Coğrafya Araştırmalarında

Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları

Editörler:
Ebru AKKÖPRÜ
Mehmet Fatih DÖKER

2. Baskı

PEGEM AKADEMİ

Editörler: Doç. Dr. Ebru AKKÖPRÜ - Doç. Dr. Mehmet Fatih DÖKER

COĞRAFYA ARAŞTIRMALARINDA COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ UYGULAMALARI

ISBN 978-605-241-987-8
DOI 10.14527/9786052419878

Kitap içeriğinin tüm sorumluluğu yazarlarına aittir.

© 2021, PEGEM AKADEMİ

Bu kitabın basım, yayım ve satış hakları Pegem Akademi Yay. Eğt. Dan. Hizm. Tic. A.Ş.'ye aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri, kapak tasarımı; mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kayıt ya da başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz ve dağıtılamaz. Bu kitap, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır. Okuyucularımızın bandrolü olmayan kitaplar hakkında yayınevimize bilgi vermesini ve bandrolsüz yayınları satın almamasını diliyoruz.

Pegem Akademi Yayıncılık, 1998 yılından bugüne uluslararası düzeyde düzenli faaliyet yürüten **uluslararası akademik bir yayınevi**dir. Yayımladığı kitaplar; Yükseköğretim Kurulunca tanınan yükseköğretim kurumlarının kataloglarında yer almaktadır. Dünyadaki en büyük çevrimiçi kamu erişim kataloğu olan **WorldCat** ve ayrıca Türkiye'de kurulan **Turcademy.com** tarafından yayınları taranmaktadır, indekslenmektedir. Aynı alanda farklı yazarlara ait 1000'in üzerinde yayını bulunmaktadır. Pegem Akademi Yayınları ile ilgili detaylı bilgilere http://pegem.net adresinden ulaşılabilmektedir.

1. Baskı: Ekim 2019, Ankara
2. Baskı: Nisan 2021, Ankara

Yayın-Proje: Şehriban Türlüdür
Dizgi-Grafik Tasarım: Müge Çetin
Kapak Tasarımı: Pegem Akademi

Baskı: Ay-bay Kırtasiye İnşaat Gıda Pazarlama ve Ticaret Ltd. Şti.
Çetin Emeç Bulvarı 1314. Cadde No: 37A-B Çankaya/ANKARA
Tel: (0312) 472 58 55

Yayıncı Sertifika No: 36306
Matbaa Sertifika No: 46661

İletişim

Karanfil 2 Sokak No: 45 Kızılay/ANKARA
Yayınevi: 0312 430 67 50 - 430 67 51
Dağıtım: 0312 434 54 24 - 434 54 08
Hazırlık Kursları: 0312 419 05 60
İnternet: www.pegem.net
E-ileti: pegem@pegem.net
WhatsApp Hattı: 0538 594 92 40

ÖN SÖZ

Coğrafya Bilimi, yeryüzünün fiziki ve beşeri özelliklerini, birbirleri ile olan etkileşimlerini, dağılışlarını ve bu dağılışın nedenlerini araştırmaktadır. Ele aldığı konular ve inceleme alanları değerlendirildiğinde coğrafyanın bir mekân bilimi olduğu rahatlıkla görülmektedir. Coğrafyanın mekânın çeşitli özelliklerini ele alan diğer bilim dallarından ayrıldığı en önemli nokta ise, mekânı adeta yaşayan bir organizma olarak değerlendirip bu yolla onu anlamaya, kullanmaya, şekillendirmeye ve yönetmeye çalışmasıdır. Coğrafyanın geçmişten günümüze mekanı incelemede kullandığı yaklaşımın değişmesi ile mekana yüklediği misyon farklılaşmıştır. Mekânın çizerek tasvir edilmesi ile başlanan bilimsel serüven, 18.ve 19. yüzyılda sistematik ve bölgesel yaklaşımların ortaya çıkması ile devam etmiştir.

Diğer bilim dallarında olduğu gibi, 20.yy ile birlikte coğrafyanın mekânı ele alış biçimlerinde metodolojik yaklaşımlar yeniçağın gerekleri doğrultusunda şekillenmeye başlamıştır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte ise insanoğlu yaşadığı doğal ortamı keşfetme arzusu ile çok daha yakından tanımaya başlamıştır. Elde ettiği bu verileri dünyayı etkileme ve şekillendirmeye yönelik olarak kullanmıştır. Sahip olduğu bilgi birikimi ile zekice ve mucizevi kararlarının olmasına rağmen sürekli olarak sürdürülemez yolları seçerek yeryüzü kaynaklarının aşırı ve bilinçsizce tüketmiş, çevresel, sosyal ve kültürel problemlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu sorunların çözümünde ise klasik yöntemlerin yetersiz kalması ile birlikte ne, nerede, neden, nasıl sorularının cevaplarını aradığı analitik yaklaşım tarzına ihtiyaç duymuştur. Bu nedenle, mekânsal verilerin depolanması, sorgulanması ve analizinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknolojileri kullanılmaya başlamıştır. Yeryüzüne ait çeşitli özelliklerin ölçülmesi sonucu ortaya çıkan veriler mekânsal analizler ile anlam kazanmakta ve mekânsal sorunların çözümünde etkin rol oynamaktadır. Bunda CBS'nin mekânsal veri altyapısı ve sahip olduğu analiz yetenekleri önem taşır.

Bu çerçevede mekâna ait verilerin güncel CBS ve UA yöntemleri ile analiz edilen çalışmalardan oluşan bu kitap araştırmacılara, karar vericilere, öğrencilere ve ilgi duyanlara akademik bir yayın olarak sunulmuştur. Bu çalışmaya akademik yayınları ile katkı sunan tüm akademisyenlere ve kitabın yayın hayatına geçmesi sağlayan Pegem Akademi kitabevine teşekkür ederiz.

Mehmet Fatih Döker & Ebru Akköprü

Bölümler ve Yazarları

Editörler: *Doç. Dr. Ebru AKKÖPRÜ - Doç. Dr. Mehmet Fatih DÖKER*

1. Bölüm: Şehir Seli ve Taşkını Araştırmalarında Sayısal Yüzey Modellemesi (SYM) ve İnsansız Hava Aracı (İHA) Verisi Kullanımı
Prof. Dr. Hüseyin TUROĞLU - İstanbul Üniversitesi

2. Bölüm: Klimatoloji Çalışmalarında CBS Kullanımı
Dr. Öğr. Üyesi Erkan YILMAZ - Ankara Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Olgu AYDIN - Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK - Ankara Üniversitesi

3. Bölüm: Van Gölü Havzasının Doğusunda Heyelan Duyarlılık Analizi
Arş. Gör. Hasan SAYIN - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Prof. Dr. Ali Fuat DOĞU - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

4. Bölüm: İzmit Şehrinin Mekansal Büyümesi ve Arazi Örtüsü/Kullanımı Değişimlerinin Markov Chain ve Hücresel Otomat Yöntemleri Kullanılarak Modellenmesi
Arş. Gör. Selin YILDIZ GÖRENTAŞ - Kilis 7 Aralık Üniversitesi
Prof. Dr. Sevil SARGIN - Marmara Üniversitesi

5. Bölüm: Yağış-Akış Modellerinde Arcswat Uygulaması: Bartın Çayı Havzası Örneği
Dr. Öğr. Üyesi Abdullah AKBAŞ - Bursa Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR - Bursa Uludağ Üniversitesi

6. Bölüm: CBS ile Van Gölü Havzası Güneybatısında Yer Alan Potansiyel Ekoturizm Kaynaklarının Doğal Değişkenler Açısından Derecelendirmesi
Prof. Dr. Faruk ALAEDDİNOĞLU - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Erkan YILMAZ - Ankara Üniversitesi

