardaki parçacıklardan farklı özelliklere sahip olacaktır. Bu duruma parçacıklar ve lifler boyutundan bakıldığında, birim hacim için yüzey alanı malzemenin çapı ile ters orantılıdır. Bu nedenle, küçük çaplardaki malzemeler birim hacim için büyük yüzey alanlarına sahiptir [1]. Tipik nanomalzemeler özellikle nanoparçacıklar, nanotüpler, nanolifler, fullerenler ve grafen, halen detaylı bir şekilde araştırılmaktadır.

Genel olarak bu malzemeler geometrilerine göre sınıflandırılır ve en genel halde parçacıklar, lifler ve tabaka yapılar olarak ayrılırlar [2]. Örneğin karbon siyahı ve silika nanoparçacıkları parçacıklar grubunda sayılabilirken nanolifler ve karbon nanotüpler lif malzemeler grubundadır.

Polimer matrislerin mekanik ve fiziksel özelliklerini iyileştirmek için nanoparçacıkların dolgu malzemesi olarak kullanılması fikri yakın zamanda bilim adamları tarafından çokça araştırılmaktadır. Nanometre boyutundaki bu parçacıkların yüzey alanları 1000 m²/g bulabilmektedir [3]. Bu büyük yüzey alanları nedeni ile yükün matristen nanoparçacığa aktarımı kolaylaşacak ve sonuçta matrisin mekanik özellikleri arttırılmış olacaktır [4]. Bu yük aktarımını gerçekleştirmeye en uygun adaylar karbon nanolifler, nanokiller ve nanotüplerdir.

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: muyaner@erbakan.edu.tr / Tel: +90 332 325 2024

Nanopartiküller, fiber takviyeli polimer kompozitlerin mekanik özelliklerini geliştirmek için kullanılabilir en uygun dolgu maddeleri olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, nanoparçacıkların türlerine ve uygulanma şekillerine bağlı olarak üretilen nanokompozit malzemelerin elektriksel ve ısıl özellikleri de iyileştirilebilir.

Geleneksel kompozitlerde, mekanik özellikler açısından yapılan malzeme tasarımında elyaf doğrultuları değiştirilerek istenilen mekanik özellikler elde edilir. Elyaf takviyeli plastik (FRP) kompozitlerin takviye edilmesi konusu kapsamlı bir şekilde düşünüldüğünde, FRP kompozitlerin *zayıf halkası* olarak bilinen tabakalar arası bölgenin takviye edilmesi önem kazanmaktadır. FRP kompozitlerde tabakalar arası bölge elyaf takviyesinin olmadığı bölge olup, kompozit malzemenin servis ömrü sırasında tabaka ayrılması veya matris çatlaması gibi çeşitli mekanizmalar ile hasara uğrayarak kompozit malzemenin görev yapamamasına neden olabilir [5].

Nispeten zayıf tabakalar arası bölge özellikleri, tabakalı kompozit sistemlerin genel performansını sınırlandırır. Tabakalar arası dayanımının artırılması için bazı yöntemler geliştirilmiştir: Üç-boyutlu elyaf kumaş kullanımı, dikme ve Z-pinleme [6–14]. Bu yöntemlerin hepsi tabakalı kompozitlerde kalınlık yönündeki mekanik özelliklerin iyileştirilmesinde kullanılır. Ancak bu yöntemlerin tamamında, uygulamada tabakalı kompozitler hasar gördüğü için henüz tabaka yönündeki mekanik özelliklerin düşmesindeki etkileri tam olarak ortaya koyulamamıştır [15,16]. Bu bağlamda nano elyaflar, tabakalı kompozit malzemelerin *zayıf halkası* olarak adlandırılan tabakalar arası dayanımının iyileştirilmesi ve tabakalı kompozit malzemeleri hasar görmeden servis süresinin artırılması hususunda önemli bir katkı malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Polimer matrisli kompozitler, polimer bir matris ile takviye elemanı olan liflerden meydana gelir. Polimer reçine termoplastik veya termoset malzeme olabilir. Takviye elemanı olarak kullanılan lifler ise genellikle cam, karbon veya polimerlerden üretilir.

Kompozit malzemenin üretim yönteminin belirlenmesinde kullanılan polimer reçine önemli bir rol oynar. Polimer reçineler genellikle kompozit malzemelerin matris fazını oluştururlar ve malzemeyi bir arada tutarken yapısal olarak ta basma ve kayma dayanımı gibi mekanik özelliklerde belirleyici rol oynarlar. Epoksi reçineler diğer reçinelere göre daha dayanıklı ve daha rijit olduğu için kompozit yapıların imalatı ve yapıştırıcılarda kullanılır. Epoksi reçineler genellikle iyi termomekanik, elektrikî ve kimyevî direnç özelliklerine sahiptir [17].

Bu çalışmada epoksi matrisli kompozitler incelenmiştir. Epoksi reçineler elyaf takviyeli kompozitler üretmenin yanında genel amaçlı olarak yapıştırıcı veya kaplama olarak ta kullanılabilir. Epoksi reçineleri diğer polimerlerden ayıran en önemli yanları, mekanik özelliklerinin yüksek oluşu ve çevresel bozunmaya karşı olan yüksek dirençleridir. Özellikle birçok çözücü ve kimyasala karşı olan dirençleri ve çok çeşitli yüzeylere kolaylıkla bağlanabilmesi epoksi reçineleri önemli bir yapıştırıcı sınıfına sokar. Polimerleşmeden önce hem epoksid monomerleri hem de setleştirici olarak kullanılan poliamidler yüksek viskoziteye sahip olmalarına rağmen, epoksi reçineler vakum infüzyon tekniği kullanılarak kompozit malzeme üretiminde en çok kullanılan reçine türüdür. Bunlara ek olarak epoksi reçineler kütleme esnasında düşük büzülme eğiliminde olduklarından iç gerilme oluşumu en aza indirilir [18].

Bu çalışmada doymamış bir epoksi türü olan Diglisidil Ether Bisfenol A kullanılmıştır.

Lifler takviye elemanları olup kompozit malzemelerin çekme dayanımı ve rijitlik gibi özelliklerinin belirlenmesinde etkin rol oynarlar. Bu çalışmada örgü E-camı lifler takviye elemanı olarak kullanılmıştır.

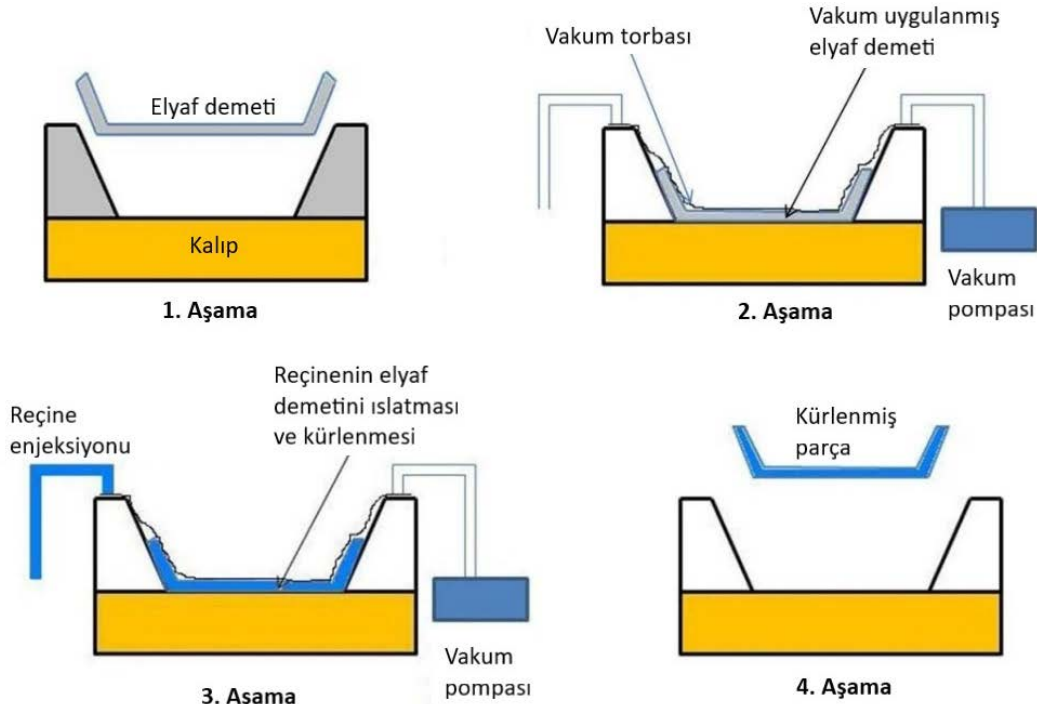
Nano elyaf üretimi için ise polivinilalkol (PVA) ve polivinilpirolidon (PVP) polimerleri kullanılmıştır.

2.1. Tabakalı Kompozitin Üretimi (Production of Laminated Composite)

Kompozit malzemelerin üretiminde, imalat yöntemi kullanılan liflerin türüne, uzun veya kısa oluşuna, sürekli veya süreksiz oluşuna, yönlü olup olmamasına bağlı olarak değişebilir. Ayrıca kullanılan reçinenin termoset veya termoplastik oluşu da üretimi etkiler. Parçanın geometrisi ve üretim adedi de ayrıca imalat parametreleri arasındadır.

VARTM sıvı kalıplama yöntemi olup (bu yöntem vakum infüzyon yöntemi de denir), reçinenin elyaf demetlerine aşılması ilkesine dayanır. Bu yöntemde, reçine kalıp içerisinde yaratılan vakum sayesinde kalıp içersine çekilir. Düşük maliyetli, zaman tasarrufu sağlayan, tek yüzeyli bir kalıp ile gerçekleştirilebilen ve oda sıcaklığında da üretim yapılmasına imkân veren bir yöntemdir. Bu yöntemin amacı, lifler arasındaki boşlukların sıvı reçine katılmasından önce reçine ile doldurulmasıdır Şekil 1.'de VARTM yönteminin aşamaları şematik olarak verilmiştir. Bu aşamalar;

- i. Liflerin kalıp üzerine serilmesi,
- ii. Kalıbın vakum torbası ile kaplanması ve vakum oluşturulması,
- iii. Reçinenin kalıp içine aktarımı ve
- iv. Kompozit parçanın kürlenmesidir.

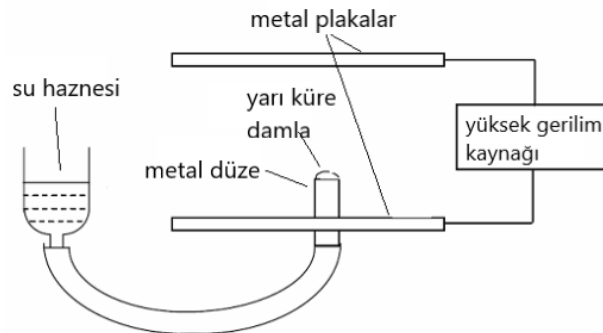


Şekil 1. VARTM ile kompozit parça üretiminin şematik olarak gösterimi [19]
(Figure 1. Schematic representation of composite parts production with VARTM [19])

2.2. Elektro-Eğirme (Electrospinning)

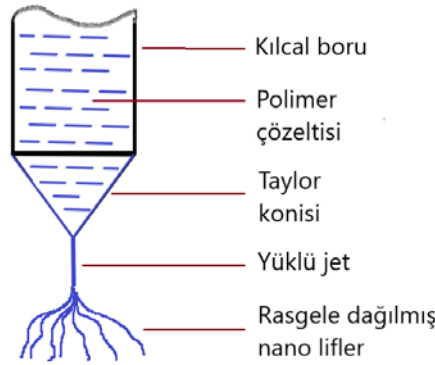
Formhals tarafından 1934 yılında ilk defa elektrostatik kuvvetler kullanılarak polimerlerden filament lif üretilmesi işleminin patenti alınmıştır [20]. Kullanılan bu yöntem *elektro eğirme* adı verilmiştir.

1960'larda, elektrikli akışkanların temel teorik prensipleri Taylor tarafından çeşitli çalışmalarda açıklanmıştır. Bu çalışmalar ayrıca, iki sıvı arasındaki koni arayüzünün elektrik alanı içinde dengede olduğunu göstermiştir. Elektrik alanın etkisi altında, sıvı yüzey yüklenir ve karşılıklı yükler birbirini iten bir dış kuvvet üretir. Eşik değeri geçtikten sonra elektrostatik kuvvetle, sıvı damlacık bir koninin şeklini alır ve aşırı yükler yüklü jetten koninin ucundaki kollektöre doğru hareket eder. Koninin elektrik kuvvetinin yüzey gerilimine eşit olduğu bu kritik noktada koni yarım açısı $49,3^\circ$ dir. Taylor'un deney düzeneği Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Taylor deney düzeneği (Figure 2. Taylor experiment set-up)

Taylor tarafından geliştirilen kuramda, bir elektrik alan içindeki viskoz katreden ince liflerin oluşumu, elektrik kuvvetleri tarafından yüklenen sıvı yüzeyinin maksimum kararsızlığından kaynaklanmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Taylor konisi oluşumu ve liflerin dağılımı (Figure 3. Taylor cone formation and distribution of fibers)

Sıvı jetindeki akış alanı, jet eksenı boyunca uzunlamasına bağlantı ile bir hız değişimi (gradyan) gibi olacaktır. Boyuna hız değişimi çok ince liflerin oluşmasında ve polimer zincirlerinin uzatılmasında çok faydalıdır. Uygulanan gerilim (voltaj) arttıkça elyaf çapı azalır [21].

2.3. Elektroğirme ile Nano Liflerinin Üretimi (Production of Nano Fibers by Electrospinning)

2.3.1 Eğirme öncesi işlemler (Pre-spinning operations)

- Çözeltinin polimer yoğunluğu, viskozitesi, iletkenliği, yüzey gerilimi ve molekül uzunluğu lif çapını önemli derecede etkileyen faktörlerdir. İstenilen özelliklere göre çözelti hazırlanmalıdır.
- Çözeltiyi hazırlarken çözücü ve çözünen maddeler belirlenir. Çözücü ve çözünen maddelerin yüzdelik oranları belirlendikten sonra belli bir sıcaklık ve hızla viskoz bir solüsyon elde edilene kadar manyetik karıştırıcıda karıştırılır.
- Oluşturulan çözelti, homojen bir yapıya gelmesi için (içerisindeki kabarcıkların giderilmesi için) 8-12 saat arası bekletilir.

2.3.2 Eğirme sırasındaki işlemler (Operations during spinning)

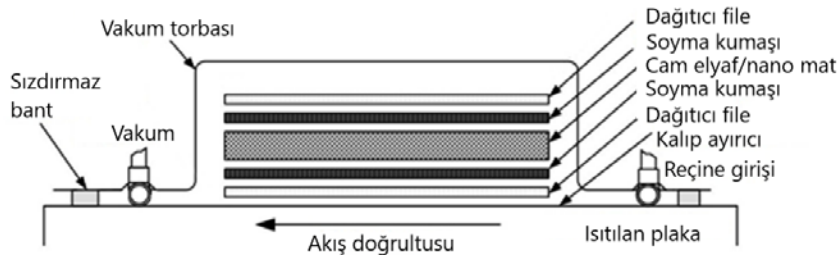
- Hazırlanan çözeltiye göre, kollektör ve iğne arası uzaklık (12,5 cm – 25 cm), pompalama hızı (0,1 ml/h – 1,5 ml/h), uygulanan voltaj (8 kV – 50 kV) kollektörün türü, pompalama sisteminin türü, iğne iç çapı belirlenir.
- Ortamın nemi ve sıcaklığı, lif çapını etkiler.

2.3.3 Eğirme sonrası işlemler (Post-spinning operations)

- Kollektörde toplanan lifler, oda şartlarında veya vakumlu ortamda bekletilir. (Vakumlu ortamda 2 saatte 70 °C de, oda şartlarında 12 saatte kurutulur.)
- Gerekirse ısı işleme tabi tutulur.
- Lifler kurutulduktan sonra cımbız vasıtasıyla kollektörden ayrılır.
- Oluşan liflerin karakterizasyonu yapmak amacıyla görüntüleri alınabilir.

2.4. VARTM Yöntemi ile Nanolif Takviyeli Kompozit Levhaların Üretimi (Production of Nanofiber Reinforced Composite Laminates by VARTM Method)

Vakum infüzyon ünitesi paslanmaz çelik sac ve vakum pompasından oluşmaktadır. Bu tabakalama işlemi şematik olarak Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Vakum infüzyon yönteminde bileşenler (Figure 4. Components in vacuum ifusion method)

Öncelikle nanolif kaplı cam elyaf kumaşların yerleştirileceği yer kalıp temizleyicisiyle temizlendi. Ardından kalıp ayırıcı sürülerek katılaşması için belirli bir süre beklendi. Katılaşma tamamlandıktan sonra üzerine dağıtıcı file ve soyma kumaşı yerleştirildi. Bu tabakaların üzerine önceden hazırlanan nanolif takviyeli cam elyaf kumaşlar yerleştirildi. Kumaşların üzerine tekrar soyma kumaşı ve dağıtıcı file serildi. Reçine enjeksiyonun yapılabilmesi için giriş ve çıkış spiralleri cam elyaf kumaşlarının boyutlarına göre hazırlandı. Son olarak tüm katmanların üzerine vakum torbası geçirildi ve sızdırmaz bant çekilerek sızdırmazlık sağlandı. Epoksi cam/nanolif katmanından oluşan yığına gönderilmeden önce küreleştiricisi katılarak homojen oluncaya kadar karıştırıldı. Vakum torbası içerisindeki hava 0,7 bar uygulanarak çekildikten sonra paslanmaz çelik sac 50 °C'ye kadar ısıtıldı. Nanolif takviyeli kompozit malzemelerin içerisindeki hava tamamen çekilene kadar bir müddet bekletildi. Daha sonra basınç 0,3 bara düşürülüp ardından katkısız epoksi reçine nanolif takviyeli kompozit malzemelere gönderildi. Epoksinin tabakalar arasına kolay bir şekilde dağıtılması veya cam/nanolif demetlerin düzgün ıslatılabilmesi için basınç 0,15 bara düşürüldü. Epoksi tamamen kompozit levhalardan geçirilerek bir süre bekletildi. Üretilen nanolif takviyeli kompozit levhalar kademeli olarak 70°C'de 1 saat ve 120°C'de 4 saat kürlendi.

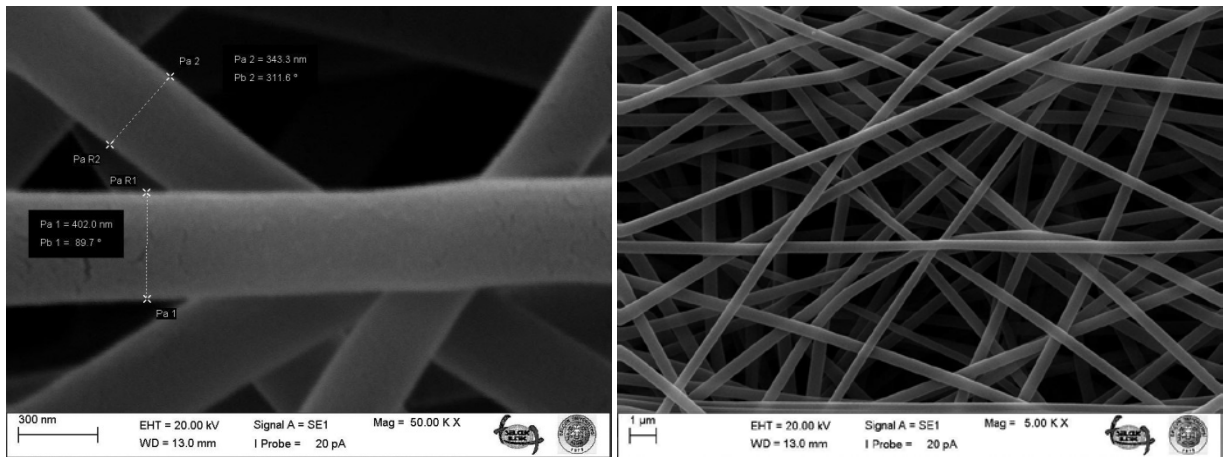
3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

3.1 PVA SEM Görüntüsü (SEM Images of PVA)



Şekil 5. a) Manyetik karıştırıcı ve b) Elektro eğirme cihazı
(Figure 5. a) Magnetic stirrer and b) Electro spinning device)

Ağırlıkça %7 MW 88000 PVA, Deiyonize su ile manyetik karıştırıcı vasıtasıyla 50°C'de 3,5 saat karıştırıldı ve 24 saat oda sıcaklığında bekletildi (Şekil 5a). Hazırlanan çözelti, elektro eğirme cihazı ile iğne-kolektör arası uzaklık 12,5 cm, 13 kV voltaj ve pompalama hızı ise 0, 2 ml/h değeriyle eğrildi (Şekil 5b). Birkaç saat deney devam ettirilerek nanolif oluşumu gerçekleştirildi.

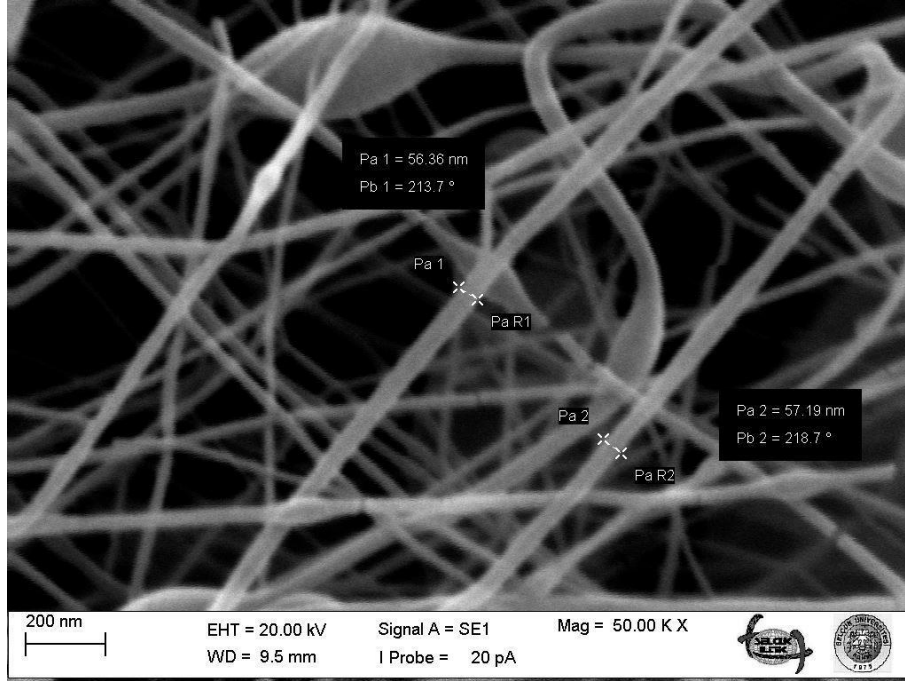


Şekil 6 PVA nanolifinin SEM görüntüsü a) 50000 büyütme, b) 5000 büyütme
(Figure 6. SEM image of PVA nanofiber a) 50000X, b) 5000X)

Elde edilen SEM görüntülerinden nanoliflerin çapları 300-400 nm boyutları arasında homojen bir dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır (Şekil 6).

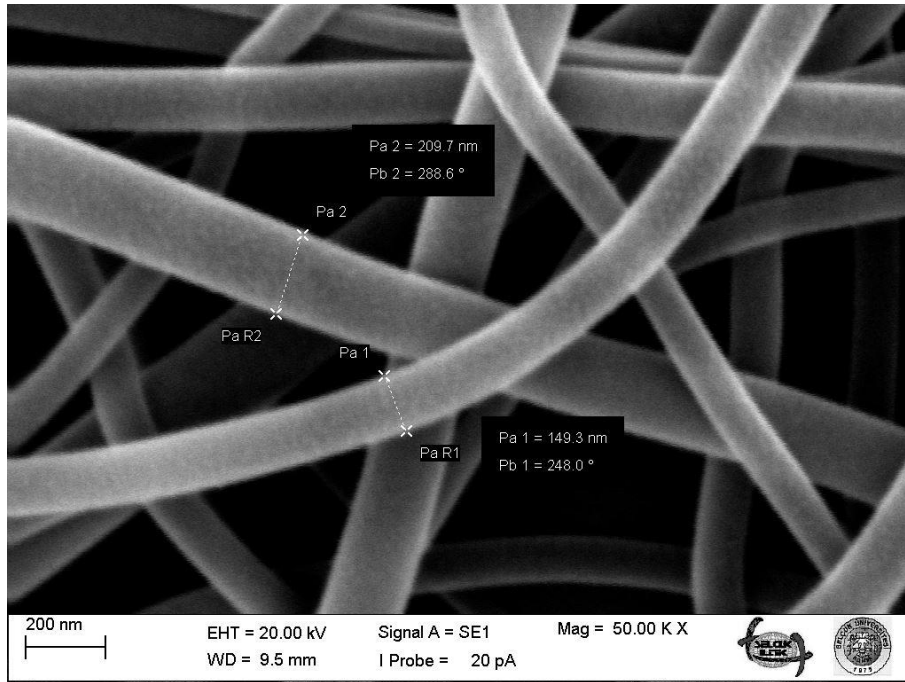
3.2. %7 PVP SEM Görüntüsü (SEM Images of 7% PVP)

Ağırlıkça %7 MW 1300000 PVP, deiyonize su ile manyetik karıştırıcı vasıtasıyla 60°C'de 4 saat homojen hale gelene kadar karıştırıldı ve 24 saat oda sıcaklığında bekletildi. Hazırlanan çözelti, elektro eğirme cihazı ile iğne-kolektör arası uzaklık 12,5 cm, 10 kV voltaj ve pompalama hızı ise 0,2 ml/h değeriyle eğrildi. Birkaç saat deney devam ettirilerek nanolif oluşumu gerçekleştirildi. Elde edilen SEM görüntülerin de (Şekil 7) nanoliflerin çapları 50-75 nm boyutları arasında homojen bir dağılım göstermektedir.



Şekil 7. %7 PVP nanolifinin SEM görüntüsü (50000 büyütme)
(Figure 7. SEM image of 7% PVP nanofiber 50000X)

3.3. %10 PVP SEM Görüntüsü (SEM Images of 10% PVP)



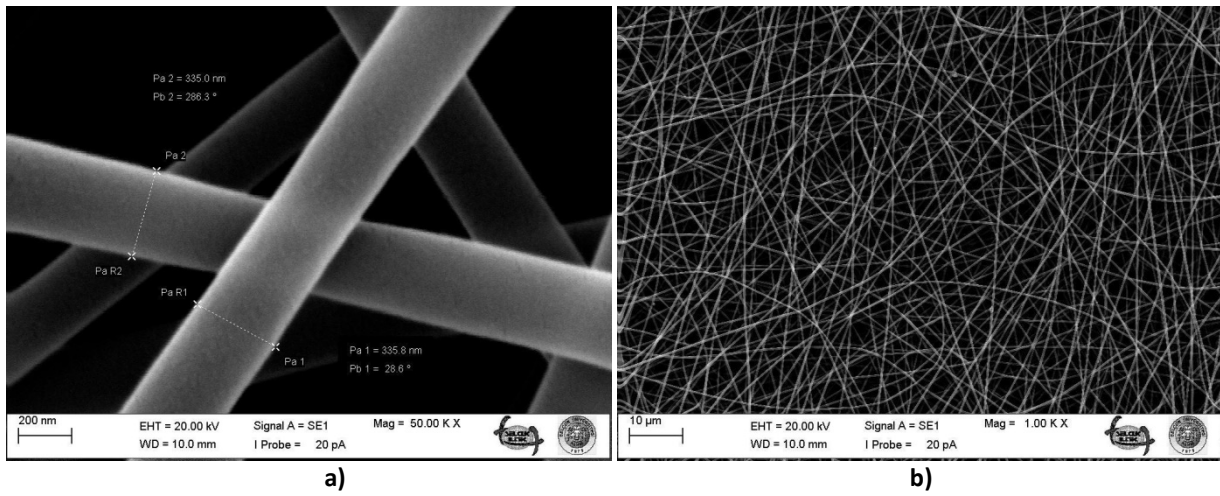
Şekil 8. %10 PVP nanoliflerinin SEM görüntüsü (50000 büyütme)
(Figure 8. SEM image of 10% PVP nanofiber 50000X)

Ağırlıkça %10 MW 1300000 PVP, deiyonize su ile manyetik karıştırıcı vasıtasıyla 50°C'de 4 saat homojen hale gelene kadar karıştırıldı ve 24 saat oda sıcaklığında bekletildi. Hazırlanan çözelti, elektro eğirme cihazı ile iğne-kolektör arası uzaklık 12,5 cm, 12,5 kV voltaj ve pompalama hızı ise 0,2 ml/h değeriyle eğrildi. Birkaç saat deney devam ettirilerek nanolif oluşumu gerçekleştirildi. Elde edilen SEM görüntülerin de (Şekil 8) nanoliflerin çapları 150-250 nm boyutları arasında homojen bir dağılım göstermektedir.

%10'luk PVP ile %7'lik PVP çözeltisi ile elde edilen nanolifleri karşılaştırılırsa %7'lik çözelti daha küçük çapa sahip ancak düzensizliklerde %7'lik çözeltide daha fazladır.

