

International Studies on Natural and Engineering Sciences

gece
kitaplığı

Editörler

Doç. Dr. Aydın Ruşen

Doç. Dr. Sadık Alper Yıldız

İmtiyaz Sahibi / Publisher • Yaşar Hız
Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • Eda Altunel
Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Gece Kitaplığı

Birinci Basım / First Edition • © ARALIK 2020

Yayıncı Sertifika No: 15476

ISBN • 978-625-7319-12-6

© Copyright

Bu kitabın yayın hakkı Gece Kitaplığı'na aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin
almadan hiç bir yolla çoğaltılamaz.

The rights to publish this book belong to Gece Kitaplığı.
Citation can not be shown without the source, reproduced in any way
without permission.

Gece Kitaplığı / Gece Publishing
Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1 Sokak
Ümit Apt. No: 22/A Çankaya / Ankara / TR
Telefon / Phone: +90 312 384 80 40
web: www.gecekitapligi.com
e-mail: geceakademi@gmail.com



Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

International Studies on Natural and Engineering Sciences

Editörler

Doç. Dr. Aydın Ruşen
Doç. Dr. Sadık Alper Yıldızıl

Yazarlar

- Chapter 1:** Ahmet Yücel Ürüşan,
Chapter 2: Ayten Geçmez, Çetin Gençler,
Chapter 3: Betül Gürnlü, Çiğdem Taşdelen-Yücedağ,
Chapter 4: Bülent Gülçubuk, Hasan Parça,
Chapter 5: Elif Kaplan, Servet Kutukcu,
Chapter 6: Hikmet Iskender,
Chapter 7: Mehmet Küçük, Sami Ata, Esin Erdoğan Yüksel,
Chapter 8: Merve Dağlı, Aytaç Moralar, Soner Çelen,
Chapter 9: Ibrahim Yuksel,
Chapter 10: Tuba Koç,
Chapter 11: Ülkü Kalayci şahinoğlu, Ümit Özer,
Chapter 12: Yeliz Tekgöl, Ahsen Rayman Ergün,
Chapter 13: Mehmet Fatih Çelen, Yüksel Akın, İsmail Türker,



www.insackongre.com
insackongre@gmail.com

Editörün Notu

Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluğu yazarlara aittir.

Contents

Yazarlar	3
Editörün Notu	4
Contents	5
Chapter 1	11
Usability of Tropospheric Anomalies in Earthquake Prediction: 23.10.2011-13: 41 Mw = 7.2 Van Earthquake Example (Ahmet Yücel Ürüşan)	11
1. Introduction.....	13
2. Theory.....	14
2.1. GPS Observations and TZD	18
2.2. GPS Data Processing and Methodology	18
3. Applications	20
4.Data and Sharing Resources.....	32
5.Conclusions.....	32
6. References	33
Chapter 2	37
Güneş Enerji Santrali Üretim Verilerinin Meteorolojik Verilere Bağlı olarak Yapay Zeka Yöntemleri ile Tahmini (Ayten Geçmez, Çetin Gençer)	37
1.Giriş	39
2. Yapay Zekânın Güneş Enerji Sistemlerinde Kullanımı	41
3. Materyal ve Metot.....	43
4. Bulgular.....	46
5. Sonuç ve Öneriler.....	49
Kaynaklar.....	49
Chapter 3	53
Graphene/Polymer Nanocomposites (Betül Gürünlü, Çiğdem Taşdelen- Yücedağ)	53
1. Introduction.....	55
2. The Synthesis Methods for Graphene/Polymer Nanocomposites	56
2.1. Solution compounding	56

2.2. Melt Blending.....	56
2.3 In situ polymerization	57
3. The Characterization Methods of Synthesized Graphene/Polymer Composites	58
4. The Application Fields of Graphene/Polymer nanocomposites	58
4.1 Fuel cells	59
4.2 Sensors	59
4.3 Gas Barriers	60
4.4 Photovoltaic cells	60
5. Conclusion.....	60
6. References	60
Chapter 4	65
Dünyada Göç Hareketliliğinin Yeni Bir Belirleyicisi: İklim Değişikliği ve Etkileri (Bülent Gülçubuk, Hasan Parça).....	65
1. Giriş	67
2. İklim Değişikliği ve Göç İlişkisi	70
2.1. Dünyadan Örneklerle İklim Değişikliği Kaynaklı Göçler	76
2.1.1. Hızlı ve ani gelişen iklim değişikliği etkilerine bağlı olarak gerçekleşen göçler	76
2.1.2. Yavaş ve kademeli gelişen iklim değişikliği etkilerine bağlı olarak gerçekleşen göçler	78
3. Sonuç Yerine.....	81
Kaynaklar.....	82
Chapter 5	87
A Common Fixed Point Theorem in A-Metric Spaces (Elif Kaplan, Servet Kutukcu).....	87
1. Introduction.....	89
2. Preliminaries.....	89
3. Common Fixed Point Results	91
4. References	95
Chapter 6	97
Dust Explosions in Industrial Plants: Case Studies around the World (Hikmet Iskender).....	97
1. Introduction.....	99
2. The Nature of Dust Explosion	100
3. Sources of Ignition	101

4. Secondary Explosions.....	102
5. Industrial Dust Explosion	103
5.1. Death and Injuries.....	103
6. Industries and Equipments	104
7. Types of Dusts	105
8. Dust Explosion in the World.....	106
9. Case Study I: Dust Explosion in Massachusetts.....	106
10. Case Study II: Dust Explosion in North Carolina- WEST Industrial Plant.....	106
10.1. Source of ignition	108
10.2. Fire Acceleration	109
10.3. Causes to Fire	109
11. Case Study III: Dust Explosion in South Carolina- BRIDGESTONE Industrial Plant	110
12. Conclusion.....	112
13. References	113
Chapter 7	115
Madencilik Faaliyetleri Sonucu Ortaya Çıkan Cevher Atıklarına Ait Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi (Mehmet Küçük, Sami Ata, Esin Erdoğan Yüksel).....	115
1. Giriş	117
2. Materyal Ve Yöntem.....	118
2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı	118
2.2. Örnek Alanların Seçimi	119
2.3. Toprak Örneklerinin Alınması	120
2.4. Toprakların Analiz Edilmesi	120
2.4.1. Mekanik (Tekstür) Analizi	120
2.4.2. Toprak Reaksiyonu (pH) ve Elektriksel İletkenlik Analizi	120
2.4.3. Organik Madde Analizi.....	121
2.4.4. Agregat Stabilitesi(AS) Analizi.....	121
2.4.5. Azot Analizi.....	122
2.4.6. C/N Oranı Belirlenmesi	122
2.5. İstatistik Değerlendirme	122
3. Bulgular Ve Tartışma	122
3.1. Toprak Tane Boyutu (Tekstür).....	122

3.2. Toprak pH ve Ec	124
3.3. Organik Madde (OM)	125
3.4. Toplam Azot ve Karbon Azot Oranı	126
3.5. Agregat Stabilitesi (AS)	127
4. Sonuç ve Öneriler	128
5. Referanslar	129
Chapter 8	131
Verma et al. Modelinin Yangın Müdahale Hortumuna Uygunluğunun Araştırılması (Merve Dağlı, Aytaç Moralar, Soner Çelen)	131
1. Giriş	133
2. Materyal ve Metot	134
3. Araştırma ve Bulgular	136
4. Sonuçlar	141
5. Referanslar	141
Chapter 9	145
Hydropower Capacity for Some Small Streams in Sakarya Basin (İbrahim Yüksel)	145
Abstract	147
1. Introduction	147
2. Hydropower Potential and Energy Demand in Turkey	149
3. Sakarya Basin and Water Resources for Hydro Energy	151
4. Materials and Methods	152
4.1. Determining and Applications of Trend Analysis in The Sakarya Basin	152
4.2. Mann-Kendall Test	152
4.3. Spearman's Rho Test	153
4.4. Sen's Slope Test	154
5. Calculation of Small Hydro Energy Potential and Demand	155
6. Results and Discussion	155
7. Conclusions	156
8. List of Symbols and Abbreviations	158
9. References	158
Chapter 10	161

Performance Metric Measurements and Parameter Estimation for Binary Models: Traffic Accident Example (Tuba Koç).....	161
1. Introduction.....	163
2. Material and Metot	164
2.1. Logit Model.....	164
2.2. Probit Model	165
2.3. Bayesian Framework	167
2.4. Model Performance Metrics for Classification	167
3. Application	168
4. Conclusions	170
5. References	171
Chapter 11.....	173
The Relationship between Excavation Parameters and Cerchar Abrasivity Index in Mechanized Tunnel Excavation (Ülkü Kalaycı Şahinoğlu, Ümit Özer)	173
1. Introduction.....	175
2. Study Area.....	175
2.1. Akfırat Wastewater Tunnel	175
2.2. Mahmutbey-Mecidiyeköy Metro Tunnel	176
3. Cerchar Abrasivity Test.....	177
4. Mineralogical Analyses	177
5. Evaluation of TBM Data	179
6. Cutter Consumption	180
7. Relationship Between Cerchar Abrasiveness Index and Excavation Parameters.....	181
8. Results and Discussion	183
9. References	183
Chapter 12.....	185
Gıdalarda Pastörizasyon ve Sterilizasyon Uygulamalarında Mikrodalga Teknolojisinin Kullanımı (Yeliz Tekgöl, Ahsen Rayman Ergün).....	185
1. Giriş	187
2.Mikrodalga Teknolojisi.....	188
3.Gıdaların Mikrodalga ile Isıtılmasını Etki Eden Faktörler.....	189
4. Mikrodalga Pastörizasyon ve Sterilizasyon	192

5. Sonuç ve Öneriler.....	197
6. Kaynaklar.....	198
Chapter 13.....	202
Kanatlı Hayvanlarda Et Rengini Etkileyen Faktörler (Mehmet Fatih Çelen, Yüksel Akın, İsmail Türker).....	202
1. Giriş	204
2. Deri Ve Et Rengi.....	205
2.1. Et Rengini Etkileyen Pigmentler (Heme Pigmentler)	206
3. Et Rengini Etkileyen Faktörler	207
3.1. Kesim Öncesi Faktörler.....	207
3.1.1. Sıcaklık ve Taşıma.....	208
3.1.2. Stres	208
3.1.3. Uyarılma	209
3.1.4. Besleme.....	209
3.1.5. Genetik ve Islah	210
3.1.6. Yerleşim Sıklığı ve Aydınlatma	210
3.2. Kesim İşleminde ve Sonrasında Etkili Olan Faktörler.....	211
3.2.1. Bayıltma Teknikleri.....	211
3.2.1.1. Elektrik Akımıyla Bayıltma	211
3.2.1.2. Gazla Bayıltma.....	212
3.2.2. Islatma (Haşlama).....	212
3.2.3. Soğutma	212
3.2.4. pH Seviyesi	213
3.2.5. Marinasyon İşlemi	213
3.2.6. Diğer Faktörler	213
4. Sonuç.....	214
5. Kaynaklar.....	214

CHAPTER **1**

International Studies on Natural and Engineering Sciences

**Usability of Tropospheric Anomalies in Earthquake
Prediction: 23.10.2011-13: 41 Mw = 7.2 Van Earthquake
Example (Ahmet Yücel Ürüsan)**

Usability of Tropospheric Anomalies in Earthquake Prediction: 23.10.2011-13: 41 Mw = 7.2 Van Earthquake Example

Ahmet Yücel Ürüsan¹

*Istanbul Gelişim University, Faculty of Engineering and Architecture,
Department of Civil Engineering, Avcılar, Istanbul-Turkey
E-mail: ayurusan@gelisim.edu.tr*

1. Introduction

Van earthquake with magnitude 7.2 Mw took place on October 23, 2011 in Turkey. An unusual earthquake that caused reverse faulting was not on any existing faults lines. This was figured out because surface deformation maps and vector solutions obtained from geodetic techniques using Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) and Global Positioning System (GPS) data were consistent with field studies. GPS observations have provided meaningful and absolute results on tropospheric and ionospheric interactions due to shell deformation before earthquakes. In this study, Tropospheric changes were investigated by using Total Zenith Delay (TZD) from the GPS measurements in the area where the epicentre of the earthquake was located. The first finding was the tropospheric anomalies of the Zenith Hydrostatic Delay (ZHD), which increased before the main shock and decreased afterwards. These changes were supported with the seismic data, meteorological measurements of pressure, temperature and moisture based on vertical seismic waves and atmospheric surface observations. Thus, before the earthquake and at the time of the earthquake, Tropospheric distribution showed both the energy wave propagating from the ground towards the upper atmosphere and the matching effect of acoustic coupling between the earth and the atmosphere.

The Van earthquake struck at a geographical location of 38.7578 Latitude and 43.3602 Longitude at 13:41 local time (11:41 UTC) on 23 October 2011 with a magnitude of 7.2 Mw. It is observed that earthquake mechanism in general consisted reverse fault and overlay solutions (These data were obtained from the Republic of Turkey Prime Ministry Disaster & Emergency Management Authority (AFAD)) [Kaynak 2011],[Urusan 2014]. The earthquake unusually appeared along the previously unknown fault line between Van and Erçek lakes. The field studies and the results obtained in geodetic applications matched each other about the location of the fault line, [Urusan 2014]. The earthquake has affected an area with a diameter of 200

km and killed 644 people. More than 10,000 buildings damaged with 5,500 of them were heavily.

Local geodetic measurements can provide more information about kinematic breaks and the extent of similar continental movement. According to the results of GPS observations, it is observed that the terrestrial movement increases when approaching to the earthquake epicenter. For example, the Muradiye station (MURA), which is closest to the earthquake's epicenter, shifted 5.8 cm to the South along the North-South direction (GNSS data are obtained from the General Directorate of Land Registry and Cadastre (GDLRC)) [Urusan 2014].

It is known that the GPS signals propagating through the atmosphere from satellites towards the ground stations are subjected to diffraction by the ionosphere and the troposphere. Atmospheric delay anomalies can be used for obtaining information about the atmospheric composition or air waves. Furthermore, the suspended particle motion in the air can provide the information about the acoustic wave propagation. Various studies reveal pre-seismic and co-seismic ionospheric and tropospheric anomalies caused by the acoustic interaction of earth and its atmosphere. [Ducic 2003]

2. Theory

Sayfa düzen SiO_2 (Silicon di Oxide) crystals in the rocks are stretched, compressed and twisted (i.e. deformed) when the earthquake approaches. Their atoms' sputter electrons in large quantities from their outer orbits towards outside, [Freund et al. 2006]. This phenomenon is identified as piezoelectric effect. If rock masses containing SiO_2 composed of quartz; tridymite, cristobalite and stishovite crystals are bent and deformed, [Gomberg 1991],[Johnston 1997]. This mechanical energy applied on the rock is transferred to the phonon energy of the rock (i.e, the lattice energy that fixes the positions of the atoms in solid bodies). In other words, the phonon frequency (lattice vibration frequency) is increased and the rock is suddenly heated. In pre-seismic and co-seismic periods of the earthquakes, piezoelectric and piezomagnetic effects caused by these earthquakes are observed in ionosphere and troposphere [Ouzounov 2015].

At physical level, the bond energies of the electrons in the 2d diffuse orbit of the silicon atoms are very low even at temperatures around 0°C . When the rising phonon energies are transferred to these orbital electrons, at least one electron per atom from 2d to the outside of the atomic conductivity band is emitted. This is due to the phonon energy, which is considered to be higher than the electronic link energy [Freund et al. 2006]. This is called piezoelectric phenomenon. When this phenomenon occurs at billions of atoms, the enormous accumulation of electrostatic charge will directly or

indirectly interact with the ionosphere [Komjathy 1997],[Freund et al. 2006]. As a result of injected electrons in troposphere broken off from their orbits, the earth will be charged in positive direction due to the positive holes formed in the silicon atoms. Piezoelectric effect can not be tracked on a positively charged earth but can be seen in ionosphere in the form of a clear anomaly image. Because this effect creates a chaotic process on earth such as thunder, lightning, earthquake lights and fireballs, [Kaynak 2006].

The piezomagnetic effect takes place in less severe than the piezoelectric effect. In this case, the magnetic minerals in the rocks, undergoing deformation, produce a new, secondary, and low-intensity magnetic anomaly (parasitic field). The atomic nuclei's of ferromagnetic and antiferromagnetic elements such as iron, titanium and cobalt, which are spherically symmetrical while above Curie and Néel temperatures, are either shortened along the axis of magnetization to form a tangentially shaped oblate spheroid, or extended to take the shape of prolate spheroid. In both cases, the atom produces a bipolar magnetic moment with disturbed neutralization and in return produces a magnetic field with a plus or minus sign at a very low magnitude. Because the core internal magnetic field at these atoms will be nonzero this is identified as piezomagnetic effect, This piezomagnetic effect has also interaction with ionosphere, [Kaynak 1994].

The new piezomagnetic anomaly, which consists of rock tensions and deformations, is set on these fossil magnetic fields (Natural Remanent Magnetization), since ferromagnetic minerals store these deformations and their fossilized magnetic fields for billions of years. In the meantime, the electric field gradient of the atomic nucleus also changes due to the atomic gains of an electric quadrupole moment. Thus, when billions of tons of quartz crystals in a fault zone are bent and twisted, a large amount of electrons can be estimated to come out into the ionosphere. This is seen in the form of lights on earth.

In short, when the rock tensions in the earthquake fault zones under tension are increased to unbearable levels, or when the rock is subjected to a short-term yield stress and tends to approach the break tension, an electrostatic energy release is occurred. Hence these two different kinds of energies interact easily with ions and electrons under or over the fault zones. This situation is observed by GPS data in Troposphere as changes in pressure, humidity, and temperature and change in total electron content (TEC) in Ionosphere [Ürüşan 2019].

Surveys have shown that a 1 mm displacement at ground level is caused by an oscillation of more than 100 m amplitude at a height of 150 km. In Denali,2002, Alaska earthquake, (7.9 Mw), a non-repetitive acoustic wave front is seen to propagate towards the ionosphere [Ducic 2003]. The use of

the Continuously Operating Reference Station (CORS) network has permitted to observe the wave propagation and assisted to separate the small TEC signals from large TEC signals associated with daily ionosphere changes [Gizawy 2003], [Ducic 2003]. Magnitudes of earthquakes in 2011 Thoko-Oki (9.0 Mw), 2010 Chile (8.8 Mw), 2004 Sumatra-Andaman (9.2 Mw) and 1994 Hokkaido-Toho-Oki (8.3 Mw) are all in M9 class. These earthquakes are felt about 1 hour in advance with magnitude dependent TEC positive anomalies [Heki 2011].

On the other hand, signals emitted from GNSS satellites, pass through the ionosphere, have UHF bands with frequencies L1 (= 1575.42 MHz) and L2 (= 1227.60 MHz), enter neutral atmosphere with a different delay [Zhang 1999]. The neutral atmosphere is the part of the atmosphere up to 80 km from the ground and consists in the order of troposphere, stratosphere and mesosphere layers. The delay in propagating radio signals throughout the neutral atmosphere often occurs in troposphere. Therefore, the neutral atmosphere is identified as troposphere in GPS applications. The tropospheric delay includes two components termed as dry (hydrostatic) and wet (wet). The dry component is tied to the dry air gases in the atmosphere and constitutes 90% of the delay. The wet component is related to the moisture content of the atmosphere and includes significant amount of water vapour. Although the dry component has a wider effect on delay, the errors in wet component models are more important in terms of spatial and temporal applications [Zhang 1999].

Troposphere modelling is important to calculate the delay caused by the radio signals and to calculate the amount of water vapour that is ready for condensation as well as to determine the statistical anomalies and use them in earthquake prediction. Similarly, it is also important to note how the signals, broadcasted from GNSS satellites and used for location determination, are scattered depending on zenith angle and elevation as they pass through the troposphere. The fact that the partial vapour pressure changes from equator towards poles according to latitudes, it makes it necessary for the CORS system to establish its own tropospheric models in countries with different climatic conditions at different latitudes where the system is installed. CORS-TR system (TUSAGA-Aktif) has entered service in May 2009 in Turkey and various studies have been started in this area.

The tropospheric delay value depends on atmospheric pressure, partial water vapour pressure, orthometric height and temperature. It is also inversely proportional to the satellite elevation angle. Generally, as the altitude increases, the pressure drops and the temperature changes on average $6.5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ [Komjathy 1997].

The refractive index n ,

$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$

c: propagation speed of light in space

v: propagation velocity of the electromagnetic wave in the medium

Electronic path length in space can be written as:

$$L = \int n ds \quad (2)$$

and geometric path length after the light is refracted in environment is:

$$S_0 = \int ds \quad (3)$$

The difference between equations (2) and (3) is the tropospheric delay d_{trop} and expressed in terms of the difference between the refraction indices of the space and the environment.

$$d_{\text{trop}} = L - S_0 = \int (n - 1) ds \quad (4)$$

N refraction indices in troposphere, [Brunner and McCluskey 1991], is identified as $N=10^6(n-1)$

Therefore equation (4) can be expressed as:

$$d_{\text{trop}} = 10^{-6} \int N ds \quad (5)$$

d_{trop} becomes for the wet and dry atmosphere combined:

$$d_{\text{trop}} = 10^{-6} \int N_{\text{dry}} ds + 10^{-6} \int N_{\text{wet}} ds \quad (6)$$

Thus d_{trop} can be expressed as, [Brunner and McCluskey 1991]:

$$d_{\text{trop}} = d_{\text{dry}} m_{\text{dry}}(\varepsilon) + d_{\text{wet}} m_{\text{wet}}(\varepsilon) \quad (7)$$

where

d_{trop} : total tropospheric delay

d_{dry} : zenith delay in dry (hydrostatic) atmosphere

d_{wet} : zenith delay in wet atmosphere

m_{dry} and m_{wet} : zenith delay mapping functions along the path between satellite and the receiver.

" ε " is the elevation angle, degree

Mapping functions can be written in Cosecant's law for flat surfaces and constant refractions, [Collins 1999], as follows:

$$m(\varepsilon) = \frac{1}{\sin(\varepsilon)} \quad (8)$$

The wet and dry components of d_{trop} contribute 10% to 20% and 80% to 90% respectively in tropospheric delay. Tropospheric distance errors cannot be neglected for dual frequency GPS signal measurements due to the fact

that the troposphere is a non-dispersive environment. Tropospheric delay values can be estimated using models such as Saastamoinen and Hopfield, [Herring et al. 2010],[Zhang 1999].

2.1. GPS Observations and TZD

If air waves are propagating from ground towards the upper atmosphere, it also affects the troposphere. However, there is not enough research done in this area. In this study, tropospheric changes that may occur before, after and during the Van earthquake have been investigated. For this purpose, 4 months of data from 11 stations in CORS-TR network have been considered (These data are obtained from the General Directorate of Land Registry and Cadastre (GDLRC)). The results obtained have been compared with the natural surface atmospheric and temperature values and possible mechanisms in the earthquake zone.

147 earthquake stations were set up within CORS-TR project in Turkey during 2006 and 2009. This network with an average distance of 80 km between stations is different from personal positioning systems and can accurately position with a precision of 3-4 cm using Differential Global Positioning System (DGPS) and Real Time Kinematic (RTK) methods, [Eren and Uzel 2009]. In the study, data from 11 CORS-TR and 22 IGS stations for 4 months including the earthquake day were processed.

20-day troposphere charts were drawn for the stations. These stations are coded as; Horasan (HORS), Ağrı (AGRD), Hınıs (HINI), Malazgirt (MALZ), Muradiye (MURA), Muş (MUUS), Tavan (TVAN), Siirt (SIRT), Şırnak (SIRN), Hakkari (HAKK) and Şemdinli (SEMD).

GPS data were processed using GAMIT software. This software solves Precipitable Water Vapor (PWV), TZD, Wet Zenith Delay (WZD), Gradient and other parameters by using least squares inversion method, [Herring et al. 2010].

The atmospheric delay in zenith direction varies from 6 to 8 nanoseconds (190 to 240 cm, or 10-12 cycles of phase at L1-band) depending on meteorological conditions and site locations. The atmospheric delay increases with decreasing elevation angle, approximately with the cosecant of the elevation angle, so that the atmospheric delay at 20° elevation angle may be from 30-36 cycles of L1 phase, [Herring et al. 2010].

2.2. GPS Data Processing and Methodology

The atmospheric propagation delay is implemented by the following formula in GAMIT:

$$ATDEL(EL) = DRYZEN * DRYMAP(EL) + WETZEN * WETMAP(EL)$$

where ,

ATDEL: Atmospheric Delay

EL: Elevation angle of the satellite

DRYZEN: Dry Zenith Delay

WETZEN: Wet Zenith Delay

DRYMAP: Mapping function for the dry delay

WETMAP: Mapping function for the wet delay

The mapping functions are mathematical models for the elevation dependence of the respective delay, and they are approximately equal to the cosecant of the elevation. However, there are significant deviations from this "cosecant law" due to the curvature of the earth and the curvature of the path of the GPS signal propagating through the atmosphere.

The global pressure and temperature model (GPT) is used in the program for apriori pressure and temperature values [Boehm et al. 2007]. The model generates them using 20 years of meteorological data as a function of location and time of the year based on a spherical harmonic fit [Herring et al. 2010]. Therefore, this model reduces the deviation in height and total zenith delay estimates because of the large amount of data. Similarly, meteorological data or rinex met files from some stations can also be used to estimate the atmospheric delays. In this study, the available meteorological data from the region is converted to the RINEX met files for each CORS station. Thus, the "sestbl." file was set to be common to all stations as follows:

Met obs source = RNX UFL GPT 50 Hierarchical list: RNX ufile
GPT/STP [humid value] to match

10.2, use STP 50; new default is GTP

50

Dmap VMF1 Hydrostatic mapping function
GMFH (default) [Böhm et al. 2006-2007] NMFH / VMF1

WMap VMF1 Wet mapping function
GMFW(default) / NMFW / VMF1

Tropospheric Constraints YES/NO Spatial constraints, default = No
(see Sec 8.3)

Gradient Constraints = 0.03 gradient at 10 deg elevation in
meters

Gradient Variation = .01 100 gradient variation

Use map.grid = Y Read mapping function
coefficients from a grid

Use map.list = Y Read mapping function
coefficients from a station list

Use met.grid = N Read met data from a grid

Use met.list = N Read met data from a station list

Zenith Delay Estimation = YES YES/NO

Number Zen = 13	number of zenith-delay parameters
Zenith Model = PWL (step)	PWL (piecewise linear)/CON
Zenith Constraints = 0.50 meters	zenith-delay a priori constraint in meters
Zenith Variation = 0.02 100. m/sqrt(hr), hrs	zenith-delay variation, tau; units m/sqrt(hr), hrs

The effects of azimuthal asymmetry in the atmospheric delay are not included in the above *model*. but they may be estimated in the following formula.

$$ATDEL(EL,AZ) = GRADNS * AZMAP(EL) * COS(AZ) + GRADEW * AZMAP(EL) * SIN(AZ)$$

where

EL: the elevation angle,

AZ: the azimuth,

AZMAP: the mapping function for gradients, given by $AZMAP = 1./ (SIN(EL)*TAN(EL)+C)$

C: constant (=0.003) [Chen and Herring 1997].

The cut-off elevation angle is 15° and the temporal resolution of the TZD estimate is 5min.

Since the gradient parameters, GRADNS (Grad North-South) and GRADEW (Grad East-West), have small values close to zenith (i.e., for $AZMAP = 1$), they are rescaled between the North and South (or East and West) for representing the difference of delay at 10 degrees elevation [Herring et al. 2010].

Since the GAMIT software parameterizes TZD as a statistical variation from Saastamoinen model [Saastamoinen 1972], [Herring et al. 2010], with piecewise linear interpolation in between TZD solution epochs, it is a very flexible software to allow a priori constraints of varying degrees of uncertainty. The variation from the hydrostatic delay is constrained to be a Gauss–Markov process with a specified power density. Gauss–Markov process provides an implicit constraint on the TZD estimate at proceeding and following epochs.

3. Applications

An investigation was carried out to understand if low-magnitude earthquakes, Table 1, are related to the daily rates of GPS data for the 2 months period before the earthquake in the region. See Figure 1. Some daily movement rates of MURA station are significant in the NS and EW directions in this 2-months period especially, on the days: 237, 238, 239, 241, 270, 276, 277, 286, 287, 288, 292, 293, 295, and 296 which are the

earthquake days in two directions. Some of them are consistent with seismic data in Table 1, and they are shown with circles in Figure 1. red line shows the earthquake date, [Urusan 2014].

Table 1: Seismic data (equal or greater than 3.0) and Julian Days (AFAD and KOERI)

No	Julian Day	Date	Latitude (°)	Longitude (°)	Magnitude (Mw)	Source
1	271	28.09.2011	38.682	43.018	3.1	KRDEA-
2	272	29.09.2011	38.9443	42.1523	3.1	KRDEA-
3	275	02.10.2011	39.2992	43.7583	3	KRDEA-
4	282	09.10.2011	38.9173	42.2778	3	KRDEA-
5	286	13.10.2011	38.9095	42.317	3.5	KRDEA-
6	291	18.10.2011	37.5475	42.5875	3	KRDEA-
7	295	22.10.2011	38.9735	42.2817	3.7	KRDEA-
8	296	23.10.2011	38.7578	43.3602	7.2	KRDEA-
9	296	23.10.2011	38.7152	43.3715	4.6	AFAD-
1	296	23.10.2011	38.7657	43.238	4.8	AFAD-
1	296	23.10.2011	38.7825	43.3633	5.8	AFAD-
1	296	23.10.2011	38.7335	43.1312	5.3	AFAD-
1	296	23.10.2011	38.7702	43.3945	4.8	AFAD-
1	296	23.10.2011	38.7627	43.4095	4.2	AFAD-
1	296	23.10.2011	38.8	43.11	4.2	KRDEA-
1	296	23.10.2011	38.7778	43.3947	5.5	AFAD-
1	296	23.10.2011	38.67	43.2	4	KRDEA-
1	296	23.10.2011	38.6968	43.1576	4.1	AFAD-
1	296	23.10.2011	38.7338	43.5558	4.2	AFAD-
2	296	23.10.2011	38.7367	43.5087	4	AFAD-
2	296	23.10.2011	38.7325	43.2332	4	AFAD-
2	296	23.10.2011	38.678	43.1455	4.2	AFAD-
2	296	23.10.2011	38.7712	43.3055	4.3	AFAD-
2	296	23.10.2011	38.673	43.2019	4.4	AFAD-
2	296	23.10.2011	38.8113	43.4675	4.7	AFAD-
2	296	23.10.2011	38.6383	43.3235	4.1	AFAD-
2	296	23.10.2011	38.7227	43.3823	4.2	AFAD-

Meteorological temperature, moisture and pressure values were recorded and analyzed for 5 months from August to December. Monthly standard deviations, means, maximum and minimum values of residues (Data from

Turkish State Meteorological Service (TSMS)) were calculated between hourly mean and Daily hours (at a fixed hour daily) for a month. Table 2, Table 3 and Table 4 display hourly temperature, humidity and pressure values respectively. First anomalies were seen 26 days before the earthquake in Julian Day 270 data. These anomalies were repeated in 270-273 and 291-294 daily time periods. See Figure 2-a,b,c. Although the anomalies were seen during 285-288 daily time period, they were smaller compare to previous periods. Seismic movements in these periods change the normal GPS coordinates due to atmospheric changes. The ratio of these normal GPS coordinates to changed GPS coordinates were plotted at MURA station as shown in Figure 1. Similarly atmospheric anomalies were observed before the seismic movements of main earthquake on Julian Day 296. These anomalies were caused by the stresses accumulated in the region and resulted energy discharges and trembles on the ground starting 26 days before the main earthquake. Example temperature anomaly are presented in Table 5.

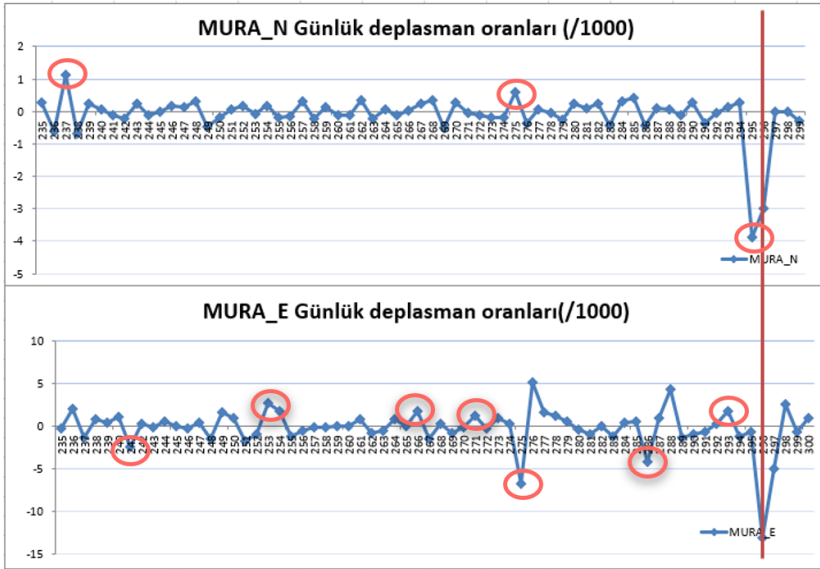


Figure 1: GPS and seismic data relationship for MURA station. The displacement data seen in the time series in Figure 5 of this station is compatible with the seismic data on 237 241, 254, 266, 271, 275, 286, 292, 293, 295 and the earthquake day 296 (Table 1), respectively, shown with red circles [3]

Table 2: Hourly Temperature ($^{\circ}\text{C}$) Analysis for five months. Because they are very bigger than the mean values, there are some maximum and minimum residue values with yellow highlighted which are different and more important than the others. These were measured in the periods of the Julian Days 270-275, 283-286 and 291-294.

Hourly Temperature Analysis for five Months																									
Mtr	Any/hou																								
Aug	Std Dev	3.0	3.0	2.6	2.8	2.1	2.5	2.6	2.6	2.7	2.6	2.3	2.7	2.8	3.0	2.7	2.6	2.0	2.1	2.1	2.4	2.6	2.7	2.9	2.8
	Mean	17.	16.	15.	15.	18.	22.	24.	26.	28.	29.	30.	30.	30.	28.	27.	25.	22.	20.	19.	19.	18.	17.	17.	16.
	Max Res	7.2	5.8	5.6	6.4	4.7	6.0	6.1	6.3	5.5	5.0	4.1	6.7	7.0	7.9	6.1	5.2	3.8	4.1	4.7	5.3	5.8	6.0	7.2	7.0
	Min Res	-4.3	-4.4	-3.9	-4.9	-4.2	-4.9	-5.3	-5.3	-6.0	-5.7	-5.0	-5.3	-5.1	-5.1	-5.4	-5.1	-4.5	-5.5	-4.6	-4.9	-5.4	-4.7	-4.9	-4.3
	Std Dev	2.6	2.7	2.7	2.7	2.8	3.2	3.7	4.0	4.0	4.2	4.5	4.9	4.8	4.8	4.2	3.7	3.1	3.2	3.0	2.7	2.9	2.8	2.7	2.9
Sep	Mean	12.	12.	11.	11.	13.	16.	19.	21.	23.	24.	24.	24.	23.	21.	19.	16.	16.	15.	14.	14.	13.	12.	12.	12.
	Max Res	4.6	4.5	3.9	6.7	7.8	8.0	11	13	14	15	15	13	12	12	10	9.7	7.4	7.2	6.8	6.0	7.0	6.3	5.9	5.8
	Min Res	-4.5	-4.7	-5.8	-4.9	-5.1	-5.3	-5.7	-5.8	-5.5	-5.9	-6.5	-7.6	-7.9	-7.3	-6.9	-7.2	-6.7	-4.9	-4.2	-3.7	-4.2	-4.5	-4.6	-6.0
	Std Dev	2.8	2.9	2.6	3.0	3.1	3.5	3.9	4.8	5.0	5.4	5.6	5.6	5.7	5.5	4.7	3.3	2.7	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5
	Mean	5.0	4.8	4.5	4.6	4.7	8.1	10.	12.	13.	14.	14.	14.	14.	13.	11.	8.5	7.3	6.6	6.0	5.6	5.3	4.9	4.7	4.7
Oct	Max Res	7.9	8.0	7.1	7.6	7.2	5.8	8.0	8.6	8.4	10	11	11	10	9.1	7.8	5.0	4.7	4.9	5.2	5.0	4.9	6.2	7.0	7.1
	Min Res	-5.1	-5.8	-5.1	-7.3	-6.6	-6.7	-6.4	-7.6	-8.7	-9.9	-9.3	-9.5	-9.3	-9.9	-8.4	-6.3	-4.2	-4.3	-5.0	-5.1	-5.5	-5.9	-6.2	-5.3
	Std Dev	4.5	4.5	5.0	4.8	5.0	4.8	4.5	4.3	4.0	3.9	3.8	3.8	4.0	4.1	4.1	4.1	3.7	4.1	4.4	4.5	4.4	4.4	4.5	4.5
	Mean	-3.3	-3.6	-3.6	-3.7	-3.7	-2.4	-0.6	1.3	2.4	3.1	3.3	3.3	2.6	1.6	0.1	-0.9	-1.5	-1.9	-2.4	-2.7	-3.1	-3.5	-3.4	-3.5
	Std Dev	8.5	8.7	11.	10.	12.	11.	8.8	7.5	7.6	7.9	6.9	7.5	8.3	9.3	9.4	9.5	11	8.0	10	12	12	11	8.8	9.5
Nov	Max Res	-7.4	-7.6	-8.0	-7.7	-7.1	-7.1	-7.2	-7.4	-6.5	-6.5	-7.5	-7.1	-7.5	-8.2	-7.6	-7.5	-7.4	-7.2	-7.4	-7.2	-6.7	-7.1	-6.8	-7.3
	Std Dev	3.2	3.2	3.4	3.5	3.5	3.2	2.6	2.3	2.2	2.3	2.3	2.2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.6	2.6	2.6	3.0	2.7	3.0	2.8	2.8
	Mean	-5.1	-5.3	-5.3	-5.4	-5.4	-5.0	-2.8	-0.3	1.2	2.4	2.8	2.9	2.3	0.9	-1.1	-2.1	-2.7	-3.0	-3.2	-3.7	-3.9	-4.2	-4.7	-4.8
	Max Res	5.8	5.3	6.0	5.8	4.9	5.3	5.0	3.9	4.2	5.0	4.9	5.4	4.9	3.8	4.4	4.5	4.7	5.1	5.4	5.8	5.4	5.8	4.8	5.4
	Min Res	-6.0	-6.2	-5.8	-6.7	-6.9	-5.7	-5.2	-5.6	-4.5	-3.8	-3.9	-4.2	-4.0	-4.7	-5.0	-5.2	-5.4	-5.2	-5.1	-5.0	-4.6	-4.9	-4.5	-4.2
Dec	Max Res	5.8	5.3	6.0	5.8	4.9	5.3	5.0	3.9	4.2	5.0	4.9	5.4	4.9	3.8	4.4	4.5	4.7	5.1	5.4	5.8	5.4	5.8	4.8	5.4
	Min Res	-6.0	-6.2	-5.8	-6.7	-6.9	-5.7	-5.2	-5.6	-4.5	-3.8	-3.9	-4.2	-4.0	-4.7	-5.0	-5.2	-5.4	-5.2	-5.1	-5.0	-4.6	-4.9	-4.5	-4.2

Table 3: Hourly Humidity (%) Analysis for five months. Because they are very bigger than the mean values, there are some minimum residue values with yellow highlighted which are different and more important than the others. These were measured in the periods of the Julian day 270-275, 283-286 and 291-294.

Hourly Humidity (%) Average Analysis for five Months																									
Min	Anal./Hour	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0
Aug	Std Dev	10.9	10.2	8.2	7.4	8.0	8.6	8.4	7.0	6.1	5.6	5.4	5.5	8.8	11.5	8.7	7.5	7.0	6.5	7.2	7.3	7.3	8.2	8.5	8.7
	Mean	52.9	54.1	56.5	55.8	49.4	42.4	35.5	30.0	26.3	22.2	20.2	19.2	19.0	21.0	23.0	30.3	37.8	43.1	46.1	47.6	49.3	51.0	52.6	53.3
	Max Res	25.3	21.1	18.5	18.0	16.9	16.3	14.8	13.1	9.3	9.3	9.5	10.0	9.7	10.4	11.7	13.0	12.8	17.6	20.2	20.2	21.0	23.4	24.6	22.0
	Min Res	-23.2	-17.5	-15.5	-9.7	-12.2	-13.2	-12.9	-11.3	-9.9	-10.9	-9.8	-11.2	-36.6	-42.4	-18.7	-18.5	-18.7	-9.5	-10.6	-13.4	-16.3	-19.0	-21.0	-20.4
Sep	Std Dev	14.5	12.9	12.5	12.1	12.3	13.1	12.7	11.3	10.5	10.6	10.3	12.3	13.8	14.8	14.6	14.4	12.8	13.2	12.6	11.5	12.1	12.0	13.1	13.3
	Mean	58.0	58.2	60.4	61.3	55.8	46.8	39.2	34.0	29.3	25.9	23.8	24.4	24.4	26.5	30.7	39.6	47.7	50.0	51.3	53.0	55.3	56.8	58.3	58.7
	Max Res	24.3	22.1	26.4	24.1	20.6	17.8	18.1	15.4	13.5	12.7	10.6	11.1	12.1	13.0	15.2	18.3	21.2	16.8	18.4	18.9	16.8	18.0	20.3	18.9
	Min Res	-38.0	-24.6	-22.8	-25.0	-31.3	-31.0	-32.3	-32.5	-32.4	-33.9	-32.3	-38.4	-41.6	-45.9	-44.7	-42.0	-28.1	-30.7	-27.8	-23.4	-30.1	-27.3	-32.5	-35.4
Oct	Std Dev	12.8	10.0	8.9	9.5	8.8	11.5	13.6	15.8	16.8	16.4	17.1	17.7	17.3	16.7	12.9	7.8	7.8	7.5	7.7	9.0	10.3	11.5	10.2	10.1
	Mean	78.3	79.0	80.1	80.3	79.6	67.3	56.6	51.3	47.1	44.0	42.8	41.7	42.2	45.6	53.5	68.0	74.3	76.3	78.9	79.7	79.6	80.3	81.4	79.9
	Max Res	28.1	17.3	15.2	19.8	15.5	22.1	22.0	20.7	22.8	22.5	21.9	22.5	24.8	25.1	17.9	11.2	12.9	14.5	15.4	15.9	24.3	28.9	18.2	17.3
	Min Res	-17.8	-17.5	-16.4	-16.7	-15.9	-21.6	-29.6	-40.4	-42.2	-42.9	-41.6	-48.6	-43.5	-38.9	-31.8	-23.3	-17.8	-16.2	-14.5	-13.7	-16.4	-15.2	-15.5	-16.0
Nov	Std Dev	12.8	10.1	9.6	9.3	8.6	9.1	10.1	10.2	10.5	10.6	11.7	13.5	15.1	15.1	13.3	11.1	10.3	10.3	10.5	10.8	11.0	11.6	11.0	10.7
	Mean	74.5	75.3	75.1	75.1	74.2	69.3	62.9	56.3	52.7	50.2	49.7	50.7	53.7	57.5	63.2	67.8	70.7	72.7	74.0	74.3	74.1	75.4	74.4	74.4
	Max Res	21.2	19.1	17.1	16.9	13.4	17.1	18.0	15.5	15.1	18.5	19.2	18.5	20.9	22.3	24.6	22.6	18.6	15.9	17.7	19.0	17.2	19.8	16.3	15.4
	Min Res	-23.5	-18.1	-17.4	-17.6	-14.7	-21.2	-25.3	-25.1	-24.3	-27.2	-31.4	-39.2	-36.9	-32.2	-26.1	-22.1	-17.4	-16.2	-16.1	-21.0	-20.4	-19.7	-20.1	-19.2
Dec	Std Dev	11.2	10.1	9.4	8.6	9.3	9.9	11.6	12.7	12.7	12.6	12.8	12.3	11.8	11.4	11.3	11.4	11.4	11.4	11.2	10.7	11.2	11.1	10.3	10.6
	Mean	65.4	66.5	65.5	65.8	65.8	64.5	58.2	50.3	45.7	43.6	43.3	42.6	44.6	49.3	55.5	58.7	60.9	61.9	63.0	64.6	64.8	65.4	65.8	65.7
	Max Res	20.8	20.1	19.1	19.2	18.2	18.2	19.0	20.6	20.8	22.1	19.1	18.6	17.5	17.7	18.8	21.3	19.6	20.3	21.4	20.4	20.2	19.9	19.5	18.9
	Min Res	-22.4	-16.3	-15.3	-15.5	-15.3	-21.1	-25.0	-30.5	-30.5	-35.8	-36.8	-32.6	-26.7	-27.1	-24.1	-20.7	-19.1	-18.9	-18.7	-19.0	-20.9	-21.2	-22.1	-23.7

Table 4: Hourly Pressure (hPa) Analysis for five months. Because they are very bigger than the mean values, there are some maximum and minimum residue values with yellow highlighted which are different and more important than the others. These were measured in the periods of the Julian day 270-275, 283-286 and 291-294.

Hourly Pressure (hPa) Analysis for five Months																									
M	Anal/Hour	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Aug	Std Dev	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	2.1	2.0	2.1	2.1	2.1	2.0	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Mean	827	827	827	828	828	828	828	827	827	826	826	826	826	826	826	826	826	827	827	827	827	827	827	827
	Max Res	5.4	4.9	5.0	5.2	5.2	5.2	5.1	5.0	4.8	4.5	4.3	4.3	4.4	4.6	4.7	4.6	4.5	4.6	4.7	4.7	4.8	4.9	4.7	4.8
	Min Res	-4.6	-4.6	-4.4	-4.3	-4.3	-4.3	-4.2	-4.2	-4.1	-4.0	-3.9	-4.4	-4.1	-4.2	-4.4	-4.5	-4.5	-4.7	-4.6	-4.6	-4.5	-4.4	-4.4	-4.4
	Std Dev	2.3	2.1	2.1	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Sep	Mean	829	829	829	829	829	830	829	829	829	828	828	828	828	827	827	828	828	829	829	829	829	829	829	829
	Max Res	4.1	3.9	3.9	3.7	3.8	3.8	4.0	3.8	3.6	3.6	3.9	4.1	4.3	4.4	4.3	4.4	4.4	4.3	4.2	3.9	4.1	4.2	4.0	3.9
	Min Res	-5.9	-5.7	-5.7	-5.5	-5.4	-5.5	-5.5	-5.6	-5.6	-5.7	-5.6	-5.8	-6.2	-6.3	-6.5	-6.5	-6.2	-5.9	-6.0	-6.0	-5.7	-5.7	-5.7	-5.7
	Std Dev	2.3	2.0	2.0	2.1	2.0	2.0	2.0	1.9	2.0	1.8	1.9	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8
	Mean	831	831	831	831	831	831	832	831	831	831	830	830	830	830	830	831	831	831	831	831	831	831	831	831
Oct	Max Res	5.1	3.8	4.1	4.2	4.4	4.5	4.2	3.4	4.6	2.7	2.5	2.9	3.0	2.8	3.1	3.2	2.7	2.5	2.7	2.8	3.3	3.3	3.5	3.6
	Min Res	-4.0	-3.7	-3.5	-3.7	-3.6	-3.5	-3.4	-3.3	-3.4	-3.2	-3.5	-3.5	-3.1	-2.8	-2.8	-2.7	-2.8	-2.9	-2.9	-3.2	-3.2	-3.1	-3.3	-3.3
	Std Dev	2.1	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7
	Mean	830	829	829	830	830	830	830	830	830	829	829	829	829	829	829	829	830	830	830	830	830	830	830	830
	Max Res	4.0	2.8	2.8	2.8	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.5	2.2	2.2	2.1	2.3	2.2	2.2	2.0	2.2	2.7	2.7	3.0	2.9	3.0	3.0
Nov	Min Res	-4.1	-3.0	-3.0	-3.0	-3.1	-3.1	-3.3	-3.4	-3.4	-3.3	-3.3	-3.1	-3.1	-3.0	-2.9	-2.8	-2.8	-2.6	-2.6	-2.6	-2.6	-2.5	-2.6	-2.8
	Std Dev	3.7	3.4	3.5	3.6	3.5	3.5	3.5	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.3
	Mean	832	832	832	832	832	833	833	833	833	832	832	831	831	832	832	832	832	833	833	832	833	832	832	832
	Max Res	9.2	8.7	8.7	8.9	8.6	8.2	8.1	8.2	8.2	8.3	8.4	8.7	8.8	8.6	8.6	8.5	8.2	8.2	8.1	8.1	8.2	8.3	8.4	8.4
	Min Res	-5.9	-5.7	-5.7	-5.7	-5.5	-5.6	-5.6	-5.7	-5.6	-5.4	-5.2	-4.9	-4.7	-4.9	-5.0	-5.3	-5.5	-5.5	-5.6	-5.5	-5.6	-5.6	-5.3	-5.5
Dec	Std Dev	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	2.1	2.0	2.1	2.1	2.1	2.0	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Mean	827	827	827	828	828	828	828	827	827	826	826	826	826	826	826	826	826	827	827	827	827	827	827	827
	Max Res	5.4	4.9	5.0	5.2	5.2	5.2	5.1	5.0	4.8	4.5	4.3	4.3	4.4	4.6	4.7	4.6	4.5	4.6	4.7	4.7	4.8	4.9	4.7	4.8
	Min Res	-4.6	-4.6	-4.4	-4.3	-4.3	-4.3	-4.2	-4.2	-4.1	-4.0	-3.9	-4.4	-4.1	-4.2	-4.4	-4.5	-4.5	-4.7	-4.6	-4.6	-4.5	-4.4	-4.4	-4.4
	Std Dev	2.3	2.1	2.1	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2

Table 5: Hourly Temperature values (°C) for the periods. Yellow bars show the maximum increasing or decreasing. The values are highly difference than the values in before or after days. The days are compatible with the seismic events and PWV, ZWD and TZD charts in Figure 1-3-4-5-6.

Julian Day	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Mth																								
1st Oct	270	0.7	0.7	0.6	0.6	2.1	3.9	4.7	4.6	5.8	6.2	8.5	12.4	12.8	12.0	7.9	5.5	5.6	6.8	4.6	4.8	5.4	5.9	3.7
	271	3.9	4.0	3.5	3.3	4.0	5.0	5.9	6.3	5.2	6.2	7.7	7.3	5.6	5.0	5.1	4.2	3.7	3.9	4.4	4.2	4.3	3.4	3.8
	272	4.0	4.5	3.9	6.7	7.8	5.6	5.7	4.8	4.3	3.9	4.4	4.5	5.7	5.5	5.2	2.9	3.3	2.5	2.7	4.3	3.0	4.3	4.7
	273	4.6	4.1	3.8	3.6	5.1	8.0	11.0	13.6	14.9	15.6	15.5	13.8	12.5	11.6	10.6	9.7	7.4	7.2	6.7	6.0	7.0	6.3	5.8
	274	-1.8	-0.8	-1.0	0.0	-1.5	0.5	2.2	4.6	5.5	6.5	5.7	8.1	8.0	6.7	4.7	2.9	1.7	0.9	0.1	-0.3	-0.6	-0.8	-0.4
	275	-0.8	-0.5	1.3	2.0	2.3	0.0	0.3	-0.1	2.2	0.5	0.3	0.0	-0.6	-1.6	-2.2	-2.6	-3.5	-3.2	-3.1	-3.2	-4.1	-2.4	-3.0
	283	0.3	0.3	-2.0	1.0	0.2	3.0	-4.1	-5.9	-6.4	-7.0	-6.6	-7.2	-6.3	-5.7	-5.4	-3.2	-3.0	-1.8	-1.6	-1.2	-1.1	-0.7	-1.1
	284	0.1	0.2	-0.1	-2.2	-2.7	-5.3	-6.4	-7.6	-7.9	-7.8	-8.8	-9.4	-9.3	-9.9	-8.4	-5.2	-4.2	-3.6	-3.4	-3.5	-3.1	-2.9	-2.7
	285	-3.4	-2.5	-1.7	-3.1	-4.7	-6.7	-6.1	-7.2	-8.7	-9.9	-9.3	-9.5	-9.1	-8.9	-7.6	4.9	-4.1	-3.6	-3.7	-3.8	-3.1	-2.9	-2.7
	286	-3.0	-5.8	-5.1	-7.3	-6.6	-2.5	2.4	4.8	3.9	1.9	-0.7	-2.4	-2.7	-2.6	-2.7	-2.2	-2.7	-1.5	-0.9	0.2	0.7	0.5	0.2
	287	-1.2	-1.5	-2.1	-2.1	-2.5	-2.8	-2.3	-3.4	-2.6	-2.4	-2.2	-2.8	-2.7	-2.8	-1.6	-0.9	-0.7	-0.7	-1.5	-1.4	-0.7	-0.8	-0.7
	288	-2.0	-1.2	-0.9	-1.4	-2.9	-1.9	-2.6	-1.6	-1.3	-1.7	-3.2	-2.8	-3.3	-3.8	-2.5	-1.6	-1.6	-2.6	-3.4	-4.0	-3.7	-3.8	-4.3
	289	-4.2	-4.6	-3.3	-4.9	-4.1	-3.9	-3.9	-5.9	-5.3	-5.7	-6.8	-6.4	-6.3	-4.6	-5.7	-6.3	-2.9	-4.3	-5.0	-5.1	-5.5	-5.9	-6.2
	290	-4.0	-3.6	-3.2	-5.1	-5.6	-3.1	-3.2	-5.3	-4.7	-3.7	-3.3	-3.0	-3.6	-3.6	-2.9	-3.4	-2.7	-2.4	-2.4	-3.5	-2.7	-2.1	-1.8
	291	-5.1	-5.5	-3.8	-3.4	0.1	-1.9	-4.4	-4.9	-4.0	-4.5	-3.7	-3.4	-4.0	-1.6	-3.5	-3.2	-3.6	-3.2	-1.2	-0.6	-0.7	-0.6	-0.3
	292	-2.3	-2.4	-2.6	-2.4	-2.2	-1.9	-1.2	3.1	3.6	6.3	6.3	11.4	9.8	8.9	7.7	5.0	4.1	3.0	2.4	2.1	1.8	1.4	1.1
	293	1.9	1.9	1.8	1.8	2.7	5.5	3.8	8.6	7.8	10.6	11.2	7.7	9.0	8.3	6.6	4.2	3.6	3.4	4.8	4.4	4.1	6.2	7.1
	294	7.9	8.0	7.1	7.6	7.2	5.6	4.4	4.7	4.2	3.9	3.6	3.0	2.5	1.5	2.1	4.7	4.8	4.9	5.2	5.0	4.9	5.4	3.8
	295	4.6	2.8	1.3	1.7	3.7	5.1	1.1	0.1	-0.3	-0.2	-1.4	-2.3	-2.4	-2.4	0.6	1.5	2.6	-1.8	-2.2	0.5	-2.3	-5.1	-1.9
	296	-1.6	-1.7	-0.8	-0.6	-0.5	0.5	-0.3	-0.8	-1.0	-0.6	-1.0	-0.3	-1.6	0.1	0.2	2.5	3.5	1.8	2.1	0.7	2.4	1.7	3.9
	297	4.4	4.6	4.6	4.9	4.4	2.0	0.4	-0.6	-1.2	-1.0	-0.4	-0.7	-0.3	0.8	1.2	0.4	-0.5	0.4	1.2	2.1	2.3	2.5	2.3
	298	1.5	2.4	2.3	3.0	-0.3	1.6	2.0	1.3	-0.2	-0.4	-0.2	1.2	2.2	5.0	2.9	1.6	0.5	-0.1	0.2	-0.2	-0.5	-0.1	-0.3

The weather conditions in the region have been examined with the help of meteorological data. According to this examination, a number of changes was observed in the earthquake day before the earthquake hour at MURA station in Muradiye region, which was the nearest location to the earthquake center.

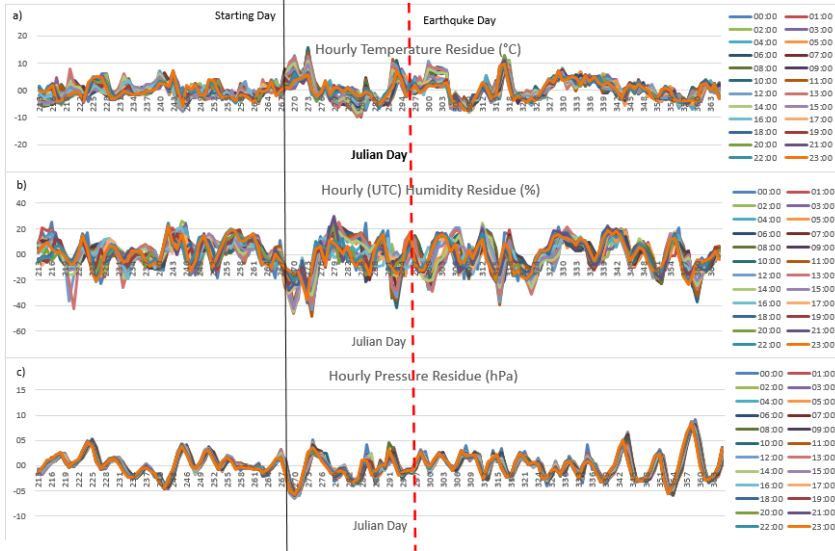


Figure 2: Representation of anomalies for Temperature, Humidity, Pressure during 270-273, 291-294, 285-288 time periods

With the help of GAMIT program PWV, ZWD, TZD and Gradients of GPS coordinates have been calculated and plotted in Figures 3 and 4. It has seen in these figures that the results are compatible with the results in Figures 2-a, b, c. It can be concluded that the delays and gradient in Figures 3 and Figure 4 are matching with the periods in Figures 2-a, b, c.