7. Bölüm: Sirk Morfometrisi Çalışmalarında İnsansız Hava Araçları (İHA) ve CBS Kullamınlarına Bir Örnek: Karadağ Kütlesi (Batı Toroslar)
Onur ALTINAY - İstanbul Üniversitesi
Doç. Dr. Cihan BAYRAKDAR - İstanbul Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Zeynel ÇILĞIN - Munzur Üniversitesi

8. Bölüm: Volkan Jeomorfolojisi Çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanımı: İncekaya Tüf Konisi ve Çevresi Örneği
Doç. Dr. Ebru AKKÖPRÜ - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

9. Bölüm: Dağlık Alanların İklim Özelliklerini Belirlemede CBS Tabanlı Enterpolasyon Yöntemlerinin Kullanımı: Batı Toroslar Örneği
Onur YASAN - Çanakkale Onsekiz Mart Üniverstesi
Dr. Öğr. Üyesi Faize SARIŞ - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Doç. Dr. Cihan BAYRAKDAR - İstanbul Üniversitesi

10. Bölüm: Turizm Değerlerimizin Tanıtılması ve Pazarlanmasında Web-Mobil Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanımı
Dr. Öğr. Üyesi Muhammet KAÇMAZ - Sakarya Üniversitesi
Doç. Dr. Mehmet Fatih DÖKER - Sakarya Üniversitesi

11. Bölüm: Uydu Görüntüsü Kullanılarak Tarımsal Alanlarda Parsel-Tabanlı Ürün Sınıflandırması: Amik Ovası Örneği
Dr. Öğr. Üyesi Reşat GEÇEN - Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

12. Bölüm: Yüzey Araştırması Uygunluk Alanlarının Belirlenmesinde Coğrafi Verinin Önemi: Büyükçekmece Örneği
Doç. Dr. Mehmet Fatih DÖKER - Sakarya Üniversitesi
Esra ERŞAHİN - Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

13. Bölüm: CBS Kullanılarak Munzur Dağlarının ve Yakın Çevresinin Sıcaklık ve Yağış Özelliklerinin Belirlenmesi
Dr. Öğr. Üyesi Zeynel ÇILĞIN - Munzur Üniversitesi

14. Bölüm: Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) ile Volkanik ve Gaz Risk Modellemelerinin Oluşturulması Yakaören (Isparta) Örneği
Dr. Öğr. Üyesi Ergin CANPOLAT - Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

15. Bölüm: Bölgesel Çalışmalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Kümeleme Analizlerinin Birlikte Kullanımı: Doğu Karadeniz Havzası Örneği
Arş.Gör. Emre ELBAŞI - İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR - Bursa Uludağ Üniversitesi

İÇİNDEKİLER

Ön Söz iii
Bölümler ve Yazarları iv

1. BÖLÜM

ŞEHİR SELİ VE TAŞKINI ARAŞTIRMALARINDA SAYISAL YÜZEY MODELLEMESI (SYM) VE İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) VERİSİ KULLANIMI

Giriş 1
Şehir Seli ve Taşkınları Coğrafi Parametreleri 1
Jeomorfoloji 5
İklim 6
Şehirsel Çevre ve Yapılaşmalar 6
Şehir Morfolojisi ve Drenaj 7
Yüzey Modellemeleri 8
Sayısal Yükselti Modellemesi (DEM) 8
Sayısal Arazi Modellemesi (DTM) 10
Sayısal Yüzey Modellemesi (DSM) 11
Şehir Seli ve Taşkınlarında DSM 12
Şehir Seli ve Taşkınlarında Veri Çözünürlüğü 13
İnsansız Hava Aracı (İHA) Verisi 14
İHA Verisi ile Arhavi Şehir DSM Örneklemesi 15
Hazırlık Çalışmaları 17
Fotoğraf Çekimi 18
Fotogrametrik Süreç 20
DSM ve 2D Düzensiz Akış Modeli 21
Sonuç 24
Kaynaklar 25

2. BÖLÜM

KLİMATOLOJİ ÇALIŞMALARINDA CBS KULLANIMI

Veri Kaynakları ve Veri Formatları 29
Paleoiklimsel Veriler 29
Güncel Veri Kaynakları 30
İstasyonlara Ait Karakteristik Bölgeler 32
Enterpolasyon Yöntemleri 35
Uydu, Radar Görüntüleri ve Klimatoloji 40

Haritalama Yöntemleri 44
Tek Veri Haritalama Teknikleri 44
Çoklu Veri Haritalanma Teknikleri 48
Klimatoloji Yazılımları 51
Görselleştime Yazılımları 51
Programlama Dilleri ve İstatistik Yazılımları 51
CBS ve UA Yazılımları 54
Kaynaklar 56

3. BÖLÜM

VAN GÖLÜ HAVZASININ DOĞUSUNDA HEYELAN DUYARLILIK ANALİZİ

Giriş 59
Heyelanlar 62
Van Gölü Havzası Doğusunun Heyelan Duyarlılık Analizi 63
Frekans Oranı Metodu (FR) 63
Duyarlılık Haritasının Oluşturulması ve Yorumlanması 82
Sonuç ve Öneriler 84
Kaynaklar 86
İnternet Kaynakları 90

4. BÖLÜM

İZMİT ŞEHRİNİN MEKANSAL BÜYÜMESİ VE ARAZİ ÖRTÜSÜ/ KULLANIMI DEĞİŞİMLERİNİN MARKOV CHAIN VE HÜCRESEL OTOMAT YÖNTEMLERİ KULLANILARAK MODELLENMESİ

Giriş 91
Çalışma Alanı 92
Veri ve Metodoloji 93
Veri Seti ve Ön Hazırlık 94
Sınıflandırma ve Doğruluk Analizi 95
Modelleme 97
Markov Chain ve Hücresel Otomat 97
Değişkenler ve Uygunluk Haritalarının Üretilmesi 99
CA-Markov 99
Bulgular 100
Arazi Örtüsü/Kullanımı Değişimi 100
Simülasyon 102

2019 Yılının Simülasyonu 102
2023 Yılının Simülasyonu 102
Mekansal Değişimin Değerlendirilmesi 103
Sonuç....104
Kaynaklar....105

5. BÖLÜM

YAĞIŞ-AKIŞ MODELLERİNDE ARCSWAT UYGULAMASI: BARTIN ÇAYI HAVZASI ÖRNEĞİ

Giriş....107
Çalışma Alanı 109
SWAT Yağış-Akış Modeli....112
SWAT Veri Tabanının Oluşturulması, Parameterizasyonları ve Değerlendirme Testleri....113
Bulgular 119
SWAT Yağış-Akış Modelinin Uygulanması ile Kalibrasyon ve Validasyon Sonuçları....119
Su Dengesi Elemanlarının Alansal ve Zamansal Değişimleri....122
Taşkın Piklerinin Elde edilmesi ve Değerlendirilmesi....124
Sonuçlar....126
Kaynaklar....128

6. BÖLÜM

CBS İLE VAN GÖLÜ HAVZASI GÜNEYBATISINDA YER ALAN POTANSİYEL EKOTURİZM KAYNAKLARININ DOĞAL DEĞİŞKENLER AÇISINDAN DERECELENDİRMESİ

Giriş....131
Araştırma Alanının Genel Coğrafik Özellikleri....132
Doğal Çekim Alanlarının CBS'yle Derecelendirilmesi....133
Yer Şekilleri 134
Arazi Örtüsü 138
Arazi Örtülerinin Özellikleri ve Araştırma Alanındaki Dağılışı 138
Arazi Örtüsüne Göre Araştırma Alanının Duyarlılığı: 141
İklim Özellikleri....141
Sıcaklık Şartları 142
Yağış Şartları 144
Rüzgar Şartları....146

Bulutluluk....147
Araştırma Alanında İklim Tipi ve Duyarlılığı....148
Bitki Örtüsü (Floristik Özellikler)....149
Bitki Örtüsü Duyarlılığı....152
Toprak Özellikleri....154
Toprak Grupları....154
Zonal Topraklar....154
İntrazonal Topraklar....155
Azonal Topraklar....155
Sonuç....157
Kaynaklar....160