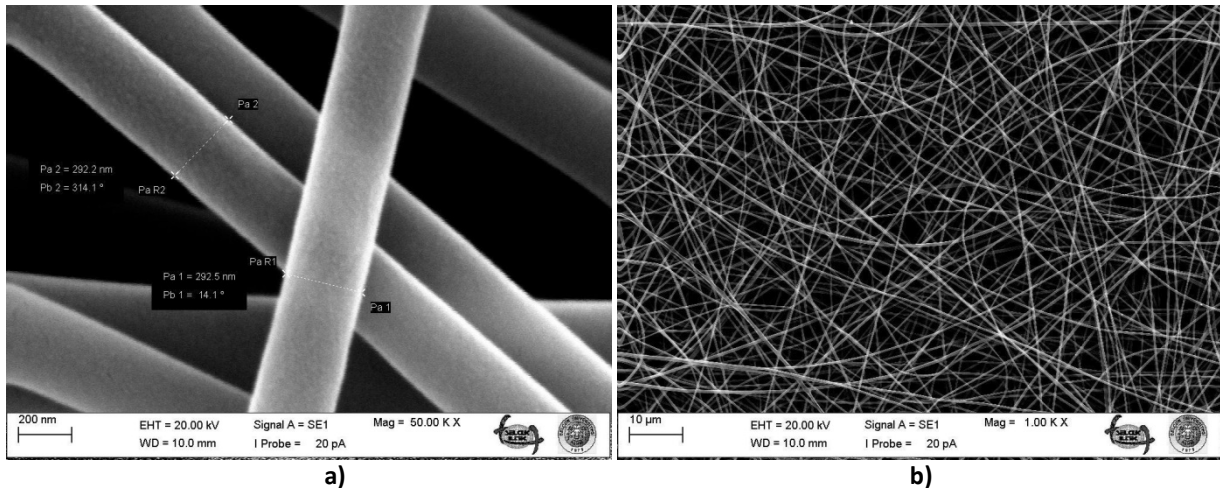
3.4. PVA/PVP SEM Görüntüleri (SEM Images of PVA/PVP)

Ağırlıkça %6 MW 88000 PVA ve %6 MW 1300000 PVP, deiyonize su ile manyetik karıştırıcı vasıtasıyla 60°C'de 4 saat homojen hale gelene kadar karıştırıldı ve 24 saat oda sıcaklığında bekletildi. Hazırlanan çözelti şırıngaya çekilerek, pompaya yerleştirildi. Elektro eğirme cihazı ile iğne-kolektör arası uzaklık 12 cm, **12 kV ve 16 kV** voltaj uygulandı ve pompalama hızı ise 0,2 ml/h değeriyle eğrildi. Birkaç saat deney devam ettirilerek nanolif oluşumu gerçekleştirildi.



Şekil 9 PVP/PVA nanoliflerinin SEM görüntüleri (uzaklık 12 cm ve uygulanan voltaj 12 kV) **a)** 50000 büyütme, **b)** 1000 büyütme

(Figure 9. SEM images of PVP/PVA nanofiber (distance 12 cm and applied voltage 12 kV) **a)** 50000X, **b)** 1000X)

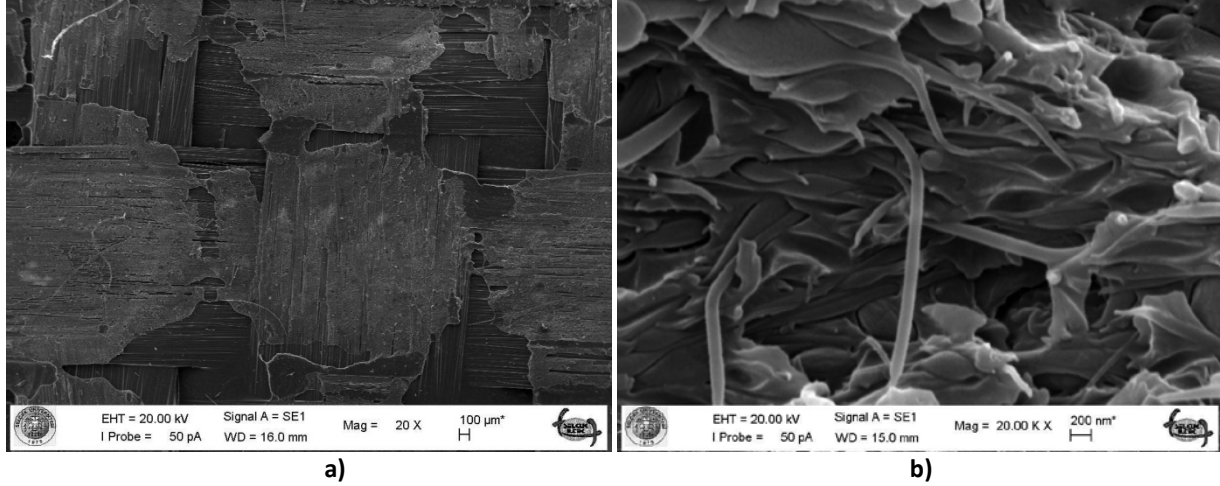


Şekil 10 PVP/PVA nanoliflerinin SEM görüntüleri (uzaklık 16 cm ve uygulanan voltaj 16 kV) **a)** 50000 büyütme, **b)** 1000 büyütme

(Figure 10. SEM images of PVP/PVA nanofiber (distance 16 cm and applied voltage 16 kV) **a)** 50000X, **b)** 1000X)

16 kV ve 12 kV uygulayarak elde ettiğimiz hibrit PVA-PVP nanoliflerinde Referans [21] deki bilgiyle uyuşan bir sonuç elde edildi. 16 kV uygulayarak elde edilen nanolifler 290 nm civarı çapa sahipken (Şekil 9), 12 kV uygulayarak elde edilen nanolifler 335 nm civarında çapa sahiptir (Şekil 10). Ancak bu değerlerde boncuksu yapıya rastlanmamıştır. Belli bir uzaklık değerinin üzerinde ve belli bir voltaj değerinin üzerinde üretilen nanoliflerde boncuksu yapı ve düzensizlikler olabilmektedir [22]

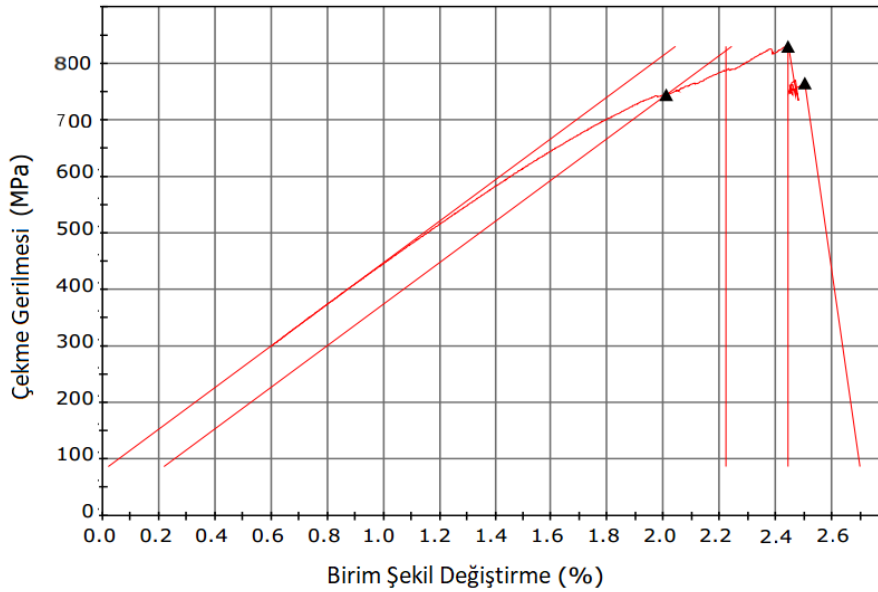
3.5. Nano Lif Katmanlı Kompozitin Mekanik Davranışı (Mechanical Behavior of Nano Fiber Layered Composite)



Şekil 11. PVA-PVP nanoliflerin kompozit malzemelere yerleştirilip çekme testine tabi tutulduktan sonra yüzeylerinin SEM görüntüleri **a)** 20 büyütme **b)**20000 büyütme

(Figure 11. SEM images of composite materials that the PVA-PVP nanofibers are placed in, after the tensile test, **a)** 20X **b)** 20000X)

Nano liflerin kompozit malzemelerin katmanına yerleştirildikten sonraki SEM görüntüleri Şekil 11'te verilmiştir. Nano liflerin yüzeyde yer aldığı görülmektedir (Şekil 11b). Bazı nano liflerin vakum infüzyon yöntemi esnasında kürlenme işlemi yapılırken epoksi ile birlikte eridiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca bazı yerlerin epoksi ile tam olarak ıslanmamış olması çekme testi esnasında malzemelerin delaminasyona uğramasına neden olmuştur (Şekil 11a). Nano liflerin yüzey alanının yüksek olması epoksi ve elyaf arasında tutunmayı sağlarken aynı zamanda yük taşınımında da önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, tam bir ıslanma sağlamadığından dolayı nano lifler bu işlevi yerine getirememiştir.



Şekil 12. PVA-PVP nanolif katmanlı kompozit malzemenin gerilme- birim şekil değişirme grafiği
(Figure 12. PVA-PVP nanostructured composite material's stress-strain graph)

Şekil 12'te nano elyaf takviyeli kompozit malzemenin gerilme-birim şekil değişirme grafiği verilmiştir. E-camı/epoksi kompozit malzemelerle kıyaslandığında [23] çekme gerilmesinde bir düşüş meydana gelmiştir. Bunun nedeni ise PVA-PVP nano liflerin yeteri kadar ıslanmamasıdır. Üretilen tabakalı nanokompozit malzemeler için kopma dayanımları ve şekil değişirme miktarındaki değişimler, malzemenin kopana kadar yuttuğu toplam enerjiyi yani tabakalı nanokompozitlerin tokluğunu nasıl etkilediğini göstermektedir.

Tabakalar arası kırılma direncini arttıran mekanizmalardan çatlak ucunun gerisinde oluşan lif veya tabaka köprülenmesi mekanizmaları numunenin kesitinden gözlemlenebilir [24]. Bu çatlak köprülenmesi mekanizması kararsız, büyük yük düşüşlerine neden olarak yük-yer değişirme eğrisinin testere ağzına benzemesine sebep olur.

Başlangıç çatlaklarını oluşturduğu anda numunelerde yük değerinde küçük azalmalar belirlenmiştir. Bu durum, çatlakların ayırıcı filminden itibaren matris içerisinde yayılmaya başladığının göstergesidir.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada PVA, PVP ve hibrit PVA-PVP nanolifleri başarılı bir şekilde üretilmiştir. Bu nanoliflerin çapları PVA için 300-400 nm, PVP için nanoliflerin çapları 50-75 nm arasında oluşmuş iken PVA-PVP Hibrit nanolifler için ise 350 nm olarak gerçekleşmiştir. Nanoliflerin tabakalar arası katmanda yerleştirilmek suretiyle VARTM yöntemi ile üretilen tabakalı kompozitin mekanik deneyi ve fraktografi neticesinde Epoksi reçinenin nano lifleri yeteri kadar ıslatmadığı gözlemlenmiştir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma, Selçuk Üniversitesi BAP koordinatörlüğü tarafından 11401056 numaralı proje ile desteklenmiştir. Mesut Uyaner, bu projenin yürütücüsüdür. Adem YAR, projedeki deneyleri gerçekleştirmiş ve projenin raporlanmasında katkı sunmuştur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] J.-J. Luo, I.M. Daniel, Characterization and modeling of mechanical behavior of polymer/clay nanocomposites, *Composites Science and Technology*. 63 (2003) 1607–1616. doi:10.1016/S0266-3538(03)00060-5
- [2] D. Schmidt, D. Shah, E.P. Giannelis, New advances in polymer/layered silicate nanocomposites, *Current Opinion in Solid State and Materials Science*. 6 (2002) 205–212. doi:10.1016/S1359-0286(02)00049-9
- [3] F.H. Gojny, M.H.G. Wichmann, B. Fiedler, W. Bauhofer, K. Schulte, Influence of nano-modification on the mechanical and electrical properties of conventional fibre-reinforced composites, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 36 (2005) 1525–1535. doi:10.1016/J.COMPOSITESA.2005.02.007
- [4] J. Njuguna, K. Pielichowski, J. Alcock, Epoxy-based fibre reinforced nanocomposites, *Wiley Online Library*. 9 (2007) 835–847. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adem.200700118> (erişim 27 Ocak 2019).
- [5] S.S. Wicks, R.G. de Villoria, B.L. Wardle, Interlaminar and intralaminar reinforcement of composite laminates with aligned carbon nanotubes, *Composites Science and Technology*. 70 (2010) 20–28. doi:10.1016/J.COMPSCITECH.2009.09.001
- [6] L. Tong, A.P. Mouritz, M.K. Bannister, 3D fibre reinforced polymer composites, *Elsevier*, 2002. doi:10.1016/B978-0-08-043938-9.X5012-1
- [7] T.K. Tsotsis, A. Markus, AST composite wing program work Unit IV-design, analysis, and manufacturing studies, 1999
- [8] F. Larsson, Damage tolerance of a stitched carbon/epoxy laminate, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 28 (1997) 923–934. doi:10.1016/S1359-835X(97)00063-8
- [9] K.A. Dransfield, L.K. Jain, Y.-W. Mai, On the effects of stitching in CFRPs—I. mode I delamination toughness, *Composites Science and Technology*. 58 (1998) 815–827. doi:10.1016/S0266-3538(97)00229-7
- [10] I.K. Partridge, D.D.R. Cartié, Delamination resistant laminates by Z-Fiber® pinning: Part I manufacture and fracture performance, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 36 (2005) 55–64. doi:10.1016/J.COMPOSITESA.2004.06.029
- [11] S.K. Sharma, B. V. Sankar, Effect of Stitching on Impact and Interlaminar Properties of Graphite/Epoxy Laminates, *Journal of Thermoplastic Composite Materials*. 10 (1997) 241–253. doi:10.1177/089270579701000302
- [12] A.. Mouritz, C. Bains, I. Herszberg, Mode I interlaminar fracture toughness properties of advanced textile fibreglass composites, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 30 (1999) 859–870. doi:10.1016/S1359-835X(98)00197-3
- [13] J.R. Reeder, Stitching vs. a Toughened Matrix: Compression Strength Effects, *Journal of Composite Materials*. 29 (1995) 2464–2487. doi:10.1177/002199839502901805
- [14] X. Zhang, L. Hounslow, M. Grassi, Improvement of low-velocity impact and compression-after-impact performance by z-fibre pinning, *Composites Science and Technology*. 66 (2006) 2785–2794. doi:10.1016/J.COMPSCITECH.2006.02.029
- [15] C.A. Steeves, N.A. Fleck, In-plane properties of composite laminates with through-thickness pin reinforcement, *International Journal of Solids and Structures*. 43 (2006) 3197–3212. doi:10.1016/J.IJSOLSTR.2005.05.017

- [16] A.P. Mouritz, Review of z-pinned composite laminates, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 38 (2007) 2383–2397. doi:10.1016/J.COMPOSITESA.2007.08.016
- [17] P.K. Sinha, Composite materials and structures, *Composite Centre of Excellence, AR&DB, Department of Aerospace Engineering IIT Kharagpur*. (2006).
- [18] M. Biron, Thermosets and composites: technical information for plastics users, (2004). https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak_download&id_clanak_jezik=9288 (erişim 27 Ocak 2019).
- [19] V.C.S. Chandrasekaran, M.H. Santare, P. Krishnan, S.G. Advani, Amino Functionalization of MWNTs and Their Effect on ILSS of Hybrid Nanocomposites, *Composite Interfaces*. 18 (2011) 339–355. doi:10.1163/092764411X584478
- [20] A. Formhals, Process and apparatus for preparing artificial threads, 1934. <https://ci.nii.ac.jp/naid/10029238153/> (erişim 27 Ocak 2019).
- [21] G.S. Kozanoğlu, Elektrospinning yöntemiyle nanolif üretim teknolojisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2006. <http://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/4631/1/3923.pdf>
- [22] A. Süslü, M. Özdemir, Ç. Tekmen, E. Çelik, Ü. Cöcen, Gümüş katkılı TiO₂ nanofiberlerin elektro-eğirme yöntemi ile üretilmesi ve karakterizasyonu, *Anadolu University Journal of Sciences & Technology*. 10 (2009) 277–284. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=44455220&site=eds-live&authtype=ip,uid>
- [23] M. Uyaner, M. Kara, Dynamic response of laminated composites subjected to low-velocity impact, *Journal of Composite Materials*. 41 (2007) 2877–2896. doi:10.1177/0021998307079971
- [24] V. Eskizeybek, A. Yar, A. Avci, CNT-PAN hybrid nanofibrous mat interleaved carbon/epoxy laminates with improved Mode I interlaminar fracture toughness, *Composites Science and Technology*. 157 (2018) 30–39. doi:10.1016/J.COMPSCITECH.2018.01.021

Suruç Çadırkent Alanının Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle Belirlenmesi

Mehmet Aziz SAYAR¹ , Hüseyin Zahit SELVİ^{2*} , İlkyay BUĞDAYCI² 

¹Şanlıurfa Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Milli Emlak Müdürlüğü, Şanlıurfa

²Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

(Geliş/Received: 08.02.2019; Kabul/Accepted: 04.03.2019; Online baskı/Published online: 18.04.2019)

ÖZET

Veriye ulaşmanın oldukça kolay olduğu günümüzde, bu verilerden faydalı bilgiye en kısa sürede ve en doğru şekilde ulaşmak büyük önem arz etmektedir. Özellikle planlama, risk yönetimi vb. karar verme analizlerinde birçok kriteri dikkate alarak doğru kararın verilmesinde bilgi sistemleri oldukça önemli yer tutmaktadır. Mekânsal verilerle yapılan çalışmalarda da Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla yapılan mekânsal analizler doğru kararlar alınmasında oldukça etkilidir. Özellikle birden çok etkenin kararı etkilediği durumlarda çok kriterli karar verme yöntemleri önemli katkılar sunmaktadır. Bu çalışmada da çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP (Analitik Hiyerarşi Yöntemi) yöntemiyle Şanlıurfa ili Suruç ilçesinde kurulması planlanan çadırkent in yeri çeşitli risk kriterleri dikkate alınarak parsel bazlı olarak belirlenmiştir. Bu şekilde Suruç ilçesindeki 2000'den fazla hazine taşınmazından çadırkent yapımına uygun olarak 5 adet parsel belirlenmiş ve karar vericinin sadece 5 parselden birisini seçmesi ile doğru karara ulaşması sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Risk yönetimi, çok kriterli karar verme, analitik hiyerarşi yöntemi, mekânsal analiz

Determination of Suruç Tent City Area by Analytic Hierarchy Method

ABSTRACT

Today, it is very easy to reach the data and it is of great importance to obtain true useful information in the shortest time by using these data. Particularly, in decision-making analysis such as planning, risk management, information systems have very important place in making the right decision considering many criteria. In spatial data studies, spatial analysis using Geographical Information Systems (GIS) are very effective in making the right decisions. Multi-criteria decision-making methods provide significant contributions, particularly when multiple factors affect the decision. In this study, the location of tent city, planned to be established in Suruç district, was determined by using AHP (Analytic Hierarchy Process) method which is one of the multi-criteria decision making methods by considering various risk criteria. In this way, 5 parcels which are suitable for tent-city construction were determined in Suruç district and thus, choosing one of the only five parcels was enough to make the right decision.

Key Words: Risk management, multi-criteria decision making, analytic hierarchy process, spatial analysis

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde çok miktarda karmaşık verinin var olduğu bilinmekle birlikte bu verilerin insanoğlunun hizmetine sunulabilmesi için organize edilip ayrıştırılarak bilgiye ve bilgi sistemine dönüştürülmesi gerekmektedir. Özellikle mekansal tabanlı verilerin belirli yöntemlerle organize edilerek bilgi çıktılarına haline dönüştürülmesi sürecinde kullanılan bilgi sistemlerinden biri olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), mekanla ilişkili konuların açıklanmasında ve problemlerin çözülmesinde kullanılan en önemli araçlardan birisidir. CBS, mekansal nitelikteki bilgi ve verilerle yönlendirilen işlemlerde etkin role sahiptir. Yürütülen çalışmalarda CBS, farklı analiz yöntemleri ışığında kullanılarak düzenli ve anlamlı sonuç çıktıları üretilmektedir [1].

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: hzselvi@erbakan.edu.tr / Tel: +90 332 325 2024-4047

Bilindiği üzere herhangi bir konuda yer seçim kararı; nitelendirme ve karar verme süreci çok sayıda kriteri kapsadığından ve birbirleriyle çelişen bu kriterler arasında bir uzlaşmanın sağlanması gerektiğinden oldukça karmaşık bir problem haline gelmektedir. Uzmanların ya da karar vericilerin, özellikle mekansal konularda niteliksel ve niceliksel faktörleri beraber değerlendirmek durumunda kaldığı problemlerin çözümünde; Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) öne çıkmaktadır. AHP yöntemi diğer analiz yöntemlerine göre CBS'yi altlık olarak kullanma konusunda daha çok etkilidir. AHP'nin karar vericiler tarafından sıklıkla tercih edilmesinin asıl sebebi ise, çok kriterli kararların verilmesinde karar verilecek konunun özelliklerine göre subjektif kriterlerin dikkate alınabilmesidir [2].

Böylelikle analizi gerekli olan konu üzerinde çoğunluğun kabul ettiği ölçütlere bağlı kalma veya ölçütler üzerinde çizilen sınırlara uyma zorunlulukları ortadan kaldırılarak, arzu edilmesi halinde analize sokulacak kriterler:

- Çalışma alanının coğrafi ve beşeri özelliklerine göre,
- Çalışma amacı doğrultusundaki ihtiyaçlara göre,
- Çalışmada yararlanılacak bir faktörün çalışma alanı içerisinde ayırt edici bir kriter olma özelliği taşıyıp taşımadığına karar verilmesine göre,
- Uzmanın gözlem ve bilgi birikimine göre,

karar verici tarafından özgürce belirlenebilmektedir.

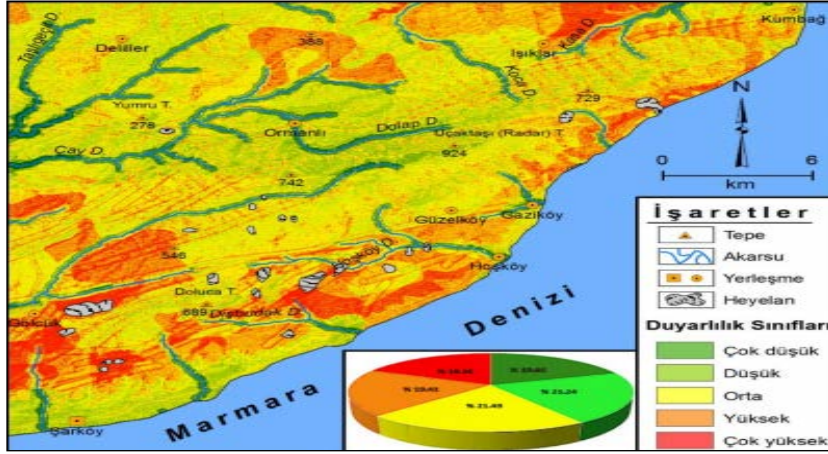
Mekansal problemlerin ve ihtiyaçların giderilmesi kapsamında yapılan çalışmalarda en çok dikkat edilmesi gereken konulardan birisi de risk yönetimidir. Genel anlamıyla risk, gelecekte ortaya çıkabilecek vaziyetlerin veya iç/dış etkenlerin, yapılacak olan çalışmanın amaç ve hedeflerini etkileme ihtimalidir. Çalışmaların amaçlarına ulaşabilmesi için çalışma bölgesinde bulunan her seviyedeki riskin tespit edilmesi, değerlendirilmesi, risklerin etkilerinin azaltılması yolunda önlemler alınması işlemlerinin tümüne ise risk yönetimi denilmektedir [3].

Genellikle heyelan riskleri, taşkın alanları risk analizleri, kentsel amaçlı acil durum analizleri, trafik kazalarında risk yönetimi vb. çalışmalar Coğrafi Bilgi Sistemlerinin birer araç olarak kullanıldığı risk yönetimi çalışmaları olarak öne çıkmaktadır.

Risk haritalarının oluşturulmasında CBS ve AHP'nin birer araç ve metot olarak kullanılması suretiyle, risk yönetimi çerçevesinde çalışılacak bölgeye ait; veriler, geçmişte yaşanmış afetlerin bilgileri ve etki alanları, bölgeye dair nüfus ve yerleşme özellikleri mekânsal boyutta depolanıp, CBS programları aracılığı ile analiz edilmekte ve risk taşıyan/taşımayan alanlar haritalanmaktadır [4].

CBS'nin AHP ile birlikte kullanıldığı risk yönetimi çalışmalarına literatürde sıklıkla rastlanılmaktadır. [5], İstanbul İli için afet sonrası en uygun geçici barınma alanlarını, CBS ve AHP ile tespit etmeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda Avrupa ve Anadolu yakalarında hangi mevkiilerin uygun olduğunu ortaya koymuşlardır.

Güler [1] tarafından yapılan tez çalışmasında İstanbul ili için AHP ile alternatif katı atık alanı yer seçimi yapılmıştır. Çalışmada arazi kullanımı, jeoloji, yerleşim alanlarına uzaklık, yüzey suları, nüfus yoğunluğu, havalimanına uzaklık, korunan alanlar, eğim, mevcut katı atık aktarma istasyonları, arazi değerleri ve karayollarına uzaklık olmak üzere 11 adet kriter kullanılmıştır. Bu kriterlerle AHP ölçekleri kapsamında çok kriterli veri analizi yapıp İstanbul ili için farklı ilçe ve semtlerde toplam 5 adet katı atık aktarma istasyon noktası belirlenmiştir. Kavzoğlu ve diğ.[6] tarafından Trabzon İli için CBS tabanlı çok kriterli karar analizi yöntemiyle heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir. Heyelan duyarlılık haritasının üretilmesinde çok kriterli karar analizi tekniklerinden AHP kullanılmıştır. Duyarlılık haritası oluşturulurken, çalışmanın mahiyetine göre litoloji, eğim, arazi örtüsü, bakı ve yükseklik faktörlerine kriter ağırlıkları atanmıştır. Trabzon ili için heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Selvi ve Çağlar [7], Çok Değişkenli Haritalama için kümeleme yöntemlerinin kullanılması üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada; kümeleme analiz yöntemlerinden k-ortalama yöntemi, k-temsili yöntemi ve Birleştirici Hiyerarşik Kümeleme yöntemi ele alınmıştır. Bu yöntemlerle Türkiye'de üç ayrı yıla ait trafik kaza verileri kullanılarak, üretilen çok değişkenli haritalar sayesinde bu yöntemlerin karşılaştırılması yapılmış ve bu yöntemlerle üretilen haritaların kullanılabilirliği üzerinde durulmuştur. Özşahin [8], yapmış olduğu çalışmada CBS yardımıyla heyelan duyarlılık analizinin nasıl gerçekleştirildiğini ortaya koymuştur. Şekil 1'de Tekirdağ İli için hazırlanmış olan AHP Yöntemiyle Heyelan Risk Analizi Haritası: Ganos Dağı örneğine yer verilmektedir.



Şekil 1. Heyelan Risk Haritası Örneği [8]

(Figure 1. Landslide Risk Map [8])

Bu çalışma, Milli Emlak Müdürlüğü Kurumunun görevlerinden biri olan “Devlet iş ve işlemlerinde ihtiyaç duyulan çalışmalara altlık sağlaması bakımından en uygun parselin belirlenmesi” işi kapsamında Şanlıurfa ili, Suruç ilçesi sınırları içerisinde; bir geçici barınma merkezi olan çadırkent tesisinin kurulumu için en uygun parselin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Literatür taramasında incelenen AHP ile en uygun yerin belirlenmesi çalışmalarından farklı olarak bu çalışmada; ihtiyaç duyulan konu ile ilgili yalnızca en uygun yer belirlenmemiş, aynı zamanda elde edilen sonuçların kullanılabilirliğini arttırmak amacıyla devlet mülkiyetindeki en uygun parsel/parseller de belirlenmiştir. Böylelikle genelde katı atık tesisi, geçici barınma merkezi, okul, hastane vb. kamusal amaca hizmet edecek tesisler için belirlenen en uygun yerlerde devletin yapacağı kamulaştırma maliyeti, açılacak mahkemeler, bazı sosyodinamik dengelerin zedelenmesi vb. unsurların önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

Bir barınma merkezi için yapılacak olan en uygun yer analizi işinde tabii olarak risk ve risk yönetimi konuları da göz önünde bulundurulmalıdır. Çalışma sahası olarak seçilen yerde risk oluşturacak unsurlar üzerinde durulmuş ve bu unsurların arasında çalışma sahası içerisindeki belirli mesafelerde farklılık gösterenler AHP analizinde kullanılacak kriterler arasına alınmıştır.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (Multi-criteria decision making methods)

Çoklu ve genellikle birbiriyle uyuşmayan kriterlerin olduğu durumlarda bir probleme çözüm getirebilmek için çok kriterli karar verme analizinden yararlanılmaktadır [9].