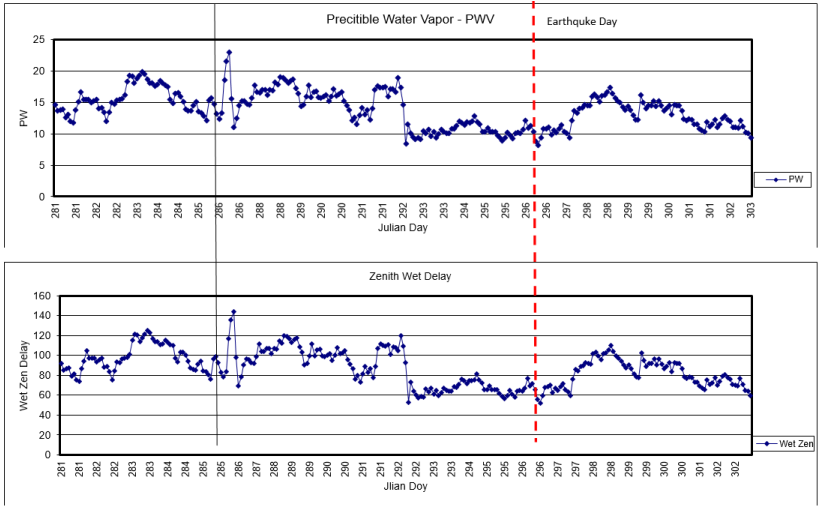


Figure 4: Plot of PWV and ZWD (mm) variations against Julian days

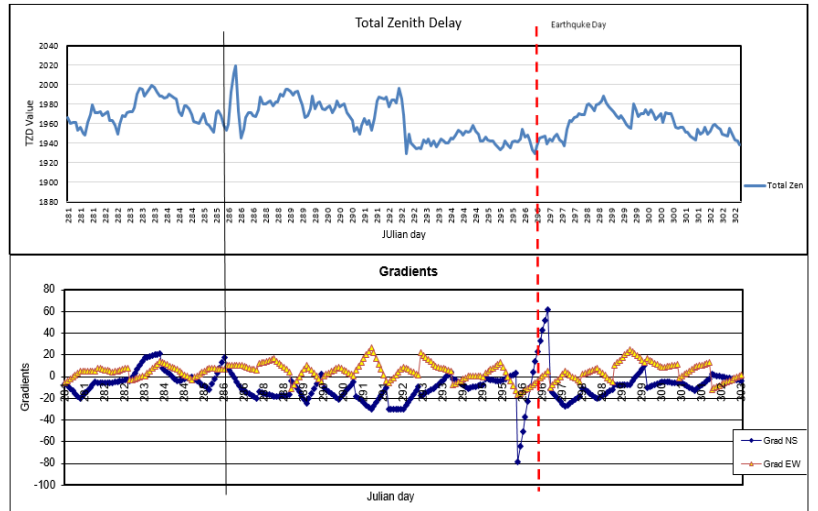


Figure 3: Plot of TZD (mm) and Gradients (mm) of GPS coordinates variations against Julian days.

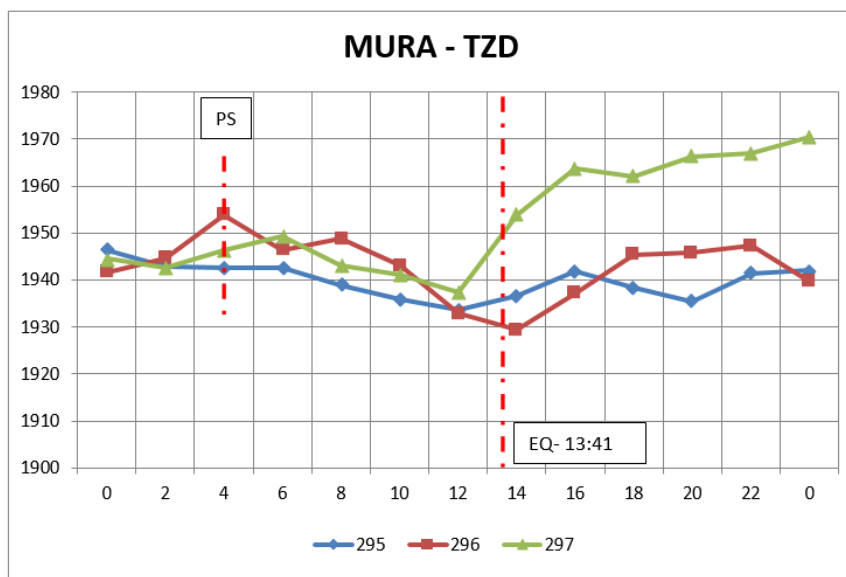


Figure 5: MURA station TZD (mm) versus hours chart for 3 days include EQ day

TZD, was calculated and plotted by 2 hours intervals for 3 days including earthquake day using Gamit program, and the solutions is shown in Figure 5. TZD usually gives close to 1940 mm, a normal value on 295 Julian day for the MURA station. But, a rising of 15 mm at 04:00 is recorded on 296 Julian day. After the earthquake, it was calculated as 1930mm with a decrease of 25mm until 14:00. Finally, it rises to the late 1950s towards the end of the day. These changes in TZD continued end of the 297 Julian day, especially from hours 12:00 to 24: 00, from 1940 mm to 1970 mm, Figure 5.

Anomaly which took place in 296 Julian day is calculated daily along North-South (NS) and East-West (EW) gradients, Figure 6. In that day, by 15 mm increase between the hours 02:00 am and 04:00 am, as shown in Figure 5, is also seen along NS gradient in Figure 6 and caused to fall this gradient down to -80 mm. The gradient reached to 60mm with an increase by 140 mm along the day and until midnight. In the EW direction, this change stayed at 20 mm. These graphs are evidence of how the troposphere in the region where the station is located showed extreme movements on that day.

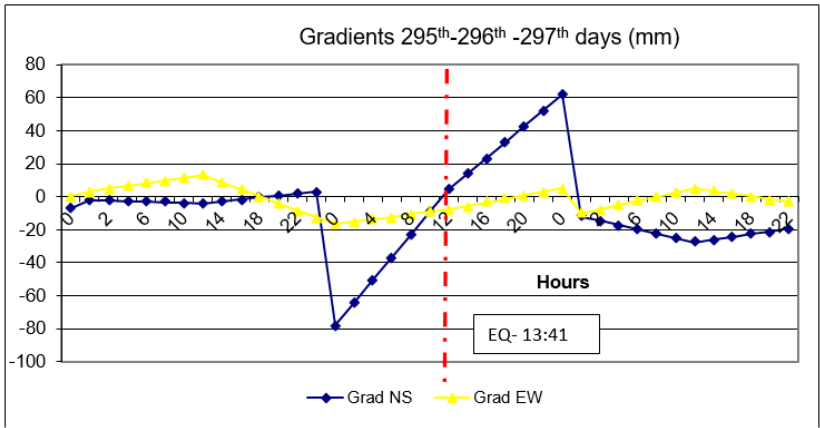


Figure 6: Hourly Gradient values (mm) of MURA Station for three Julian days (295, 296, 297)

The water vapor in troposphere, mentioned in section 2, decreases as an extra, as indicated by red circle in figure 7, a result of piezoelectric effect that occurs from the ground to the ionosphere about 01:00 am o'clock, before the event. Similarly, a resulting low pressure before the earthquake time as seen in Figure 8, and an increasing in temperature takes place before the main earthquake time as seen in Figure 9. These anomalies are emphasized with red circles. Specifically, a unexpected pressure maximum decreasing appears approximately seven hours before the main shock.

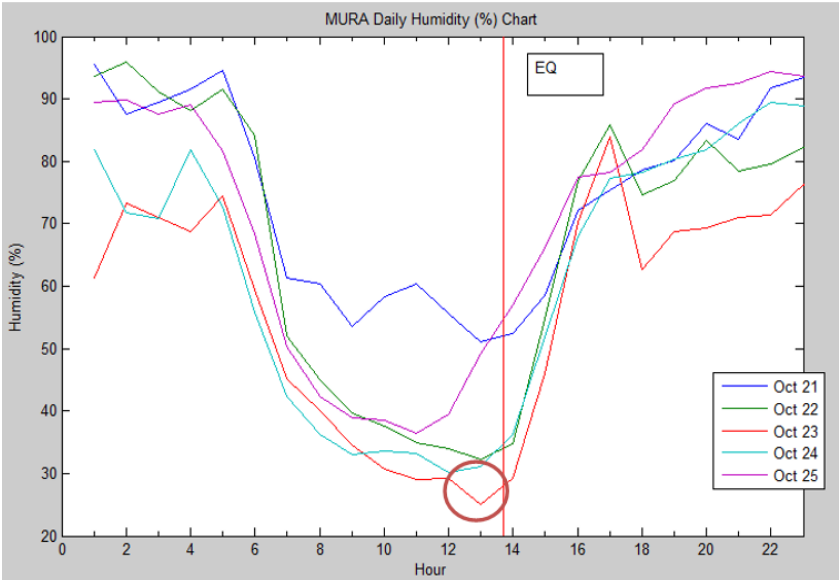


Figure 7: Daily Humidity (%) distribution

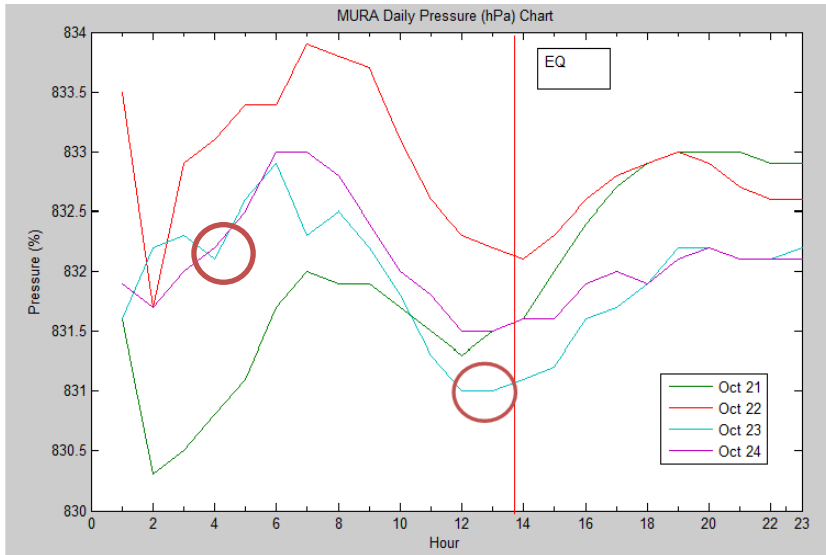
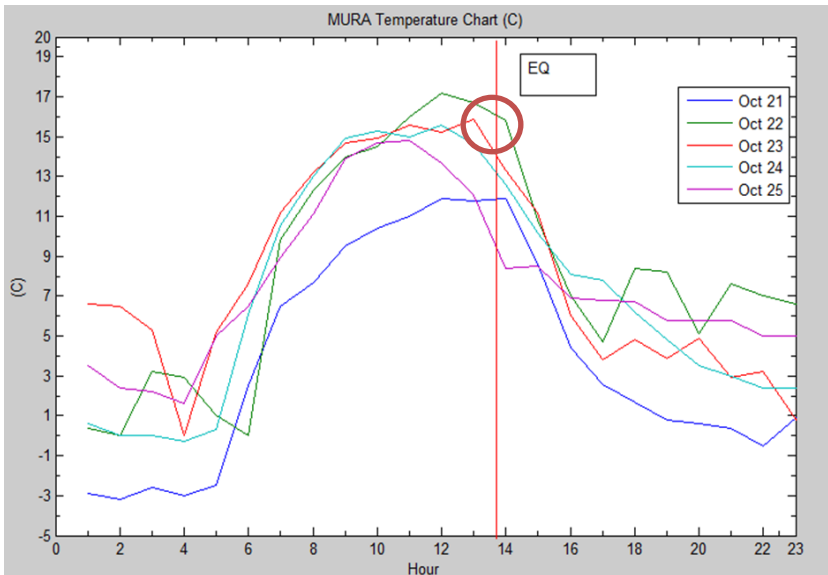


Figure 8: Daily pressure (hPa) distribution

Figure 9: Air temperature ($^{\circ}\text{C}$) distribution

After the earthquake, while temperature and water vapor distributions decrease and pressure distribution increases until late evening.

As it is explained above, a sudden increasing in air temperature can be seen in Figure 9, while an abrupt decreasing in humidity and pressure due to temperature rise can be seen in Figure 7.

It is evident that this sudden hot air movement is caused by the hot air raised to troposphere from the cracks of the earth's upper crust and piezoelectric energy generated by the stresses in the rocks. This energy was

released before the event to form a positive channel to release hot air in the region. This can also be explained by systematic fractures. It is known that the Sun and the Moon which produce the tidal wave phenomena on the seas, due to gravitational attraction between them. This phenomena causes an 80 cm increase on the earth's crust when sun and the moon are on the same side of the earth. When they are located on opposite sides of the earth, earth's crust facing the sun rises 26 cm and the earth's crust facing the moon rises 50 cm.

These elevations are calculated according to geoids regardless of whether they are continental or oceanic crust. The cracks that occur during these movements are random cracks, and the repetition of this movement over time makes them systematic cracks.

Hence, the heat energy and the pressure waves that emerge from the earth's crust before and during the earthquake are emitted from these systematic cracks and spread to troposphere and ionosphere. It was observed in some cases that the farmers' body had serious burns due to this heat energy rising from the ground.

4.Data and Sharing Resources

GNSS data used in this study were obtained from the database General Directorate of Land Registry and Cadastre (GDLRC) <http://www.tusaga-aktif.gov.tr/Login.aspx>

Meteorological data can be found upon request at Turkish State Meteorological Service (TSMS) <https://mgm.gov.tr/eng/forecast-cities.aspx>

Seismic data and their reports were taken from Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute – Bogazici University (KOERI) <http://udim.koeri.boun.edu.tr/zeqdb/>

Earthquake data were downloaded from Republic of Turkey Prime Ministry Disaster & Emergency Management Authority (AFAD) <http://deprem.afad.gov.tr/depremkatalogu?lang=en>

GAMIT/GLOBK program can be downloaded upon request at Massachusetts Institute of Technology (MIT) <http://geoweb.mit.edu/~simon/gtgk/> , rwk@chandler.mit.edu

5.Conclusions

Turkey is an earthquake country. There are a lot of earthquakes occur in every year. One of the earthquakes also occurred around VAN city, at eastern Turkey, on 23rd of October 2011. In this study, various parameters such as PWV, ZWD and TZD have been investigated by using CORS station data, whether the event could be predicted before it occurred. The solutions have been compared with the meteorological and seismic data.

In this study, 3 important periods just before the earthquake are coming into the attention. These periods can be defined as days 270-275, 285-288 and 291-294 with respect to GPS daily recordings. Earthquakes took place during all these 3 periods at a magnitude of 3-4 Mw and atmospheric temperatures displayed sudden increases. Consequently, these sudden temperature and moisture changes had been resulted sudden fluctuations of PWV, TZD and ZWD.

First of all it was observed that the movements of the MURA station were matching with seismic movements before and after the earthquake in NS and EW directions.

Secondly, the temperature, humidity and pressure values in the region have been compared with CORS solutions and seismic data, and it has been figured out that they are closely matched with the seismic and station movements time before, during and after the earthquake.

The effects of temperature, humidity and pressure were also observed that their distributions are related to the GPS delays observed in the atmosphere. Most important of all, the effects of the gradient changes from the norm are detected with respect to station coordinates resulted from GPS signal delays.

To sum up, the results obtained here are very important in earthquake prediction if the meteorological measurements and micro earthquakes are observed continuously. In order to stop earthquake disasters and human losses, changes in atmospheric GPS signal delay source values such as PWV, ZWD and TZD can be used together as an alternative parameter to obtain better predictions.

Acknowledgements

I would like to relay my thanks and gratitudes to KOERI for seismic data and monthly reports, AFAD for seismic data, Turkish State Meteorological Service for surface data, MIT for GAMIT / GLOBK softwares, General Directorate of Land Registry and Cadastre for CORS data. Finally i also thank to scientists Prof. Dr. Ugur Kaynak and for his valuable contributions.

6. References

- Böhm, J., A. Niell, P. Tregoning, and H. Schuh., (2006). Global Mapping Function (GMF): A new emprical mapping function based on numerical weather model data, *Geophysical Research Letters*, Vol. 33, L07304, doi:10.1029/2005GL02554.
- Böhm, J., R. Heinkelmann, and H. Schuh., (2007). Short Note: A Global Model of Pressure and Temperature for Geodetic Applications, October 2007, *Journal of Geodesy* 81(10):679-683 DOI: 10.1007/s00190-007-0135-3.

- Brunner, F. K., S. McCluskey, (1991). Tropospheric zenith delay parameters: How many should be estimated in GPS processing. *Australian Journal of Geodesy, Photogrammetry and Surveying*, vol. 55, pp. 67-75, (1991).
- Chen G. and T. A. Herring (1997). Effects of atmospheric azimuthal asymmetry on the analysis of space geodetic data, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 102, No. B9, Pages 20,489-20,502.
- Collins, J. P. (1999). Assessment and development of a tropospheric delay model for air craft users of the global positioning system. Technical report № 203 (188), pp. 13-17.
- Ducic, V., J. Artru, P. Lognonné (2003). Ionospheric remote sensing of the Denali earthquake Rayleigh surface wave. Article first published online. doi: 10.1029/2003GL017812
- Eren, K., T. Uzel (2009). “CORS-TR Report 4”, Istanbul Kultur University, Istanbul.
- Freund, F.T., A. Takeuchi, B.W.S. Lau (2006). Electric currents streaming out of stressed igneous rocks—a step towards understanding preearthquake low frequency EM emissions. *Phys Chem Earth* 31: 389–396.
- Gizawy, M. L. E., (2003). Development of an Ionosphere Monitoring Technique Using GPS Measurement for High Latitude GPS Users, UCGE Rpeorts Number 20171, University of Calgary.
- Gomberg, J. (1991). U.S. Geological Survey Committee for the Advancement of Science in the Yucca Mountain Project Symposium on “Fractures, hydrology, and Yucca Mountain”: abstracts and summary, Open-File Report 91–125
- Heki, K. (2011). Ionospheric electron enhancement preceding the 2011 Thoku-Oki earthquake. *Geophys Res Lett* 38:L17312. doi:10.1029/2011GL047908
- Herring, T.A., R. W. King, S.C. McClusky., (2010). Gamit Teference Manual, Release 10.4, Department of Earth, Atmpsheric, and Plenetary Sciences, MIT, 28 October, USA.
- Johnston, M.J.S. (1997). Review of electric and magnetic fields accompanying seismic and volcanic activity. *Surv Geophys* 18:441–475
- Kaynak,U. (June 1994). The Internal Magnetic Field of the Fe57 and the Néel Temperature of Troilite., *Journal of Kocaeli University, Earth Science*, No.I,pp.31-37.

- Kaynak, U. (2006). Deprem Bulutları, Jeofizik Bülteni, Sayı.252–Ocak-Haziran
- Kaynak,U., (2011). Van-Erciş Depremi, Jeofizik Bülteni, Van Depremi Özel Sayısı, yıl 22
- Komjathy, A. (1997). Global Ionospheric Total Electron Content Mapping Using the Global Positioning System,, Dipl. Ing. University of New Brunswick, August.
- Ouzounov, D., S.Pulinets, D. Davidenko (2015). Revealing pre-earthquake signatures in atmosphere and ionosphere associated with 2015 M7.8 events in Nepal. Preliminary results, Conference: 2nd International Workshop on Earthquake Preparation Process: Observation, Validation, Modeling, Forecasting (IWEP2 2015) At: Chiba, Japan.
- Saastamoinen, J. (1972). Atmospheric Correction for the Troposphere and Stratosphere in Radio Ranging of Satellites, In: The Use of Artificial Satellites for Geodesy, Geophysical Monograph Series, AGU, Washington D.C., Vol. 15, 247 -251.
- Urusan, A.Y. (2014). Relations Between The GNSS Techniques And The Other Techniques For Prediction Earthquakes, Arabian Journal of Geoscience, Springer Accepted Oct. 2014, DOI: 10.1007/S12517-014-1670- X
- Ürüşan A. Y. (2019). Earthquake prediction, ionospheric total electron content, and three earthquakes in California. Thermal Science, 23(Suppl. 1), 167-174., Doi: 10.2298/TSCI181106340U (Yayın No: 5043999)
- Zhang, J. (1999). Investigations into the Estimation of Residual Tropospheric Delays in a GPS Network, UCGE Reports, Number 20132, University of Calgary.

CHAPTER 2

International Studies on Natural and Engineering Sciences

**Güneş Enerji Santrali Üretim Verilerinin Meteorolojik
Verilere Bağlı olarak Yapay Zeka Yöntemleri ile Tahmini
(Aytan Geçmez, Çetin Gençler)**

Güneş Enerji Santrali Üretim Verilerinin Meteorolojik Verilere Bağlı olarak Yapay Zeka Yöntemleri ile Tahmini

Ayten Geçmez¹, Çetin Genç²

¹Fırat Üniversitesi, FBE, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Teknoloji Programı
23000,Elazığ, Türkiye, e-mail: aytengecmez@gmail.com

²Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği,
23000,Elazığ, Türkiye, e-mail: cgenecer@firat.edu.tr

1.Giriş

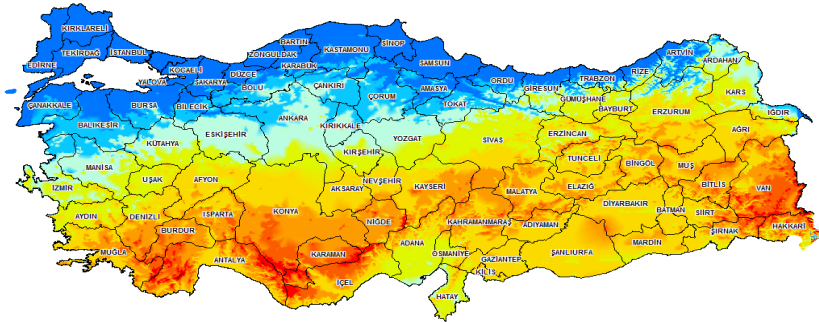
Hızla artan dünya nüfusu ve teknolojiye yaşanan gelişmeler insanların enerji tüketimine olan ihtiyaçlarını arttırmıştır. Petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmesi ve büyük sera gazı emisyonları günümüzün enerji sektörü için her geçen gün daha büyük sorun haline gelmektedir. Fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan karbon emisyonları sera gazları (GHG) emisyonlarının özellikle karbondioksitin iklim değişikliği ve küresel ısınma üzerindeki zararlı etkileri son yıllarda oldukça dikkat çekmektedir [1]. Bu koşullar altında, enerji üretimi için çevre dostu enerji kaynaklarının benimsenmesi son derece önemlidir. Fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarını mümkün olduğunca çok kullanılması çevre kirliliğinin ve karbondioksit emisyonlarının azaltılması için giderek daha önemli hale gelmektedir [2].

Günümüzde küreselleşmenin de etkisiyle geleneksel kalkınma anlayışından sürdürülebilir kalkınma anlayışına doğru bir geçiş yaşandığını ifade edebiliriz. Sürdürülebilir kalkınmayı gerçekleştirebilmek amacıyla yenilenebilir enerji, hem sanayi alanında hem de yerel uygulamalardaki enerji ihtiyacını karşılamada önemli rol üstlenebilir.

Yenilenebilir enerji kaynakları, doğada serbest olarak bulunmakta ve fosil yakıt kaynaklarına iyi bir alternatif olarak görülmektedir. Enerji kaynakları olarak; rüzgar enerjisi, dalga enerjisi, hidrojen enerjisi ve hidrolik enerji, jeotermal enerji, güneş enerjisi ve füzyon enerjisi gibi enerji türleri yenilenebilir enerji kaynaklarına örnek verilebilir. Bunun yanında en hızlı biçimde gelişen ve ülkelerin sürdürülebilir kalkınmasını destekleme de daha fazla katkı sunan yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş ve rüzgar enerjisi en popüler enerji kaynakları olarak ifade edilmektedir. Özellikle son yıllarda Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etme alanında yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji üretimi çok büyük önem kazanmıştır. Güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre avantajlarını şöyle sıralayabiliriz:

- Güneş tükenmeyen enerji kaynakları arasındadır. Bu yüzden güneş enerjisi kullanımı için herhangi bir yakıta ihtiyaç yoktur.
- Güneşten elektrik üreten tesislerin aşınma payı süreleri yaklaşık 5-6 yıl arasındadır. Bu durum diğer enerji üretim yöntemlerinin önüne geçme imkânı tanır.
- Güneş enerji santrallerinin bakımları diğer enerji tesislerine göre çok daha kolaydır. Bakım ve işletme maliyetleri düşüktür.
- Temiz bir enerji türüdür; çevreyi kirletici, duman, gaz, karbon monoksit, kükürt ve radyasyon gibi külfetleri yoktur.

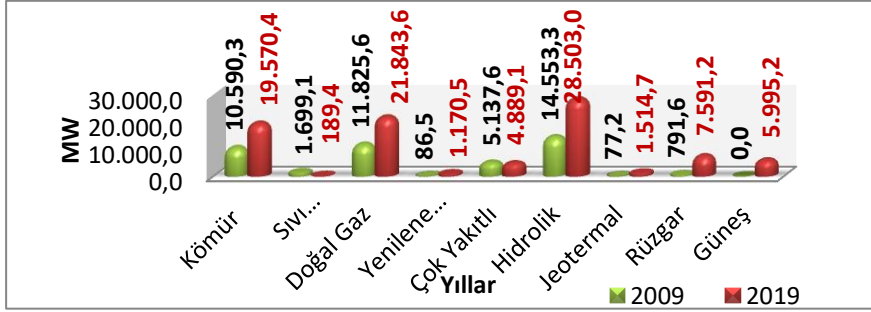
Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan bilgilere göre (DMİ) 1985-2019 yılları arasında Türkiye ortalama günlük güneşlenme süresi 6,8 Saat [3], 2011-2019 yılları arasında Türkiye ortalama güneş radyasyonu 1558,7 kWh/m² [4]. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası şekil 1'de verilmiştir. Şekilden de açıkça görüldüğü gibi Güney Doğu Anadolu Bölgesi Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi takip etmektedir.



Şekil 1. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli Atlası(GEPA) [5].

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin üretimdeki payı her geçen gün artmaktadır. Türkiye’nin 2009 ve 2019 yılları arasında birincil enerji kaynaklarına göre kurulu gücü Şekil 2’de sunulmuştur. Şekil 2 incelendiğinde; 2009 yılında güneş enerjisinden elde edilen güç miktarı 0 iken 2019 yılında 5.999, 2 MW’a ulaşmıştır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından, Türkiye’de önümüzdeki 10 yıl boyunca 10.000 MW rüzgar ve 10.000 MW güneş yeni kapasite kurulumu yapılması planlandığı açıklanmıştır [7]. Türkiye elektrik piyasasında 2018-

2050 dönemine ilişkin öngörülere göre; Türkiye 2050 yılında güneş enerjisi maliyetlerinde %77 gerileyecek, 2018 yılı sonu itibarıyla 88,5 GW olan Türkiye'nin elektrik üretim kapasitesi 2050 yılında 261 GW seviyesine ulaşacaktır. Bu kapasite içerisinde kömürün payı %5'e inecek ve güneş enerjisi sistemleri %26 ile kapasite içinde en yüksek paya sahip olacaktır [8].



Şekil 2. 2009 ve 2019 Yılları için birincil enerji kaynaklarına göre Türkiye kurulu gücü [6].

2. Yapay Zekânın Güneş Enerji Sistemlerinde Kullanımı

Son yıllarda yapılan çalışmalar Yapay Sinir Ağları (YSA)'nın, enerji üretim, tüketim ve bunları doğrudan etkileyen faktörlerin tahmininde etkin olarak kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Bu alanda yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Ayan ve arkadaşları “ Fotovoltaik (FV) sistemin yapay zekâ algoritması ile güç tahmini “adlı çalışmasında çevresel faktörleri göz önüne alarak FV sistemin üreteceği gücü tahmin etmeye çalışmışlardır. Ortam sıcaklığı, nem, radyasyon, panel sıcaklığı, rüzgar hızı vb. çevresel faktörleri göz önüne alarak yapay zekâ yöntemlerinden YSA ile FV panelin üreteceği gücü hesaplamışlardır. Ortalama mutlak yüzde hatayı (MAPE) %6,6 ve başarı oranı R^2 'yi %98,9 olarak bulmuşlardır. YSA' nın performansı istatistiksel tekniklerden çoklu regresyon analizi ile karşılaştırmışlardır. YSA' nın, FV panellerinin ürettiği gücü doğru tahmin ettiğini göstermişlerdir [9].

Dandıl ve arkadaşları YSA Kullanılarak FV panel güç çıkışlarının tahmini ve sezgisel algoritmalar ile karşılaştırılması adlı çalışmasında YSA ile altı farklı konuma yerleştirilen panellerden elde edilen güç değerlerini tahmin etmişlerdir. Parçacık sürü optimizasyonu(PSO) optimizasyon algoritmasına dayalı YSA ile Geriye Yayılım (GY) ve bir diğer optimizasyon algoritması olan Klonal seçim algoritması (KSA) ile eğitilen YSA modellerinden yararlanılmıştır. Her üç kriterden elde edilen doğrulama sonuçları incelendiğinde, hemen hemen tüm aylar için PSO algoritması ile eğitilen YSA yapısının, KSA ve GY algoritmaları ile eğitilen YSA yapılarına göre daha başarılı olduğu görülmüştür. Bazı sonuçlarda ise GY ile eğitilen YSA

yapısının, PSO ile eğitilen YSA yapısına göre, sonuçlar birbirine yakın olmakla birlikte daha başarılı olduğu anlaşılmıştır [10].

Su ve arkadaşları, FV sistemlerin çıkış gücü ve enerji verimliliği için yeni gerçek zamanlı tahmin modelleri geliştirmişlerdir. Bu modelleri Macau'daki şebeke bağlantılı güneş FV sisteminin ölçülen verilerini kullanarak doğrulamışlardır. Her iki zaman aralığı da yıllık ortalama ve aylık ortalamalara göre hesaplamışlardır. Sistem verimliliği için çevrimiçi tahmin modeli, tahmin edilen çıktı gücünün tahmin edilen güneş ışınlamaya oranına dayanmaktadır. Bununla birlikte, çoğu FV sistemi bu dönem boyunca en verimli şekilde çalıştığı için uygulayıcılar için halen faydalı bir amaç olabilmektedir [11].

Lorenz ve arkadaşları, FV bir sistemden elde edilen güç tahmini için radyasyonun etkisini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada Avrupa Orta Vadeli Hava Durumu Tahminleri Merkezi (ECMWF) tarafından öngörülen üç gün öncesine dayanan tahminlere dayalı olarak bölgesel FV enerji çıktılarının tahminine yönelik bir yaklaşım sunmuşlar ve Almanya da bölgesel olarak veya Almanya'nın tamamı için RMSE değeri hesaplamışlardır. Bu çalışmalarında FV güç tahmininin doğruluğunu araştırmışlardır [12].

Yona ve arkadaşları çalışmasında FV sistemin güç çıkışının olabildiğince doğru tahmin edilebilmesi için karmaşık hesaplamalara ve matematiksel modellere ihtiyaç duyulmadan da yapılabileceğini göstermişlerdir. Bu çalışmada, bir gün öncesi 24 saatlik güneşlenmeyi tahmin edebilmek için YSA'nın şu modelleri seçilmiştir: İleri 3 Beslemeli Sinir Ağı (FFNN), Temel Radyal Fonksiyonlu Sinir Ağı (RBFNN) ve Tekrarlayan Sinir Ağı (RNN). Seçilen bu modellerde en iyi sonuçların RBFNN ve RNN modellerinin verdiğini gözlemişlerdir. Çalışmanın sonuç bölümünde FV sistemlerde iyi bir tahmin aracı olarak YSA modellerinden faydalanılabileceği belirtilmiştir [13].

YSA'nın gelecek zamanların tahmini için kullanıldığı alanlardan birinin de elektrik enerjisi talep tahmini olduğu bilinmektedir. Geleceğin enerji tahmini için yapılan birçok çalışmaya göre, yapay sinir ağlarının (YSA) geleneksel metotlara oranla daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir (27). Hamzaçebi ve Kutay, uzun dönemli elektrik enerjisi tüketimi tahmininde yapay sinir ağlarını kullanmışlardır. 1970-2002 yılları arasındaki elektrik enerjisi tüketim değerleri, nüfus bilgileri ile model kurulmuştur ve 2003-2010 arasındaki tahmin yapılmıştır. YSA yöntemi ile elde edilen sonuçlar ile, Box-Jenkins modeli ve regresyon tekniği ile kıyaslanmıştır. Çalışmanın sonucunda, elektrik enerjisi tüketiminin tahmininde, yapay sinir ağları tekniğinin tahminleme için iyi bir araç olduğu saptanmıştır [14].

Mellit ve arkadaşları Cezayir bölgesi için yaptıkları bir çalışmalarında, uzak bölgeler için ortalama aylık netlik indeksi ve toplam güneş radyasyonu verilerini sıralamak için uygun bir sinirsel-bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) modeli sunmuşlar ve bu modelden elde edilen sonuçları YSA modelleri ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda ölçülen değerlerin ve tahmin değerlerinin olumlu bir şekilde karşılaştırıldığı ve ölçülen ve tahmini değerler arasında RMSE, MAPE değerlerinin sonuçları verilmiştir. Ayrıca çalışmanın sonucunda sıcaklık, nem ve rüzgar hızı gibi farklı meteorolojik parametrelerin de tahminleme de kullanılabileceğini göstermişlerdir [15].

Li ve arkadaşları, kısa vadeli güneş ışıınım tahmin algoritmalarının, makine öğrenme metodolojilerine, Gizli Markov Modeli' ne ve SVM regresyonuna dayanarak Avustralya Meteoroloji bürosundan alınan verileri kullanarak Matlab ara yüzünde geliştirdikleri bir tahmin platformu oluşturmuşlardır. Deneysel sonuçlara göre, makine öğrenme tabanlı tahmin algoritmalarının, farklı hava koşullarında gelecek 5-30 dakika güneş ışıınımını tam olarak tahmin edebildiğini göstermişlerdir [16].

3. Materyal ve Metot

Bu çalışmada Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Elazığ ili Şahinkaya Mevkiinde kurulu olan bir güneş enerji santralinin 2018 Ocak-2019 Aralık ayı arasındaki 24 aylık üretim verilerinin Meteorolojik verilere (Günlük Ortalama Nispi Nem (%),Günlük Ortalama Sıcaklık (°C), Günlük Toplam Global Güneş Radyasyonu (kWsaat/m²)) bağlı olarak tahmini yapılmıştır. GES' e ait üretim bilgileri GES 'ten alınmıştır. Meteorolojik veriler ise MEVBİS'ten alınmıştır. Çalışmada uygulanacak YSA modeli MATLAB (R2018 Sürümü) yazılımı ile eğitilerek gerçekleştirilmiştir.

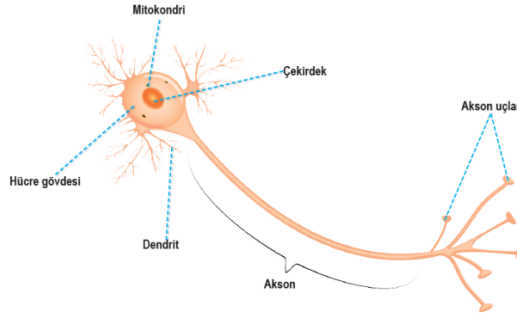
Güneş enerji santrali Elazığ il merkezinde bulunmaktadır. EPDK tarafından üretim lisansı verilen proje Türkiye'de ilk lisans alınan güneş enerjisine dayalı elektrik üretim projesi olma özelliğine sahiptir. 8MW kurulu gücüne sahip GES 28776 güneş panelinden oluşmaktadır. Santral Elazığ-3 TM 154 kV barası üzerinden TEİAŞ sistemine bağlanmıştır. Tesis 14.10.2016 tarihinde işletmeye açılmıştır. GES'e ait fotoğraf Şekil-3'de verilmiştir.



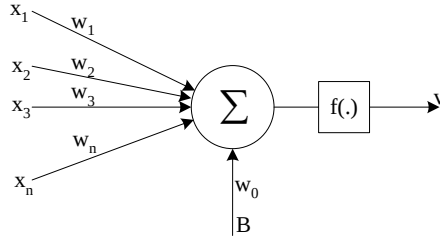
Şekil 3. Güneş enerji santrali

YSA, özellikle bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle beraber mühendislik alanında çok geniş bir uygulama alanı bulmuştur. YSA, biyolojik nöron hücrelerinin yapısı ve öğrenme karakteristiklerinden esinlenerek geliştirilen bir hesaplama sistemi olarak tanımlanmaktadır [17-18]. Öğrenme işlemini örnekler yardımı ile gerçekleştirirler [19].

Günümüzde yaygın olarak kullanılan başlıca yapay zekâ yöntemleri, uzman sistemler, bulanık mantık (BM), genetik algoritma (GA) ve YSA' dır .YSA, insan beyninin çalışma ilkesini yapay olarak modellemeyi amaçlar. Sinir ağları insan beynindeki nöronlara benzer olarak bir araya getirilen yapay nöronların değişik bağlantı geometrisi ile birbirlerine bağlanması sonucu oluşan sistemlerdir [20, 21]. Şekil 4a ve 4b' de doğal bir nöronun ve yapay bir sinir ağının şematik yapısı görülmektedir.



Şekil 4a: Biyolojik bir nöron hücresi



Şekil 4b: Yapay sinir ağı hücresi

Şekil 4b’deki gibi elde edilen bir yapay sinir hücresinin matematiksel modeli Eşitlik 1 ve Eşitlik 2’deki gibi çıkartılabilir.

$$\text{net} = \sum_{i=1}^m x_i w_i + Bw_0 \quad (1)$$

$$v = f(\text{net}) \quad (2)$$

Eşitliklerde kullanılan x girişleri, w ise ağırlık vektörünü gösterir. $f(.)$ fonksiyonu ise, net girişlerin değerlendirildiği bir aktivasyon fonksiyonudur.

YSA, yapay sinir hücrelerinin çeşitli şekillerde birbirleriyle bağlanmasından elde edilir. YSA’nın düğümleri ve bağlantıları çok değişik biçimlerde bir araya getirilmesine karşın denetim alanında daha çok ileri beslemeli ve geri beslemeli ağlar olmak üzere iki çeşit YSA mimarisi kullanılmaktadır [20, 21].

YSA makine öğrenmesinde de yaygın olarak kullanılan bir modeldir. İnsan beyninin yapısından esinlenilerek tasarlanan, örüntü tanıma ve hata minimizasyonuna dayalı bir yöntemdir. Biyolojik sinir ağlarının temel özelliklerini içeren en basit yapay nöron modeli, 1943 yılında McCulloch ve Pitts tarafından geliştirilen *threshold logic units* modelidir. 1958 yılında Rosenblatt tarafından geliştirilen Perceptron modeli ise *threshold logic units* modeline, Hebb öğrenme modelinin uyarlanması ile geliştirilen öğrenen bir yapay sinir ağı modelidir. 1980’li yıllarda geliştirilmiş olan çok katmanlı perceptron modeli, özellikle geri yayılım öğrenme algoritması kullanılarak sınıflandırma problemlerinin çözümünde başarı sağlamış ve YSA alanında yeni bir dönemin başlangıcını oluşturmuştur [22, 23].

Bu çalışmada GES’e ait üretim değerleri, Günlük Ortalama Nispi Nem (%), Günlük Ortalama Sıcaklık (°C), Günlük Toplam Global Güneş Radyasyonu (kwsaat·m²) toplam 730 satır veri Excel paket programına kaydedilmiştir. Daha sonra tüm veriler [0,1] arasında Min – Max normalizasyon yöntemi kullanılarak ölçeklendirilmiştir [24]. Normalizasyon, YSA modelinin ağ girişi ve çıkışlarına bazı ön işleme adımlarının uygulanmasıyla, YSA’ya sunulan verilerin daha verimli hale getirilmesi

işlemini ifade etmektedir. Kaydedilen bazı veriler ve normalizasyon işlemi sonucunda elde edilen bazı veriler Tablo-1’de verilmiştir.

Tablo-1: Santrale ait bazı Günlük Ortalama Nispi Nem (%),Günlük Ortalama Sıcaklık (°C), Günlük Toplam Global Güneş Radyasyonu (kwsaat÷m²) verileri ve normalize edilmiş veriler

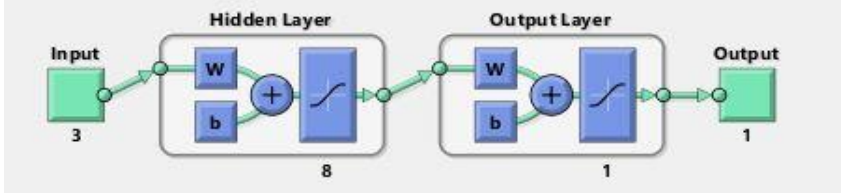
Tarih	Üretim	Günlük Ort. sıcaklık	Günlük Toplam Global güneş rad.	Günlük ort. Nispi Nem	Günlük ort. sıcaklık Norm.	Günlük Toplam Global Güneş RadNorm	Günlük Ort. Nispi Nem Norm.	Üretim Norm.
	MWH	°C	kWh/m ²	%	°C	kWh/m ²	%	MWh
01.01.18	9	6,4	0,8	83	0,297003	0,082353	0,83193	0,14090
2.01.18	39	4,6	2,6	60,2	-0,75204	0,294118	0,55822	0,61964
3.01.18	31	2,5	2,3	71,2	0,06812	0,258824	0,69027	0,48813
4.01.18	7	4,9	0,6	75,4	0,86649	0,058824	0,74069	0,11542
5.01.18	18	5	0,3	78,4	0,135497	0,023529	0,77671	0,28864
6.01.18	41	5,3	2,7	70,5	0,144414	0,305882	0,68187	0,64480
7.01.18	43	4,3	2,9	70,3	0,117166	0,329412	0,67947	0,67791
8.01.18	43	3,1	2,8	72,1	0,084469	0,317647	0,70108	0,68333
9.1.18	39	2,7	2,7	71,1	0,073569	0,305882	0,68907	0,62808
10.01.18	32	4,1	2,9	56,6	0,111717	0,329412	0,51500	0,50406
1.12.19	4	9,5	0,5	90	0,258856	0,047059	0,91596	0,06368
2.12.19	23	6,9	1,6	80	0,188011	0,176471	0,79591	0,36618
3.12.19	35	3,7	2,7	64	0,100817	0,305882	0,60384	0,55723
4.12.19	21	2,8	1,8	77,8	0,076294	0,2	0,76950	0,33434
5.12.19	2	3,7	0,3	87,2	0,100817	0,023529	0,88235	0,03184
6.12.19	6	3,8	0,7	92,6	0,103542	0,070588	0,94717	0,09552
7.12.19	35	3,7	2,5	81,7	0,100817	0,282353	0,81632	0,55723
8.12.19	12	3,1	1,1	80	0,084469	0,117647	0,79591	0,19105
9.12.19	18	3,2	1,8	75	0,087193	0,2	0,73589	0,28657
10.12.19	4	5,3	0,5	78,1	0,144414	0,047059	0,77310	0,06368

4. Bulgular

Güneş enerjisi potansiyeli tahmini yapmak için YSA modelini oluşturduktan sonra eğitim ve test sürecine geçilmiştir. YSA modelinde girdi olarak üç tane meteorolojik parametre (Günlük Ortalama Nispi Nem (%),Günlük Ortalama Sıcaklık (°C), Günlük Toplam Global Güneş Radyasyonu (kWh/m²)) girilmiş GES’in üretim verileri tahmin edilmiştir.

YSA parametreleri (eğitim fonksiyonu, gizli transfer fonksiyonu, gizli katmandaki nöron sayıları, çıktı fonksiyonu gibi) değiştirilerek pek çok model denenmiş ve en uygun model bulunmaya çalışılmıştır. İleri beslemeli geri yayılım (feed-forward-backrop) algoritması, learnrnm öğrenme fonksiyonu ve oluşturulan veri setlerinin eğitilmesi amacıyla Levenberg Marquand (trainlm) eğitim algoritması, aktivasyon fonksiyonu olarak tanjant sigmoid fonksiyonu (tansig) kullanılarak YSA modeli

oluşturulmuştur. Tasarlanan YSA modeli 1000 iterasyon yapılarak eğitilmiştir. “0” hata $1e-7$ gradient değeri kullanılmıştır. Tasarlanan sistemin modeli Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 5.Tasarlanan YSA Modeli

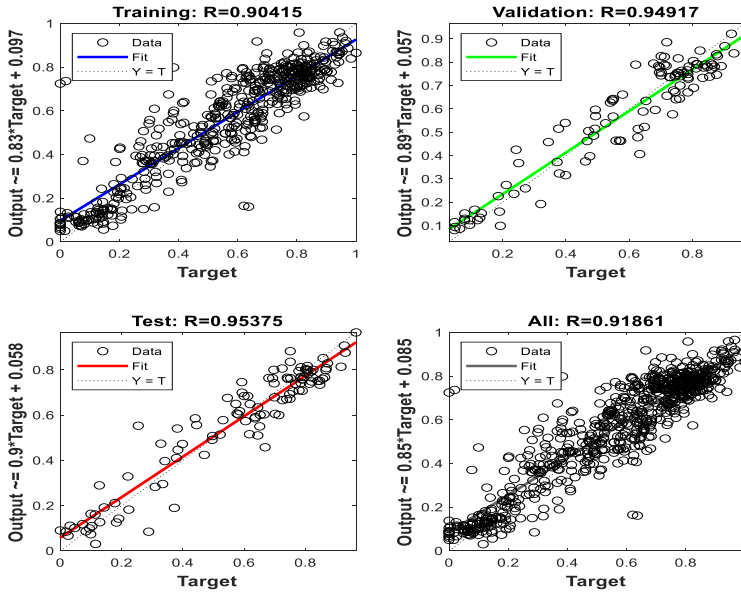
Çalışmadan elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde iki adet değerlendirme indeksi kullanılmıştır. Bunlardan biri; Ortalama Hata Karesi (MSE) ve elde edilen tahmin değerleri ile gerçekleşen üretim değerleri arasındaki ilişkiyi veren Korelasyon Katsayısı (R)’dır [25]. R ve MSE hesabında kullanılan denklemler Eşitlik 3 ve Eşitlik 4’de verilmiştir.

$$R = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}} \quad (3)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_1)^2 \quad (4)$$

Burada, y gerçek veriyi ve $\bar{y}$ parametreleri tahmin edilen değerlerini göstermektedir. R^2 0-1 arasında değişen değerler almaktadır. Bu değer 1’e yaklaşması modelden hesaplanan değerler ile gerçekte ölçülen RES üretim değerleri arasındaki ilişkinin güçlü olduğu anlamına gelmektedir. R^2 değeri 1’e ne kadar yakınsa model o kadar hassas demektir [26].

Modelleme performans gösteriminde gerçekte olması gerekli çıkışla YSA çıkışının karşılaştırılması sonucu test eğitim ve doğrulama verileriyle birlikte tüm data sonuçlarının regresyon eğrileri Şekil 6’da verilmektedir. Sonuçlara bakıldığında, bütün veriler için regresyon değerlerinin 1’e yakın olduğu görülmektedir. YSA model çıkış değerlerinin gerçek verilere çok yakın değerler olduğu tespit edilmiştir. Önerilen modelin performansı yani Ortalama Hata Karesi (MSE) değeri 0.00908 bulunmuştur.



Şekil 6. Test, eğitim ve doğrulama verilerinin ve tüm datanın sonuçlarına ait regresyon eğrileri

Bu süreçler sonucunda elde edilen eğitilmiş YSA'nın performansını test etmek amacıyla Ocak 2018 yılına ait bazı üretim verileri ile YSA'nın ürettiği tahmin verileri karşılaştırılarak Tablo 2'de verilmiştir. Tahmin edilen değerlerin gerçek değerlere çok yakın değerler aldığı görülmüştür.

Tablo 2. Santrale ait bazı üretim değerleri ve YSA tarafından tahmin edilen değerler

Tarih	Üretim Norm.	YSA Tahmini Normalize
01.01.2018	0,14090113	0,10710588
02.01.2018	0,619646553	0,65391958
03.01.2018	0,488138831	0,40894876
04.01.2018	0,11542748	0,10214875
05.01.2018	0,288648304	0,0985242
06.01.2018	0,644801783	0,47253841
07.01.2018	0,677917529	0,52993253
08.01.2018	0,68333068	0,52043956
09.01.2018	0,6280847	0,50396666
10.01.2018	0,504059863	0,53902169

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada Elazığ ili Şahinkaya Mevkiinde bulunan 8 MW Kurulu gücü olan güneş enerji santralinin üretim değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Güneş enerjisi potansiyeli tahmini yapmak için YSA modeli tasarlandıktan sonra eğitim ve test aşamasına geçilmiştir. YSA modelinde girdi olarak üç tane meteorolojik parametre (Günlük Ortalama Nispi Nem (%), Günlük Ortalama Sıcaklık (°C), Günlük Toplam Global Güneş Radyasyonu (kwsaat/m²)) kullanılarak GES'in üretim verileri tahmin edilmiştir. Test sonuçlarına bakıldığında, modelin yaptığı tahminlerin güvenilir ve tutarlı olduğu tespit edilmiştir. Gerçekte olması gereken çıkışla YSA çıkışının karşılaştırılması sonucu test, eğitim ve doğrulama verileriyle birlikte tüm datanın sonuçlarının regresyon değerleri 1'e yakın çıkmıştır. Bu değerlerin 1'e yakın çıkması tasarlanan modelin başarılı olduğunu göstermektedir. Farklı jeolojik konumda bulunan santrallerin veya diğer enerji türündeki santrallerin üretim verileri aynı yöntemle hesaplanabilir.

Kaynaklar

- [1] Gulfer, V., 2020. How do output, trade, renewable energy and non-renewable energy impact carbon emissions in selected sub-saharan african countries?. Resources Policy. 69, 101840.
- [2] WHO, 2017. WHO J. Preventing Non-Communicable Diseases (NCDs) by Reducing Environmental Risk Factors. World Health Organization, Geneva.
- [3] <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-GunlukGuneslenme-Suresi-2019.pdf>. Erişim tarihi: 01.08.2020.
- [4] <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Yillik-G%C3%BCnes-Radyasyonu-2019.pdf>. Erişim tarihi: 01.08.2020.
- [5] <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/> Erişim tarihi: 01.08.2020.
- [6] <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>. Erişim tarihi: 26.10.2020
- [7] http://www.enerji-dunyasi.com/yayin/324/ruzgar-ve-guneste-yuzde-20-lik-paya-ulasilabilir_24261.html#.X5qdaYgzZPY.
- [8] Öztürk, H.H., 2019. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimindeki Gelişmeler. Young Scholars Union (YSU) Congress. Prague, Çek Cumhuriyeti.

- [9] Ayan, S.M.İ., 2018. Fotovoltaik Sistemin Yapay Zekâ Algoritması İle Güç Tahmini. Kırklareli Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli.
- [10] Dandıl, E. Ve Gürgen, E., 2019. Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Fotovoltaik Panel Güç Çıkışlarının Tahmini ve Sezgisel Algoritmalar ile Karşılaştırılması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi. 16, 146-158.
- [11] Su, Y., Chan, L., Shu, L. ve Tsui, K., 2012. Real-time prediction models for output power and efficiency of grid-connected solar photovoltaic Systems. Applied Energy. 93, 319-326.
- [12] Lorenz, E., Hurka, J., Heinemann, D. ve Beyer, H., 2009. Irradiance Forecasting for the Power Prediction of Grid-Connected Photovoltaic Systems. IEEE Journal of Selected Topics In Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2(1), 2-10.
- [13] Yona, A., Senjyu, T., Saber, A., Funabashi, T., Sekine, H. ve Kim, C., 2007. Application of Neural Network to One-Day-Ahead 24 hours Generating Power Forecasting for Photovoltaic System. 2007 International Conference on Intelligent Systems Applications to Power Systems.
- [14] Hamzaçebi, C. ve Kutay, F., 2004. Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini. Gazi Üniversitesi. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi. 19, 227-233.
- [15] Mellit, A. and Kalogirou, S., 2008. Artificial intelligence techniques for photovoltaic applications: A review. Progress In Energy And Combustion Science. 34(5), 574-632.
- [17]. Türkoğlu, İ., ve Hanbay, D., 2001. Yapay Sinir Ağı ve HFD Kullanarak DTMF Sinyal Örüntülerini Tanıma Sistemi. Elektrik - Elektronik – Bilgisayar Mühendisliği 9. Ulusal Kongresi. 431-434, Kocaeli.
- [18] Şengür, A., Türkoğlu, İ., ve İnce, M.C., 2005. Eğitici-siz Yapay Sinir Ağları ile Görüntü Bölütleme Uygulamaları. IEEE 13. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı. 271- 274, Kayseri.
- [19] Öztemel, E., 2003. Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- [20] Genç, Ç., 2005. FSDAM' ın Bulanık-Sinirsel Denetleyici ile Konum ve Hız Denetimi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [21] Serhatlıoğlu, S., Hardalaç, F., 2009. Yapay Zeka Teknikleri ve Radyolojiye Uygulanması. Fırat Tıp Dergisi. 14(1), 1-6.

- [22] Uğuz, S., 2019. Makine Öğrenmesi Teorik Yönleri ve Python Uygulamaları ile Bir Yapay Zeka Ekolü. Nobel Yayıncılık. Ankara.
- [23] Şenol, Ü. , Musayev, Z., 2017. Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretiminin Yapay Sinir Ağları İle Tahmini. Bilge International Journal of Science and Technology Research 1(1), 23-31.
- [24] Gök, A.O.,Yıldız,C., Şekkeli, M., 2019. Yapay Sinir Ağları Kullanarak Kısa Dönem Güneş Enerjisi Santrali Üretim Tahmini: Kahramanmaraş Örnek Çalışması. Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, ISSN: 2667-8764 , 1(2), 186-195.
- [25] Kalogriou, S.A., 2000. Applications of artificial neural-networks for energy systems. Applied Energy. 67: 17-35.
- [26] Li, J., Ward, J., Tong, J., Collins, L., and Platt, G., 2016. Machine learning for solar irradiance forecasting of photovoltaic system. Renewable Energy. 90, 542-553.

CHAPTER 3

International Studies on Natural and Engineering Sciences

**Graphene/Polymer Nanocomposites (Betül Gürünlü,
Çiğdem Taşdelen-Yücedağ)**

Graphene/Polymer Nanocomposites

Betül Gürünlü¹, Çiğdem Taşdelen-Yücedağ²

¹Gebze Technical University, Institute of Nanotechnology, 41400, Gebze, Kocaeli, Turkey, E-mail: bgurunlu@gtu.edu.tr

²Gebze Technical University, Chemical Engineering Dept., 41400, Gebze, Kocaeli, Turkey, E-mail: cigdem@gtu.edu.tr

1. Introduction

After the discovery of "graphene", a wonderful material in 2004, the studies on graphene-based composites have gained momentum. Graphene is utilized for developing the electrical, mechanical, thermal, and gas barrier features of the polymers by dispersing adequately within the matrix. The graphene adding to the polymer matrices enables superior optical/photonic transportation, fluorescence quenching, anisotropic transport, and low permeability [1]. The key points of polymer based composites design are the aspect ratio of the filler material and the nature of interface between the matrix and graphene. Although there are many fillers for polymer matrices, graphene is promising material thanks to its parallel physical properties and low-cost production comparing to carbon nanotubes (CNTs) [2].

As the synthetic polymers are generally obtained from petroleum and are not able to degrade biologically at nature, they build a negative effect on the environment. Instead of the synthetic polymers, natural polymers are used. The widely used natural polymers are wool, cellulose, DNA, proteins, silk, lipids, such as oils, fats, chitosan, lignin, polysaccharides, poly(lactic) acid.