7. BÖLÜM

SİRK MORFOMETRİSİ ÇALIŞMALARINDA İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI (İHA) VE CBS KULLAMINLARINA BİR ÖRNEK: KARADAĞ KÜTLESİ (BATI TOROSLAR)

Giriş....161
Amaç....162
Yöntem....163
Yüksek Çözünürlüklü Verilerin Sirk Morfometrisinde Kullanımı....164
Ortofotoların İşlenmesi, Yüksek Çözünürlüklü SYM ve 3D Model Oluşturulması....164
CBS Ortamında Yüksek Çözünürlüklü SYM Üzerinden Morfometrik Ölçümlerin Yapılması....167
Sonuç....172
Kaynaklar....173

8. BÖLÜM

VOLKAN JEOMORFOLOJİSİ ÇALIŞMALARINDA COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANIMI: İNCEKAYA TÜF KONİSİ VE ÇEVRESİ ÖRNEĞİ

Giriş....175
Veri ve Yöntem....179
Bulgular....180
Dibekli Konisi....182
Sonuç....186
Gölsel Depolar....187
Pomza Düşüşleri....188

Jeokimyasal Analiz Sonuçları....189
Dibekli Lav Akıntısı....189
Kaynaklar....196

9. BÖLÜM

DAĞLIK ALANLARIN İKLİM ÖZELLİKLERİNİ BELİRLEMEDE CBS TABANLI ENTERPOLASYON YÖNTEMLERİNİN KULLANIMI: BATI TOROSLAR ÖRNEĞİ

Giriş....197
Materyal ve Yöntem....198
Materyal....198
Yöntem....200
IDW (Inverse Distance Weighting) Enterpolasyon Yöntemi....200
Spline Enterpolasyon Yöntemi....201
Kriging Enterpolasyon Yöntemi....202
CBS Tabanlı Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılmalı Değerlendirilmesi....202
Sıcaklık Verilerinin Enterpolasyonu....204
Yağış Verilerinin Enterpolasyonu....205
Yağış Klimatolojisi....208
Tartışma ve Sonuç....212
Katkı Belirtme....214
Kaynaklar....214

10. BÖLÜM

TURİZM DEĞERLERİMİZİN TANITILMASI VE PAZARLANMASINDA WEB-MOBİL TABANLI COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANIMI

Giriş....217
Çalışma Alanı Yeri ve Sınırları....223
Amaç ve Kapsam....225
Metodoloji....225
Web-Mobil Tabanlı CBS Platformunun Oluşturulması....227
Coğrafi Veri Tabanı Tasarımı....227
Veri Tabanı Paylaşımı....231
Web Arayüzü Tasarımı....233
Mobil Arayüz Tasarımı....236
Sonuç....237
Kaynaklar....238

11. BÖLÜM

UYDU GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK TARIMSAL ALANLARDA PARSEL-TABANLI ÜRÜN SINIFLANDIRMASI: AMİK OVASI ÖRNEĞİ

Giriş....241
Uzaktan Algılama ve Çalışma Prensibi....241
Sayısal Görüntü....244
Görüntü Sınıflandırma....245
Piksel-Tabanlı Sınıflandırma....245
Obje-Tabanlı Sınıflandırma....250
Parsel-Tabanlı Sınıflandırma....250
Çalışmanın Amacı....251
Çalışma (Test) Sahası....251
Çalışmada Kullanılan Veri Setleri....252
Çalışmanın Yöntemi Ve Aşamaları....254
Ön İşlemler (Verilerin Hazırlanması)....255
Uydu Görüntüsünün Piksel-Tabanlı Sınıflandırılması....255
Vektör Veri ile Çakıştırılarak Parsel-Tabanlı Sınıflandırmanın Yürütülmesi....258
Doğruluk Analizi....259
Bulgular ve Tartışma....261
Sınıflandırma Sonucunun Değerlendirilmesi....261
Sınıflandırma Sonucunun Doğruluk Değerlendirmesi....263
Sonuç ve Öneriler....264
Kaynaklar....266

12. BÖLÜM

YÜZEY ARAŞTIRMASI UYGUNLUK ALANLARININ BELİRLENMESİNDE COĞRAFİ VERİNİN ÖNEMİ: BÜYÜKÇEKMECE ÖRNEĞİ

Giriş....267
Kullanılan Materyal ve Yöntem....271
Araştırma Alanının Yeri ve Sınırları....274
Yüzey Araştırması Uygunluk Alanlarının Belirlenmesi....275
Kullanılan Coğrafi Verilerin Hazırlanması....275
Arazi Kullanım Kabiliyeti Katmanı....275
Eğim Katmanı....276
Akarsu Katmanı....277
Göl Katmanı....278

Litolojik Yapı Katmanı....279
Yerleşim Alanları Katmanı....280
Yüzey Araştırması Uygunluk Alanlarının Belirlenmesi....281
Sonuç ve Öneriler....282
Kaynaklar....284

13. BÖLÜM

CBS KULLANILARAK MUNZUR DAĞLARININ VE YAKIN ÇEVRESİNİN SICAKLIK VE YAĞIŞ ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Giriş....287
Çalışma Sahasının Konumu, Sınırları ve Genel Özellikleri....287
Amaç ve Kapsam....288
Veri Kaynakları ve Metot....289
Materyal....289
Metot....291
Munzur Dağların'da Sıcaklık ve Yağış Dağılışının CBS Ortamında Farklı Enterpolasyon Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi....296
Munzur Dağlarında Sıcaklık Dağılışının Farklı Yöntemlerle Elde Edilmesi....296
Sıcaklık Verilerinin Analizi ve Yorumlanması....300
Munzur Dağlarında Yağış Dağılışının Farklı Yöntemlerle Elde Edilmesi....302
Yağış Verilerin Analizi ve Yorumlanması....305
Munzur Dağlarının İklim Sınıflandırması....306
Sonuç....308
Kaynaklar....309

14. BÖLÜM

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) VE UZAKTAN ALGILAMA (UA) İLE VOLKANİK VE GAZ RİSK MODELLEMELERİNİN OLUŞTURULMASI YAKAÖREN (ISPARTA) ÖRNEĞİ

Giriş....311
Materyal ve Metod....315
Bulgular....316
Yakaören Gaz Çıkışı ve Özellikleri....316
Yakaören ve Çevresi Fiziki Coğrafya Özellikleri....318
Yakaören ve Çevresi Beşeri Coğrafya Özellikleri....320
Tarım ve Hayvancılık....322

Sanayi ve Ulaşım Sistemleri....322
Sosyal ve Kültürel Özellikler....323
Mevcut Gaz Verilerine Göre Yakaören Gaz Risk Analizi ve Modelleme Yöntemi....324
Muhtemel Gaz Artışlarına Bağlı Olabilecek Gaz Risklerinin Modellenmesi....326
Volkanik Kökenli Gaz İçin Risk Analizi....328
Sonuç ve Öneriler....332
Kaynaklar....333
Web Kaynakları....334

15. BÖLÜM

BÖLGESEL ÇALIŞMALARDA COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE KÜMELEME ANALİZLERİNİN BİRLİKTE KULLANIMI: DOĞU KARADENİZ HAVZASI ÖRNEĞİ

Kümeleme Analizleri....336
Fiziksel Veriler....339
Bulgular....339
Sonuç....344
Kaynaklar....345