Çok kriterli veri analizleri, bir konuyla alakalı karar verme ve uygulama süreçlerinde birden fazla faktör tarafından etkilenen olaylarda, karar aşamasında rol oynayan bu faktörleri önemlilik ya da gereklilik durumlarına göre sınıflandırarak, derecelendirerek karar için en uygun modeli ortaya koyma işlemleri olarak da açıklanabilmektedir [1].

CBS kullanılarak üretilen görsel bilgilere ve bu üretim aşamasında kullanılan Çok Kriterli Veri Analizine, haritacılıkla uğraşan birçok sektörde ihtiyaç duyulacağı açık olup, bu analizler özellikle kamu kurum ve kuruluşlarının mekansal veri tabanlı iş ve işlemlerinde son derece önem arz etmektedir. Faaliyetlerini yürütürken ihtiyaç duyduğu ve kullandığı mekansal veri alt yapısıyla bu konuda öne çıkan Karayolları, Devlet Su İşleri, Tapu ve Kadastro Müdürlükleri gibi kurumların arasında Milli Emlak Genel Müdürlüğü ve Milli Emlak Müdürlükleri de dikkat çekmektedir.

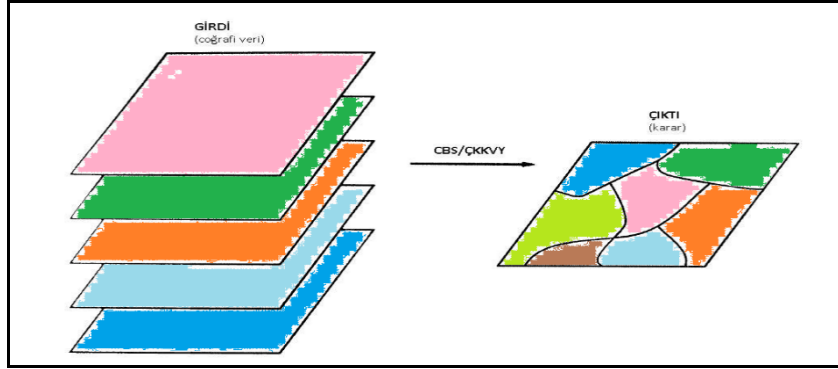
Kullanıldığı alan, kullanılmasındaki amaç ve yararlandığı kriterlere göre çok kriterli veri analiz yöntemleri çeşitlilik göstermektedir. Bunlardan öne çıkan bazıları kümeleme yöntemi, TOPSİS çok kriterli analiz yöntemi, Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP), gri ilişkisel analiz yöntemi şeklinde sıralanabilir.

Özellikle kümeleme analizi ve AHP yöntemi haritacılık alanında öne çıkan analiz yöntemlerindedir. Çok değişkenli haritalama mekânsal objelere ait birden çok özelliğin harita oluşturularak görsel sunumudur. Çeşitli veri hazırlama ve istatistiksel sınıflandırma teknikleri kullanılarak mekânsal objelere ait birden çok özellik görsel olarak

incelenebilmekte ve kartografik işaretlerle gösterilmektedir. Bu kapsamda kümeleme analizi yöntemleri de çok değişkenli haritalama için kullanılabilir bir metot olarak öne çıkmaktadır [7].

Mekânsal çok kriterli analiz, geleneksel çok kriterli karar verme yöntemlerinden içerdiği coğrafi bileşen nedeniyle keskin bir biçimde ayrılmaktadır. Geleneksel ÇKKVY'nin aksine alternatiflerin sadece değerlerine değil ayrıca coğrafi konumlarına da ihtiyaç duyulmaktadır. Veri, CBS ve ÇKKVY kullanılarak işlenip karar verilebilmesi için hazır hale getirilmektedir. Özetle mekânsal çok kriterli analiz, girdi olarak kullanılan coğrafi verinin işlenerek kesin karar çıktısına yine coğrafi boyutta ulaşma süreci olarak değerlendirilebilir [1].

CBS kapsamında çok kriterli veri analizi süreci Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. CBS boyutunda ÇKKVY gösterimi [10]

(Figure 2. Representation in GIS Size [10])

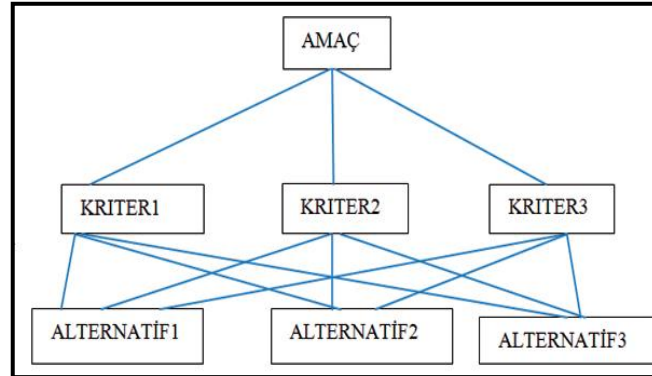
2.1.1. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (Analytic Hierarchy Method)

Karar verme durumuyla karşı karşıya kalındığında, çeşitli alternatifler arasından en uygun olanının seçilmesi söz konusudur. Yalnızca bir adet kriter ölçü alınarak alternatifler değerlendirilirken, karar verme işi göreceli olarak çok daha kolay yapılmaktadır. Ancak kriterlerin artmasıyla beraber karar verme problemi karmaşıklaşmaktadır. Kriter sayısının fazla olduğu bu gibi durumlarda kullanılmak üzere geliştirilmiş olan çok kriterli karar verme yöntemleri bulunmaktadır. Çalışmada yararlanılması düşünülen Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) de bu yöntemlerden birisidir [11].

Bir karar problemine AHP uygulanırken genel olarak aşağıdaki adımlar takip edilmektedir [12].

- Karar probleminin hiyerarşik bir modele dönüştürülmesi,
- İkili karşılaştırmaların yapılması ve kişisel yargı matrisinin elde edilmesi,
- Ağırlıkların ve karşılaştırma matrislerinin tutarlığının hesaplanması,
- Nihai öncelik değerlerinin bulunması.

AHP'de kullanılan temel hiyerarşik yapı Şekil 3'te gösterilmektedir [13]. Hiyerarşiye bakıldığında en tepede nihai amacın, ortada ele alınacak kriterlerin ve en altta da değerlendirilecek alternatiflerin olduğu görülmektedir.



Şekil 3. AHP [13]

(Figure 3. AHP [13])

AHP kapsamında ikili karşılaştırmalar yapılırken Tablo 1’de verilen ölçek dikkate alınır. Söz konusu tablodaki değerler i faaliyetinin j faaliyeti ile karşılaştırılmasına göre düzenlenmiştir. j faaliyetinin i faaliyeti ile karşılaştırılması yapıldığında, tablodaki değerlerin çarpmaya göre tersleri alınmaktadır [14].

Tablo 1. AHP ölçekleri [14]

(Table 1. AHP Scales [14])

Önem Ölçeği	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki seçenek eşit derecede öneme sahiptir.
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmaktadır.
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmaktadır.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır.
9	Kesin önemli	Bir kriterin diğerinden üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahiptir.
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerlerdir.

Değerlendirilen kriter sayısı n ve i özelliğinin, j özelliğine göre önemi de a_{ij} ile gösterilmek üzere; n x n türündeki ikili karşılaştırmalar matrisi, aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$A = (a_{ij}) = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Ağırlıkların (öncelik değerlerinin) hesaplanması aşamasında ise ikili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen karşılaştırma matrisleri normalleştirilerek, her matris için bir öncelik vektörü (W) hesaplanır. Normalleştirme işlemi, karşılaştırma matrisindeki sütunlara ait sayıların, ilgili sütun toplamına bölünmesiyle gerçekleştirilir. Normalleştirilen matrisin her satırının ortalaması alınarak, ilgili kriter için ağırlıklar elde edilir [15].

W öncelik vektörü w_i (öncelik değerlerinden) değerlerinden oluşur ve aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n (a_{ij}w_j)}{n} \quad (2)$$

AHP uygulanırken ikili karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığının da bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla tutarlılık oranları hesaplanmaktadır. Tutarlılık oranı (TO) 0.10’dan büyük olmamalıdır. Böyle bir durumda ikili karşılaştırmalarda tutarsızlık olduğu anlaşılır. Eğer $TO \leq 0.10$ ise ikili karşılaştırmaların tutarlı olduğu sonucuna varılır. Tutarlılık oranı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$TO = \frac{T_i}{R_i} \quad (3)$$

Burada R_i değeri Rassal İndeks (rastgele indeks değeri) olup, rasgele olarak türetilmiş değerlerden oluşur. T_i değeri ise Tutarlılık İndeksi olarak bilinir. Rassal indeks, n değerine göre, yani karşılaştırma matrisinin boyutuna göre değişir. Karşılaştırılan değer sayısı n ile gösterilmek üzere bazı n değerlerine ilişkin R_i değerleri Tablo 2.’de verilmiştir.

Tablo 2. Rastgele İndeks Değerleri [16]

(Table 2. Random Index Values [16])

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rastgele İndeks	0	0	.52	.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

$$T_i = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

λ_{max} değerinin hesaplanabilmesi için öncelikle A matrisi ile W vektörü çarpılır. Bu çarpım sonucunda elde edilen vektör Ağırlıklı Toplam Vektörü (ATV) olarak bilinir. Daha sonra ATV vektöründeki her bir değer, karşılık gelen öncelik değerlerine; diğer bir ifadeyle W_i değerlerine bölünür. Bu bölme işlemlerinden elde edilen (ATV / ÖD) değerlerinin aritmetik ortalaması alınır. Bu ortalama λ_{max} 'tır.

Yöntemdeki son aşama ise nihai öncelik değerlerinin hesaplandığı aşamadır. Alternatifler arasında en yüksek nihai öncelik değerine sahip olan alternatif seçilir.

3. UYGULAMA (APPLICATION)

3.1. Çalışma Alanı (Working Area)

Sınıra sıfır noktasında bulunan Şanlıurfa İlinin Suruç İlçesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Şanlıurfa İli 19.242,00 km² alanı ile yüzölçümü bakımından Türkiye'nin en büyük 7. ili olarak öne çıkmaktadır. Suruç ise Şanlıurfa'nın güneybatısında bulunan jeopolitik konumu açısından çok önemli bir ilçedir. Suruç'tan gerek karayolu gerekse demiryoluyla Türkiye'nin aşağı yukarı her noktasına ulaşım sağlamak mümkündür. Türkiye-Suriye arasındaki demiryolu, ilçeye bağlı Mürşitpınar Mahallesi üzerinden geçmektedir. İlçenin çevre il ve ilçelerle ulaşımının tamamen asfalt yollardan sağlanması ve yılın bütün aylarında ilçeye bağlı köylere ulaşımın mümkün olması burada yaşamı daha rahat bir hale getirmektedir [17].



Şekil 4. Suruç'un bölgedeki konumu [18]
(Figure 4. Location of Suruç in the region [18])

Şekil 4'te Suruç'un bölgedeki konumunu gösteren haritaya yer verilmektedir.

İlçenin hemen yanbaşında cereyan eden Suriye iç savaşının en büyük etkilerinden biri olan sığınmacı meselesinin çözüm yollarından biri olarak öngörülen çadırkent tesisi işi kapsamında uzmanlarca ve yöneticilerce belirlenen ihtiyaçlara göre CBS ortamında AHP analizleri yapılarak alternatif çadırkent tesisi için en uygun yerler (parseller) belirlenmiştir. Bu süreçte; Suruç ve çevresi üzerinde risk oluşturabilecek bütün kriterler göz önünde bulundurulduğunda; çevresine göre en uygun ilçe olduğu görülen Suruç çalışma alanı olarak belirlenirken, daha sonrasında da ilçenin kendi içerisinde risk unsurları ve en uygun yerin belirlenmesine etki edecek diğer unsurlar üzerinde yoğunlaşarak sonuç ürünleri elde edilmiştir.

3.2. Kriterlerin Belirlenmesi ve Uygunluk Haritalarının Oluşturulması (Determination of Criteria and Establishing Compliance Maps)

En uygun yerin belirlenmesi sürecinde dikkat edilmesi gereken hususların açıklanması ve irdelenmesi, bir risk yönetimini de içerisinde barındırmaktadır. Bu kapsamda çalışma alanı seçilirken deprem, heyelan, çığ, erezyon, aşırı ısınma, nemlilik, hakim rüzgar yönü unsuru, yağış miktarları, sel ve taşkınlar, acil durumlarda güvenlik ve sağlık hizmetlerine erişim, savaş bölgesi beklenmedik tehlikelerinden etkilenebilirlik vb. unsurlar göz önünde bulundurulmuş ve her biri detaylıca irdelenmiştir. Bütün bu çalışmalar ışığında veri karmaşasını engellemek ve

çalışmanın işlevselliğini sağlamak amacıyla sadece ilçe sınırları içerisindeki farklı alanlarda farklı özellik gösteren kriterler hesaplamaya katılmıştır.

Bu kapsamda en uygun yer seçimi sürecinin, sade ve kullanılabilir bir işleve sahip olması için uygunluk sınıflandırmaları ve AHP analizinde kullanılacak kriterler:

- Eğim,
- Karayollarına Uzaklık,
- İlçe Merkezine Uzaklık,
- Suriye Sınırına Uzaklık,
- Dere Yataklarına Uzaklık,
- Mevcut Çadırkent Tesisine Uzaklık,
- Yüksek Gerilim İndirgeyici Trafo Tesisine Uzaklık,
- Koruma Altındaki Alanlara Uzaklık,

şeklinde belirlenmiştir.

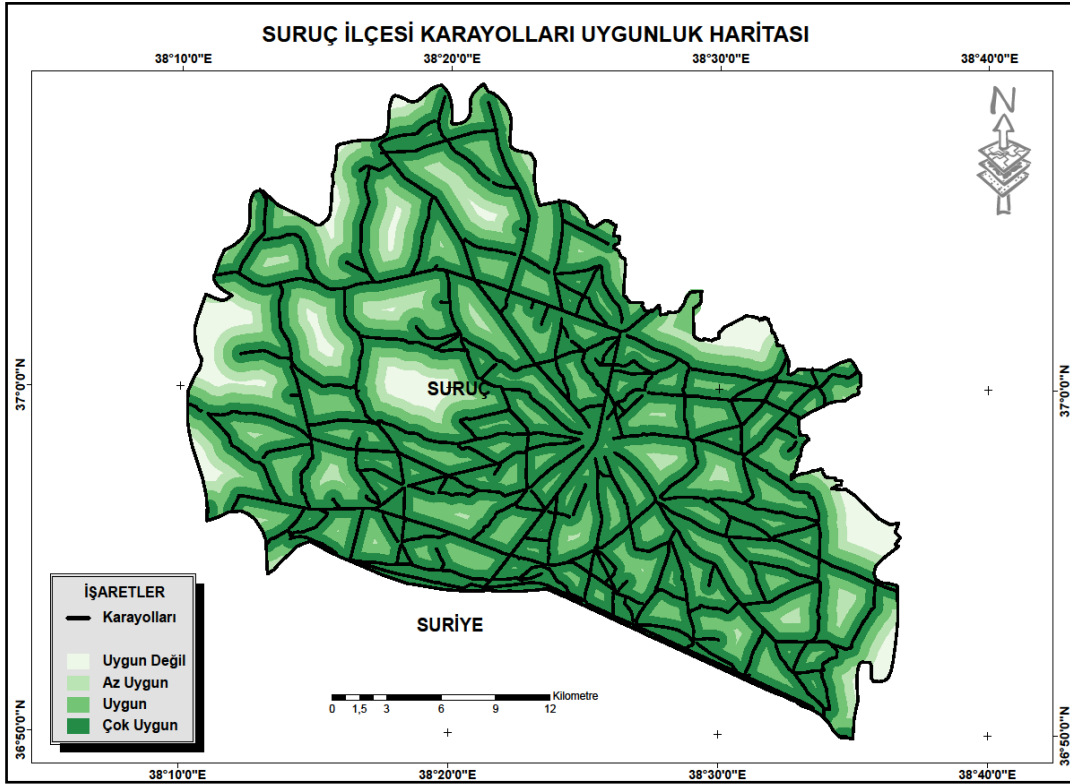
Kriterlere ait uygunluk haritalarının oluşturulması işi kapsamında, gerek tesisin ihtiyaçları ve işleyişine dair yapılan araştırmalar, gerekse uzman ve yönetici görüşleri doğrultusunda karar verilip belirlenmiş uzaklık değerleri sisteme girilip “uygunluk tampon bölgeleri” oluşturulmuştur. Sınıflama analizlerinin yapılabilmesi için, oluşturulan haritalar raster formatına çevrilmiştir. Raster dönüşümünde görüntü kalitesinin sağlıklı sonuçlar verebilmesi amacıyla piksel boyutu 10 m seçilmiştir. Son aşamada ise haritalar istenilen aralıklarda sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma işlemi yapılan haritalara ilgili modüller yardımıyla uygunluk dereceleri girişi yapılmıştır.

Sonuç olarak: AHP’de kullanılmak üzere belirlenen 8 adet kriterin her birisinin kendi içerisinde uygunluk haritası oluşturulmuştur (örneğin karayolu kriteri için; ilçe içerisindeki hangi nokta ne kadar uygundur). Böylelikle her bir kriterle özgü uygunluk haritası oluşturulmuş olup, 8 adet uygunluk haritası elde edilmiştir.

En sonda ise bu 8 kriter AHP ölçeklerine göre kendi aralarında önem dercelerine göre kıyaslanarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Buradan her kriterle ait ağırlıklar elde edilip, bu ağırlıklar ilgili modül yardımıyla sisteme girilerek tek bir uygunluk haritası elde edilmiştir.

Tablo 3. Karayollarına Uzaklık Değerleri
(Table 3. Distance to Highways)

Kriter	Değer
0–500 m	Çok Uygun
500 m – 1 km	Uygun
1 km – 1,5 km	Az Uygun
> 1,5 km	Uygun Değil



Şekil 5. Karayollarına Uzaklık Uygunluk Haritası
(Figure 5. Distance to Highways Compliance Map)

Tablo 3'te karayollarına uzaklık uygunluk değerleri atanmaktadır. Şekil 5.'te ise ArcGIS ortamında Tablo 3'teki değerlere göre yeniden sınıflandırma işlemi yapılarak Karayollarına Uzaklık Uygunluk Haritası elde edilmiştir.

Diğer kriterler için de uygunluk haritaları teker teker oluşturulmuştur. Daha sonra AHP Priority Calculator programı yardımıyla ikili karşılaştırma matrisleri kurularak, hangi kriterin ne kadar önemli olduğunu gösteren her bir kriter ait kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Tablo 4'te kriter ağırlıkları görülmektedir.

Bu işlem sırasında kriterlerin isimleri;

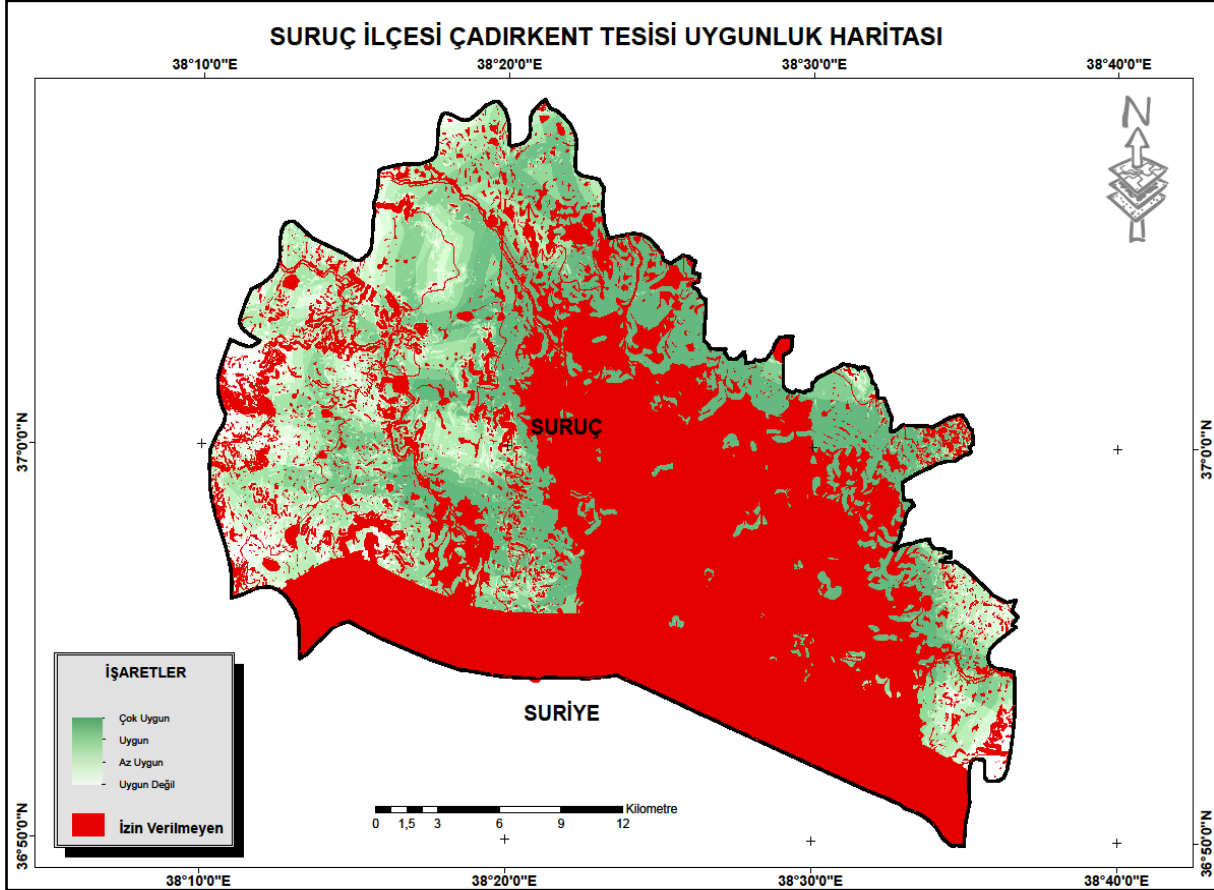
- Karayollarına Uzaklık: K1
- Elektrik Tesisine Uzaklık: K2
- Eğim: K3
- İlçe Merkezine Uzaklık: K4
- Suriye Sınırına Uzaklık: K5
- Mevcut Tesise Uzaklık: K6
- Dere Yataklarına Uzaklık: K7
- Korunan Alanlara Uzaklık: K8

şeklinde kısaltılmıştır.

Tablo 4. Kriter Ağırlıkları
(Table 4. Criteria Weights)

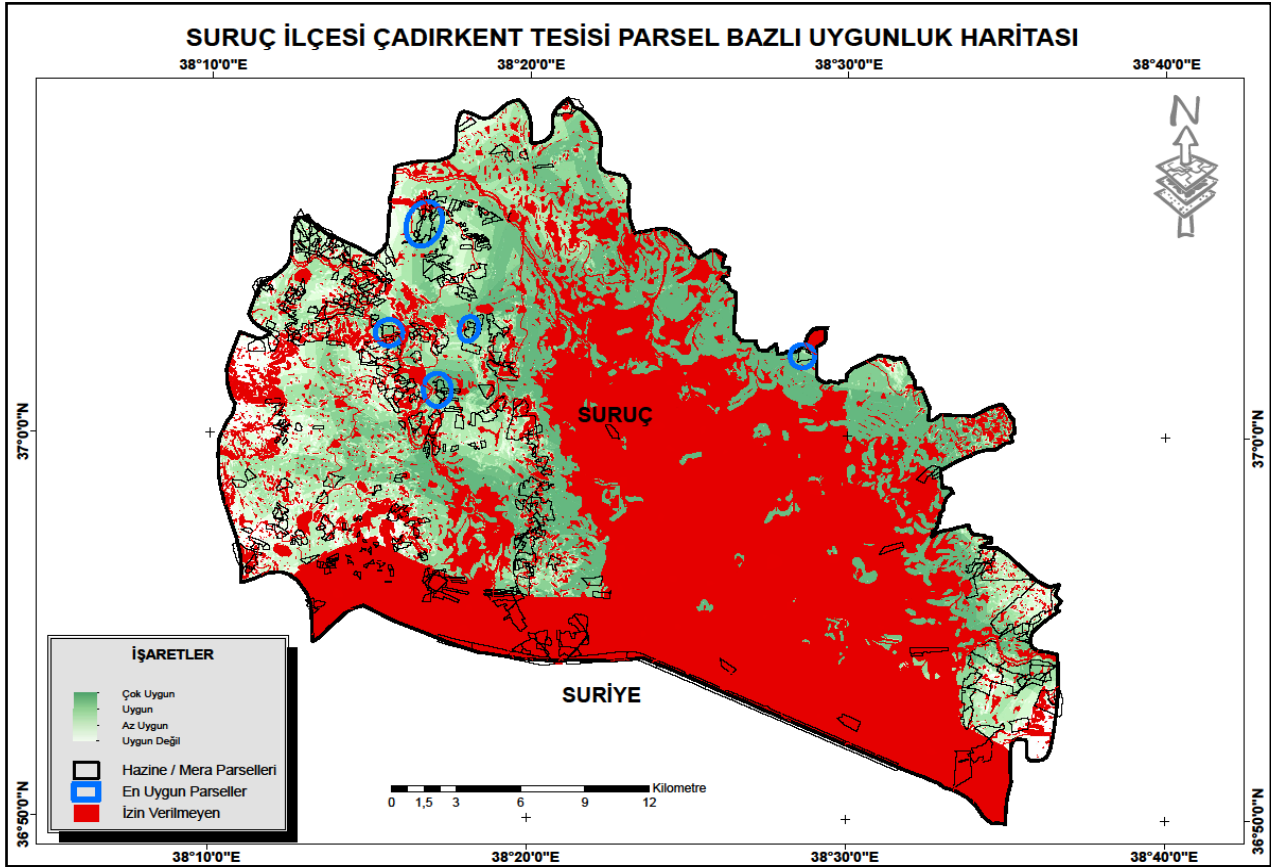
Kriter	Ağırlık
K1	0.265
K2	0.173
K3	0.252
K4	0.100
K5	0.082
K6	0.035
K7	0.007
K8	0.023

AHP yöntemiyle hesaplanan kriter ağırlıkları, ait oldukları kriter ile ArcGIS ortamındaki mekânsal analiz (spatial analyst) modülü yardımıyla işleme konulup uygunluk analizi yapılmış ve tek bir uygunluk haritası oluşturulmuştur. Ayrıca ilçedeki mahalle/köylere ait yerleşim alanlarının sınırları da izin verilmeyen diğer alanlara eklenmiştir. İzin verilmeyen alanların hepsi sonuç haritasındaki lejant kısmında “izin verilmeyen alanlar” ifadesiyle belirtilmiştir. Böylelikle Çadırkent Uygunluk Haritası tamamlanmıştır. Haritada açık renkten koyu renge doğru gidildikçe uygunluk artmaktadır. İzin verilmeyen alanlar ise keskin bir şekilde diğer alanlardan ayrılması amacıyla kırmızı renkle gösterilmektedir. Uygunluk sınıflarının gösterilmesinde colorbrewer programındaki renk tonları kullanılmıştır. “Çok uygun”, “uygun”, “az uygun” ve “uygun değil” şeklinde sıralanan uygunluk durumlarının her biri için colorbrewer programdan bir RGB değeri atanmış ve oluşturulan bütün haritalarda uygunluk durumuna karşılık gelen RGB değeri kullanılarak belirli bir standart sağlanmıştır. Şekil 6’da uygunluk haritası gösterilmektedir.



Şekil 6. Uygunluk Haritası
(Figure 6. Compliance Map)

Bölgedeki tüm alanların çadırkent kurulumu için uygun olandan uygun olmayana doğru sınıflandırıldığı Çadırkent Uygunluk Haritasının elde edilmesiyle, çalışmanın asıl sonuç ürünü verecek olan “en uygun parselin belirlenmesi” işi için Hazine ve mera parsellerinin haritaya tatbik edilmesi sürecine gelinmiştir. Halkın neredeyse yüzde yüzünün kendi parseli üzerinde tarım yapıyor olması, bölgedeki sosyodinamik dengeler ve belki de ömrü sadece birkaç yıl olacak böylesine geçici bir tesis için astronomik kamulaştırma ücretleri verilmesinin yol açacağı zararlar düşünüldüğünde; devlete ait parsellerin dışında başka herhangi bir parselde kurulumun yapılmasının uygun olmadığı ortaya çıkmaktadır. Şekil 7’de en uygun parsellerin belirlenebilmesi amacıyla oluşturulan harita gösterilmektedir.