The physiochemical properties of polymers such as densities, conductivity, strength, transparency, ionizibility, hydrophobicity, tensile strength, crystallinity, toughness, and degradability can be adjusted by tuning the polymer matrices [3].

In order to enhance the features of polymers such as electrical conductivity, a homogeneous dispersion of graphene in the polymer matrices is obtained by providing the modification of surface of graphene. The polarity of polymeric backbone affects the graphene distribution in the polymer matrices. Due to the interactivities between the layers of graphene and hydrophilic polymer chains, a hydrophilic polymer induce the layers of graphene to cumulate.

Polymers are classified according to their chemical and physical properties. The elastomers are highly stretchable thanks to the cross-linked long chains in their structure [4,5]. On the contrary, epoxy resins include

rigid and cross-linked segments, therefore their mechanical strength, hardness and brittleness are extremely high. [6,7]. As thermoplastics are formed by ordered domains such as crystalline, they are suitable for shaping, melting, recycling and processing operations.

Kim et al. discussed melt- and solvent-based methods for dispersing or thermally and chemically reduced graphene oxide into polymer materials [8]. Hu et al. proposed different fabrication methods suitable for effectually integrating the powerful and pliable graphene-based constituents into polymer matrices by use of strong and weak interfacial interactions present in functional graphene layers [3].

In this review, we discussed the synthesis and characterization methods, the properties and characteristics, and the application fields of graphene/polymer nanocomposites.

2. The Synthesis Methods for Graphene/Polymer Nanocomposites

Numerous preparation methods has been introduced in previous studies, solution compounding, melt blending, in situ polymerization are the most significant ones among them.

2.1. Solution compounding

A solution compounding method is suitable for soluble and moldable polymers, e.g. nafion [9], polyvinyl alcohol (PVA) [10,11], polyurethane [12,13].

In this method, a polymer is dissolved in a specific solvent and mixed with graphene or its derivatives without using any compatibilizers. After obtaining the complete mixing, the used solvent is vaporized. In solution compounding method, polymer covers the graphene layers. While the evaporation of the solvent, the graphene layers are reunited and overlapped the polymer to build the nanocomposite.

The electrical conductivity of synthesized composites have higher than the synthesized composites via the melt mixing method [14]. Jiang et al. synthesized graphene/polyvinyl alcohol nanocomposites via solution compounding method. Obtained products have improved thermal and mechanical properties than the raw polymer [15].

2.2. Melt Blending

Melt blending process is an widely chosen technique for synthesizing graphene/polymer nanocomposites. Thermoplastic polymers are more suitable for this method. In this technique, the polymer material is melted and

then it is mixed with the specified amount of the graphene by using an extruder under the inert atmosphere. This technique has some advantages over the other methods such as solution compounding and in-situ polymerization method. These advantages are being environmentally friendly due to use of organic solvents, low-cost, suitable for scale-up [16].

Kádár et al. developed a new three dimensional hierarchical synthesis method for graphene/polymer nanocomposites by easy melt mixing method, that presents an industrially suitable and scalable way [17]. The synthesized graphene nanocomposites that including an electrical percolation threshold which equals to 0.94 wt% akin to graphene/polymer nanocomposites which is obtained by solution mixing.

Vickery et al. synthesized macroscopic sponge-like graphene/polymer (polystyrene sulfonate) scaffolds via direct freeze casting and produced hollow graphenes on positively charged polymer (polystyrene sulfonate) beads by assembling electrostatically induction [18].

Liu et al. developed an efficient technique for simple preparation of graphene/polymer composites from graphite on an amphiphilic block copolymer (poly(pyrenemethyl acrylate)-b-poly[(polyethylene glycol) acrylate] (polyPA-b-polyPEG-A)) matrix in both aqueous and organic medium via the help of sound energy [19]. They prepared thin films of graphene/polymer nanocomposites by filtering of graphene dispersion under vacuum including mixed cellulose ester membrane.

2.3 In situ polymerization

In in-situ polymerization method, graphene is enlarged in the liquid monomer. The appropriate initiator is diffused into the swollen graphene into polymer monomer, then polymerization starts by applying heat or radiation [20].

In-situ polymerization is used to produce polymer brushes on two sides of the graphene in order to form sandwich-type shaped graphene/polymer composites, where the layers of polymers are over the each side of graphene sheets [21].

Graphene tends to aggregate and represent poor solubility. These properties limit the application of this method. During the oxidant addition, it should be pay attention for preventing the agglomeration of chemically converted graphene [22].

3. The Characterization Methods of Synthesized Graphene/Polymer Composites

Atomic Force Microscopy (AFM) analysis is done for revealing the thickness of the synthesized graphene/polymer composites. Liu et al. benefited from AFM analysis for measuring the thickness of the synthesized graphene- Poly(2-(dimethylamino) ethyl acrylate) (PDMAEA) [23].

The bond structure of synthesized graphene/polymer composites are identified by Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. Gu and Carpentier evaluated the reduction of graphene oxide and surface coating by polydopamine (PDA) by means of FTIR [24].

In Zhao et al.'s study, they observed that most of the graphene oxide sheets are cleaved and completely dispersed in the polyvinyl alcohol matrix via Field Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM) [25].

The electrical conductivity of synthesized graphene/polymer composites was also determined. It is understood from Liu et al.'s study, the larger polyPEG-A fragments causes the higher resistance and lower electrical conductivity for the prepared composites [19].

4. The Application Fields of Graphene/Polymer nanocomposites

Graphene/polymer nanocomposites are functional materials which having the usage area ranging from transportation, biomedical industry, memory chips, optoelectronics, sensors, electrodes for solar cells and electromagnetic interference shielding as summarized in Figure 1[26,27].

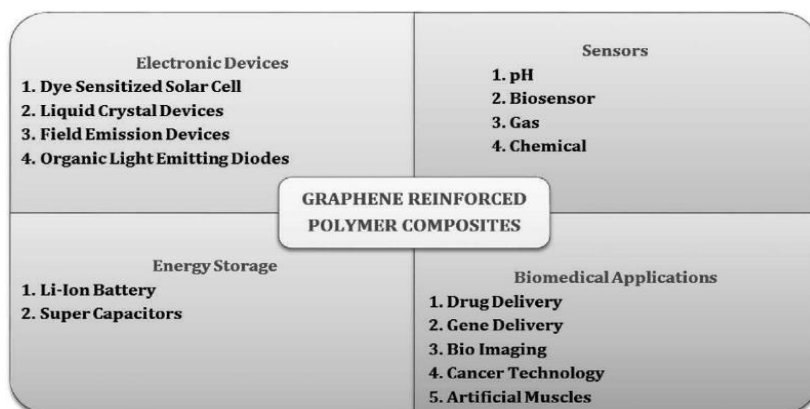


Figure 1. Applications of graphene-assembled polymer composites [28].

4.1 Fuel cells

Graphene is used as catalyst support for the reduction of oxygen and the oxidation of methanol and has functions as counter and window electrode in fuel cell [29,30].

Graphene added polymers such as poly (styrene sulphonate), poly (3,4-ethylenedioxythiophene), and poly(3-hexylthiophene) have presented much better consumption of power yield of 4.5 % comparing with the ordered polymer counter electrode (2.3 %) [31].

4.2 Sensors

Sensors can be synthesized the assembly of nanofiller and conducting polymers. The produced sensors can be used in various applications (Table 1) for detecting temperature, pressure, strain sensors, pH thanks to their high electrical conductivities. Graphene nanoripple was synthesized in order to build extremely supersensitive sensors by doping graphene stripes onto the prestrained substrate of polymer [32].

Table 1. Graphene/polymer composites for biosensors applications

Sensor type	Graphene/polymer composite	Ref.
Temperature	Graphene/ZnO/PVDF	33
Hemoglobin	TPP/HPCD-GO	34
Glucose	Graphene/GOD/PEI	35
	Graphene/CHI/GOD	36
	GOD/graphene/Pt/CHI	37
Adenine and Guanine	Graphene/GC/Nafion	38
Uric acid	CHI/Graphene	39
Thrombonodulin (related to tumor progression or metastasis)	Graphene/Nafion/Pt-Pt oxide	40
Cancer cells	PTCA/Graphene	41,42
	PET/Graphene	

Abbreviations: HPCD, hydroxypropyl-b-cyclo-dextrin; ZnO, zinc oxide; PVDF, poly(vinylidene fluoride); GOD, glucose oxidase; TPP, tetra-phenyl-porphyrin; PTCA, perylene tetracarboxylic acid

4.3 Gas Barriers

Graphene and graphene oxide derivatives are utilized as filler materials in gas barrier of polymer nanocomposites. Cui et al. studied on the usage of graphene in different polymer matrices by applying solution and melt mixing, in situ polymerization and layer-by layer techniques [43].

4.4 Photovoltaic cells

Photovoltaic cells can be clean, renewable and environmentally friendly alternative for the increasing global energy demand due to the decreasing resources of highly air pollutant fossil fuels. The nearly %90 of photovoltaic cells that are currently presented at market are heavily based on silicon (Si) as semiconductor material as its conversion efficiency around 18-24%. On the other hand, its drawbacks are being expensive and limitedly available. Graphene/polymer nanocomposites are used for manufacturing of dye-sensitized solar cells thanks to its superior electrical conductivity, optical transparency, and carrier mobility [44,45].

5. Conclusion

Graphene/polymer nanocomposites are promising materials that are used in many application fields. They provide solutions to environmental problems that humankind will face in near future such as green energy, pure water, fresh air.

6. References

1. Chen, T., Zhao, Y., Pan, L. et al. (2015) Insight into effect of hydrothermal preparation process of nanofillers on dielectric, creep and electromechanical performance of polyurethane dielectric elastomer/reduced graphene oxide composites. *J Mater Sci: Mater Electron.* 26,10164–10171.
2. Cai, D. and Song, M. (2010) Recent advance in functionalized graphene/polymer nanocomposites. *J. Mater. Chem.* 20,7906-7915.
3. Hu, K., Kulkarni, D. D., Choi, I., Tsukruk, V. V. (2014) Graphene-polymer nanocomposites for structural and functional applications, *Progress in Polymer Science*, 39(11), 1934-1972.
4. Dongyu, C., Kamal, Y., Mo, S. (2009) The mechanical properties and morphology of a graphite oxide nanoplatelet/polyurethane composite. *Nanotechnology.* 20, 085712.

5. Kai, W., Hirota, Y., Hua, L., Inoue, Y. (2008) Thermal and mechanical properties of a poly(ϵ -caprolactone)/graphite oxide composite. *J Appl Polym Sci.* 107,1395–400.
6. Fang, M., Zhang, Z., Li, J., Zhang, H., Lu, H., Yang, Y. (2010) Constructing hierarchically structured interphases for strong and tough epoxy nanocomposites by amine-rich graphene surfaces. *J Mater Chem.* 20,9635–43.
7. Bao, C., Guo, Y., Song, L., Kan, Y., Qian, X., Hu, Y. (2011) In situ preparation of functionalized graphene oxide/epoxy nanocomposites with effective reinforcements. *J Mater Chem.* 21,13290–8.
8. Kim, H., Abdala, A. A., Macosko, C. W. (2010) Graphene/Polymer Nanocomposites. *Macromolecules.* 43(16), 6515–6530.
9. Enotiadis, A., Angjeli, K., Baldino, N., Nicotera, I., Gournis, D. (2012) Graphene-Based Nafion Nanocomposite Membranes: Enhanced Proton Transport and Water Retention by Novel Organo-functionalized Graphene Oxide Nanosheets. *Small.* 8(21),3338–3349.
10. Bao C, Guo Y, Song L, Hu Y (2011) Poly(vinyl alcohol) nanocomposites based on graphene and graphite oxide: a comparative investigation of property and mechanism. *Journal of Materials Chemistry.* 21(36),13942–13950.
11. Khilari S, Pandit S, Ghangrekar MM, Pradhan D, Das D (2013) Graphene Oxide-Impregnated PVA–STA Composite Polymer Electrolyte Membrane Separator for Power Generation in a Single-Chambered Microbial Fuel Cell. *Industrial & Engineering Chemistry Research.* 52(33),11597–11606.
12. Kim, H., Miura, Y., Macosko, C.W. (2010) Graphene/Polyurethane Nanocomposites for Improved Gas Barrier and Electrical Conductivity. *Chemistry of Materials.* 22(11),3441–3450.
13. Sun, X., Sun, H., Li, H., Peng, H. (2013) Developing Polymer Composite Materials: Carbon Nanotubes or Graphene? *Advanced Materials.* 25(37),5153–5176.
14. Kim, S., Do, I. and Drzal, L.T. (2009) Multifunctional xGnP/LLDPE Nanocomposites Prepared by Solution Compounding Using Various Screw Rotating Systems. *Macromol. Mater. Eng.* 294, 196–205.
15. Jiang, L., Shen, X.P., Wu, J.L, Shen, K.C. (2010) Preparation and characterization of graphene/poly (vinyl alcohol) nanocomposites. *J Appl Polym Sci.* 118, 275–279.

16. Rane, A. V., Kanny, K., Abitha, V.K., Thomas, S. (2018) Methods for Synthesis of Nanoparticles and Fabrication of Nanocomposites. Editor(s): Bhagyaraj, S. M., Oluwafemi, O. S., Kalarikkal, N., Thomas, S. In Micro and Nano Technologies, Synthesis of Inorganic Nanomaterials, Woodhead Publishing, 121-139.
17. Kádár, R., Gaska, K. & Gkourmpis, T. (2020) Nonlinear “oddities” at the percolation of 3D hierarchical graphene polymer nanocomposites. *Rheol Acta*. 59, 333–347.
18. Vickery, J.L., Patil, A.J. and Mann, S. (2009) Fabrication of Graphene–Polymer Nanocomposites with Higher-Order Three-Dimensional Architectures. *Adv. Mater.* 21, 2180-2184.
19. Liu, Z., Liu, J., Cui, L., Wang, R., Luo, X., Barrow, C. J., Yang, W. (2013) Preparation of graphene/polymer composites by direct exfoliation of graphite in functionalised block copolymer matrix. *Carbon*, 51, 148-155.
20. Kuilla, T., Bhadra, S., Yao, D., Kim, N. H., Bose, S., Lee, J. H. (2010) Recent advances in graphene based polymer composites. *Progress in Polymer Science*. 35(11), 1350-1375.
21. Cui, L., Liu, J., Wang, R., Liu, Z., Yang, W. (2012) A Facile “Graft From” Method to Prepare Molecular-Level Dispersed Graphene–Polymer Composites. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*. 50, 4423–4432.
22. Singh, K., Ohlan, A., Dhawan, S.K. (2012) Polymer-Graphene Nanocomposites: Preparation, Characterization, Properties, and Applications, Nanocomposites - New Trends and Developments, Farzad Ebrahimi, IntechOpen, DOI: 10.5772/50408.
23. Liu, J., Tao, L., Yang, W., Li, D., Boyer, C., Wuhler, R., Braet, F., Davis, T.P. (2010) Synthesis, Characterization, and Multilayer Assembly of pH Sensitive Graphene–Polymer Nanocomposites. *Langmuir*. 26(12), 10068--10075.
24. Gu, Renpeng, "Synthesis and Characterization of Graphene-Polymer Nanocomposites via Reversible Addition-Fragmentation Chain-Transfer Polymerization" (2012). Electronic Thesis and Dissertation Repository. 651.
25. Zhao, X., Zhang, Q., Chen, D., Lu, P. (2010) Enhanced Mechanical Properties of Graphene-Based Poly(vinyl alcohol) Composites, *Macromolecules*. 43, 2357-2363.

26. Li, Y., Tang, L., Li, J. (2009) Preparation and electrochemical performance for methanol oxidation of Pt/graphene nanocomposites. *Electrochemistry Communications*. 11, 846-849.
27. Galpaya, D., Wang, M. Liu, M., Motta, N., Waclawik, E., and Yan, C. (2012) Recent Advances in Fabrication and Characterization of Graphene-Polymer Nanocomposites. *Graphene*. 1(2), 30-49.
28. Krishnan, S., Aradhyula, T. V., Bian, D., Jeng, Y.-R., Pamanji, S.R., Chavali, M. (2019) Graphene-Based Polymer Nanocomposites for Sensor Applications in Hybrid Nanocomposites: Fundamentals, Synthesis, and Applications, Eds: Pal, K., Pan Stanford Publishing Pte. Ltd., Singapore.
29. Sadasivuni, K. K., Ponnammma, D., Kim, J. and Thomas, S. (2015) Graphene-Based Polymer Nanocomposites in Electronics. Springer International Publishing Switzerland.
30. Xu, C., Wang, X., Zhu, J. (2008) Graphene metal particle nanocomposites. *The Journal of Physical Chemistry C*. 112, 19841-19845.
31. Hong W, Xu Y, Lu G, Li C, Shi G (2008) Transparent graphene/PEDOT-PSS composite films as counter electrodes of dye-sensitized solar cells. *Electrochemistry Communications*. 10: 1555-1558.
32. Wang, Y., Yang, R., Shi, Z., Zhang, L., Shi, D., Wang, E., Zhang, G. (2011) Super- elastic graphene ripples for flexible strain sensors. *ACS Nano* 5. 3645 -3650.
33. Lee, J.S., Shin, K.-Y., Cheong, O.J., Kim, J.H., Jang, J. (2015) Highly sensitive and multifunctional tactile sensor using free-standing ZnO/PVDF thin film with graphene electrodes for pressure and temperature monitoring. *Sci Rep*. 5, 7887.
34. Xu, C., Wang, X., Wang J, Hu, H., Wan, L. (2010) Synthesis and photoelectrical properties of b-cyclodextrin functionalized graphene materials with high bio-recognition capability. *Chem Phys Lett*. 498, 162-167.
35. Shan, C., Yang, H., Song, J., Han, D., Ivaska, A., Niu, L. (2009) Direct electrochemistry of glucose oxidase and biosensing for glucose based on graphene. *Anal Chem*. 81,2378-2382.
36. Kang, X., Wang, J., Wu, H., Aksay, I.A., Liu, J., Lin, Y. (2009) Glucose oxidase-graphene-chitosan modified electrode for direct electrochemistry and glucose sensing. *Biosens Bioelectron*. 25,901-905.

37. Wua, H., Wang, J., Kang, X., et al. (2009) Glucose biosensor based on immobilization of glucose oxidase in platinum nanoparticles/graphene/chitosan nanocomposite film. *Talanta*. 80,403-406.
38. Yin, H., Zhou, Y., Ma, Q., et al. (2010) Electrochemical oxidation behavior of guanine and adenine on graphene-Nafion composite film modified glassy carbon electrode and the simultaneous determination. *Process Biochem.*45,1707-1712.
39. Lian H, Sun Z, Sun X, Liu B. (2002) Graphene doped molecularly imprinted electrochemical sensor for uric acid. *Anal Lett.* 45, 2117-2727.
40. Dong, S.-W., Shen, T., et al. (2012) A label-free amperometric immunoassay for thrombomodulin using graphene/silver-silver oxide nanoparticles as an immobilization matrix. *Anal Lett.* 45, 724-734.
41. Yang, Y.C., Feng, L., Chen, Y., Ren, J., Qu, X. (2011) A graphene functionalized electrochemical aptasensor for selective label-free detection of cancer cells. *Biomaterials*. 32, 2930-2937.
42. Heo, C., Yoo, J., Lee, S., et al. (2011) The control of neural cell-to-cell interactions through non-contact electrical field stimulation using graphene electrodes. *Biomaterials*. 32,19-27.
43. Cui, Y., Kundalwal, S.I., Kumar, S. (2016) Gas barrier performance of graphene/polymer nanocomposites, *Carbon*, 98, 313-333.
44. Singh E, Nalwa HS. (2015) Stability of graphene-based heterojunction solar cells. *RSC Adv.*5(90),73575–73600.
45. Hsu YC, Tseng LC, Lee RH. (2014) Graphene oxide sheet-polyaniline nanohybrids for enhanced photovoltaic performance of dye-sensitized solar cells. *J Polym Sci Part B Polym Phys*. 52(4),321–332.

CHAPTER 4

International Studies on Natural and Engineering Sciences

**Dünyada Göç Hareketliliğinin Yeni Bir Belirleyicisi: İklim
Değişikliği ve Etkileri (Bülent Gülçubuk, Hasan Parça)**

Dünyada Göç Hareketliliğinin Yeni Bir Belirleyicisi: İklim Değişikliği ve Etkileri

Bülent Gülçubuk¹, Hasan Parça²

¹ Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü,
e-mail: gulcubuk@agri.ankara.edu.tr

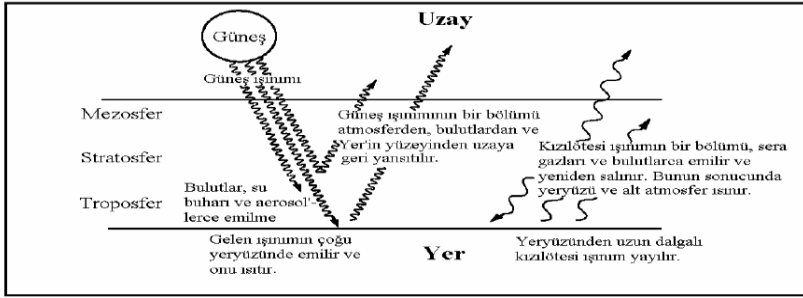
² Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Tarım Ekon. ABD. Doktora Öğrencisi
e-mail: hparca@gmail.com

1. Giriş

Son yıllarda küresel anlamda iklimde meydana gelen değişimler, ozon tabakasındaki yırtığın artması ve sel, fırtına gibi iklim kaynaklı doğal afetlerin oluşması dikkatleri iklim değişikliği konusuna döndürmüştür.

İklim, “yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca yaşanan ya da gözlenen tüm hava koşullarının ortalama durumu” olarak ifade edilmektedir (Türkes 1997). İklim sistemi, atmosfer, kara yüzeyleri, kar ve buz, okyanuslar ve diğer su kütleleri ile canlıları kapsayan karmaşık ve etkileşimli bir sistemdir. Güneş radyasyonu, iklim sisteminin güç kaynağıdır. Yerküre’nin radyasyon dengesini etkileyen, dolayısıyla Şekil 1’de de görüldüğü üzere iklimi değiştiren “**üç temel neden**” bulunmaktadır (MGM 2014a):

1. Gelen güneş radyasyonundaki değişiklikler (güneşin kendisindeki ya da Yerküre’nin yörüngesindeki değişikliklere bağlı olarak),
2. Güneş radyasyonunun yansıtılan kısmındaki değişiklikler (bu kısım albedo olarak adlandırılmaktadır ve bulut örtüsü, aerosoller denilen küçük parçacıklar ya da arazi örtüsündeki değişikliklere bağlı olarak değişebilmektedir),
3. Yerküreden uzaya geri gönderilen uzun dalgalı radyasyondaki değişiklikler (sera gazı salınımlarının atmosferdeki birikimlerine bağlı olarak). Bunların yanı sıra, rüzgarlar ve okyanus akıntılarının, Yerküre yüzeyi üzerindeki ısı dağılımında oynadıkları rol nedeniyle iklim üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır.



Şekil 1. Sera etkisinin şematik gösterimi, Kaynak: Türkeş vd. 1999

Bugün dünya, sanayileşme ve şehirleşmenin yanında artan nüfusun ihtiyaçlarının karşılanması noktasında, bitkisel ve hayvansal üretimi artırmak için kullanılan teknolojik ve kimyasal uygulamaların yarattığı küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği ile de karşı karşıyadır. IPCC (2007) raporuna göre 20.yüzyılın ortasından beri küresel sıcaklık ortalamalarında gözlenen artışın nedeni; %90'dan fazla oranda sera gazı emisyonlarında ki artıştan yani insanlardan kaynaklıdır. Dünyayı tehdit eden bu sorunların yaratmış olduğu olaylar, henüz tam anlamıyla anlaşılamamış olmakla birlikte, ekonomik, ekolojik ve sosyolojik sorunları da beraberinde getirmesi kaçınılmaz görünmektedir (Demir ve Cevger, 2007).

Gelişmekte olan ülkelerdeki yaklaşık 2.5 milyar insanın geçimlerini tarımdan kazandıkları düşünüldüğünde iklim değişikliğinin insan refahı ve tarımsal üretimi ne oranda tehdit edeceği açık bir şekilde görülmektedir. Tarımsal faaliyetler sonucunda (enerji tüketimi, bitkisel ve hayvansal üretim, gübreleme, ilaç kullanımı vb.) meydana gelen CO₂, CH₄ ve N₂O gibi sera gazları iklim değişikliğinin nedenleri arasında sayılmaktadır (Akalin, 2014). Ayrıca su buharı düzeyinin atmosferde artması da küresel ısınmaya neden olan bir diğer faktör olarak görülmektedir. Doğal olarak üretilen bu gazlar atmosfere zararlı bir etkisi olmasının aksine atmosferde dünyadan uzaklaşan bir kısım ısının tutulmasına ve dünyada hayatın sürdürülebilmesine olanak sağlamaktadır.

İklim değişikliği bölgeden bölgeye değişiklik göstererek başta tarım olmak üzere birçok sektörü etkilemektedir. Örneğin tarımda gerekli olan mevsimsel öngörülebilirlik azalabileceği gibi seller kasırgalar ve fırtınalarla tarım alanları zarar görebilir. Ayrıca bölgelerde görülebilecek uzun süreli kuraklıklar ve su sıkıntısı ile karşı karşıya kalınması halinde mevsimsel hava desen öngörülebilirliği azalır ve sonucunda seller, kasırgalar ve fırtınalar gibi şiddetli hava olaylarının sıklığı ve şiddeti artabilir. Bazı bölgelerde uzun süreli kuraklık ve su sıkıntısıyla karşı karşıya kalınması beklenmektedir. Bunun yanında artan sıcaklıklar sonucu haşere ve salgın hastalıkların artması da beklenebilir (FAO 2011). Değişen iklim koşulları ile beraber bitki çeşitliliğinde de %20-30 azalma olması da tahmin edilmektedir.

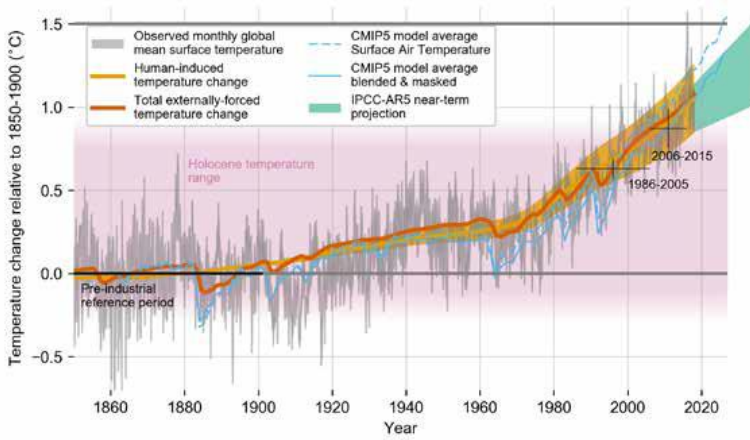
Genel olarak bu etkiler birkaç grupta incelenirse (FAO 2011);

- a) **Savunmasız Topluluklar:** İklim değişikliği dağlık, kurak ve kıyı kesimi gibi riskli bölgelerde yaşayan insan topluluklarını daha çok etkileyecektir. Kronik toprak ve su kıtlığı olan bölgelerde kuraklık, açlık ve yoksulluğa daha fazla maruz kalınacağı beklenmektedir. Ayrıca CO₂ geçici olarak gübreleme etkisi göstererek tarım ürünlerinin yetiştirilmesinde görece bir iyileşme olsa dahi sonuçta tarım sektöründekilerini yoksulluk ve açlık beklemektedir.
- b) **Bitkisel ve hayvansal üretim:** Artan sıcaklıklar ve değişen yağışlar yüzünden daha sık ve yoğun yağışlar olması beklenmektedir. Bu da bitkiler için beslenme ve su ihtiyaçlarının yanı sıra toprak verimliliği, sulama için su temini, hastalık ve zararlılara karşı dirençlerini de etkileyecektir. Çayır ve meraların kapasitelerinde oluşan değişiklik sonucu yem ihtiyacı ve yem kalitesi doğrudan etkilenerek dolayısı ile hayvansal ürün fiyatlarında ciddi miktarlarda değişiklikler ve hayvansal ürün kazançlarında düşmeler görülecektir.
- c) **Balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği:** Artan su sıcaklıkları, deniz seviyesinin yükselmesi ve deniz suyu pH'nın değişmesi sonucu bazı denizlerde birçok türün yok olmasına sebep olduğu gibi deniz ürünlerinin miktarında ve kalitesinde azalma olacağı beklenmektedir.
- d) **Ormanlar ve meralar:** Isınan havalar, gece ile gündüz arasında oluşacak sıcaklık farklılıkları, fırtınalar. Bitkilerin vegetatif ve generatif gelişmeleri için gerekli olan alışılmış mevsim desenlerinde oluşacak değişikliklerle, zararlıların ve hastalıkların sıklığı ve don gibi uzun vadeli değişiklikler orman ve meralarda azalma ve bazı yerlerde ise kuraklık sonucu bu alanların yok olması beklenmektedir.
- e) **Diğer Etkiler:** Biyolojik çeşitliliğin azalması, arazilerin bozulması suların azalması sonucu bunlarla ilgili sorunların ortaya çıkması beraberinde kırsal nüfusun azalarak kentlere göç ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi beklenmektedir. Bu değişim sonrası talebin artması ve ekonomik büyüme ile tarım, orman ve balıkçılık sektörlerinin üretimlerinin doğrudan etkilenmesi ve netice olarak gıda güvenliği ile ilgili problemlerin ortaya çıkması görülebilecektir.

2. İklim Değişikliği ve Göç İlişkisi

IPCC 2019 yılında yayınladığı “1.5°C Küresel Isınma Özel Raporu’nda” (IPCC 2019) iklim değişikliğinin olası ciddi etkileri üzerinde durarak dünya, insanlık ve tüm canlıların karşı karşıya kalacağı olası risklere dikkat çekmiştir. Raporun politikacılar özetinde, insan faaliyetleri, sanayi öncesi döneme göre yaklaşık 1.0°C’lik bir küresel ısınmaya sebep olduğu tahmin

edildiği ifade edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Kayıtlı meteorolojik verilere göre küresel yüzey sıcaklığının değişimi, IPCC 2019

Bu artış hızı aynı şekilde devam ederse, küresel ısınmanın büyük ihtimalle 2030 ile 2052 yılları arasında 1.5°C 'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir. Raporda 1.5°C 'lik bir artışta, doğa ve insanlar üzerindeki iklim ile ilişkin riskler için şimdikinden daha yüksek olacağına vurgu yapılmıştır. Küresel ısınmanın doğa ve insanlar üzerindeki etkileri şimdiden gözlemlenmeye başlandığına dikkat çekilmiştir. Birçok karasal ve okyanus sistemi ile bu sistemlerin sağladığı hizmetler hâlihazırda küresel ısınma yüzünden değiştiği söylenmiştir. İklim modellerine göre, günümüz ile 1.5°C ve 1.5°C ile 2.0°C artış arasında, çok kuvvetli değişiklikler olacağı ortaya konulmaktadır. Bu değişiklikler: karasal ortalama sıcaklıklar, insanların yaşam alanlarında görülen aşırı sıcaklıklar, bazı bölgelerde kuraklık ve yağış azlığı ihtimallerinde büyük artışlar. 2100 yılı itibari ile 1.5°C 'lik senaryoda, 2.0°C 'ye göre deniz seviyesinde 0.1 metre daha az yükselecek, karasal, tatlı su, kıyı sistemleri üzerinde etkiler daha az olacaktır (IPCC 2019).

Raporda sağlık, yaşam alanları, gıda güvenliği, su temini, insan güvenliği ve ekonomik büyüme üzerindeki iklim riskleri, 1.5°C 'de yükseleceği söylenmiştir. Emisyon model patikaları, 1.5°C sınırını geçmemek için, küresel net insan kaynaklı CO2 emisyonlarının 2010 yılına göre 2030 yılında yüzde 45 azaltılması ve 2050 yılında net sıfır emisyonu ulaşması gerektiğini ortaya koymaktadır. Aynı zamanda birçok model 2.0°C sınırını geçmemek için, 2030'da 2010 yılına göre, en az yüzde 20 azaltılması ve 2070 yılında net sıfır emisyonu gerektiğini göstermektedir. Küresel ısınmanın 1.5°C derecesyle sınırlanması için toprak, enerji, sanayi, bina, ulaşım ve şehirlerde hızlı ve geniş kapsamlı dönüşümler gerekmektedir, sürdürülebilir kalkınma, küresel ısınmayı 1.5°C 'de sınırlandırmak için gerekli olan temel toplumsal ve

sistemsel dönüşümü desteklemekte, genellikle mümkün kılmaktadır (IPCC 2019 ve <https://www.birbucukderece.com/>).

Değişen ortamlar veya sel ve fırtınalar gibi felaketler yüzyıllardır insan yerleşimlerini ve hareketlerini çeşitli şekillerde etkilemektedir. Çevresel değişim gibi insan hareketliliği de eski bir fenomendir ancak çevrenin kademeli olarak bozulması ile bağlantıları ve iklim değişikliği genellikle tam olarak anlaşılamamıştır.

Bu tür hareketlerin çoklu faktörleri, ilgili metodolojik zorluklar ve veri toplama standartlarının eksikliği göz önüne alındığında çevresel göçü ölçmek zordur. Kuraklık veya deniz seviyesinin yükselmesi gibi yavaş başlayan çevresel süreçler nedeniyle göç için, mevcut verilerin çoğu niteldir ve az sayıda karşılaştırmalı çalışma ile vaka çalışmalarına dayanmaktadır. Veri boşlukları devam ederken, araştırma yöntemleri sürekli olarak geliştirilmektedir.

Göç, çevresel ve iklim değişiklikleri bağlamında üç temel terim önemlidir (Migration Data Portal, 2020):

Çevresel göçmenler : “Ağırlıklı olarak çevrede yaşamlarını veya yaşam koşullarını olumsuz etkileyen ani veya ilerici değişikliklerin nedenlerinden ötürü, geçici evlerini terk etmek veya geçici olarak veya ve kendi ülkelerinde veya yurtdışında hareket edenler.” (IOM 2011, IOM 2014).

Çevresel olarak yerinden olmuş kişi : “İkamet ettikleri ülke içinde yerinden edilmiş veya uluslararası bir sınırı geçmiş ve çevresel bozulma, bozulma veya yıkım, tek başına olmasa da, yerinden edilmelerinin önemli bir nedeni olan kişiler” anlamına gelmektedir (IOM 2011, IOM 2014). Bu kavramla ilişkili olan **afet deplasman terimi**; insanlar arasında veya doğal tehlikeler tarafından tetiklenen afet zararlarını önlemek amacıyla bir sonucu olarak, özellikle de evlerini veya sürekli yaşamakta oldukları yerlerden ayrılmak zorunda ya zorundadırlar durumlara işaret eder. Bu tür yer değiştirme, kendiliğinden uçuş veya yetkililer tarafından emredilen veya uygulanan bir tahliye şeklinde ülke içinde veya uluslararası sınırlar ötesinde gerçekleşebilir. olabilir.” (The Nansen Initiative 2015).

Planlanan yer değiştirme, geçim kaynakları: Başka bir yerde yeniden inşa edilen kişileri ifade eder (IOM 2014). Diğerleri planlı yer değiştirmeyi yalnızca bir topluluğun kolektif hareketine, bir topluluğun (ya da onun önemli bir bölümünü) bir yerden diğerine kalıcı (ya da uzun vadeli) hareketine atıfta bulunarak tanımladı. Toplumsal yapıları, yasal ve siyasi sistemleri, kültürel özellikleri ve dünya görüşleri de dâhil olmak üzere topluluk korunur: topluluk, varış noktasında, menşe topluluğuna benzer bir sosyal formda bir arada kalır ” (Campbell, 2010). İklim ve çevresel değişim bağlamında zorunlu göçle ilgili olarak “iklim mültecileri” terimi sıklıkla

kullanılmasına rağmen, 1951 Mülteci Sözleşmesi çevresel faktörleri bir mülteciyi tanımlamak için kriterler olarak kabul etmediği için bu yasal olarak geçerli bir terim değildir.

Genel olarak, çevre ve iklim değişikliği hakkındaki mevcut veriler de mevcut göç verilerinden çok daha kapsamlıdır (Flavell vd. 2020). Veri boşlukları devam ederken araştırma yöntemleri son on yılda karşılaştırmalı çalışmalar, ajan tabanlı modelleme, sıcak noktaların tanımlanması ve diğer yenilikçi yaklaşımlar da dahil olmak üzere önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Deprem gibi afetlerden sonra yerlerinden olan nüfusların yerlerini izlemek için cep telefonu verilerinin kullanılması bu yenilikçi yaklaşıma bir örnektir (Flavell vd. 2020).

Moda tuzağı: Politika yapıcılar “üzerine bir sayı koymayı” ve tahminlerde bulunmayı severler. Ancak çevresel ve iklim değişikliği bağlamında insan hareketliliğinin ölçülmesi zordur. Bu, özellikle metodolojik kusurlar nedeniyle eleştirilen ve en iyi ihtimalle tahminler olarak kabul edilebilecek **gelecekteki hareketlerin tahminleri** için geçerlidir (Flavell vd. 2020). Geleceğin farklı senaryolarında öngörülen deniz seviyesindeki artıştan dolayı **risk altında olacak popülasyonlar** gibi **risk altındaki nüfus** projeksiyonları daha az tartışmalıdır. Örneğin Dünya Bankası tarafından daha yakın tarihli bir projeksiyon (Rigaud vd. 2018) 2050 yılına kadar üç dünya bölgesinde iç iklim değişikliğine bağlı nüfus hareketlerini tahmin etmek için bir yerçekimi modeli kullanmaktadır (Rigaud vd. 2018).

Olası risklere karşı önleme ve hazırlık, ani başlayan felaketlere karşı dayanıklılığı artırabilir ve yerinden edilmenin savunmasız popülasyonlar üzerindeki etkilerini hafifletebilir. Tek felaket olaylarını iklim değişikliğine atfetmek mümkün olmasa da, bilim adamları arasında iklim değişikliğinin zaten daha sık ve yoğun olaylara yol açtığı ve bu eğilimin artacağına dair yaygın bir kabul mevcuttur (IPCC 2019). Afet eğilimli bölgelerde öngörülen nüfus artışı ile birlikte, afetler tarafından yerinden edilme riski taşıdığı öngörülen insan sayısının önemli ölçüde artması beklenmektedir (IDMC 2015). Ancak, afet riskini azaltma yaklaşımları, birçok durumda afet yer değiştirme riskini azaltabilir. Taşkın savunma sistemleri gibi fiziksel altyapı etkili olabilir, ancak taşkın riski planlaması gibi kentsel alanlarda kalkınmaya yönelik bölgesel kısıtlamalar örnek teşkil etmekle birlikte, arazi kullanım planlaması gibi fiziksel olmayan önlemler de önemli olabilir. Tabii ki, genellikle maliyet kısıtlamaları veya düzensiz politikaların uygulanması ile bağlantılı olan bu yaklaşımların etkililiğinde sınırlamalar vardır ve afetlerin yerinden edilmeleri devam edecektir. Bununla birlikte, yerinden edilme hiçbir zaman istenen bir sonuç olmamakla birlikte, yerinden edilme sayılarının kendi başlarına afetlerle ilgili olarak nüfus kırılganlığı için çok açık ve yetersiz bir vekil olduğunu akılda tutmak önemlidir. Tehlikeden uzaklaşabilmek, güvenlik açısından ziyade esnekliğe neden olabilir. Bu,

özellikle erken uyarı sistemlerinin mevcut olduğu ve popülasyonların hazırlandığı durumdur. Tahliye - iyi yönetildiği ve yeterince kaynaklandığı zaman - felaketlerin maruz kalan ve çoğu zaman savunmasız nüfus üzerindeki etkilerini azaltan bir yerinden etme biçimi olabilir.

Afet riskinin azaltılması oldukça mantıklı bir yaklaşım gibi görünse de, etkili uygulamayı desteklemek için yeterli finansman hala çok uzaktır. Yerinden edilmenin azaltılması ve toplulukların dayanıklılığının artırılması, sel, tropikal fırtına veya kuraklık gibi tehlikelerin önlenmesinden ve insanların evlerini terk etmeye zorlanmasından önce önlemlerin alınmasını sağlamak için her düzeyde siyasi bağlılığa ve liderliğe ihtiyaç duyacaktır. Kültürel özgüllüklere ve hassas grupların ihtiyaçlarına özellikle dikkat edilebilmelidir. İlgili grupların planlama aşamalarının tüm aşamalarına entegre edilmesi, afetlere karşı olumsuz sonuçlarının azaltılmasında önemlidir. Örneğin, bazı bağlamlarda, acil durumlarda kadınların uyarılma olasılığı daha düşük olabilir veya yerinden edilme sonrası ortamlarda cinsiyete dayalı şiddet riskinde artışla karşılaşabilir. Benzer şekilde, göçmenler tahliye planlarının daha az farkında olabilir, desteğe daha az erişebilir ve arkadaşların ve aile ağlarının yerel desteğine güvenemeyebilir. Bu tür grupların afet riskini azaltma politikalarına dahil edilmesi, etkilenen tüm nüfuslar için insan haklarının korunmasında anahtar olacaktır (Flavell vd. 2020). İnsan hareketliliği ve çevreye yavaş başlayan değişiklikler bağlamında kırılanlık arasındaki karmaşık ilişkinin, iklim değişikliği ve çevresel bozulma tehdidi altındaki alanlarda artan nüfus artışının insan hareketliliği üzerinde derin etkileri olması beklenmektedir. Deniz seviyesindeki yükselme, arazi bozulması ve çölleşme, hem yaşamları hem de geçim kaynaklarını tehdit eden yavaş başlangıçlı süreçler arasındadır. Asya'daki düşük seviyeli ancak hızla büyüyen mega şehirlerin öngörülen etkileri özel bir endişe olarak vurgulanmıştır (FAO 2011). Bu artan etkiler insan hareketliliğini nasıl etkileyeceği hakkında çok daha az şey bilinmektedir, çünkü bunların çoğu yönetişimin yanı sıra finansal ve insani kapasitelere de bağlıdır (Flavell vd. 2020). Makro düzeyde, Hollanda gibi bir ülke, insan hareketliliğine herhangi bir etkisi olmadan veya birkaç özel topluluğun planlı olarak taşınması gibi sınırlı etkilerle deniz seviyesindeki yükselmenin getirdiği zorlukları karşılayabilir.

Göç, yer değiştirme ve planlanan yer değiştirme, gelişmekte olan devletler gibi savunmasız nüfusu olan düşük gelirli ülkelerde daha olasıdır. Bu geniş makro düzeyli resim içinde, bazı toplulukların, grupların, hane halklarının ve bireylerin çevresel değişime karşı diğerlerinden daha savunmasız olacağını da akılda tutmak önemlidir (Flavell vd. 2020). Bununla birlikte, tam resim daha karmaşıktır, daha iyi durumda olan aileler daha planlanmış ve gönüllü olarak göç biçimleriyle daha fazla direnç kurabilirken, daha savunmasız hane halkları için göçün bir gereklilik olması daha olasıdır

Tablo 1. Ülkelere göre 2019 yılı ülke içinde yerinden olma rakamları (IDMC 2020)

	Ülke	Toplam ÜYÖK'ler (Çatışma ve şiddet) (31 Aralık 2019 itibarıyla)	Toplam ÜYÖK'ler (Afetler) (31 Aralık 2019 itibarıyla)	Yeni yer değiştirme ler (Çatışma ve şiddet) (1 Ocak - 31 Aralık 2019)	Yeni yer değiştirmeler (Afetler) (1 Ocak - 31 Aralık 2019)
1	Hindistan	470.000	590.000	19.000	5.018.000
2	Filipinler	182.000	364.000	183000	4.094.000
3	Bangladeş	427.000	88	520	4.086.000
4	Çin	-	220	-	4.034.000
5	Amerika B.Dev.	-	37	-	916.000
6	İran İslam Cumhuriyeti	-	180.000	-	520.000
7	Mozambik	110.000	132.000	5300	506.000
8	Etiyopya	1.414.000	390.000	1052000	504.000
9	Somali	2.648.000	600	188000	479.000
10	Endonezya	40.000	104.000	23	463.000

*Ülke içinde yerinden olan kişiler

Çevresel ve iklim değişikliği bağlamındaki hareketliliğin çoğunluğu, afetlerin yer değiştirmesi de dahil olmak üzere, daha fazla ülke sınırları içinde gerçekleşirken, bazı insanlar yurtdışına taşınmak zorunda kalmaktadır. Ancak afetler bağlamında sınır ötesi hareket hakkındaki küresel veriler sınırlıdır ve şu ana kadar sadece birkaç dikkate değer durum incelenmiştir (The Nansen Initiative 2015). Kuraklık veya deniz seviyesinin yükselmesi gibi yavaş başlayan süreçler de insanların dünyadaki hareketliliğini giderek daha fazla etkilemektedir. Spesifik veriler mevcut olmasa da, vaka çalışmaları mevcut araştırmalarla vurgulanmaktadır (Foresight 2011, Ionesco vd. 2017). Dünyada ortaya çıkan ve farklı nedensellikler taşıyan göçler tipolojilerine göre sınıflandırılabilir. Örneğin; Ilık Bilben (2019) “Dünyadan Örnekler Işığında İklim Değişikliği Kaynaklı Göçleri Anlamak” başlıklı makalesinde göçler iki ana başlık halinde toplamıştır. Bu çalışmada da başlıkların ve bu konuda içeriklerin oluşturulmasında, Ilık Bilben’in (2019) makalesinden yararlanılarak sınıflandırmaya gidilmiştir.

2.1. Dünyadan Örneklerle İklim Değişikliği Kaynaklı Göçler

Çin tarihinde, Zhou kabilelerinin ve MÖ 3550 ile 2200 yılları arasında Sarı Nehir’in orta kesimlerinde onları izleyen hanedanların gelişimi, "Beş Yer Değiştirme" dönemi olarak bilinir. Bu yer değiştirmelerin çoğu, kuzey bozkırından gelen göçebe istilaların ve işgallerin baskısıyla zorlanmış gibi

görünmesine rağmen, paleoiklimsel çalışmalar, Zhou kabilelerinin ve onların ardıl hanedanlarının, bölgesel iklimin oldukça değişken ve istikrarsız hale geldiği Holosen İklimsel Optimum'un çöküşünde geliştiğini göstermektedir. Göç ve yer değiştirme, bu nedenle, siyasi ve askeri niyetler olmasına rağmen, iklim olayları Zhou kabilelerinin ve ardışık hanedanların yer değiştirmelerinde önemli bir rol oynamıştır (Huang and Su 2009, p: 297 ve Ilık Bilben, 2019) .

İklim değişikliğinden kaynaklanan göçleri hızlı ve ani olaylara bağlı göçler ve yavaş ve kademeli olaylara bağlı göçler olarak iki grupta incelemek mümkündür. Kısa sürede hızlı ve ani oluşan olaylar kısa bir sürede ortaya çıkmakta ve kasırgalar, fırtınalar, gibi katastrofik olaylardır. Bunlar neticesinde altyapı ve mallarda önemli hasarlara neden olan afetler ve can kayıpları meydana gelebilmektedir. Kuraklık, toprak bozulması, deniz seviyesinin yükselmesi gibi yavaş ve kademeli olaylarda hanelerin ilk uyum adımının kalıcı yer değiştirme şeklinde gerçekleşmediği ve çözüm yollarının bulunduğu yapılan çalışmalarda ifade edilmektedir. (Ilık Bilben 2019). Bu kapsamda ortaya konulan genel kategori açıklamaları yapılırken, daha önce de belirtildiği gibi, Ilık Bilben (2019) tarafından yapılmış olan sistematikten yararlanılmış ve farklı yorumlar eklenmiştir.

2.1.1. Hızlı ve ani gelişen iklim değişikliği etkilerine bağlı olarak gerçekleşen göçler

2005-2014 yılları arasında EM-DAT (Uluslararası Afetler Veritabanı) tarafından kaydedilen yılda ortalama 335 hava durumu kaynaklı felaket; 1995-2004 yıllarına kıyasla %14'lük bir artışa tekabül ederken, 1985-1994 yılları arasında kaydedilen seviyenin neredeyse iki katına denk gelmektedir (CRED, 2016; aktaran Ilık Bilben, 2019). 2017'de Doğu Asya ve Pasifik'te kaydedilen yerinden edilmelerin çoğunu şiddetli hava olayları tetiklemiştir. Bölgenin dünyanın en çok afete eğilimli bölgesi olduğu düşünüldüğünde, bu şaşırtıcı değildir. Esasen tehlikelerin doğası ve yoğunluğunun ötesinde, bu olayların artışı ve dramatik rakamlara ulaşmasının altında iki faktör yatmaktadır. Bunlardan birisi ekonomik gelişme ve diğeri ise gelişmenin akabinde kentsel nüfusun %70 oranında artmasıdır (IDMC, 2018a 28).

a) Seller ile bağlantılı göç hareketleri

Bazı araştırmalara göre iklim değişikliğinin etkisinin artması beraberinde fazla sayıda şiddetli yağış hareketlerini de ortaya koymaktadır. Hava olaylarının doğrudan yıkıcı etkileri yanında dolaylı olarak sel, kolera ve dizanteri, sıtma ve sarı humma dahil olmak üzere vektör ve su kaynaklı hastalıkların prevalansını artırmaktadır. 2000 yılında, CDRI Ulusal Meclise yıkıcı 2000 yılı selinin dolaylı sonuçlarının açıklandığı raporda kırdan kente

göçü arttığına vurgu yapılmış ve bunların nedenleri irdelenmiştir. Buna göre, tasarrufların azalması, sağlıkta düşüş, sermaye varlıklarının bozulması, artan borçluluk, doğal kaynaklara artan bağımlılık, artan arazi satışları ve topraksızlık, derinleşen yoksulluğu göçün nedenleri arasında ele almışlardır (Oudry et al. 2016).

Birleşmiş Milletler (BM) uluslararası göçmen sayılarının yaklaşık 214 milyon insan veya dünya nüfusunun %3,1'i olduğunu tahmin ederken, 2009 İnsani Gelişme Raporu 740 milyon insanı veya dünya nüfusunun yaklaşık %11,0'ini kendi ülkelerinden göç etmiş olarak tanımlamaktadır. Bu göçmenlerden bazıları, sel gibi ani veya yavaş başlangıçlı çevresel değişiklikler nedeniyle yerlerinden olmuştur. Bu durum Asya kıtasındaki bazı kıyılarda yer alan büyük şehirlerin iklim değişikliği nedeniyle gelecekte yaşanabilecek sel baskınlarına maruz kalacağından, bu rakamların zamanla artması tahmin edilmektedir (ADB 2012).

Yapılan tahminler ne yazık ki doğru sonuçlar vermektedir. 2017 yılında Çin'de 3.077.800 nüfus sellerden dolayı yerinden olmuştur. 2019 yılında Hindistan'da sellerden ötürü yerinden olan insan sayısı 2.647.326 kişi olmuştur. Hindistan'da 2017 yılından itibaren seller dolayısı ile yerinden olan insan sayısı 5.983.343 kişi olmuştur (Tablo 2).

Tablo 2. Ülkelere göre sellerle ilintili göç sayıları (IDMC 2020)

Ülke Adı	2017	2018	2019	Toplam
Hindistan	1.345.759	1.990.258	2.647.326	5.983.343
Çin	3.077.800	152.900	1.628.791	4.859.491
Filipinler	976.305	271.645	966.581	2.214.531
Nijerya	120.000	604.896	155.011	879.907
Myanmar	330.000	271.074	231.202	832.276

b) Fırtınalar ve kasırgalar ile bağlantılı göç hareketleri

Kasırgaların temel enerji kaynağı su buharıdır. Küresel ısınma bu mekanizmayı doğrudan etkileyerek kasırgaların sayısını ve şiddetini arttırmaktadır. Yapılan çalışmalarda sera gazları ile artan sıcaklıklar neticesinde ilave buharlaşmayla atmosfere daha fazla su buharı eklenmektedir. Böylelikle daha sıcak bir okyanusun kasırgaların gücünü arttırabileceği görülmektedir (Gautier 2014, 299). 1995 ve 2016 yılları arasında, hava durumuyla ilgili en ölümcül felaket türü olan fırtınalar 242.000'den fazla insanın ölümüne neden olmuştur. "Bir olayın iklim değişikliğine atfedilebilir olup olmadığını belirlemek için daha uzun bir

zaman dilimi gerekli olsa da, mevcut olaylar dizisi, IPCC'nin küresel ısınma nedeniyle daha sık ve daha yoğun aşırı hava olaylarının meydana geleceğini savunan tahminleriyle örtüşmektedir" (CRED, 2016; aktaran; Ilık Bilben, 2019).

Kasırgalar, fiziki yapılarda ve altyapıda büyük ölçekli yıkıma ve en önemlisi insan yaşamının kaybına neden olma potansiyeline sahiptir. Karayip havzasında 1998 yılında meydana gelen Mitch Kasırgası büyük ölçekli yerinden olmalara ve bir dizi göçe verilebilecek iyi bir örnektir. Mitch Kasırgası 2 milyon insanı yerinden ederken, Mitch'i takip eden aylarda %60'tan fazla artmıştır. 2003 yılına kadar ABD Göçmenlik ve Vatandaşlığa Kabul Hizmetleri, özel bir program kapsamında yaklaşık 150.000 Nikaragua veya Honduras kökenli göçmene geçici koruma statüsü vermiştir. (McLeman and Hunter, 2010; aktaran; Ilık Bilben, 2019). Katrina'dan çıkan genel tablo, bölgesel nüfus sıkıntı ve önemli ölçüde geçici yerinden edilmeye karşı karşıya kalırken, ortaya çıkan göç sonuçlarının rastgele olmadığıdır. Bunun yerine, ekonomik olarak dezavantajlı veya marjinalleştirilmiş belirli sosyo-ekonomik ve demografik grupların kalıcı olarak başka yerlere yerleşme olasılığı daha yüksektir. Bu marjinalleştirmenin nedenleri, Orta Amerika'daki Mitch'in yerinden edilmişlerinden olduğu gibi iç çatışmayı içermese de, her iki kasırga örneği de altta yatan sosyo-ekonomik koşulların göç sonuçları üzerindeki önemli etkisini vurgulamaktadır (McLeman ve Hunter, 2010 - Faist ve Schade, 2013). 250 kişinin Alaska'daki 2007 fırtınası nedeniyle yerinden edilmesinden sonra, yeniden yerleşim planlama sürecini başlatmak için kamu fonları tahsis edilmiştir (Afifi ve Jäger 2010). 2017 yılında Filipinler, Amerika Birleşik Devletleri, Çin başta olmak üzere birçok ülkede kasırga ve fırtına ile ilintili göçlerde rekorlar kırılmıştır. 2018 ve 2019 yılında bu sayılar gittikçe artmıştır. Filipinler'de 2019 yılında kasırga ve fırtına nedeniyle 2.705.183 birey yerinden olmuştur. (Tablo 3).