Yazarlar Hakkında....347

ŞEKİLLER LİSTESİ

1. BÖLÜM

Şekil 1. Raster Veri Yapısındaki DEM Verisi....9
Şekil 2. Vektör Veri Yapısındaki DTM Verisi....10
Şekil 3. Raster Veri Yapısındaki Yüksek Yersel Çözünürlüklü DSM Verisi....11
Şekil 4. Ana Hatlarıyla Arhavi Şehir Planı (Google Maps)....16
Şekil 5. Çalışmada "DJI PHANTOM 4" tip İHA (Drone) kullanılmıştır.....17
Şekil 6. Görüntüleme Planı....18
Şekil 7. Görüntüleme Bölgeleri ve Çekim Planı (soldaki kolon) ile Agisoft PhotoScan ile Oluşturulan "Dense Cloud" Görüntüler.....19
Şekil 8. Agisoft Photo Scan Yazılımı ile Fotogrametrik İşlemlerin Yapılmasına Ait "Workflow" Ara Yüzü....20
Şekil 9. Nokta Bulut (Point Cloud), Yoğun Bulut (Dense Cloud)....20
Şekil 10. Agisoft PhotoScan ile Oluşturulan "Point Cloud" ve "Dense Cloud" Birleştirilmiş Görüntüleme Bölgeleri Hava Fotoları Mozaiği.....21

Şekil 11. Agisoft Photo Scan Yazılımı ile DSM Üretilmesine Ait Ekran Görüntüsü.....21
Şekil 12. Şekil 6 daki Planlama ve Şekil 7 deki Çekimler ile Elde Edilen Fotoların Agisoft Photo Scan Yazılımı ile Üretilmiş Olan Export DSM Görüntüsü ..22
Şekil 13. HEC-RAS Yazılımı Kullanılarak; 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 Yıllık Frekanslarla Üretilmiş Arhavi Şehir Sel ve Taşkın Senaryoları.....23

2. BÖLÜM

Şekil 1. a) Zygrip Yazılımı Arayüzü, b) SkewT Diyagramı ve c) Sıcaklığa Ait Öngörüler 31
Şekil 2. a) Türkiye ve Çevresi Yükselti Haritası, b) Türkiye ve Çevresi Köppen-Geiger İklim Bölgeleri 33
Şekil 3. a) İstasyonlara Ait Dar (siyah) ve Geniş (kırmızı) Karakteristik Bölgeler, İstasyonalara Ait Voronoi Çokgenleri ve Gridlenmiş Örnek Noktaları (artı şekli), b) İdeal istasyon ağı (bu ağ modelleme için kullanılabilen veri setini ifade etmektedir) 34
Şekil 4. x Noktasındaki ve h Noktasındaki Yağış Değerleri 36
Şekil 5. a) Aster uydusuna ait gece görüntüsü 13. Bant, b) Landsat Uydusuna ait görüntü 10. Bant, c) Aster uydusundan elde edilen gece yüzey sıcaklık modeli, d) Landsat uydusundan elde edilen gündüz yüzey sıcaklık modeli 42
Şekil 6. a) MODIS uydusu 8 günlük ortalama gündüz yansıma değerleri, b) MODIS uydusu 8 günlük ortalama gündüz yansıma değerleri 43
Şekil 7. Tek Veri Haritalamasına Örnekler a) Veri Etiketleyerek, b) İstasyon Noktaları Renklendirerek, c) İstasyon Büyüklüğünü Değiştirerek, d) Eşdeğer Eğri Yöntemi (burada eş sıcaklık eğrileri ile), e) Yüzey Oluşturarak Renklendirerek, f) Hem Eşdeğer eğri (eşsıcaklık) hem de Yüzey Modelinin Birlikte Kullanımı ile 45
Şekil 8. Modellenmiş Veri ile yıllık Ortalama Sıcaklık Haritası 47
Şekil 9. Çok Değişkenli Haritalama a) Bir sahadaki yıllık su fazlası eğilimleri (Thornthwaite) ve bunun anlamlılık düzeyleri, b) Aynı sahada hem regresyon katsayısı hem de Mann-Kendall sıra korelasyon testine göre yıllık su fazlası eğilimleri 49
Şekil 10. İç Anadolu Bölgesi ve Çevresinde Rüzgar Güleri, Rüzgar Hızları ve Hakim Rüzgar Yönleri.....50
Şekil 11. İç Anadolu Bölgesi ve Çevresinde Uzun Yıllık (1971–2010) a) Aylık ortalama sıcaklık, b) Aylık toplam yağış grafikleri.....51

3. BÖLÜM

Şekil 1. Heyelanların Bölümleri.....62

4. BÖLÜM

Şekil 1. İzmit Şehrinin Lokasyon Haritası.....93
Şekil 2. Metodoloji Akış Şeması 95
Şekil 3. Segmentasyon İşlemi ve Örneklem Alanların Oluşturulması 96
Şekil 4: 2023 Yılının Modellenmesi İçin Üretilen Uygunluk Haritaları.....99

Şekil 5. İzmit Şehrinin Arazi Örtüsü/Kullanımı Haritaları 101
Şekil 6. İzmit Şehrinin 2019 Yılındaki Gerçek ve Modelleme Haritaları 102
Şekil 7. İzmit Şehrinin 2023 Yılındaki Simülasyon Haritası 103
Şekil 8. 2011-2023 Yılları Arasında İzmit Şehrinin AÖ/AK Alanları (ha) 104

5. BÖLÜM

Şekil 1. Bartın Çayı Havzasının Lokasyon Haritası 110
Şekil 2. Bartın Çayı Havzası ve Civarındaki Meteoroloji İstasyonlarının Aylık Yağış ve Sıcaklık Değerlerinin Aylararası Değişimlerinin Gösterimi 111
Şekil 3. SWAT Yağış-Akış Modelinin Su Dengesi Bileşenleri.....112
Şekil 4. Yağış-Akış Modeli İçin Kullanılan İstasyonların Eksik Verilerinin Gösterimi 115
Şekil 5. Bartın Çayı Havzasında Arazi Kullanım Haritası.....116
Şekil 6. Bartın Çayı Havzasında FAO Toprak Gruplarının Haritası.....117
Şekil 7. Bartın Çayı Havzasında SWAT-CUP Analizleri Sonucunda Elde Edilen Parametrelere Göre a) Günlük b) Aylık Akımların Kalibrasyon ve Validasyon Sonuçların Değerlendirme Test Sonuçları 121
Şekil 8. Bartın Havzasında SWAT Modelinden Elde Edilen Su Dengesi Parametrelerinin 1960-2014 Yılları Uzun Yıllar Ortalama Alansal Dağılış Haritaları.....123
Şekil 9. Bartın Çayı Havzasında SWAT Modelinden Elde Edilen Su Dengesi Parametrelerinin 1960-2014 Yıllarına Ait Aylık Verilerinin Uzun Yıllar Zaman Serilerin Hata Grafikleri 124
Şekil 10. Bartın Havzasında SWAT Modelinden Elde Edilen Akış Değerleri ile E13A031 AGİ İstasyonun Taşkın Pik Değerlerinin Karşılaştırılması.....126

6. BÖLÜM

Şekil 1. Araştırma Alanı ve Çevresinin Konum Haritası 134
Şekil 2. Araştırma Alanı ve Çevresi Fiziki Haritası.....135
Şekil 3. Araştırma Alanı Jeoloji Haritası 135
Şekil 4. Araştırma Alanı Morfografya Haritası 135
Şekil 5. Araştırma Alanı Eğim Haritası 135
Şekil 6. Araştırma Alanı Morfolojik Duyarlılık Derecelendirme Haritası.....137
Şekil 7. Araştırma Alanı Arazi Örtüsü Haritası 139
Şekil 8. Araştırma Alanında Arazi Örtüsüne Göre Duyarlılıklar 141
Şekil 9. Ocak Ayı Ortalama Sıcaklık Dağılışı.....143
Şekil 10. Temmuz Ayı Ortalama Sıcaklık Dağılışı.....143
Şekil 11. Nisan Ayı Ortalama Sıcaklık Dağılışı.....143
Şekil 12. Ekim Ayı Ortalama Sıcaklık Dağılışı 143
Şekil 13. Ocak Ayı Uzun Yıllık Yağış Miktarı.....145
Şekil 14. Temmuz Ayı Uzun Yıllık Yağış Miktarı 145