Tablo 5. Çalışma Kapsamında Belirlenen Parseller
(Table 5. Parcels Determined in the Scope of Work)

<u>İl</u>	<u>İlçe</u>	<u>Mahalle</u>	<u>Parsel No</u>	<u>Parsel Türü</u>
Şanlıurfa	Suruç	Yağışlı	314	Hazine
Şanlıurfa	Suruç	Küçüksergen	102_2	Hazine
Şanlıurfa	Suruç	Ezgil	576 ve 577'nin tevhidi ile oluşacak parsel	Hazine
Şanlıurfa	Suruç	Yağışlı	332,333,156'nın tevhidi ile oluşacak parsel	Hazine
Şanlıurfa	Suruç	Hacılı	555	Mera

4. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Yer seçimi problemi, bir mekânsal analiz problemi olduğundan, bu problemin çözümünde faydalanılacak araçlar arasından en çok öne çıkanı Coğrafi Bilgi Sistemleri olmaktadır. Çalışmada yapılan bütün mekânsal analizler CBS araçları kullanılarak yapılmıştır.

Çalışmanın sonuç ürünü olan Tablo 5 elde edilerek çalışma sonuçlandırılmıştır. Böylelikle ilçede bulunan 1938 adet hazine ve yaklaşık 100 adet mera parselinden oluşan, mülkiyeti Devlete ait sayıca 2 bin adetten fazla taşınmaz

üzerinden seçim yapılarak nihayete ulaştırılması gereken iş, sadece 5 adet parsel üzerinden seçim yapılarak sonuçlandırılabilir boyuta getirilmiştir.

Söz konusu 5 adet parsel, bazı kriterlerce;

- Yağışlı Mahallesinde bulunan 314 nolu parselin; yüzölçümü 297.400,00 m², ilçe merkezine uzaklığı 14 km, eğimi yaklaşık %2, indirgenmiş gerilim trafo tesisine uzaklığı 15 km, karayoluna uzaklığı 15 m, mevcut çadırkente uzaklığı 18 km, Suriye sınırına uzaklığı ise 14 km'dir.
- Küçüksergen Mahallesinde bulunan 102 ada 2 nolu parselin; yüzölçümü 348.405,46 m², ilçe merkezine uzaklığı 6 km, eğimi yaklaşık %2, indirgenmiş gerilim trafo tesisine uzaklığı 7 km, karayoluna uzaklığı 910 m, mevcut çadırkente uzaklığı 500 m, Suriye sınırına uzaklığı ise 18 km'dir.
- Ezgil Mahallesinde bulunan 576 ve 577 nolu parsellerin tevhidini ile oluşacak parselin; yüzölçümü 234.000,00 m², ilçe merkezine uzaklığı 11 km, eğimi yaklaşık %2, indirgenmiş gerilim trafo tesisine uzaklığı 13 km, karayoluna uzaklığı 316 m, mevcut çadırkente uzaklığı 14 km, Suriye sınırına uzaklığı ise 15 km'dir.
- Yağışlı Mahallesinde bulunan 332, 333 ve 156 nolu parsellerin tevhidini ile oluşacak parselin; yüzölçümü 326.300,00 m², ilçe merkezine uzaklığı 10 km, eğimi yaklaşık %2, indirgenmiş gerilim trafo tesisine uzaklığı 11 km, karayoluna uzaklığı 410 m, mevcut çadırkente uzaklığı 16 km, Suriye sınırına uzaklığı ise 8 km'dir.
- Hacı Mahallesinde bulunan 555 nolu parselin; yüzölçümü 693.400,00 m², ilçe merkezine uzaklığı 14 km, eğimi yaklaşık %2, indirgenmiş gerilim trafo tesisine uzaklığı 15 km, karayoluna uzaklığı 10 m, mevcut çadırkente uzaklığı 18 km, Suriye sınırına uzaklığı ise 20 km'dir.

şeklinde özetlenmektedir. Böylelikle yapılan işin doğruluğu ve işlevselliği somut kavramlarla ortaya konulmaktadır.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

2 binden fazla parsel alternatifinin 5'e düşürüldüğü bu çalışma sayesinde, sadece zamandan ve zahmetten tasarruf sağlanmamış, aynı zamanda da güvenilirliği bilimsel temellere dayalı uygunlukta parseller seçilmiştir. CBS'nin ve buna bağlı olarak AHP'nin bu alandaki kullanımının faydası gözler önüne açıkça serilmektedir.

Bu çalışmada, CBS'nin herhangi bir mekânsal objeyi haritalamadaki ve istenilen kriterler doğrultusunda mekânsal analizini yapmadaki marifeti bir kez daha ortaya konulmaktadır. Ayrıca yer seçim problemlerinde çözüm için duyulan ihtiyaçları ve bu ihtiyaçlar doğrultusunda uzmanlarca yapılan sübjektif ikili karşılaştırmaları temel alması yönüyle AHP yönteminin ne denli işlevsel bir yöntem olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] D. Güler, Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Alternatif Katı Atık Düzenli Depolama Alanı Yer Seçimi: İstanbul İli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul. (2016).
- [2] N. Ömürbek, S. Üstündağ, Ö.Ç. Helvacıoğlu, Kuruluş Yeri Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Kullanımı: Isparta Bölgesi'nde Bir Uygulama, Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Yönetim Bilimleri Dergisi. 11 (2013) 101-116.
- [3] C. Bozkurt, Risk, Kurumsal Risk Yönetimi ve İç Denetim, Gümrük Müsteşarlığı. (2010).
- [4] <https://www.dunyaatlası.com/dogal-afet-yonetiminde-cografı-bilgi-sistemleri-cbs-ve-uzaktan-algılama/> (Erişim: 29.08.2018)
- [5] H. Karaman, S. Rezaei, K. Kalkan, B. Konukçu, T. Erden, Afet Sonrası En Uygun Geçici Barınma Alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemleriyle Tespiti, Uzaktan Algılama - CBS Sempozyumu, İstanbul. (2014).
- [6] T. Kavzoğlu, E.K. Şahin, İ. Çölkesen, CBS Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi Yöntemiyle Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi: Trabzon İli Örneği, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü. (2010).
- [7] H.Z. Selvi ve B. Çağlar, Çok Değişkenli Haritalama İçin Kümeleme Yönteminin Kullanılması, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6 (2017) 415-429.
- [8] E. Özşahin, Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Heyelan Duyarlılık Analizi: Ganos Dağı Örneği (Tekirdağ), Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi . 7 (2015) 47-63.

- [9] T. Korkmaz ve H. Uygurtürk, Finansal Performansın TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi İle Belirlenmesi: Ana Metal Sanayi İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi. 7 (2012) 95-115.
- [10] J. Malczewski, GIS and Multicriteria Decision Analysis. Kanada. (1999).
- [11] H. Doğan ve A.S. Uludağ, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Karşılaştırılmasına Odaklı Bir Hizmet Kalitesi Uygulaması, Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 6 (2016)17-47.
- [12] Ramanathan, Ramakrishnan and Usha Ramanathan, "A Qua-litative Perspectiveto Deriving Weights from Pairwise Comparison Matrices", 38 (2010) 228-232.
- [13] Subramanian, Ramanathan, "Review of Applications of AnalyticHierarchy Process in Operati-ons Management", International Journal of Production Econo-mics, 1 (2012) 215–241.
- [14] T.L. Saaty,"Decision Making with the Analytic Hierarchy Process', Int. J. Services Sciences, 1 (2008) 83-98.
- [15] H.A. Akdeniz ve T. Turgutlu, "Türkiye'de Perakende Sektöründe Analitik Hiyerarşik Süreç Yaklaşımıyla Tedarikçi Performans Değerlendirilmesi", Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 1 (2007) 1-17.
- [16] T.L. Saaty, Decision making – the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). Journal of Systems Science and Systems Engineering, 13 (2004) 1-35.
- [17] <http://www.investsanliurfa.com/sanliurfa-sayfaIn.asp?SayfaInId=6> (Erişim: 23.08.2018)
- [18] <http://www.diken.com.tr/suriyede-son-durum-hangi-bolge-kimin-elinde/> (Erişim: 20.08.2018)

Osmaniye İlinin Arazi Örtüsü ve Kullanımındaki Zamansal Değişimin Uzaktan Algılama Teknikleri ile Araştırılması

Batuhan KELEŞ^{1*} , Süleyman Savaş DURDURAN² 

¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42090, Meram, Konya, Türkiye

² Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42090, Meram, Konya, Türkiye

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

(Geliş/Received: 14.03.2019; Kabul/Accepted: 04.04.2019; Online baskı/Published online: 18.04.2019)

ÖZET

Bu çalışmada, Osmaniye ilinin idari açıdan il olduktan sonraki süreçte yaşadığı değişimin arazi örtüsü/kullanımına yansımaları incelenmektedir ve böylelikle bir bölgenin idari yapısındaki değişimin nasıl bir etkiye sebep olduğu ortaya konmuştur. Çalışma alanı ilçe bazlı yürütülüp değişimin hangi ilçelerde ne sebeple olduğu da ayrıca ele alınmıştır. Bu sebeple 1995 yılına ait LANDSAT 5 TM ve 2017 yılına ait LANDSAT 8 OLI/TIRS uydu görüntülerine piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma tekniği uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan arazi sınıfları CORINE Düzey 1 seviyesinde seçilmiştir. Her iki yıla ait sonuç görüntüleri doğruluk değerlendirmesine tabi tutulduktan sonra değişim analizleri yapılmış ve ortaya çıkan değişimin miktarı ve sebepleri incelenmiştir. Sonuç olarak il olduktan sonraki süreçte hem nüfus sayısı artmış hem de yeni imar alanlarının açılması ile özellikle "Yapay Yüzeyler" sınıfında artış gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi örtüsü/kullanımı, CORINE, Osmaniye, Piksel tabanlı sınıflandırma, Uzaktan algılama

In Terms Of Land Use And Land Cover Change Using Remote Sensing Technique: Case Of Study in Osmaniye City

ABSTRACT

In this study, the effect of change in the administrative structure of Osmaniye province from the administrative point of view to the land cover / usage is examined. The study area was carried out on the basis of districts and in which districts the change was carried out. For this reason, LANDSAT 5 TM and LANDSAT 8 OLI / TIRS satellite images of the year 2017 were applied to pixel based controlled classification technique. Land classes used in the study were selected at the level of CORINE Level 1. The results of both years were subjected to accuracy analysis and then the change analyzes were performed. As a result, the population increased in the period after the province and the opening of the new fields, especially in the "Artificial Surfaces" class has been observed an increase.

Key Words: Land cover/use, CORINE, Osmaniye city, Pixel based classification, Remote Sensing

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnsanlar tarih boyunca yerleşim alanlarını seçerken belirli kriterleri göz önüne almışlardır. Bu kriterler kimi zaman uygun iklim ve tarım alanlarına sahip bölgeler iken kimi zamanda idari açıdan gelişmiş, ana ulaşım ağları üzerinde bulunan yerler ve ekonomik bakımdan gelişmiş bölgeler olmuştur. Özellikle idari açıdan gelişen bölgelerde zamanla altyapının gelişmesi ve yeni imar planlarının hayata geçirilmesi ile birlikte yerleşim alanları da büyümeye başlamıştır. Bununla birlikte tarımsal alanlar, yaban hayatı geliştirme ve koruma bölgeleri ve sulak alanlar gibi bölgeler çarpık kentleşmenin ve sanayileşmenin tehdidi altında bulunmaktadır. Bu gibi kentleşmenin sebep olduğu tahribatı ya da doğal afetler sonucunda arazi örtüsü ve arazi kullanımında meydana gelen değişimlerin izlenmesinde uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri zaman ve maliyet yönünden büyük fayda sağlamaktadır.

Arazi örtüsü doğal ve yapay sebeplere bağlı olarak zaman içerisinde değişimler göstermektedir. Bu değişimlerin sebebi kimi zaman heyelan, erozyon ve sel gibi doğa olayları olmakla beraber kimi zamanda insanoğlunun sebep

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: batuhan.keles@ogr.konya.edu.tr / Tel: +90 505 825 2019

olduğu değişimlerdir fakat insanoğlunun sebep olduğu değişim çok daha fazla ve hızlı bir değişimdir. Özellikle Endüstri Devrimi'nin ardından dünya üzerinde hızlı bir değişim yaşanmaya başlanmıştır. Günümüzde nüfus miktarındaki artış ve ona paralel şekilde kırsaldan kente göç sonucunda arazi kullanımı ve arazi örtüsünün durumunda da zamanla bir değişim gözlemlenmektedir. Görüldüğü üzere yıllar içerisinde gelişmekte ve değişime uğrayan dünyada ve bölgede tarım ve orman arazileri ile kentsel alanlar arasında bir çekişme mevcuttur. Arazi kullanımında da bu hassas dengenin gözetilmesi gerekmektedir ki sürdürülebilir bir arazi yönetimi ve kalkınma olsun.

“Plansız arazi kullanımları sonucunda toprakların kısa sürede havzaların aşağı kesimlerine taşınması söz konusudur. Yukarı alanlardaki arazi örtüsünde meydana gelen değişimler (örneğin ormansızlaşma) madde ve enerji akışını değiştirmekte, bunun sonucu olarak da kontrolsüz yüzey akışından kaynaklanan sel ve taşkınlar, barajların ve limanların dolması gibi sonuçlar kaçınılmaz olmaktadır. Bu süreçler, yukarı kesimlerdeki toprak kalınlığının giderek azalmasına, ana kayanın ortaya çıkmasına ve sonuç olarak da arazinin su tutma ve depolama kapasitesinin azalarak kaybolmasına neden olmaktadır. Çoraklaşma ve çölleşme ile sonuçlanan plansız arazi kullanımı, yetiştirme ortamlarının kaybı, kırsal fakirliğin artışı, kırsal kesimden kentlere göçün yoğunlaşması, arazilerin görsel değerinin düşmesi vb. birçok ekolojik, sosyal, ekonomik ve kültürel sorunlar yaratmaktadır. Çevresel kaynakların bozulması ile sonuçlanan bu süreçler sürdürülebilir kalkınmanın tehlikeye girmesine neden olmaktadır” [1].

“En doğru planlama kararlarını verebilmek için doğru zamanda ve doğru değişim analiz teknikleriyle, dünya yüzeyindeki değişimlerin izlenmesi, insan ve doğal unsurların ilişkilerini ve etkileşimlerinin anlaşılabilmesi için çok önemli rol oynamaktadır. Son zamanlarda uzaktan algılama ile elde edilen veriler değişim analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır” [2].

Literatürde arazi örtüsü ve kullanımındaki değişimin uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile incelenmesi konusunda yapılmış bir çok tez ve çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda Landsat, Quickbird, Sentinel gibi farklı uydu görüntüleri ile çeşitli görüntü işleme yöntemleri kullanılarak çalışma alanındaki farklı zamanlarda bulunan arazi örtüsü/kullanımı değişimleri bilim insanları tarafından tespit edilmiştir ve çalışmalarda sonucunda değişimin sebepleri irdelenmiştir. Ulusal ve uluslararası literatürde yapılmış benzer çalışmalardan bazılarında şunlar örnek verilebilir.

2012 yılında Gezici tarafından yapılmış çalışmada 1985 ve 2011 yılları arasında Konya il merkezi ve çevresindeki arazi örtüsünün ve kullanımının değişimi incelenmiştir. Çalışmada Landsat ve Ikonos uydu görüntüleri kullanılarak piksel tabanlı sınıflandırma yapılmıştır. Sonuçta arazi örtüsü ve kullanımındaki yaşanan değişimin sebepleri açıklanmıştır [3].

2016 yılında Temiz tarafından yapılmış çalışmada 1985 ve 2015 yılları arasında Denizli il merkezi ve çevresindeki arazi örtüsünün ve kullanımının değişimi incelenmiştir. Ayrıca çalışma içerisinde bölgedeki göllerin alanlarındaki değişimde araştırılmıştır. Çalışmada Landsat uydu görüntüleri kullanılarak piksel tabanlı sınıflandırma yapılmıştır. Sonuçta arazi örtüsü ve kullanımındaki yaşanan değişimin sebepleri ile göllerin alanındaki değişimin sebepleri açıklanmıştır [4].

2018 yılında Tadesse ve Madduri tarafından yapılmış çalışmada 1984 ve 2018 yılları arasında Doğu Etiyopya çevresindeki arazi örtüsünün ve kullanımının değişimi incelenmiştir. Çalışmada Landsat uydu görüntüleri kullanılarak Erdas yazılımı üzerinden piksel tabanlı sınıflandırma yapılmıştır. Sonuçta arazi örtüsü ve kullanımındaki yaşanan değişimin sebepleri tespit edilmiştir [5].

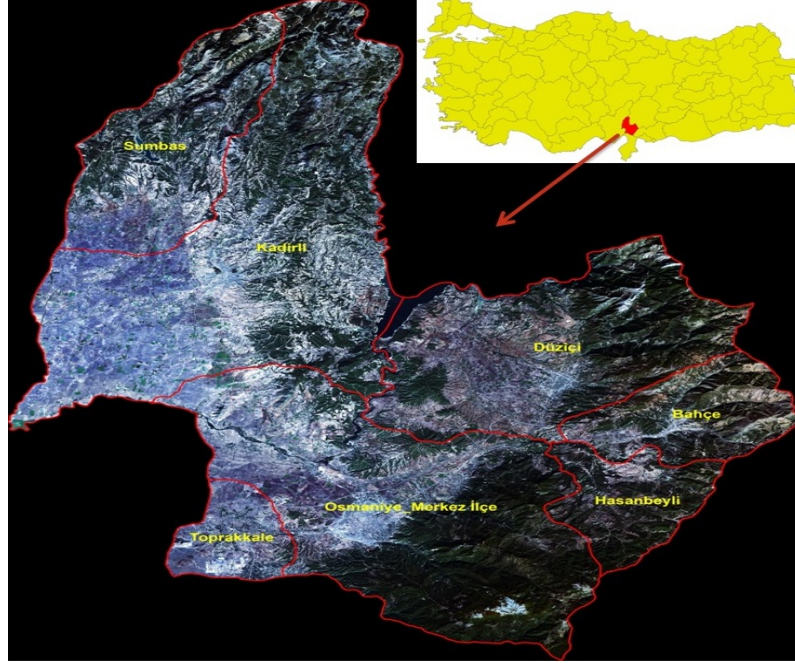
2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Materyal (Material)

2.1.1 Çalışma Alanı (Study Area)

Osmaniye ili 1996 yılına kadar Adana iline bağlı bir ilçe iken 1996 yılında yayımlanan bir kanun ile çevresindeki birkaç ilçe ve belediyede kendi idari sınırları içerisinde katarak il statüsüne kavuşmuştur ve şuan 7 ilçeden oluşmaktadır. Osmaniye ilinin bir bölümü ova özelliğinde iken bir bölümü de dağlık bir topoğrafya özelliğine sahiptir. Genellikle doğu ve güney doğusu ile kuzey batısı Toros Dağları ile çevrili iken Kadirli ve Düziçi ilçeleri ile Merkez ilçenin ova kesimlerinde verimli tarım arazileri bulunmaktadır ve bu alanlarda üretilen bazı ürünler tek başına ülke rekoltelinin yaklaşık %80'ini karşılamaktadır. Ekonomik açıdan ise bölgede kurulan organize sanayi

bölgeleri ve maden sahaları önemli sanayi yatırımları arasında yer almaktadır, ayrıca son yıllarda özellikle rüzgar enerji santralleri ve küçük ölçekli güneş enerji santralleri de il ekonomisine katkı sağlamaktadır. Jeopolitik önemi bakımından, Osmaniye ili hem demiryolu hem de otoyolu ile Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu'yu bir birine bağlayan bir kesişim noktası üzerinde bulunduğu içinde bir gelişme durumu içerisinde bulunmaktadır ve Osmaniye ilinin özellikle Ceyhan ve İskenderun limanlarına yakınlığı da ilin gelişimine katkı sağlamaktadır. Sosyoekonomik açıdan bir şehrin gelişiminde üniversite yerleşkelerinin payı da göz ardı edilemez.



Şekil 1. Çalışma alanını gösteren Landsat 8 uydu görüntüsü
(Figure 1. Study area Landsat 8 satellite image)

Şekil 1.'de çalışma alanı olan Osmaniye ilinin ülke içerisindeki konumu ve ili oluşturan 7 ilçenin sınırlarını gösteren bir Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü gösterilmiştir.

2.1.2 Kullanılan Veriler ve Yazılımlar (Image Data and Software)

Çalışmada Osmaniye ilinin 1996 yılında idari bakımdan il statüsüne kavuşmasından sonraki süreç ele alındığı için öncelikle il olmadan önceki durumunu tespit etmek için 1995 yılından bir Landsat 5 TM uydu görüntüsü temin edilmiştir ve il olmasından sonraki süreçteki değişimi izlemek için 2017 yılından bir Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsü kullanılmıştır. Her iki görüntüde eş güdüm sağlanması için aynı aya ait görüntüler temin edilerek çalışmaya başlanılmıştır. Çalışmada Ekim ayı görüntüsü tercih edilmiştir, bu seçimde hem dağlık alanlarda kalıcı kar örtüsünün bulunmaması hem de her iki yıla ait görüntüde bulut oranının 0 olması Ekim ayının seçilmesinde başlıca iki temel etken olmuştur.

Çalışmanın görüntü işleme ve sınıflandırma bölümünde ERDAS Imagine 2014 yazılımı kullanılmıştır. Ek olarak çalışma alanı sınırlarını içeren katmanın uydu görüntüsü ile aynı koordinat sistemine çevrilmesi işleminde de ArcGIS 10.5 yazılımından faydalanılmıştır.

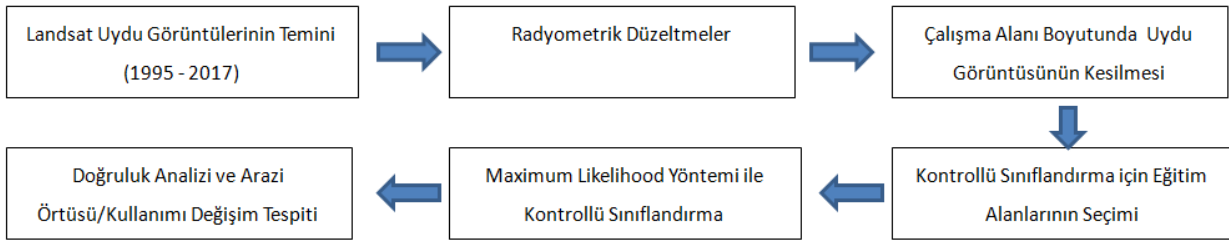
2.2. Metot (Method)

Çalışmada öncelikle ham görüntüler üzerinde görüntü iyileştirme teknikleri kullanılarak detay seviyesinin artırılması işlemleri yapılmıştır, ardından piksel tabanlı görüntü sınıflandırma tekniklerinden maksimum likelihood yöntemi ile kontrollü sınıflandırma yapılarak bölge için CORINE Düzey 1 seviyesinde sınıflar oluşturulmuştur. Oluşturulan sınıflar, doğruluk değerlendirmesine tabii tutularak genel doğruluk ve kapa katsayıları dikkate alınarak kontrollü sınıflandırma işlemi sonlandırılmıştır ve her bir sınıfın ne kadar alan kapladığı tespit edilerek metot kısmı tamamlanmıştır. Son olarak gözlemlenen değişimlerin sebepleri irdelenerek öneriler de bulunulmuştur.

Özellikle görüntü sınıflandırma öncesi yapılan ön işlemlerde görüntüdeki gürültü giderilmeye çalışılmıştır. Bu düzeltmeler radyometrik, topoğrafik ve geometrik düzeltme olarak tanımlanabilir. Bu çalışmada Landsat uydu görüntüleri kullanılmasından dolayı geometrik düzeltme işlemine ihtiyaç duyulmamıştır, fakat radyometrik düzeltme işlemlerinden bazıları kullanılmıştır. Topoğrafik düzeltme ise özellikle dağlık kesimlerdeki vadi gibi güneş ışınlarını tam olarak alamayan bölgelerin görüntüde karanlık çıkmasının (gölge etkisi) sebep olduğu hataları gidererek bu alanların daha anlaşılır bir biçimde tasvirini sağlamaktadır. Fakat yeterince düzeltme sağlanmadığı

İçin topoğrafik düzeltme yapılmadan işlemlere devam edilmiştir ancak bu tür alanlardan daha fazla eğitim verisi toplanarak problem aşılmıştır.

Şekil 2.'de çalışma yönteminin hangi temel adımları izleyerek yapıldığını anlatan bir akış diyagramı gösterilmiştir.

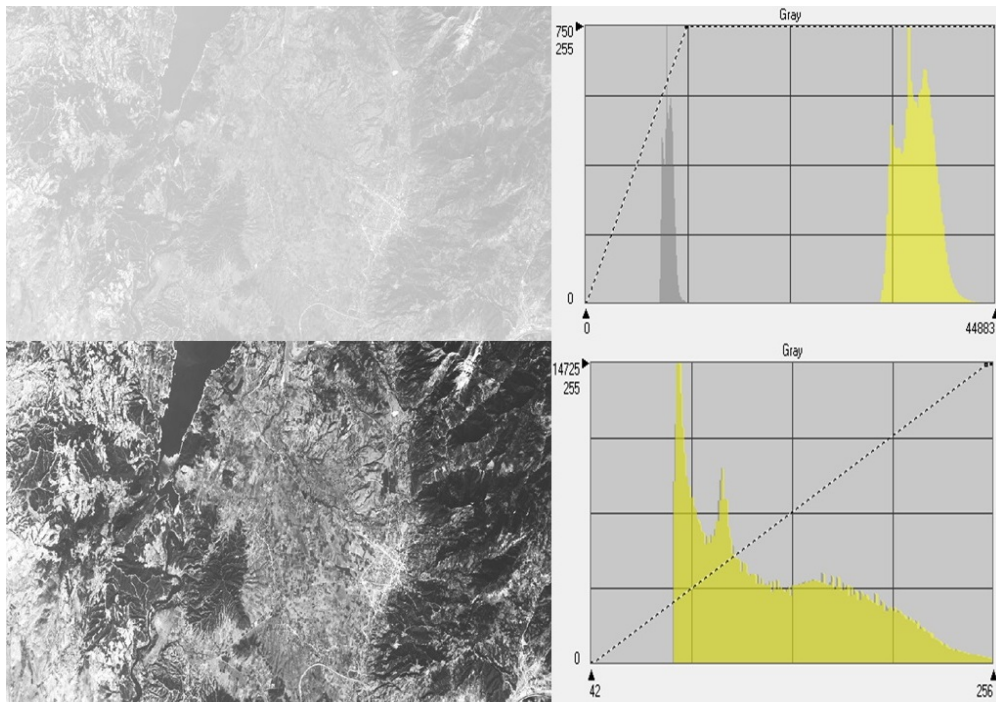


Şekil 2. Çalışma metodunun şematik olarak gösterimi
(Figure 2. Schematic representation of study method)

2.2.1 Histogram Eşitleme (Histogram Equalization)

Her bir bant içerisindeki gri seviyeli değerlerin yoğun olduğu alanların, görüntü üzerinde bütün gri seviye alanlara dağıtılmasını temel alan bir işlemdir. Histogram ne kadar ayırık bir durumda bulunursa detayların ayrımı da o kadar kolay olabilmektedir. Çalışmada gri seviyedeki her bir bant üzerindeki görüntünün daha netleştirilmesi için histogram eşitleme (histogram equalization) tekniği kullanılmıştır. Bu işlem için öncelikle "tiff" uzantılı şekilde bulunan her bir bant "img" formatına dönüştürülmüştür. Ardından Erdas yazılımında Raster penceresi altında bulunan Radiometric – Histogram Equalization yöntemi ile kullanılarak bütün bantlar ayrı ayrı histogram eşitleme işleminden geçirilmiştir.

Şekil 3.'de Landsat 8 OLI/TIRS uydusuna ait 1. Bant örnek olarak seçilmiştir. Şeklin üst kısmındaki görüntü, ham olan görüntüdür ve alttaki görüntüde ise histogram eşitleme işlemi sonrası elde edilen görüntü gösterilmiştir. Ayrıca her şekilde yanında 1. banttaki histogram aralığı gösterilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı üzere histogram eşitleme sonrası histogram aralığı daha yaygın bir şekilde dağılmış ve görüntü daha anlaşılır bir şekle dönüşmüştür.



Şekil 3. Landsat 8 uydusu 1. bantın histogram eşitleme öncesi ve sonrası görüntüsü ve aralığı
(Figure 3. Landsat 8 satellite's band 1 image, histogram equalization before and after view and graph)

2.2.2 Bant Birleştirme (Layer Stack)

Landsat 5 TM uydusu 30 m yersel çözünürlüğe sahip 7 banttan oluşmaktadır. Landsat 5 TM uydu görüntüsü için histogram eşitleme sonrası elde edilen yeni görüntülerin tamamı kullanılarak bant birleşimi yapılmıştır. Bu işlem sonucunda multispectral olan bir renkli görüntü elde edilmiştir. Pankromatik banda sahip olmayan Landsat 5 TM için elde edilen sonuç görüntüsü de 30 m çözünürlükte olan multispectral bir görüntüdür.