Tablo 3. Ülkelere göre fırtına ve kasırgalarla bağlantılı göç miktarı (IDMC, 2020)

Ülke Adı	2017	2018	2019	Toplam
Filipinler	1.449.839	3.430.721	2.705.183	7.585.743
Çin	1.317.757	3.473.883	2.276.752	7.068.392
Bangladeş	489.786	546	3.778.074	4.268.406
Hindistan	235	684.926	2.306.823	2.991.984
Amerika Birleşik Devletleri	1.053.135	843.822	471.779	2.368.736

2.1.2. Yavaş ve kademeli gelişen iklim değişikliğinden ortaya çıkan göçler

Çevresel göç, yalnızca ani başlayan afetler tarafından tetiklenmez, aynı zamanda yavaş başlayan çevresel değişikliklerden de kaynaklanır. Aslında, çölleşme, yükselen deniz seviyeleri, toprak erozyonu, doğal kaynakların bozulması ve birçoğu insan kaynaklı olan güvenli içme veya sulama suyuna erişim eksikliği gibi çevredeki kademeli değişiklikler nedeniyle yerinden edilenlerin sayısı, ani afetler nedeniyle yerinden edilenlerden daha fazla olabilir. EM-DAT raporunda (2009) açıklandığı gibi, 1979'dan 2008'e kadar ani başlayan afetler sonucunda 718 milyon kişi yerinden olmuşken, 1,6 milyar kişi kuraklık nedeniyle yerinden olmuştur. Göçün itici güçleri ve gönüllü mü yoksa zorunlu mu olduğu konusunda çok fazla tartışma olmasına rağmen, çevresel değişimin eski çağlardan beri olduğu gibi göçü çeken veya iten faktörler arasında sayılabileceği açıktır (Gemenne et al. 2014). Olumsuz çevresel olaylardan biri etkili olabileceği gibi birkaçı da aynı anda etki edebilmektedir. MECLEP (Göç, Çevre ve İklim Değişikliği: Politika için Kanıt) Projesi kapsamında incelenen altı ülkeden beşinde (Dominik Cumhuriyeti, Haiti, Kenya, Papua Yeni Gine ve Vietnam) ortaya çıkan etkiler ve göç arasında bir bağlantı tespit edilmiştir (Kelpsaite ve Mach 2015; İlk Bilben, 2019). Bu göçler bazı ülkelerde kırsaldan kente olurken; bazılarında ise yer değiştirme ve/veya yeniden ikamet şeklinde olabilmektedir (Kelpsaite ve Mach 2015).

a) Deniz seviyesi yükselmesine dayalı göçler

Kuzey Yarımkürede kendini gösteren kar örtüsü ve buzullardaki erime ve hacim kaybetme, buzul takkelerinin ise geri çekilme eğilimi devam etmektedir. Ek olarak Antarktika buz kalkanının daha fazla yağış nedeniyle kütle kazanması beklenirken, Grönland buz kalkanının kütle kaybetmesi beklenmektedir (Türkeş 2008). Düşük rakımlı kıyı bölgelerinde yaşayan en fazla sayıda insana ev sahipliği yapan dünyanın ilk 10 ülkesinden 8'i Asya ve Pasifik'te bulunmaktadır. Wheeler (2011)'in yaptığı çalışmada 2050 yılına kadar Hindistan'da 37,2 milyon, Bangladeş'te 27 milyon, Çin'de 22,3 milyon, Endonezya'da 20,9 milyon, Filipinler'de 13,6 milyon, deniz seviyesi yükselmesi nedeni ile risk altında görülmektedir (ADB, 2012 p.25; aktaran İlk Bilben 2019). Dasgupta (2007) tarafından yapılan modellemede bu çalışmayı desteklemektedir. Deniz seviyesinin 5 metreye kadar yükselmesinden dolayı Vietnam nüfusunun %40'a yakını etkileneceği tahmin edilmiştir. Tayland, Kamboçya, Filipinler, Endonezya gibi ülkelerin nüfuslarının ise en fazla %15 'inin bu olaydan etkileneceği tahmin edilmiştir (ADB 2012, p.29). Oğuz (2009) çalışmasında “deniz seviyesi yükselmesine buz tabakasının (permafrost) erimesi eklendiğinde Alaska'nın bazı bölümlerindeki sakinlerin Kuzey Amerika'nın ilk iklim göçmenleri olabileceği” tahminini yapmıştır.

b) Artan sıcaklıklar, kuraklık ve çölleşmeye dayalı göç hareketliliği

Araştırmacıların iklim değişikliğinin kitlesel uluslararası yerinden edilmeyi tetikleme potansiyeli hakkında dursalar da, bazı elde edilen verilerin çevresel faktörlerin mutlaka sınır ötesi harekete yol açmadığını göstermiştir. Beklenilenin aksine, Afrika Boynuzu diye tabir edilen 8 ülkeden elde edilen veriler, kaynakların baskılanması neticesinde kuraklığın uluslararası göçü önemli ölçüde azalttığını ve bunun yerine toplulukların ülke içinde yerinden olmaya zorlandığını ortaya koymuştur (IDMC 2017, RMMS 2017).

Küresel sıcaklıkların yükselmekte olduğu ve bunun iklim değişikliği etkilerine ilişkin tüm değerlendirmeler olmakla birlikte, sıcaklığın yavaş artmasından kaynaklanacak **kayıp ve hasar** bağlamında dikkate alınması gereken farklı etkileri de söz konusudur. Bunlar, yaşam, gelir ve geçim kaynakları üzerindeki etkilerini içerir. Sıcaklıklar arttıkça ekim ve mera alanları toprak neminin azalması nedeniyle verimsiz hale gelecektir. Ayrıca sıcakların artması dışında yaşanacak olan aşırı sıcaklıklar da insan ve hayvan yaşamı için çok tehlikeli olabilecektir. Bu şekilde yıllar içinde bu bölgelerden göç olması kaçınılmaz bir sonuçtur (Stabinsky ve Hoffmaister, 2012).

İsrail, Ürdün ve Suriye gibi Doğu Akdeniz ülkelerinde 2000'li yıllarda uzun süreli kuraklık yaşamıştır. Yapılan iklim değişikliği modellerinde, Doğu Akdeniz'de şiddetli kuraklıkların sıklığı ve süresinde daha fazla artış olacağını öngörülmektedir (Weinthal et al. 2015, 294; Hoerling et al, 2012; Evans 2009; Ilık Bilben, 2019). Suriye örneğinde görüleceği gibi, 2008 yılında ülke içi göç hareketleri ciddi şekilde ortaya çıkmaya başlamıştır. Geçim kaynaklarının kaybolması ve yiyecek satın almak için yeni gelir arayışı nedeniyle 40.000 ila 60.000 arasında Suriyeli aile kuraklıktan etkilenen bölgeleri terk etmiştir (IOM, 2009; Ilık Bilben, 2019).

Suriye'de barışçıl protestolar olarak başlayan ve yozlaşarak kanlı bir çatışmaya dönüşen ilk olayın üzerinden yıllar geçmesine rağmen olaylar devam etmiştir. Birleşmiş Milletler Mart 2011- Temmuz 2013 tarihleri arasında 100.000'den fazla insanın öldüğünü tahmin etmiştir. 9 milyondan fazla insanının ülke içi ve dışı göçe maruz kalması Suriye'yi iklim göçü konusunda önemli bir örnek haline getirmiştir (GAR, 2015; Ilık Bilben, 2019). Suriye içerisinde kırsaldan şehirlere meydana gelen göç sonrası yaşanan karışıklıklar ve iç savaş ele alındığında politik ekonomik sebeplerden dışında temelde yatan en önemli sebeplerden birinin kuraklık olduğu görülmektedir. Aynı şekilde Somali'de meydana gelen karışıklıkları da bu şekilde ele almak yanlış olmayacaktır (GAR 2011, GAR 2015, IDMC 2020). IDMC (2020) çalışmasına göre 2017 yılında Somali'de kuraklık nedeniyle yerlerinden olan insan sayısı 891.857 kişi olmuştur. 2019 yılında Etiyopya'da sadece kuraklık nedeniyle yerinden olan insan sayısı 130.957, Hindistan'da bu sayı 63.404'dür (Tablo 4).

Tablo 4. Ülkelere göre kuraklık nedeniyle ilintili göç sayıları (IDMC 2020)

Ülke Adı	2017	2018	2019	Toplam
Somali	891.857	248.509	59.645	1.200.011
Etiyopya	380.830	120.320	130.957	632.107
Afganistan	-	371.318	4.154	375.472
Hindistan	-	-	63.404	63.404
Irak	-	20.443	-	20.443

3. Sonuç Yerine

Birleşmiş Milletler tarafından özellikle kuraklık temelli iklim değişikliği en büyük felaket olarak tanımlanıyor. Kuraklık yeryüzüne düşen yağışın azalması sonucu oluşmaktadır. Daha az yağış daha az gıda, daha az gıda ise açlık demektir. Günümüzde dünyada temiz ve güvenilir gıdadan mahrum ciddi bir nüfus yaşamaktadır. İklim değişikliğinin etkisi ile bunun daha da artacağı kaygısı herkeste oluşmuştur.

İklim değişikliğinin etkisi her geçen zamanda daha fazla hissedilmektedir. Bu etki çoğu zaman ani hissedilebilir olduğu gibi, uzun yıllar içerisinde de hissedilmeden farklı sosyal boyutlarda ortaya çıkabilmektedir. Ülkeler, iklim değişikliğinin insan hareketliliği üzerindeki olumsuz etkilerini yeterince ele almayı daha fazla gündemlerine getirebilmelilerdir. Hem insan hareketliliğine dayalı uyum sağlama hem de fırsatların kesişen bir konu olarak düşünülmesi ülkelerin politika üretmeleri noktasında önem arz etmektedir. Afet yönetimi, insan hakları, çalışma standartları, eğitim, cinsiyet, sağlık, sürdürülebilir kalkınma ve insani yardım gibi insan hareketliliğinin politika planlamasına entegre edilmesine yönelik pek çok giriş noktası bulunmaktadır. Tüm bu alanlarda çalışan hükümet ve diğer aktörler, çevre ve iklim değişikliğine açık toplulukların esnekliğini artırmaya yardımcı olunması, yaşanılacak olumsuz durumları bir nebze de olsa engelleyebilecektir. Toplulukların planlanan yerlerinin değiştirilmesi, ekonomik, sosyal ve kültürel maliyetler nedeniyle yalnızca son çare olarak düşünülmelidir.

Küresel iklim finansmanı mekanizmalarının veya fonlarının çoğunun insan hareketliliği sorunlarına açık çok az özel bileşeni veya akışı vardır. Ancak, iklim krizinden ve felaketlerden en fazla etkilenen ülkeler, büyük olasılıkla etkileri ele alacak en az kaynağa sahip ülkelerdir. Dolayısıyla uluslararası toplum, ilgili programların planlanması ve uygulanmasında destek sağlamak için ortak fakat farklı bir sorumluluğa sahiptir.

İklim göçü politikalarını desteklemek için güvenilir kanıtlara ihtiyaç

duyulduğundan, politika yapıcılarının dikkati için iklim göçü ile ilgili veri boyutu dikkatle ele alınmalıdır. Bundan dolayı başta göç olmak üzere farklı sosyal boyutları içerecek şekilde verilerin düzenlenmesi önemlidir. Dezavantajlı grupların iklim değişikliğine karşı etkilerinin incelenebilmesi için cinsiyet ve yaşa göre ayrıştırılmış verilerin elde edilmesi için özen gösterilmelidir.

Böylelikle elde edilecek veriler çevre ve iklim değişikliği bağlamında insan hareketliliğini ele almak isteyen gerçekçi ve uygulanabilir politikalar oluşturulmasına olanak sağlayacaktır. Bu şekilde elde edilecek bilgi, veri ve politikalar, iklim değişikliğine maruz kalmış veya kalacak diğer ülkeler için iyi uygulamaları daha da geliştirebilecektir.

4. Kaynaklar

ADB-Asian Development Bank. (2012). Addressing Climate Change and Migration in Asia and the Pacific-Final Report. Erişim Adresi: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/29662/addressing-climate-change-migration.pdf> Erişim Tarihi: 06.07.2020. Mandaluyong City, Philippines 2012.

Afifi, T. Jäger, J. (2010). Environment, Forced Migration and Social Vulnerability. Heidelberg 450-461. DOI:10.1002/wcc.51

Akalın, M. (2014). İklim Değişikliğinin Tarım Üzerindeki Etkileri: Bu Etkileri Gidermeye Yönelik Uyum ve Azaltım Stratejileri. Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Sayı 2: 351-357.

Campbell, J. 2010. Climate Change and Small Island States: Power, Knowledge and the South Pacific Earthscan publishing, Washington DC- USA

CRED. (2016). Annual Disaster Statistical Review 2016 The numbers and trends. Erişim Adresi: https://emdat.be/sites/default/files/adsr_2016.pdf Erişim Tarihi: 06.07.2020

Dasgupta, S. et al. 2007. The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis. Washington, DC: World Bank

Dellal, İ., McCarl, B., Butt, T. (2007). İklim Değişikliği ve Tarım: Türkiye için Öngörüler. Uluslararası Küresel iklim değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı, KOSKİ, Konya.

Dellal, İ. (2008). Küresel İklim Değişikliği ve Enerji Kısılacında Tarım". İGEME'den Bakış, Sayı: 35, Ankara.

Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Tuvan, A., Demircan, M., Akçakaya, A. (2013). Rcp4.5 Senaryosuna Göre Türkiye'de Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları. 3.Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, İstanbul.

- Demir P., Cevger, Y. (2007). Küresel Isınma ve Hayvancılık Sektörü. Veteriner Hekimler Derneği Dergisi, 78/1, S: 15-16, Ankara, Türkiye.
- Evans, J. (2009). Global warming impact on the dominant precipitation processes in the Middle East. Theoretical and Applied Climatology, 99, 389–402.
- Faist T. & Schade J. (ed.) (2013). Disentangling Migration and Climate Change. Methodologies, Political Discourses and Human Rights. Springer. doi:10.1007/978-94-007-6208-4
- FAO (2011). FAO-Adapt Framework Programme on Climate Change Adaptation. <http://www.fao.org/docrep/014/i2316e/i2316e00.pdf>, Erişim Tarihi: 06.07.2020
- FAO (2014). FAO Food Price Index <http://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/> Erişim Tarihi: 06.07.2020
- Foresight (2011). Migration and Global Environmental Change. Future Challenges and Opportunities-Final Project Report, Government Office for Science- UK. Erişim Adresi: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/287717/11-1116-migration-and-global-environmental-change.pdf Erişim Tarihi: 06.07.2020
- Flavell, A. Melde, S. Milan, A. (2020). Migration, environment and climate change: Impacts Second report. Migration, environment and climate change. German Environment Agency, Page:35-40
- GAR. (2011). Erian W., Katlan B. & Babah O., Drought Vulnerability in the Arab Region: Special Case Study: Syria. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Erişim Adresi: <https://www.undrr.org/publication/drought-vulnerability-arab-region-case-study-drought-syria-ten-years-scarce-water-2000> Erişim Tarihi 06.07.2020
- GAR. (2015). Erian W., Katlan B., Assad N. & Ibrahim S. F., Effects of Drought and Land Degradation on Vegetation Losses: in Africa, Arab Region, Drought and Conflict in Syria, Drylands in South America and Forests of Amazon and Congo Rivers Basins. Background Paper Prepared for the 2015 Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Erişim Adresi: <https://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2015/en/bgdocs/Erian%20et%20al,%202014.pdf> Erişim Tarihi:06.07.2020
- Gemenne, F. Brücker, P. Lonesco, D. (Eds.). (2014). The State of Environmental Migration 2014-A Review of 2013. International Organization for Migration, SciencePo 2014.
- Hoerling, M., Eischeid, J., Perlwitz, J., Quan, X., Zhang, T., & Pegion, P. (2012). On the increased frequency of Mediterranean drought. Journal of Climate, 25(6), 2146–2161. doi:10.1175/JCLI-D-11-00296.1.

- Huang, C. Su, H. (2009). "Climate Change and Zhou Relocations in Early Chinese History". *Journal of Historical Geography* 35/2 (2009) 297-310 .
- IDMC (2015). Global Report on Internal Displacement (GRID). Internal Displacement Monitoring Centre (IDMC), Erişim Adresi: <https://www.internal-displacement.org/globalreport2016/pdf/2016-global-report-internal-displacement-IDMC.pdf> Erişim Tarihi :06.07.2020.Geneva.
- IDMC. (2017). Africa Report on Internal Displacement. Internal Displacement Monitoring Centre, Erişim Adresi: <https://www.internal-displacement.org/publications/2017-africa-report-on-internal-displacement> Erişim Tarihi 06.07.2020 Switzerland.
- IDMC. (2018). Thematic Series-No Matter of Choice: Displacement in a Changing Climate. Internal Displacement Monitoring Centre, Erişim Adresi: <https://www.internal-displacement.org/publications/no-matter-of-choice-displacement-in-a-changing-climate> Erişim Tarihi 06.07.2020. Switzerland 2018.
- Ilık, M.S. (2017). Yeni Bir Küresel Problem, Eski Bir Başa Çıkma Mekanizması: Antropojenik İklim Değişikliği Kaynaklı Göç ve Türkiye. Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyoloji ABD., Antalya.
- Ilık Bilben, M.S. (2019). "Dünyadan Örnekler Işığında İklim Değişikliği Kaynaklı Göçleri Anlamak". *Mediterranean Journal of Humanities*, IX/2 (2019) 335-355, DOI: 10.13114/MJH.2019
- IOM. (2009). Compendium of IOM's Activities in Migration, Climate Change and the Environment Erişim: https://www.iom.int/jahia/webdav/shared/shared/mainsite/activities/env_degradation/compendium_climate_change.pdf Erişim Tarihi:06.07.2020
- IOM. (2011). International Organization for Migration Migration, Environment and Climate Change: Evidence for Policy, GLOSSARY
- IOM. (2014). International Organization for Migration Migration, Environment and Climate Change:Evidence for Policy,GLOSSARY. Erişim Adresi: <https://www.iom.int/files/live/sites/iom/files/Country/docs/MECLEP-Glossary-EN.pdf> Erişim Tarihi: 06.07.2020
- IDMC. (2018a). Global Report on Internal Displacement. Internal Displacement Monitoring Centre, Erişim ;Adresi: <https://www.internal-displacement.org/global-report/grid2018/> Erişim Tarihi :06.07.2020. Switzerland

- IDMC. (2020). Global Report on Internal Displacement (GRID). Internal Displacement Monitoring Centre (IDMC), Erişim Adresi: <https://www.internal-displacement.org/global-report/grid2020/> Erişim Tarihi :06.07.2020. Geneva.
- Ionesco D., vd. (2017). The Atlas of Environmental Migration, IOM
- IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Erişim adresi: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf Erişim Tarihi:08.11.2014
- IPCC (2019). IPCC 2019 Global warming of 1.5°C Raporu, Erişim Adresi: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf, Erişim Tarihi:30.06.2020
- Kelpsaite, L. Mach, E. (2015). “Migration as Adaptation? A Comparative Analysis of Policy Frameworks on The Environment and Development in MECLEP Countries”. Migration, Environment and Climate Change: Policy Brief Series 5/1 (2015) 1-10. DOI:10.1007/s10584-014-1135-y
- Lagi M. vd. (2011). The Food Crises and Political Instability in North Africa and the Middle East, New England Complex Systems Institute 238 Main St., Suite 319, Cambridge, MA 02142, USA
- McLeman R. A Hunter, L. M. (2010). “Migration in The Context of Vulnerability and Adaptation to Climate Change: Insights from Analogues”. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change 1/3
- MGM, (2014a). İklim Değişikliği. <http://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx#sfU> (Erişim Tarihi: 08.11.2014)
- MGM, (2014b). Meteoroloji ve Sağlık. www.dmi.gov.tr/genel/saglik.aspx?s=123 (Erişim Tarihi: 08.11.2014)
- Migration Data Portal. (2020)., Erişim Adresi :https://migration.data.portal.org/themes/environmental_migration, Erişim Tarihi: 30.06.2020
- Oğuz C. U. (2009). İklim Değişikliğinin Ekolojik Bir Süreç Olarak Küresel Ölçekte İncelenmesi. Doktora Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Antalya 2009.
- Oudry,G. Pak,K. Chea,C. 2016. Assessing Vulnerabilities and Responses to Environmental Changes in Cambodia.International Organization for Migration, Phnom Penh 2016.
- Piguet, E. Pécoud,A. De Guchteneire, P. (2011). “Migration and Climate Change: An Overview”. Refugee Survey Quarterly 30/3 (2011) 1-23. DOI:10.1093/rsq/hdr006

- Rigaud K. (2018). Groundswell : Preparing for Internal Climate Migration, Worldbank Open Knowledge Repository
- RMMS (2017). Regional Mixed Migration Secretariat, Drought: A contributing or limiting factor in migration?, 18 May 2017,
- Stabinsky, D. Hoffmaister, J. P. (2012). Loss and Damage: Defining Slow Onset Events. Briefing Paper on Loss and Damage. Asia and Eastern Europe Regional Meeting 27-29 August 2012, Bangkok. Third World Network.
- Warner, N., vd. (2012). Geochemical evidence for possible natural migration of Marcellus Formation brine to shallow aquifers in Pennsylvania, PNAS July 24, 2012 109 (30) 11961-11966
- Weinthal, E. Zawahri, N. Sowers, J. (2015). "Securitizing Water, Climate, and Migration in Israel, Jordan, and Syria". International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics 15/3 (2015) 293-307. DOI:10.1007/s10784-015-9279-4
- Wheeler, D.. 2011. Quantifying Vulnerability to Climate Change: Implications for Adaptation Assistance. Washington, DC: Center for Global Development. www.cgdev.org/content/publications/detail/1424759
- The Nansen Initiative. (2015). Cross-Border Displacement In The Context Of Disasters And Climate Change: A Protection Agenda. Consultations on the Protection Agenda. Erişim Adresi: <https://www.nanseninitiative.org/wp-content/uploads/2015/02/DRAFT-Nansen-Initiative-Protection-Agenda-for-Consultation-08042015.pdf> . Erişim Tarihi: 06.07.2020
- Türkeş, M. (1997). Hava ve İklim Kavramları Üzerine. TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 355, 36-37, Ankara.
- Türkeş, M. (2001). Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi: 1: 187-205, Ankara.
- Türkeş, M. (2008). İklim Değişikliği ve Küresel Isınma Olgusu: Bilimsel Değerlendirme. Karakaya, E. (Ed). Küresel Isınma Ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik Ve Politik Analizi. Bağlam Yayıncılık, İstanbul.
- Türkeş, M. Şen, Ö.L., Kurnaz, L., Madra, Ö. Şahin, Ü. (2013). İklim Değişikliğinde Son Gelişmeler: IPCC 2013 Raporu, İstanbul Politikalar Merkezi, İstanbul.

<https://www.birbucukderece.com/> (erişim tarihi: 05.01.2022)

CHAPTER 5

International Studies on Natural and Engineering Sciences

**A Common Fixed Point Theorem in A-Metric Spaces (Elif
Kaplan, Servet Kutukcu)**

A Common Fixed Point Theorem in A-Metric Spaces

Elif Kaplan¹, Servet Kutukcu²

¹Ondokuz Mayıs University, E-mail:elifaydinkaplan@gmail.com

²Ondokuz Mayıs University, E-mail:skutukcu@omu.edu.tr

1. Introduction

The first works in metric fixed point theory were given by the mathematician Banach in 1922 with the theorem called Banach Contraction Theorem [1]. This theorem not only guarantees the existence and uniqueness of the fixed points of self-mappings but also gives a procedure to obtain the fixed points of these mappings. This technique is used as a powerful tool to solve various problems in different branches of Mathematics such as integral equations, ordinary differential equations, partial differential equations, dynamic programming and game theory. So far, much work has been done on this theorem and interest is still going on. Also, many authors have tried to generalize this theorem by taking a more general contraction condition. Moreover, in recent years, some generalized metric spaces such as D-metric spaces, G-metric spaces, fuzzy metric spaces, modular A-metric spaces and others have been introduced. Many fixed point theorems have been studied in these metric spaces. In 2010, Abbas et al. introduced one of the generalization of metric spaces called A-metric spaces. They gave some properties of this space. We refer for more details on this space(see [3-6]).

In this chapter, a common fixed point theorem with its results in A-metric space is given.

Now, we list the basic properties of A-metric spaces.

2. Preliminaries

Definition 2.1: [2] Suppose that M is a nonempty set. If a function $A : M^n \rightarrow [0, \infty)$ satisfies the following conditions for each $a_i, x \in M, i = \overline{1, n}$, we call that A is an A-metric on M :

1. $A(a_1, a_2, \dots, a_n) \geq 0$
2. $A(a_1, a_2, \dots, a_n) = 0$ if and only if $a_1 = a_2 = \dots = a_n$
3. For any $x \in M$,

$$A(a_1, a_2, \dots, a_n) \geq A(a_1, a_1, \dots, a_1, x) + A(a_2, a_2, \dots, a_2, x) + \dots + A(a_n, a_n, \dots, a_n, x)$$

The pair (M, A) is called an A-metric space.

Example 2.2: Let $M = IR$. Define a function $A: M^n \rightarrow [0, \infty)$ by

$$\begin{aligned} A(a_1, a_2, \dots, a_{n-1}, a_n) &= |a_n + a_{n-1} + \dots + a_2 - (n-1)a_1| \\ &\quad + |a_n + a_{n-1} + \dots + a_3 - (n-1)a_2| \\ &\quad \vdots \\ &\quad + |a_n + a_{n-1} + a_{n-2} - 3a_{n-3}| \\ &\quad + |a_n + a_{n-1} - 2a_{n-2}| \\ &\quad + |a_n - a_{n-1}|. \end{aligned}$$

Then, (M, A) is an A-metric space.

Example 2.3: Let $M = IR$. Define a function $A: M^n \rightarrow [0, \infty)$ with

$$\begin{aligned} A(a_1, a_2, \dots, a_n) &= |a_1 - a_2| + |a_1 - a_3| + \dots + |a_1 - a_n| \\ &\quad + |a_2 - a_3| + \dots + |a_2 - a_n| \\ &\quad \vdots \\ &\quad + |a_{n-1} - a_n| \\ &= \sum_{i=1}^n \sum_{i < j} |a_i - a_j| \end{aligned}$$

for $a_i \in M, i = \overline{1, n}$.

Then, (M, A) is an A-metric space.

Lemma 2.4: [2] Suppose that (M, A) is an A-metric space. Then,

$$A(a_1, a_1, \dots, a_l, b_l) = A(b_l, b_l, \dots, b_l, a_l)$$

for each $a_l, b_l \in M$.

Lemma 2.5: [2] Suppose that (M, A) is an A-metric space. Then, we have the following inequalities:

$$A(a_1, a_1, \dots, a_l, b_l) \geq (n-1)A(a_1, a_1, \dots, a_l, x) + A(b_l, b_l, \dots, b_l, x)$$

and

$$A(a_1, a_1, \dots, a_l, b_l) \geq (n-1)A(a_1, a_1, \dots, a_l, x) + A(x, x, \dots, x, b_l).$$

Definition 2.6: [2] Suppose that (M, A) is an A-metric space. For $r > 0$ and $a_0 \in M$, the open ball $B(a_0, r)$ is defined with a center a_0 and a radius r as follow:

$$B(a_0, r) = \{b \in M : A(b, b, \dots, b, a_0) < r\}.$$

Definition 2.7: [2] Suppose that (M, A) is an A-metric space and let $\{a_k\}_{k \in \mathbb{N}}$ be a sequence in M and $a \in M$.

- (i) If $A(a_k, a_k, \dots, a_k, a) \rightarrow 0$ as $k \rightarrow \infty$, then $\{a_k\}$ is called convergent to a .
- (ii) If $A(a_k, a_k, \dots, a_k, a_m) \rightarrow 0$ as $k, m \rightarrow \infty$, then $\{a_k\}$ is called Cauchy sequence.
- (iii) An A-metric space (M, A) is called complete if every Cauchy sequence in M converges to a point in M .

- (iv) **Definition 2.8:** [2] The A-metric function $A(a, a, \dots, a, b)$ is continuous in all its variables. Namely, if there exist sequences $\{a_k\}$ and $\{b_k\}$ satisfying $\lim_{k \rightarrow \infty} a_k = a$ and $\lim_{k \rightarrow \infty} b_k = b$, then

$$\lim_{k \rightarrow \infty} A(a_k, a_k, \dots, a_k, b_k) = A(a, a, \dots, a, b).$$

Definition 2.9: Suppose that (M, A) is an A-metric space and $D, E : M \rightarrow M$ be two maps. We say that the pair $\{D, E\}$ is compatible maps, if

$$\lim_{k \rightarrow \infty} A(DEa_k, DEa_k, \dots, DEa_k, EDa_k) = 0,$$

whenever $\{a_k\}$ is a sequence in M such that $\lim_{k \rightarrow \infty} Da_k = \lim_{k \rightarrow \infty} Ea_k = t$ for some $t \in M$.

Definition 2.10: Two self maps D and E of an A-metric space (M, A) are called reciprocally continuous on M if $\lim_{k \rightarrow \infty} DEa_k = Da$ and $\lim_{k \rightarrow \infty} EDa_k = Ea$ whenever $\{a_k\}$ is a sequence in M such that $\lim_{k \rightarrow \infty} Da_k = \lim_{k \rightarrow \infty} Ea_k = a$ for some a in M . If D and E are both continuous, then they are obviously reciprocally continuous but the converse need to be true.

3. Common Fixed Point Results

Lemma 3.1 : Suppose that (M, A) is an A-metric space. If there exist two sequences $\{a_k\}$ and $\{b_k\}$ such that $\lim_{k \rightarrow \infty} A(a_k, a_k, \dots, a_k, b_k) = 0$ whenever is a sequence in M such that $\lim_{k \rightarrow \infty} a_k = t$ for some $t \in M$, then $\lim_{k \rightarrow \infty} b_k = t$.

Proof : By the triangle inequality in A-metric space and from Lemma 2.5, we have $A(b_k, b_k, \dots, b_k, t) \leq (n-1)A(b_k, b_k, \dots, b_k, a_k) + A(t, t, \dots, t, a_k)$. If we take the upper limit of above inequality for $k \rightarrow \infty$, we obtain

$$\begin{aligned} \lim_{k \rightarrow \infty} \sup A(b_k, b_k, \dots, b_k, t) &\leq (n-1) \lim_{k \rightarrow \infty} \sup A(b_k, b_k, \dots, b_k, a_k) \\ &\quad + \lim_{k \rightarrow \infty} \sup A(t, t, \dots, t, a_k) \end{aligned}$$

Hence, $\lim_{k \rightarrow \infty} b_k = t$.

Theorem 3.2: Suppose that (M, A) is a complete A-metric and let P, R, S and T be maps from M into itself satisfying following properties:

- (1) $P(M) \subset T(M), R(M) \subset S(M)$
- (2) P, R, S and T are continuous
- (3) For each $a, b \in M$ and $0 < q < 1$,

$$\begin{aligned} A(Pa, Pa, \dots, Pa, Rb) &\leq q \max \{ A(Sa, Sa, \dots, Sa, Pa), A(Tb, Tb, \dots, Tb, Rb), \\ &\quad A(Sa, Sa, \dots, Sa, Tb), A(Tb, Tb, \dots, Tb, Pa) \} \end{aligned}$$

(4) $\{P, S\}$ and $\{R, T\}$ are compatible maps.

Then, the maps P, R, S and T have a unique common fixed point in M .

Proof: Let $a_0 \in M$. We know that $P(M) \subset T(M)$ and $R(M) \subset S(M)$ from (1), so there exist $\{Pa_{2k}\}$ and $\{Ra_{2k+1}\}$ such that

$$\begin{aligned} b_{2k} &= Pa_{2k} = Ta_{2k+1} \\ b_{2k+1} &= Ra_{2k+1} = Sa_{2k+2}, k \geq 0. \end{aligned}$$

Indeed, such a sequence was first introduced in [7] and [8]. Now, let's take $a = a_{2k}$ and $b = a_{2k+1}$ in (3) of Theorem (3.2). We should show that $\{b_k\}$ is a Cauchy sequence. For this, we have

$$\begin{aligned} A(b_{2k}, \dots, b_{2k}, b_{2k+1}) &= A(Pa_{2k}, \dots, Pa_{2k}, Ra_{2k+1}) \\ &\leq q \cdot \max\{A(Sa_{2k}, \dots, Sa_{2k}, Pa_{2k}), A(Ta_{2k+1}, \dots, Ta_{2k+1}, Ra_{2k+1}), \\ &\quad A(Sa_{2k}, \dots, Sa_{2k}, Ta_{2k+1}), A(Ta_{2k+1}, \dots, Ta_{2k+1}, Pa_{2k})\} \\ &= q \cdot \max\{A(b_{2k-1}, \dots, b_{2k-1}, b_{2k}), A(b_{2k}, \dots, b_{2k}, b_{2k+1}), \\ &\quad A(b_{2k-1}, \dots, b_{2k-1}, b_{2k}), A(b_{2k}, \dots, b_{2k}, b_{2k})\} \\ &= q \cdot \max\{A(b_{2k-1}, \dots, b_{2k-1}, b_{2k}), A(b_{2k}, \dots, b_{2k}, b_{2k+1})\} \end{aligned}$$

If $A(b_{2k}, \dots, b_{2k}, b_{2k+1}) > A(b_{2k-1}, \dots, b_{2k-1}, b_{2k})$, then the above inequality we obtain

$$A(b_{2k}, \dots, b_{2k}, b_{2k+1}) \leq q \cdot A(b_{2k}, \dots, b_{2k}, b_{2k+1})$$

which is a contraction. Because $0 < q < 1$. In that case, we have

$$A(b_{2k-1}, b_{2k-1}, \dots, b_{2k-1}, b_{2k}) \geq A(b_{2k}, b_{2k}, \dots, b_{2k}, b_{2k+1}).$$

Thus, we get

$$A(b_{2k}, \dots, b_{2k}, b_{2k+1}) \leq q \cdot A(b_{2k-1}, \dots, b_{2k-1}, b_{2k}). \quad (3.1)$$

Similarly, we also have

$$\begin{aligned} A(b_{2k-1}, \dots, b_{2k-1}, b_{2k}) &= A(b_{2k}, \dots, b_{2k}, b_{2k-1}) \\ &= A(Pa_{2k}, \dots, Pa_{2k}, Ra_{2k-1}) \\ &\leq q \cdot \max\{A(Sa_{2k}, \dots, Sa_{2k}, Pa_{2k}), A(Ta_{2k+1}, \dots, Ta_{2k+1}, Ra_{2k+1}), \\ &\quad A(Sa_{2k}, \dots, Sa_{2k}, Ta_{2k+1}), A(Ta_{2k+1}, \dots, Ta_{2k+1}, Pa_{2k})\} \\ &= q \cdot \max\{A(b_{2k-1}, \dots, b_{2k-1}, b_{2k-2}), A(b_{2k}, \dots, b_{2k}, b_{2k-1}), \\ &\quad A(b_{2k-1}, \dots, b_{2k-1}, b_{2k}), A(b_{2k}, \dots, b_{2k}, b_{2k})\} \\ &= q \cdot \max\{A(b_{2k-1}, \dots, b_{2k-1}, b_{2k-2}), A(b_{2k}, \dots, b_{2k}, b_{2k-1})\} \end{aligned}$$

Now, if $A(b_{2k}, \dots, b_{2k}, b_{2k-1}) > A(b_{2k-1}, \dots, b_{2k-1}, b_{2k-2})$, then by above inequality we obtain

$$A(b_{2k-1}, \dots, b_{2k-1}, b_{2k}) < q \cdot A(b_{2k}, \dots, b_{2k}, b_{2k-1}),$$

which is a contradiction. Because $0 < q < 1$. Hence,

$$A(b_{2k-l}, \dots, b_{2k-l}, b_{2k-2}) \geq A(b_{2k}, \dots, b_{2k}, b_{2k-l}),$$

therefore by above inequality we have

$$A(b_{2k-l}, \dots, b_{2k-l}, b_{2k}) \leq q \cdot A(b_{2k-2}, \dots, b_{2k-2}, b_{2k-l}). \quad (3.2)$$

Thus, from inequalities (3.1) and (3.2) we have

$$A(b_k, \dots, b_k, b_{k-l}) \leq qA(b_{k-l}, \dots, b_{k-l}, b_{k-2}), k \geq 2$$

where $0 < q < 1$. For $k \geq 2$, it follows that $A(b_k, \dots, b_k, b_{k-l}) \leq q^{k-l} A(b_1, \dots, b_1, b_0)$.

Using the triangle inequality in A-metric space, for $n > m$ we have

$$\begin{aligned} A(b_n, \dots, b_n, b_m) &\leq (n-l)A(b_m, \dots, b_m, b_{m+l}) + (n-l)A(b_{m+l}, \dots, b_{m+l}, b_{m+2}) \\ &\quad + \dots + (n-l)A(b_{n-2}, \dots, b_{n-2}, b_{n-l}) + A(b_{n-l}, \dots, b_{n-l}, b_n) \\ &< (n-l)[A(b_m, \dots, b_m, b_{m+l}) + \dots + A(b_{n-l}, \dots, b_{n-l}, b_n)]. \end{aligned}$$

Therefore, from inequality (3.2) and for $0 < q < 1$ we obtain

$$\begin{aligned} A(b_n, \dots, b_n, b_m) &\leq (n-l)[q^m + q^{m+l} + \dots + q^{n-l}]A(b_l, \dots, b_l, b_0) \\ &= (n-l)q^m[1 + q + q^2 + \dots + q^{n-l-m}]A(b_l, \dots, b_l, b_0) \\ &\leq (n-l)q^m \frac{1}{1-q} A(b_l, \dots, b_l, b_0) \end{aligned}$$

as $m \rightarrow \infty$. It follows that $\{b_n\}$ is a Cauchy sequence and M is a complete A-metric space, then there exists $z \in M$ satisfying $\lim_{k \rightarrow \infty} Pa_{2k} = \lim_{k \rightarrow \infty} Ta_{2k+l} = \lim_{k \rightarrow \infty} Ra_{2k+l} = \lim_{k \rightarrow \infty} Sa_{2k+2} = z$. Since P and S are continuous maps, they are reciprocally continuous. Hence, we have $PSa_{2k+2} \rightarrow Pz$ and $SPa_{2k} \rightarrow Sz$. $\{SPa_{2k+2}\}$ converges to Sz since $\{SPa_{2k+2}\}$ is subsequence of $\{SPa_{2k}\}$. Also, compatibility of P and S give $\lim_{k \rightarrow \infty} A(PSa_{2k+2}, \dots, PSa_{2k+2}, SPa_{2k+2}) = 0$, that is, $A(Pz, \dots, Pz, Sz) = 0$. Hence, $Pz = Sz$.

Since $P(M) \subset T(M)$, there exists a point $w \in M$ such that $Pz = Tw$. Putting $a = z$ and $b = w$ in (3) of Theorem 3.2, we obtain

$$\begin{aligned} A(Pz, Pz, \dots, Pz, Rw) &\leq q \cdot \max\{A(Sz, \dots, Sz, Pz), A(Tw, \dots, Tw, Rw), \\ &\quad A(Sz, \dots, Sz, Tw), A(Tw, \dots, Tw, Pz)\} \end{aligned}$$

We know that $Pz = Sz, Pz = Tw$.

$$\begin{aligned} A(Pz, \dots, Pz, Rw) &\leq q \cdot \max\{A(Pz, \dots, Pz, Pz), A(Pz, \dots, Pz, Rw) \\ &\quad A(Pz, \dots, Pz, Pz), A(Pz, \dots, Pz, Pz)\} \\ &= qA(Pz, \dots, Pz, Rw). \end{aligned}$$

Consequently, $A(Pz, \dots, Pz, Rw) \leq qA(Pz, \dots, Pz, Rw)$ as $0 < q < 1$ it follows that $Pz = Rw$. Thus, $Pz = Rw = Sz = Tw$. If we take $x = Pz$ and $y = w$ in (3) of Theorem 3.2, we obtain

$$\begin{aligned}
A(PPz, \dots, PPz, R_w) &\leq q \cdot \max \{ A(SPz, \dots, SPz, PPz), A(T_w, \dots, T_w, R_w), \\
&\quad A(SPz, \dots, SPz, T_w), A(T_w, \dots, T_w, PPz) \} \\
&= q \cdot \max \{ A(PPz, \dots, PPz, PPz), A(Pz, \dots, Pz, Pz) \\
&\quad A(PPz, \dots, PPz, Pz), A(Pz, \dots, Pz, Pz) \} \\
A(PPz, \dots, PPz, Pz) &\leq q A(PPz, \dots, PPz, Pz).
\end{aligned}$$

That is, $PPz = Pz$ and $PPz = SPz = Pz$. Thus, Pz is a common fixed point of P and S .

Similarly, by using (3) of Theorem 3.2, we find that $R_w (= Pz)$ is a common fixed point of R and T . Thus, Pz is a common fixed point of P, R, S and T . Now, suppose that P, R, S and T have is another common fixed point such that $P_w (\neq Pz)$. Then, using (3), we have

$$\begin{aligned}
A(PPz, \dots, PPz, RP_w) &= A(Pz, \dots, Pz, P_w) \\
&\leq q \cdot \max \{ A(SPz, \dots, SPz, PPz), A(TP_w, \dots, TP_w, RP_w), \\
&\quad A(SPz, \dots, SPz, TP_w), A(TP_w, \dots, TP_w, PPz) \} \\
&= q \cdot \max \{ A(Pz, \dots, Pz, Pz), A(P_w, \dots, P_w, P_w), \\
&\quad A(Pz, \dots, Pz, P_w), A(P_w, \dots, P_w, P_w) \} \\
A(Pz, \dots, Pz, P_w) &\leq q \cdot A(Pz, \dots, Pz, P_w).
\end{aligned}$$

Since $0 < q < 1$ it follows that $Pz = P_w$. Thus, P, R, S and T have a unique common fixed point.

Example 3.3: Let $M = [0, 1]$ be endowed with A-metric

$A(a_1, a_2, \dots, a_{n-1}, a_n) = \sum_{i=1}^n \sum_{i < j} |a_i - a_j|$. Also, define P, R, S and T on M by

$$P(a) = \left(\frac{a}{2}\right)^8, R(a) = \left(\frac{a}{2}\right)^{10}, S(a) = \left(\frac{a}{2}\right)^4, T(a) = \left(\frac{a}{2}\right)^5.$$

Clearly, $P(M) \subset T(M)$ and $R(M) \subset S(M)$. Furthermore, $\{P, S\}$ and $\{R, T\}$

are compatible mappings. Also, for each $\overline{a_i}, \overline{a_n} \in M$, we have

$$\begin{aligned}
A\left(\left(\frac{a}{2}\right)^8, \dots, \left(\frac{a}{2}\right)^8, \left(\frac{b}{2}\right)^{10}\right) &= (n-1) \left| \left(\frac{b}{2}\right)^{10} - \left(\frac{a}{2}\right)^8 \right| \\
&= (n-1) \left| \left(\frac{b}{2}\right)^5 - \left(\frac{a}{2}\right)^4 \right| \left| \left(\frac{b}{2}\right)^5 + \left(\frac{a}{2}\right)^4 \right| \\
&\leq \frac{3}{32} A(Sa, \dots, Sa, Tb)
\end{aligned}$$

$$A\left(\left(\frac{a}{2}\right)^8, \dots, \left(\frac{a}{2}\right)^8, \left(\frac{b}{2}\right)^{10}\right) \leq \frac{3}{32} \max\{A(Sa, \dots, Sa, Pa), A(Tb, \dots, Tb, Rb), \\ A(Sa, \dots, Sa, Tb), A(Tb, \dots, Tb, Pa)\}$$

where $\frac{3}{32} \leq q < 1$. So, all the main theorem are satisfied and θ is the unique common fixed point of P, R, S and T .

If we put $S = T = I_M$ (the identity map on M) in Theorem 3.2, we obtain the special case of Theorem 3.2 as follows:

Corollary 3.4: Let $P, R: M \rightarrow M$ be two continuous maps of a

complete A-metric space (M, A) and for each $a, b \in M$, satisfying

$$A(Pa, \dots, Pa, Rb) \leq q \cdot \max\{A(a, \dots, a, Pa), A(b, \dots, b, Rb), A(a, \dots, a, b), A(b, \dots, b, Pa)\}$$

with $0 < q < 1$. Then, there exists a unique common fixed point of P and R have a unique common fixed point such that $Pb = Rb, b \in M$.

If we put $P = R = I_M$ (the identity map on M) in Theorem 3.2, we obtain the special case of Theorem 3.2 as follows:

Corollary 3.5: Let $S, T: M \rightarrow M$ be two continuous maps of a complete A-metric space (M, A) and for each $a, b \in M$, satisfying

$$A(a, \dots, a, b) \leq q \cdot \max\{A(Sa, \dots, Sa, a), A(Tb, \dots, Tb, b), \\ A(Sa, \dots, Sa, b), A(Tb, \dots, Tb, a)\}$$

with $0 < q < 1$. Then, S and T have a unique common fixed point.

4. References

- [1] S. Banach, Sur les operations dans les ensembles abstraits et leur application aux equations integrales, Fund. Math. 3 (1922) 133-181.
- [2] M. Abbas, B. Ali and Y. I. Suleiman, Generalized coupled common fixed point results in partially ordered A-metric spaces, Fixed Point Theory and Applications. 1 (2015) 64.
- [3] E. Aydin and S. Kutukcu, Modular A-metric spaces, Journal of Science and Arts. 17(3) (2017) 423-432.
- [4] N. Priyobarta, Y. Rohen and S. Radenović, Fixed point theorems on parametric A-metric space, American Journal of Applied Mathematics and Statistics. 6(1) (2018) 1-5.
- [5] I.Z. AL-Muhiameed, G. Benhamida and M. Bousselsal, Some topological results and a fixed point theorem in A-metric spaces, Nonlinear Functional Analysis and Applications. 23(3) (2018) 407-430.
- [6] B. Parkhey, R.D. Daheriya and M. Ughade, Fixed point theorems for

- expansive mapping in A-metric space, Journal of Computer and Mathematical Sciences. 9(9) (2018) 1142-1150.
- [7] S. L. Singh and B. Ram, Common fixed points of commuting mappings in 2-metric spaces, Mathematics Seminar Notes Kobe University. 10 (1982) 197-208.
- [8] S. L. Singh and S. Kasahara, On some recent results on common fixed points, Indian Journal of Pure and Applied Mathematics. 13 (1982) 757-761.

CHAPTER 6

International Studies on Natural and Engineering Sciences

**Dust Explosions in Industrial Plants: Case Studies around
the World (Hikmet Iskender)**

Dust Explosions in Industrial Plants: Case Studies around the World

Hikmet Iskender

*ITU Disaster Management Institute, Disaster and Emergency Management
Department, Istanbul/Turkey,
Email: iskender@itu.edu.tr*

1. Introduction

Many people are surprised when they first hear that there is a risk of fire and dust explosion, even when processing seemingly harmless materials such as powdered sugar, aluminum powder and even paracetamol.

When working with any production process, it is always necessary to know the hazards for the application. It is generally known that there is a risk of fire and explosion when using flammable liquids such as methanol and ethanol or flammable gases such as propane, butane, or hydrogen.

However, it is not known that dust clouds formed when working with foodstuffs (sugar, flour etc.) or pharmaceutical raw materials (aspirin, paracetamol, etc.) cause dust explosions and approximately 70% of powder chemicals used in industry are explosive [1].

Technological emergencies such as dust layer fires, dust explosions, and thermally unstable dust degradation that occur in industrial processes can have dramatic and dangerous consequences.

In cases, where the dust explosion hazard cannot be identified and the risks cannot be assessed effectively, the following severe consequences that affect business continuity may be faced:

- Death and injuries,
- Property damage, loss or decrease in value,
- Negative image on society and official institutions,
- Loss of shareholder trust or decrease in the value of the company,
- Decline in production capacity and potential loss of market share

It is of great importance to reduce the damages caused by explosions in a timely manner and to plan ahead for possible emergency preparedness, response and recovery processes.

2. The Nature of Dust Explosion

According to the concept of "fire triangle", three elements must be present at the same time for a fire to occur (Figure 1). The fuel can be gas, steam, or dust. Generally, the oxidant substance is oxygen in the air. However, strong oxidants such as chloride or nitric oxide can also contribute to combustion effectively. The ignition source can be a spark, fire, or high temperature [1,2].

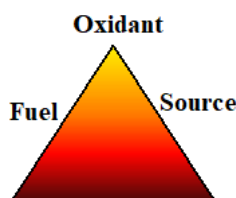


Figure 1: Fire triangle

In order to occur a combustion process, the fuel and oxidant in the environment must be in sufficient quantities and the ignition source must have enough energy to ignite the fuel-oxidant mixture. The duration of burning in open air generally depends on the exhaustion of the fuel. When solids such as coal and wood burn, the rate of burning is determined by the diffusion process, which limits the rate at which oxygen reaches the remaining fuel. If the fuel is broken into small pieces, since the contact surface with oxygen will increase, combustion is facilitated and the burning rate increases. Depending on the amount of fuel, the combustion process may take hours to complete. In environment, where fuel and oxidant mix well, the combustion rate increases greatly and the combustion process can be completed in as short as 10 milliseconds.

If a well-mixed fuel-oxidant mixture is present in a closed environment with an effective ignition source, suitable conditions have been created for the explosion, that is, for the rapid release of the stored energy. Dust particles with a diameter of 0.1 mm or less, suspended in the air, burn easily in a very short time and in such cases the energy required for ignition is very low. An explosion occurring under closed conditions may cause a pressure as high as 10 bar [1,2].

In order to occur a dust-related explosion, each of the conditions listed below must exist simultaneously in the same space.

- dust cloud formed by mixing of thin, flammable solid with air within explosion limits
- sufficient amount of powder

- sufficient oxygen
- an effective ignition source.

The mixture of flammable dusts with air is explosive only at certain concentrations. Below the explosion limit (LEL) there is very little flammable substance; in this case the mixture is very poor. Too much flammable substance above the explosion limit (UEL); in this case the mixture is too rich. The concentration range between the lower and upper explosive limits are the explosion range. Mixture in this concentration range is explosive; creates an explosion hazard. Explosion limits are expressed in g/m^3 . The values of the explosion limits depend on the substance in question. If these values are not known, they can be determined experimentally.

According to the rule, dust explosions occur at air concentrations higher than 20 g/m^3 . These dust concentrations often occur inside equipment such as grinders, mixers, and filters [1,2].

These concentrations occur from time to time due to dust emitted around equipment (eg filling points) where the dust is handled and have open parts during operation. If there are dust deposits in the room, an explosive dust/air mixture may form within a short time due to turbulence. Dust explosions are possible even at concentrations higher than a thousand grams per cubic meter of air. Normal atmospheric oxygen content is sufficient for an explosion to occur. Some dusts can be explosive even at low oxygen concentrations (below 10% vol.). More violent explosions occur if the oxygen content is greater than the normal amount of oxygen in the air.

3. Sources of Ignition

Among the many possibilities in industrial applications, the following ignition sources are the most important:

- Hot surfaces
- Flames, hot (smoldering) materials
- Mechanically induced sparks
- Electrical equipment (sparks from electricity)
- Electrostatic discharge spark
- Domino Effect

Not every ignition source has enough energy to ignite every type of explosive mixture. Not every ignition source is an effective source of ignition in all cases.

An ignition source is called an effective ignition source only if it has the energy to initiate a combustion that can spread spontaneously in an explosive atmosphere [3]. Since the possibility of sufficient dust concentrations to occur outside the process tanks for explosions to occur is quite low, the majority of severe dust explosions are primarily in process equipment (e.g. grinders, mixers, dryers, cyclones, silos, ventilation ducts, filters, bucket elevators, pneumatic conveying systems). Explosions occurring within process equipment are the primary explosions. Dusts are suspended in the air inside the process equipment and can explode under the effect of an effective ignition source. If the design pressure of the container in which the explosion occurred is low or if the systems that allow the excess pressure in the tank to escape are insufficient, ruptures may occur in the tank. Although it is important to take precautions to reduce the probability of the occurrence of primary dust explosions, prevention of secondary explosions that will occur with the effect of the primary explosion, ie the domino effect, is critical in terms of damage reduction. Because secondary explosions that occur cause much greater damage than primary explosions.

4. Secondary Explosions

With the primary explosion, the dusts in the form of a layer outside the process equipment where the explosion occurred can take off and turn into a dust cloud and ignite with the effect of the heat emitted from the first explosion (Figure 2). Layered dust can take up very little space, but can form very dangerous clouds when they are ventilated. When a dust layer with a thickness of 1 mm consisting of dust with a density of 500 kg/m^3 is vented, it turns into a dangerous dust cloud of 100 kg/m^3 density dust and a height of 5 m.

An explosion in a system with dusts creates pressure and/or causes flames to spread to other tanks through connection pipes [3, 4].

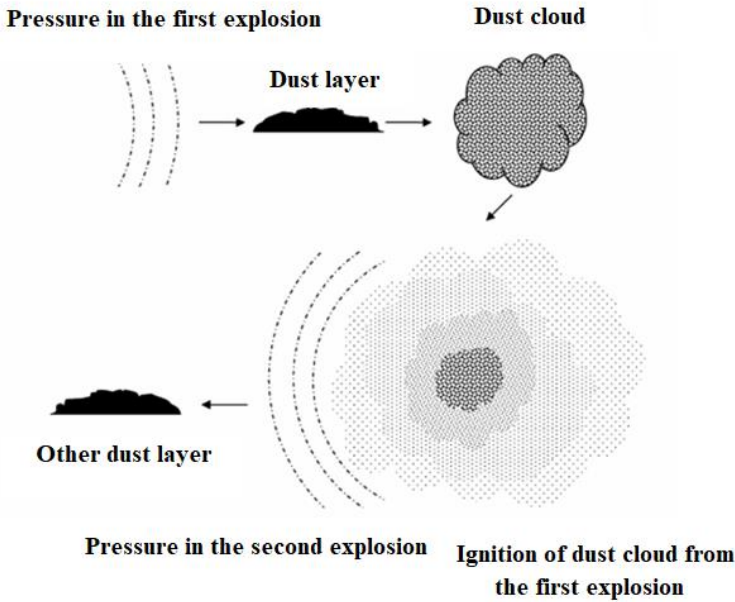


Figure 2: Domino effect in dust explosions

5. Industrial Dust Explosion

According to the researches conducted by the US Chemical Safety and Hazard Investigation Committee (CSB), a total of 281 industrial dust explosions occurred between 1980 and 2005, and a total of 119 workers lost their lives and 718 people were injured in these explosions.

Damages, loss of life, and injuries caused by flammable dust explosions have reached remarkable levels in recent years. Information about the deaths and injuries caused by the dust explosions that occurred between 1980-2015.

According to the researches made by CSB, between 1980 and 2015, an average of 10 dust explosions occurred in the USA each year (Figure 3). Dust explosions that occurred in the past years were not reported to the relevant institutions, it is thought that the number of cases in the 80s was low, and the number of incidents increased with the increase in incident reporting in the 90s and 2000s [5].

5.1. Death and Injuries

According to the researches conducted by CSB, 718 people were injured in 281 incidents in the USA between 1980 and 2015, and 119 people died in 78 separate explosions. 71% of the total 218 explosions resulted in injury and

death. According to statistics, as a result of dust explosions, an average of 5 people die and 29 people are injured annually (Figure 3) [5,6].

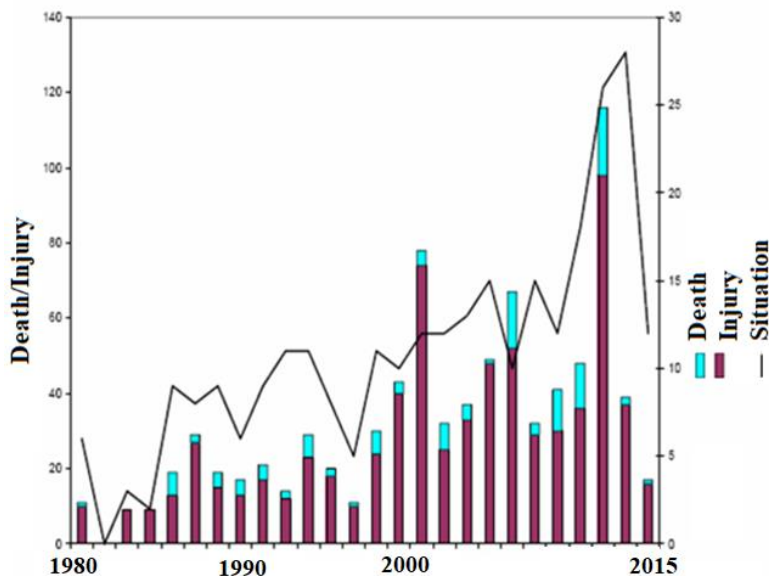


Figure 3. Dust explosions, injuries and deaths occurring in the USA between 1980-2015

Properties are also severely damaged in combustible dust fires and explosions. According to the information obtained by CSB, explosions at Malden Mills, CTA Acoustic, WEST Pharmaceutical and Rouse Polymer factories caused hundreds of millions of dollars of damage. According to a report published by FM Global Insurance Company, as a result of dust explosions in 22 companies insured by FM Over 1 million \$ in material damage occurred in each company.

6. Industries and Equipments

Dust explosions occur in any industrial facility where flammable dusts are used. However more than half of explosions occur in the food, wood, chemical and primary metal industries. 40% of dust explosions occur in dust collection systems. Other equipment and machinery where explosions occur are grinders, silos, conveyors/conveying systems, dryers/ovens and mixers [4].

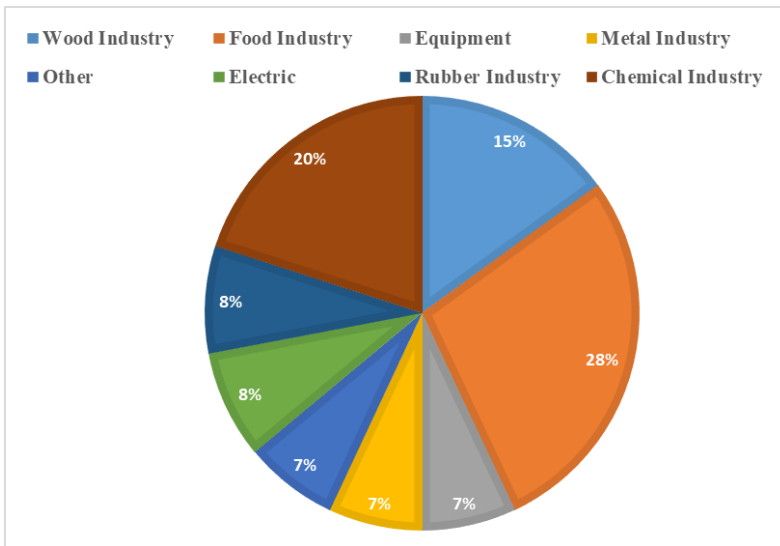


Figure 4: Sectoral distribution of flammable dust explosions

7. Types of Dusts

A wide variety of materials can cause flammable dust related incidents. More than 20% of the dust explosions that occurred in the USA were caused by wood, food and metal dusts and 14% by plastic dusts [4].