Şekil 15. Ekim Ayı Uzun Yıllık Yağış Miktarı 145
Şekil 16. Nisan Ayı Uzun Yıllık Yağış Miktarı....145
Şekil 17. Araştırma Alanı Uzun Yıllık Ortalama Yağış Haritası....146
Şekil 18. Adilcevaz ve Tatvan İstasyonlarında Yağışın Mevsimlere Dağılışı....146
Şekil 19. Araştırma Alanı ve Çevresindeki Meteoroloji İstasyonlarının Hakim Rüzgar Yönleri ve Sıklıkları 147
Şekil 20. Tatvan'da Bululutluk Şartları 148
Şekil 21. Adilcevaz'da Bululutluk Şartları....148
Şekil 22. Thornwaite Nemlilik Sınıflarına Göre Araştırma Alanı İklimi 148
Şekil 23. Araştırma Alanı Ağaç Türü (Meşcere) Haritası....151
Şekil 24. Araştırma Alanında Bitki Örtüsünün Duyarlılığı....153
Şekil 25. Araştırma Alanı Toprak Haritası....155
Şekil 26. Araştırma Alanında Toprak Duyarlılıkları....157

7. BÖLÜM

Şekil 1. Çalışma Alanının Lokasyon Özellikleri....162
Şekil 2. Karadağ Üzerinde Yer Alan Sirklerin Lokasyonları 163
Şekil 3: Agisoft PhotoScan Programında Ortofotoların Eklenmesi (a), Ortofotoların Arasındaki Köprü Noktalarının Oluşturulması (b), Kamera Pozisyonlarına Göre Hesaplanan Derinliğie Bağlı Oluşturulmuş Yoğunluk Bulutu (c) ve Ortomozaik Görüntüsü (d). 164
Şekil 4. Yoğunluk Bulutundan Oluşturulmuş Sayısal Yükselti Modeli (SYM)....165
Şekil 5: Akdağ (solda) ve Çağıllıpınaryayla (sağda) Sirklerinin, 0,4 m Çözünürlüklü SYM'den Oluşturulmuş Jeomorfoloji Haritaları....166
Şekil 6: Koyunçukuru (solda) ve Toranto (sağda) Sirklerinin, 0,4 m Çözünürlüklü SYM'den Oluşturulmuş Jeomorfoloji Haritaları 166
Şekil 7. Sirklerin Tanımlanmasında Kullanılan Ana Çizgiler (Örnek: Gürlek Sirki) 167
Şekil 8. Farklı Veri Kaynaklarından Üretilen Sayısal Yükselti Modellerinin Karşılaştırılması: (a) SRTM (30 metre), (b) ALOS (12,5 metre), (c) TanDEM-X (12 metre), (d) HGK (10 metre) ve (e) İHA (0,4 metre)....168
Şekil 9. Karadağ Üzerindeki Sirklerin Litolojisinin Dağılışı....172

8. BÖLÜM

Şekil 1. Volkanik Tüf Konisi ve Halkasının Oluşum Süreci....176
Şekil 2. İnceleme Alanı Lokasyon Haritası....176
Şekil 3. İncekaya Kalderası Jeoloji-Jeomorfoloji Haritası....178
Şekil 4. İncekaya-Dibekli Konilerinin Şematik Gösterimi- Profil Hattı (A-A') 182
Şekil 5. Dibekli-Düzcealan Hattının Şematik Kesiti (B-B') 182
Şekil 6. İncekaya ve Çevresinin Jeomorfoloji Haritası....184
Şekil 7. İncekaya ve Çevresinin Jeoloji Haritası....184

Şekil 8. İncekaya-Reşadiye Alanı Kesit Hatlarını ve Örnek Lokasyonlarını Gösteren Harita....187
Şekil 9. İncekaya ve Çevresinim Stratigrafik Logları....187
Şekil 10. İncekaya-Reşadiye Alanı Volkanik Örneklerinin TAS Diyagramı....192
Şekil 11. İncekaya-Reşadiye Alanı Örneklerinin Üçgen Diyagramı....193
Şekil 12. İncekaya-Reşadiye Alanı Örneklerinin İkili Diyagramları....194
Şekil 13. İncekaya Volkanik Alanı ICP-AES Analizi İkili Diyagramları....195

9. BÖLÜM

Şekil 1. Çalışma Sahası Konum Özellikleri....198
Şekil 2. IDW Enterpolasyon Tekniği Şematik Gösterimi....201
Şekil 3. Teke Yarımadasında Farklı Enterpolasyon Yöntemleriyle Oluşturulmuş Sıcaklık Dağılış Haritaları; a: IDW, b: Kriging, c: Spline, d: WorldClim....204
Şekil 4. Teke Yarımadasında Farklı Enterpolasyon Yöntemleriyle Oluşturulmuş Yağış Dağılış Haritaları; a: IDW, b: Kriging, c: Spline, d: WorldClim....206
Şekil 5: Solda IDW Yöntemiyle Oluşturulan Normal Kış (Aralık-Ocak-Şubat ayları) Yağış Dağılış Haritası. Sağda ise IDW yöntemiyle oluşturulan genişletilmiş kış (Aralık-Ocak-Şubat-Mart ayları) yağış dağılış haritası....207
Şekil 6. Söğütlüdere (Karadağ) İstasyonunun 15.07.2018 - 11.05.2019 Tarihleri Arasında Kaydedilen Aylık Sıcaklık-Yağış Grafiği....209
Şekil 7. Seydikemer/Söğütlüdere İstasyonu Günlük Toplam Yağış Grafiği....209
Şekil 8: Seydikemer/Söğütlüdere İstasyonu Günlük 2 Saatlik Maksimum Yağış Grafiği....210
Şekil 9: IDW Yöntemiyle Oluşturulan Dağlık Alanlardaki İstasyonların Yağış Dağılış Haritası....212

10. BÖLÜM

Şekil 1. Sakarya İli Lokasyonu....223
Şekil 2. Türkiye Aritmetik Nüfus Yoğunluğu (2018)....224
Şekil 3. Sakarya ve Çevresi Ulaşım Ağı ve Planlanan Ulaşım Ağları....225
Şekil 4. Vektör ve Raster Veri Modeli....226
Şekil 5. Sakarya Turizm Katmanları....227
Şekil 6. Coğrafi Veri Tabanı Yapısı....228
Şekil 7. Veri Tabanı İçerisindeki Sözel Veriler....229
Şekil 8. Veri Tabanı İçerisindeki Vektörel Veriler....230
Şekil 9. Veri Tabanı İçerisindeki İlişkisel Yapı....231
Şekil 10. Coğrafi Veri Paylaşımı....232
Şekil 11. Turizm Bilgi Sistemi Web Arayüzü....233
Şekil 12. Harita Altlıkları....234
Şekil 13. Sorgulama Örneği....235
Şekil 14. Rota Oluşturma....235
Şekil 15. Mobil Arayüz....237