Landsat 8 OLI/TIRS uydusu 15 m den 100 m ye kadar çeşitli yersel çözünürlüklere sahip 11 banttandır oluşmaktadır. Bu çalışmada ilk 7 banttandır yararlanılmıştır. Landsat 8 uydusunun 15 m yersel çözünürlüğe sahip olan pankromatik bandı detayların tespitinde kolaylık sağlamaktadır. Her iki yıla ait görüntünün karşılaştırılmasında, görüntü çözünürlüğü farklılığından kaynaklanan hataları minimize etmek amacıyla Landsat 8 uydusunda pankromatik banttandır faydalanılmamıştır. Landsat 8'e ait ilk 7 bant birleştirme işleme tabii tutularak 30m çözünürlüğe sahip renkli bir multispectral görüntü elde edilmiştir. Fakat doğruluk analizindeki kontrollerde pankromatik banttandır yararlanılmıştır.

Bant birleştirme işlemi ile elde edilen görüntü sonucunda istenilen bant kombinasyonları kullanılarak görüntü üzerindeki eğitim verilerinin seçimindeki sınıfların daha kolay bir şekilde tespiti yapılabilmektedir. Özellikle vejetasyon alanlarının kolay ayırt edilebilmesinde yakın kızıl ötesi bandın (NIR) katkısı oldukça fazladır.

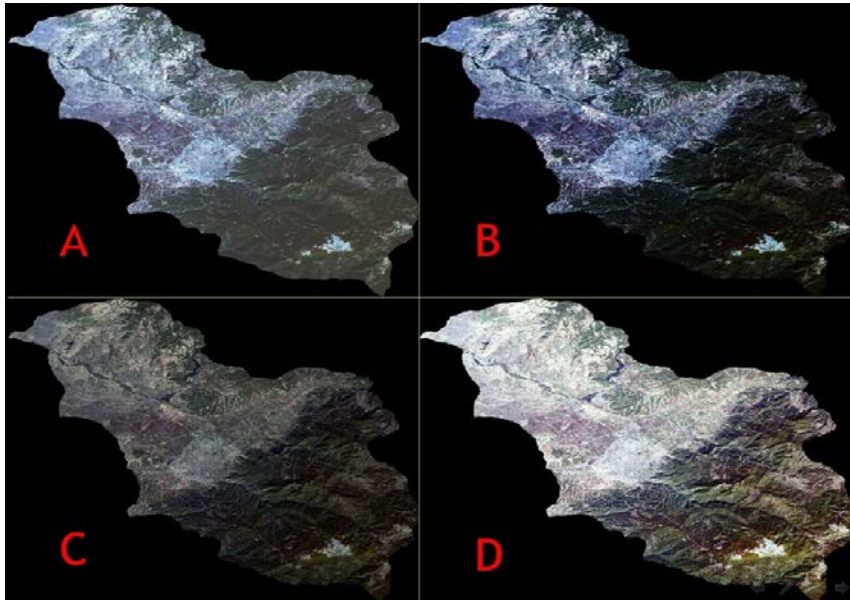
2.2.3 Uydu Görüntüsünün Kesilmesi (Subset Image)

Landsat 5 TM uydusunun görüntü şerit genişliği 183 km, Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun ise 185 km'dir ve buda temin edilen ham Landsat görüntülerinin çok büyük bir alanı kapsadığını göstermektedir. Öncelikle sadece çalışma alanı olan Osmaniye il sınırları ölçüsünde bu görüntü kesilmiştir. Ayrıca ileride kontrollü sınıflandırma işlemine başlamadan önce görüntü tekrar ilçe bazlı olarak kesilmiştir.

2.2.4 Histogram Germe İşlemi (Histogram Stretches)

Histogram germe işlemi de histogram eşitleme işlemine benzer bir mantıkla çalışmaktadır. Erdas yazılımı farklı histogram germe yöntemlerinin kullanımına olanak sağlamaktadır. Histogram germe işleminde sabit bir yöntem kullanılmamıştır ve ihtiyaç duyulan alanların daha net gösterimi için çeşitli histogram germe metodlarından faydalanılmıştır, özellikle Gaussian ve Left-Right Percentage histogram germelerinden yararlanılmıştır. Ayrıca derin vadilerin ya da bakıdan dolayı yeteri kadar ışık alamayıp karanlıkta kalan dağların ve tepelerin kuzey kesimleri ile suyu temsil eden alanların sınırlarının daha net tespiti için Histogram Equalization yöntemi ile histogram germe işlemi yapılmıştır.

Şekil 4.'de Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun 2017 yılındaki Osmaniye Merkez ilçe sınırlarındaki 4 farklı histogram germe yönteminin sonuçları görülmektedir. Şekilde A ile temsil edilen görüntü orijinal görüntü, B ile temsil edilen Left-Right Percentage, C ile temsil edile Gaussian ve D ile temsil edilen Histogram Equalization tekniği kullanılan görüntüleri temsil etmektedir.



Şekil 4. Farklı histogram germe algoritmaları ile oluşturulan görüntüler
(Figure 4. Images created with different histogram stretching algorithms)

2.2.5 Piksel Tabanlı Kontrollü Sınıflandırma ve Eğitim Alanlarının Seçimi (Pixel Based Supervised Classification and Selection of Sample Fields)

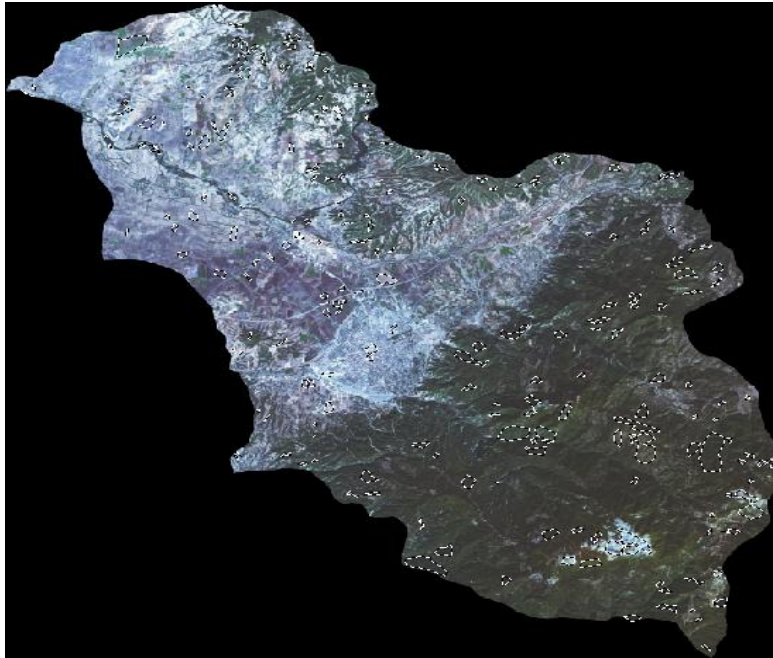
“Sınıflandırma işleminin genel amacı yeryüzü üzerinde aynı spektral özellikleri taşıyan nesnelerin gruplanmasıdır” [6],[7]. “Her bir piksele ait spektral özellik verisi sınıflandırma için nümerik değerleri oluşturur. Her nesne çeşidi doğasındaki spektral yansıtıma bağlı olarak farklı sayılarla ifade edilirler” [4].

Sınıflandırmayı en basit şekilde tanımlayacak olursak, görüntüdeki benzer yansıtım değerlerine sahip piksellerin bir araya getirilmesi işlemidir. Görüntü sınıflandırma yöntemleri temelde piksel tabanlı ve nesne tabanlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu çalışmada piksel tabanlı görüntü sınıflandırma yöntemlerinden olan kontrollü (eğitilmiş) sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır.

Kullanılan Landsat uydu görüntülerinin çözünürlüklerinden dolayı CORINE 1 Düzeyinde sınıflar kullanılarak görüntü sınıflandırma işleminin yapılmasına karar verilmiştir. Çalışmada kullanılan sınıflar ise: Yapay Yüzeyle, Tarım Alanları, Orman ve Yarı Doğal Alanlar, Su Varlığı. CORINE 1 Düzeyinde bulunan Su Altında Kalmış Alanlar sınıfına ait bölgeler Osmaniye sınırları içerisinde çok az bulunması ve bu alanlardan seçilen eğitim verileri sonucunda oluşturulmuş haritalarda hata oranı yüksek çıktığı için bu bölgelerin Orman ve Yarı Doğal Alanlar sınıfı içerisinde temsil edilmesine karar verilmiştir.

Kontrollü sınıflandırma da en önemli adımlardan biri olan eğitim alanlarının belirlenmesi işlemi mümkünse arazi kontrolleri ya da güvenilen uydu veya hava fotoğraflarından yapılmaktadır. Çalışmada eğitim alanlarının belirlenmesinde uydu görüntülendiren faydalanılmıştır. Eğitim alanlarının doğru bir şekilde seçilmesi sınıflandırma sonrası sonuç haritalarını doğrudan etkileyecektir.

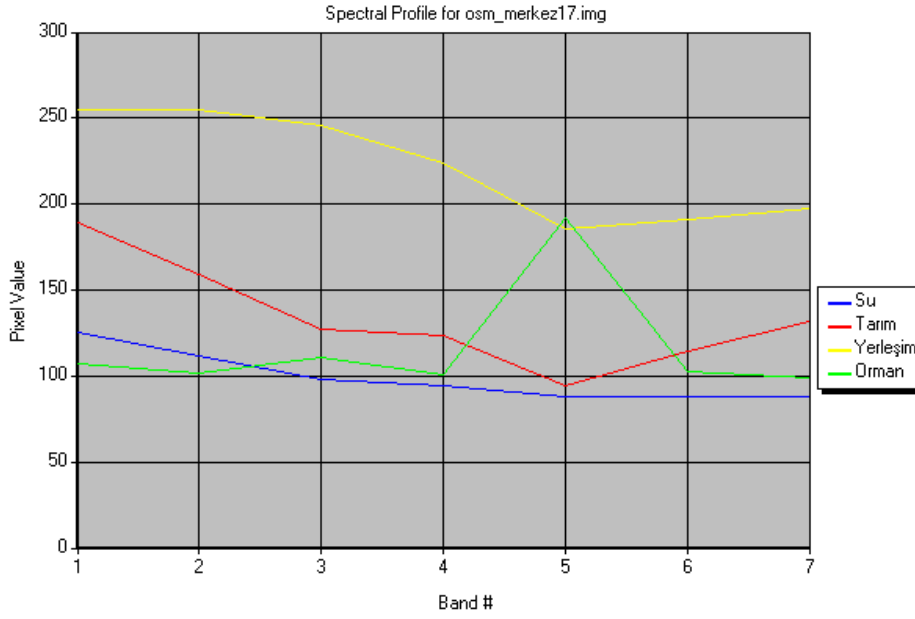
Şekil 5.'de kontrollü sınıflandırma için gerekli olan eğitim verilerinin Osmaniye Merkez ilçe sınırları içerisinde seçimi gösterilmiştir.



Şekil 5. Farklı sınıfları temsil eden alanlar üzerinden eğitim verilerinin seçilmesi
(Figure 5. Selecting training data through fields representing different classes)

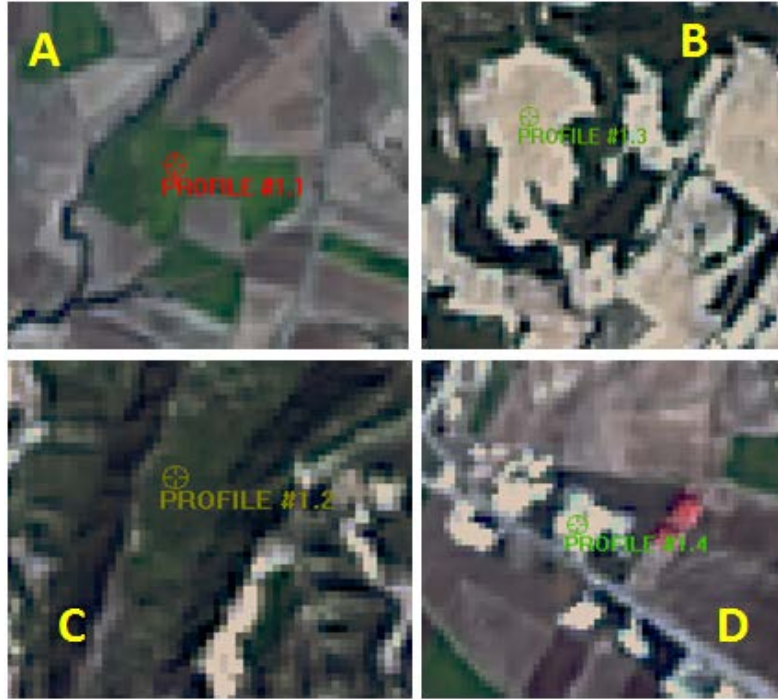
Eğitim verisi sayısının çok olması sonuca iyi şekilde etki etmektedir fakat bunun sabit bir sayısı yoktur çünkü her görüntü ve sınıf için mümkün oldukça çok eğitim verisi toplanmalıdır. Ek olarak aynı sınıfı temsil eden benzer yansıtım değerlerine sahip alanlardan çok fazla eğitim verisinin toplanması zaman kaybına yol açabilmektedir.

Şekil 6.'da 4 farklı sınıfı temsil eden örnek alanlar üzerinden alınmış eğitim verilerinin spektral yansıtım eğrisi gösterilmiştir. Yakın kızılötesi bant olan 5. bantta vejetasyon alanlarının yüksek bir yansıtıma sahip olmasına karşın sulak alanların tam tersi bir yansıtım karakteristiği gösterdiği görülmüştür.



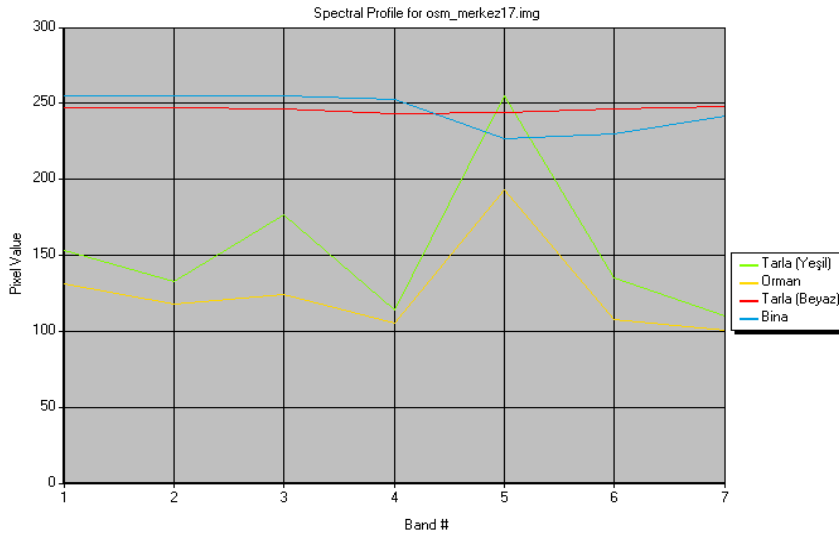
Şekil 6. Farklı sınıflara ait eğitim verilerinin spektral yansıtım eğrisi
(Figure 6. Spectral reflection of sample data from different classes)

Şekil 7.'de farklı sınıflara ait olan ekin ekili olan yeşil renkli tarla (A) ve ormanlık alanı temsil eden (C) görüntüleri ile ormanlık arazilerin tahrip edilmesi sonucu kazanılmış bir tarla (B) ve yerleşim bölgesinde bir bina örneği (D) gösterilmiştir. Bu seçilen alanlardaki spektral yansıtım değerleri ise Şekil 8.'de gösterilmiştir. A ve C'nin yansıtımlarının bir birine yakın olduğu ve B ile D'nin de bir birbirine benzer yansıtım karakteristiği taşıdığı gözlemlenmiştir.



Şekil 7. Farklı sınıfları temsil edip benzer yansıtımda olan bölgeler
(Figure 7. Representing different classes and regions with similar reflections)

“Uygulamada en sık karşılaşılan sorun sınıfların çakışmasıdır. Bu durum aynı spektral değerlerdeki hücrelerin farklı sınıflara atanmasına çokça sebep olmaktadır” [8]. Farklı sınıflarda olan alan eğitim alanları benzer yansıtım değerlerine sahip olabilmekte ve bu durum sonucunda sınıfların çakışıp karışması problemi görülmektedir. Bu tip alanlarda öncelikle yeni eğitim verileri seçilmeli ve son olarak da manuel yöntemler vasıtasıyla küçük ölçekte düzeltmeler yapılabilir.



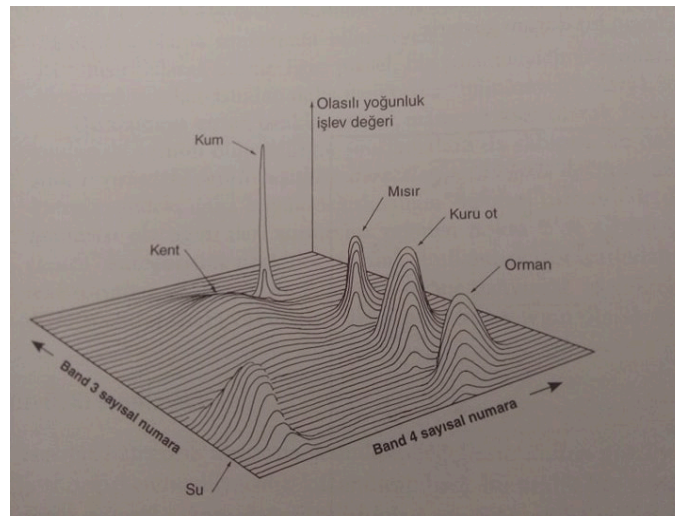
Şekil 8. Farklı sınıfları temsil etmelerine rağmen benzer yansıtım değerlerine sahip alanlar
(Figure 8. Areas with similar reflection values, although they represent different classes)

2.2.6 Kontrollü Sınıflandırma ve Medyan Filtreleme (Supervised Classification and Median Filter)

Yeryüzünü temsil eden örnek bölgeler (eğitim verileri) esas alınarak sınıflandırılacak her bir cisim için spektral özellikleri tanımlı özellik dosyaları oluşturulduktan sonra bu sınıfların hangi matematiksel fonksiyona göre sınıflandırma tabii tutulacağı kararlaştırılır. Çeşitli görüntü işleme yazılımlarında farklı matematiksel modelleri içeren görüntü sınıflandırma algoritmaları bulunmaktadır. Kontrollü sınıflandırma için Maximum Likelihood, Mahalanobis Distance, Nearest Neighbor, Spectral Angle Mapper gibi farklı algoritmalar örnek olarak gösterilebilir. Bu farklı algoritmaların her biri farklı tematik haritalar üretmektedir, bu sebeple hangi algoritmanın kullanılacağı operatörün kararına, görsel açıdan kabaca doğruluğa ve kappa katsayısı gibi çeşitli istatistiksel sonuçlara bakılarak kararlaştırılabilir. Literatürde bir çok farklı algoritmanın kullanıldığı görülmüştür fakat Maximum Likelihood (En çok benzerlik algoritması) algoritmasının yeterince doğru sonuçlar verdiği karar kılındıktan sonra bu algoritma ile çalışmanın tamamlanması kararlaştırılmıştır.

“Maximum Likelihood, literatürde en yaygın olarak kullanılan etkili bir kontrollü sınıflandırma algoritmasıdır. Ortalama değer, varyans ve kovaryans gibi istatistiksel değerlerin tümü bu yöntemde dikkate alınır. Her bir pikselin hangi sınıfa daha yakın olduğuna karar verilebilmesi için olasılık fonksiyonları, kontrol alanlarını oluşturan sınıflar için hesaplanmaktadır. Bir pikselin hangi sınıfa ait olduğu her bir sınıfa ait olma olasılıklarının hesabından sonra en yüksek olasılıklı grubu atama şeklinde yapılır” [9],[7].

Maximum likelihood yönteminin çalışma prensibinde, her sınıf için eş olasılık eğrileri tanımlanır ve sınıflandırılacak her bir piksel üyesi olabileceği en yüksek olasılıklı sınıfa atanır. Bilinmeyen piksellerin hangi sınıfa atanacağını belirlemek için olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılır.



Şekil 9. En çok benzerlik yöntemi tarafından tanımlanan olasılık yoğunluk işlevleri [10]
(Figure 9. Probability density functions defined by maximum likelihood [10])

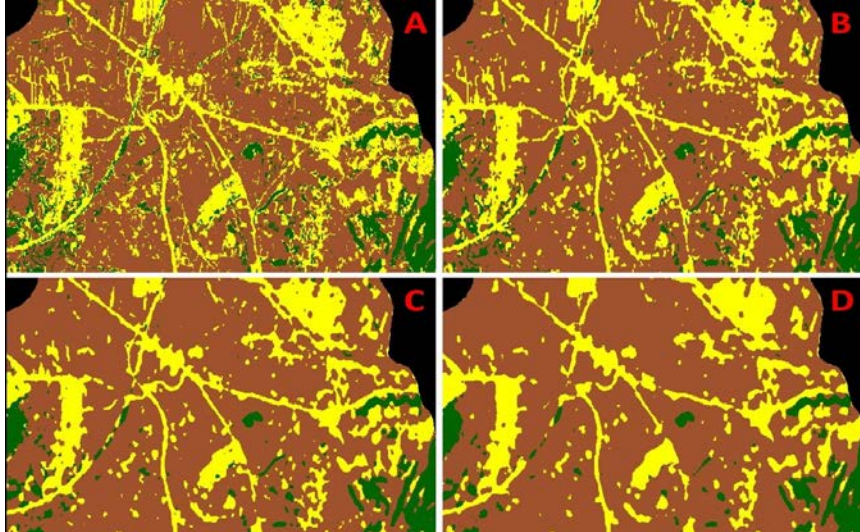
Şekil 9.'da farklı sınıflara ait piksel değerlerinin üç boyutlu grafikte olasılık değerleri görülmektedir. Grafikteki her bir çan şeklindeki yüzey olasılı yoğunluk işlevi olarak tanımlanır.

Maximum likelihood algoritmasının matematiksel ifadesi şu şekildedir:

$$D = \ln(a_c) - [0.5 \cdot \ln(|Cov_c|)] - [0.5 \cdot (X - M_c)^T \cdot (Cov_c^{-1}) \cdot (X - M_c)]$$

Bu eşitlikte; D, uzaklık ağırlıklı olasılık değerini; C, örnek bir sınıfı; X, aday pikselin ölçüm vektörünü; M_c , C örnek sınıfının ortalama vektörünü; a_c , aday pikselin C sınıfına ait olma yüzdesini, Cov_c , C örnek sınıfındaki piksellerin varyans-kovaryans matrisini göstermektedir.

Maximum likelihood yöntemi ile Osmaniye iline ait 7 ilçenin tamamının kontrollü sınıflandırılmış görüntüleri hem 1995 hem de 2017 yılı için oluşturulmuştur ve görüntülerdeki küçük hatalı piksellerin giderilmesi için Medyan filtreleme işlemi yapılmıştır. Medyan filtrelemede yapılan gözlemler sonucunda 3x3, 5x5 ve 7x7 boyutlarındaki süzgeçlemelerden (filtrelemelerden) 3x3 boyutunun kullanılmasının daha doğru sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Filtreleme işleminin sonuç görüntüsünde değişim yaptığı ve bu değişimin belirli oranda hataya sebep olabileceği görülmüştür fakat gerek arazinin topoğrafik yapısı sebebiyle gerekse sınıflandırmadan kaynaklanan hatalı ufak çaplı piksellerin giderilmesi açısından bu tekniğin kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışmada sonuç görüntüye sadece bir kez 3x3 medyan filtreleme uygulanarak filtreleme sebebiyle oluşabilecek hatanın da minimum seviyede tutulması sağlanmıştır. Çalışmada sadece Toprakkale ilçesi için olan görüntüde medyan filtreleme kullanılmamıştır.



Şekil 10. Farklı boyutlarda medyan filtreleme uygulanmış görüntü örnekleri
(Figure 10. Examples of images with different sizes of median filtering)

Şekil 10.'da örnek bir görüntü üzerinde farklı boyutlardaki bir kez uygulanmış medyan filtrelemeler gösterilmiştir; A: Ham sınıflandırılmış görüntü, B: 3x3 Medyan filtreli, C: 5x5 Medyan filtreli, D: 7x7 boyutunda medyan filtreli görüntüleri temsil etmektedir.

2.2.7 Doğruluk Değerlendirmesi (Accuracy Assessment)

Sınıflandırılmış görüntüler 3x3 medyan filtreden geçirildikten sonra doğruluk analizi/değerlendirmesi işlemi ile oluşturulan görüntünün istatistiksel açıdan ne kadar güvenilir olduğu incelenmiştir.

Doğruluk değerlendirmesindeki kontrol işleminde; hava fotoğrafları, uydu görüntüleri, arazi ölçümleri ya da bölge hakkında detaylı bilgi içeren çeşitli haritalardan yararlanılabilir. Sınıflandırılan her bir pikselin doğrudan araziden ölçüm ile kontrol edilmesi hem çok maliyetli ve zaman alan bir işlem hem de uzaktan algılamanın çalışma prensibine ters bir yaklaşımdır. Bu sebeple görüntü üzerindeki sınıflara çeşitli sayıda rastgele noktalar atanır ve bu noktaların arazideki gerçek sınıfı yansıtıp yansıtmadığına bakılır. Hatalar piksellerin yanlış sınıflandırılmasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada hem Landsat uydu görüntüsünden hem de Google Earth yazılımından yararlanılarak sınıfların doğrulukları analiz edilmiştir.

Hata matrisi üzerinden sınıflandırma doğruluğu ve kappa katsayısı ile istatistik açısından doğruluklar incelenir. Hata matrisinde bir sınıfının doğruluk derecesi, köşegen elemanın aynı satıra ait referans veri toplamına bölünmesi ile elde edilir. Genel sınıflandırma doğruluğu (yüzde olarak) her bir sınıf doğruluğunun ortalamasıdır. Genel sınıflandırma doğruluğu yüzde olarak hesaplanır ve %100'e yaklaştıkça doğruluk fazla demektir. Kappa katsayısı,

sınıflandırmanın doğruluğunu ağırlıklı olarak hesaplayan kappa katsayısı istatistiksel bir ölçü olarak kullanılır. Kappa katsayısı değeri 0 ile 1 arasında kategorize edilir, 1'e yaklaştıkça sonuç iyi demektir ve literatürde 0.75 ve üzeri kappa değerleri doğruluk için yeterli kabul görmektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

3.1 Bulgular (Results)

Osmaniye ilini oluşturan 7 ilçenin tamamı için 1995 ve 2017 yıllarına ait Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılarak kontrollü sınıflandırma ile arazi örtüsü/kullanımı haritaları oluşturulmuştur. Her bir ilçe ayrı ayrı ele alınarak sınıflandırılmış ve değerlendirilmiştir.

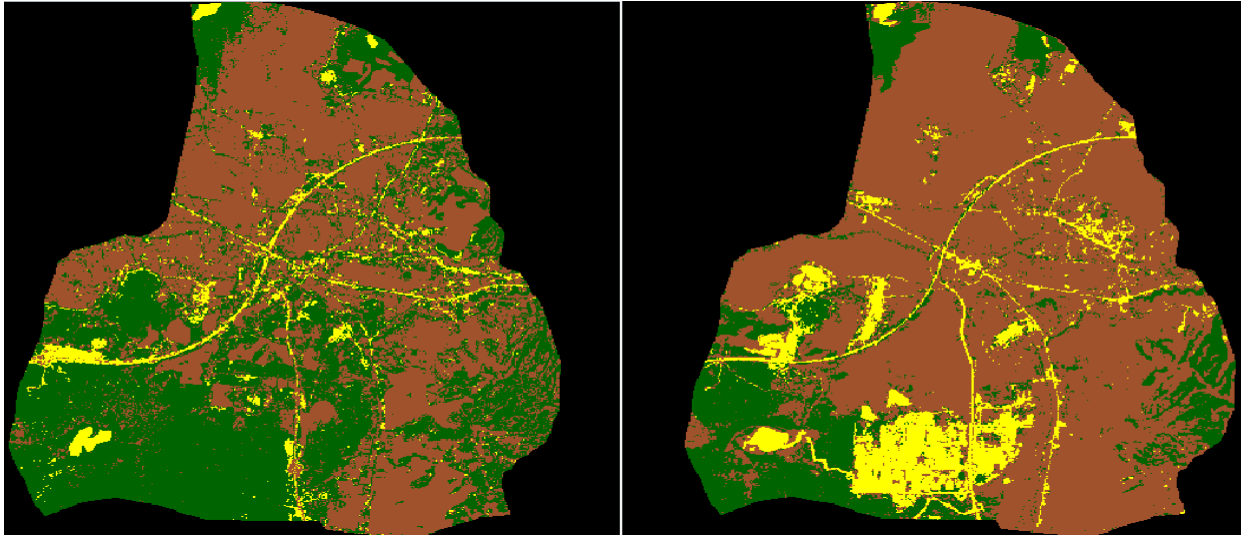
Ayrıca oluşturulan tematik haritaların lejant özellikleri şu şekildedir; Yapay Yüzeyle : Sarı renk, Tarım Alanları: Kahverengi renk, Orman ve Yarı Doğal Alanlar: Yeşil renk, Su Varlığı: Mavi renk ile temsil edilmiştir.