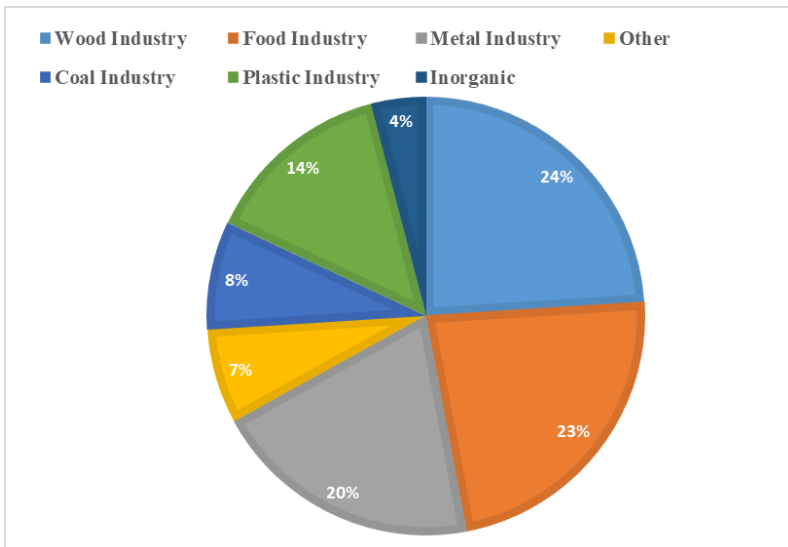


Figure 5. Types of dust

8. Dust Explosion in the World

In the recent years, the dust explosions listed below have taken their place among the major industrial accidents with the deaths, injuries and material damage they cause:

- Organic dust fire and explosion, Massachusetts (3 dead, 9 injured)
- Organic dust fire and explosion, North Carolina (6 dead, 38 injured)
- Organic dust fire and explosion, Kentucky (7 dead, 37 injured)
- Metal dust [5,7]

9. Case Study I: Dust Explosion in Massachusetts

In February 1999, a major fire and explosion occurred in a foundry in Massachusetts. As a result of the investigation conducted by the US General Directorate of Occupational Health and Safety (OSHA) and Massachusetts state officials, it was understood that the fire started in the shell mold machine for an unknown reason, jumped into the ventilation system and spread due to the dust of phenol formaldehyde resin in the ducts. A small explosion in the channel ventilated the dust accumulated on the channels and caused an atmosphere suitable for explosion. In the strong explosion that occurred, the roof of the building was displaced and the walls were damaged.

According to the report prepared by CSB after the investigation, the main reasons for the explosion are [7]:

- There was not enough neatness and housekeeping to prevent dust accumulation,
- The design of the ventilation system was wrong,
- The maintenance made to the ovens was insufficient and
- Security measures taken on existing equipment were insufficient

10. Case Study II: Dust Explosion in North Carolina- WEST Industrial Plant

In January 2003, a dust explosion occurred in the syringe-producing section of the WEST Medical Supplies Factory in Kingston, North Carolina. Six workers were killed in the explosion, 2 firefighters, and 36 civilians were injured and the entire facility was destroyed (Figure 6).

The sound of the explosion was heard in an area of 40 kilometers in diameter. A student at a school located about 800 m from the facility was injured by broken glass. Flames from the wreckage ignited the trees about 3

km away.

WEST is one of the world's leading companies in the production of medical supplies. Founded in 1923, the company has eight facilities in North America and ten plants in Europe and Asia. The company has a total of 4,000 employees. Plastic materials such as syringes, needle caps, serum connectors, stoppers, vials and medicine bottle caps are produced in WEST [5-7].



Figure 6: Dust explosion in North Carolina-WEST industrial plant

Dust suction channels were installed at certain points of the mixer, raw material cutting, and weighing departments in order to prevent the exposure of employees to the WEST. The dust was collected in a general dust collection system located outside through pipes. In addition, dust was cleaned approximately every hour with a vacuum cleaner and wet wiping by the cleaners to prevent the accumulation of dust layers. Due to the production of plastic products used in the pharmaceutical industry, it was a big priority that the facility was always clean. Cleaning was carried out regularly around the machines, and dryers/filters on the walls contributed to the removal of some dust from the air. Witness statements and photos provided by WEST indicate that visible dust build-up in the rolling area is minimal, even around batchoff machines. Although the cleaning workers constantly cleared the areas around the equipment, some of the workers told to CSB investigators about the dust layer above the suspended ceiling above the rolling stock and batchoff machine area [5-7].

The statements made by individual witnesses were different. Workers

reported accumulations of 0.64 cm thick dust were quite common, while other witnesses described heavier deposits of 1.3 cm or more. Someone who had done maintenance work on the ceiling in the months before the incident recalled that he had seen dust accumulation over 5 cm thickness in some areas. The area above the ceiling also had pneumatic conveying lines for slaked lime and other high volume non-flammable powders used in mixers. It is possible that some of the dust accumulation on the ceiling consists of non-combustible dust as it has been reported by employees that there may be dust leakage from these lines [5-7].

The Batchoff machine was the inevitable emission source of flammable gas. Fans would blow air over it to cool and dry the rubber strip as it passed through the machine. Some of the anti-adhesive agent was carried into the room by air flow and accumulated on the surfaces there. The cleaners would constantly wipe and vacuum the surfaces so that there was no generally visible build-up in the area.

The comfort air system created a slight negative pressure on the suspended ceiling and the room air was drawn into this area where the conditions were very favorable for dust to settle. WEST has changed most of the ceiling tiles for aesthetic reasons, primarily due to their color deterioration.

However, the frequency of change was not sufficient to prevent dust build-up. There was no regular cleaning schedule for the surfaces of beams, channels, and other features above the ceiling.

CSB researchers took an anti-adhesive sample from the immersion tank of one of their batchoff machines. This example was dried to powder under vacuum in accordance with American Society for Testing and Materials (ASTM) guidelines and tested for flammability. It has been confirmed that the dispersion of the dust in the air is flammable.

10.1. Source of ignition

During the interviews, WEST employees did not identify such visible dust distribution in the air. Therefore, it is not a realistic possibility to find explosive dust concentrations in the plant's manufacturing areas normally, including the area around batchoff machines.

It is obvious that the polyethylene dust accumulating on ceiling tiles is the only fuel source for such a big explosion. CSB researchers were unable to determine what dispersed the dust into an explosive cloud.

Accumulation of deposited layers of combustible dust is known to be dangerous. NFPA Standard 654, Standard for the Prevention of Dust Explosions and Fires from the Use, Processing and Production of

Combustible Solid Particles (2000), states that the 0.08 cm dust accumulation in the floor can form a cloud with an optimal explosive concentration of 3 m in height if suspended in the air. The standard also warns that it may be dangerous if the dust unit exceeds 5% of the total area [7].

10.2. Fire Acceleration

The sprinkler system, which was designed to alleviate the effect of the incipient fire within the facility, was ineffective at the very beginning of the event because the explosion broke the supply line to the system. Before the explosion, rubber and other raw materials were stored in the southeast of the compound area.

The thermal effect of the explosion probably reached this area, triggering the start of the fire. Eventually, the entire tank was completely in flames. The heat caused by the fire has caused many steel skeletons to flex and collapse.

Mineral oils were stored in two 28.4 liter plastic tanks placed between the near the tank. Due to the explosion, these tanks toppled, the oils spilled around and ignited on the ground where they spread. The spread of flammable liquid around fueled the fire in the tank.

Other small plastic oil tanks located next to the tank also provided additional fuel for the fire. The concrete partition walls around the tanks collapsed due to the explosion and could not prevent the burning oil from spreading around [8].

10.3. Causes to Fire

CSB researchers learned that during a previous maintenance operation involving the welding process, the polyethylene powder near the batchoff machine ignited, but the fire extinguished by itself. This incident showed that the dust is flammable.

There are no information of minor fire occurring during welding. Extensive investigation, documentation, and sharing of this event with relevant people could provide a wider awareness of combustible dust hazards. Considering that WEST has done all areas clean and free from dust, if the danger posed by sitting dust were understood, WEST would probably also clean the area above the ceiling [7,8].

The bucket elevator is assembled just below the ceiling. The turbulence caused by the flare can ignite the polyethylene dust deposited above and initiate secondary explosions. However, the technical staff of WEST state that the special grade rubber produced during the explosion did not catch fire in the past. WEST also points out that the automatic process controls on the

mixer are set to drip rubber into the bucket at a temperature of 37.8°C below the general curing temperature.

11. Case Study III: Dust Explosion in South Carolina- BRIDGESTONE Industrial Plant

Immediately after the explosion at WEST, a fire occurred in the rolling mill at the MICHELIN rubber preparation plant in Star, South Carolina. The equipment used by MICHELIN to prepare the rubber series is similar to the equipment in WEST. The rubber strip was overheated to the point of decomposition. When it fell into the rolling mill and was exposed to oxygen in the air, the steam contained in it ignited and created a fire flame. Although employees were injured, none of these injuries were life-threatening [6,8,9].

A rubber fire occurred in another incident at the BRIDGESTONE tire plant in Graniteville, South Carolina. Similar component equipment was also used in this facility. A strip of rubber fell on the rollers and accumulated on the floor instead of moving to the batchoff machine's water immersion tank. After a few minutes, the rubber caught fire, causing a significant fire. Although a witness reported that a series had crashed just before the explosion, CSB investigators could not find any rubber residue around the rolling machine. Since the witness was taken months after the incident and following a comprehensive burn treatment, the reported observations may not have been correct, or the rubber may have been burned during the fire. No one else working in the area of rolling mill and batchoff machine survived the incident.

It provided lighting with standard type 1-1.2 m fluorescent lamps, which are generally used in offices in the rolling mill and batch area. The lamps were not suitable for the class that should be used in areas with flammable dust. These included metal plates with tubular fluorescent lamps and ballasts that provided the required voltage. The lamps were mounted so that the hardware's lens rested against the surface of the suspended ceiling [7].

The dust layers on the top of the lighting equipment were creating an insulating effect. Dust could have caused heat to accumulate in the lighting ballasts. As a result, an overheated ballast may have ignited the dust, if the incident is sufficient, a small dust smoke may have risen, igniting as well as causing secondary dust explosions. Alternatively, a fire that started above a lighting fixture could create enough turbulence to initiate a series of dust explosions ignited by a non-faulty but overheated ballast. The ventilation system takes some of the air from the top of the ceiling and returns it back to the room below. This scenario is thought to have progressed quite rapidly, as none of the employees interviewing CSB remembered any smoke or smell of smoke before the explosion, and they did not see any fires. The air taken

from the part close to the ceiling with the ventilation system and turned into work areas may have retained the smell of smoke. According to the research reports prepared after the incident, the hardware, electrical cables and fixtures in the area above the suspended ceiling are not suitable for NFPA 499.

From the interviews made with WEST employees after the incident, it was understood that the production was continuing as usual on the day the incident occurred, and that no unusual images, sounds or odors were noticed that indicate a problem. The explosion caused a fire throughout the facility and disabled the sprinkler system. Plastic tanks containing 29,000 liters of mineral oil melted and caught fire due to heat. The biggest fire occurred in the rubber warehouse and lasted for 2 days. The rubber production facility and warehouse were demolished and many buildings became unusable. For a week, some rubbers have been witnessed to smoke, burn inside and suddenly glow [7].

In the first 2 hours after the explosion, Lenoir County Emergency Management Center (EMC) received more than 650 radio and telephone calls. In line with the first reports suggesting that a plane crashed into the explosion, the emergency response teams passed the alarm at the highest level. The Kinston Fire Department took action on the misconception that the explosion occurred at the airport. EMC declared mass death declaration. In accordance with this declaration, additional rescue equipment was requested and procedures for the positioning of response trucks, establishment of triage and treatment centers, and arrangement of reinforcement personnel began. After it was understood by EMC that the explosion had actually occurred at the WEST facilities, reinforcements were sent to the North Lenoir Volunteer Fire Department, which was the first to intervene in the explosion. EMC established incident command, Kinston Fire Department started work to contain the fire [7].

All deaths in the blast occurred on the ground floor of the facility, around the rubber production line. Many workers were trapped under the rubble. Emergency responders and workers with flashlights helped dispatch those under debris to triage areas. The wounded were transported to the northwest of the scene and after their first response was made, they were sent to the surrounding hospitals. The surrounding green fields were used for air evacuation of the seriously injured to burn trauma centers.

- 14 people from other Fire Departments with a mutual aid agreement,
- 10 people from Lenoir County EMC, Emergency Medical Response team,
- 10 Medevac Helicopters,

- Lenoir County hospital staff,
- Kinston Police Department Staff,
- North Carolina State Highway Patrol,
- North Carolina State Forestry Service Units located in Kinston

According to the statements made by the official institutions of the Lenoir District after the incident, the financial cost of the consumed materials and damaged equipment during the fire extinguishing works is more than 250,000 USD. Almost 14 months after the explosion, the WEST facilities were rebuilt a few kilometers south of the old facility, but the rubber production that caused the Kinston plant to collapse at the new facilities was discontinued [6].

12. Conclusion

Dust explosions occurring in industrial facilities cause buildings to be demolished, machinery, and equipment damaged, raw material and product losses. Large fires caused by the failure of fire detection and extinguishing systems to be extinguished with difficulty, and most importantly, workers are killed and injured. The negative impact on the society and other stakeholders after the explosion, the money spent for the restoration and re-establishment of the facility, claims for compensation and stoppage of production are among the long-term negative financial effects of the event.

For this reason, it is important to prevent dust explosions before they occur and/or to take engineering and administrative measures to reduce potential explosion damages on time. By adopting four basic principles of modern emergency and disaster management in industrial enterprises, it can be ensured that dust explosions are prevented or possible damages are minimized.

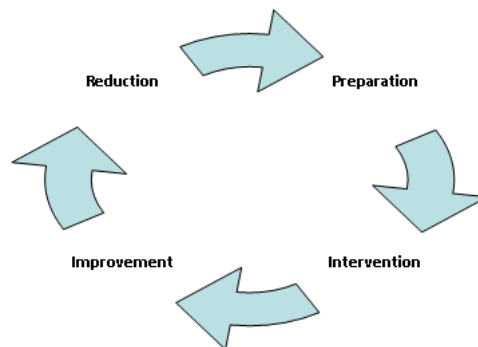


Figure 7: Basic principles of prevention

13. References

- [1] Chilworth Technology Ltd., 2006, Working with Powders Safely: A Strategic Guide to Characterization and Understanding, UK.
- [2] US Chemical Safety And Hazard Investigation Board, 2006, Combustible Dust Hazard Study, Investigation Report, Washington, DC, USA.
- [3] Stanley S. Grossel, Robert G. Zalosh, 2005. Guidelines for safe handling of powders and bulk solids", AICHE.
- [4] Tasneem Abbasi, S.A. Abbasi, 2007. Dust explosions-Cases, causes, consequences, and control, Journal of Hazardous Materials, 140, 7–44.
- [5] US Chemical Safety And Hazard Investigation Board (CSB), 2004. Dust Explosion, WEST Pharmaceutical Services, Inc., Investigation Report, Washington, DC, USA.
- [6] US Chemical Safety And Hazard Investigation Board (CSB), 2005. Combustible Dust Fire and Explosions, CTA Acoustics, Inc. Investigation Report, Washington, DC, USA.
- [7] US Chemical Safety And Hazard Investigation Board (CSB), 2005. Aluminum Dust Explosion, Hayes Lemmerz International-Huntington, Investigation Report., Washington, DC, USA.
- [8] DSEAR-Dangerous Substances and Explosive Atmospheres Regulations 2002 (2002 No. 2776), ILO, UK.
- [9] ATEX Directive, Directive 99/92/EC - risks from explosive atmospheres, European Union Directive.

CHAPTER 7

International Studies on Natural and Engineering Sciences

**Madencilik Faaliyetleri Sonucu Ortaya Çıkan Cevher
Atıklarına Ait Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi
(Mehmet Küçük, Sami Ata, Esin Erdoğan Yüksel)**

Madencilik Faaliyetleri Sonucu Ortaya Çıkan Cevher Atıklarına Ait Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi

Mehmet Küçük¹, Sami Ata¹, Esin Erdoğan Yüksel²

¹Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü,

²Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü
E-mail:mkck61@artvin.edu.tr

1. Giriş

Dünyamızda ortaya çıkan çevre sorunlarının başlıca nedeni olarak dünyadaki var olan ekolojik dengenin ve doğal kaynakların insanların ihtiyaçları doğrultusunda bilinçsiz olarak kullanımı söylenebilir. Madencilik çalışmalarının da içinde bulunduğu bu süreç içinde, bu uygulamaların çevre üzerinde geçici ve/veya kalıcı düzeyde etkili olduğu ifade edilmektedir. Amacına uygun olmayan alanların kullanımı veya endüstriyel çalışmalar sonucunda bozulmuş bir alanı sabit hale getirmek ve gelecek nesillere korunabilir şekilde bırakılması sürdürülebilirlik ilkesi bakımından önemli ve zorunlu olmaktadır. Fakat bu iyileştirme sürecini kendi haline bırakıldığında ekolojik dengenin yeniden tesis edilmesi için uzun bir zaman sürecine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu uzun ve uygun zaman süreci içinde bu bozulan alanların restorasyonu için insan kaynağına gerek duyulmaktadır (Şimşir ve ark. 2007).

Madencilik oluşum süreci çok uzun yıllar boyu olan, hammadde olarak kullanıldığında ise yenilenmesi mümkün olmayan doğal kaynaklar olarak tanımlanabilir. Öte yandan kurumsal olarak değerlendirildiğinde, sanayicilikteki gelişimlerde ve toplumsal hayatın ekonomik olarak ilerlemesinde önemli olan faaliyetlerden biridir. Amaç olarak değerlendirildiğinde ise, madencilik ülkenin ekonomik ve sosyal olarak büyümesi ve gelişimi için, gerekli olan enerjiyi ve doğal kaynakları endüstriyel kullanıma sunmak olarak ifade edilebilir. Fakat madencilik uygulamaları esnasında ve sürecinde oluşan arazilerdeki bozulmalar, artan gaz emisyonları, toz miktarındaki artış ve gürültü oluşumu ortaya çıkmaktadır (Ünver ve Kara, 1994).

Madencilik faaliyetlerine günümüz koşullarında, çevre bilincinin artması sonucunda halk tarafından zararlı olduğu düşüncesi nedeni ile yoğun bir şekilde olumsuz yönde itiraz edilmekte ve tepki gösterilmektedir. Bunun sebebi olarak kamuoyunda var olan yanlış bilgilendirme ve bilgi kirliliği bu baskının ve tepkinin şiddetini artırmaktadır (Karaman, 2010).

Son yıllarda sanayide ortaya çıkan gelişmeler ve nüfus miktarındaki artış, endüstriyel bazı ürünlere olan talebi artırmakta, bunun sonucunda çevredeki tahribat oranı da atmaktadır. Bu tahribat sonucunda ise doğrudan ve dolaylı şekilde etkiler azalmaktadır (Varol ve Başpınar, 2011).

Madencilik uygulamaları, süreç olarak maden aramasının başlangıcı ve sahanın terk edilmesi arasındaki bütün uygulamaları kapsamaktadır. Bu kapsamda yapılan uygulamalar, uygulama alanına, çevresine ve doğal ve kültürel yapıya olan etkileri çıkarılan maden çeşidi ve çıkarılma metodundaki farklılıklara göre değişmektedir. Ortaya çıkan bu değişiklikler, hangi üretim yöntemi olursa olsun etkileri, uzun veya kısa vadeli, olumlu ya da olumsuz, onarılabilir ya da onarılamaz ve az yada çok şeklinde gerçekleşmektedir(Aslan 2017).

Açık ocak maden işletmeciliği yapan tesislerin kuruldukları ortama verdikleri zararın boyutunu, alanın jeolojik durumu, hidrolojik yapısı, çalışma alanının büyüklüğü ve kazı derinliği, ortamda var olan bitki örtüsü çeşidi ve iklim özellikleri belirlemektedir. Madencilik kapsamında yapılan kazı çalışmaları ortamdaki bitki ve hayvan topluluklarını önemli düzeyde etkileyip zarar vermektedir. Aynı zamanda kazı sırasında oluşan büyük şevler sonucunda çukurlar oluşmakta ve şiddetli yağışlar sonucunda çukurlar dolarak bu alanların iyileştirilmesi güçleşmektedir. Bu görüşün aksine ise 1982 yılında Stocholm'de 30'dan fazla ülkeden bilim insanlarının katılımı ile birlikte yapılan uluslararası bir toplantı sonucunda açık ocak madencilik faaliyetlerinin çevreye tehlikeli boyutta zarar vermediği kanaati oluştuğu ifade edilmiştir (Libicki, 1992).

Maden çıkarılması sırasında ortaya çıkan cevher atıklarının usulüne uygun bir biçimde ortamdan uzaklaştırılması, bozulan sahaların yeniden düzenlenmesi, ortaya çıkan görsel kirliliğin önüne geçilmesi, ve bozulan alanların verimli ve sürdürülebilir şekilde yenilenmesi ülkenin gelişmişliği açısından önemli görülmektedir (Kulaksız ve ark., 2010).

Genel olarak, madencilik çalışmaları sonrası alanın yeniden restorasyonu için madencilik öncesi alanın kullanım şekli ve verimlilik durumunun bilinmesi, yapılacak uygulamalar ve çalışmalar için önemli yol gösterici olarak kabul edilebilmektedir (Michaud, 1981).

Bu çalışma ile birlikte Artvin ili Murgul ilçesinde çıkarılan bakır madeni sonucu çevrede depolama alanlarında biriktirilen cevher atıklarının bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi, planlanacak ağaçlandırma faaliyeti kapsamında nasıl uygulamalar yapılması gerektiği konusunda sonuçlar ve öneriler sunulması amaçlanmıştır.

2. Materyal Ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

Bu çalışmanın gerçekleştirildiği saha, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Borçka Orman İşletme Müdürlüğü, Göktaş İşletme şefliği Sınırları içinde yer almaktadır. Çalışma alanı olarak Eti Bakır İşletmesinin madencilik faaliyetini gerçekleştirdiği cevher atık döküm alanları seçilmiştir (Şekil 1). Çalışma alanının fizyografik özellikleri aşağıdaki gösterilmiştir.

Mevki	: Damar
Yükseltisi	: 1200 m (1120-1300 m arası)
Bakısı	: Kuzey, kuzeydoğu
Eğimi	: % 50 (10-100 arası)

Araştırma alanı iklim incelemesi Borçka meteoroloji istasyonundaki (130m) meteorolojik veriler kullanılarak yapılmıştır (Anonim 2010). 1987-2010 yılları arasındaki verilere göre Borçka iklim istasyonunda ortalama sıcaklık 13,5 °C, Ortalama yıllık yağış ise 1010,2 mmdir. Çalışma alanına ait iklim verilerini belirlemek için ortalama sıcaklık ve yağışlar için değişimler 100 m'lik yükselti değişimine göre hesaplanmıştır. Bu hesaplama ile 1200 m yükseklikteki araştırma alanına ait ortalama sıcaklık ve yağış değerleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama göre yıllık ortalama sıcaklık 8,3°C, ortalama yıllık yağış değeri ise 1577,2 mm olarak bulunmuştur.

Araştırma alanı jeolojik yapı olarak, eosen, miosen, fliş kalkerleri ve kısmen volkanik kayalardan oluştuğu görülmüştür. Topraklar bu minerallerin ayrışmasından meydana gelmiştir (Anonim,1990).



Şekil.1 Çalışma alanlarının uydu üzerinden görünümü

2.2. Örnek Alanların Seçimi

Bu çalışmayı gerçekleştirmek için maden çıkarımının gerçekleştirdiği alanların yakınında bulunan 3 (A=1, B=2 ve C=3) farklı cevher atık döküm sahası seçilmiştir. Bu alanlardan her birinden 20 adet olmak üzere toplamda 60 örnekleme noktası seçilmiştir. Örnek alan büyüklüğü olarak 5x10 m=50 m² olacak şekilde alınmıştır. Alanlar arasında homojenlik oluşturmak için 20 mlik mesafeler belirlenmiştir.

Araştırma alanı maden çıkarılan bir saha olduğundan dolayı sorunlu alanlar sınıfında yer almaktadır. Çalışma ile birlikte bu alanların bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi yapılacaktır.

Atık döküm alanlarının büyük olması, atıkların farklı noktalara dökülmesi Alanın büyük olması ve farklı galerilerde nedeni ile alanda homojen bir ölçüm gerçekleştirmek için atık dökümlerinin tamamlandığı 3 farklı nokta tercih edilmiştir. Örnekleme alanlarında toprak örnekleme yapımları ise yağmur ve rüzgârın özellikle üst toprakta taşınmalara neden olma olasılığından dolayı farklı derinlik kademelerinden toprak alınması gerekliliğini de ortaya çıkarmıştır.

2.3. Toprak Örneklerinin Alınması

Seçilen 3 farklı döküm alanından her birinden 20 farklı noktadan iki derinlik kademelerinden (0-15 cm ve 15-30 cm) olmak üzere 40 adet toplamda ise 120 poşet bozulmuş toprak örneği alınmıştır (Şekil 1). Örnekleme alımı 2018 yılı Temmuz ayında gerçekleştirilmiştir. Alınan örnekler analize hazır hale getirilmek üzere Alınan toprak örnekleri etiketlenerek naylon poşetler ile hava kurusu hale getirilmek üzere AÇÜ Orman Fakültesi Toprak İlmi ve Ekoloji Laboratuvarına getirilmiştir.

2.4. Toprakların Analiz Edilmesi

Laboratuara getirilen toprak örnekleri önce hava kurusu hale gelinceye kadar serilmiş ve kurutulmuştur. Daha sonra porselen havanda öğütülerek 2mm lik elekten geçirilmiştir. Hazırlanan toprak örneklerinde ise tekstür, pH, Ec, azot, C/N ve agregat stabilitesi analizleri yapılmıştır.

Analiz yöntemleri aşağıda başlıklar halinde sıralanmıştır.

2.4.1. Mekanik (Tekstür) Analizi

Tekstür analizi örneklerinin Bouyoucos'un hidrometre yöntemine göre yapılmıştır. Hesaplanan kum, toz ve kil yüzdeleri kullanılarak uluslararası tekstür sınıflaması esasına göre toprak türleri belirlenmiştir (Gülçur, 1974). Elde edilen sonuçlar kil içeriklerine göre tekstür sınıflamasına tabi tutulmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Kil içeriğine göre toprakların tekstür sınıfı aralıkları

Kil	Kaba	Orta	İnce
%	18 den az	18-35 arası	35 den fazla

2.4.2. Toprak Reaksiyonu (pH) ve Elektriksel İletkenlik Analizi

Toprak pH ölçümleri Hach-Lange HQ40D marka pH metre ile yapılmıştır. Aktüel asitliği belirlemek için 1/2,5 oranında toprak-saf su karışımı kullanılmıştır (Gülçur, 1974). Bulunan sonuçlar aşağıdaki pH sınıf aralığına

göre değerlendirilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Toprak pH değerlerine göre toprak pH sınıfları

Ph (1:2.5 su)	Kuvvetli Asit	Orta Asit	Hafif Asit	Nötr	Hafif Alkali	Kuvvetli Alkali
	<4.5	4.5-5.5	5.5-6.5	6.5-7.5	7.5-8.5	>8.5

Ec ölçümü yine yine Hach-Lange HQ40D marka cihaz ile yapılmıştır. Ec ölçümü 1/2.5 oranında arı suda yapılmış ve mikrosimens/cm olarak belirlenmiştir (Gülçur, 1974). Ölçülen değerler tablo 3 teki sınıflamaya göre değerlendirilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Topraklarda Elektriksel iletkenlik değerine göre tuzluluk sınıfları

	Tuzsuz	Çok Hafif Tuzlu	Orta Tuzlu-tuzlu	Çok Tuzlu	Pek Çok tuzlu
Ec ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0-2000	2000-4000	4000-8000	8000-16000	>16000

2.4.3. Organik Madde Analizi

Organik madde belirlemesi, Walkley-Black yaş yakma metoduna göre yapıp hesaplanmıştır (Gülçur 1974, Kaçar, 2009). Bulunan sonuçlar üzerinde Tablo 4 daki sınıflamaya göre değerlendirilme yapılmıştır.

Tablo 4. Organik madde değerlerine göre sınıf aralıkları

Sınıf Aralığı	Çok Az	Az	Orta	İyi	Yüksek
OM %	0-1	1--2	2--5	5--10	>10

2.4.4. Agregat Stabilitesi(AS) Analizi

Agregat stabilitesi ölçümü, Yoder ıslak eleme cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Kemper ve Rosenau, 1986). Ölçümler 1 mm lik üzerinde kalan toprak örneklerinden 2-4 gram alınarak yapılmıştır. Bulunan değerler tablo 5.. deki sınıflamaya göre değerlendirilmiştir (Dilkova ve ark. 2002) (Tablo 5).

Tablo 5. Agregat stabilitesi değerlerine göre agregatlaşma sınıfları

Sınıf aralığı	Zayıf	Orta	İyi	Çok iyi
Agregat Stabilitesi %	0-25	26-50	51-75	76-100

2.4.5. Azot Analizi

Toplam azot ölçümü, Kjeldahl yaş yakma yöntemi ile (Steubing, 1965, Kaçar, 2009) gerçekleştirilmiştir. Ölçülen bulgular tablo 6 daki sınıflamaya göre değerlendirilmeye tabi tutulmuştur.

Tablo 6. Toplam azot değerlerine göre toplam azot sınıflaması

Sınıf Aralığı	Çok Az	Az	Yeterli	Fazla	Çok Fazla
N (%)	<0.045	0.045-0.09	0.09-0.17	0.17-0.32	>0.32

2.4.6. C/N Oranı Belirlenmesi

C/N oranı topraktaki ölçülen karbon değerinin, toplam azot verisine oranlanması ile belirlenmiştir. C/N oranı sınıflaması olarak 20den büyük olursa alanın ayrışma bakımından sorunlu küçük olursa sorunsuz uygun olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

2.5. İstatistik Değerlendirme

Elde edilen verilerin değerlendirilmesi için SPSS 16.0 istatistik paket programı kullanılmıştır. Cevher atık döküm sahaları arasındaki farklılığı ortaya koymak için tek yönlü anova yapılmıştır. Derinlikler arasındaki farklılığı belirlemek için de bağımsız t testi (Independent t test) yapılmıştır.

3. Bulgular Ve Tartışma

3.1. Toprak Tane Boyutu (Tekstür)

Tekstür analizi sonuçlarına göre elde edilen kum, toz ve kil değerleri tablo 7 de verilmiştir. Bu verilere göre genel değerlendirme yapıldığında 0-15 cm derinlik kademesinde kum miktarı % 21,8 ile 92,6 arasında, kil miktarı % 5,1 ile 55,3 arasında, toz miktarı %2,2 ile 60,2 arasında değişim göstermiştir. 15-30 cm derinlik kademesinde ise bu değişim sırası ile kum (%15,3 ile 82,3), kil (%9,0 ile 61,1) ve toz (%5,1 ile 40,4) olarak hesaplanmıştır.

Ortalama kum değerleri bakımından atık döküm sahalarında en yüksek değer 1. Bölgede, kil miktarları bakımından 3. Bölgede, toz miktarları bakımından ise yine 3. Bölgede tespit edilmiştir. Atık döküm sahaları arasında kum ve toz miktarı bakımından farklılık istatistik düzeyde anlamlı düzeyde çıkarken ($P<0,05$) kil miktarında ise sadece 15-30 cm derinlik kademesinde anlamlı düzeyde çıkmıştır.

Yine derinlik ile birlikte kum miktarına azalma kil miktarında artma toz miktarında ise artış ya da azalış olmuştur. Fakat derinlik kademesi ile birlikte olan bu değişimler istatistik bakımdan anlamlı düzeyde çıkmamıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre, çalışma alanı topraklarının ince orta ve kaba tekstürlü toprak sınıflarına dahil olduğu görülmüştür. Ortalama kum kil ve toz değerlerine göre irdelendiğinde örneklemenin yapıldığı 1. Bölge kaba tekstürlü, 2. ve 3. Bölgeler ise orta tekstürlü sınıfta değerlendirilebileceği sonucu ortaya çıkmıştır.

Yapılan literatür çalışmalarında maden cevher atık sahalarında bulunan kum kil ve toz değerleri bu çalışmadaki değerlerle benzerlik göstermektedir. Kolodziej ve ark. (2020), yapmış oldukları çalışmada, terk edilmiş maden sahalarında kum değerini, % 63, kil değerini %13 ve toz değerini ise % 24 olarak bulmuştur. Stefanowicz ve ark. (2020) terk edilmiş çinko kurşun madenleri yığınlarında yaptıkları analizlerde kum değerini % 66 toz değerini % 21 ve kil değerini ise % 14 olarak bulmuşlardır. Conesa ve ark.(2011) ise, atık yığınlarındaki kum değerini % 78 Toz teğerini %14 ve kil değerini ise % 8 olarak bulmuşlardır.

Tablo 7. Pasa döküm sahalarına ait kum, kil silt (toz) değerleri.

Toprak Özelliği	Derinlik	Bölge 1 (A)	Bölge 2 (B)	Bölge 3 (C)	Ortalama	P(Önem Düzeyi)
Kum (%)	0-15 cm	68,3Aa (28,5-92,6)	60,3Aa (39,1-81,2)	45,0Ba (21,8-69,8)	57,9a (21,8-92,6)	0,000
	15-30 cm	64,3Aa (32,9-82,3)	58,1Aa (15,3-78,7)	45,9Ba (25,1-71,9)	56,1a (15,3-82,3)	0,001
Kil (%)	0-15 cm	16,5Aa (5,3-29,6)	20,1Aa (7,4-35,4)	23,6Aa (5,1-55,3)	20,1a (5,1-55,3)	0,135
	15-30 cm	19,5Aa (9,0-44,7)	20,1Aa (10,2-61,1)	30,2Ba (11,3-55,7)	23,2a (9,0-61,1)	0,006
Silt (Toz) (%)	0-15 cm	15,1Aa (2,2-52,7)	19,5Aa (9,7-31,1)	31,3Ba (12,4-60,2)	22,0a (2,2-60,2)	0,000
	15-30 cm	16,2Aa (5,1-28,1)	21,7ABa (10,8-36,7)	23,9Bb (13,2-40,4)	20,6a (5,1-40,4)	0,005

Elde edilen sonuçlar ışığında alana yapılacak veya yapılması planlanan ağaçlandırma çalışmalarında alanın genel değerlendirilmesi yapıldığında ağaçlandırma için uygun olduğu fakat bölgesel değerlendirme yapıldığında ise 1. Bölgede tekstürel bakımdan alanın düzenlemeye ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Bu düzenlemelere örnek olarak bu bölgede öncelikle eğimin etkisi düşünülerek teraslama yapılması, su tutma kapasitesini artırmak amacı ile organik madde ilavesi yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu şekilde dikimden sonra alanda meydana gelecek olan şiddetli yağışlarla beraber hem eğim derecesinin düşmesi hem de organik madde takviyesinin yapılması

alandaki erozyon oluşumunu veya ince maddenin taşınmasını engelleyecektir.

3.2. Toprak pH ve Ec

Atık sahalarındaki toprak örneklerine ait pH ve Ec ölçümlerine ilişkin bulgular tablo 8 de sunulmuştur. Bu verilere göre pH değerleri üst toprakta(0-15 cm) 3,20 ile 8,95 arasında, alt toprakta(15-30 cm) ise 3,37 ile 9,25 arasında değişim göstermiştir. En yüksek ortalama pH değeri her iki derinlik kademesinde de 3. örnekleme bölgesinde belirlenmiştir.

Örnekleme bölgeleri pH verileri arasındaki farklılık, her iki derinlik kademesinde de istatistiksel bakımdan anlamlı düzeyde olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Aynı zamanda derinlik ile birlikte pH artış gösterirken bu artışın önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir (Tablo 8).

Örnekleme noktalarında ölçülen pH değerleri, iki derinlik kademesinde de bütün pH sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Ortalamalar üzerinden değerlendirildiğinde alanın topraklarının genel anlamda hafif asit özellikte (5,5-6,5) olduğu belirlenmiştir. Örnekleme bölgeleri olarak incelendiğinde 1. bölge nötr, 2. bölge orta kuvvetli asitli, 3. bölge ise hafif asit grubu sınıflamasına dahil olmaktadır. Yapılan bazı araştırmalarda terk edilmiş maden sahalarında bulunan pH değerleri çalışmamızdaki pH değerleri ile aynı değer aralığında görülmektedir (Stefanowicz ve ark. 2020, Kolodziej ve ark., 2020 Canesa ve ark. 2011).

Çalışma alanının ağaçlandırma uygulamaları açısından değerlendirilmesi yapıldığında genel olarak ağaçlandırma için uygun asit sınıfında bulunduğu belirlenmiştir. Fakat aşırı şiddetli asit veya alkali topraklarda ise kireçli veya nitratlı gübreleme tercih edilerek toprak ıslahı yapılabilir.

Tablo 8. Bölgelere göre ortalama pH ve Ec değerleri

Toprak Özelliği	Derinlik	Bölge 1 (A)	Bölge 2 (B)	Bölge 3 (C)	Ortalama	P (Önem Düzeyi)
pH	0-15 cm	6,79Ax (3,20-8,95)	5,68Ba (4,77-7,63)	6,43ABa (4,92-7,87)	6,30a (3,20-8,95)	0,037
	15-30 cm	7,39Aa (3,37-9,25)	5,59Ba (4,61-7,79)	6,06Ba (4,74-8,09)	6,35a (3,37-9,25)	0,000
Ec ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0-15 cm	100Aa (0,8-792,6)	84Aa (1,3-232,8)	32Aa (14,8-82,5)	72a (0,8-792,6)	0,137
	15-30 cm	97Aa (17,8-512,6)	256Bb (27,3-1002,0)	47Aa (20,5-165,5)	133b (17,8-1002,0)	0,001

Elektriksel iletkenlik değerleri üst toprakta (0-15 cm) 0,8 ile 792,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, alt toprakta (15-30 cm) 17,8 ile 1002,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişim göstermiştir. En yüksek Ec değeri, üst toprakta 3. örnekleme bölgesinde alt

toprakta ise 2. örnekleme bölgesinde çıkmıştır. Ec değerleri bakımından cevher atık döküm alanları arasında ki farklılık her iki derinlik kademesinde de istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bulunmuştur ($P<0,05$). Aynı zamanda derinlik kademesi ile birlikte Ec değerlerinde artış tespit edilmiş, bu artım hem genel ortalama ve 2. bölgedeki Ec değerlerinde anlamlı düzeyde çıkmıştır. (Tablo 8). Canesa ve ark, yaptıkları çalışmada maden sahası topraklarındaki Ec değerini $300 \mu\text{S}/\text{cm}$ olarak bulmuşlardır. Bu bulgu bizim çalışmadaki Ec değeri için ölçtüğümüz değerler aralığında kalmıştır.

Çalışma alanında analiz edilen topraklar Ec değerleri bakımından yapılan sınıflamada tuzsuz sınıfına girmektedir. Bu bağlamda yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında herhangi bir müdahaleye gerek duyulmadığı, aynı zamanda ağaçlandırma faaliyetleri için elektriksel iletkenlik bakımından kısıtlamanın söz konusu olmayacağı ifade edilebilir.

3.3. Organik Madde (OM)

Araştırma alanından alınan topraklara ait organik madde değerleri tablo 9 da verilmiştir. Buna göre organik madde içeriğinin üst toprakta % 0,97 ile % 3,56 arasında, alt toprakta % 0,85 ile % 2,79 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Atık döküm alanları arasında en fazla organik madde içeriği her iki derinlik kademesinde de 3. bölgede olduğu bulunmuştur. Atık döküm alanları arasında organik madde içeriği açısından ortaya çıkan farklılık, her iki derinlik kademesinde de istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Aynı zamanda derinlik kademesi ile organik madde arasında ters bir orantı bulunmuştur. Bu azalma durumu istatistik bakımından önemli düzeyde çıkmamıştır.

Araştırma alanından elde edilen bulgulara göre organik madde bakımından alanların organik maddece yetersiz sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bölgesel olarak değerlendirildiğinde 1 ve 2. bölge yetersiz 3. Bölge ise organik maddece az sınıfında değerlendirilmiştir. Bölge için ileride planlanması düşünülecek bir ağaçlandırma çalışmasında bu bölgenin mutlaka organik madde bakımından takviye edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bölgenin maden sahası olması düşünülerek hem ağır metalleri tutucu hem de toprağı besin maddece zenginleştirici otsu bitkilendirme yapılması öncelikli tercihlerden olabilir. İkinci bir alternatif yöntem olarak bölgeye yakın alanlardan alana organik madde ilavesi yapılarak alanın iyileştirilmesi gerekliliğinin oluşmasıdır.

Tablo 9. Bölgelere göre ortalama organik madde değerleri

Toprak Özelliği	Derinlik	Bölge 1 (A)	Bölge 2 (B)	Bölge 3 (C)	Ortalama	P (Önem Düzeyi)
Organik Madde (%)	0-15 cm	1,46Aa (0,97-2,77)	1,40Aa (0,88-2,36)	2,01Ba (1,07-3,56)	1,62a (0,97-3,56)	0,002
	15-30 cm	1,28Aa 0,97-1,85	1,43ABa 0,85-2,25	1,68Ba 0,85-2,79	1,46a 0,85-2,79	0,022

3.4. Toplam Azot ve Karbon Azot Oranı

Çalışma alanından alınan topraklara ait toplam azot ve C/N oranı değerleri tablo10 da verilmiştir.

Toplam azot içeriği çalışma alanlarında, üst toprakta, % 0,05 ile 0,20 arasında değişim gösterirken, alt toprakta ise % 0,05 ile 0,15 arasında olmuştur. Cevher atık döküm alanları arasında en fazla değer, üst toprakta 3. Bölgede, alt toprakta ise 2. Bölgede çıkmıştır. İstatistik olarak irdelendiğinde atık döküm sahaları arasında toplam azot yüzdesi olarak farklılık her iki derinlik katmanında da anlamlı düzeyde ($P<0,05$) bulunmuştur (Tablo 10).

Çalışma sonucunda bulunan bulgulara göre cevher atık toprakları ortalama değerler bakımından toplam azot içeriği olarak az sınıfında yer almıştır. Atık döküm bölgeleri arasında değerlendirilme yapıldığında ise 2. Bölge yeterli sınıfında, 1. ve 3. Bölge ise azotça az sınıfı içinde yer aldığı belirlenmiştir.

Alanda restorasyon çalışması planlanması durumunda çalışma alanı topraklarını azot içeriğince zengin duruma getirmek için, ek takviyelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu takviyeler azot bağlayıcı otsu bitkiler, organik madde takviyesi veya yapay azotlu gübreler olabilir. Mevcut haliyle bir ağaçlandırma çalışma planlanırsa, alanın azot içeriğince fakir olduğu için ağaçlandırma başarı oranının çok düşük seviyelerde kalacağı düşünülmektedir.

Yapılan ölçümlerle birlikte, cevher atık döküm alanları irdelendiğinde, C/N oranı üst toprakta, 4,8 ile 34,2 arasında değişim gösterirken, alt toprakta ise bu değişim 4,2 ile 26,8 arasında gerçekleşmiştir. Cevher atık döküm alanları arasında en yüksek C/N oranı her iki derinlik katmanında da 3. bölgede tespit edilmiştir. Döküm alanları arasında C/N miktarı bakımından her iki derinlik kademesinde de istatistiksel olarak anlamlı farklılık çıkmıştır ($P<0,05$). Yine derinlik kademesi arttıkça C/N miktarında azalma olmuş, değişim istatistik bakımından anlamlı seviyede çıkmamıştır. Sadece 1. bölgede farklılık istatistiksel olarak anlamlı düzeyde çıkmıştır (Tablo 10).

Alanda C/N oranı bakımından toprakların istenilen düzeyde olduğu görülmüştür.

Tablo 10. Bölgelere göre ortalama toplam azot ve C/N oranı değerleri

Toprak Özelliği	Derinlik	Bölge 1 (A)	Bölge 2 (B)	Bölge 3 (C)	Ortalama	P (Önem Düzeyi)
Toplam Azot (%)	0-15 cm	0,09Aa 0,06-0,12	0,11Ba 0,07-0,20	0,08Aa 0,05-0,18	0,09a 0,05-0,20	0,001
	15-30 cm	0,10Aa 0,07-0,14	0,10Aa 0,07-0,15	0,08Aa 0,05-0,15	0,09a 0,05-0,15	0,360
C/N	0-15 cm	9,4Aa 6,5-15,7	7,7Aa 4,8-13,3	15,8Ba 6,5-34,2	10,9a 4,8-34,2	0,000
	15-30 cm	7,5Ab 5,0-11,4	8,5Aa 4,2-16,5	13,4Ba 7,0-26,8	9,8a 4,2-26,8	0,023

3.5. Agregat Stabilitesi (AS)

Araştırma alanındaki toprakların agregat stabilitesi analiz sonuçlarına ait veriler tabl 11 de verilmiştir. Bu verilere göre agregat stabilitesi değeri üst toprakta %8,4 ile 73,7 arasında, alt toprakta ise % 6,3 ile 71,5 arasında değişim göstermiştir. Örnekleme alanları arasında en yüksek değer üst toprakta 2. bölgede, alt toprakta ise 0-15 cm derinlikte 2. bölgede tespit edilmiştir. Cevher atık döküm alanları arasındaki farklılık agregat stabilitesi bakımından 0-15 cm derinlik kademesinde de istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olduğu belirlenmiştir ($P < 0,05$). Yine derinlik kademesinin atması ile birlikte agregat stabilitesinde bir azalma eğilimi görülmüştür. Fakat bu eğilim istatistik bakımından anlamlı seviyede bulunamamıştır (Tablo 11).

Agregat stabilitesi verileri değerlendirme yapıldığında çalışma alanı topraklarının zayıf, orta ve iyi sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Genel değerlendirme yapıldığında genel olarak alanın agregat stabilitesi değerleri bakımından orta sınıfta olduğu belirtilmiştir. Atık depolama bölgeleri değerlendirildiğinde üst toprakta bütün bölgelerin orta düzeyde agregatlaşma sınıfında olduğu tespit edilirken, alt toprak katmanında ise 1 bölge zayıf, 2 ve 3. bölgenin ise orta derece agregatlaşma sınıfına dahil olduğu tespit edilmiştir.

Bulunan bu sonuçlara göre alanda olası bir ağaçlandırma veya restorasyon faaliyeti kapsamında depolama alanlarının hem erozyonla toprak kaybını engellemek hemde verimli hale getirmek için alanın organik madde takviyesine ihtiyacı vardır. Zaten çalışma bölgesinin organik maddece düşük

olduğu söz konusu oluğu için organik madde takviyesi agregat düzenleyici olarak çok elzem görülmektedir.

Tablo 11. Bölgelere göre ortalama agregat stabilitesi değerleri

Toprak Özelliği	Derinlik	Bölge 1 (A)	Bölge 2 (B)	Bölge 3 (C)	Ortalama	P (Önem Düzeyi)
Agregat Stabilitesi (%)	0-15 cm	26,0Aa 8,4-49,3	43,5Ba 15,4-73,7	33,6ABa 10,8-72,6	34,4a 8,4-73,7	0,005
	15-30 cm	15,9Ab 7,0-28,2	32,3Bb 14,5-53,0	27,5Ba 6,3-71,5	25,2b 6,3-71,5	0,000

4. Sonuç ve Öneriler

Atık döküm depolama sahalarına ait toprak özellikleri için elde edilen sonuçlar aşağıda özet olarak çıkarılmıştır.

Cevher atık depolama alanlarında tekstürel yapı olarak daha çok kaba tekstürlü toprak sınıfı ortaya çıkmıştır. Toprak tane boyutları arasındaki değişimler bakımından 3. Bölgedeki değişimler daha belirgin şekilde ortaya çıkmıştır. Döküm alanlarındaki topraklara ait pH değerleri çeşitlilik arz etmektedir. Kuvvetli asit sınıfından alkali sınıfına kadar toprak asit gruplarına ait topraklar bulunmaktadır. Genel ortalama değerler üzerinden bakıldığında alanın hafif asit ve nötr toprak sınıfında olduğu görülmektedir. Anakaya çeşidi ve cevher işleme metotları toprak asitliliği üzerinde değişimlere sebep olmuştur. Diğer yandan Ec değerleri bakımından alandaki topraklar için tuzluluk açısından bir problemi olmadığı görülmüştür. Atık döküm alanlarındaki toprakların organik madde içeriği bütün alanlarda yetersiz düzeyde olduğu görülmüştür. Toplam azot içeriği bakımından toprakların azotça fakir sınıfında olduğu kısımda yeterli düzeyde olduğu görülmüştür. C/N oranı atık döküm depolama alanlarında 4,8 ile 34,2 arasında değişim göstermiştir. Genel olarak C/N oranı 15'in altında bulunmuştur. Ormancılık açısından 15-25 arası bir değer olması tercih edilmektedir. Agregat stabilitesi için ölçülen değerler sınıflandırma olarak zayıf ve iyi toprak sınıfı arasında değişim göstermiştir. Ortalama verileri değerlendirildiğinde ise toprakların agregat stabilitesi sınıfı olarak orta sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Atık döküm depolama bölgelerindeki topraklara ait yapılan bazı analizler sonucunda alanın verimlilik açısından olumsuz özelliklerinin olduğu ve erozyona eğiliminin yüksek olduğu bulguları ortaya çıkmaktadır.

Bu sonuçlar ışığında madencilik uygulamalarının toprak özelliklerinin değişiminde önemli derecede etkili olduğu, böylelikle alanın bozulması ve zarar görme durumu daha belirgin şekilde açıklanabilmektedir. Bu sebepten dolayı madencilik uygulamalarının bitmesinin ardından bu alanların acilen

restorasyon kapsamına alınması gerekliliği belirgin şekilde ortaya çıkmıştır. Hem toprak verimliliği hem erozyon engelleme durumu hem de iyileştirme açısından bu alanların tekrar doğaya kazandırılması gerekmektedir. Özellikle atık depol alanlarının yeşil örtü ile buluşturulmaması durumunda şiddetli yağışlarla birlikte alanın erozyona maruz kalma olasılığı çok yüksek olacaktır. Diğer taraftan toprakların ağır metal analizlerinin yapılması ile birlikte tür seçiminde ağır metalleri tutucu bitkilerin tercih edilmesi alanın amaca uygun şekilde restorasyonunun yapılmasını sağlayacaktır. Hem otlandırma hemde ağaçlandırma faaliyetlerinin yapılması sonucunda toprak kaybı önlenmiş olacaktır.

Teşekkür ve Bilgilendirme: Bu çalışma, Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrencisi olan Sami ATA'nın yüksek lisans tezindeki veriler kullanılarak hazırlanmıştır. Ayrıca bu çalışma bildiri olarak , “MAS 9th International European Conference On Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences” adlı konferansta sunulmuş ve bildiri kitabında yayınlanmıştır.

5. Referanslar

- Anonim, 1990. Cu-Pb-Zn Aramaları Artvin Projesi M.T.A., Trabzon.
- Anonim, 2010. Borçka ilçesi meteoroloji verileri, Artvin.
- Aslan, İ. 2017. Türkiye’de Demir Madeni İşletmelerinde “Yeşil Madencilik” Uygulamasını Destekleyen Faktörler, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara S.1
- Dilkova, R., Jokova, M., Kerchev, G., and Kercheva, M.: Aggregate stability as a soil quality criterion, in: Proceeding of the 7. International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate, Bari, Italy, 23–28 September 2001, 50, 305–312, 2002.
- Conesa H.M., María-Cervantes A., Álvarez-Rogel J., González-Alcaraz M.N., 2011. Influence of soil properties on trace element availability and plant accumulation in a Mediterranean salt marsh polluted by mining wastes: Implications for phytomanagement. Science of The Total Environment, Vol. 409, Issue 20, 4470-4479.
- Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Yöntemleri. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, O.F Yayın No:201, Kurtuluş Matbaası, İstanbul, s.225.

- Karaman, B., 2010. Açık Ocak Madenciliği Sırasında Bozulan Sahalarının Yeniden Düzenlenmesi ve KKTC’de Bazı Uygulamalar Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana S.1
- Kemper, W.D. and Rosenau, R.C., 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. Methods of Soil Analysis.Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 425-442, 1188 p, Madison, Wisconsin USA.
- Kołodziej B., Bryk, M., Otremba K., 2020. Effect of rockwool and lignite dust on physical state of rehabilitated postmining. Soil and Tillage Research, Vol.199, 104603.
- Kulaksız S., Tombul M., Akın Y., Duran H., Atay N., 2010. Türkiye’de Bazı Eski Maden Sahalarının Doğaya Yeniden Kazandırma Çalışmaları, 22.Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, M.M. Bildiriler Kitabı, s.429-440.
- Libicki, J. (1992), Açık Ocak Madenciliğinin Çevre Gerçekleri ve Sosyal Yönden Etkileri, 15. Dünya Madencilik Kongresi.Tercüme Tebliğler, Beril Ofset, s.435-444.
- Michaud L.H., 1981. A Manual of Reclamation Practice, Ontario: International Academic Services Ltd.
- Stefanowicz A. M., Kapusta P, Zubek S., Stanek M., Woch M. W., 2020. Soil organic matter prevails over heavy metal pollution and vegetation as a factor shaping soil microbial communities at historical Zn-Pb mining sites. Chemosphere, Vol. 240, 124922.
- Steubing, L. 1965. Pflanzenökplogisches Praktikum. Berlin-Hamburg, Parey.
- Şimşir, F. Pamukçu, Ç. Özfirat, M.K., 2007. Madencilikte Rekültivasyon ve Doğa Onarımı. DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, 9 (2): 39 49.
- Ünver, Ö. ve Kara, D., 1994. Türkiye’de Kömür Madenciliği ve Çevre, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Madencilik, Ankara, Cilt: XXXIII, Sayı:2, 3-9.
- Varol, S. ve Başpınar, E., 2011. Maden İşletmelerinin Çevreye Etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, SDUGEO e-dergi, ISSN 1309-6656 Yıl 2, Sayı: 4, 28-31.

CHAPTER 8

International Studies on Natural and Engineering Sciences

**Verma et al. Modelinin Yangın Müdahale Hortumuna
Uygunluğunun Araştırılması (Merve Dağlı, Aytaç Moralar,
Soner Çelen)**

Verma et al. Modelinin Yangın Müdahale Hortumuna Uygunluğunun Araştırılması

Merve Dağlı¹, Aytaç Moralar², Soner Çelen³

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, E-mail: nazmervedagli@gmail.com

²Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, E-mail: amoralar@nku.edu.tr

³Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, E-mail: scelen@nku.edu.tr

1. Giriş

Kurutma, ısı ve kütle transferine bağlı nem azaltma işlemidir. Başta gıda sektörü olmak üzere sanayide birçok sektörde depolama işlemleri için tercih edilen yöntemdir. Gıda sektöründe kurutma yönteminin kullanımı ile malzemenin su miktarı ve boyutları azaltılmaktadır. Bu sayede hem uzun ömürlü hem de kolay depolama yapılabilmektedir. (Kılıç ve Tabanlıgil Calam, 2020; Dağlı vd., 2020).

Kurutma sıcaklığı, kurutulacak ürünün kurutulmuş ürünün renk, aroma, tat, su tutma kapasitesi, rehidrasyon hızı gibi rehidrasyon özelliklerini etkiler. Rehidrasyon seviyesi, kullanılış amacına göre değişmektedir. Absorbe edilen su miktarı gıda ürünlerde önemli kalite kriterlerinden birisidir (İntepe ve Türk Tuğrul, 2010).

Enerji fiyatlarının artması, ürün kalite kriterlerinin artması, sera gazlarının artması kurutma teknolojilerinin geliştirilmesini etkin bir şekilde devam ettirecektir. Enerjiyi oldukça yoğun olarak kullanan kurutma işlemlerinin daha iyi tasarlanmış ve boyutları küçültülmüş kurutucular ile gerçekleştirilmesi sayesinde işlem maliyetinde tasarruf mümkün olabilmektedir. Kurutma işleminde yapılacak yenilikler ısı, kütle ve momentum transferinin temel ilkelerinin yanı sıra biyolojik malzeme bilgisinin uygulanmasıyla da gerçekleşmesi mümkündür (Çelen, 2010).

Kurutma eğrilerini açıklayan teorik, kısmi-teorik ve ampirik modeller ince tabaka matematiksel modeller ile incelenmektedir (Dağlı ve Çelen, 2020). Bu çalışmada kullanılan model de bu modellerden bir tanesi olan Verma et al modelidir.