11. BÖLÜM

Şekil 1. Dalga Teorisine Göre Enerji Transferi 242
Şekil 2. Elektromanyetik Spektrum....242
Şekil 3. a) Yer Platformu, b) Hava Platformu, c) Uzay Platformu....243
Şekil 4. Pasif Sistem (solda), Aktif Sistem (sağda) 244
Şekil 5. Sayısal Görüntü Oluşumu 245
Şekil 6. Kontrollü Sınıflandırma Akış Şeması....246
Şekil 7. En Yüksek Olasılık Yöntemi 247
Şekil 8. Paralelkenar Yöntemi 248
Şekil 9. En Küçük Uzaklık Yöntemi 248
Şekil 10. Kontrollü Sınıflandırma Akış Şeması 249
Şekil 11. Çalışma Sahasının Lokasyon Haritası....252
Şekil 12: Çalışmada Kullanılan 15.05.2018 Tarihine Ait SPOT 7 Uydu Görüntüsü (solda) ve Test Alanına Ait Tarla Sınırlarından Oluşan Kadastro (Parsel) Haritası (sağda) 253
Şekil 13. Çalışma Alanında Belirlenen Sınıflar....256
Şekil 14. Tanımlanan 5 Sınıf İçin Çalışma Alanında Toplanan Örneklemler ve Dağılışı 256
Şekil 15. Toplanan Örneklemlere Göre Sınıfların Ayrılabilirlik Derecesi....257
Şekil 16. Piksel-Tabanlı Sınıflandırma Sonucu....257
Şekil 17. Piksel-Tabanlı Sınıflandırma Sonucunun Tarla Sınırları ile Çakıştırılmış Görüntüsü....258
Şekil 18. Çalışma Alanında Seçilen Bir Parselin Piksel-Tabanlı Sınıflandırma Sonucu (üstte) ve Parsel-Tabanlı Sınıflandırma Sonucu (altta) 259
Şekil 19. Doğruluk Değerlendirmesi İçin Sınıflandırma Sonuç Haritasından Rastgele Seçilen Parseller ve Atanan Sınıflar....260
Şekil 20. Parsel-Tabanlı Sınıflandırma Sonucu....261
Şekil 21. Sınıfların Dağılım Grafikleri (Soldaki Grafik Tarla Sayısına Göre, Sağdaki Grafik Alana Göre Dağılımı Göstermektedir.) 263

12. BÖLÜM

Şekil 1. İstanbul Büyükçekmece İlçesi Yüzey Araştırmasına İlişkin Görüntüler....268
Şekil 2. Analitik Hiyerarşi Prosesi'nde (Ahp) Örnek Matriks 273
Şekil 3. Çok Kriterli Çakıştırma Analizi Çalışma Prensibi İllüstrasyonu 274
Şekil 4. Çalışma Alanı Lokasyon Haritası 275
Şekil 5. Arazi Kullanım Kabiliyeti Katmanı....276
Şekil 6. Çalışma Alanının Eğim ve Yükselti Basamakları 277
Şekil 7. Akarsu Mesafe Sınıflandırması ve Akarsu Drenaj Haritası....278
Şekil 8. Göl Katmanı 279
Şekil 9. Çalışma Sahası Litolojik Yapısı....280

Şekil 10. Çalışma Sahası Arazi Kullanım Durumu (2018).....280
Şekil 11. Ağırlıklı Çakıştırma Analizi Arayüzü.....281
Şekil 12. Ağırlıklı Çakıştırma Analizi Arayüzü.....282
Şekil 13. Yüzey Araştırması Uygunluk Haritası.....283

13. BÖLÜM

Şekil 1. Munzur Dağlarının Lokasyonu.....288
Şekil 2. Çalışma Sahasında Ortalama Sıcaklık Değerlerinin Theissen Poligonlama Yöntemiyle Gösterilmesi.....292
Şekil 3. Çalışma Sahasında Ortalama Sıcaklık (solda) ve Yağış (sağda) Değerlerinin Inverse Distance Weighted (IDW) (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon) Yöntemiyle Gösterilmesi (Yükselti Etkisi Olmaksızın).....292
Şekil 4. Çalışma Sahasında Ortalama Sıcaklık (solda) ve Yağışın (sağda) Kriging Yöntemiyle Gösterilmesi (Yükselti Etkisi Olmaksızın).....293
Şekil 5. Çalışma Sahasında Ortalama Sıcaklık (solda) ve Yağış (sağda) Değerlerinin Spline Yöntemiyle Gösterilmesi (Yükselti Etkisi Olmaksızın).....293
Şekil 6. Theissen Poligonlama Tekniği ile Meteoroloji İstasyonlarının Etki Alanlarının Belirlenmesi ve Randomize İstasyonların Oluşturulması.....294
Şekil 7. Çalışma Sahasında Yıllık Ortalama Sıcaklığın IDW Enterpolasyonla Dağılışı.....297
Şekil 8. Çalışma Sahasında Yıllık Ortalama Sıcaklığın Kriging Enterpolasyonla Dağılışı.....297
Şekil 9. Çalışma Sahasında Yıllık Ortalama Sıcaklığın Spline Enterpolasyonla Dağılışı.....298
Şekil 10. Çalışma Sahasında Yıllık Ortalama Sıcaklığın WolrldClim Verisi Kullanılarak Oluşturulan Dağılış Haritası.....299
Şekil 11. Çalışma Sahasında IDW, Kriging, Spline ve WolrldClim Verisi Kullanılarak Oluşturulan Ocak Ayı Ortalama Sıcaklık Haritası.....299
Şekil 12. Çalışma Sahasında IDW, Kriging, Spline ve WolrldClim Verisi Kullanılarak Oluşturulan Temmuz Ayı Ortalama Sıcaklık Haritası.....300
Şekil 13. Çalışma Sahasında Yıllık Ortalama Yağışın IDW Enterpolasyonla Dağılışı.....303
Şekil 14. Çalışma Sahasında Yıllık Ortalama Yağışın Kriging Enterpolasyonla Dağılışı.....304
Şekil 15. Çalışma Sahasında Yıllık Ortalama Yağışın Spline Enterpolasyonla Dağılışı.....304
Şekil 16. Çalışma Sahasında Yıllık Ortalama Yağışın WolrldClim Verisi Kullanılarak Oluşturulan Dağılış Haritası.....305
Şekil 17. Munzur Dağları Çevresinde Bulunan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Aylık Ortalama Sıcaklık Grafiği.....307
Şekil 18. Munzur Dağları Çevresinde Bulunan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Aylık Ortalama Yağış Grafiği.....308

14. BÖLÜM

Şekil 1. Sub-Plinian (VPİ 4) Bir Patlamada Meydana Gelebilecek Bina Çökmesi Senaryosu....313
Şekil 2. Olası Bir Sub Plinian Patlaması Renkler Beklenen Kül Yüklerini ve Tahmini Çatı Çökmelerini Gösterir. Rüzgâr W Yönden....313
Şekil 3. Piroklastik Akma İçin Tehlike Değerlendirmesi, Referams Alınan Patlama Tipi: Sub- Plinian (VPİ = 4), Patlama Sütun Yüksekliği 18 km, Toplam Püskürtülen Malzeme $5x10^{11}$kg....314
Şekil 4. Mont Rainer İçin Volkanik Tehlike Haritası Harita, ABD USGS Açık Dosya Raporu 98-428'den basitleştirilmiştir....314
Şekil 4. Mont Rainer İçin Volkanik Tehlike Haritası Harita, ABD USGS Açık Dosya Raporu 98-428'den basitleştirilmiştir....315
Şekil 5. Yakaören Gaz Çıkış Noktası....316
Şekil 6. Uyuz Pınarı Mevkii Büyükkükürt Vadisi (gaz çıkışının olduğu vadi) Profil Serileri....318
Şekil 7. Uyuz Pınarı Mevkii Maksimum Rüzgar Hız ve Yönü Diyagramı....319
Şekil 8. Günün Farklı Saatlerinde Uyuz Pınarı Mevkii Hakim Rüzgar Yön ve Hızları Diyagramı....320
Şekil 9. Çalışma Sahası Arazi Kullanım Haritası....321
Şekil 10. Çalışma Sahasında Ulaşım Hatları, Sanayi Tesisleri ve Yerleşimin Dağılışı....323
Şekil 11. Yıllık Ortalama Meteorolojik Verilere Göre ve 2008 Yılı Gaz Ölçüm Sonuçlarına Göre H_2S Gazının Dağılımı, Rüzgârın 240°'den Estiği Kabul Edilmiştir....325
Şekil 12. 2008 Yılı Gaz Ölçüm Sonuçlarına Göre ve Yıllık Ortalama Maksimum Rüzgâra Göre H_2S Dağılımı....326
Şekil 13. H_2S Gazının 2008 Ölçüm Sonuçlarından 1000 Kat Artması Durumunda Günlük Minimum Rüzgâr Hızı ve Ortalama Yöne Göre Dağılımı Modeli....326
Şekil 14: Yıllık Ortalama Meteorolojik Verilere ve 2008 Yılı Gaz Ölçümüne Göre CO_2'nin Dağılımı....327
Şekil 15. Yıllık Ortalama Rüzgar Hız ve Yönüne Göre CO_2 Gazının 2008 Ölçüm Sonuçlarından 1000 Misli Artması Sonucu Gaz Dağılımı....327
Şekil 16. Risk Zonları Haritası, Uzaklık Analizi ve Yükselti Parametreleri ile Yıllık Ortalama Rüzgâr Yünü Kullanılarak Üretilmiştir....329
Şekil 17. Genel Risk Değeri ve Yıllık Meteorolojik Verilere Göre H_2S Gazı Değerinin 100 ve 1000 Kat Artması Halinde Risk Değeri Haritası....330
Şekil 18. Genel Risk Değeri ve Yıllık Meteorolojik Verilere Göre CO_2 Gazı Değerinin 100-1000 Kat Artması Halinde Risk Değeri Haritası....330