3.1.1 Toprakkale İlçesi Değişim Analizi Sonuçları (Toprakkale District Change Detection Analysis Results)

Toprakkale ilçesi 1996 yılında Osmaniye'nin il statüsüne kavuşmasından önce Adana iline bağlı bir belde statüsünde bulunan bir idari yapıya sahipti, 1996 yılından sonra ilçe statüsüne geçip Osmaniye'nin bir ilçesi olmuştur. İlçe Adana ve Hatay illerinin bağlantı noktasında bulunmaktadır.

İlçenin güneyinde zaman içerisinde kurulan organize sanayi bölgesi özellikle yapay yüzeyler sınıfının artışındaki en önemli sebeptir. 1995 yılında kayalık/fundalık özellikteki verimsiz araziye (orman ve yarı doğal alanlar sınıfı) bu organize sanayi bölgesi kurulmuştur. Ayrıca organize sanayi bölgesinin kurulması ile ilçe nüfusunda da bir artış görülmüştür. Bunlara ek olarak ilçenin bir kısmı Ceyhan Ovası Sol Sahil Kesimi içerisinde kaldığı için verimli tarım arazilerine sahiptir, zaman içerisinde tarım alanlarında da önemli miktarda artış olduğu tespit edilmiştir.

İlçede büyük bir nehir ya da gölet bulunmamaktadır, sadece DSİ'ye ait dar sulama kanalları ve ıslah edilmiş ufak dereler bulunmaktadır. Özellikle bu tip kanal ve derelerin 30 m çözünürlükte tespiti oldukça zordur, ayrıca görüntünün çekildiği dönemde kanalların boş olması da ayrı bir durumdur. Bu sebeple bu tip alanlar yapay yüzeyler ile benzer yansıtım değerleri gösterdiği için yapay yüzeyler sınıfına atanmıştır.



Şekil 11. A) Toprakkale ilçesi 1995 yılı

B) Toprakkale ilçesi 2017 yılı

(Figure 11. A) Toprakkale district 1995 year; B) Toprakkale district 2017 year)

Şekil 11.'de Toprakkale ilçesinin 1995 ve 2017 yıllarındaki uydu görüntülerinden oluşturularak elde edilmiş tematik haritaları gösterilmiştir. Ayrıca haritadaki renklerin hangi sınıfı temsil ettiği için çalışmanın bulgular başlığı altındaki ilk paragrafa bakılabilir.

Çizelge 1.'de Toprakkale ilçesinde bulunan farklı sınıfların 1995 ve 2017 yıllarındaki çalışma alanı içerisinde kapladığı alanlar hem hektar cinsinden gösterilmiştir hem de yüzdelik değer olarak alanın yüzde kaçını oluşturduğu gösterilmiştir. İki görüntü arasındaki değişimin ne kadarlık bir fark yarattığı da aynı şekilde çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 1. Toprakkale ilçesi arazi örtüsü/kullanımının zamansal değişim analizi sonuçları

(Table 1. Toprakkale district land cover/use change detection analysis results)

Sınıf Adları	1995 Yılı		2017 Yılı		Değişim	
	Alan (ha)	(%)	Alan (ha)	(%)	Alan (ha)	(%)
Yapay Yüzeyleyler	572,31	5,09	1261,08	11,21	+ 688,77	+ 6,12
Tarım Alanları	5603,67	49,81	7857,54	69,85	+ 2253,87	+ 20,04
Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	5073,75	45,10	2131,02	18,94	- 2942,73	- 26,16

Çizelge 2.'de Toprakkale ilçesine ait iki farklı zamanlardaki sınıflandırılmış görüntülerin hata matrislerinden elde edilen sonuçlar ile istatistik bilgileri gösterilmiştir.

Çizelge 2. Toprakkale ilçesine ait doğruluk analizi sonuçları

(Table 2. Toprakkale district accuracy analysis results)

Sınıf Adı	Referans Noktaların Toplamı	Sınıflandırılmış Nokta Toplamı	Doğru Sayısı	İşlem Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Kappa Değeri
Yapay Yüzeyleyler	15	10	10	% 66,67	% 100,00	1,0000
Tarım Alanları	54	50	46	% 85,19	% 92,00	0,8353
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	36	45	34	% 94,44	% 75,56	0,6280
TOPLAM	105	105	90			
Sınıflandırmanın Toplam Doğruluğu : % 85,71 / Toplam Kappa İstatistik Katsayısı : 0,7597						
Sınıf Adı	Referans Noktaların Toplamı	Sınıflandırılmış Nokta Toplamı	Doğru Sayısı	İşlem Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Kappa Değeri
Yapay Yüzeyleyler	24	22	21	% 87,50	% 95,45	0,9451
Tarım Alanları	82	83	78	% 95,12	% 93,98	0,8546
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	34	35	32	% 94,12	% 91,43	0,8868
TOPLAM	140	140	131			
Sınıflandırmanın Toplam Doğruluğu : % 93,57 / Toplam Kappa İstatistik Katsayısı : 0,8862						

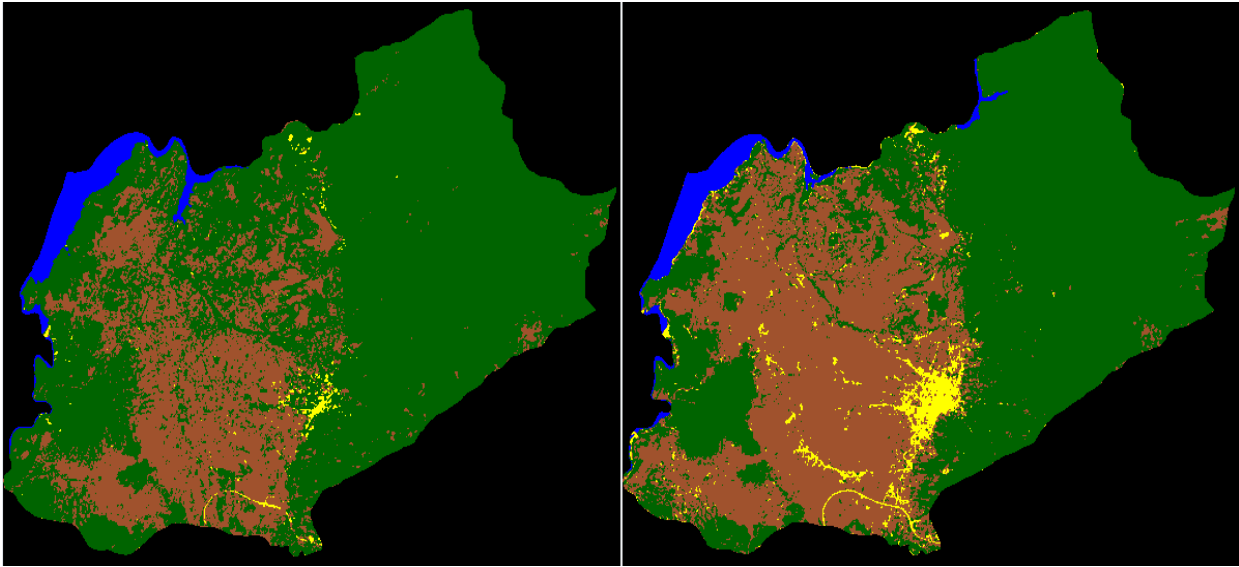
3.1.2 Düziçi İlçesi Değişim Analizi Sonuçları (Düziçi District Change Detection Analysis Results)

Düziçi ilçesi 1996 yılında Osmaniye'nin il statüsüne kavuşmasından önce Adana iline bağlı bir ilçe statüsünde bulunan bir idari yapıya sahipti, 1996 yılından sonra yine ilçe statüsünde kalıp Osmaniye'nin bir ilçesi olmuştur. İlçenin doğusu Toros Dağları ile kaplıyken kuzeyi ve batısından nehir akmaktadır ve batı kesimi önemli bir ovadır.

İlçenin doğusunda bulunan dağlık alanlarda zaman içerisinde kurulan maden alanları ve yaylalık yerleşim alanlarında bir miktar artış görülmüştür. Nüfustaki artış ve gelişime paralel bir şekilde özellikle ilçe merkezinin olduğu bölümde bir genişleme görülmüştür. Tüm bunların neticesinde yapay yüzeyler sınıfında artış tespit edilmiştir. Ayrıca 2017 yılında çekilen görüntüde barajın menba kısmındaki su seviyesinin az olmasından dolayı kıyı şeridinde oluşan bölgeler yerleşim ile benzer yansıtıma sahip olduğu gözlemlenmiştir ve bu alanlar hataya sebep olmuştur. Yapılan yeni barajlar ve göletler ile su ile kaplı alanlarda bir miktar artış olduğu görsel olarak tespit edilmiştir, özellikle ilçenin kuzey doğusunda bulunan kesimde orman ve yarı doğal alanlar sınıfından su varlığı sınıfına bir geçiş olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak 2017 yılındaki görüntüdeki su seviyesinin az olmasından dolayı genel olarak su seviyesinin düştüğü gözlemlenmiştir fakat bu durum gerçeği tam olarak yansıtmamaktadır. Ayrıca ilçe merkezinin kuzeyinden akarak baraj gölüne dökülen bir dere yatağı görülmektedir, derenin darlığı sebebiyle bir çok yerde su varlığı sınıfı yerine çevresinde yoğun bir vejetasyon olmasından dolayı bu dere yatağı da her iki yıldaki görüntüde orman ve yarı doğal alanlar sınıfına atanmıştır.

Şekil 12.'de Düziçi ilçesinin 1995 ve 2017 yıllarındaki uydu görüntülerinden oluşturularak elde edilmiş tematik haritaları gösterilmiştir. Ayrıca haritadaki renklerin hangi sınıfı temsil ettiği için çalışmanın bulgular başlığı altındaki ilk paragrafa bakılabilir.



Şekil 12. A) Düziçi ilçesi 1995 yılı

B) Düziçi ilçesi 2017 yılı

(Figure 12. A) Düziçi district 1995 year; B) Düziçi district 2017 year)

Çizelge 3.'de Düziçi ilçesinde bulunan farklı sınıfların 1995 ve 2017 yıllarındaki çalışma alanı içerisinde kapladığı alanlar hem hektar cinsinden gösterilmiştir hem de yüzdelik değer olarak alanın yüzde kaçını oluşturduğu gösterilmiştir. İki görüntü arasındaki değişimin ne kadarlık bir fark yarattığı da aynı şekilde çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 3. Düziçi ilçesi arazi örtüsü/kullanımının zamansal değişim analizi sonuçları

(Table 3. Düziçi district land cover/use change detection analysis results)

Sınıf Adları	1995 Yılı		2017 Yılı		Değişim	
	Alan (ha)	(%)	Alan (ha)	(%)	Alan (ha)	(%)
Yapay Yüzeyler	349,2	0,59	1787,13	3,02	+ 1437,93	+ 2,43
Tarım Alanları	14485,5	24,44	22199,1	37,46	+ 7713,6	+ 13,02
Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	42724,1	72,08	33657,4	56,80	- 9066,7	- 15,28
Su Varlığı	1718,1	2,90	1614,33	2,72	- 103,77	- 0,18

Çizelge 4.'de Düziçi ilçesine ait iki farklı zamanlardaki sınıflandırılmış görüntülerin hata matrislerinden elde edilen sonuçlar ile istatistiki bilgiler gösterilmiştir.

Çizelge 4. Düziçi ilçesine ait doğruluk analizi sonuçları

(Table 4. Düziçi district accuracy analysis results)

Sınıf Adı	Referans Noktaların Toplamı	Sınıflandırılmış Nokta Toplamı	Doğru Sayısı	İşlem Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Kappa Değeri	
Düziçi 1995 yılına ait veriler	Yapay Yüzeyler	23	30	23	% 100	% 76,67	0,7244
	Tarım Alanları	50	37	35	% 70	% 94,59	0,9189
	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	46	52	42	% 91,30	% 80,77	0,7226
	Su Varlığı	31	31	31	% 100	% 100	1
	TOPLAM	150	150	131			
	Sınıflandırmanın Toplam Doğruluğu : % 87,33 / Toplam Kappa İstatistik Katsayısı : 0,8284						
Düziçi 2017 yılına ait veriler	Yapay Yüzeyler	26	27	24	% 92,31	% 88,89	0,8763
	Tarım Alanları	91	81	75	% 82,42	% 92,59	0,8851
	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	117	128	112	% 95,73	% 87,50	0,7698
	Su Varlığı	22	20	20	% 90,91	% 100	1
	TOPLAM	256	256	231			
	Sınıflandırmanın Toplam Doğruluğu : % 90,23 / Toplam Kappa İstatistik Katsayısı : 0,8478						

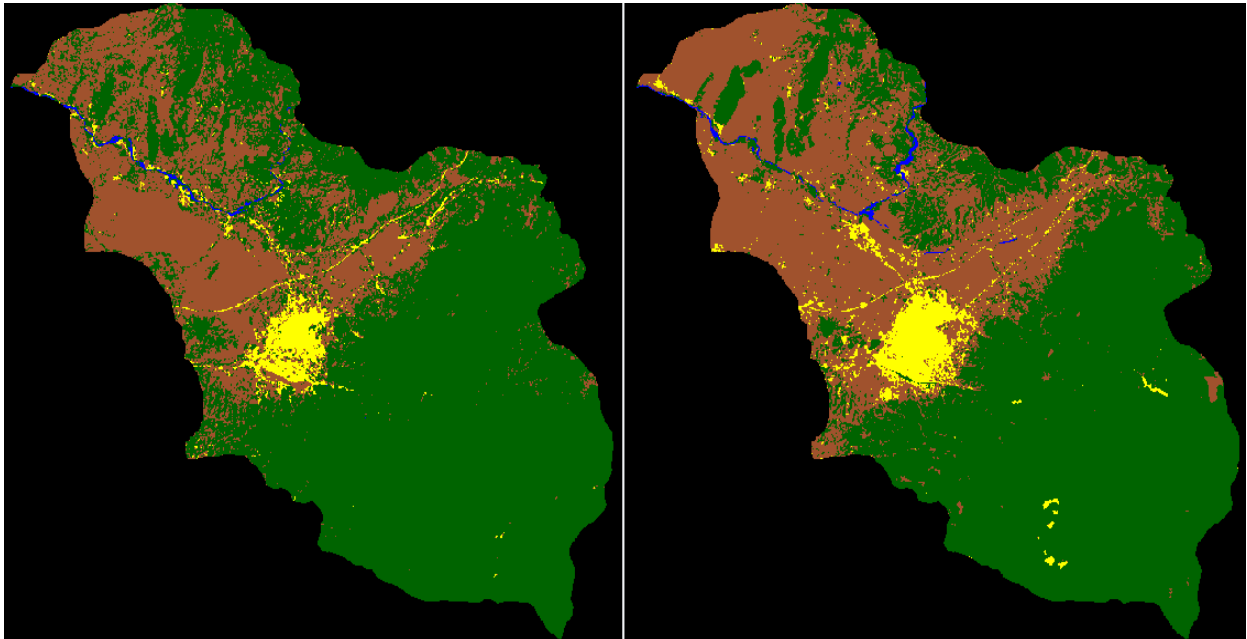
3.1.3 Osmaniye Merkez İlçesi Değişim Analizi Sonuçları (Osmaniye Central District Change Detection Analysis Results)

Osmaniye ilçesi 1996 yılında Osmaniye'nin il statüsüne kavuşmasından önce Adana iline bağlı bir ilçe statüsünde bulunan bir idari yapıya sahipti, 1996 yılından sonra yine ilçe statüsünden il statüsüne geçmiştir ve kendine komşu olan diğer 3 ilçe (Düziçi, Kadirli, Bahçe) ve 3 belediye de (Sumbas, Toprakkale, Hasanbeyli) sınırlarına eklemiştir. Böylece toplamda 7 ilçeden oluşan bir il meydana gelmiştir.

İlçenin güneydoğusu Toros Dağları ile kaplıyken kuzeybatısı daha çok tarım arazileri ile kaplıdır. İlçenin güneydoğusunda bulunan dağlık alanlarda zaman içerisinde kurulan maden alanları ve yaylalık yerleşim alanlarında bir miktar artış görülmüştür. Nüfustaki artış ve gelişime paralel bir şekilde özellikle ilçe merkezinin olduğu bölümde bir genişleme görülmüştür. Ek olarak zaman içerisinde kurulan Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Yerleşkesinin olduğu bölümde de yapay yüzeyler sınıfında artışın olduğu gözlemlenmiştir. Tüm bunların neticesinde genel olarak yapay yüzeyler sınıfında artış tespit edilmiştir. Ayrıca bazı tarım alanları ile yapay yüzeyler sınıfı arasında geçişler olduğu tespit edilmiştir ve bu durum bir miktar hatalı sınıflandırmalara yol açmıştır.

Nehir üzerine yapılan baraj sonucunda, memba kısmında toplanan sudan dolayı su varlığı sınıfında bir miktar artış olmuştur. Fakat her iki yıldaki görüntüde de kuru dere yatakları yapay yüzeyler sınıfına benzer spektral yansıtım gösterdiği için su varlığı sınıfından yapay yüzeyler sınıfına bir geçiş olduğu görülmüştür ve buda bir miktar hataya sebep olmuştur.

Şekil 13.'de Osmaniye Merkez ilçesinin 1995 ve 2017 yıllarındaki uydu görüntülerinden oluşturularak elde edilmiş tematik haritaları gösterilmiştir. Ayrıca haritadaki renklerin hangi sınıfı temsil ettiği için çalışmanın bulgular başlığı altındaki ilk paragrafa bakılabilir.



Şekil 13. A) Osmaniye Merkez ilçesi 1995 yılı

B) Osmaniye Merkez ilçesi 2017 yılı

(Figure 13. A) Osmaniye Central district 1995 year; B) Osmaniye Central district 2017 year)

Çizelge 5.'de Osmaniye Merkez ilçesinde bulunan farklı sınıfların 1995 ve 2017 yıllarındaki çalışma alanı içerisinde kapladığı alanlar hem hektar cinsinden gösterilmiştir hem de yüzdelik değer olarak alanın yüzde kaçını oluşturduğu gösterilmiştir. İki görüntü arasındaki değişimin ne kadarlık bir fark yarattığı da aynı şekilde çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 5. Osmaniye Merkez ilçesi arazi örtüsü/kullanımının zamansal değişim analizi sonuçları

(Table 5. Osmaniye Central district land cover/use change detection analysis results)

Sınıf Adları	1995 Yılı		2017 Yılı		Değişim	
	Alan (ha)	(%)	Alan (ha)	(%)	Alan (ha)	(%)
Yapay Yüzeyler	2647,71	3,07	3926,52	4,56	+ 1278,81	+ 1,49
Tarım Alanları	24177,1	28,05	31282,8	36,30	+ 7105,7	+ 8,25
Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	59076,6	68,55	50595	58,70	- 8481,6	- 9,85
Su Varlığı	278,91	0,32	381,87	0,44	+ 102,96	+ 0,12

Çizelge 6. Osmaniye Merkez ilçesine ait doğruluk analizi sonuçları
(Table 6. Osmaniye Central district accuracy analysis results)

Merkez 1995 yılı verileri	Sınıf Adı	Referans Noktaların Toplamı	Sınıflandırılmış Nokta Toplamı	Doğru Sayısı	İşlem Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Kappa Değeri
		Yapay Yüzeyle	10	11	9	% 90	% 81,82
	Tarım Alanları	25	22	20	% 80	% 90,91	0,8841
	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	72	75	70	% 97,22	% 93,33	0,8242
	Su Varlığı	9	8	8	% 88,89	% 100	1
	TOPLAM	116	116	107			
Sınıflandırmanın Toplam Doğruluğu : % 92,24 / Toplam Kappa İstatistik Katsayısı : 0,8575							
Merkez 2017 yılı verileri	Sınıf Adı	Referans Noktaların Toplamı	Sınıflandırılmış Nokta Toplamı	Doğru Sayısı	İşlem Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Kappa Değeri
	Yapay Yüzeyle	32	33	31	% 96,88	% 93,94	0,9214
	Tarım Alanları	39	39	36	% 92,31	% 92,31	0,8934
	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	59	58	56	% 94,92	% 96,55	0,9404
	Su Varlığı	10	10	9	% 90	% 90	0,8923
	TOPLAM	140	140	132			
Sınıflandırmanın Toplam Doğruluğu : % 94,29 / Toplam Kappa İstatistik Katsayısı : 0,9170							

Çizelge 6.'da Osmaniye Merkez ilçesine ait iki farklı zamanlardaki sınıflandırılmış görüntülerin hata matrislerinden elde edilen sonuçlar ile istatistiki bilgiler gösterilmiştir.

3.1.4 Kadırlı İlçesi Değişim Analizi Sonuçları (Kadırlı District Change Detection Analysis Results)

Kadırlı ilçesi 1996 yılında Osmaniye'nin il statüsüne kavuşmasından önce Adana iline bağlı bir ilçe statüsünde bulunan bir idari yapıya sahipti, 1996 yılından sonra yine ilçe statüsünde kalıp Osmaniye'nin bir ilçesi olmuştur. Fakat daha önceden kendisine bağlı olan Sumbas beldesi, kendi sınırlarından çıkarılıp ilçe statüsüne geçmiştir. İlçenin kuzeyi ve doğusu dağlık bir topografyaya sahipken batısı daha çok tarım arazileri ile kaplıdır.

Nüfustaki artış ve gelişime paralel bir şekilde özellikle ilçe merkezinin olduğu bölümde bir genişleme görülmüştür. Ayrıca bazı tarım alanları ile yapay yüzeyle sınıfı arasında geçişler olduğu tespit edildi ve bu durum bir miktar hatalı sınıflandırmalara yol açmıştır.

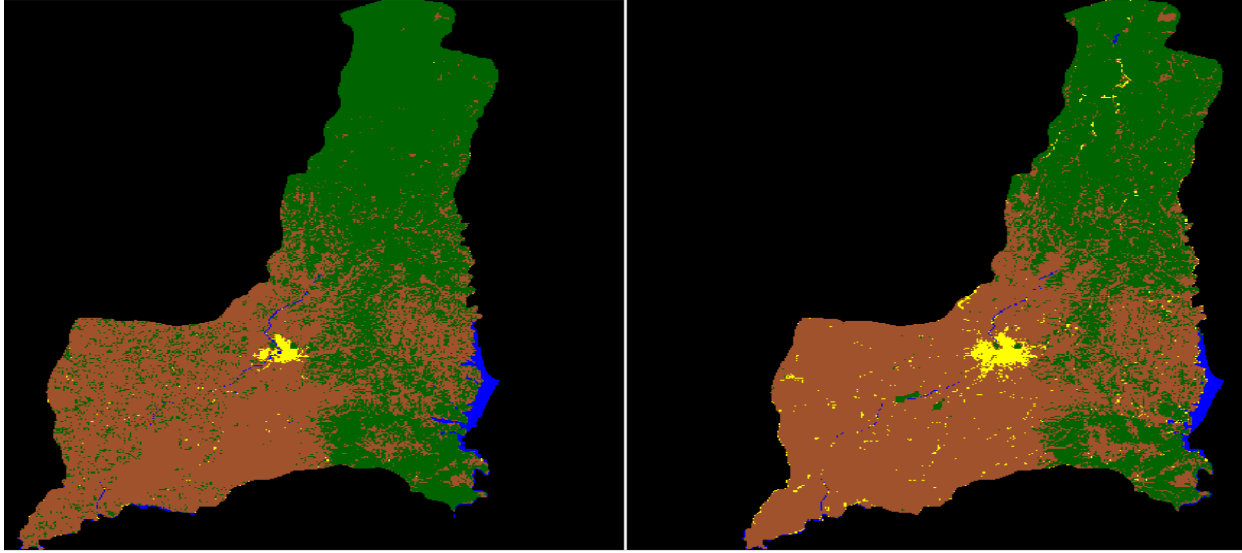
Özellikle ormanlık alan içerisine açılan tarım arazilerinin yansıtım değerleri yapay yüzeyle ile çok karışmaktadır, bu sebepten ötürü yapay yüzeyle sınıfında doğruluk bir miktar düşük çıkmış ve bu durum hataya sebep olmuştur. Ayrıca kırsal kesimdeki dağınık yerleşmeden dolayı Landsat 5 uydusu ile köy ve benzeri yapılanmalar tam olarak saptanamamıştır.

Çizelge 7.'de Kadırlı ilçesinde bulunan farklı sınıfların 1995 ve 2017 yıllarındaki çalışma alanı içerisinde kapladığı alanlar hem hektar cinsinden gösterilmiştir hem de yüzdelik değer olarak alanın yüzde kaçını oluşturduğu gösterilmiştir. İki görüntü arasındaki değişimin ne kadarlık bir fark yarattığı da aynı şekilde çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 7. Kadırlı ilçesi arazi örtüsü/kullanımının zamansal değişim analizi sonuçları
(Table 7. Kadırlı district land cover/use change detection analysis results)

Sınıf Adları	1995 Yılı		2017 Yılı		Değişim	
	Alan (ha)	(%)	Alan (ha)	(%)	Alan (ha)	(%)
Yapay Yüzeyle	630,27	0,61	2187,36	2,13	+ 1557,09	+ 1,52
Tarım Alanları	50717,3	49,43	59860,6	58,38	+ 9143,3	+ 8,95
Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	49770,8	48,51	39200,8	38,23	- 10570	- 10,28
Su Varlığı	1488,06	1,45	1279,44	1,25	- 208,62	- 0,2

Şekil 14.'de Kadırlı ilçesinin 1995 ve 2017 yıllarındaki uydu görüntülerinden oluşturularak elde edilmiş tematik haritaları gösterilmiştir. Ayrıca haritadaki renklerin hangi sınıfı temsil ettiği için çalışmanın bulgular başlığı altındaki ilk paragrafa bakılabilir.



Şekil 14. A) Kadirli ilçesi 1995 yılı B) Kadirli ilçesi 2017 yılı
(Figure 14. A) Kadirli district 1995 year; B) Kadirli district 2017 year)

Çizelge 8.'de Kadirli ilçesine ait iki farklı zamanlardaki sınıflandırılmış görüntülerin hata matrislerinden elde edilen sonuçlar ile istatistiki bilgiler gösterilmiştir.

Çizelge 8. Kadirli ilçesine ait doğruluk analizi sonuçları

(Table 8. Kadirli district accuracy analysis results)

Kadirli 1995 yılı verileri	Sınıf Adı	Referans Noktaların Toplamı	Sınıflandırılmış Nokta Toplamı	Doğru Sayısı	İşlem Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Kappa Değeri
	Yapay Yüzeyle	29	30	27	% 93,10	% 90	0,8760
Tarım Alanları	45	45	40	% 88,89	% 88,89	0,8413	
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	49	45	42	% 85,71	% 93,33	0,9010	
Su Varlığı	27	30	27	% 100	% 90	0,8780	
TOPLAM	150	150	136				
Sınıflandırmanın Toplam Doğruluğu : % 90,67 / Toplam Kappa İstatistik Katsayısı : 0,8734							
Kadirli 2017 yılı verileri	Sınıf Adı	Referans Noktaların Toplamı	Sınıflandırılmış Nokta Toplamı	Doğru Sayısı	İşlem Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Kappa Değeri
	Yapay Yüzeyle	29	30	25	% 86,21	% 83,33	0,8124
	Tarım Alanları	108	121	101	% 93,52	% 83,47	0,7173
	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	102	89	84	% 82,35	% 94,38	0,9076
	Su Varlığı	21	20	18	% 85,71	% 90	0,8912
	TOPLAM	260	260	228			
Sınıflandırmanın Toplam Doğruluğu : % 87,69 / Toplam Kappa İstatistik Katsayısı : 0,8116							

3.1.5 Bahçe İlçesi Değişim Analizi Sonuçları (Bahçe District Change Detection Analysis Results)

Bahçe ilçesi 1996 yılında Osmaniye'nin il statüsüne kavuşmasından önce Adana iline bağlı bir ilçe statüsünde bulunan bir idari yapıya sahipti, 1996 yılından sonra yine ilçe statüsünde kalıp Osmaniye'nin bir ilçesi olmuştur. İlçenin kuzeyi ve doğusu dağlık bir topografyaya sahipken batısı daha çok tarım arazileri ile kaplıdır.

Nüfustaki artış ve gelişime paralel bir şekilde özellikle ilçe merkezinin olduğu bölümde bir genişleme görülmüştür. Buna ek olarak bölgedeki sanayi tesislerindeki artışta bu duruma katkı sağlamıştır. Dağlık kesimlerde yapılan rüzgar enerji santralleri ve o bölgelere ulaşımı sağlayan yollarda yapay yüzeyler sınıfındaki artışta rol oynamıştır.

Dar su kanalları ve yollar özellikle 1995 yılına ait görüntüde çok zor tespit edilmiştir, su kanalları yapay yüzeyler sınıfı ile dar yollarda tarım alanları sınıfı ile karışmıştır. Ayrıca ilçe oldukça engebeli ve dağlık bir topografyaya sahip olmasından ötürü hatalara da sebep olmuştur. Tarım alanlarındaki doğruluk oldukça düşük seviyede tespit edilmiştir. Detayların yeterince tespitinin çözünürlükten dolayı zor olması da yine tarım alanlarındaki hataların bir

diğer sebebidir. Ek olarak 2017 görüntüsünde ilçenin güney batısında bir gölet tespit edilmiştir ve bu alan su varlıkları sınıfına atanmıştır.