Mikrodalgalar, elektrik alandaki elektronların titreşmesi sonucu oluşan yüksek frekanslı dalgalardır. Mikrodalga ile kurutma elektromanyetik ısıma ile gerçekleşmektedir. Mikrodalga ısıma bir manyetik alan ile bir elektrik alandan oluşmaktadır. Örneğin mikrodalga fırınlar, suyun en fazla emebildiği enerji frekansı olan 2,45 GHz frekansta çalışır. Mikrodalga fırının içinde

kurutulan ürünün molekülleri enerji Emilimi ile kısa süre içinde milyarlarca defa titreşir ve ürün kinetik enerji ile ısınır (Çelen, 2019). Elektromanyetik spektrum içinde özelliklerine göre birbirinden ayrılan çeşitli ışınlar yer almaktadır. Dalga boyları 1 milimetreden 1 metreye ve frekansları 300 MHz 'den 300 GHz'e kadar değişmekte olan dalgalar, mikrodalga adını almaktadır (Çelen vd., 2018).

İtfaiye hortumların mevcut kurutma sistemleri doğal kurutmadır. Açık hava şartlarında yapılan doğal kurutma işlemleri sonucunda kuru ürüne ulaşılması için uzun zaman dilimleri gerekmektedir. Bu durum acil kullanım durumu söz konusu olduğunda sıkıntılar doğurmaktadır (Dağlı vd., 2020). Bu dezavantajdan yola çıkarak hortumun kısa zamanda ve seri şekilde kurutulup kullanılabilmesi için mikrodalga ile hortum kurutma konusunda bu çalışma yapılmıştır.

Kurutma öncesi gerçek koşullar dikkate alınarak 30 ve 60 dakika boyunca yangın hortumuna su banyosu işlemi uygulanmıştır. Denemeler mikrodalga kurutucuda 120 W, 350 W ve 460 W kurutma gücü değerlerinde yapılmıştır. Kullanılan hortumlar, müdahale esnasında da sürekli su ile temasta olduğundan, çalışmanın gerçeğe yakınlığını sağlamak amacıyla hortumlar 30 ve 60 dakika suda bekletilmiş ve su emdirme işlemi yapılmıştır. Mikrodalga kurutucuda yapılan kurutma deneylerinden elde edilen veriler ile matematiksel modellerden Verma et al. modelinin kullanılabilirliği araştırılmıştır.

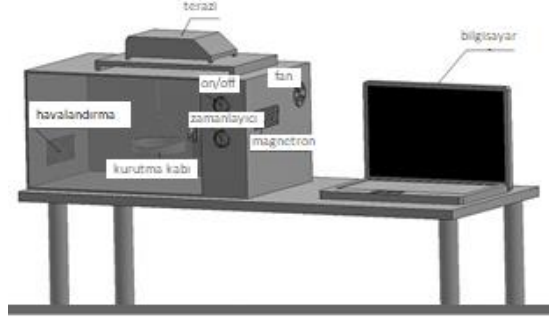
Verma et al modeli birçok literatürde kullanıldığı görülmüştür. Yapılan bu çalışmalardan bazıları ıhlamur yaprağı (Selvi, 2020), ayva (Karaaslan vd., 2016), kakao (Hii vd., 2009), prina (Çelen vd., 2015) ve yeşil fasülyedir (Doymaz vd., 2015).

2. Materyal ve Metot

İtfaiye istasyonlarda yangına müdahale hortumları kullanılmakta olup dış kısmı kumaş, iç kısmı kauçuktan oluşmaktadır (Şekil 2.1). Bu çalışmada piyasada satılan 20 m uzunluğunda kırmızı renkte B tipi yangın müdahale hortumundan 20 cm uzunluğunda numuneler kesilip deneylerde kullanılmıştır (Dağlı, 2020). Deney öncesinde hortumların başında ve sonunda bulunan lanslar sökülmüş ve sadece hortum kısmı üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Numunelerin ağırlıkları 0,001 g hassasiyete sahip hassas terazi (Presica XB 620 M) ile ölçülmüştür. Kurutma denemelerinde Şekil 2.2 de gösterilen maksimum 800 W, 2450 MHz gücünde Arçelik MD 554 marka mikrodalga kurutucu kullanıldı. Denemeler 120 W, 350 W ve 460 W güç değerlerinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.1: Yangına müdahale hortumu numunesi



Şekil 2.2: Mikrodalga Kurutma Sistemi (Çelen vd., 2015)

Denemelere başlamadan önce, hortumların kullanım koşulları dikkate alındığında (müdahale işlemi esnasında ve sonrasında yaş durumda oldukları için) hortum numuneleri 30 ve 60 dakika süre suya maruz bırakılmışlardır. Deneylerde derin bir kap içerisinde su emmesi sağlanan numunelerin yaş ağırlıkları tartılmış, denklem 2.1 yardımıyla yaş nem değeri denklem 2.2 ile boyutsuz nem oranı belirlenmiştir.

$$m = \frac{M_y - M_k}{M_y} \quad (2.1)$$

$$m_R = \frac{m}{m_0} \quad (2.2)$$

Bu denklemlerde; m : yaş baza göre nem içeriği, m_0 : ilk nem içeriği, M_k : ürünün kuru kütlesi (g) ve M_y : ürünün yaş kütlesini (g) temsil eder (Çelen ve Kuş, 2016; Çelen vd., 2015).

Transport mekanizmalarının karmaşıklığından dolayı gıda maddelerinin kuruma davranışları genellikle deneysel ve yarı-deneysel modeller ile gösterilir. Verma et al denklemi de bu modellerden biridir. Elde edilen deneysel veriler bu formüllerde denklem 2.3 de verilen Verma et al. model için yerine konup deneysel ve model verileri arasında grafiksel karşılaştırılması yapılmıştır. Analiz XLSTAT programı yardımı ile non-lineer

regresyon yöntemi ile nem değerlerindeki düşüş incelenmiş ve uygun modellenmesi yapılmıştır (Moralı ve Çelen, 2020). Verma et al denkleminde t zamanı, a, g ve k kuruma sabiti göstermektedir (Verma ve ark. 1985; Çelen vd., 2017).

$$m_R = a \cdot \exp(-kt) + (1-a) \exp(-gt) \quad (2.3)$$

3. Araştırma ve Bulgular

30 ve 60 dakika su da bekletilip mikrodalga kurutucuda kurutulan hortum numunelerinin su emme miktarları Tablo 3.1 de gösterilmiştir. H1 ve H2 olarak gösterilen iki farklı numune için denemeler yapılmıştır. Her iki numunenin de 30 dakikalık sürede yaklaşık olarak aynı miktarda su emdikleri görülmüştür. Fakat 60 dakika için biraz daha fark görülmektedir. Bunun sebebi 20 m hortumun her bir parçasının homojen olmamasıdır. Bu iki ağırlığın ortalaması alınarak analiz hesaplamaları yapılmıştır.

Tablo 3.1 : Hortum numunelerinin su absorpsiyon miktarları

Suda Bekleme süresi										
30 dakika						60 dakika				
Güç (W)	İlk ağırlık (g)	30 dakika sonraki ağırlık (g)	Son nem	Su absorpsiyon miktarı (g)	Nemlenme (%)	İlk ağırlık (g)	60 dakika sonraki ağırlık (g)	Son nem	Su absorpsiyon miktarı (g)	Nemlenme (%)
120	H1:123,674 H2: 125,713	H1:142,435 H2: 142,815	0,0557	H1:16,761 H2:17,102	H1:13,336 H2: 13,604	H1:125,468 H2: 125,783	H1:141,980 H2: 141,623	0,0604	H1:16,512 H2:15,84	H1:13,160 H2:12,593
350	H1:128,148 H2: 128,574	H1:144,168 H2: 144,510	0,0604	H1:16,02 H2:15,963	H1:12,5 H2:12,415	H1:126,802 H2: 127,034	H1:144,045 H2: 143,690	0,055	H1:17,243 H2:16,656	H1:13,598 H2:13,111
460	H1:123,933 H2: 123,795	H1:140,813 H2: 140,236	0,0554	H1:16,88 H2:16,441	H1:13,620 H2: 13,280	H1:128,032 H2: 126,271	H1:144,411 H2:141,593	0,0632	H1:16,379 H2:15,322	H1:12,792 H2:12,134

Denklem 2.2 yardımı ile boyutsuz nem oranı hesaplandıktan sonra denklem 2.3 uygulanarak yapılan analiz sonuçları Tablo 3.2 ve 3.3 de verilmiştir. 120 W, 350 W ve 460 W mikrodalga kurutma güçlerinde yapılan kurutma denemelerinin nem değerlerinin Verma et al denklemine uygunluğu r , e_s ve χ^2 değerlerinden görülmüştür. Tablo 3.2 de, r : korelasyon katsayısını, e_s : standart sapma değerini, χ^2 : ki-kare değerini göstermektedir. Tablo 3.2 ve Tablo 3.3 de görüldüğü gibi korelasyon katsayısının bire yaklaştığı, standart sapma ve χ^2 değerlerinin sıfıra çok yaklaştığı görülmektedir. Bunun sonucunda Şekil 3.1 - 3.4' den de teorik ve deneysel verilerin uygunluğu görülmektedir.

Tablo 3.2: 30 dakika su banyosunda bekletilen hortumun analiz sonuçları

MODEL	Mikrodalga Gücü	Sabitler	r	χ^2	e_s
VERMA ET AL.	120 W	$a = -0,38$	0,967	0,037	0,0014
		$k = 0,03$			
		$g = 0,025$			
	350 W	$a = -0,359$	0,962	0,041	0,0017
		$k = 0,069$			
		$g = 0,070$			
	460 W	$a = 0,128$	0,98	0,027	0,00073
		$k = 0,015$			
		$g = 0,119$			

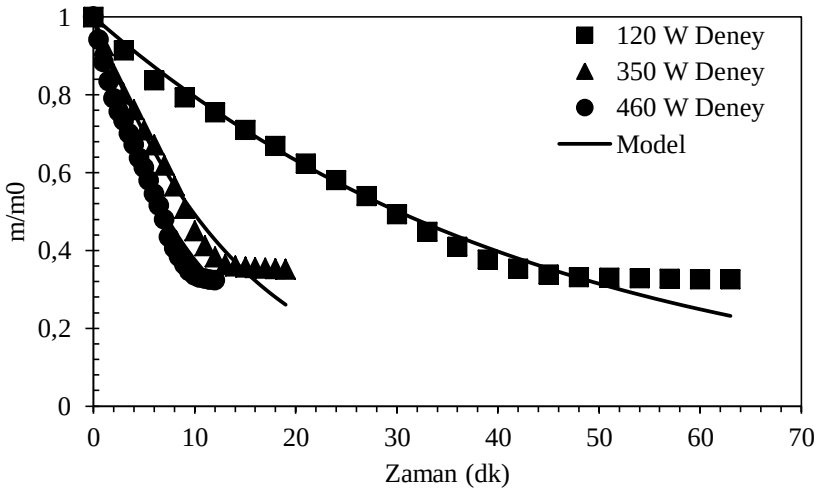
Tablo 3.3: 60 dakika su banyosunda bekletilen hortumun analiz sonuçları

MODEL	Mikrodalga Gücü	Sabitler	r	χ^2	e_s
VERMA ET AL.	120 W	$a = -0,171$	0,980	0,0008	0,028
		$k = 0,027$			
		$g = 0,022$			
	350 W	$a = -0,102$	0,991	0,0004	0,0203
		$k = 0,0006$			
		$g = 0,073$			
	460 W	$a = -0,109$	0,994	0,00025	0,016
		$k = 0,028$			
		$g = 0,086$			

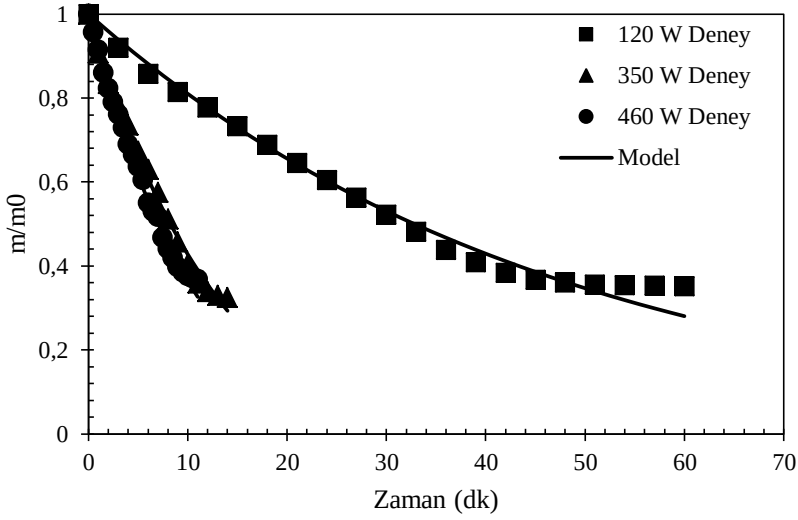
Denklem 3.3’ de verilen kuruma sabitleri kullanılan yazılım sayesinde hesaplanmıştır. Denklem 3.3’e göre kurutma sonuçlarını hortum numuneleri için Verma et al denklemini Tablo 3.3’ deki gibi yazabiliriz.

Tablo 3.3: Kuruma denklemleri

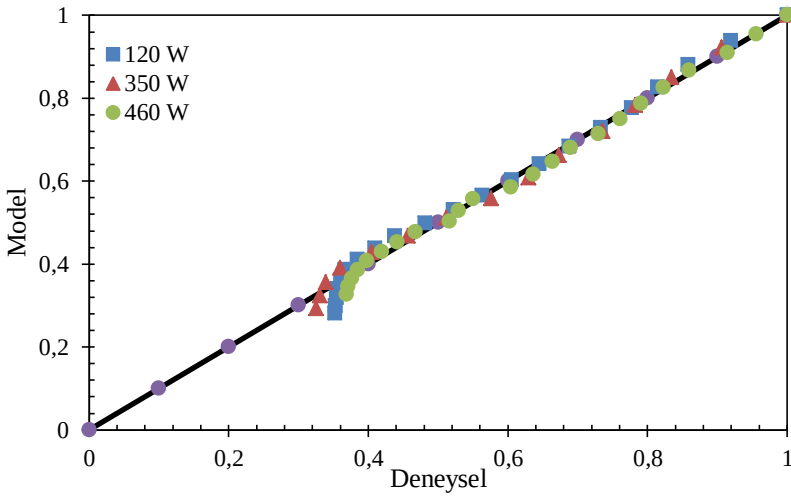
	Mikrodalga gücü	Kurutma denklemleri
30 dakika	120 W	$m_R = -0,38.exp(-0,03t) + (1+0,38)exp(-0,025t)$
	350 W	$m_R = -0,359.exp(-0,069t) + (1+0,59)exp(-0,07t)$
	460 W	$m_R = 0,128.exp(-0,015t) + (1-0,128)exp(-0,119t)$
60 dakika	120 W	$m_R = -0,171.exp(-0,027t) + (1+0,171)exp(0,022t)$
	350 W	$m_R = -0,102.exp(-0,0006t) + (1+0,102)exp(0,073t)$
	460 W	$m_R = -0,109.exp(0,028t) + (1+0,109)exp(0,086t)$



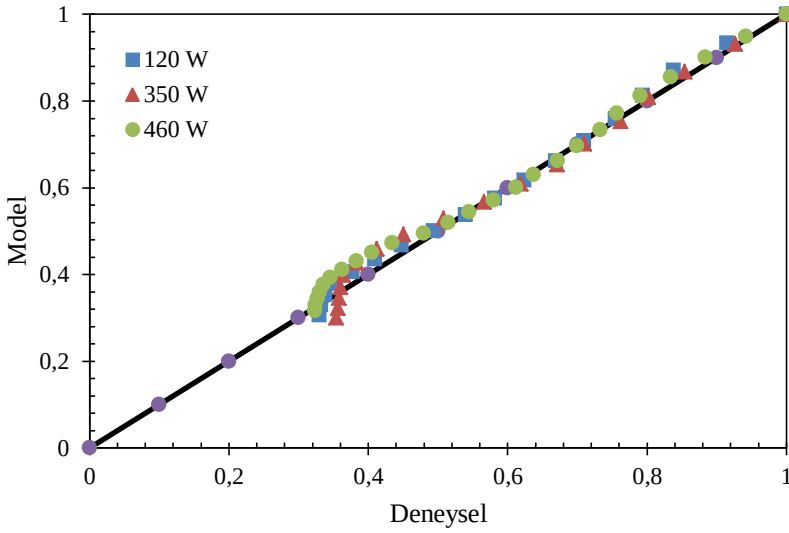
Şekil 3.1: 30 dakika suda bekletilen hortum numunesinin Verma et.al modeli ile deneysel sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 3.2: 60 dakika suda bekletilen hortum numunesinin Verma et.al modeli ile deneysel sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 3.3: 30 dakika suda bekletilen hortum numunesinin model ile deney sonuçlarının uyumluluğu



Şekil 3.4: 30 dakika suda bekletilen hortum numunesinin model ile deney sonuçlarının uyumluluğu

4. Sonuçlar

30 ve 60 dakika su banyosunda bekletilen hortumların mikrodalga enerjisi ile kurutulmasından sonra sonuçların Verma et al. modeline uygunluğu için hesaplanan korelasyon sayısı 0,96-0,99 aralığında, standart sapma 0,00073-0,028 aralığında ve χ^2 değeri 0,00025-0,041 aralığında bulunmuştur. En uygun değerlerin her iki kurutma için de 450 W güçte olduğu görülmektedir. Ayrıca mikrodalga gücünün artması ile kuruma zamanının da azaldığı grafiklerden görülmüştür. Bu kurutma modelinin hortumu oluşturan malzemelerin kurutulmasında da uygulanabileceği ön görülmektedir.

5. Referanslar

Kılıç, F. ve Tabanlıgil Calam, T. 2020. Kırmızı Kapyra Biberlerinin (*Capsicum Annuum* L.) Kurutma ve Rehidrasyon Kinetiklerinin Belirlenmesi, Kurutma İşleminin Termodinamik Analizi, DEÜ FMD, 22(65), 331-342.

Dağlı, M. Çelen, S. ve Moralar, A. Konvektif Bantlı Bir Sıcak Hava Kurutucusunda Yangına Müdahale Hortumunun Kurutulması Ve Modellemesi, International African Conference on Current Studies of Science, Technology & Social Sciences, October 17-18, 2020 - Abuja, Nigeria

- İntepe, M. ve Türk Tuğrul, İ. 2010. Kayısının Rehidrasyon Yeteneğine Kurutma Sıcaklığı ve Ön işlemin etkisi, 9. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 2-41.
- Çelen, S. 2010. Mikrodalga Ve Vakum Kurutucuda Bazı Gıda Ürünlerinin Kurutulması Ve Modellenmesi, Doktora tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne.
- Dağlı, M. ve Çelen, S. B Tip Hortumun Kurutma Modelinin Araştırılması, 2nd. International African Conference on Current Studies of Science, Technology & Social Sciences, October 17-18, 2020 - Abuja, Nigeria
- Çelen, S. 2019. Effect of Microwave Drying on the Drying Characteristics, Color, Microstructure, and Thermal of Trabzon Persimmon, Foods, 8(2), 84.
- Çelen S, Arda S. O. ve Karataşer M. A., 2018. Güneş Enerji Destekli Mikrodalga Konveyör Kurutucu Kullanılarak Kuruma Davranışının Modellenmesi, El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, 5(1), 267-271.
- Çelen, S.; Aktaş, T.; Karabeyoğlu, S. S.; Akyıldız, A. Drying of prina using microwave energy and determination of appropriate thin layer drying model. A.Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, Vol. 12 No. 2 pp. 21-31, 2015.
- Selvi, K.Ç. 2020. Investigating the Influence of Infrared Drying Method on Linden (*Tilia platyphyllos* Scop.) Leaves: Kinetics, Color, Projected Area, Modeling, Total Phenolic, and Flavonoid Content, Plants, 9, 916.
- Karaaslan, S., Erdem, T. ve Sarı, M. 2016. Microwave Drying of Quince Slices, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 11 (1):27-33.
- Hii, C.L., Law, C.L. ve Cloke , M. 2009. Modeling using a new thin layer drying model and product quality of cocoa, Journal of Food Engineering 90, 191–198.
- Doymaz, İ., Kıpçak, A.Z. ve Piskin, S. 2015. Microwave Drying of Green Bean Slices: Drying Kinetics and Physical Quality, Czech J. Food Sci., 33, 2015 (4): 367–37.
- Dağlı, M. 2020. Drying Parameters of The Fire Hose and Selection of Appropriate Dryer, MSc. Thesis, Tekirdağ Namık Kemal University, Turkey.

- Moralar, A. and Çelen, S., 2020. Determination of some parameters of dried carrot by microwave method, *El-Cezerî Journal of Science and Engineering* , 7, 1, 31-42.
- Verma, L, R., Bucklin, R, A., Endon, J, B. ve Wratten, F, T. 1985. Effects of drying air parameters on rice drying models. *Transactions of the ASAE*, 85, 296-301.
- Çelen, S., Haksever, A. ve Moralar, A. The Effect of Microwave Energy to the Drying of Apple (Gala) Slices, *Karaelmas Fen ve Mühendislik dergisi*, 7 (1): 228-236, 2017.

CHAPTER 9

International Studies on Natural and Engineering Sciences

**Hydropower Capacity for Some Small Streams in Sakarya
Basin (Ibrahim Yuksel)**

Hydropower Capacity for Some Small Streams in Sakarya Basin

Ibrahim Yuksel¹

¹*Istanbul Rumeli University, Engineering and Architecture Faculty, Department of Civil Engineering, Istanbul, Turkey, E-mail: yukseli2000@yahoo.com*

Abstract

It is known very well that hydropower energy is a type of the most important renewable energy in the world, and of course its positive impacts on the environment should not be ignored.

However large dams provide great and reliable power supply and benefits for irrigation and flood protection, but they require high cost and can cause some environmental problems. In this case, small hydro energy capacity is considered that to be an important role on Turkish economy and environmental issues.

Hydroelectric energy has an important place in energy sector is generated from 26 main Basins in Turkey. Sakarya Basin is one of the most important water resource in Turkey. However, hydroelectric energy production by utilizing these rivers has not reached the desired level yet in the basin.

In this study, hydro energy potential has been determined in the Sakarya Basin by using trend analysis. While it is applied trend analysis Mann Kendall Test, Spearman's Rho Test, Sen's Slope formulas are used with Delphi 7.0 programming in this study also.

Keywords: Hydro energy, small hydropower, trend analysis, Sakarya Basin, Turkey

1. Introduction

Water is one of the most valuable natural resources in human life, in all living things and shortly in the nature. Throughout history, civilizations have found life in places near water. While excessive water causes floods, less water, however, negatively affects people's lives and can even cause mass migrations.

A development analysis policy of Turkey's electricity system has been provided in the "Medium and Long-Term Generation Investment Plan" issued by the Turkish Electricity Transmission Company (TEIAS). The plan prepared by TEIAS (TEIAS, 2006) represents electricity generation

investment proposals up to the year 2020. In the TEIAS study, the data required for hydroelectric power plants was provided by State Hydraulic Works (DSI) and Electrical Power Resources Survey and Development Administration (EIE). The scenarios cast in the study are based on the policy that domestic and renewable sources should be considered for hydroelectric power plants.

The gross hydroelectric energy potential of Turkey is at the level of 433 billion kWh. It is estimated that the technically feasible part of this potential is around 216 billion kWh. The economic hydroelectric potential of the country for the year 1999 was 123 billion kWh. This potential is currently in use, with 30% of its 37 billion kWh production capacity, and 11% of its 13.6 billion kWh production capacity presently under construction DSI, 2004; (Yuksel, 2009; Yuksel, 2010).

The remaining 59%, with production potential of 72.4 billion kWh, is at the project level, consisting of preliminary inspection, master plan, feasibility and final project phases. Of the 485 hydroelectric power plants (total production capacity of 123 billion kWh), 104 are operational, 37 are under construction, and the remaining 344 are at the project level awaiting development. The natural energy resources in Turkey are limited, the country's national energy sources are on average around 246 billion kWh per year, with about 125 billion kWh hydro power, 105 billion kWh lignite and 16 billion kWh coal (DSI, 2004).

Water resources of Turkey have been presented in Table 1 (DSI, 2004; DSI, 2005). Considering the criteria accepted in the world, if the annual amount of water per capita in a country is 10,000 m³ or more, this country is among rich countries category in terms of water potential. According to these criteria, which are accepted in Turkey as well, Turkey is not a rich country in water potential and at the same time, it will enter into the category that will suffer from water shortages after a certain period when the annual population increase is considered (Yuksel and Demirel, 2018).

Table 1: Water Resources in Turkey (DSI, 2004; DSI, 2005)

Water Resources	Amount
Mean annual precipitation	642.6 mm
Volume of the mean annual precipitation	501 km ³
Surface Water	
Annual flow	186.05 km ³
Annual run-off coefficient	% 0.37
Present annual consumption	27.5 km ³
Groundwater	
Annual safe yield	12.2 km ³
Allocated amount	7.6 km ³
Present annual consumption	6.0 km ³

View point of hydrological condition there are 26 basins in Turkey. Meric, Coruh, Aras Tigris and Euphrates basins enter transboundary waters group. The average annual water potentials of these basins originating from Turkey are 1.33, 6.30, 4.63, 21.33 and 31.61 billion m³ respectively. This total value of 65.2 billion m³ is of great importance when the geopolitical situation of Turkey is considered (Yuksel and Demirel, 2018).

2. Hydropower Potential and Energy Demand in Turkey

Turkey's annual total gross, technically feasible and economically feasible hydropower potentials calculated by General Directorate of State Hydraulics Works (DSI) are 433, 216 and 158 TWh (this will be increase 180 in the future), respectively (Yuksel, Arman and Demirel, 2020).

The electric energy demand varies according to various parameters. The main parameters to affect the energy demand are: Gross National Product (GNP); population and demographic variations; development in housing, industry, agriculture and transportation sectors; income per capita; climatic conditions; employment, technological development, etc.

In a study (Bakir, 2005), according to DSI and Bakir Turkey's annual hydropower capacity was compared. The results of this study have been presented in the Table 2.

Turkey's annual electric energy demand values were estimated for 2020 by using the MAED MODEL scenarios. According to these scenarios Turkey's annual electric energy demand is predicted between 407-571 TWh in 2020 (RTLED, 2004; Yuksel, Arman and Demirel, 2020).

Table 2: Turkey's Annual Hydropower Potential According to DSI and Bakir (Bakir, 2005)

Name of The Basin	Gross Pot. (GWh)	Potential According to DSI		Potential According to Bakir	
		Econ. Feasib. Pot. (GWh)	Installed Power (MW)	Econ. Feasib. Pot. (GWh)	Installed Power (MW)
Firat (Euphrates)	84 122	39 375	10 345	46 267	12 176
Dicle (Tigris)	48 706	17 375	5 416	24 353	7 610
Eastern Black Sea	48 478	11 474	3 257	24 239	6 925
Eastern Meditt.	27 445	5 216	1 490	10 978	3 137
Antalya	23 079	5 355	1 537	9 232	2 638
Coruh	22 601	10 933	3 361	12 431	3 825
Ceyhan	22 163	4 825	1 515	8 865	2 860
Seyhan	20 875	7 853	2 146	9 394	2 609
Kizilirmak	19 552	6 555	2 245	7 821	2 697
Yesilirmak	18 685	5 494	1 350	8 408	2 213
Western Black Sea	17 914	2 257	669	7 166	2 108
Western Meditt.	13 595	2 628	723	5 438	1 511
Aras	13 114	2 372	631	5 246	1 418
Sakarya	11 335	2 461	1 175	3 967	1 984
Susurluk	10 573	1 662	544	2 643	881
Others (Total)	30 744	1 788	546	1 721	507
Total	432 981	127 623	36 950	188 169	55 099

According to design level and classification distribution capacities of hydro power in Turkey (DSI, 2007; EIE, 2004) are given in the Table 3 and Table 4 respectively.

Table 3: According to Design Level Capacities of Hydro Power in Turkey (DSI, 2007)

Design Level	Number of Power Stations	Total Installed Capacity (MW)	Proven Production (GWh/year)	Total Annual Production (GWh/year)
In operated > 10 MW	74	193	287	722
In Operated < 10 MW	68	12.595	33.273	45.208
Under construction > 10 MW	8	45	151	228
Under construction < 10 MW	32	3.152	6.207	10.290
Present total	182	15.985	39.918	56.448

Table 4: According to Classification Distribution of Hydro Power Capacities (EIE, 2004)

Classification	Number of HEPP	Total Capacity (MW)	Total Annual Energy (GWh)	Percentage of Total Annual Energy (%)
<5 mW	139	312	1.568	2.17
5-10 mW	79	548	2.135	2.95
10-50 mW	186	4.595	18.244	25.22
50-100 mW	54	3.824	13.524	18.70
100-250 mW	36	5.527	18.179	25.13
250-500 mW	11	3.500	11.657	16.11
500-1000 mW	3	1.791	3.199	4.42
>1000 mW	1	1.200	3.833	5.30
Total	509	21.297	72.339	100

On the other hand, however, the remaining economically feasible potential is nearly 22.000 GWh/year there is about 80 installed SHP with 177 MW capacity, in Turkey 5 % of which with medium head and 95 % with high head (DSI, 2007; Punys, 2004).

3. Sakarya Basin and Water Resources for Hydro Energy

Sakarya Basin is one of the 26 main basins in Turkey and called number is 12. With 58.160 km² area and 31.057 billion m³ average perception the Sakarya Basin is the one of the most important basin in Turkey. The Sakarya Basin (study area) is presented in the Figure 1 (DSI, 2004).



Figure 1: Study Area (Sakarya Basin) (DSI, 2004).

In this study, 7 streams which are observed their water discharge and the others hydraulics and hydrological characteristic were selected in the Sakarya Basin. Trend analysis was applied in these streams. These streams and their characteristics are given in the Table 5 (EIE, 2008; Yuksel and Demirel, 2018).

Table 5: Some Characteristics of The Selected Streams for Trend Analysis in The Sakarya Basin (EIE, 2008; Yuksel and Demirel, 2018).

Stream and Station Name	Observation Period (year)	Water Discharge (Q) (m ³ /s)	Water Drop (Head of Water) (H), (m)
Dinsiz Stream - Yagbasan	53	6.99	25
Sakarya River - Dogancay	53	121	41
Kocası - Rustumkoy	53	17.9	198
Sakarya River - Aktas	43	7.19	837
Ankara Stream - Mesecik	52	12.3	635
Aladağ Stream - Karakoy	52	13.3	505
Mudurnu Stream - Dokurcun	50	7.75	286

4. Materials and Methods

4.1. Determining and Applications of Trend Analysis in The Sakarya Basin

In this study, Mann-Kendall Test and Spearman's Rho Test were applied to the annual mean trends of the selected streams by using the "Trend Analysis for Windows" program. Slopes of trend have been calculated by using Sen's Slope method.

4.2. Mann-Kendall Test

In generally Man-Kendall test begins by estimating the S statistic. Man-Kendall Test formulas (Gilbert, 1987; Kendall, 1975; Mann, 1945) are given as follows:

$$S = \sum_{i=1}^{SS-1} \sum_{j=i+1}^{SS} \text{sgn}(x_j - x_i) \dots \text{for } j > i \quad (1)$$

Which is the number of positive differences minus the number of negative differences. If S is a positive number, observations obtained later in time tend to be larger than observations made earlier. If S is a negative number, then observations made later in time tend to be smaller than observations made earlier.

Equation:

$$V(S) = \frac{SS(SS-1)(2SS+5) - \sum_{m=1}^{SS} ti(m-1)(2m+5)m}{18} \quad (2)$$

where:

S: Statistic

$V(S)$: Variance and t_i is the number of ties of length (m).

The statistic S is then standardized (Z; equation 3), and its significance can be estimated from the normal cumulative distribution function (Blain, 2013).

Equation:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{V(s)}} \rightarrow S > 0 \\ 0 \rightarrow S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{V(s)}} \rightarrow S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

The Man-Kendall Test is conducted as follows (Gilbert, 1987).

* List the data in the order in which they were collected over time, $x_1, x_2, \dots, x_n$, which denote the measurements obtained at times 1, 2, ..., n, respectively.

* Determine the sign of all $n(n-1)/2$ possible differences $x_j - x_i$, where $j > i$, these differences are $x_2 - x_1, x_3 - x_1, \dots, x_n - x_1, x_3 - x_2, x_4 - x_2, \dots, x_n - x_{n-2}, x_n - x_{n-1}$

* Let $\text{sgn}(x_j - x_i)$ be an indicator function that takes on the values 1, 0, or -1 according to the sign of $x_j - x_i$, that is, If $x_j - x_i > 0$, $\text{sgn}(x_j - x_i) = 1$, if $x_j - x_i = 0$, $\text{sgn}(x_j - x_i) = 0$ and if $x_j - x_i < 0$, $\text{sgn}(x_j - x_i) = -1$. For example, if $x_j - x_i > 0$, that means that the observation at time j, denoted by x_j , is greater than the observation at time i, denoted by x_i .

4.3. Spearman's Rho Test

In the literature, Spearman's Rho Test is formulated and explained as follows (Barcelona 2017; SSS, 2017; Yuksel and Demirel, 2018):

Spearman's Rho is a non-parametric test used to measure the strength of association between two variables, where the value $R = 1$ means a perfect positive correlation and the value $R = -1$ means a perfect negative correlation.

Requirements

-Scale of measurement must be ordinal (or interval, ratio)

-Data must be in the form of matched pairs

-The association must be monotonic (i.e., variables increase in value together, or one increases while the other decreases)

Equation:

$$(R) = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n^3 - n} \quad (4)$$

Where,

d = Difference between ranks

n = Number of Data

R = Rank Value

Mann-Kendall and Spearman's Rho Tests were applied to the annual mean trends of the selected stations with the "Trend Analysis for Windows" program. The results are given in Table 6.

Table 6: Trend Analysis Results for Selected Streams in Sakarya Basin

Stream and Station Name	Status of Trend (Yes/No)	
	Mann-Kendall	Spearman's Rho
Dinsiz Stream – Yağbasan	No	No+
Sakaya River – Doğancay	Yes	Yes
Kocasü – Rüstümköy	Yes	Yes
Sakaya River – Aktas	Yes	Yes
Ankara Stream – Mesecik	No	No
Aladağ Stream – Karaköy	Yes	Yes
Mudurnu Stream – Dokurcun	Yes	Yes

4.4. Sen's Slope Test

This test computes both the slope (i.e. linear rate of change) and intercept according to Sen's method. First, a set of linear slopes is calculated as follows (Pohlert, 2017; Sen, 1968; Yuksel and Demirel, 2018):

$$S_k = (x_j - x_i) / (j - i) \quad (5)$$

for $(1 \leq i < j \leq n)$, where:

S is the slope, x denotes the variable, n is the number of data, and i, j are indices. Sen's slope is then calculated as the median from all slopes:

$$b = \text{median } S_k.$$

The intercepts are computed for each timestep t as given by

$$a_t = x_t - b \cdot t \quad (6)$$

The corresponding intercept is as well the median of all intercepts. This function also computes the upper and lower confidence limits for Sen's slope.

According to status of trend for the selected streams tendency of the trends have been calculated by using the Sen's Slope Formulas and the result of the slopes are presented in the Table 7 (Kirdrmir, 2009).

Table 7: Slopes of Trend for The Selected Streams Which Have Trend (Kirdrmir, 2009).

River and Station Name	Slope of Trend (%)
Sakaya River – Doğancay	2,254
Kocası – Rüstümköy	0,203
Sakaya River – Aktas	0,113
Aladağ Stream – Karaköy	0,207
Mudurnu Stream - Dokurcun	0,074

5. Calculation of Small Hydro Energy Potential and Demand

Small hydroelectric power and small hydroelectric energy were calculated in a study [7,25], taking account of the hydraulics and hydrological characteristics of the Sakarya Basin, using the hydropower and hydroenergy equations (Agiralioglu, 1993; Akdogar, 2006; Yuksel, Arman and Demirel, 2020) given below.

$$E_p = \gamma * Q * H * t \quad (7)$$

$$E_n = \eta * \gamma * Q * H_n * t \quad (8)$$

$$N = \eta * \gamma * Q * H \quad (9)$$

where E_p is potential energy, E_n is net energy, γ is specific weight, Q is water discharge, H is head of water drop, H_n is net head of water drop, t is time, η is efficiency factor of turbine, (in generally 0,85 for hydraulics turbines) and N is power.

6. Results and Discussion

Hydropower potential of the rivers is determined according to the water drop (head of water) and the water discharge which are provided by geological, hydraulics and hydrological characteristics. There are three types of potential which are gross (theoretical) potential, technical potential and economical potential (ESHA, 2005; Yuksel, 2007_a).

The gross potential is calculated according to the total flows and water drops of rivers and this potential indicates the maximum theoretical level. Gross potential refers to the annual energy potential assumed to be achievable with

100% turbine efficiency of all natural flows until the boundaries of waters crossing the borders at the level of sea. But, turbines cause about 10-15%15 fraction loss (energy loss). In other words, in generally these mechanics machines usually work with about 82-92% efficiency. In this reason, η is accepted as 0, 85 in this study.

Technical potential, which represents the maximum value of the production to be achieved as a result of the realization of all projects that are technically feasible, is a function of the gross potential as an energy value and is expressed as a percentage. The technically feasible water power potential showing the top level of the hydro electric energy production is calculated by excluding potential losses, decrease of water drop and energy transformation, which may occur depending on the technology used.

In this study, the small hydropower potential was calculated by using the equations 7, 8 and 9 for the selected small streams in the Sakarya Basin. The results of the calculated potential are presented in the Table 8.

Table 8: Some Characteristics of The Selected Streams for Trend Analysis in The Sakarya Basin

Stream and Station Name	Water Discharge (Q) m^3/s	Water Drop (Head of Water) (m)	Hydroelectric Power, (kW)	Hydroelectric Energy (GWh)
Sakarya River - Dogancay	121	41	4217	364
Kocası - Rustumkoy	17.9	198	3013	260
Sakarya River - Aktas	7.19	837	5115	442
Aladağ Stream - Karakoy	13.3	505	5709	493
Mudurnu Stream - Dokurcun	7.75	286	1884	163
Total			19938	1722

In another literature (Yüksel, 2007_b) it is mentioned that hydroelectric facilities are very valuable resources in Sakarya Basin, which has a great potential due to meteorological, topographic, hydraulics and hydrological conditions.

7. Conclusions

This study concludes that there is very considerable small hydropower potential in the country. Because, Turkey, is not rich enough in coal and natural gas resources, however, it is blessed with significant hydropower potential. It is essential that renewable and sustainable energy sources that can be properly utilized in Turkey should be included into energy production as soon as possible.

The small hydropower potential plants are superior to other larger plants, not only in terms of cost, but also through advantageous operational features and

environmental effects. The greatest technical advantage of hydroelectric power plants is their ability to be very quickly activated, especially at peak hours, compared to other power plants.

In this study, trend analysis was performed with the help of nonparametric Mann-Kendall and Spearman's Rho Tests using the annual mean flow values of selected streams in the Sakarya Basin.

In order to determine the relationship with annual total rainfall flow values, the Mann-Kendall Test and the Spearman's Rho Test were applied to the trend analysis of the total rainfall data of Sakarya Basin. The end of this application it was found that there is a significant trend most of the streams which are selected for this study.

As can be understood from this study, it can be concluded that there is great hydroelectric energy potentials on the streams in the Sakarya Basin. For this purpose, hydroelectric potential should be evaluated to the highest level in the Sakarya Basin.

Because river type power plants are superior than the other plants, this type plants have not only cost and operational features but also good environmental effects.

Many of the SHP projects are under investigation and the preliminary reports of some of them are either under preparation or ready.

8. List of Symbols and Abbreviations

List of acronyms	: Main and (Measurement units)
E	: Energy value (kgm)
N	: Power (kgm/s)
γ	: Specific weight (kg/m ³)
Q	: Water discharge (m ³ /s)
H	: Head of water drop (m)
p	: Efficiency factor of turbine (%)
S	: Statistic
V	: Variance
t_i	: The number of ties of length (m).
Z	: The statistic S is then standardized
d	: Difference between ranks
n	: Number of Data
R	: Rank Value
S	: Sen's Slope
x	: Denotes the variable,
i and j	: Indices.
b	: Median S_k .
TWh	: Terra Watt Hour
GWh	: Giga Watt Hour
MWh	: Mega Watt Hour
kW	: Kilo Watt

9. References

- Agıralıoğlu, N. and Erkek, C. (1993). Water Resources Engineering, Beta Publisher (in Turkish). Istanbul, Turkey.
- Akdoğan, M. (2006). Energy resources and study of Eastern Black Sea hydropower potential balance. Karadeniz Technical University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, M.Sc. Thesis. Trabzon, Turkey.
- Bakır, N.N. (2005). Turkey's hydropower potential and review of electricity generation policies from EU perspective. <http://www.ere.com.tr>;
- Barcelona Field Studies Centre, Geography Field Work (2017). <https://geographyfieldwork.com/SpearmansRank.htm> (accessed 23 November 2017).

- Blain GC. (2013). The Mann-Kendall test: the need to consider the interaction between serial correlation and trend. *Agricultural Engineering, Acta Sci., Agron.* 35(4), 393-402.
- DSI, State Hydraulic Works. Statistics on hydropower (2004), Ankara, Turkey.
- DSI, State Hydraulic Works (2005). Directorate of Dams and Hydroelectric Power Plants, Energy Sector Report. Ankara, Turkey.
- DSI, State Water Works (2007). Hydropower potential in Turkey, Ankara, Turkey.
- DSI, State Hydraulic Works (2015). Activity Report for the year 2015. Ankara Turkey.
- EIE, Electrical Power Resources Survey and Development Administration (2004). Hydroelectric Power Activities of the EIE. <http://www.eie.gov.tr>
- EIE, Electrical Power Resources Survey and Development Administration. (2008). Between 1935 and 2005 Monthly Water Flow Averages. Ankara, Turkey.
- ESHA, European Small Hydropower Association (2005). Small hydropower for developing countries. <http://www.esha.org/> (accessed 06 March 2016).
- Gilbert RO. (1987). Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. Wiley, New York, USA.
- Kendall MG. (1975). Rank Correlation Methods, 4th edition. Charles Griffin, London, UK.
- Kirdemir M. (2009). Estimate of hydroelectric potential in the Lower Sakarya Basin by using trend Analysis. Sakarya University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, M.Sc. Thesis (Advisor of Thesis: Prof. Dr. I. Yuksel). Sakarya, Turkey.
- Mann HB. (1945). Non-parametric tests against trend. *Econometrica.* 13:163-171.
- Pohlert T. (2017). Non-Parametric Trend Tests and, Change-Point Detection. <http://r.adu.org.za/web/packages/trend/vignettes/trend.pdf> (accessed 01 December, 2017).
- Punys, P. (2004). Small hydro power in the New EU Member States. *Hydroenergia 04*. Falkenberg, Sweden; 2004.

- RTLED., Report of Turkey Long Term Electric Energy Demand (2004). Technical Report. Ministry of Energy and Natural Resources, p.1-81, Ankara, Turkey (in Turkish).
- Sen PK. (1968). Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. Journal of the American Statistical Association. 63(324), 1379-1389.
- Serencam, U. (2007). The Analysis of the Hydropower Potential of Small Streams in the Eastern Black Sea Region, M.Sc. Thesis, Sakarya University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Sakarya, Turkey (in Turkish), (Advisor of Thesis: Prof. Dr. Ibrahim Yuksel).
- SSS, Social Science Statistics (2017). <http://www.socscistatistics.com/tests/spearman>. (accessed 30 November 2017).
- TEIAS, Directorate-General of Turkish Electricity Transmission (2006), Annual Report Ankara, Turkey.
- Yuksel I. (2007_a). Development of Hydropower: A Case Study in Developing Countries. Journal of Energy Sources, Part B. 2(2), 113-121.
- Yuksel, I. (2007_b). Investigation of Hydraulic and Hydrological Properties of River for Designing of Small and Medium Fall Hydroelectric Power Plants in Sakarya Basin. Sakarya University, Scientific Research Coordinator, Final Report. Sakarya, Turkey.
- Yuksel, I. (2009). Hydroelectric power in developing countries, Ene. Sour., Part B, 4 (2009) 377- 386,
- Yuksel, I. (2010). As a renewable energy hydropower for sustainable development in Turkey, J. of Ren. and Sust. Ene. Rev.,14(2010) 3213-3219,
- Yuksel I., Demirel, I.H. (2018). “Determination of Hydroelectric Potential in Sakarya in Turkey By Using Trend Analysis”, Fresenius Environmental Bulletin, Volume 27- No. 11, pp 7257-7264.
- Yuksel, I., Arman, H., Demirel, I.H. (2020). “Determining of Small Hydropower in The Eastern Black Sea Basin in Turkey”, Fresenius Environmental Bulletin, Volume 29- No. 04, pp:2411-2420.

CHAPTER 10

International Studies on Natural and Engineering Sciences

**Performance Metric Measurements and Parameter
Estimation for Binary Models: Traffic Accident Example
(Tuba Koç)**

Performance Metric Measurements and Parameter Estimation for Binary Models: Traffic Accident Example

Tuba Koç¹

¹*Cankiri Karatekin University, Faculty of Science, Department of Statistics,
E-mail:tubakoc@karatekin.edu.tr*

1. Introduction

Regression models analyze the relationship between an explanatory variable and an outcome variable while controlling the effects of other variables. The linear regression model (LRM) is probably the most widely used statistical method. In the LRM model, the dependent variable is assumed to be continuous and normally distributed. However, more dependent variables may not be continuous or normally distributed (Long, 1997). Normality assumption is inappropriate where the dependent variable takes binary values such as 0 and 1 or is a discrete variable (polychotomous) containing more than two levels. Using LRM in such cases produces biased and inconsistent coefficients so it causes the results to be misinterpreted.

Binary dependent variables have two values; they are usually coded 0 for a negative result (i.e. the event did not occur) and 1 as a positive result (i.e. the event occurred). Regression models for binary outcomes allow a researcher to discover how each explanatory variable affects the probability of the event occurring. There are studies in many fields with two-level dependent variables. The most commonly used methods for such dependent variables are logistic and probit models. Logistics and probit regression models are quite similar and the obtained probability estimates are close to each other. While logistic distribution is used in Logistic Model, the normal distribution function is used in probit model. Cox (1970) developed the logistic model, made various applications. Halpering et al. (1971) argued that logistic regression can be shown as an alternative to discriminant analysis in cases where the normal distribution assumption of independent variables is not satisfied. Finney proposed logistic regression as an alternative to probit analysis in 1972.

Bayesian perspective on logit and probit regression models has taken an important place in recent years. Hsu and Leonard (1995) studied the processes of obtaining Bayes estimates in logistic regression functions. Tektaş and Günay (2008) used the Bayes method proposed by Albert and

Chib (1993) to analyze binary logit and probit models and compared this method with other classical methods. Yuan et al. (2020) used data on the accident that occurred in Beijing in 2009--2012. They proposed the Bayesian bivariate probit model to include the correlation between the crash severity levels of the Crash and crashed vehicles. Zeng et al. (2019) proposed a Bayesian spatial generalized ordered logit model with "CAR" a priori to analyze key factors affecting the severity of highway accidents. Nikita and Nikitas (2020) compared seven different models including binary logistic, probit, cumulative probit regression and Bayesian approaches to predict gender using skeletons.

In this study, logit, probit Bayesian logit and Bayesian probit models were applied to the traffic accidents data that occurred in Turkey in May 2020 and the model parameters were estimated. Then, the best model was determined by using the model performance criteria. The remainder of the study is organized as follows. In section 2, the logit, probit, Bayesian paradigm and some performance metric measurement is defined. In section 3 explains the application of the models with traffic accident data. Finally, the results are summarized and discussed in Section 4.

2. Material and Metot

2.1. Logit Model

In logistic regression, parameter estimation is obtained with the maximum likelihood method by using generalized linear models. In this method, the probability function of the binomial distribution is defined as exponential and the linear combination of the expected value is used instead of the direct expected value of the data. Generalized linear models use a link function that links the linear structure of the independent variables to the expected value of the dependent variable. In logistic regression, the mentioned connection function is given by the logit transformation (Stokes et al. 2000).

The general form of the logistic regression model is as follows,

$$y_i = E(y_i) + \varepsilon_i$$

Where y_i are Bernoulli random variable and $E(y_i) = \frac{\exp(x_i'\beta)}{1 + \exp(x_i'\beta)}$,

each observation has Bernoulli distribution, so the probability distribution of each sample observation is as given ,

$f_i(y_i) = \pi(x_i)^{y_i} [1 - \pi(x_i)]^{1-y_i}$ where $i=1,2,3,\dots,n$ and each y_i observation takes the 0 and 1 values. Since the observations are independent, the likelihood function is as given:

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^n f_i(y_i) = \prod_{i=1}^n \pi(x_i)^{y_i} [1 - \pi(x_i)]^{1-y_i}$$

and the log likelihood function is,

$$\begin{aligned} \log L(\beta) &= \ln \prod_{i=1}^n f_i(y_i) = \sum_{i=1}^n l(y_i, \beta) \\ &= \sum_{i=1}^n \{y_i \ln[\pi(x_i)] + (1 - y_i) \ln[1 - \pi(x_i)]\} \\ &= \sum_{i=1}^n y_i \ln[\pi(x_i)] + \sum_{i=1}^n (1 - y_i) \ln[1 - \pi(x_i)] \\ &= \sum_{i=1}^n \left[y_i \ln \left(\frac{\pi(x_i)}{1 - \pi(x_i)} \right) + \sum_{i=1}^n \ln[1 - \pi(x_i)] \right] \end{aligned}$$

To find the value of β that maximizes $\log L(\beta)$, derivative of $\log L(\beta)$ with respect to β is taken and the obtained expressions are set to zero.

$$\hat{\beta}_{MLE} = \max_{\beta} \sum_{i=1}^n \log L(\beta)$$

Parameter estimation values for β_0 and β_1 , respectively, are obtained by solving the following equations (Hosmer and Lemeshow 2000).

$$\begin{aligned} \sum [y_i - \pi(x_i)] &= 0 \\ \sum x_i [y_i - \pi(x_i)] &= 0 \end{aligned}$$

2.2. Probit Model

The probit model is a model used to find the effect of one or more explanatory variables on a categorical response variable, developed as an alternative to the logistic model. Logistics and probit regression models are very similar and the obtained probability estimates are close to each other. The difference between them is the link functions used. While the logit model uses the logit link function, the probit model uses the inverse normal link function (Aldrich et al. 1984). In addition, the results obtained in the calculations for the same data are more consistent in the probit model than the logit model. This difference can also be seen from the density plot (Gujarati, 1988).

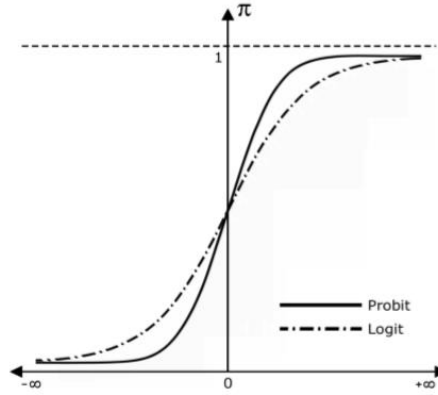


Figure 1: Comparison of probit and logit models as cumulative distribution

The general form of the probit model is as given:

$$y_i = E(y_i) + \varepsilon_i$$

where y_i are Bernoulli random variable, ε_i is a random error term having a standard normal distribution and

$$E(y_i) = x_i' \beta$$

Similar to the logit model,

$$f_i(y_i) = \pi(x_i)^{y_i} [1 - \pi(x_i)]^{1-y_i} \quad i=1,2,3,\dots,n \text{ is written.}$$

The log likelihood function of the model,

$$\begin{aligned} \log L(\beta) &= \ln \prod_{i=1}^n f_i(y_i) \\ &= \sum_{i=1}^n \{y_i \ln[\pi(x_i)] + (1 - y_i) \ln[1 - \pi(x_i)]\} \\ \frac{\partial \log L(\beta)}{\partial \beta} &= \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i \varphi_i}{\Phi_i} + (1 - y_i) \frac{-\varphi_i}{1 - \Phi_i} \right) x_i = 0 \end{aligned}$$

is obtained as in the above equation. Where φ_i the probability density is function for the standard normal distribution, and Φ_i is the cumulative distribution function (Greene, 1993).

Various iterative methods (algorithms) are available for solving this equation (Aldrich et al. 1984). One of the most used algorithms in probit model is the Newton-Raphson algorithm. In this study, we used Newton-Raphson algorithm to obtain parameter estimates for the probit model.

2.3. Bayesian Framework

Estimation of θ parameter is desired by using statistical model defined with probability density function $p(y|\theta)$ depending on $y = (y_1, \dots, y_k)$ data. According to the Bayesian approach, when information on distribution and probability is insufficient, θ cannot be exactly determined. The fundamental of the Bayesian inference is given below:

- For θ , a probability distribution, represented as $f(\theta)$, is formulized. This distribution is called a prior distribution.
- For observed y dataset and when θ is given, a likelihood function $L(\theta; y)$ is determined to define the distribution of y given θ .

$f(\theta|y)$ is the posterior distribution which is defined using the prior and the likelihood function (Koç and Cengiz, 2020).

Then, all statistical inferences about θ are obtained through the posterior distribution.

One of the problems encountered in application (applying) in the Bayesian approach is that there are no analytical solutions in solving the integrals required for statistical inferences from posterior distributions. In this case, the use of simulation methods is required for calculations. The most commonly used methods are Markov Chain Monte Carlo (MCMC) and Gibbs Sampling method. In this study, we used MCMC.

2.4. Model Performance Metrics for Classification

In classification models, it is very important to decide which model is the most suitable. It is necessary to determine the performance of models and its accuracy in predicting parameters. There are many performance criteria that can be used to evaluate the model performance of a classification model. In this study, we used accuracy, precision, recall, F-score criteria.

The formulas for the criteria are as follows:

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

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

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

$$F - \text{measure} = \frac{2TP}{2TP+FP+FN} \quad (4)$$

In these equations, TP (True positive): correct positive prediction, FP

(False positive): incorrect positive prediction, TN (True negative): correct negative prediction, FN (False negative): incorrect negative prediction.

3. Application

In this study, traffic accident data were used for Turkey's 81 provinces for (in) the year May 2020. The data obtained are available URL1-2-3.

The features of the variables are given in Table 1. Analyzes were performed using the version (3.6.1.) of R software. By using "Rchoice" and "zelig" package programs together in R software, factors affecting traffic accidents were determined with logit, probit and Bayesian logit, probit approaches. Performance criteria of the models were calculated after the parameter estimates.

Table 1: Description of the variables

Variable	Description
y (response variable)	Fatal traffic accident situation (Yes/No)
x_1	Traffic volume
x_2	Path length
x_3	Total number of registered road motor vehicles
x_4	Gross domestic product (GDP-per capita)
x_5	Province population

Table 1 shows the description of the response variable and explanatory variables. The explanatory variables were chosen among several indicators that may have potential influence on the traffic accidents.

Table 2: Estimations of Parameter

Model	Parameter	Maximum Likelihood			Bayesian Approach			
		Estimate	Std. Error	p-value	Mean	SD	HPD	
Logit	Intercept	5.59	3.1361	0.075	-4.038	2.286	-5.801	8.247
	x1	0.0144	0.01246	0.246	-0.0133	0.0012	-0.025	0.087
	x2	-0.0111	0.00433	0.01	0.0117	0.0061	0.0127	0.342
	x3	0.0097	0.09238	0.916	-0.0526	0.0398	-0.079	0.474
	x4	-0,0116	0.01455	0.0422	0.0976	0.0096	0.0895	0.102
	x5	-0.0027	0.00497	0.582	0.0117	0.0223	-0.804	0.293
Probit	Intercept	3.147	1.6551	0.057	-2.728	1.146	-3.102	6.162
	x1	0.0843	0.00942	0.256	-0.0091	0.0073	-0.011	0.248
	x2	-0.0665	0.00249	0.008	0.0079	0.0025	0.0056	0.127
	x3	0.0080	0.0514	0.875	-0.031	0.0398	-0.047	0.692
	x4	-0.0063	0.00824	0.044	0.0099	0.0096	0.0082	0.204
	x5	-0.0013	0.00271	0.619	-0.0031	0.0223	-0.005	0.188

When Table 2 is examined, it is seen that "Path length" and "GDP" variables affect the traffic accident with death status in all models. Both explanatory variables contribute negatively to the model. HDP (highest posterior density) values were calculated using the "coda" package program from the R software in the models estimated using the Bayesian method. The fact that HDP range covers zero indicates that that variable is not statistically significant. When HDP ranges of "Path length" and "GDP" variables are examined, it is seen that they do not include zero.