15. BÖLÜM

Şekil 1. Bir Dendogramın Parçaları....337
Şekil 2. Sağdaki Dendogram Soldaki Kümeleri İfade Etmektedir....338

Şekil 3. K-Ortalamalar Yöntemi Şeması 338
Şekil 4. Havzaların Ortalama Eğimleri 341
Şekil 5. Havzaların Ağırlık Merkezleri 341
Şekil 6. Ward Yöntemine Göre Kümeleme Analizi Sonuçları 342
Şekil 7. K-Ortalamalar Yöntemine Göre Sonuç Küme Merkezleri 343
Şekil 8. K-Ortalamalar Yöntemine Göre Kümeleme Analizi Sonuçları 343
Şekil 9. K-Ortalamalar ve Ward Yöntemine Göre Yapılan Kümeleme Analizlerinin Farkları 344

TABLOLAR LİSTESİ

2. BÖLÜM

Tablo 1. Bantlara Ait Katsayılar 41

3. BÖLÜM

Tablo 1. Heyelanların Sınıflandırılması 63
Tablo 2. Yamaç Eğimi Frekans Oranları 65
Tablo 3. Litoloji-Frekans Oranları 67
Tablo 4. Bakı Frekans Oranları 69
Tablo 5. Yükselti Frekans Oranları 71
Tablo 6. Arazi Örtüsü Frekans Oranları 73
Tablo 7. Ana Faylara Yakınlık Frekans Oranları 75
Tablo 8. Yamaç Eğriselliği Frekans Oranları 77
Tablo 9. Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi Frekans Oranları 79
Tablo 10. Toprak Sınıfları Frekans Oranları 80

4. BÖLÜM

Tablo 1. Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıfları ve Temsil Ettikleri Alanlar 94
Tablo 2. 2011, 2015 ve 2019 Yılı Arazi Örtüsü/Kullanımı Haritalarının Doğruluk Analizi 96
Tablo 3. 2011-2019 Yılları Arasında İzmit Şehrinin Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflarının Dönüşüm Olasılığı Matrisi 98
Tablo 4. 2019 Yılı Simülasyon Haritasının Doğruluk Analizi 100
Tablo 5. 2011-2023 Yılları Arasında İzmit Şehrinin AÖ/AK Alanları 104

5. BÖLÜM

Tablo 1. Yağış-Akış Modellerinin Karakteristik Özelliklerinin Sınıflandırılması 108
Tablo 2. SUFI Algoritması ile Bartın Havzasında SWAT Modelinin Kalibre Edilen Değerleri 120
Tablo 3. Bartın Çayında Meydana Gelen Tarihsel Taşkınların Tarih ve Maksimum Akımları ile Tekerrür Aralıkları 125

6. BÖLÜM

Tablo 1. Morfolojik Birimlerin Derecelere Göre Alansal Dağılımı 137
Tablo 2. Araştırma Alanındaki Arazi Örtüsü Çeşitleri ve Oranları.....139
Tablo 3. Araştırma Alanında Yer Alan Arazi Tiplerine Ait Duyarlılık Sınıf Cetveli 140
Tablo 4. Araştırma Alanında Arazi Örtüsüne Göre Duyarlılık Sınıfı 141
Tablo 5. Araştırma Alanındaki Bitki Örtüsü Nitelikleri, Duyarlılıkları ve Alanları 152
Tablo 6. Araştırma Alanı Toprak Grupları ve Oranları.....154
Tablo 7. Araştırma Alanında Büyük Toprak Gruplarına Göre Yapılan Duyarlılık Dereceleri Alanları 156

8. BÖLÜM

Tablo 1. İncekaya Volkanik Alanı Örnek Tablosu.....190
Tablo 2. İncekaya-Reşadiye Alanı Örneklerinin WDS (Dalgaboyu Dağılımı Spektrometresi) Analiz Sonuçlarına Göre Ana Element Değerleri 191
Tablo 3. İncekaya-Reşadiye Alanına Ait 4 Pomza Örneğinin ICP-AES Değerleri Tablosu 195

9. BÖLÜM

Tablo 1. Meteoroloji İstasyonları 199
Tablo 2. MGM'nin Yağış Şiddeti Sınıflamasına Göre Oluşturulan Yağışlı Günler ve Oransal Dağılımı 210
Tablo 3. 15.07.2018 – 11.05.2019 Tarihleri Arası Dağlık Alanlarda Bulunan İstasyonlar ile Karadağ'ın Güney Yamacına Kurduğumuz Meteoroloji İstasyonuna Ait Sıcaklık-Yağış Verileri.....211
Tablo 4. Farklı Enterpolasyon Yöntemlerine Göre Dağlık Alanların Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C) Verileri.....213
Tablo 5. Farklı Enterpolasyon Yöntemlerine Göre Dağlık Alanların Yıllık Ortalama Yağış (mm) Verileri.....214

11. BÖLÜM

Tablo 1. SPOT-7 Uydusunun Sensör Özellikleri 254
Tablo 2. Sınıflandırma Sonucunda Sınıflara Göre Tarla Sayısı ve Alanları.....262
Tablo 3. Doğruluk Değerlendirmesi İçin Oluşturulan Hata Matrisi 264

12. BÖLÜM

Tablo 1. Çalışma Kapsamında Temin Edilen Veriler.....272
Tablo 2. Analitik Hiyerarşi Prosesi'nde (Ahp) Karşılaştırma Tablosu.....273

13. BÖLÜM

Tablo 1. Çalışma Sahasının Yakın Çevresinde Yer Alan Meteoroloji İstasyonları ve Bunlara Ait Rasat Tipi, Süresi ve Rasat Verileri.....290

Tablo 2. IDW, Kriging, Spline ve WorldClim Sıcaklık Haritalarından Elde Edilen Yıllık, Ocak ve Temmuz Dönemlerine Ait En Yüksek ve En Düşük Ortalama Sıcaklıklar....301
Tablo 3. IDW, Kriging, Spline ve WorldClim Yağış Haritalarından Elde Edilen Yıllık En Yüksek ve En Düşük Ortalama Yağışlar....306

14. BÖLÜM

Tablo 1. Ocak 2010'da Kuyudan 7 Metre Mesafeden Alınan Numune Analiz Sonuçları....317
Tablo 2. Yükseltiye Göre Tehlike Zonları....328
Tablo 3. Kuyuya Uzaklıklarına Göre Tehlike Zonları....329
Tablo 4. Gaz Çıkış Miktarlarına Göre Beşeri Özelliklerin Etkilenme Dereceleri....331

15. BÖLÜM

Tablo 1. Havza Karakteristikleri....340

1. BÖLÜM

ŞEHİR SELİ VE TAŞKINI ARAŞTIRMALARINDA SAYISAL YÜZEY MODELLEMESI (SYM) VE İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) VERİSİ KULLANIMI