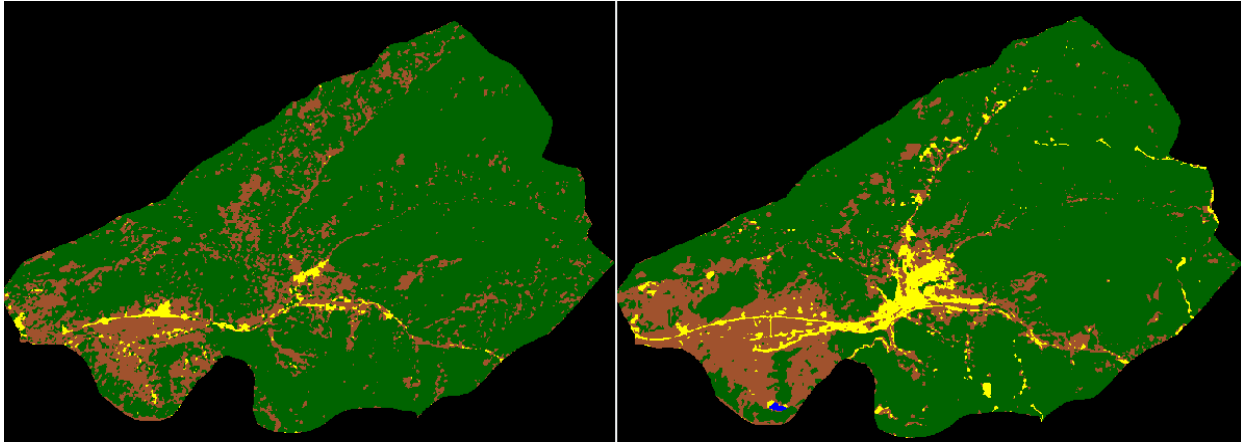
Çizelge 9.'da Bahçe ilçesinde bulunan farklı sınıfların 1995 ve 2017 yıllarındaki çalışma alanı içerisinde kapladığı alanlar hem hektar cinsinden gösterilmiştir hem de yüzdelik değer olarak alanın yüzde kaçını oluşturduğu gösterilmiştir. İki görüntü arasındaki değişimin ne kadarlık bir fark yarattığı da aynı şekilde çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 9. Bahçe ilçesi arazi örtüsü/kullanımının zamansal değişim analizi sonuçları

(Table 9. Bahçe district land cover/use change detection analysis results)

Sınıf Adları	1995 Yılı		2017 Yılı		Değişim	
	Alan (ha)	(%)	Alan (ha)	(%)	Alan (ha)	(%)
Yapay Yüzeyleler	519,84	2,49	909	4,36	+ 386,16	+ 1,87
Tarım Alanları	4027,77	19,32	3774,33	18,11	- 253,44	- 1,21
Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	16298,6	78,18	16150,5	77,48	- 148,1	- 0,7
Su Varlığı	-	-	12,24	0,06	+ 12,24	+ 0,06

Şekil 15.'de Bahçe ilçesinin 1995 ve 2017 yıllarındaki uydu görüntülerinden oluşturularak elde edilmiş tematik haritaları gösterilmiştir. Ayrıca haritadaki renklerin hangi sınıfı temsil ettiği için çalışmanın bulgular başlığı altındaki ilk paragrafta bakılabilir.



Şekil 15. A) Bahçe ilçesi 1995 yılı

B) Bahçe ilçesi 2017 yılı

(Figure 15. A) Bahçe district 1995 year; B) Bahçe district 2017 year)

Çizelge 10. Bahçe ilçesine ait doğruluk analizi sonuçları

(Table 10. Bahçe district accuracy analysis results)

Bahçe 1995 yılı verileri	Sınıf Adı	Referans Noktaların Toplamı	Sınıflandırılmış Nokta Toplamı	Doğru Sayısı	İşlem Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Kappa Değeri
		Yapay Yüzeyleler	35	33	28	% 80	% 84,85
	Tarım Alanları	43	46	30	% 69,77	% 65,22	0,5243
	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	82	81	70	% 85,37	% 86,42	0,7214
	Su Varlığı	-	-	-	-	-	-
	TOPLAM	160	160	128			
Sınıflandırmanın Toplam Doğruluğu : % 80 / Toplam Kappa İstatistik Katsayısı : 0,6765							
Bahçe 2017 yılı verileri	Sınıf Adı	Referans Noktaların Toplamı	Sınıflandırılmış Nokta Toplamı	Doğru Sayısı	İşlem Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Kappa Değeri
	Yapay Yüzeyleler	28	30	25	% 89,29	% 83,33	0,8070
	Tarım Alanları	45	47	36	% 80	% 76,60	0,7001
	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	127	123	116	% 91,34	% 94,31	0,8504
	Su Varlığı	5	5	5	% 100	% 100	1
	TOPLAM	205	205	182			
Sınıflandırmanın Toplam Doğruluğu : % 88,72 / Toplam Kappa İstatistik Katsayısı : 0,7987							

Çizelge 10.'da Bahçe ilçesine ait iki farklı zamanlardaki sınıflandırılmış görüntülerin hata matrislerinden elde edilen sonuçlar ile istatistiki bilgiler gösterilmiştir.

3.1.6 Hasanbeyli İlçesi Değişim Analizi Sonuçları (Hasanbeyli District Change Detection Analysis Results)

Hasanbeyli ilçesi 1996 yılında Osmaniye'nin il statüsüne kavuşmasından önce Adana iline bağlı bir belde statüsünde bulunan bir idari yapıya sahipti, 1996 yılından sonra ilçe statüsünde Osmaniye'nin bir ilçesi olmuştur.

İlçe genellikle dağlık bir topografyaya sahiptir. Bu sebepten ötürüde yerleşim alanları dağınık yapıdadır. Bu durum da özellikle yapay yüzeyler sınıfının tespitini 30m çözünürlüklü görüntüde zorlaştırmaktadır. Ayrıca çözünürlükten ötürü tarım alanları ile orman ve yarı doğal alan sınıfları da karışmıştır. 1995 görüntüsünde hatalı orman ve yarı doğal alan olması gereken bir çok piksel tarım alanı sınıfına atandığı tespit edilmiştir. 2017 görüntüsünde göletin alanında su seviyesinin az olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple su varlığı sınıfında bir azalma olmuştur. Kuru nehir yatağı tarım arazilerine benzer yansıtım gösterdiği gözlemlenmiştir.

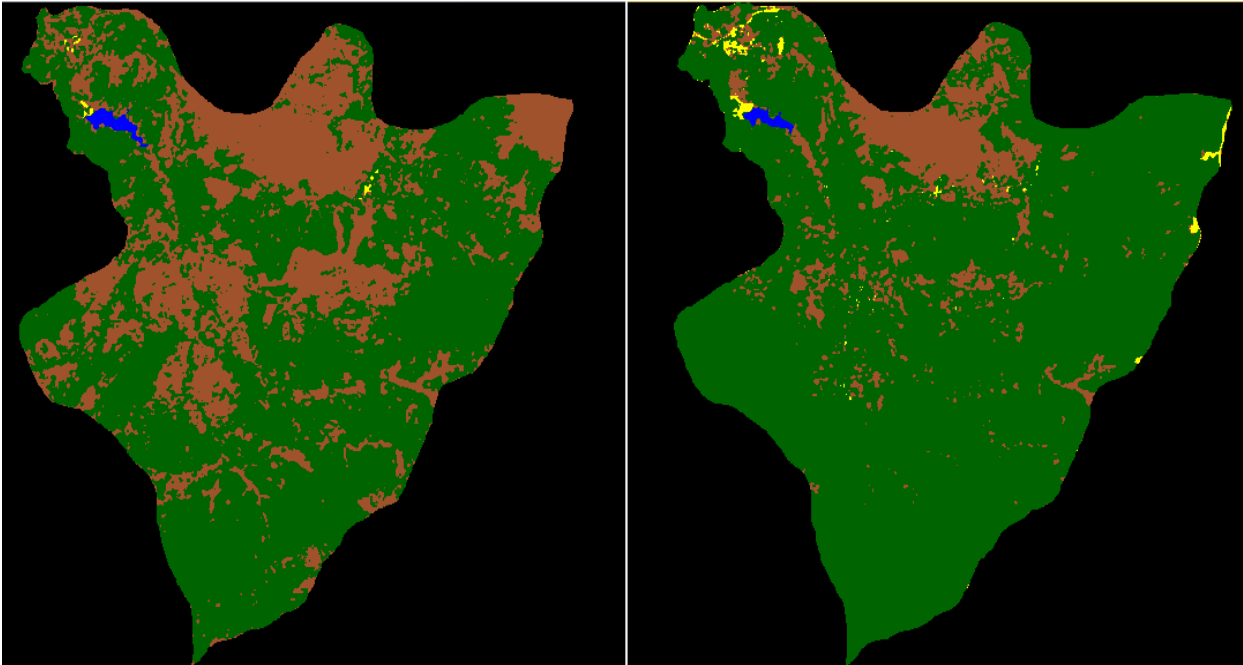
Çizelge 11.'de Hasanbeyli ilçesinde bulunan farklı sınıfların 1995 ve 2017 yıllarındaki çalışma alanı içerisinde kapladığı alanlar hem hektar cinsinden gösterilmiştir hem de yüzdelik değer olarak alanın yüzde kaçını oluşturduğu gösterilmiştir. İki görüntü arasındaki değişimin ne kadarlık bir fark yarattığı da aynı şekilde çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 11. Hasanbeyli ilçesi arazi örtüsü/kullanımının zamansal değişim analizi sonuçları

(Table 11. Hasanbeyli district land cover/use change detection analysis results)

Sınıf Adları	1995 Yılı		2017 Yılı		Değişim	
	Alan (ha)	(%)	Alan (ha)	(%)	Alan (ha)	(%)
Yapay Yüzeyler	15,12	0,05	109,44	0,65	+ 94,32	+ 0,6
Tarım Alanları	5513,85	32,66	2057,4	12,17	- 3456,45	- 20,49
Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	11305	66,91	14695,6	86,93	+ 3390,6	+ 20,02
Su Varlığı	62,1	0,37	42,75	0,25	- 19,35	- 0,07

Şekil 16.'da Hasanbeyli ilçesinin 1995 ve 2017 yıllarındaki uydu görüntülerinden oluşturularak elde edilmiş tematik haritaları gösterilmiştir. Ayrıca haritadaki renklerin hangi sınıfı temsil ettiği için çalışmanın bulgular başlığı altındaki ilk paragrafa bakılabilir.



Şekil 16. A) Hasanbeyli ilçesi 1995 yılı

B) Hasanbeyli ilçesi 2017 yılı

(Figure 16. A) Hasanbeyli district 1995 year; B) Hasanbeyli district 2017 year)

Çizelge 12.'de Hasanbeyli ilçesine ait iki farklı zamanlardaki sınıflandırılmış görüntülerin hata matrislerinden elde edilen sonuçlar ile istatistiki bilgiler gösterilmiştir.

Çizelge 12. Hasanbeyli ilçesine ait doğruluk analizi sonuçları

(Table 12. Hasanbeyli district accuracy analysis results)

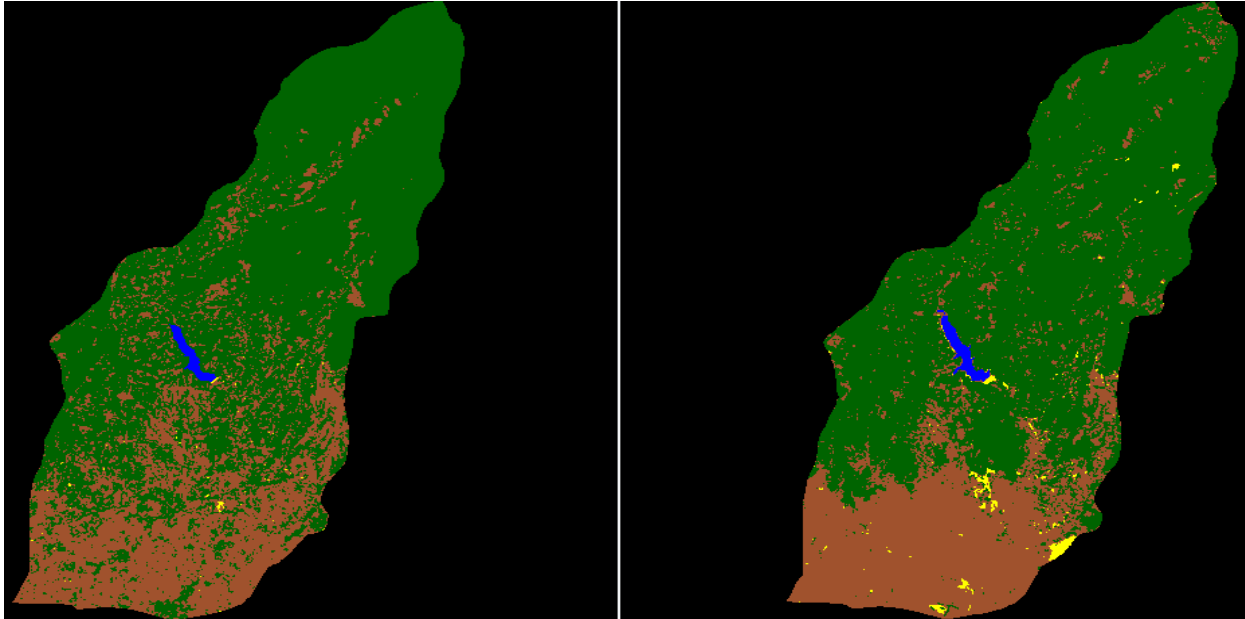
Hasanbeyli 1995 yılı verileri	Sınıf Adı	Referans Noktaların Toplamı	Sınıflandırılmış Nokta Toplamı	Doğru Sayısı	İşlem Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Kappa Değeri
	Yapay Yüzeyle	7	10	7	% 100	% 70	0,6638
	Tarım Alanları	10	14	10	% 100	% 71	0,6623
	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	41	35	35	% 85,37	% 100	1
	Su Varlığı	7	6	6	% 85,71	% 100	1
	TOPLAM	65	65	58			
	Sınıflandırmanın Toplam Doğruluğu : % 89,23 / Toplam Kappa İstatistik Katsayısı : 0,8207						
Hasanbeyli 2017 yılı verileri	Sınıf Adı	Referans Noktaların Toplamı	Sınıflandırılmış Nokta Toplamı	Doğru Sayısı	İşlem Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Kappa Değeri
	Yapay Yüzeyle	13	11	9	% 69,23	% 81,82	0.7910
	Tarım Alanları	17	18	14	% 82,35	% 77,78	0.7323
	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	60	61	57	% 95	% 93,44	0.8361
	Su Varlığı	10	10	10	% 100	%100	1
	TOPLAM	100	100	90			
	Sınıflandırmanın Toplam Doğruluğu : % 90 / Toplam Kappa İstatistik Katsayısı : 0,8273						

3.1.7 Sumbas İlçesi Değişim Analizi Sonuçları (Sumbas District Change Detection Analysis Results)

Sumbas ilçesi 1996 yılında Osmaniye'nin il statüsüne kavuşmasından önce Adana ilinin bir beldesi durumundaydı. 1996 yılından sonra Osmaniye'nin bir ilçesi olmuştur. İlçe Kadiri gibi büyük bir ilçeye yakın olduğu için pek fazla gelişmemiştir. İlçenin kuzeyi oldukça dağlık bir topografyaya sahipken güneyi daha çok tarım arazileri ile kaplıdır.

İlçenin Kadiri bölümüne yakın güneydoğu kesiminde sanayi alanları kurulmuş buda bölgedeki yapay yüzeyle sınıfının artışına sebep olmuştur.

Görüntünün yersel çözünürlüğünün 30 m olması sebebiyle köy tipi dağınık yerleşimler yapay yüzeyle sınıfı yerine daha çok orman ve yarı doğal alan sınıfında görülmüştür. Binaların bir birinden ayrıık nizamda olması ve çevrelerinin yoğun bir şekilde vejetasyonla dolu olması bu durumun sebeplerinden olduğu gözlemlenmiştir.

**Şekil 17. A)** Sumbas ilçesi 1995 yılı**B)** Sumbas ilçesi 2017 yılı

(Figure 17. A) Sumbas district 1995 year; B) Sumbas district 2017 year)

Şekil 17.'de Sumbas ilçesinin 1995 ve 2017 yıllarındaki uydu görüntülerinden oluşturularak elde edilmiş tematik haritaları gösterilmiştir. Ayrıca haritadaki renklerin hangi sınıfı temsil ettiği için çalışmanın bulgular başlığı altındaki ilk paragrafa bakılabilir.

Çizelge 13.'de Sumbas ilçesinde bulunan farklı sınıfların 1995 ve 2017 yıllarındaki çalışma alanı içerisinde kapladığı alanlar hem hektar cinsinden gösterilmiştir hem de yüzdelik değer olarak alanın yüzde kaçını oluşturduğu gösterilmiştir. İki görüntü arasındaki değişimin ne kadarlık bir fark yarattığı da aynı şekilde çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 13. Sumbas ilçesi arazi örtüsü/kullanımının zamansal değişim analizi sonuçları

(Table 13. Sumbas district land cover/use change detection analysis results)

Sınıf Adları	1995 Yılı		2017 Yılı		Değişim	
	Alan (ha)	(%)	Alan (ha)	(%)	Alan (ha)	(%)
Yapay Yüzeyler	42,21	0,12	311,58	0,87	+ 269,37	+ 0,75
Tarım Alanları	10855,6	30,16	10725,2	29,78	- 130,4	- 0,38
Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	24939,6	69,29	24757,5	68,74	- 182,1	- 0,55
Su Varlığı	158,13	0,44	220,32	0,61	+ 62,19	+ 0,17

Çizelge 14.'de Sumbas ilçesine ait iki farklı zamanlardaki sınıflandırılmış görüntülerin hata matrislerinden elde edilen sonuçlar ile istatistiki bilgiler gösterilmiştir.

Çizelge 14. Sumbas ilçesine ait doğruluk analizi sonuçları

(Table 14. Sumbas district accuracy analysis results)

Sınıf Adı	Referans Noktaların Toplamı	Sınıflandırılmış Nokta Toplamı	Doğru Sayısı	İşlem Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Kappa Değeri	
Sumbas 1995 yılı verileri	Yapay Yüzeyler	5	10	5	% 100	% 50	0,4783
	Tarım Alanları	33	34	29	% 87,88	% 85,29	0,7972
	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	72	66	63	% 87,50	% 95,45	0,8864
	Su Varlığı	10	10	10	% 100	% 100	1
	TOPLAM						
	Sınıflandırmanın Toplam Doğruluğu : % 89,17 / Toplam Kappa İstatistik Katsayısı : 0,8138						
Sumbas 2017 yılı verileri	Yapay Yüzeyler	16	19	15	% 93,75	% 78,95	0,7748
	Tarım Alanları	94	72	69	% 73,40	% 95,83	0,9326
	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	118	135	110	% 93,22	% 81,48	0,6441
	Su Varlığı	18	20	18	% 100	% 90	0,8921
	TOPLAM	246	246	212			
	Sınıflandırmanın Toplam Doğruluğu : % 86,18 / Toplam Kappa İstatistik Katsayısı : 0,7749						

3.2. Tartışma (Discussions)

Yersel çözünürlük bakımından Landsat 8 OLI/TIRS görüntüleri pankromatik bant ile detay ayrımını daha belirgin şekilde yapabilmeye imkan sağlamıştır fakat iki farklı zamana ait görüntülerin karşılaştırılmasında aynı çözünürlüğünün kullanılması çözünürlükten kaynaklı hataları minimize edebileceği düşünülerek pankromatik bantın faydasından yararlanılamamıştır.

Medyan filtrelemeler sınıflandırılmış görüntülerde belirli bir hata payı oluşturacaktır, mümkün oldukça fazla eğitim verisi toplanarak medyan filtrelemeye ihtiyaç duyulmayabilir. Fakat küçük çaplı piksel hatalarının giderilmesinde medyan filtreleme oldukça kolaylık sağlamaktadır.

Kırsal bölgelerdeki yerleşim alanlarının tespitinde 30 m yersel çözünürlüklü görüntülerin yeterli detay ayrımı yapamadığı için özellikle yerleşim alanlarındaki değişimleri konu alan çalışmalar için uygun olmadığı tespit edilmiştir. Landsat 8 OLI/TIRS gibi uyduların sahip olduğu pankromatik bant ile 15m çözünürlüğe kadar inilebilmesi belli oranda Landsat 5 TM'ye göre oldukça iyi sonuçlar vermiştir, fakat daha doğru ve hassas sonuçların alınması için daha yüksek çözünürlüklü uydulardan bu tip bölgelerde yararlanılması tavsiye edilmektedir.

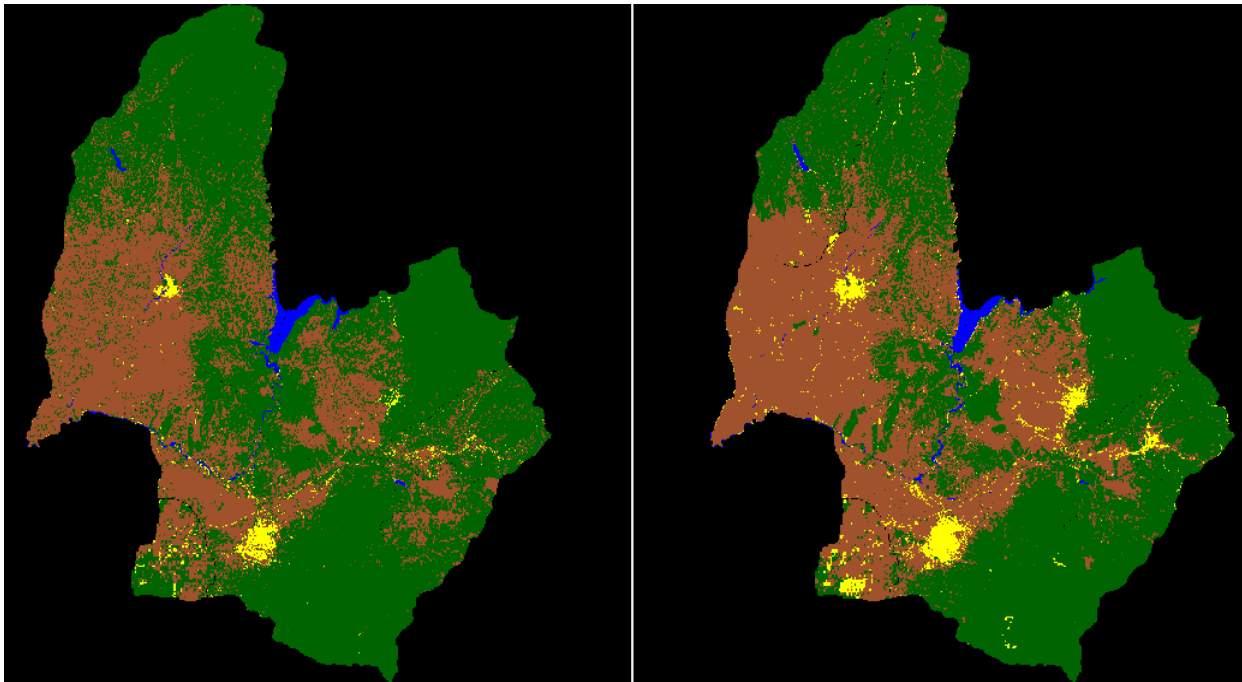
Topoğrafyanın dağlık olduğu kesimlerde bütün sınıflarda daha çok hata olduğu görülmüştür, dağlık bölgelerdeki gölge etkisindeki alanların giderilmesinde histogram eşitleme ve germe teknikleri büyük oranda iyileştirme sağlamıştır. Ayrıca bu tip alanlardan daha fazla eğitim verisinin toplanması da sonuçlarda doğruluğu artırmıştır. Fakat çok daha doğru sonuçlar için topoğrafik düzeltmelerden de faydalanılmalıdır.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada Osmaniye ilinin idari açıdan il statüsüne kavuştuktan sonraki ve önceki süreçte, arazi örtüsü/kullanımı bakımından nasıl bir değişim yaşadığı uzaktan algılama teknikleri ile incelenmiştir. Osmaniye ili içerisinde bulunan ilçelerde 1995 yılından 2017 yılına kadar olan süreçte yaşadığı gelişmeler göz önüne alınarak şu sonuçlar tespit edilmiştir.

Osmaniye'nin il statüsüne çevrilmesi ile daha fazla hazine yardımı ve özel sektöre yatırımı alabilmesi, istatistiksel olarak da zamanla nüfus sayısı artmış ve buna paralel olarak yeni imar alanlarının da açılması ile sanayi ve konut alanlarındaki artış, organize sanayi bölgesinin kurulması, enerji yatırımları ve üniversiteye sahip olması gibi sebeplerden ötürü yapay yüzeyler sınıfında artış görülmüştür. Ormanlık alanların tahrip edilmesi ile zaman içerisinde yeni tarım alanlarının açıldığı gözlemlenmiştir. Bu sebepten ötürü tarım alanları sınıfında bir artış tespit edilmiştir. Orman ve yarı doğal alan sınıfı hem yerleşim ve sanayi hem de tarım alanları baskı altında sürekli kalmaktadır. Orman ve yarı doğal alanlar sınıfında 1995 yılından 2017 yılına kadarki süreçte il bütününde azalma olduğu tespit edilmiştir, fakat orman ve yarı doğal alanlar sınırları içerisinde bulunan bir çok yerel bölgede yapılan ormanlaştırma çalışmaları neticesinde bölgesel olarak ormanlarda bir artışta olduğu da gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan barajlar ile bir miktar orman ve yarı doğal alan sınıfının su varlığı sınıfına kaydığı gözlemlenmiştir. Su varlığı sınıfında ise ilk olarak görsel yorumlarda inşa edilen gölet ve barajlar neticesinde bir artış olacağı düşünülmüştür fakat 2017 yılının Ekim ayındaki görüntüde baraj ve göletlerdeki su miktarının bir miktar düşük olması sebebiyle su varlığı sınıfında azalma tespit edilmiştir.

Literatür açısından çalışmanın sonucu irdelendiğinde Osmaniye il sınırları içerisinde herhangi bir uzaktan algılama ile yapılmış değişim analizi çalışması bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu sebeple çalışmanın il genelindeki değişen durumu göstermesi oldukça önemlidir. Ayrıca sürdürülebilir bir kalkınma için de bu çalışmadaki gerekli bilgiler ile yerel yönetimler ve kalkınma ajansları tarafından yeni önlemler alınmalıdır.



Şekil 18. A) Osmaniye ili 1995 yılı

B) Osmaniye ili 2017 yılı

(Figure 18. A) Osmaniye province 1995 year; B) Osmaniye province 2017 year)

Şekil 18.'de Osmaniye il bütünüünün 1995 ve 2017 yıllarındaki uydu görüntülerinden oluşturularak elde edilmiş sınıflandırılmış görüntüsü gösterilmiştir. Ayrıca haritadaki renklerin hangi sınıfı temsil ettiği için çalışmanın bulgular başlığı altındaki ilk paragrafta bakılabilir.

Çizelge 15.'de Osmaniye ilinde bulunan farklı sınıfların 1995 ve 2017 yıllarındaki çalışma alanı içerisinde kapladığı yaklaşık alanlar hem hektar cinsinden gösterilmiştir hem de yüzdelik değer olarak alanın yüzde kaçını oluşturduğu tespit edilmiştir. İki görüntü arasındaki değişimin ne kadarlık bir fark yarattığı da aynı şekilde çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 15. Osmaniye ili arazi örtüsü/kullanımının zamansal değişim analizi sonuçları

(Table 15. Osmaniye province land cover/use change detection analysis results)

Sınıf Adları	1995 Yılı		2017 Yılı		Değişim	
	Alan (ha)	(%)	Alan (ha)	(%)	Alan (ha)	(%)
Yapay Yüzeyler	4777	1,43	10492	3,15	+ 5715	+ 1,72
Tarım Alanları	115381	34,64	137757	41,37	+ 22376	+ 6,73
Ormanlar ve Yarı Doğal Alanlar	209188	62,81	181188	54,41	- 28000	- 8,4
Su Varlığı	3705	1,11	3551	1,07	- 154	- 0,04

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] M.A. Derse, Sürdürülebilir Arazi Kullanım Planlaması İçin Uzaktan Algılama Verilerine Dayalı Bölgesel Değişim Tespiti: Erdemli (Mersin) Örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı*, Adana, 2010.
- [2] A. Akin, Çukurova Deltası Kıyı Alanında Arazi Örtüsü Değişimlerinin Belirlenmesinde Farklı Uzatan Algılama Yöntemlerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı*, Adana, 2007.
- [3] A. Gezici, Uzaktan Algılama Ve Cbs Entegrasyonu İle Arazi Örtüsü/Kullanımı Değişiminin Analizi: Konya İli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul, 2012.
- [4] F. Temiz, Uzaktan Algılama Teknolojileri ve Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Arazi Kullanımı / Arazi Örtüsü Değişim Analizlerinin Yapılması, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı*, Konya, 2016.
- [5] S. Tadesse, V.Madduri, Land Use/Land Cover Change Between 1984 And 2018 In Midega Tole District, Eastern Ethiopia, *International Journal of Multidisciplinary Educational Research*, 7 (2018), 65-77, ISSN: 2277-7881.
- [6] T. Kavzaoğlu, M. Yıldız, Nesne Tabanlı Sınıflandırma Tekniği ile Arazi Örtüsünün Belirlenmesi: Quickbird ve Landsat Örneği, Prof. Dr. Derya MAKTAV & Yrd. Doç. Dr. Hüseyin TOPAN (Ed), *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Zonguldak, 2012.
- [7] T. Kavzaoğlu, İ. Çölkesen, Karar Ağaçları ile Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması: Kocaeli Örneği, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2,1 (2010), 36-45.
- [8] S. Kahraman, Ö. Ünsal, ArcGIS Spatial Analiz, *Esri Türkiye Yayınları*, Ankara, 2014.
- [9] P.M. Mather, Computer Processing Of Remotely-Sensed Images: An Introduction, *John Wiley and Sons Ltd*, Chichester, 1987.
- [10] T.M. Lillesand, R.W. Kiefer, J.W. Chipman, Uzaktan Algılama ve Görüntü Yorumlama (7. Baskıdan Çeviri), *Palme Yayınevi*, Ankara, 2018.