Table 3: The performance measures for the classification models

Performance measure	Model			
	Logit	Probit	Bayesian Logit	Bayesian Probit
Accuracy	0.9135	0.9136	0.9259	0.9135
Precision	0.9491	0.9322	0.9152	0.9352
Recall	0.9333	0.9482	0.9818	0.9642
F-measure	0.9410	0.9401	0.9473	0.9491

Logit, probit and Bayesian approaches have been applied to our traffic accidents binary data. Model performance measures are as given in Table 3. When performance measurements are examined, it is seen that the performances of logit and probit models are very close. In addition, it is seen that Bayesian model performance measures are generally better than classical methods. For Bayesian models, it can be said that the Bayesian probit model is the most suitable model for data.

4. Conclusions

In cases where the dependent variable takes binary value, logit and probit regression models are appropriate statistical methods. In this study, all fatal traffic accident data is considered that occurred in May in 81 provinces in Turkey. In order to determine the factors affecting the fatal traffic accident status that occurred in Turkey, classic logit, probit models and Bayesian logit and Bayesian probit models were used. It is clear that when the parameter estimates are examined, "Path length" and "GDP" explanatory variables are meaningful for all models. It has been observed that the explanatory variables of "Traffic volume", "Total number of registered road motor vehicles" and "Province population" do not make a significant contribution to any model. Classic logit and probit models and Bayesian approaches gave similar results in parameter estimation. This is in line with the literature (Klieštík and Mišanková, 2015). When some model performance metrics measures are calculated to determine the best model, it is clear that Bayesian approaches generally give better results than classical approaches. Accordingly, it is seen that Bayesian probit approach is the most suitable model for data among Bayesian approaches.

5. References

- Albert, J.H. and Chib, S. Bayesian Analysis of Binary and Polychotomous Response Data, *Journal of the American Statistical Association* 422, 669–679, 1993.
- Aldrich, J. H., Nelson, F. D., & Adler, E. S. (1984). *Linear probability, logit, and probit models* (No. 45). Sage.
- Cox, D. R. 1970. *The Analysis of Binary Data*, London: Methuen.
- Gujarati, D. N. (1988). *Instructor's Manual to Accompany Basic Econometrics*. McGraw-Hill.
- Halperin, M., Blackwelder, W.C. and Verter, J.I. 1971. Estimation of the multivariate logistic risk function: a comparison of the discriminant function and maximum likelihood approaches. *J. Chron. Dis*, 24: 125–158.
- Hosmer, David W. & Lemeshow, S. (2000). *Applied logistic regression*. New York: Wiley.
- Hsu, J. S., & Leonard, T. (1997). Hierarchical Bayesian semiparametric procedures for logistic regression. *Biometrika*, 84(1), 85-93.
- Klieštík, T., Kočíšová, K., & Mišanková, M. (2015). Logit and probit model used for prediction of financial health of company. *Procedia economics and finance*, 23, 850-855.
- Koc, T., & Cengiz, M. A. (2020). Investigating Different Priors in Bayesian Continual Reassessment Method. *Kuwait Journal of Science*, 47(1).
- Long, J. S. (1997). Regression models for categorical and limited dependent variables (Vol. 7). *Advanced quantitative techniques in the social sciences*, 219.
- Nikita, E., & Nikitas, P. (2020). Sex estimation: A comparison of techniques based on binary logistic, probit and cumulative probit regression, linear and quadratic discriminant analysis, neural networks, and naïve Bayes classification using ordinal variables. *International journal of legal medicine*, 134(3), 1213-1225.
- Stokes ME, Davis CS, Koch GG. *Categorical data analysis using the SAS system* (2nd ed). Cary, NC: SAS Institute, Inc, 2000.
- Tektas, D., & Günay, S. (2008). A Bayesian approach to parameter estimation in binary logit and probit models. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, 37(2), 167-176.

Yuan, Q., Xu, X., Xu, M., Zhao, J., & Li, Y. (2020). The role of striking and struck vehicles in side crashes between vehicles: Bayesian bivariate probit analysis in China. *Accident Analysis & Prevention*, 134, 105324.

Zeng, Q., Gu, W., Zhang, X., Wen, H., Lee, J., & Hao, W. (2019). Analyzing freeway crash severity using a Bayesian spatial generalized ordered logit model with conditional autoregressive priors. *Accident Analysis & Prevention*, 127, 87-95.

URL-1: <http://tuik.gov.tr/pretabloarama.do?metod=search&aratype=vt>, Accessed Date (23.06.2020)

URL-2: <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Root/default.aspx>, Accessed Date (23.06.2020)

URL-3: <http://trafik.gov.tr/istatistikler37>. Accessed Date (23.06.2020)

CHAPTER 11

International Studies on Natural and Engineering Sciences

**The Relationship between Excavation Parameters and
Cerchar Abrasivity Index in Mechanized Tunnel Excavation
(Ülkü Kalaycı Şahinoğlu, Ümit Özer)**

The Relationship between Excavation Parameters and Cerchar Abrasivity Index in Mechanized Tunnel Excavation

Ülkü Kalaycı Şahinoğlu¹, Ümit Özer²

^{1*} *Istanbul University-Cerrahpasa, e-mail: ukalayci@istanbul.edu.tr*

² *Istanbul University-Cerrahpasa, e-mail: uozer@istanbul.edu.tr*

1. Introduction

Rapid progress and economy are of great importance in excavating underground and aboveground structures in the mining and construction sectors. The design phase of excavation systems is the most important step in determining the operation's time and cost components. The analysis to be made is critical for all projects (Bilgin 1989, Fowell and Johnson 1991).

Although many test methods have been proposed to determine rocks' abrasiveness, the accepted test method is very few. Cerchar abrasivity index has emerged as the most reliable method to determine rock abrasiveness in mechanized excavations. There are many parameters that rock abrasiveness is directly or indirectly related to. The main ones are the mechanical and mineralogical composition of the rock.

The Cerchar Abrasivity Index test was first found in France at the Cerchar Research Institute in 1971. The results were published by Valantin (1973). This test method is used to determine the cutter wear and consumption.

The purpose of this study is to introduce the Cerchar wear index (CAI) test method used in determining the estimated consumption of cutters used in mechanized excavation machines and to reveal the Relationships between Cerchar Abrasiveness Index and Excavation Parameters in two different Tunnel projects.

2. Study Area

2.1. Akfırat Wastewater Tunnel

Akfırat Wastewater tunnel is located in Istanbul/Turkey. The location map of the work site is presented in Figure 1. The geological units crossed in the Tunnel line are Kurtköy Formation (Kf) Gözdağ Formation (Ky), Aydos Formation (Af), Basin Fill (QHd) (Kalaycı, 2017).

Herrenknecht brand erath pressure balanced tunnel boring machine (EPB-TBM) is used in the Tunnel excavation. The length of the 2.2 m inner diameter Tunnel is 8.125 m. There are 15 cutter discs with 12 inch (305 mm) diameter on the cutter head.

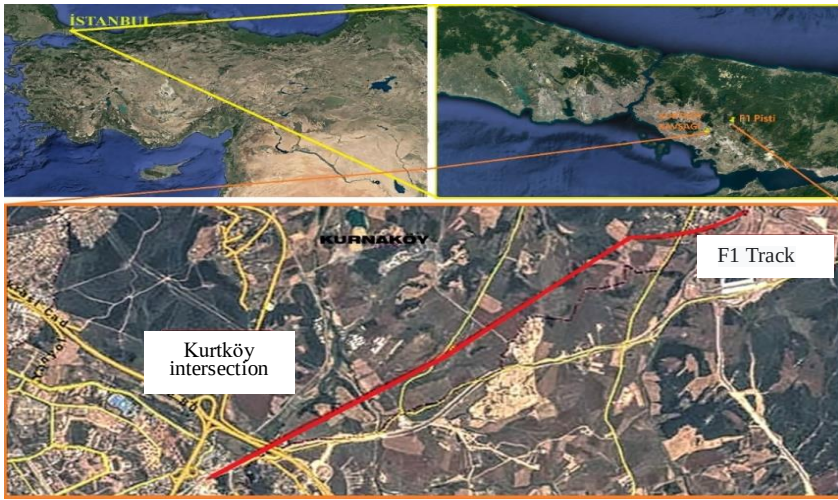


Figure 1: Location Map of Akfırat Wastewater tunnel (Kalaycı, 2017).

2.2. Mahmutbey-Mecidiyeköy Metro Tunnel

Mecidiyeköy-Mahmutbey Metro Line is Located in Istanbul-Turkey and 18 km in length main line. The geological unit crossed in the Tunnel line during this study was determined as the Thrace Formation (Ct). The location map of the study area is presented in Figure 2. The inner diameter of the tunnel is 6.59 m. Excavation is conducted with a Terratec brand TBM, and there are 43 disk cutters with 19 inch (482 mm) diameter on the cutter head.

Mechanical properties of two different Tunnel projects are given in Table 1 (Kalaycı, 2017).



Figure 2: Location Map of Mahmutbey Mecidiyeköy Metro Tunnel and Stations (Kalaycı, 2017).

Table 1: The physico-mechanical parameters of the rock units (Kalayci, 2017).

Project	Formation	(t/m ³)	c (MPa)	φ (°)	Em (MPa)	RMR
Akfirat Wastewater	Kurtköy	2.61	0.109	29.77	992.55	35-40
	Gözdağ	2.52	NA	NA	100	NA
	Basin Fill	2.82	0.242	47.86	2506.4	45-65
	Kurtköy	2.88	0.392	54.39	6658.01	35-55
	Basin Fill	2.87	0.270	49.88	3339.7	NA
	Aydos	2.5	0.340	53.37	6224.33	55-77
Mahmutbey Metro	Kurtköy	2.88	0.392	54.39	6658	48-76
	Trakya	2,9	0,347	49,74	5803,13	33-53

γ: Density-c: Cohesion-φ: Fraction angel-Em :Elasticity Modulus-RMR: Rock Mass Rating

3. Cerchar Abrasivity Test

In the abrasion tests performed on freshly broken rock surfaces for six different types of samples obtained from the tunnel route, five measurements were performed on the free surface of a rock for each test, and ten readings were obtained. Cerchar abrasivity tests were conducted and CAI values were calculated by using Eq. 1. (ASTM, 2010). Test results are shown in Table 2.

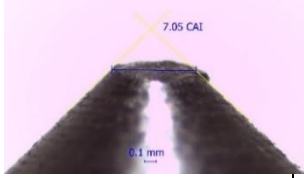
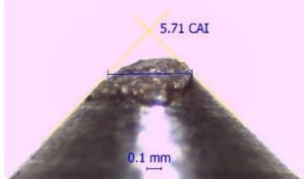
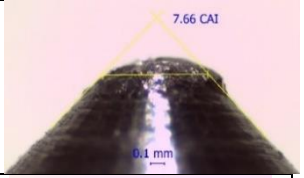
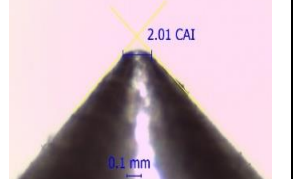
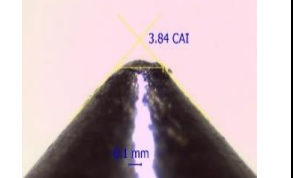
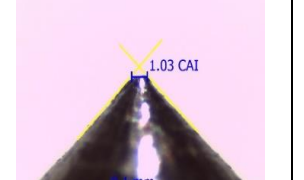
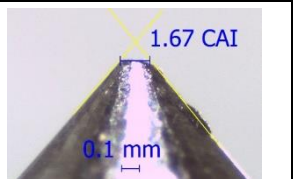
$$CAI = 10 (1n) \sum di ni \quad (1)$$

4. Mineralogical Analyses

In the study's scope, conducted mineralogical analyses are the determination of Mineral grain size and percentage. The fine samples' microscopic view is presented in Figure 3 for Akfirat Wastewater Tunnel and Figure 4 for Mahmutbey-Mecidiyeköy Metro Tunnel. Average quartz grain sizes of minerals examined under microscope are presented in Table 3 (Kalayci, 2017).

Mineral grain size irregularities, under the influence of the quartz percentage, cause a higher rate of surface roughness after breaking, causing more abrasions. In this study, the Kurtköy Formation samples with the most irregular distribution were determined. The quartz content of the gray calcite sample in the basin fill and the claystone in the Kurtköy outlet Formation could not be determined by microscopic examination of the Akfirat Waste tunnel, therefore the samples were ground below 125 microns and sent to mineralogical analysis (XRD). As a result of XRD examinations, 60-65% calcite and manganocalcite 10% albite and quartz content were determined in the QHdg sample (Kalayci, 2017).

Table 2: Cerchar abrasivity test results

Formation		Std (%)	Abresivity class	Peak measure
A	5,76	0,77	Extremely Abrasive	
QBfb	5,11	0,51	Extremely Abrasive	
QBf	6,54	0,76	Extremely Abrasive	
QBfg	1,57	0,23	Slightly Abrasive	
K	2,99	0,41	Medium Abrasive	
Kc	0,76	0,13	Slightly Abrasive	
Ct	1,3	0,3	Slightly Abrasive	

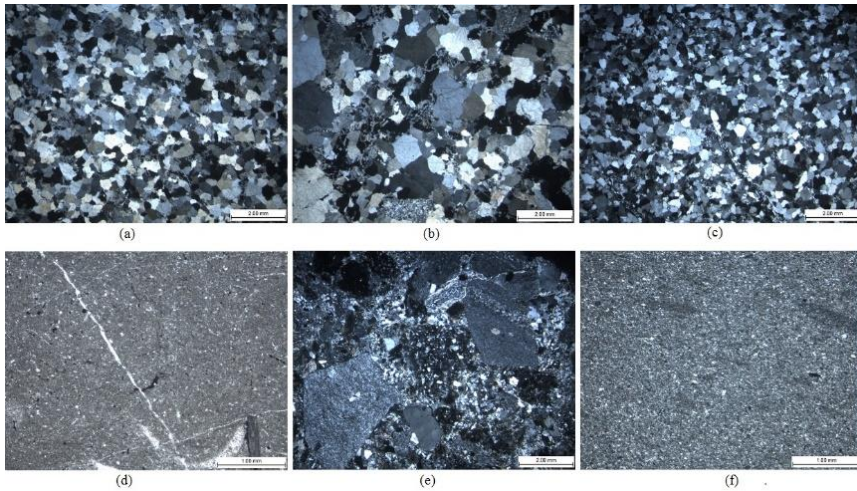


Figure 3: Microscopic Images of Akfırat Wastewater Tunnel Samples (a: Af, b: QHdk, c: QHdbd: QHdk, e: Kf, f: Ky).

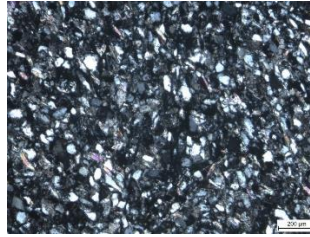


Figure 4: Microscopic Image of Mahmutbey Mecidiyeköy Metro Tunnel Sample (Ct).

Table 3: Quartz Dimensions of Akfırat Wastewater and Mahmutbey Mecidiyeköy Tunnel Samples.

Formation	Mean Size (μm)	P20 (μm)	P50 (μm)	P80 (μm)	Max. (μm)
Af	245	239	366	537	849
QHdb	342	320	535	936	1362
QHdk	281	200	296	429	725
Kf	941	1100	2208	3002	3891
Ct	57	31	44	60	98

5. Evaluation of TBM Data

Power (P), specific energy (SE), instantant cutting rate (ICR) values were calculated from TBM data obtained for Akfırat Wastewater Tunnel and Mahmutbey-Mecidiyeköy Metro tunnel. A representative part of the calculated data is presented in the Akfırat Wastewater Tunnel and the

Mahmutbey-Mecidiyeköy Metro tunnel in Table 4 and 5, respectively (Kalayci, 2017).

Table 4. Akfırat Wastewater Tunnel Specific Excavation Parameters.

Ring No	Torque (kNm)	P (kW)	ICR (m ³ /h)	SE (kWh/m ³)
2625	99,2	38,4	3,5	11,1
2625	210,8	106,0	4,5	23,6
2625	210,8	103,7	4,4	23,6
2625	204,6	102,8	4,5	22,9
2625	198,4	95,6	4,3	22,2
2625	204,6	100,7	4,4	22,9
2625	210,8	106,0	2,2	47,2
2625	223,2	109,9	2,2	50,0

Table 5: Mahmutbey-Mecidiyeköy Tunnel Specific Excavation Parameters.

Ring No	Torque (kNm)	P (kW)	ICR (m ³ /h)	SE (kWh/m ³)
817,0	622,0	138,7	26,4	5,3
818,0	594,0	132,5	24,3	5,4
819,0	572,0	127,6	38,5	3,3
820,0	648,0	144,5	38,5	3,8
821,0	588,0	131,2	38,5	3,4
822,0	568,0	126,7	44,6	2,8

6. Cutter Consumption

The summary of Akfırat Wastewater tunnel and Mahmutbey Mecidiyeköy Metro Tunnel cutter performances are presented in Table 6. Data are obtained from shift reports.

Table 6: Cutter Performances

Cutter Consumption According to Formations (m/cutter)						
Kf	Af	QHdb	Kff	Qbfg	Kc	Ct
7,7	1,8	1,7	4	1,2	33,8	241

Pie chart presentation of the consumption reasons summarized in Figure 5 for each formation (Kalayci, 2017).

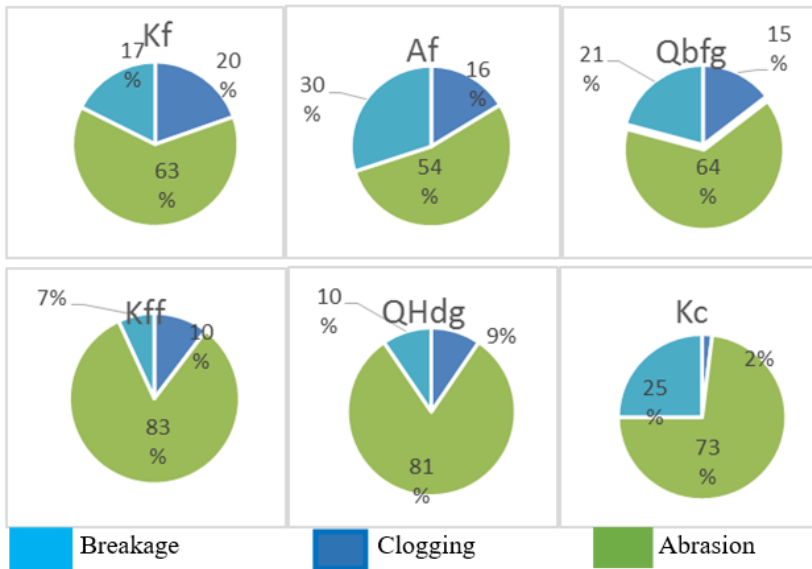


Figure 5: The Reasons of Cutter Consumption According to Formations (Kalayci, 2017).

In the study, Mahmutbey-Mecidiyeköy Tunnel's cutter consumption was monitored between the rings numbered 805 and 1126. Cutter head checks were made five times between the relevant rings, and cutter consumption was monitored from the wear values recorded in these controls. The amount of wear required for a ring replacement is 25 mm. Discs numbered 33-43 reached this value. Among the relevant rings, all of the cutter consumption consists of wear. All cutter consumption origin during the study is wear (Kalayci, 2017).

7. Relationship Between Cerchar Abrasiveness Index and Excavation Parameters

In this study, the relationship between Cerchar Abrasiveness Index with cutter consumption, mineralogical content, and excavation parameters was investigated. Cerchar Abrasivity Index, Mineralogical content, and the porosity relation is given in Eq. 2. Cerchar Abrasivity Index, Mineralogical content, and the wear-based cutter consumption relation given in Eq. 3. And specific energy, wear-based cutter consumption relationship is shown in Eq. 4.

$$CAI = -4,995 - 28,714 * p + 0,116 * Q + 0,004 * Q_m \quad (2)$$

Here, CAI is cerchar abrasiveness index, p, porosity, Q, percentage of quartz, Q_m, quartz mineral grain size (mm).

It was determined by evaluating the significance coefficient that the relationship obtained was highly correlated ($R^2 = 0.93$) and a significant relationship at 95% significance level.

$$CAI = 0,603 + 0,247 * \ln(Qm) - 0,225(\ln(kt)) \quad (3)$$

Based on the prediction that the conditions that make up the cutter consumption will adversely affect the machine performance, the statistical relationship between machine performance data and cutter consumption values was sought. As machine performance data, the energy required to perform unit excavation was used.

While calculating the specific energy (kWh / m^3) values, the ratio of calculated power (kW) and instantaneous excavation speed (m^3 / h) data for each formation was used. While calculating the cutter consumption data, the number of cutters changed in each Formation, and the cross-sectional area ratio of that Formation ($\text{m}^3 / \text{cutter}$) was used.

The relationship between specific energy and cutter consumption data is presented in Figure 6. The regression analysis equation made between cutter consumption and SE data is given in Equation 4.

$$SE = 188,208 * kt^{-0,545} \quad (4)$$

Where, SE, spesifik energy (kWh/m^3), kt, cutter consumption (m^3/cutter).

As a result of the analysis, a significant relationship was found between wear-based cutter consumption data and specific energy ($R^2 = 0.86$). It has been observed that the conditions that increase the amount of energy required for excavation will also increase cutter consumption. By evaluating the significance coefficient, it was determined that there is a significant relationship between the associated data at the 95% significance level.

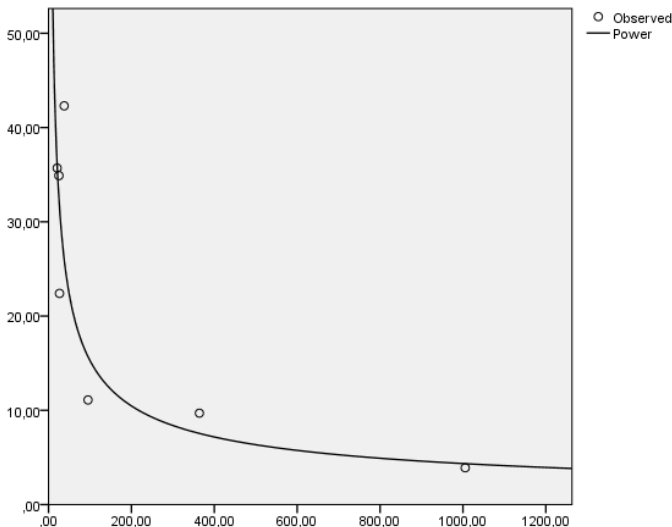


Figure 6: The Relationship between Cutter Consumption and Specific Energy.

8. Results and Discussion

The study reveals a high correlation ($R = 0.964$) and a significant relationship between the Cerchar Abrasivity Index and porosity, quartz percentage, and quartz grain size. Besides, the result of the regression analysis performed to determine the relationship between cerchar and cutter consumption was found to be highly correlated and significant.

Mineral grain size irregularities, under the influence of the quartz percentage, cause a higher rate of surface roughness after breaking, causing more abrasions. In this study, the Kurtköy Formation samples with the most irregular distribution were determined. However, in light of the studies, it was understood that the quartz percentage and grain size alone were not effective in abrasions. In the study, lower cutter consumption was determined in Formations with high quartz percentage and uniformity.

The prediction that the conditions constituting the cutter consumption will adversely affect the machine performance, the statistical analysis between the machine performance data and the cutter consumption values revealed a significant relationship between wear-based cutter consumption data and specific energy ($R = 0.9$). It has been observed that the conditions that increase the amount of energy required for excavation will also increase cutter consumption.

9. References

- ASTM D7625-10, Standard Test Method for Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method.
- Kalayci Sahinoglu, 2017, "The modelling of rock and discontinuity variation's effect on disc cutter consumption by finite elements method", (PhD Thesis), İstanbul University, Institute of Graduate Studies in Science.
- Valantin, A. 1973. Examen des differens procedes classiques de determination de la nocivite des roches vis-à-vis de l'attaque mecanique, 133–140.
- Fowell, RJ., Johnson, ST. 1991. Cuttability assessment applied to drag tool tunnelling machines. Proc. 7th ISRM International Congress on Rock Mechanics, Vol. 2, Publ. Rotterdam, AA Balkema, pp. 985-990, Aachen, Germany.
- Bilgin, N. 1982. Zonguldak kömür havzasındaki formasyonların jeomekanik özelliklerinin burğu davranışlarına etkisi. Türkiye 3. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, s. 95-111, Zonguldak.

CHAPTER 12

International Studies on Natural and Engineering Sciences

**Gıdalarda Pastörizasyon ve Sterilizasyon Uygulamalarında
Mikrodalga Teknolojisinin Kullanımı (Yeliz Tekgöl, Ahsen
Rayman Ergün)**

Gıdalarda Pastörizasyon ve Sterilizasyon Uygulamalarında Mikrodalga Teknolojisinin Kullanımı

Yeliz Tekgöl¹, Ahsen Rayman Ergün²

¹Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Köşk Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü,
yeliz.tekgul@adu.edu.tr

²Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,
ahsen.rayman@gmail.com

1. Giriş

Mikrodalgalar, frekansı 300 MHz ile 300 GHz arasında değişen elektromanyetik dalgalar (Ahmed ve Ramaswamy, 2007). Mikrodalgaların maddelerle etkileşimi soğurma, yansıtma ve geçirgenlik olmak üzere üç farklı şekilde gerçekleşir. Mikrodalgaların yüzeyden yansıdığı elektriksel iletken malzemelerde ve içerisinden soğurulmadan geçtikleri yalıtkan malzemelerde ısınma gerçekleşmez. Ancak soğuruldukları malzemeleri içeren çözeltielerde ısınma söz konusudur (Gümüşderelioğlu ve Kaynak, 2012).

Mikrodalgalar, maddeler tarafından absorbe edilerek ısı enerjisine dönüştürülürler. Gıdaların yapısında yer alan polar moleküller ısı oluşumuna neden olmaktadır. Gıdaların yapısında yer alan en önemli polar molekül olan su, mikrodalga uygulaması sonucunda oluşan manyetik alana göre hareket ederek pozisyon alır. Polar moleküllerdeki hareket sonucu ısı açığa çıkar. Oluşan ısı iletim ya da taşınım yolu ile gıdada yer alan diğer bileşenlerin ısınmasına yol açar (Chandrasekaran et al, 2013).. Mikrodalga ısıtma, yüksek hızda ısıtma sağlayarak gıdaların pişme sürelerinde önemli bir azalmaya neden olması, güvenli ve kolay kullanım olanağı sunması dolayısıyla gıda işlemede popülerlik kazanmıştır. Gıda endüstrisinde pişirme, kurutma, çözündürme, haşlama, kavurma, pastörizasyon ve sterilizasyon işlemlerinde kullanılmaktadır (Konak et al., 2009).

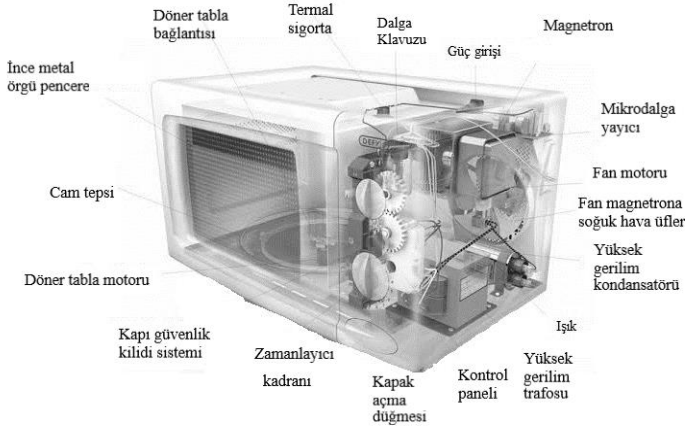
Pastörizasyon ve sterilizasyon, mikroorganizmaları yok etmeyi ya da inaktif hale getirmeyi esas alarak gıda güvenliğini sağlamak, raf ömrünü arttırmak amacıyla uygulanan işlemlerdir. Pastörizasyon işlemi ile vejetatif formdaki patojen mikroorganizmaların yok edilmesi ve enzimlerin inaktif hale getirilmesi sağlanır. Pastörizasyon işlemi, ısı (infrared ve ohmik) ya da ısı olmayan (yüksek hidrostatik basınç, UV, vurgulu elektrik alan, ultrases, iyonize radyasyon, salınımlı manyetik alan) teknikler kullanılarak uygulanabilir (Baysal et al., 2011).

Bu çalışmada mikrodalga teknolojinin temel prensiplerine ve gıdalarda mikrodalga teknolojisi ile yapılan pastörizasyon ve sterilizasyon uygulamalarına yer verilmiştir.

2.Mikrodalga Teknolojisi

Dalga boyları 1 mm–1 m ve frekansları 300 MHz - 300 GHz arasında değişmekte olan iyonize olmamış ışınlar, mikrodalga adını almaktadır (Decareau 1985; Schiffman, 1986). Mikrodalgaların ısıtma frekansları endüstriyel, bilimsel ve tıbbi kullanımlar için belirlenmiştir (Kemahlıoğlu ve Baysal, 2002). Mikrodalga uygulamaları için genellikle ev tipi fırınlarda 2450 MHz, birçok endüstriyel mikrodalga sisteminde ise yüksek penetrasyon derinliği nedeniyle 915 MHz frekansında çalışılmaktadır (Ohlsson, 2002; Coronel ve ark., 2008).

Mikrodalga ekipmanı başlıca magnetron adı verilen mikrodalga jeneratörü, dalga yönlendirici alüminyum tüpler ve metal hazneden oluşmaktadır (Baysal et al., 2011). Şekil 1’de mikrodalga fırın ve diğer parçaları gösterilmektedir.

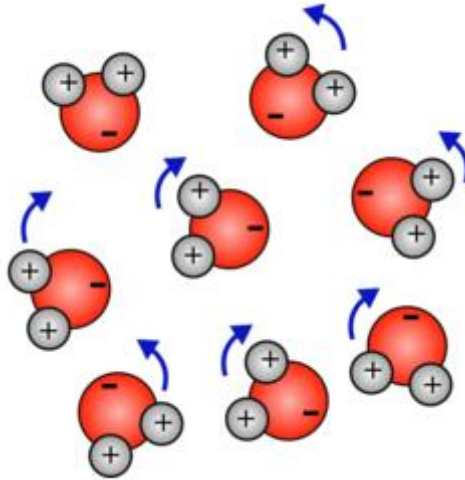


Şekil 1. Mikrodalga ekipmanı ve kısımları (Anon, 2020)

Mikrodalgalar, bir elektrik gücüne bağlı magnetron tarafından üretilir. Magnetron etkinleştirildiğinde, mikrodalgalar fırın boşluğu ısıtılmadan ürün içinde hareket ederek üretilir (Matsui et al., 2018). Mikrodalgalar materyaller tarafından absorblanmakta ve absorblanan enerji ısıya dönüşmektedir. Bu dönüşümü sağlayan mekanizma oryantasyon polarizasyonu ve ara yüzey dağılımıdır (Baysal ve ark., 2011). Mikrodalga uygulaması esnasında, gıda içerisinde gelişigüzel bulunan polar maddeler uygulanan elektrik alanın şiddetine göre dönmeye başlamakta ve iyonlar da elektrik alana zıt bir şekilde hızlanmaktadır (Çağdaş ve ark., 2011). Gıdaların su içermesi mikrodalga ile ısıtılabilmesi açısından önem taşımaktadır. Gıdalardaki dönen dipolar su molekülleri, mikrodalga enerjisini emer ve salınımlı bir elektrik alanında yeniden hızlanma sırasında çevredeki moleküller arasında sürtünmeye

neden olur. Sürtünme ile enerji ısıya dönüştürülür, yani gıdada hacimsel ısıtma sağlanır. Ayrıca, mikrodalga ısıtma, yüksek frekanslı salınlı bir elektrik alanı sağlandığında gıdalardaki iyonların göçünden kaynaklanır (Datta and Davidson, 2000; Ohlsson and Bengtsson, 2001; Sung and Kang, 2014). Mikrodalga ısıtma teknolojisinde dipol dönmesi ve iyonik polarizasyon mekanizmaları önem taşımaktadır.

Uygulanan elektriksel alanın etkisi ile gıda içerisinde asimetrik ve polar moleküler frekansa bağlı olarak polaritesi hızla değişen bir elektrik alan oluşur. Bu elektriksel alanın dönme eğilimi göstermesi ise **dipol dönmesi** olarak tanımlanır. Örnek olarak 2450 MHz frekansa sahip ev tipi bir mikrodalga fırında elektrik alanının yönü saniyede 2.45 milyar kez değişmektedir. Bunun sonucunda elektrik alanının polaritesine uyum sağlamak için dönen polar moleküllerin, birbirleri ile ve ortamdaki diğer moleküllerle sürtünmelerinden dolayı ısı açığa çıkmaktadır. İyonik Polarizasyon ise gıda içerisinde çözülmüş tuzların iyonik bileşenlerinin, üzerlerindeki elektriksel yük nedeniyle uygulanan elektrik alanının polaritesine zıt istikamette hızlanarak hareket etmeye başlamasıyla gerçekleşmektedir. İyonlar arasındaki çarpışma sonucunda iyonların kinetik enerjileri termal enerjiye dönüşmektedir (Matsui et al., 2018). Şekil 2 'de iyonların hareketi gösterilmiştir.



Şekil 2. Mikrodalgaların su molekülüne etkisi (Kuş, 2016)

3.Gıdaların Mikrodalga ile Isıtılmasını Etki Eden Faktörler

Gıdaların mikrodalga ile ısıtılmasına etki eden en önemli faktörler dielektrik gıdaların mikrodalga ile ısıtılmasını etki eden birçok faktör bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi dielektrik özellikler ve penetrasyon

gücüdür. Bir malzemenin mikrodalga enerjisini ısıya dönüştürme yeteneği dielektrik özelliklerinin bilinmesi ile ilişkilendirilir. (Chandrasekaran et al., 2013). Dielektrik özelliklerde bazı temel tanımlar aşağıda belirtilmiştir.

Dielektrik sabiti: Bir maddenin mikrodalga enerjisi depolama yeteneği

Dielektrik kayıp faktörü: Mikrodalga absorblamayı ölçen bir değer olup, gıdaya giren mikrodalga enerjisi içeride ısı olarak tüketilmesiyle kaybolan miktar olarak da tanımlanabilmektedir. Bu değer yüksek olduğu materyallerde, ısıtma hızı hızla düşer ve mikrodalga enerjinin derinlere penetre olması zorlaşır. Materyalin dielektrik kayıp faktörünün dielektrik sabitine oranı (ϵ''/ϵ') ise kayıp tanjant ($\tan \delta$)'dır. Elektromanyetik alanda materyale sızan mikrodalga enerjisinin ısı olarak tüketilme miktarını ifade etmektedir (George and Burnett, 1991).

Güç penetrasyon derinliği: Mikrodalgaların materyal içinde penetre olduğu uzaklığı belirler. Dielektrik sabiti ve kayıp faktörüne bağlı olarak değişir (Smith et al., 2007). Bir materyal elektromanyetik dalgalara maruz kaldığında, materyal dalgaların bir kısmını yansıtır, bir kısım dalgalar ise materyal içerisine penetre olur. Penetrasyon gücü mesafe ile azalma eğilimi göstermektedir.

Mikrodalga ısıtmaya ve dielektrik özellikler üzerine etkili olan faktörleri Matsui et al. (2018), (1) ekipmanla ilgili değişkenler (sistemin gücü, frekansı, geometrisi), (2) dielektrik özellikler ve ekipman değişkenleri arasındaki ilişki, (3) dielektrik özellikler arasındaki ilişki ve gıdanın bileşimi (nem içeriği, tuz içeriği, termofiziksel özellikler gibi termal iletkenlik, özgül ısı ve termal yayılma) ve (4) dielektrik özellikler üzerine ürün parametreleri (kütle, boyut, yapı, geometri) şeklinde sınıflandırmıştır.

Birçok mikrodalga sistemi sanayide 5-100 kW arasındaki mikrodalga gücünde çalışmaktadır. Mikrodalga enerjinin frekansı ve buna bağlı olarak değişen dalga boyu ısıtılacak materyale işleme derinliğini direkt olarak etkilemektedir. Besin maddeleri su içerdiğinden 2450 MHz frekansta yarı-güç derinliği 2,3 cm; 915 MHz frekansta ise 20 cm'dir. Bu nedenle ısıtılacak maddenin boyutlarına göre seçilecek frekans da önem taşımaktadır (Konak et al, 2009).

Mikrodalga enerjinin absorblanmasında gıdanın su içeriği önemli bir faktördür. Su içeriğinin fazla olması, dielektrik kayıp faktörünün daha fazla olmasına, dolayısıyla gıdanın daha iyi ısınması gerçekleşir. Ama su içeriği düşük olan gıdalar da spesifik ısıdaki azalma sayesinde mikrodalga ortamında iyi ısıtılabilirler. Gıdanın kütlesi arttıkça, sabit güçteki bir mikrodalga ekipmanında ısıtmak için gerekli süre de artmaktadır. Ancak ısıtmanın etkinliği genellikle kütledeki artışla artmaktadır (Schiffmann, 1986). Gıdanın yoğunluğu da gıdanın dielektrik sabitini etkileyen bir diğer

faktördür. Havanın dielektrik sabiti birdir ve endüstride ısıtma için kullanılan frekanslarda tamamen geçirgendir. Bu nedenle gıdanın yapısında bulunan hava miktarı, o gıdanın dielektrik sabiti ile ters orantılıdır. Ayrıca; materyalin yoğunluğu arttıkça, dielektrik sabiti de genellikle doğrusal olarak artmaktadır (Konak et al, 2009). Ürünün fiziksel geometrisi de mikrodalga ısıtma üzerine etki etmektedir. Homojen bir ısıtma sağlamak için materyalin boyutu mikrodalga enerjinin dalga boyuna ve penetrasyon derinliğine göre fazla olmamalıdır. Isıtılacak gıdanın şekli ne kadar düzenli ise ısı dağılımı da bir o kadar düzenli olmaktadır (Chandrasekaran et al., 2013).

Spesifik ısı değeri gıdanın nem içeriğini doğrudan etkilediği için, bu değerin gıdaların mikrodalga ile ısıtma işlemi üzerine önemli etkileri vardır (Giese, 1992). Ayrıca termal iletkenlik, kütlesi büyük olan gıdaların ısıtılması sırasında önemli bir etkidir. Çünkü penetrasyon derinliği ürünün homojen bir şekilde merkeze kadar ısınmasını sağlayacak kadar fazla değilse veya mikrodalga ile ısıtma süresinin uzun olduğu durumlarda ısıtma direkt olarak etkilenmektedir. Ayrıca gıdanın içeriği örneğin tuz miktarı da etkili olup, ürüne tuz ilave edilmesinin ürünün ısıtma hızını arttırdığı bildirilmiştir. Çünkü tuz ilavesi penetrasyon derinliğine doğrudan etki etmekte ve yüzeyde aşırı ısınmaya neden olabilmektedir (Schiffmann, 1986).

Ürünlerin boyutu, şekli ve homojenliği dielektrik özellikler üzerinde büyük etkiye sahiptir: düzenli formlara sahip gıdalar daha düzgün bir ısıtma sunar. Ancak, eğer boyutu gıda dalga boyundan çok daha büyüktür, dalgaların etkisi tehlikeye girer; bu durumda, gıda merkezi iletim mekanizması ile ısıtılır ve bu nedenle ısı iletkenlik, proses tasarımında dikkate alınması gereken başka bir parametredir (Matsui et al., 2018).

Mikrodalga uygulamasının diğer ısıtma işlemlerinden farkı ısı üretiminin moleküler düzeyde başlamasıdır. Sıcaklık dağılımının daha homojen olması ve yüzeyin aşırı ısınmasının engellenmesi içten ısınma işlemine bağlıdır. Mikrodalga işleminde materyalin içine penetrasyon ile kısa başlangıç süresi ve iç ısınma, işlemin verimini arttırmakta ve işlem süresini kısaltmaktadır. Böylelikle hem zamandan hem de enerjiden tasarruf sağlanmaktadır (Gümüşderelioğlu, 2012; Konak et al, 2009). Termal işlemlerde geleneksel ısı değiştiricilere alternatif olarak mikrodalga ısıtmanın kullanılması, hızlı hacimsel ısıtma, daha düşük ekipman yüzey sıcaklığı ve gıda kalitesinin korunması gibi bazı avantajlar da sunmaktadır (Chandrasekaran et al., 2013; Siguemoto et al., 2018). Bu avantajları ile birlikte mikrodalga ısıtma, pişirme, kurutma, pastörizasyon ve gıda maddelerinin korunması gibi gıda işleme alanında geniş uygulamalara sahiptir (Chandrasekaran et al, 2013).

4. Mikrodalga Pastörizasyon ve Sterilizasyon

Mikrodalga uygulamasında ısı üretimi moleküler düzeyde başlamaktadır. İçten ısınma sağlandığından dolayı homojen sıcaklık dağılımı gerçekleşmekte ve yüzeyin aşırı ısınması engellenmektedir. Mikrodalgaların materyalin içine penetrasyonu sonucu randıman arttırmakta ve proses süresi kısaltmaktadır. Bu durum zamandan ve enerjiden tasarruf sağlamaktadır (Gümüşderelioğlu ve Kaynak, 2012; Konak et al, 2009). Termal işlemlerde geleneksel ısı değiştiricilere alternatif olarak mikrodalga ısıtmanın kullanılması, hızlı hacimsel ısıtma, daha düşük ekipman yüzey sıcaklığı ve gıda kalitesinin korunması gibi bazı avantajlar da sunmaktadır (Chandrasekaran et al., 2013; Siguemoto et al., 2018). Bu avantajları ile birlikte mikrodalga ısıtma, pişirme, kurutma, pastörizasyon ve gıda maddelerinin korunması gibi gıda işleme alanında geniş uygulamalara sahiptir (Chandrasekaran et al, 2013).

Fratianni et al. (2010) tarafından yapılan ve portakal suyuna farklı sıcaklıklarda (60, 70, 75 ve 85 °C), değişen sürelerde (1, 2.5, 5 ve 10 dk) uygulanan mikrodalga pastörizasyon işleminin karotenoidler üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada 60 ve 70 °C’lerde 10 dakika uygulanan mikrodalga ısıtma işleminin karotenoidlerin stabilitesi açısından en uygun olduğu tespit edilmiştir. Portakal suyunun mikrodalga pastörizasyonunun incelendiği bir diğer çalışmada meyve suyu örnekleri pilot ölçekli mikrodalga fırında 60, 70, 75 ve 85 °C’de ısıtılmıştır. Toplam 7 karotenoid bileşiğinin ölçülmüş, 70 °C’de 1 dk süre ile yapılan ısıtma işleminde zeaksantin ve beta-karoten içeriklerinin yaklaşık % 26 oranında azaldığı, beta-kriptoksantin içeriğinin değişmediği tespit edilmiştir. Mikrodalga pastörizasyon sonunda portakal sularının C vitamini içeriğinde hafif bir azalma gözlemlendiğini belirtmiştir.

Nikdel et al. (1993), tarafından yapılan çalışmada portakal suyu örnekleri geleneksel yöntem ve mikrodalga enerjisiyle ısıtılarak pastörize edilmiştir. geleneksel yöntemle yapılan pastörizasyon işleminin meyve sularında tat değişimi ve aroma bileşenlerinin kaybına neden olduğu belirlenmiştir. Mikrodalga pastörizasyon işlemi ile portakal sularında bulunan bakterilerin ve pektin metilesteraz enziminin inaktive edildiği, uygulamanın tat ve aroma üzerine herhangi olumsuz bir etkisinin olmadığı ortaya konulmuştur.

Kivi pürelerinin geleneksel yöntemle (97 °C - 30s) ve mikrodalga enerjisi (1000 W - 340 s) ile pastörize edildiği bir çalışmada depolanma sıcaklığı ve süresinin (4, 10, 22 °C, 7, 14, 21, 35 ve 63 gün) karotenoidler ve klorofiller üzerindeki etkisi incelenmiştir (Tinoco et al., 2015). Mikrodalgada ısıtılan kivi pürelerinin klorofil içeriklerinde %42, karotenoid içeriklerinde %62, geleneksel yöntemle ısıtılan kivi pürelerinin klorofil içeriklerinde %100, karotenoid içeriklerinde ise %91 kayıp gözlenmiştir. Pastörizasyon koşulları ve depolama süresinin örneklerin pigment kompozisyonuna etki ettiği,

klorofillerin karotenoidlere kıyasla pastörizasyon koşulları ve depolama süresinden daha fazla etkilendiği tespit edilmiştir. Aynı araştırmacıların yaptığı bir diğer çalışmada kivi püreleri mikrodalga fırında (1000 W-340 s) ve konvansiyonel yöntemle (84 °C-300 s) pastörize edilerek pastörizasyon yöntemlerinin duysal özellikler, enzimler ve mikroorganizmalar üzerine etkileri karşılaştırılmıştır (Tinoco et al., 2014). Mikrodalga pastörizasyon işleminin konvansiyonel yöntemle kıyasla mikroorganizmalar (*L. monocytogenes*, toplam küf, toplam maya) ve enzimler (polifenol oksidaz, peroksidaz ve pektin metil esteraz) üzerinde daha etkili olduğu saptanmıştır. Mikrodalga pastörizasyon uygulanan örneklerin tüketiciler tarafından daha çok beğenildiği (tat, koku, genel görünüş) tespit edilmiştir.

Igual et al. (2010) geleneksel ve mikrodalga pastörizasyonunun greylift suyunun temel biyoaktif bileşikleri üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Pastörize edilmiş meyve suları iki ay süresince buzdolabında ve dondurularak depolanmış, depolama süresi boyunca örneklerdeki askorbik asit, C vitamini, organik asitler, toplam fenoller ve antioksidan kapasite değişimi incelenmiştir. Geleneksel yöntemle pastörize edilen örneklerin sitrik asit ve askorbik asit içeriğinin önemli ölçüde azaldığı, mikrodalga pastörizasyonunun ise bu bileşikleri koruduğunu tespit edilmiştir. Geleneksel yöntemle pastörize edildikten sonra dondurularak muhafaza edilen örneklerdeki fenolik bileşenlerin %75'inin antioksidan kapasitelerinin ise %20' sinin korunduğu saptanırken mikrodalga pastörizasyon uygulanarak dondurulmuş meyve sularında bu oranların sırasıyla %82 ve %33 olduğu belirlenmiştir.

Monroy et al. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada demirhindi suyu ve yeşil içecek olarak adlandırılan farklı meyve suları (ananas, nopal, guava ve limon) kullanılarak formüle edilmiş içeceklere mikrodalga pastörizasyon işlemi uygulanmıştır. Hedef enzim olarak seçilen pektin metil esterazın inaktive edilmesi amacıyla içecekler 490 Watt güçte sıcaklıkları 90°C'ye ulaşınca kadar ısıtılmışlardır. Yeşil içecek ve demirhindi suyunda pastörizasyon için belirlenmiş sıcaklığa ulaşma süresi sırasıyla 255 s ve 280 s olarak belirlenmiştir. Mikrodalga pastörizasyon uygulanan örnekler 21 gün boyunca depolanarak 7 gün aralıklarla ürünlerin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duysal özellikleri incelenmiştir. Depolama süresince demirhindi suyunun incelenen özellikler açısından değişim göstermediği ancak yeşil ieğin renk değerlerinin değiştiği saptanmıştır. Siguemoto et al. (2018), sürekli akışlı mikrodalga destekli pastörizasyonda bulanık elma suyunun enzimatik inaktivasyonunu incelemişlerdir. Bulanık elma suları üç işlem sıcaklığında (70, 80 ve 90 °C), iki akış hızı seviyesinde ve iki ısıtma sisteminde (konvansiyonel ve mikrodalga) pastörize edilmiştir. Polifenol oksidaz, pektin metil esteraz enzimlerinin inaktivasyon kinetikleri incelendiğinde 1. derece kinetik model ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Konvansiyonel ve mikrodalga pastörizasyon yöntemleri arasında enzim inaktivasyon oranları arasındaki farkın önemsiz olduğu saptanmıştır.

Saikia et al. (2015), konvansiyonel termal pastörizasyon, mikrodalga ve ultrases uygulamalarının beş farklı meyve suyunun (karambola, siyah jamun, karpuz, ananas ve liçi) antioksidan aktivitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Konvansiyonel yöntemde meyve sularına 75 °C'de 3 dakika ısıtıl işlem uygulanmıştır. Mikrodalga pastörizasyon uygulamasında meyve suları 600 W ve 900 W güç seviyelerinde 30 saniye boyunca ısıtılmıştır. Ultrases cihazı 100 W güçte ve 30.3 KHz frekansta çalıştırılarak meyve sularına 50 °C'de 30 dakika süre ile ultrases uygulanmıştır. Ultrases uygulanan meyve suyu örneklerinin tamamının toplam flavonoid içeriklerinde artış gözlenmiştir. 600 W güçte mikrodalga pastörizasyon uygulanan karambola sularının fenolik asit miktarında azalma saptanırken konvansiyonel termal pastörizasyon uygulanan örneklerin fenolik asit miktarlarında artış görülmüştür. Ultrases uygulaması örneklerin fenolik içerik ve antioksidan aktivitelerinde artışa neden olmuştur. Çalışma sonuçları incelendiğinde ultrases işlemi ve mikrodalga pastörizasyon uygulamalarının konvansiyonel pastörizasyona kıyasla fitokimyasalları daha az etkilediği belirlenmiştir.

Umudee et al. (2013) tarafından yapılan çalışmada hurma meyvelerine uygulanan mikrodalga sterilizasyon işleminin enzimatik lipoliz reaksiyonunu önlediği ortaya konulmuştur.

Piasek et al. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada mavi hanımeli bitkisi konvansiyonel yöntem ile 100 °C'de değişen sürelerde (1, 2, 3, 4 ve 5 saat) ve mikrodalga enerjisi ile sterilize edilerek yöntemlerin antosiyaninler, fenolik bileşenler ve antioksidan aktivite üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. Mikrodalga sterilizasyon uygulanan meyve suyu örneklerinin fitokimyasal bileşenlerinin konvansiyonel sterilizasyon uygulanan örneklerle kıyasla daha iyi korunduğu tespit edilmiştir.

Lau ve Tang (2002), tarafından yapılan çalışmada kuşkonmaz turşusuna konvansiyonel pastörizasyon (88 °C-30 dk) ve farklı güç seviyelerinde değişen sürelerde (1 kW-9 dk, 2 kW-15 dk) mikrodalga pastörizasyon işlemi uygulanmıştır. Yapılan çalışmada mikrodalga pastörizasyon uygulaması ile örneklerde görülen tekstürel degradasyon azalmıştır. Konvansiyonel pastörizasyon uygulanmış turşu örneklerinin C değeri 8.66 dk olarak bulunmuştur. Bu değerin 1 kW ve 2 kW güç değerlerinde pastörize edilmiş örnekler için sırasıyla 3.16 dk ve 2.64 dk olarak tespit edilmiştir.

Kuşkonmaz kreması üzerine *Alicyclobacillus acidoterrestis* sporlarının inoküle edilerek farklı güç seviyelerinde (540, 630, 720, 810 ve 900 W) ve değişen sürelerde (3, 4, 5, 6 ve 7 dk) mikrodalga pastörizasyon işlemi uygulanmıştır (Giuliani et al., 2010). Pastörize edilmiş örnekler 25 °C, 37 °C

ve 50 °C sıcaklıklarda sırasıyla 27, 18 ve 9 gün süresince depolanarak mikrobiyal özellikleri incelenmiştir. Yüksek güç seviyelerinde uzun süreli mikrodalga pastörizasyon uygulamasının *Alicyclobacillus acidoterrestis* sporlarının yok edilmesi üzerinde daha etkili olduğu saptanmıştır.

ABD Gıda ve İlaç İdaresi, patates püresi ve torbalanmış soslu somon fileto için mikrodalga sterilizasyon işlemini onaylamıştır. Washington Eyalet Üniversitesi tarafından geliştirilen bu işlem, ambalajlı yiyeceğin basınçlı sıcak suya batırılmasını ve aynı anda 915 MHz frekansta mikrodalga enerjisi ile ısıtılmasını esas almaktadır. Patates püresi ve soslu somon fileto örneklerine 5-8 dakika uygulanan mikrodalga sterilizasyon işlemi ile patojenler ile bozulmaya yol açan mikroorganizmalar yok edilmiştir (Chandrasekaran et al, 2013).

Mikrodalga destekli termal sterilizasyon (MATS) uygulanan patates püreleri üzerinde yapılan bir çalışmada, sterilizasyon sıcaklığı ve paketlenme koşullarındaki değişimin raf ömrü ve kalite özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir (Zhang et al. ,2016). Farklı oksijen ve su buharı iletim hızına sahip materyallerde paketlenmiş patates pürlerine 10 kW güç seviyesinde 915 MHz frekansta mikrodalga uygulanarak sterilize edilmiştir. F_0 değeri 9 dakika olarak belirlenmiştir. MATS uygulanan patates pürelerine hızlandırılmış raf ömrü testi uygulanmıştır. Bu amaçla örnekler farklı oksijen ve su buharı iletim hızına sahip materyallerde paketlenmiş ve 23°C, 37 °C ve 50°C sıcaklıklarda 1, 2 ve 6 ay süresince depolanmıştır. MATS uygulanan patates pürelerinin renk değişimleri, lipid oksidasyonu ve nem değerleri değişimi modellenmiştir. Paketlenme materyallerinin oksijen ve su buharı iletim hızlarının gıdaların renk değişimi üzerine etki ettiği saptanmıştır.

Koskiniemi et al. (2013) yapılan bir çalışmada brokoli, kırmızı dolmalık biber ve tatlı patates örnekleri asitlendirilerek paketlenmiş ve mikrodalga pastörizasyon işlemi uygulanmıştır. Mikrodalga fırında pastörize edilen paketler 30°C'de depolanarak 60 gün süresince mikrobiyal stabilite, renk ve tekstürel özelliklerdeki değişimler incelenmiştir. Depolama sırasında, dokusal özellikler tüm sebzeler için önemli ölçüde azalmıştır. Kırmızı dolmalık biber ve tatlı patatesin parlak rengi korunurken brokolide feofitin-b açığa çıkmış ve renk koyulaşmıştır. Depolama sonunda örneklerde mikrobiyal bozulma saptanmamıştır.

Stratakos et al. (2016), endüstriyel ölçekli sürekli akışlı bir mikrodalga hacimsel ısıtma sisteminde ve konvansiyonel yöntemle domates suyunu pastörize ederek farklı pastörizasyon tekniklerinin ürünlerin fizikokimyasal, mikrobiyal özellikleri ile antioksidan kapasiteleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Konvansiyonel yöntemle pastörize edilen domates sularına 85 °C'de 20 dakika ısıtma işlemi uygulanmıştır. Endüstriyel ölçekli sürekli mikrodalga sisteminde 6 adet magnetron (3 kW) kullanılmıştır. Mikrodalga

sistemine besleme pompası yardımıyla saatte 100 L domates suyu akışı sağlamıştır. Meyve suyunun sistemde kalış süresi 81.8 ± 1.1 sn olarak belirlenmiştir. Pastörize edilen domates suları $+4$ °C’de 56 gün süresince depolanmıştır. İki farklı teknikle pastörize edilen domates sularının benzer fizikokimyasal ve mikrobiyal özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir. Mikrodalga pastörizasyon uygulanan örneklerin antioksidan kapasiteleri konvansiyonel pastörizasyon uygulanan örneklerle kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Depolama sonrasında mikrodalga pastörizasyon uygulanmış domates sularının antioksidan kapasiteleri daha az değişiklik göstermiştir. Konvansiyonel ve mikrodalga pastörizasyon teknikleri ile pastörize edilen domates sularının organoleptik özellikleri arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular, tasarlanan sürekli mikrodalga hacimsel ısıtma sisteminin kullanımının domates suyu pastörizasyonu için uygun bir alternatif olduğunu ortaya koymaktadır.

Pastörize kara havuç suyu üretiminde konvansiyonel ve mikrodalga tekniklerinin kullanıldığı bir çalışmada elektroplazmoliz ön işleminin ve farklı pastörizasyon tekniklerinin ürün kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir (Baysal ve ark., 2013). Kara havuç suyu üretiminde konvansiyonel ve mikrodalga pastörizasyon işlemleri öncesinde ürünlere 22.22 V/cm’de 60 s elektroplazmoliz uygulanmıştır. Mikrodalga pastörize edilecek meyve suları sisteme 90 mL/dak akış hızında gönderilerek 900 W güç düzeyinde 2 dakika süre ile ısıtılmıştır. Kara havuç sularının sistemden çıkış sıcaklıkları 87 ± 3 °C olarak ölçülmüştür. Konvansiyonel pastörizasyon işlemi için meyve suyu örnekleri 90 °C’ye ısıtılarak bu sıcaklıkta 10 dakika tutulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre elektroplazmoliz uygulaması ile meyve suyu verimi %4.4 artış göstermiştir. Pektin metil esteraz enziminin inaktivasyonu, mikrodalga pastörizasyon işlemi ile konvansiyonel pastörizasyona kıyasla daha kısa sürede gerçekleşmiştir. Elektroplazmoliz ön işlemi sonrası mikrodalga pastörizasyon uygulanan kara havuç sularının antioksidan aktiviteleri, toplam fenolik madde ve antosiyanin içerikleri ile pektin miktarları konvansiyonel pastörizasyon uygulanan gruptaki örneklerle kıyasla f-daha yüksek bulunmuştur.

Jalapeno biber ve kişniş yapraklarının mikrodalga pastörize edildiği bir çalışmada örnekler üzerine *Salmonella Typhimurium* inoküle edilmiştir (De La Vega-Miranda et al., 2012). Sebze örnekleri 950 W güç düzeyinde sıcaklıkları 63° C’ye ulaşmaya dek ısıtılmışlardır. Jalapeno biber ve kişniş yaprakları için ısıtma süreleri sırasıyla 25 s ve 10 s olarak belirlenmiştir. Mikrodalga pastörizasyon sonrasında jalapeno biberlerde yer alan *Salmonella typhimurium* sayısında 5.12 log, kişniş yapraklarında ise 4.45 log azalma saptanmıştır. Mikrodalga pastörizasyon işleminin sebzelerin duyu kalitesini koruduğu ortaya konulmuştur.

Arjmandi et al. (2016) tarafından yapılan domates, havuç, kabak ve limon suyu kullanılarak hazırlanan smoothielerin farklı tekniklerle pastörize edildiği bir çalışmada örnekler fizikokimyasal, duyuşal özellikler, toplam fenolik madde, C vitamini ve karotenoid içeriği açısından incelenmiştir. Konvansiyonel pastörizasyon işleminde örnekler 90 °C'ye ısıtılarak bu sıcaklıkta 35 saniye tutulmuştur. Mikrodalga pastörizasyon işlemi değişen güç seviyeleri ve farklı sürelerde (210 W-646 s, 260 W-608 s, 1600 W-206s, 3600 W-93 s) gerçekleştirilmiştir. Pastörize edilen örnekler 5 °C'de 45 gün süresince depolanmıştır. Mikrodalga pastörizasyon işlemi uygulanan smoothie örneklerinin viskoziteleri konvansiyonel pastörizasyon işlemi uygulanan örneklerle kıyasla daha fazla artış göstermiştir. Yüksek güç seviyelerinde kısa süreli mikrodalga pastörizasyon işleminin düşük güç seviyelerinde uzun süreli mikrodalga pastörizasyon işlemine kıyasla peroksidaz, pektin metil esteraz ve poligalakturnaz enzimlerinin inaktivasyonunda daha etkili olduğu belirlenmiştir. Mikrodalga pastörizasyon uygulanan örneklerin renk değerlerinin konvansiyonel pastörizasyon uygulanan örneklerle kıyasla daha iyi korunduğu tespit edilmiştir. Mikrodalga pastörizasyon işlemi, özellikle en yüksek güç seviyesinde en kısa sürede uygulandığında, ürünlerin antioksidan kapasitesi ve C vitamini düzeylerinin daha iyi korunduğu saptanmıştır.

5. Sonuç ve Öneriler

Mikroalgalar gıda endüstrisinde pastörizasyon ve sterilizasyon işlemlerinde başarıyla kullanılmaktadır. Gıdaların iyonik madde içerikleri, ısı iletkenlikleri, boyut ve şekilleri mikrodalga pastörizasyon ve sterilizasyon işlemleri üzerine etki eden parametrelerdir. Mikrodalga pastörizasyon uygulaması gıdaların besleyici değerlerini konvansiyonel pastörizasyon uygulamasına kıyasla daha iyi korumakta olup patojen mikroorganizmaların yok edilmesi ve enzim inaktivasyonunda daha etkili bulunmuştur. Mikrodalga ile yapılan pastörizasyon ve sterilizasyon uygulamalarının etkinliğinin bazı ön işlem kombinasyonları ile artırılması mümkündür. Mikrodalga enerjisi çeşitli gıda proseslerinde geniş uygulama ve kullanım alanlarına sahiptir. Gıda maddelerinin mikrodalgayla işlenmesi, sonuçların endüstriyel uygulamalar için yararlı olabilmesi amacıyla laboratuvar koşullarından pilot ölçekte çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Duyusal özellikleri ve besleyici değerleri daha iyi olan ürünlerin üretilmesi açısından mikrodalga enerjisinin farklı gıdalar üzerinde kullanımı ile ilgili yapılan araştırmaların artırılması gerekmektedir.

6. Kaynaklar

- Ahmed, J. & Ramaswamy, H.S. 2007. Applications of magnetic field in food preservation. In Handbook of Food Preservation, 2nd Ed., (M.S. Rahman, ed.) pp. 855– 866, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Anonim, 2020. <https://grabcad.com/library/microwave-oven>.
- Arjmandi, M., Otón, M., Artés, F., Artés-Hernández, F., Gómez, P. A. & Aguayo, E. 2016. Semi-industrial microwave treatments positively affect the quality of orange-colored smoothies. *Journal of food science and technology*, 53, 3695–703.
- Baysal, T., Demirdöven, A. & Ergün, A. R. 2013. Kara havuç suyu üretiminde elektroliz ve mikrodalga uygulamalarının verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri. *Gıda*, 38(5), 291-298.
- Baysal, T., İçier, F. & Baysal, A.H. 2011. Güncel elektriksel ısıtma yöntemleri. *Sidas Yayıncılık*.
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S. & Basak, T. 2013. Microwave food processing—A review. *Food Research International*, 52, 243–261.
- Coronel, P., Simunovic, J., Sandeep, K.P. & Kumar, P. 2008. Dielectric Properties of Pumpable Food Materials at 915 MHz. *International Journal of Food Properties*, 11(3), 508-518.
- Çağdaş, E., Kumcuğlu, S. & Tavman, Ş. 2011. Mikrodalga Destekli Vakum Kurutma Tekniği ve Gıdaların Kurutulmasında Kullanımı. *Academic Food Journal / Akademik GIDA*, 9(1), 40-48.
- Datta, A.K. & Davidson, P.K. 2000. Microwave and radiofrequency processing. *Journal of Food Science*, 65, 32-41.
- De La Vega-Miranda, B., Santiesteban-Lopez, N. A., Lopez-Malo, A. & Sosa-Morales, M. E. 2012. Inactivation of *Salmonella typhimurium* in fresh vegetables using water-assisted microwave heating. *Food Control*, 26, 19–22.
- Decareau, R.V. 1985. Pasteurization and Sterilization. In *Microwaves in the Food Processing Industry*. New York: Academic Press, Orlando Ma.
- Fратиanni, A., Cinquanta, L. & Panfili, G. 2010. Degradation of carotenoids in orange juice during microwave heating. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 867–871.
- George, R.M. & Burnett, S.A. 1991. General guidelines for microwaveable products. *Food Control*, 2 (1), 35-44.

- Giese, J. 1992. Advances in Microwave Food Processing. Food Technol, 46 (9), 118-123.
- Giuliani, R., Bevilacqua, A., Corbo, M.R. & Severini, C. 2010. Use of microwave processing to reduce the initial contamination by *Alicyclobacillus acidoterrestris* in a cream of asparagus and effect of the treatment on the lipid fraction. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 11 (2), 328–334.
- Gümüşderelioğlu, M. & Kaynak, G. 2012. Mikrodalgalar ve Uygulamaları, Bilim ve Teknik, 38-42.
- Gümüşderelioğlu, M., 2012. Polimer Bilim ve Teknolojisi Ders Notları, Hacettepe Üniversitesi.
- Igual, M., García-Martínez, E., Camacho, M. M. & Martínez-Navarrete, N. 2010. Effect of thermal treatment and storage on the stability of organic acids and the functional value of grapefruit juice. Food Chemistry, 118, 291–299.
- Kemahlioğlu, K. & Baysal, T. 2002. Hububat Ürünlerinin İşlenmesinde Mikrodalga Uygulamaları. HUBUBAT 2002 Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi. Gaziantep. 3–4 Ekim 2002.
- Konak, Ü. İ., Certel, M. & Helhel, S. 2009. Gıda Sanayisinde Mikrodalga Uygulamaları. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 4(3), 20-31.
- Koskiniemi, C. B., Truong, V., McFeeters, R. F., Simunovic, J. 2013. Quality evaluation of packaged acidified vegetables subjected to continuous microwave pasteurization. LWT - Food Science and Technology, 54, 157-164.
- Kuş, S. 2016. Mikrodalga Enerjisiyle Ayva ve Armut Meyvesinin Kuruma Davranışı Ve Modellemesi. Yüksek Lisans Tezi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Lau, M. H. & Tang, J. 2002. Pasteurization of pickled asparagus using 915 MHz microwaves. J. Food Eng., 51(4), 283–90.
- Matsui, K. N., Ditchfield, C. & Tadini, C. C. 2018. Microwave processing of fruits. In: Rosenthal, A., Deliza, R., Welti-Chanes, J., BarbosaCánovas, G. V. (Eds.). Fruit preservation: novel and conventional technologies. Springer LLC, New York.
- Monroy, A., Hernández, G., Ozuna, C. & Morales, M. 2018. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 49, 51–57.

- Nikdel, S., Chen, C., Parish, M., MacKellar, D., & Friedrich, L. 1993. Pasteurization of citrus juice with microwaves energy in a continuous-flow unit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 2116–2119.
- Ohlsson, T. & Bengtsson, N. 2001. Microwave technology and foods. *Advances in Food and Nutrition Research*, 43, 65e140.
- Ohlsson, T. 2002. Minimal processing of foods with thermal methods. In *minimal processing technologies in the food industry*, Ohlsson, T., Bengtsson, N. Chapter 2, CSR press Cambridge, England.
- Piasek, A., Kusznierevich, B., Grzybowska, I., Malinowska Pańczyk, E., Piekarska, A., Azqueta, A., et al. 2011. The influence of sterilization with EnbioJet® Microwave Flow Pasteurizer on composition and bioactivity of aronia and blueberry honeysuckle juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(6), 880–888.
- Saikia, S., Mahnot, N. K. & Mahanta, C. L. 2015. A comparative study on the effect of conventional thermal pasteurisation, microwave and ultrasound treatments on the antioxidant activity of five fruit juices. *Food Sci Technol Int.*, 22, 288–301.
- Schiffmann, R.F. 1986. Food Product Development for Microwave Processing. *Food Technol.*, 40 (6), 94-98.
- Siguemoto, E.S., Andrey, J., Gut, W., Martinez A. & Rodrigo, D. 2018. Inactivation kinetics of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in apple juice by microwave and conventional thermal processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 45, 84-91.
- Smith, B.G., James, B.J. & Ho, C.A.L. 2007. Microstructural Characteristics of Dried Carrot Pieces and Real Time Observations during Their Exposure to Moisture. *International Journal of Food Engineering*, 3 (4), 1-14.
- Stratakis, A. C., Delgado-Pando, G., Linton, M., Patterson, M. F. & Koidis, A. 2016. Industrial scale microwave processing of tomato juice using a novel continuous microwave system. *Food Chemistry*, 190, 622–628.
- Sung, H.J. & Kang, D.H. 2014. Effect of a 915 MHz microwave system on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* in salsa. *LWT - Food Science and Technology*, 59, (2): 754-759.
- Tinoco, M., Kaulmann, A., Cortereal, J., Rodrigo, D., Navarrete, N. & Bohn, T. 2015. Chlorophylls and carotenoids of kiwifruit puree are

affected similarly or less by microwave than by conventional heat processing and storage . Food Chemistry, 187, 254–262.

Tinoco, M., Navarrete, N. & Rodrigo, D. 2014. Impact of temperature on lethality of kiwifruit puree pasteurization by thermal and microwave processing. Food Control, 35, 22-25.

Umudee, I., Chongcheawchamnan, M., Kiatweerasakul, M. & Tongurai, C. 2013. Int. J. of Chem. Eng. And App., 4, 111–113.

Zhang, H., Tang, Z., Rasco, B., Tang, J. & Sablani, S. 2016. Shelf-life modeling of microwave-assisted thermal sterilized mashed potato in polymeric pouches of different gas barrier properties. Journal of Food Engineering, 183, 65-73.

CHAPTER 13

International Studies on Natural and Engineering Sciences

**Kanatlı Hayvanlarda Et Rengini Etkileyen Faktörler
(Mehmet Fatih Çelen, Yüksel Akın, İsmail Türker)**

Kanatlı Hayvanlarda Et Rengini Etkileyen Faktörler

Mehmet Fatih Çelen¹, Yüksel Akın², İsmail Türker³

¹Uşak Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, fatih.celen@usak.edu.tr

²Uşak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Zootečni A.B.D.

yuksel.akin@usak.edu.tr

³Uşak Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, ismail.turker@usak.edu.tr

1. Giriş

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de kanatlı eti tüketiminde üretime paralel olarak her geçen yıl artış yaşanmaktadır. Kanatlı etleri bütün karkas şeklinde pazarlanabildiği gibi tüketicilerin tercihlerinde yaşanan değişikliklerden dolayı son yıllarda işlenmiş ve pişirilmeye hazır bir şekilde tüketiciye sunulmaktadır. Bundan dolayı göğüs fileto, bütün but ve baget gibi ürünlerin; renk, oksidasyon seviyesi, tekstür (besinlerin yapısal, mekanik ve yüzey özelliklerinin, görme, işitme, dokunma ve kinestetik yollarla belirlenme işlemi) pH seviyesi gibi kalite özelliklerinin önemi giderek artmaktadır (Laçın ve ark., 2013). Tam bu noktada kanatlı endüstrisini yakından ilgilendiren bir sorun karşımızda durmaktadır. Solgun kanatlı eti sendromu olarak bilinen, etin düşük su tutma kapasiteli olması, yumuşak tekstürlü ve açık renkli yapısı ile karakterize olan bu problem ürünlerin pazarlanabilmesinde büyük sorunlara neden olmaktadır. (Barbut ve ark., 2005).

Fast-food tüketim alışkanlıklarında artış yaşanmasından dolayı özellikle ısıtılmış işlem görmüş kanatlı eti ürünlerine talep her geçen gün artmaktadır. Tüketiciler tarafından bir gıda ürününün tercih edilmesinde en önemli kriter dış görünüşüdür. Dış görünüş, bir ürünün tercih edilmesinde etkili olduğu kadar o ürünün duyuşal olarak kalitesinin değerlendirilmesinde de önemli bir özelliktir. Bu nedenle bir ürüne ait renk, tat ve tekstür en önemli kalite özelliklerini oluşturmaktadır. Birçok gıda ürününde dış görünüşü etkileyen ana faktör renk olup, en kritik olanıdır. Tüketiciler etin rengi ile tazeliği arasında bir ilişki kurarak, o eti alıp almama noktasında karar vermektedirler. Nitekim o gıda ürününün rengi tüketiciler için kabul edilebilir değerlerde değilse tercih edilmeyecektir (Çelen ve ark., 2005).

Kanatlı ürünlerinde renk (et rengi, yumurta sarısı, kabuk rengi) dünyanın farklı bölgelerinde tüketicilerin tercihlerine göre değişkenlik göstermektedir. Genel olarak tüketiciler broylerde deri renginin sarı olmasını isterken, Avrupa’nın birçok ülkesinde beyaz derili olması arzu edilir (Türkoğlu ve Sarıca, 2009; Anonim, 2020). Ülkemizde ise beyaz-sarı deri rengine sahip tavukların tercih edildiğini görmekteyiz. Tüketicilerin, tercihlerine uygun

deri rengine sahip kanatlı etlerine daha fazla ücret ödemeyi kabul ettikleri görülmektedir (Çelen ve ark, 2005). Bu nedenle üreticiler tüketicilerin tercihleri doğrultusunda ürün üretmelidir.

Kanatlı etlerinin renkleri göğüs, but, bacak vb. kısımlarında farklılık göstermektedir. Kaliteli bir kanatlı etinde çiğ iken göğüs kısmının solgun pembe, but ve bacak bölgesinin kırmızımsı renkte olmalıdır (Northcutt, 1997). Pişmiş kanatlı ürünlerinde ise kırmızı veya pembe görünüm kusurlu olarak kabul edildiğinden, bu hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle kanatlı hayvanların deri ve dokularındaki pigment düzeylerini etkileyen faktörlerin, son ürün rengini etkileyen işlemlerle ilgili kriterlerin ve renk kusurlarına sebep olan kaynakların iyi bilinmelidir (Çelen ve ark, 2005).

2. Deri Ve Et Rengi

Kanatlı etlerini kasaplık hayvan etleri ile karşılaştırdığımızda daha ince lifli yapıda olduğu görülmektedir. Kanatlı etinin bağ dokusu ve yağ oranı diğer etlere göre daha düşüktür. Kanatlı hayvanların etlerinde türler arasında olduğu gibi aynı türe ait ırklar arasında da farklılıklar gözlenebilmektedir. Bunun yanında yaş, cinsiyet, besleme yöntemleri, çevresel koşullar gibi birçok faktörün interaksiyonları ile farklı et renkleri meydana gelebilmektedir. Genel olarak tavuk ve hindi etleri daha açık renkli iken, kaz ve ördek etleri daha koyu renkli olmaktadır. Hayvanların yaşları ilerledikçe etlerinin rengine de koyulaşma oranı artmaktadır. Belirtilen sebepten dolayı broyler kısa sürede kesime alındığından etleri daha açık renkte iken, daha ileri yaşlarda kesilmek zorunda kalan yumurtacı tavuk etlerinin daha koyu renge sahip olduğu görülmüştür. Kanatlı etinde rengin açık ya da koyu olması hayvanın bünyesindeki kasın özelliklerine göre de farklılık göstermektedir. But ve kanat bölgeleri en fazla çalışan kaslardan olduğu için bu bölgelerden elde edilen etler daha koyu renkte olurken, göğüs bölgesinden elde edilen etlerin daha açık renkli olduğu gözlemlenmiştir (İnal, 1992; Ergezer, 2005).

Kanatlı hayvanlarda deri renginin oluşumunda genetik faktörler etkili olmaktadır. Deri rengi; beyaz, sarı, siyah, mavi, yeşil vb. renklerde olabilmektedir. Bazı genotiplerde melanin pigmenti üretimi ve karotenoid pigmentlerinin birikmesiyle deri renkleri oluşmaktadır. Tüketiciler tarafından melanin pigmentine sahip etlik piliçler tercih edilmemektedir. Bu nedenle tüm ticari etlik piliç ırklarında gerçekleştirilen seleksiyon işlemleri sonucunda melanin pigmentlerinin üretimi elimine edilmiştir. Pişmemiş kanatlı etinde solgun sarımsı kahverengiden pembe renge kadar, pişmiş ette ise sarımsı kahverengiden gri renge kadar renk farklılıkları tüketicilerin ürünü kabul edip etmemelerini etkilemektedir. Özellikle pişmiş etin pembe görünüşü kanatlı et ürünlerinin ana kusurlarının başında gelmektedir. Görsel kusurlar, karkasın ve etin görünümünü kötü etkileyen faktörlerdendir. Fakat

bu kusurlar direk olarak pigmentlerle, deri ve etin fiziksel ve kimyasal özelliği ile ilişkili olmayabilir (Çelen ve ark, 2005).

En önemli görsel kusurlar; çürüme ve doku içerisindeki kanama ile ilişkili olmakla beraber, çürümenin kılcal damarların kopmasıyla oluşan fiziksel travmadan kaynaklanmaktadır (Çelen ve ark, 2005). Çürümeden ve dokulardaki kanamadan dolayı kas dokularının renk bozukluğu ürünlerin görünüşünü olumsuz etkilemektedir. Irk, cinsiyet, stok oranı, tüylenme, vücut büyüklüğü, yaş, mevsim, ışık yoğunluğu, altlık durumu, kümes havalandırması, hastalık, mikotoksinler, vitaminler, stres, yakalama koşulları, boşaltma, asma, bayılma ve kesme işlemlerinin çürümeyi etkilediği belirtilmektedir (Bilgili, 1990).

Kanatlılarda et rengini etkileyen faktörlere dair birçok araştırma gerçekleştirilmiştir. Cinsiyet, yaş, ırk, yem, kas içi yağ dağılımı, etin su içeriği, kesim öncesi ve sonrası şartlar, et işleme yöntemleri, pişirme sıcaklığı ve dondurma koşullarının kanatlılarda et rengini etkilediği bildirilmiştir (Mugler ve Cunningham 1972, Şengül ve ark., 2018).

2.1. Et Rengini Etkileyen Pigmentler (Heme Pigmentler)

Heme pigmentler et renginin oluşmasında önemli rolü bulunmaktadır. Kanatlı etlerinde de rengin oluşmasında öne çıkan en önemli heme pigmentler; hemoglobin, myoglobin, ve cytochrome c'dir. Hemoglobin; kan dolaşımında dokulara oksijen taşımakla görevli olduğundan, aynı zamanda hemoglobin, "kan pigmenti" olarak da bilinir. Buna karşılık myoglobin, kaslarda dominant pigmenttir ve oksijenin kas hücrelerinde depolanmasından sorumludur. Bu nedenle myoglobin de "kas pigmenti" olarak adlandırılmaktadır. Etin renginin, büyük ölçüde miyoglobin konsantrasyonu ve kısmen de hemoglobin gibi pigmentlerin ortamdaki varlığına bağlı olduğu belirtilmiştir (Froning, 1995; Fletcher, 2002; Çelen ve ark, 2005, Çelen ve ark., 2016; Şengül ve ark., 2018).

Kanatlı etindeki miyoglobin miktarının diğer türlere göre oldukça düşük seviyelerde olduğu belirtilmiştir. Bu değerler; tavuk göğüs etinde 0.12-0.28 mg/g civarında hemoglobin; 0.15-0.31 mg/g miyoglobin iken, hindi göğüs kaslarında 0.5 mg/doku düzeyindedir (Guidi ve Castiglione 2010; Yaman, 2015). Etin kırmızı rengini alması, miyoglobinin oksijen ile tepkimeye girerek oksimiyoglobin şekline dönüşmesi ile olmaktadır. Ette gerçekleşen bu renk değişimi, etin ihtiva ettiği pigmentlerin miktarına göre farklılık göstermektedir. Böylece, etin içerdiği pigmentlerin kimyasal yapısı ve nihayetinde de etin üzerine düşen ışığı yansıtma oranı değişim göstermektedir (Northcutt, 2007, Şengül ve ark., 2018).

Cytochrome c, miyoglobine benzer bir yapıdadır ve mitokondride yer alır.

Bu bağlamda yapılan bir çalışmada etin myoglobin içeriği ve rengi ile hayvan türü, kas tipi ve hayvan yaşının ilişkileri araştırılmıştır (Miller, 1994). Bu çalışmada; 8 haftalık tavuk beyaz etinin 26 haftalık yaştaki horoz beyaz eti, genç hindi beyaz eti, 8 haftalık tavuk koyu eti, 26 haftalık horoz koyu eti ve 24 haftalık erkek hindi koyu eti ile karşılaştırıldığında daha düşük myoglobin içeriğine sahip olduğunu ve aynı zamanda 5 aylık domuz eti, kuzu eti, balık eti ve sığır etinden de daha düşük myoglobin içeriğine sahip olduğu açıklanmıştır (Miller, 1994).

Kanatlılarda göğüs eti but etine göre daha düşük düzeyde pigment konsantrasyonlarına sahip olmasına rağmen pembe renk problemleri göğüs etinde daha yaygındır. Yaş, cinsiyet ve ırk hindi etinin myoglobin konsantrasyonunu etkilemektedir. (Froning ve ark. 1968). Yaşla birlikte myoglobin konsantrasyonunun arttığı, dişilerin erkeklere göre göğüs ve but kaslarında daha düşük myoglobin içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir. (Froning ve ark. 1968). Etlik piliç karkaslarındaki heme pigment düzeyleri üzerine hava ve buzlu su ile soğutmanın etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; buzlu suya daldırmanın göğüs eti ve but rengi üzerine etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Fleming ve ark. 1991b). Farklı bir çalışmada ise, göğüs eti filetolarının solgun görünümde olmasının nedeni, tavuk etinin buzlu su tankında soğutulma süresince heme pigmentlerini kaybetmesiyle açıklanmıştır (Bouline ve King, 1995).

3. Et Rengini Etkileyen Faktörler

Kanatlı hayvanların et rengini etkileyen faktörler genel olarak; kesim öncesinde, kesim esnasında ve kesim sonrasında karşımıza çıkmaktadır. Kesim öncesinde başta çevresel faktörler olmak üzere, yetiştirme koşulları, taşıma, stres vb. faktörler kanatlı etinin kalitesini ve rengini etkilemektedir. Nitekim renkte oluşan kusurların büyük bölümü bu aşamada gerçekleşmektedir. Kanatlı etinde oluşabilecek çeşitli kusurlardan ya da yanlış uygulamalardan kaynaklı renk değişimleri kolorimetrik cihazlar olarak bilenen aletlerle saptanır. Bu işlem gerçekleştirilirken etin; L*(parlaklık), a* (kırmızılık) ve b* (sarılık) değeri cinsinden renk açısından kalite özellikleri belirlenmektedir. Kesim esnasında ve sonrasında ise; bayıltma (elektrik ve gazla), ıslatma (haşlama), soğutma, pH seviyesi ve marinasyon işleminde kanatlı etinin renginde değişiklikler yaşanmaktadır.

3.1. Kesim Öncesi Faktörler

Üreticiler üretim döneminde kanatlı hayvanların en kısa sürede en az maliyetle maksimum canlı ağırlığa ulaşmasını arzu etmektedirler. Hayvanların kümeden kesimhaneye ulaştırılınca kadar taşınması sürecinde birçok faktör kaliteli et üretimini önemli düzeyde etkilemektedir. Çünkü

taşıma esnasında hayvanların başta sıcaklık olmak üzere birçok strese maruz kalmaları etin kalitesinde de kayıplara sebebiyet vermektedir. Bundan dolayı kümeden taşıyıcı araçlara yükleme süresince hayvanların yakalama işlemleri ile kesimhaneye gelmeden önceki taşıma ve boşaltma işlemlerine mümkün mertebe dikkat edilmelidir (Çelen ve ark., 2005). Bunun yanında etin renk ve tekstür özellikleri kanatlı hayvanların kümes içi çevre koşulları ve beslenmesiyle de doğrudan ilişkilidir. Bu aşamada olası yanlış uygulamalar kas glikojen metabolizmasının değişerek kas pH'sının yüksek veya düşük olmasına sebep olmakta ve bu da ette renk değişimlerine neden olabilmektedir (Nijdam ve ark., 2005; Yalçın, 2013; Güney ve Oral Toplu, 2017).

3.1.1. Sıcaklık ve Taşıma

Sıcaklık ve taşıma işlemi birbirleriyle yakın ilişkilidir. Çünkü hayvanların sıcak veya soğuk ortamda taşınmaları et kalitesini etkileyebilmektedir. Yapılan bir çalışmada, etlik piliçlerin yüksek sıcaklıkta taşınmasının et kalitesini olumsuz etkilediği, bu durumun da PSE (soluk, yumuşak, eksüdatif) et oluşmasına sebep olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, yaz mevsiminde kesime götürülen piliçlerin etlerinin kış mevsiminde taşınanlara göre farklı pH değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Kesim işleminden bir gün sonra tespit edilen pH değerinin yaz mevsiminde taşınan piliçlerde daha düşük, sarılık renk indeksi değerinin (b^* değeri) ve kesme kuvvetinin ise daha yüksek düzeyde olduğunu belirtmişlerdir (Yalçın, 2013; Güney ve Oral Toplu, 2017). Sıcaklığın yanı sıra, kesim öncesi kümes içi gaz düzeyleri ve kanatlı hayvanların taşıma sırasında araçların egzoz gazına maruz kalmaları da et renginde etkisi olumsuz olduğu bildirilmiştir (Froning ve ark., 1969; Sackett ve ark., 1986).

3.1.2. Stres

Stres, kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde dikkat edilmesi gereken hususların başında gelmektedir. Strese maruz kalan hayvanlarda fizyolojik olarak birtakım değişiklikler görülmektedir. Stres, hayvanlarda fizyolojik olarak glikoz, protein ve depo yağların kullanımının artmasına ve bu nedenle de kanatlılarda büyüme, gelişme ve canlı ağırlık artışı gibi performansla ilişkin parametrelerde düşüş yaşanmasına sebep olmaktadır. Bunun yanında karkasta normal rigor mortis oluşumunu engelleyerek tekstür, renk ve lezzet gibi et kalite kriterlerini de olumsuz yönde etkilemektedir (Günşen ve ark., 2010; Güney ve Oral Toplu, 2017). Bıldırcınlarda stresin et kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesine yönelik yapılan bir çalışmada araştırmacılar; uzun süreli strese maruz kalan hayvanların göğüs eti pH'sının arttığını, L^* , a^* ve b^* renk değerlerinin ise etkilenmediğini belirtmişlerdir (Remignon ve

ark.,1998; Şengül ve ark., 2018).

Hayvanlarda sıcak ve soğuk stresi adrenal medulla ve adrenal korteksten hormonların salgılanmasına neden olabilmekte ve bu hormonlar kas ve karaciğerdeki glikojen düzeylerini etkiler. Kas glikojeninin bu değişimleri kas pH'sını ve dolayısıyla kesim sonrası et kalitesini özellikle de et rengine etki etmektedir. Normal stres faktörlerinin kanatlılarda SYN (solgun, yumuşak ve nemli) et özelliklerinin ortaya çıkarmasında rol oynadığına ilişkin varsayımlar olduğu ve özellikle bunun hindilerin göğüs etinde meydana geldiği bildirilmiştir (Warris ve ark., 1999). Hindilerde kesim öncesi sıcaklık stresinin et rengini etkilediği belirtilmiştir (Froning ve ark., 1978). Kesim öncesi değişik faktörler kanatlı göğüs etinde renk değişiminde etkili olmaktadır. Kesimden önce yüksek sıcaklık altında (38 ° C) tutulan kanatlılarda ette düşük pH, düşük su tutma kapasitesi, düşük pişirme değeri ve yüksek kesim randımanı tespit edilmiştir (Babji ve ark. 1982). Araştırmacılar, kesim öncesi sıcaklığa maruz kalan hindilerin et renginin daha solgun olduğunu belirtmiştir (Babji ve ark. 1982).

3.1.3. Uyarılma

Kanatlılarda et rengini etkileyen faktörlerden biri de kesim öncesi kanatlı hayvanların uyarılmasıdır. Kesim öncesinde uygulanan bu işlem, hindilerin göğüs etlerinin daha kırmızı ve daha koyu bir renk almasına neden olmaktadır. Bununla beraber uyarılma ile birlikte hindilere verilen yemin kesilmesi göğüs etinin glikojen içeriğinin düşmesine neden olmakta ve böylece yükleme ve taşıma sırasında meydana gelen stres ile birlikte pembe renk problemleri ortaya çıkmaktadır. (Ngoka ve ark., 1982; Çelen ve ark., 2005). Kesim öncesi epinephrine enjeksiyonun etlik piliçlerin göğüs eti rengine, pH ve heme konsantrasyonları üzerine etkilerine dair bir araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada araştırmacılar, kesimden hemen önce hayvanlara uygulanan adrenalın enjeksiyonunun kesim öncesinde stresi şiddetli düzeyde uyardığını, bu durumun da hem kas pH'sını hem de etin hemoglobin düzeyini yükselttiği için göğüs etinde kararmaya neden olduğunu açıklamışlardır (Walker ve Fletcher, 1993).

3.1.4. Besleme

Beslemede kullanılan yemin içeriği et rengine etki eden önemli faktörlerden biridir. Kanatlı hayvanlarda besleme ile et rengi arasındaki ilişkiyi araştıran çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bildircin rasyonuna katılan kekik uçucu yağının göğüs etinin bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, kekik uçucu yağının renk parametrelerinden L* değeri üzerine sınırlı bir etkisinin olduğu belirtilmiştir (Gümüş ve ark., 2017). Kanatlı hayvanların rasyonlarında nitrit ve nitrat

bulunması durumunda, bu maddelerin varlığının tavuk ve hindi etlerinde kırmızılığı arttırdığı bildirilmiştir (Froning ve ark., 1969). Farklı bir çalışmada ise, hayvanların küflü yemlerle beslenmesi kanatlı hayvanların kaslarında kanamalara sebebiyet verdiği belirtilmiştir (Forgacs ve Cari, 1962). Beslemenin kanatlı etinin renk kalitesine etkilerinin araştırıldığı çalışmalar incelendiğinde beslemenin et rengini etkileyen önemli faktörlerden biri olduğunu görmekteyiz.

3.1.5. Genetik ve Islah

Kanatlı hayvanlarda (özellikle broylerde) genotipler arasında pigmentlerin varlığı ve hayvanın pigmentasyon kabiliyeti açısından farklılıklar olabileceği belirtilmektedir. Bu pigmentasyon seviyesinin ise kalıtsal olduğu, nihayetinde de genotipin et kalite özelliklerinden biri olan pH düzeyine de etkisi olduğu bildirilmiştir (Gardzielewska, ve ark., 1995; Çelen ve Güngördü, 2009). Kanatlı hayvanlarda genetik seleksiyon nedeniyle kas özelliklerinde önemli değişimler meydana gelmiştir. Modern hindi yetiştiriciliğinde de ıslah çalışmaları hayvanın hızlı gelişmesi üzerine yoğunlaşmakta ve günümüzde hindi endüstrisinde ette SYN özellik durumları ortaya çıkmaktadır (Çelen ve ark., 2005).

Yapılan bir çalışmada kesimden önce SYN et özellik gelişimine eğilimli hindileri tanımak için halothane gazı kullanılmış ve çalışma sonunda HAL-duyarlı hindilerin HAL-duyarsız hindilerle karşılaştırıldığında % 51'den daha yüksek oranda açık renklilik değerlerinde fletoya sahip olduğu belirtilmiştir (Owens ve ark. 2000). Etlik piliçlerde genotipin göğüs eti rengi ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada iki farklı genotip kullanılmış ve genotipler A ve B olmak üzere gruplandırılmıştır. Çalışma sonunda; Genotip B etlik piliçlerinden elde edilen göğüs etinin A genotipine göre; pH'sının daha düşük, L* değerinin daha yüksek ve a* değerinin düşük olduğu açıklanmıştır. Bununla beraber genotipler arasında göğüs etinin b* değeri ve su kaybında farklılık bulunmadığı belirtilmiştir (Çelen ve ark., 2009).

3.1.6. Yerleşim Sıklığı ve Aydınlatma

Kanatlı hayvanlarda yerleşim sıklığı ve aydınlatma periyotlarının et rengi üzerine etkilerine dair araştırmalar yapılmıştır. Bu amaçla gerçekleştirilen bir çalışmada farklı yerleşim sıklığı ve aydınlatma programlarının broyler etlerinde renk, pH, TBARS değerleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın sonunda; göğüs eti L*, a* ve b* renk özellikleri üzerine aydınlatma programları ile yerleşim sıklığının etkili olmadığı belirtilmiş, aydınlatma programı x yerleşim sıklığı interaksiyonunun ise L* ve b* renk parametreleri üzerine etkili olduğu belirtilmiştir (Laçın ve ark., 2013). Farklı bir çalışmada

ise yerleşim sıklığının azaltıldığı takdirde yerleşim sıklığının azaltılmasıyla b* değerinin yükseldiğini, L* ve a* renk parametrelerinin ise değişmediği bildirilmiştir (Galobart ve Moran, 2005; Laçın ve ark., 2013).

3.2. Kesim İşleminde ve Sonrasında Etkili Olan Faktörler

Kanatlı hayvanların kesim esnasında uygulanan prosedürler karkas kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bazı çalışmalarda, etlik piliç göğüs etinin kesim esnasında ve işlenmesi boyunca renk değişimlerinde farklılıklar yaşandığı ve birtakım (solgun, kanlı görünüm) kalite sorunlarına yol açtığı belirtilmiştir (Barbut, 1997; Fletcher, 1999a). Bu sorunların çoğunun aşırı solgunluktan (SYN-özellik) aşırı koyuluğa (koyu, sert ve kum; KSK-özellik) çok farklı renk değişkenliğinden meydana geldiği belirtilmektedir (Barbut, 1997; Fletcher, 1999a; Çelen ve ark., 2005).

3.2.1. Bayıltma Teknikleri

Kanatlı hayvanlarda kesim işleminde genellikle elektrik akımı verilerek bayıltma uygulanır. Bunun yanı sıra gazla bayıltma yöntemleri de uygulanan diğer bir metottur.

3.2.1.1. Elektrik Akımıyla Bayıltma

Etlik piliçlerde kesimde 100 mA'den daha yüksek elektrikle bayıltılması etlik piliçlerin göğüs etinde fazla miktarda kan lekelerinin oluşmasına neden olmaktadır (Veerkamp, 1987). Kanatlı hayvanlarda çoğunlukla kesim işleminde bayıltma yöntemi uygulanmaktadır. Bu nedenle kesim esnasında fazla çırpınan kanatlı hayvanların, bayıltma yöntemi ile kesilenlere göre göğüs etlerinde rengin daha koyu olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, etin yüksek pH'ya sahip olmasına neden olmaktadır. Nihayetinde de etin koyu renkli, sert ve kuru bir görünüme sahip olmasına neden olmaktadır (Allen ve ark., 1997; Berg, 2001; Alkın ve Ovalı, 2002; Güney ve Oral Toplu, 2017).

Ölüm sonrası elektrik uygulamasının hindi etinin kalitesi üzerine etkisinin saptanması amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada araştırmacılar, ölüm sonrası elektrik uygulamasının pişmemiş hindi göğüs etinin daha kırmızı olmasına, pişmiş ette ise daha açık renkli olmasına neden olduğunu belirtmişlerdir (Maki ve Froning, 1987). Farklı bir çalışmada ise, elektrik ile bayıltmanın hindilerde göğüs eti rengi üzerine etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Owens ve Sam, 1997). Kesimle beraber yeterince kanı akmayan kanatlı hayvanlarda tüy yolmadan sonra karkas kırmızısı bir görünüm kazanır (Çelen ve ark., 2005).

3.2.1.2. Gazla Bayıltma

Kanatlı hayvanların gazla bayılması ve gazla öldürülmesi de göğüs et renginde değişikliğe sebep olmaktadır. Kesim işleminde argon gazı ve karbondioksitin kullanıldığı bazı çalışmalarda bu gazların kanatlı etlerinde değişiklikler meydana getirdiği açıklanmıştır. Gazla bayılma ile ilgili yapılan bir çalışmada argon gazı ile öldürülen etlik piliçlerin göğüs eti renklerinin karbondioksit gazı ile öldürülenlerden daha az koyu olduğu bildirilirken, farklı bir çalışmada karbondioksit gazı ile bayıltilan hindilerin göğüs eti renklerinin elektrik ile bayıltilanlardan daha az kırmızı olduğu belirtilmiştir ((Raj ve ark.,1990; Fleming ve ark., 1991a).

3.2.2. Islatma (Haşlama)

Kanatlı kesimhanelerinde haşlama işlemi kuvvetli (70-80 °C'de 30-60 sn), yarı (58-60 °C'de 30-75 sn) ve hafif haşlama (50-55 °C'de 90-120 sn) olmak üzere 3 farklı şekilde yapılabilmektedir. Haşlama işleminde haşlama suyu sıcaklığının yukarıda belirtilen noktalardan yüksek olmaması veya yukarıda belirtilen sıcaklıklarda gövdenin gereğinden daha fazla haşlama kazanı içerisinde bırakılmaması gerekir. Buna uyulmadığı takdirde her iki durumda da deri üzerindeki epidermis tabakası kalkacağından deri pembe bir görünüm alır ve hava ile temasında kararmaya başlar, bundan dolayı kesim işleminde dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan biri de haşlama işlemidir (Çelen ve ark., 2005).

3.2.3. Soğutma

Sıcaklık solgun kanatlı eti gelişiminde bu derece önemli bir rol oynadığından, karkaslarda soğutma tekniği gibi kesim sonrası faktörler önem teşkil etmektedir. Kesim sonrası yavaş soğutulmuş hindi karkaslarında renk, su tutma kapasitesi, tekstür ve ürün bütünlüğünün olumsuz yönde etkilendiğine dair çalışmalar mevcuttur (Alvarado ve Sams 2002; Serdaroğlu ve Öztürk, 2011). Kesimhanelerde karkas soğutma işlemi genel olarak buzlu suda ve hava ile soğutma şeklinde yapılmaktadır. Her iki yöntemin hemepigment konsantrasyonuna ve et rengi üzerine etkisi araştırıldığı bir çalışmada, etlik piliçlerdeki hemoglobin ve myoglobin pigment düzeyleri üzerine soğutma işlemleri arasında önemli bir farklılığın olmadığı belirtilmiştir (Fleming ve ark. 1991b). Buna karşılık göğüs, but ve taşlıkta cytochrome c konsantrasyonu hava ile soğutma işleminde daha yüksek düzeyde bulunduğu açıklanmıştır. Bu durumun ise, buzlu suda soğutma süresince sulanma ve çözünme nedeninden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

3.2.4. pH Seviyesi

Kanatlılarda etin pH düzeyi de rengi etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Kas pH'sı ve et rengi arasında yüksek derecede korelasyon vardır. Kas pH'sı kesim zamanındaki kasın biyokimyasal durumuyla ve kesim sonrası ölüm sertliğinin gelişimiyle ilişkilidir. Kas pH'sı aynı zamanda myoglobin içeriği ve myoglobinin reaksiyonları ile de ilişkilidir. Et pH'sı yükseldikçe renk daha koyu, düştükçe daha açık olmaktadır. Kas pH'sı yumuşaklık, su tutma kapasitesi, pişirme kayıpları ve mikrobiyel stabilitesi (raf ömrü) gibi birçok et kalite simgesi ile ilişkilidir (Çelen ve ark., 2005).

Etlik piliç göğüs etinin raf ömrü ve koku gelişimi ile ilgili olarak pH ve göğüs eti renginin ilişkisinin araştırıldığı bir çalışmada çeşitli göğüs eti rengindeki değişimlerin pH ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir (Allen ve ark. 1997). Etlik piliç göğüs etinin renk varyasyonu ve bu varyasyonun kas pH'sı ve yapısal özellikleri arasındaki ilişkinin araştırıldığı farklı bir çalışmada ise, göğüs eti rengi ile pH arasında önemli derecede yüksek bir korelasyon olduğu belirtilmiştir (Fletcher, 1999b). Normal ve PSE (soluk, yumuşak, eksüdatif) hindi göğüs eti arasındaki kimyasal bileşim, pH, renk, miyoglobin ve sızma kaybının karşılaştırıldığı bir araştırmada; normal göğüs eti, soluk göğüs etine kıyasla önemli ölçüde daha düşük L *, a * ve b * değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Normal göğüs etinde miyoglobin konsantrasyonu ve pH, soluk göğüs etine kıyasla önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur (Çelen ve ark., 2016).

3.2.5. Marinasyon İşlemi

Kanatlı hayvanların kesim işlemi gerçekleştirildikten sonra çeşitli metotlarla marine edilmektedir. Marinasyon işleminde tercih edilen marinatin ihtiva ettiği maddelere bağlı olmak üzere etin pH'sı ve renk değeri değişikliğe maruz kalmaktadır. Marinasyon işleminde sitrik asit ve fosfatın kullanıldığı bir çalışmada, göğüs filetoalarının marine edildikten sonra pişirilmiş ve daha sonra etin pH ve renk değerleri belirlenmiştir. Araştırmacılar çalışmalarının sonucunda, sitrik asit düzeyinin arttıkça pH değerinin düştüğünü, fosfatların ise etteki pH seviyesinin artırdığını belirtmişlerdir. Nitekim etteki pH değerinin azalmasıyla birlikte "L" değerinde artış gözlemlendiği, bunun yanında "a" değerinde ise azalma meydana geldiği bildirilmiştir. Benzer şekilde pH değerinde yükselme olması "L" değerini azaltırken "a" değerinde artışa sebep olmuştur (Yang and Chen, 1993).

3.2.6. Diğer Faktörler

Kesim işleminden sonra başta ürünün depolanması, ambalajlanması, taşınması, ürüne ısı işlem uygulanması vb. birçok faktör et rengine etki

etmektedir. Et rengine etki eden kesim öncesi ve kesim esnasındaki faktörlerde olduğu gibi kanatlı etinin arzu edilen et renginin muhafaza edilebilmesi için; ürünün depolanmasından son tüketiciye ulaşımca kadar geçen zaman içerisinde belirtilen hususlara özen gösterilmelidir.

4. Sonuç

Günümüzde kanatlı etleri daha çok işlenerek parçalara ayrılmış ve pişirilmeye hazır bir şekilde tüketicilere sunulmaktadır. Kanatlı hayvanların deri ve et rengi ile bir örnek olması tüketicilerin tercihini etkilemektedir. Kanatlı hayvanların et rengi kusurlarının oluşmasında değişik faktörler (kesim öncesi, kesim esnasında ve sonrasında uygulanan prosedürler) rol oynamaktadır. Kesim öncesinde başta çevresel faktörler olmak üzere, yetiştirme koşulları, besleme, genetik yapı, taşıma, stres, uyarılma vb. faktörler kanatlı etinin kalitesini ve de rengini etkilemektedir. Nitekim renkte oluşan kusurların büyük bölümü bu aşamada gerçekleşmektedir.

Üreticilerin hayvanların kesim sürecine kadar sağlıklı bir şekilde ulaşabilmesi için belirtilen hususlara dikkat etmesi gerekmektedir. Kanatlı hayvanların kesimi esnasında uygulanan işlemler (bayılma, ıslatma, soğutma, pH seviyesi) karkas kalitesini etkileyen önemli faktörlerdendir. Bunun yanında kesim sonrası prosedürlerin de et rengini etkilediği görülmektedir. Bilhassa marinasyon işleminde kullanılan marinat malzemesi etin rengine önemli düzeyde etki etmektedir. Üreticilerin; kesim öncesinde, kesim esnasında ve de ürünlerin işlenmesi aşamasında açıklanmaya çalışılan faktörleri göz önünde bulundurması ürünlerde yaşanabilecek muhtemel kayıpların en aza indirgenmesinde etkili olacaktır. Böylece kaliteli kanatlı eti kendine has et rengini koruyarak son tüketiciye ulaşabilecektir.

5. Kaynaklar

- Allen, C.D., Russell, S.M. ve Fletcher, D.L. (1997). The relationship of broiler breast meat color and pH to shelf- life and odor development. *Poultry Science*, 76, 1042-1046.
- Alkın, E. ve Ovalı, B.B. (2002). Kanatlı etlerinde PSE ve DFD problemi. *Tavukçuluk Araştırmaları Dergisi*, 4, 59-62.
- Alvarado, C.Z. ve Sams, A.R. (2002). The role of carcass chilling rate in the development of pale, exudative turkey pectoralis. *Poultry Science*, 81 (9), 1365-1370.
- Anonim, (2020). Tavuk ırkları. <https://www.foodelphi.com/tavuk-irklari/> Son Erişim Tarihi:01.11.2020.

- Babji, A.S., Froning, G.W. ve Ngoka, D.A. (1982). The effect of preslaughter environmental temperature in the presence of electrolyte treatment on turkey meat quality. *Poultry Science*, 61, 2385-2389.
- Barbut, S. (1997). Problem of pale, soft, exudative meat in broiler chickens Br. Poultry Sci. 38:74-77.
- Barbut, S., Zhang, L. ve Marcone, M. (2005). Effects of pale, normal and dark chicken breast meat on microstructure, extractable proteins, and cooking of marinated fillets. *Poultry Science*, 84 (5), 797-802.
- Berg, E.P. (2001). Influence of stres on compositon and quality of meat. Poultry and Meat Products. *International Animal Agriculture and Food Science Conference*, 24-28 Temmuz 2001, 849-866.
- Bilgili, S.F., 1990. Broiler quality, grades are posted. *Broiler Industry*, 53 (1), 32-40.
- Boulianne, M. ve King, A.J. (1995). Biochemical and color characteristics of skinless boneless pale chicken breast. *Poultry Science*, 74, 1693-1698.
- Çelen, M.F., Alkış, E. ve Kılınççeker, O. (2005). Kanatlı Hayvanlarda Et Rengi. *GAP IV. Tarım Kongresi*, 21-23 Eylül, 2005, Şanhurfa, 1, 605-608.
- Çelen, M.F. ve Güngördü, S. (2009). Etlik piliçlerde genotipin göğüs eti rengi ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14 (2), 69-72.
- Çelen, M.F., Söğüt, B., Zorba, Ö., Demirulus, H. ve Tekeli, A. (2016). Comparison of normal and PSE turkey breast meat for chemical composition, pH, color, myoglobin, and drip loss. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45 (8), 441-444.
- Ergezer, H. (2005). Değişik yöntemlerle marine edilmiş kanatlı etlerinin kimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel ve duysal özellikleri. *Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 3.
- Fleming, B.K., Froning, G.W., Beck, M.M. ve Sosnicki, A.A. (1991a). The effect of carbon dioxide as a preslaughter stunning method for turkeys. *Poultry Science*, 70, 2201-2206.
- Fleming, B.K., Froning, G.W. ve Yang, T.S. (1991b). Heme pigment levels in chicken broilers chilled in ice slush and air. *Poultry Science*, 70, 2197-2200.
- Fletcher, D.L. (1999a). Broiler breast meat color variation, pH, and texture. *Poultry Science*, 78, 1323-1327.

- Fletcher, D.L. (1999b). Color variation in commercially packaged broiler breast fillets. *Journal of Appl. Poultry Research*, 8, 67-69.
- Fletcher, D. L. (2002). Poultry meat quality. *World's Poultry Science Journal* 58, 131-145.
- Froning, G.W. Daddario, J. ve Hartung, T.E. (1968). Color and myoglobin concentration in turkey meat as affected by age, sex and strain, *Poultry Science*, 48, 668-674.
- Froning, G. W. (1995). Color of poultry meat. *Poultry and Avian Biology Review* 6, 83-93.
- Feoning, G.W., Mather, F.B., Daddario, J. ve Hartung, T.E. (1969). Effect of automobile exhaust fume inhalation by poultry immediately prior to slaughter on color of meat. *Poultry Science*, 48, 485- 487.
- Froning, G.W. Daddario, J. ve Hartung, T.E., Sullivan, T. W. ve Hill, R.M. (1969). Color of poultry meat influenced by dietary nitrates and nitrites. *Poultry Science*, 48, 668-673.
- Froning, G.W., Babji, A.S. ve Mather, F.B. (1978). The effect of preslaughter temperature, stres, struggle and anesthetization on color and textural characteristics of turkey muscle. *Poultry Science*, 57, 630-633.
- Forgacs, J. ve Cari, W.T. (1962). Mycotoxicoeses. *Adv. Veterinary Science*, 7, 273-383.
- Galobart, J. ve Moran, E.T. (2005). Influence of stocking density and feed pellet quality on heat stressed broilers from 6 to 8 weeks of age. *International Journal Poultry Science*, 4, 55-59
- Gardzielewska, J., Kortz, J. ve Jakubowska, M. (1995). Post mortem kinetics of muscle pH fall in relation to strain crosses of chicken broilers. *Proceedings of the 12th European Symposium on the Quality of Poultry Meat, Zaragoza, Spain. World Poultry Science Association, Spanish Branch, Zaragoza, Spain*, 37-40.
- Guidi, A. ve Castigliego, L. (2010). Poultry meat color, *In: Handbook Of Poultry Science and Technology*, Volume 2. Guerroi-Legarreta, I. and Hui, Y.H. (eds). John Wiley & Sons, Inc, 650, Canada
- Gümüş, R., Urçar Gelen, S., Ceylan, Z.G. ve İmik, H. (2017). Bildircin rasyonuna katılan kekik uçucu yağının göğüs etinin bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerine etkisi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 31 (3), 153-158.

- Güney, N. ve Oral Toplu, H.D. (2017). Etlik piliçlerde kesim öncesi yönetimin stres ve et kalitesi üzerine etkileri. *Animal Health Prod and Hygen*, 6 (2), 537-54.
- Günşen, U., Ketten, M. ve Eseceli, H. (2010). Broilerlerde refah, stres ve et kalitesi. *Kümes Hayvanları Kongresi*, 7-9 Ekim, Kayseri.
- İnal, T. (1992). Besin Hijyeni. *Final Ofset 783*.İstanbul, 608-612.
- Maki, A. ve Froning, G.W. (1987). Effect of post-mortem electrical stimulation on quality of turkey meat. *Poultry Science*, 66, 1155-1157.
- Laçın, E., Çoban, Ö., Aksu, M.İ., Sabuncuoğlu, N. ve Daş, H. (2013). Farklı yerleşim sıklığı ve aydınlatma programlarının broyler etlerinde renk, pH ve TBARS değerleri üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 8 (3), 192-201.
- Miller, R.K. (1994). Quality characteristics. In: Kinsman, D.M., Kotula, A.W. and Breidenstein, B.C. (eds) *Muscle Foods; Meat, Poultry, and Seafood Technology*, Chapman & Hail, New York, 296-332.
- Mugler, D.J. ve Cunningham, F.E. (1972). Fctors affecting poultry meat color. *World's Poultry Science Journal*, 28 (4), 400-406.
- Ngoka, D.A., Froning, G.W., Lowry, S.R. ve Babji, A.S. (1982). Effects of sex, age, preslaughter factors, and holding conditions on the quality caharacteristics and Chemical composition of turkey breast muscels. *Poultry Science*, 61, 1996-2003.
- Nijdam, E., Arens, P., Lambooij, E., Decuypere, E. ve Stegeman, J.A (2004). Factors influencing bruises and mortality of broilers during catching, transport and lairage. *Poultry Science*, 83, 1610-1615.
- Northcutt, J. K. (2007). Factors affecting poultry meat quality. Cooperative Extension Service. *The University of Georgia College of Agric. & Env. Sci.* <http://www.uga.edu.us>.
- Owens, CM. ve Sams, A.R. (1997). Muscle metabolism and meat quality of pectoralis from turkeys treated with postmortem electrical stimulation. *Poultry Science*, 76, 1047-1051.
- Owens, C.M., Matthews, N.S. ve Sams, A.R. (2000). The use of halothane gas to identify turkeys prone to developing pale, exudative meat when transported before slaughter. *Poultry Science*, 79, 789-795.
- Raj, M. A.B., Grey, T.C., Audsely, A.R. ve Gregory, N.G. (1990). Effect of electrical and gaseous stunning on the carcass and meat quality of broilers. *British Poultry Science*, 31, 725-733.

- Remignon, H., Mills, A.D., Guemene, D., Desrosiers, V., Garreau-Mills, M., Marche, M., Marche, G. (1998). Meat quality traits and muscle characteristics in high or low fear lines of Japanese quails (*Coturnix japonica*) subjected to acute stress. *Journal British Poultry Science*, 39 (3), 372-378.
- Sackett, B.A.M., Froning, G.W., DeShazer, J.A. ve Struwe, F.J. (1986). Effect of gaseous preslaughter environment on chicken broiler meat quality. *Poultry Science*, 65, 511-519.
- Serdaroğlu, M. ve Öztürk, B. (2011). Etlik piliç ve hindilerde solgun kanatlı eti sendromu. *Hayvansal Üretim*, 52 (1), 59-66.
- Şengül, T., Çelik, Ş. ve Şengül, A.Y. (2018). Bildircinlarda göğüs etinin rengi ve pH'sı üzerine yaş,cinsiyet ve canlı ağırlığın etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5 (4), 523-529.
- Türkoğlu, M., Sarıca, M., Altan, A., Erensayın, C., Bayraktar, H., Kutlu, H.R., Arda, M., Elibol, O. ve Yetisir, R. (2009). Tavukçuluk Bilimi: Yetiştirme, Besleme, Hastalıklar. *Bey Ofset Matbaacılık (3.Baskı)*, Ankara. 152.
- Veerkamp, C.H. (1987). Stunning and killing broilers. *Proc. 8th European Symposium on Poultry Meat Quality*, Budapest, Hungary, 121-126.
- Walker, J.M. ve Fletcher, D.L. (1993). Effect of ante-mortem epinephrine injections on broiler breast meat color, pH, and heme concentration. *Poultry Science* 72, (Suppl.1), 138.
- Warriss, P.D., Wilking, L.J. ve Knowles, T.G. (1999). The influence of ante-mortem handling on poultry meat quality. CAB International 1999. *Poultry Meat Science*, Chapter, 9, 217-230.
- Yalçın, S. (2013). Kümeesten kesimhaneye taşıma sırasında stres ve et kalitesine etkileri. 2. *Uluslararası Beyaz Et Kongresi*, 24- 28 Nisan 2013, Antalya, 204-209.
- Yaman, A. (2015). Kanatlı etlerinde PSE oluşumu ve PSE'li etlerin teknolojik ve biyokimyasal özellikleri. Doktora Tezi. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 20.



www.insackongre.com
insackongre@gmail.com