Bal Tozu İkamesinin Kek Kalitesi Üzerine Etkisi

Mustafa Kürşat DEMİR^{1*}  Mehmet KILIÇ² 

¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 42090, Meram, Konya, Türkiye

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 03200, Afyonkarahisar, Türkiye

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

(Geliş/Received: 25.03.2019; Kabul/Accepted: 05.04.2019; Online baskı/Published online: 18.04.2019)

ÖZET

Son yıllarda şekerin sağlık üzerine olumsuz etkilerinin tartışılmalarıyla, birçok gıdada şeker ikame maddeleri kullanılmaya başlamıştır. Bunlardan bir tanesi de, geçmişte de tatlandırıcı olarak kullanılan baldır. Bu çalışmada, kek üretiminde balın toz formu şeker yerine ikame olarak kullanılmıştır. İlk olarak, bal ve taşıyıcı nitelikteki maltodekstrin (%60-40 w/w) bir püskürtmeli kurutucu ünitesinde kurutulmuştur. Bu prosesin ardından, elde edilen bal tozu farklı oranlarda (%25, 50, 75 ve 100) şekerin yerine ikame olarak kek üretiminde kullanılmıştır. Bal tozunun etkilerini belirlemek içinde üretilen keklerde; bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikler incelenmiştir. Şeker yerine bal tozu ikamesi ile genel olarak kek örneklerinin L^* ve b^* değerlerinin azaldığı, a^* değerlerinin ise arttığı belirlenmiştir. Kimyasal özellikler bakımından, kek örneklerinde bal tozu ikamesinin artmasıyla, kül ve nem içeriklerinin de arttığı tespit edilmiştir. Ham protein ve ham yağ değerleri ise, bal tozu ilavesinden etkilenmemiştir ($P > 0,05$). Duyuşsal karakteristikler açısından ise, %50 şeker: %50 bal tozu en iyi kombinasyon olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak; bal tozunun sahip olduğu kimyasal ve besinsel özellikleri ile kek üretiminde kullanılabilecek bir hammadde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kek, Bal, Bal tozu, Püskürtmeli Kurutucu.

Effect of Honey Powder Substitution on Cake Quality

ABSTRACT

Recently, with the discussion of the adverse effects of sugar on health, a high number of food materials have been used as a sugar substitute. One of these is honey, which was also used as a sweetener in the past. In this study, the use of powdered form of honey instead of sugar in cakes was investigated. Firstly, honey and maltodextrin as a carrier (60–40% w/w) was dried by a spray-dryer unit. After this process, the obtained honey powder was used as a replacement of sugar in different levels (25, 50, 75 and 100%) for the production of cakes. In order to determine the effects of honey powder on some physical, chemical and sensory properties of cakes were analyzed. L^* and b^* values of the cake samples decreased while a^* values increased when sugar was replaced by honey powder. In terms of chemical properties, ash and moisture contents increased with increasing amount of honey powder. Also, crude protein and crude fat values of cake were not affected by the honey powder addition. ($P > 0,05$). The best combination in terms of sensory characteristics was 50% sugar and 50% honey powder. In conclusion, it was determined that can be used a raw material in cake production due to its chemical and nutritional and properties.

Key Words: Cake, Honey, Honey powder, Spray dryer

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Şeker; ülkemizde şeker pancarından üretilmekte ve fabrikasyonu ile bu pancarlardan ham şekerin dışındaki kısımlar, çeşitli proses basamaklarıyla ayrıştırılmaktadır. Aslında bu ayrıştırma ile pancarda bulunan besinsel özelliklerde ham şekerden uzaklaştırılmaktadır. Örneğin; şeker fabrikasının önemli artıklarından birisi olan melas, besinsel açıdan önemli bir kaynak olması nedeniyle ekmek mayası üretiminde maya besini olarak değerlendirilmektedir. Bu ayrıştırmanın temel nedeni ise, şeker üretim proseslerinde %99,9 oranında bir saflıkta ham şekerin eldesinin istenmesidir. Dolayısıyla bu proses döngüsü, ayrıştırma ve rafinasyon aşamaları ile ham şekerden tabiri caizse şekerden başka bir şey kalmamaktadır [1].

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: mkdemir@erbakan.edu.tr / Tel: +90 332 325 2024

Özellikle de şekerin sağlık üzerine olumsuz etkilerinin tartışılmalarıyla birlikte, birçok gıdada şeker ikamesi maddeleri kullanılmaya başlamıştır. Bunlardan bir tanesi de, geçmişte de tatlandırıcı olarak kullanılan baldır. Atalarımızın vazgeçilmez tatlandırıcısı olan bal, doğal yapıda olması, vitamin, mineral ve antioksidan maddelerce zengin olması ve geçmişte hastalıklarda tedavi edici olarak kullanmaları rafine şekere iyi bir alternatif olduğunu göstermektedir [2,3].

İnsan beslenmesinde önemli enerji kaynağı olan sakkarozun yerine bu enerjinin baldan karşılanması, sağlık açısından ayrı bir öneme sahiptir. Sakkarozun insan sindirim sisteminde emilebilmesi için bir takım enzimlere ihtiyacı vardır ve bu enzimlerin sindirim sistemini tahriş edici bir etkisi de bulunmaktadır. Ayrıca alınan sakkaroz miktarına bağlı olarak kan kolesterol seviyesi de yükselebilmekte, bu da zamanla damar sertliği ve obeziteye sebep olmaktadır. Baldaki bulunan şekerler ise, organ ve sistemler içerisine doğrudan girerek enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır [2,4]. Bal, insan beslenmesinde önemli rol oynamaktadır ve besinlerin daha iyi sindirilip, emilmesini ve faydalanma düzeyini arttırabilir nitelikte bir üründür [5]. Karbonhidratlı bir gıda maddesi olan balın katı maddesinin %95-99'u şekerlerden oluşmaktadır [2,5,6]. Bala tadını veren 2 monosakkatin [7], bitki nektarlarında bulunan sakkarozun invertaz enzimi ile inversiyona uğraması sonucu oluştuğu bilinmektedir. Balın tatlılık, viskozite, granülasyon, higroskopik özelliği, enerji değeri gibi özellikleri bu iki monosakkaritten kaynaklanmaktadır [8,9]. Balın şeker kompozisyonunu başta glukoz ve fruktoz olmak üzere, yaklaşık 25 çeşit oligosakkarit (disakkaritler, trisakkaritler, tetrasakkaritler) meydana getirmektedir [6,10,11].

Sıvı bal, yapışkan ve viskoz yapısından dolayı, proses boyunca seri üretim ve taşıma sırasında birçok endüstriyel probleme neden olabilmektedir. Bu problemlerden hareketle balın toz formunun kullanılması gündeme gelmektedir. Düşük nem içeriğine sahip bal tozu, taşınmasının daha kolay olması, az depolama alanı ihtiyacı, proses kolaylığı ve daha uzun raf ömrü gibi birçok özelliği ile sıvı bala göre daha avantajlı bir hammadde olarak endüstriye hitap etmektedir [3,12].

Bal kurutmada tünel, vakum, püskürterek kurutma ve kristalizasyon ile bloklar halinde sertleştirme gibi birçok metod kullanılmıştır [12]. Fakat balın kurutulmasında, yüksek şeker içeriğinden dolayı birçok problem ortaya çıkmaktadır [13] ve bu nedenle kuru toz elde etmek için en az %50-70 katkı kullanılması gerekmektedir [14]. Bal tozu, kurutma boyunca (yapışkanlık ve zor kuruma) oluşabilecek problemleri minimize etmek için emülsifiyerler, topaklaşmayı önleyici ajanlar ve karışımın camsı sıcaklık geçişini arttıran yüksek molekül ağırlığına sahip dolgu maddeleri ile üretilebilmektedir [15]. Kullanılan dolgu maddeleri ise, nişasta gibi karbonhidrat grupları, karboksil metil selüloz, arap zamkı, maltodekstrin ve jelatin gibi protein gruplarıdır [3,16].

Günümüzde beslenme kaynaklı sağlık problemlerinin artmasına bağlı olarak daha doğal ve sağlıklı gıda maddeleri, tüketicilerinin talebi haline gelmiştir. Bu araştırma ile besinsel üstünlüğü tartışılmaz olan balın toz haline getirilmek suretiyle tahıl bazlı ürünlerimizin üretiminde kullanımı ve bu kullanım için en uygun oranların belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla; bal-maltodekstrin karışımının (%60-40) püskürtmeli kurutulması sonucu elde edilen bal tozu, kek gibi yüksek şeker içeriğine sahip bir tahıl ürünüde şeker ikamesi olarak kullanılmış ve üretilen bu keklerde de bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Materyal (Material)

Üretimde hammadde olarak kullanılan buğday unu, Konya'da faaliyet gösteren bir fabrikadan (Hekimoğlu Un A.Ş., Konya) sağlanmıştır. Bal tozu üretiminde kullanılan çiçek balı ile kek üretiminde kullanılan shortening, toz şeker, yumurta, mısır nişastası, yağsız süt tozu, kabartma tozu ve tuz Konya piyasasından temin edilmiştir. Ayrıca üretiminde kullanılan yüksek fruktozlu mısır şurubu (HFCS-F55) ve maltodekstrin (Dry MD-01915) Cargill (Türkiye)'den satın alınmıştır. Üretimde kullanılan şeker ise, laboratuvar tipi bir öğütücüde (Alveo, Konya, Türkiye) pudra şekeri haline getirilip, formülasyonlarda kullanılmıştır.

2.2. Deneme planı (Experimental Plan)

Kek denemelerinde; bal tozu, rafine toz şekerin yerine, dört (4) farklı oranda (%25, 50, 75 ve 100) ikame edilmiş olup, rafine toz şeker ile üretilen kontrol grubu (%0 bal tozu) ile kıyaslanmıştır [17].

2.3. Bal tozu üretimi (Honey powder production)

Bal tozu (%96-97 KM); bal ve maltodekstrin (%60-40) karışımının pilot tesis tipi bir püskürtmeli kurutucuda (Niro Atomizer, Danimarka) kurutulması sonucu elde edilmiştir. Kurutma prosesi süresi 60 dakika olup, cihazın giriş hava sıcaklığı 200 °C'yi, çıkış hava sıcaklığı ise 70 °C'yi aşmamıştır. Partikül boyutları ise, 5-25 µm arasında olmuştur [2].

2.4. Kek üretimi (Cake production)

Levent ve Bilgiçli [18]'e göre hazırlanmış kek hamurlarının formülasyonu, Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kek formülasyonu
(Table 1. Cake formulation)

İngrediyentler	Miktar (g)
Buğday unu	100
Shortening	75
Şeker ¹	75/56,25/37,5/18,75/0
Bal Tozu ¹	0/18,75/37,5/56,25/75
Yumurta	75
Mısır nişastası	10
Yağsız süt tozu	5
Kabartma tozu	4,5
Tuz	0,5
SSL	0,5
Su	30

¹Deneme desenine göre, şeker ve bal tozu farklı oranlarda ilave edilmiştir.

Öncelikle; yumurta ve ince öğütülmüş şeker (pudra şekeri) karıştırılmış, karışım krema haline gelince shortening ilave edilmiştir. Karıştırma işlemine, homojen bir yapı elde edilinceye kadar devam edilmiştir. Daha sonra diğer tüm ingrediyeentler ile 30 ml su, bu homojen karışıma ilave edilmiş ve kek hamuru eldesi sağlanmıştır. Ardında da kek hamurları, 160°C'de 50 dk süreyle laboratuvar tipi bir fırında (LG MP-9485S, Seoul, Kore) pişirilmiş, pişirme ve soğuma işlemlerinin akabinde tüm kek örnekleri kilitli polietilen ambalajda muhafaza altına alınmıştır. Bal tozu ikameli keklerin üretiminde ise, formülasyondaki pudra şekeri yerine 4 farklı oranda (%25, 50, 75 ve 100) bal tozlarının ilavesi gerçekleştirilmiştir.

2.5. Hammadde ve kek analizleri (Raw material and cake analysis)

Örneklerin renk okumaları L^* [(0) siyah-(100) beyaz], a^* [(+) kırmızı- (-) yeşil] ve b^* [(+) sarı-(-) mavi] değerleri cinsinden, Hunter Lab Color Quest II Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japonya) cihazı kullanılarak yapılmıştır [19].

Nem miktarı, 135°C'de 2,5 saat kurutma esasına göre (AACC 44-19) belirlenmiştir. Ham protein tayini AACC 46-12 metoduna göre Kjeldahl yöntemiyle, kül tayini ise AACC 08-01 metoduna göre belirlenmiştir. Ham yağ analizi ise, otomatik yağ ekstraksiyon cihazı vasıtasıyla (Velp SER 148/6, Usmate, İtalya) % ham yağ olarak AACC 30-25 metoduna göre belirlenmiştir [20]. Tüm kimyasal analiz sonuçları, kuru madde esasına göre hesaplanmıştır.

Keklerin duyu analizi değerlendirilmeleri, yaşları 18-25 arasında değişen Necmettin Erbakan Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümünün öğrencilerinden oluşan 8 kişilik (3 erkek, 5 bayan) bir panelist grubu tarafından yapılmıştır. Panelistler test öncesinde kısaca bilgilendirilmiş ve paneller standart koşullarda bireysel olarak gerçekleştirilmiştir. Kekler; tat, renk, koku, görünüş ve genel beğeni puanlama değerleri üzerinde değerlendirilmiştir. Örneklerin duyu özellikleri aşağıdaki hedonik skala üzerinde değerlendirilmiştir.

- Çok iyi- 5 puan
- İyi- 4 puan
- Kabul edilebilir- 3 puan
- Yeterli değil- 2 puan
- Kötü- 1 puan

2.6. İstatistik Analizler (Data Analysis)

Denemelerde elde edilen verilerin istatistik analizinde Tarist istatistik programı (Version 4.0., İzmir, Türkiye) kullanılmıştır. Araştırma 2 tekerrürlü olarak yürütülmüş olup, elde edilen veriler varyans analizine tabi tutularak, farklılıkları istatistik olarak önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları ise, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile ($P < 0.05$) karşılaştırılmış ve tablolar halinde özetlenmiştir [17].

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Kek üretiminde kullanılan bal tozunun bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerine ait verileri, Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Bal tozunun bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri
(Table 2. Some chemical and physical properties of honey powder)

Özellikler		Bal tozu
Nem (%)		3,47±0,05
Ham Protein (%)		0,24±0,04
Kül (%)		0,23±0,01
Renk	L*	93,37±0,47
	a*	-0,68±0,03
	b*	9,80±1,14

3.1. Keklerin renk özellikleri (Color properties of cakes)

Bal tozu ikamesi ile üretilen keklerin, iç rengi ve kabuk rengi değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 3'de özetlenmiştir. Bu tablo verilerine göre; %100 toz şeker ile üretilen kontrol örneklerinin kabuk ve iç renk L* değerlerinin daha yüksek olduğu, bal tozu ikamesiyle kek örneklerinin L* değerlerinin istatistiki olarak önemli düzeyde ($P < 0,05$) azaldığı belirlenmiştir. Bal tozunun artan oranları ise, iç renk L* değerlerini önemli ölçüde etkilememiştir. Ayrıca bal tozu ikamesiyle keklerin kabuk a* değerlerinin arttığı, b* (sarılık) değerlerinin ise 22,69±0,13'dan 20,12±0,28'ye kadar azaldığı belirlenmiştir. Kek örneklerinin iç renk sarılık (b*) değerlerinin ise, 23,67±0,06'den 18,63±0,14 azaldığı belirlenmiştir. Genel olarak; bal tozu ikamesi ve bu ikamedeki artışlar, daha az parlak ve kırmızı rengine sahip keklerin elde edilmesini sağlamıştır. Gallagher ve ark. [21] bisküvi üretiminde şeker ikamesi olarak oligofruktozu kullandığı çalışmalarında da L* değerinin azaldığını tespit etmişlerdir. Bal tozu ve pekmez tozu ikameli bisküvilerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir [3,22].

Tablo 3. Keklerin renk özellikleri üzerine bal tozunun etkisi
(Table 3. Effect of honey powder on the color properties of cakes)

Örnek	İç			Kabuk		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Kontrol	72,39±0,11 a	-3,03±0,02 a	23,67±0,06 a	55,36±0,17 a	15,41±0,16 b	22,69±0,13 a
%25 bal tozu	71,36±0,28 b	-2,15±0,16 b	22,12±0,07 b	53,91±0,22 b	17,33±0,52 a	21,44±0,17 b
%50 bal tozu	71,03±0,14 b	-1,98±0,11 b	21,44±0,04 c	52,44±0,03 c	17,69±0,44 a	21,33±0,12 b
%75 bal tozu	70,86±0,26 b	-1,01±0,01 c	20,85±0,08 d	51,48±0,15 d	17,40±0,62 a	20,48±0,12 c
%100 bal tozu	70,98±0,22 b	-0,95±0,14 c	18,63±0,14 e	48,66±0,41 e	18,03±0,66 a	20,12±0,28 c

¹Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($P > 0,05$)

3.2. Keklerin kimyasal özellikleri (Chemical properties of cakes)

Bal tozu ikamesi ile üretilen keklerin, bazı kimyasal özelliklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Tablo 4'de özetlenmiştir. Tablo 4 incelendiğinde; %100 şeker ile üretilen kontrol grubu kek örneklerinin nem ve kül değerlerinin daha düşük olduğu, bal tozu ikamesi ve artan oranlarında bu değerlerin istatistik olarak ($P < 0,05$) arttığı tespit edilmiştir. Higroskopik özelliğe sahip tüm bileşenler son üründe su tutma kapasiteleri nedeniyle nem artışına sebep olmakla birlikte, özellikle de bu bileşenlerinden şekerler su tutma kapasiteleri ile dikkat çekmektedir [23]. Dolayısıyla şeker içeriğinin değişmesi, keklerin nem içeriğini bariz bir şekilde etkilemiştir. Ham protein ve yağ oranlarında ise, istatistiki olarak herhangi bir değişim tespit edilmemiştir ($P > 0,05$). Balın protein ve yağ oranının düşük olması sebebiyle, değişimin olmaması doğal bir sonuçtur.

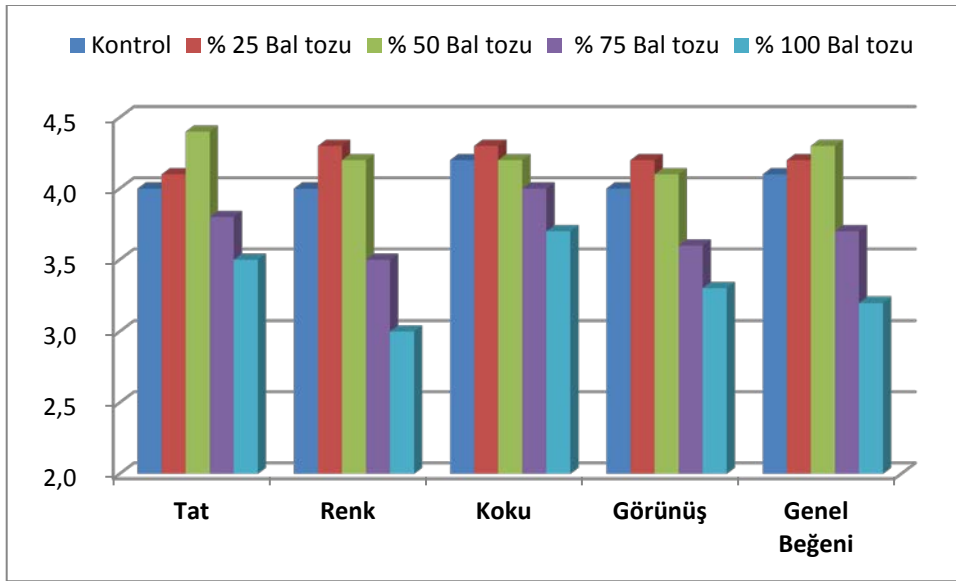
Tablo 4. Keklerin kimyasal özellikleri üzerine bal tozunun etkisi
(Table 4. Effect of honey powder on the chemical properties of cakes)

Örnek	Nem (%)	Kül (%)	Ham Protein (%)	Ham Yağ (%)
Kontrol	19,42±0,06 d	1,36±0,01 d	5,26±0,02 a	24,68±0,12 a
%25 bal tozu	20,06±0,12 c	1,41±0,01 c	5,24±0,03 a	24,36±0,25 a
%50 bal tozu	20,95±0,33 b	1,45±0,01 bc	5,22±0,02 a	24,77±0,36 a
%75 bal tozu	21,44±0,21 ab	1,52±0,01 ab	5,28±0,05 a	24,60±0,18 a
%100 bal tozu	21,85±0,02 a	1,55±0,01 a	5,25±0,04 a	24,41±0,33 a

¹Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($P > 0,05$)

3.3. Keklerin duyuşal özellikleri (*Sensory properties of cakes*)

Bal tozu ikamesi ile üretilen kek örneklerinin duyuşal analiz sonuçlarına ait veriler Şekil 1’de gösterilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde; %25 ve %50 bal tozu ikamesinin %100 şeker ile üretilen kek örneklerine göre daha çok beğenildiği, daha yüksek duyuşal skorlar aldığı tespit edilmiştir. Özellikle de tat beğeni skorlarına bakıldığında, en yüksek puanlama değerlerinin %50 bal tozu : %50 şeker karışımı içeren keklerde elde edildiği belirlenmiştir. Renk, koku ve görünüş değerleri açısından ise, en iyi beğeni skorlarını %25 bal tozu ikameli kekler vermiştir. Genel beğeni değerleri açısından da en iyi puanları %50 bal tozu ikameli kekler vermişken, bunu %25 ikameli örnekler takip etmiştir. %100 bal tozu ikameli örnekler ise, tüm duyuşal değerlendirme parametreleri açısından en düşük skorları almıştır. Sonuç olarak; %50’ye kadar bal tozu ikamesiyle keklerin daha çok beğenildiği ve kabul edilebilirliklerinin arttığı; %50 oranından sonra aynı etkiyi gösteremediği, daha az beğenilen son ürünlerin elde edildiği belirlenmiştir. Kılınç ve Demir [3], bal tozu ikamesinin bisküvi kalitesi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında da benzer sonuçları tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, bal tozunun üretim metodunda ingrediye olarak maltodekstrin kullanılmıştır. Bu maltodekstrinin de şekerle kıyasla tatlılık derecesinin düşük olması nedeniyle, bisküvide beklenen tat olgusunun azaldığı belirlenmiştir. %50 bal tozu ikamesinde %50 oranında toz şekerin de bulunması, duyuşal tat beklentisinde tolere edilebilir sınır limit olarak karşımıza çıkmıştır.



Şekil 1. Kek örneklerinin duyuşal özellikleri (1-5 puan)

(Figure 1. Sensory properties of cake samples (1-5 score))

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Kek yüksek şeker içeriği nedeniyle fazla miktarda tüketildiğinde, başta obez kişiler olmak üzere diğer sağlıklı bireylerde de hızla kilo alımı ve diğer sağlık problemlerinin yaşanmasına sebep olabilmektedir. Kek üretiminde şeker içeriğinin azaltılması, bu azaltılma ile teknolojik ve duyuşal özelliklerinin korunması/bozulmaması ve aynı zamanda besinsel/fonksiyonel özellikleri geliştirilmesi en önemli problemlerdir. Bu çalışmada; besinsel ve fonksiyonel özelliğe sahip bal tozunun şeker ikamesi olarak kek üretiminde kullanılması amaçlanmış ve farklı oranlarda (%25, 50, 75 ve 100) püskürtülerek kurutulmuş bal tozlarının ikameleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilere göre; bal tozu ikamesi ve bu ikamedeki artışlar, daha az parlak ve kırmızı renge sahip keklerin elde edilmesini sağlamıştır. Ayrıca, bal tozu ikamesi nem ve kül miktarlarını artırmıştır. Duyusal analiz açısından ise, %50 bal tozu ikamesi daha çok beğenilir nitelikte son ürünler vermiştir. Elde edilen bu veriler ışığında, toplumun her kesimi tarafından her öğünde tüketilebilen kek ve benzeri ürünlerde, rafine şekerin yerine %50 oranında bal tozu ikamesinin uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] A. Altan, Özel Gıdalar Teknolojisi, *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No. 178*, Adana, 2005.
- [2] M. Kılınç, Püskürtülerek kurutulmuş bal tozunun bisküvi üretiminde şeker ikamesi olarak kullanım olanakları, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Konya, 2015.

- [3] M. Kılınç, M.K. Demir, The facilities of spray dried honey powder use as a substitute for sugar in cookie production, *Journal of Food and Health Science*. 3 (2) (2017), 67-74. doi: 10.3153/JFHS17009
- [4] Anonim, (2014). <http://www.devabal.com/bal.php?id=25> (erişim 29 Ekim 2014).
- [5] H. Akalın, Farklı tip ballardan üretilen bal şaraplarında antioksidan kapasite ve kimyasal özelliklerin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Konya, 2010.
- [6] H. Kartal, Bolu yöresi ballarının bazı fizikokimyasal özelliklerinin Türk Gıda Kodeksi'ne uygunluğunun incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Bolu, 2012.
- [7] S. Ötleş, Balın tarihçesi, sağlık açısından önemi ve kullanım alanları, *Gıda Teknolojisi*, Ankara. 1999.
- [8] Ö. Ferek, Muğla ili çam ballarının bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Tekirdağ, 2016.
- [9] K. Bayrambaş, Türkiye'de üretilen balların bazı fizikokimyasal özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Samsun, 2012.
- [10] A. Anklam, A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey, *Food Chemistry*. 63 (4) (1998), 549-562. doi: 10.1016/S0308-8146(98)00057-0
- [11] S. Bogdanov, Harmonized methods of the international honey commission, *Swiss Bee Research Center, FAM, Liebefeld, CH-3003 Beren*, Switzerland, 2002.
- [12] Z.W. Cui, L.J. Sun, W. Chen, D.W. Sun, Preparation of dry honey by microwave-vacuum drying, *Journal of Food Engineering*. 84 (4) (2008), 582-590. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2007.06.027
- [13] S. Wang, T. Langrish, A review of process simulations and the use of additives in spray drying, *Food Research International*. 42 (1) (2009), 13-25. doi: 10.1016/j.foodres.2008.09.006
- [14] A.K. Ram, Production of spray-dried honey powder and its application in bread, Master's Theses, *Louisiana State University The Department of Food Science*, Baton Rouge, Louisiana 2011.
- [15] B.R. Bhandari, T. Howes, Implication of glass transition for the drying and stability of dried food, *Journal of Food Engineering*. 40 (1-2) (1999), 71-79. doi: 10.1016/S0260-8774(99)00039-4
- [16] E. Ortega-Rivas, P. Juliano, H. Yan, *Food powders: Physical properties and functionality*, Springer, New York, 2006.
- [17] O. Düzgüneş, T. Kesici, O. Kavuncu, F. Gürbüz, Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistiksel Metodları-II), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1021, Ankara, 1987.
- [18] H. Levent, N. Bilgiçli, Quality evaluation of wheat germ cake prepared with different emulsifiers, *Journal of Food Quality*. 36 (5) (2013), 334-341. doi: 10.1111/jfq.12042
- [19] F.J. Francis, *Colour Analysis. Food analysis*. Aspen Publishers, Gaithersnurg, USA. 1998.
- [20] AACC, *American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC. 8th Edition*, Saint Paul, Minnesota, USA. 1990.
- [21] E. Gallagher, C.M. O'brien, A.G.M. Scannell, E.K. Arendt, Evaluation of sugar replacers in short dough biscuit production, *Journal of Food Engineering*. 56 (2) (2003), 261-263. doi: 10.1016/S0260-8774(02)00267-4
- [22] M.K. Demir, Effect of the replacement of sugar with spray dried grape pekmez (pekmez powder) on some properties of cookies, *Quality Assurance and Safety of Crop and Foods*. 6 (2) (2014), 229-235. doi: 10.3920/QAS2013.0242
- [23] M.A. Jeltema, M.E. Zabik, L.J. Thiel, Prediction of cookie quality from dietary fiber components, *Cereal Chemistry*. 60 (3) (1983), 227-230.