Prof. Dr. Hüseyin TUROĞLU - İstanbul Üniversitesi

Giriş

Şehir seli ve taşkınlarının sıklıkları ve şiddet özellikleri giderek artış göstermekte ve afet niteliği kazanarak gündeme gelmektedir. Bu durumu tetikleyen, teşvik eden ya da kontrol eden fiziki ve beşeri coğrafya parametrelerinden söz edebiliriz (Turoğlu, 2004; Turoğlu, 2005; Turoğlu, 2007; Turoğlu, 2011a, 2011b, 2011c; Turoğlu, 2016b; Turoğlu ve Dolo, 2017). Şehir seli ve taşkınları duyarlılık ve risk sınıflama analizlerinin yapılmasında; bu doğa olaylarını kontrol eden, yönlendiren coğrafi parametrelere ait veri üretilmesi birinci derecede önem arz eder. Verinin yersel çözünürlük seviyesi ve bu verilerin güncelliği, sel taşkın analizlerinin güvenilir sonuçları için temel belirleyici hususlardır. Güncel ve yüksek yersel çözünürlükteki coğrafi veri detaylı ve güvenilir analizlerin temel koşulunu oluşturur. Yüzey modellemeleri; şehir seli ve taşkınları çalışmalarında kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri uygulamalarıdır. İnsansız Hava Araçları (İHA) ise yüzey modellemeleri için ihtiyaç duyulan uzaktan algılama veri toplama platformudur (Turoğlu, 2016a).

Şehir Seli ve Taşkınları Coğrafi Parametreleri

Yüzeysel akışın yönü ve akım birikimi; yeryüzü eğim koşullarının kontrolünde şekillenir ve gelişim gösterir. Eğim koşulları; doğal ortama ait, insan müdahalesinin olmadığı ya da farklı yapılaşmalar ve diğer beton, asfalt, vb. sert yüzeylere ait olabilir. Akarsu havzasında gerçekleşen infiltrasyon, bitki örtüsünün suyu kullanması ve tutması (intersepsion), su rezervuarlarında suyun depolanması ve hatta buharlaşma (evaporasyon) ile gerçekleşen su kayıpları; yağmur ve/veya kar erime sularının tamamının yüzeysel akışa geçmesini engeller. Yüzeysel akışın akım mik-

tarı akarsu havzasına gelen su miktarı ile akış sırasındaki su kayıpları arasındaki basit bir bilançoya bağlıdır (Turoğlu, 2010a). Bu bilançoda su kayıpları ne kadar azalırsa, akışa geçen ve toplanan su miktarı o oranda artar (pozitif bilanço). Pozitif bilanço ve seviyesi; sel ve taşkın tehlikesinin riskini arttıran temel sebeplerinden biridir. Yapılaşmalar, beton, asfalt vb. geçirimsiz zeminler pozitif bilanço seviyesini ciddi anlamda yükselten şehirsel faktörlerdir.

Bir akarsuyun akış hızı ve su derinliğinde zaman içinde değişiklik olmuyorsa bu akış özelliği "Düzenli akış", eğer akış hızı ve su derinliğinde zaman içinde değişiklik oluyorsa bu akış ise "Düzensiz akış" olarak tanımlanır. Düzensiz akış; genel prensip olarak hem akarsu yatak özelliklerine, drenaj sistemine, zeminin geçirimlilik derecesine, bitki örtüsü varlığına hem de kaynağı ne olursa olsun toplanan ve akışa geçen su miktarı ile de doğrudan ilişkilidir. Sel ve taşkınlar; düzensiz akışa sahip akarsuların doğal hidrografik olaylarıdır. Şehir sel ve taşkınları; bu genel prensiplere antropojenik faktörlerin etkilerinin de dâhil olmasıyla gerçekleşir.

Sel ve taşkınlar; yüzeysel akış ile toplanan su kütlesinin yatak su taşıma kapasitesinin üstüne çıkması ile gerçekleşir. Dolayısıyla temel problem; yatak su taşıma kapasitesine göre, su fazlalığının oluşmasıdır. Bu su fazlalığının sebebi doğa olaylarına ait gelişmelerin ya da insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkar (Turoğlu, 2011b). Yukarıdaki perspektifte oluşan sıra dışı büyük hacimlerdeki su kütlesinin; kabaca bir akarsu yatağını takip ederek, su hacmine göre yatak kıyılarındaki alçak alanları da kaplayan, eğim yönünde, yüksek enerjili, kontrol dışı, su akışını sel olarak tanımlamak mümkündür (Turoğlu, 2004; Turoğlu, 2005; Turoğlu ve Özdemir, 2005; Turoğlu, 2007; Turoğlu, 2010a; Turoğlu, 2011c) . Bu akış sırasında doğal ortam ile insan yapılarında zarar ve hasarlar meydana gelir, insan yaşamını olumsuz şekilde etki eder, can ve mal kayıplarına neden olabilir (Turoğlu, 2004; Turoğlu, 2005; Turoğlu, 2011c; Turoğlu, 2016b). Taşkınlar; sıra dışı büyük hacimlerde bir araya gelen su kütlesinin akarsu yatağı çevresindeki düz, düze yakın taşkın sahasında bir süreliğine göllenmesini ifade eder (Turoğlu, 2004; Turoğlu, 2005; Turoğlu ve Özdemir, 2005; Turoğlu, 2007; Turoğlu, 2010a; Turoğlu, 2011c). Birkaç gün, ya da bazen bir haftayı bulan geçici göllenme, taşkın suyunun yavaş yavaş çekilmesi ile son bulur. Sel kısa süre için (birkaç saat ya da yarım gün gibi) etkili olan, yüksek enerjili hareket eden büyük hacimdeki su kütlesini temsil ederken, taşkın alçak düzlüklerin su istilasıyla ile gerçekleşen bir göllenmeyi tanımlar (Turoğlu, 2004; Turoğlu, 2005; Turoğlu ve Özdemir, 2005; Turoğlu, 2007). Sel ve taşkınların "Afet" olarak nitelendirilmesi ise doğal ortam, insan yapıları üzerinde meydana getirdikleri hasarların ve insan yaşamında neden oldukları olumsuz değişikliklerin boyutlarına bağlıdır.




Foto 1a-b: Samsun'un Salıpazarı İlçesi'nde iki kişinin yaşamını yitirdiği Yeşil Dere seli. Salıpazarı'nda saat 11:00 civarında başlayan şiddetli yağmur, 2 saat gibi kısa bir sürede sele neden oldu (23 Ağustos 2019).




Foto 2a-b: Samsun'u etkileyen şiddetli sağanak yağış Terme'de taşkına neden olmuştu (23 Ağustos 2019).

Sel ve taşkınlar bir sonuçtur. Sahanın jeomorfolojik, hidrografik, bitki ve toprak örtüsü, arazi kullanımı özellikleri ise bu sonucu hazırlayan coğrafi parametrelerdir. Bu coğrafi özellikler akarsu havzası ölçeğinde yüzeysel akışın sel ve taşkına dönüşüp dönüşmeyeceğini belirler ya da yönlendirirler. Dolayısıyla sel ve taşkınlar; temel prensip olarak, akarsu havzası ölçeğinde ve olayı belirleyen coğrafi bütünlük ihmal edilmeden çalışılması gerekir. Şehir alanı, bir akarsu havzasının herhangi bir bölümü olabileceği gibi ayrıca birden fazla akarsu drenaj havzası içinde de yer alıyor olabilir.

Şehir seli ve taşkınları; klasik sel ve taşkın tanımlamalarından farklı özelliklere sahiptir. Tetikleyici, yönlendirici, şiddet belirleyici faktörler bu farkın temel bileşenleridir. Bu yüzden şehir seli ve taşkını araştırmalarında oluşturulan veri tabanı içeriği, klasik sel ve taşkın çalışmasına ait veri tabanı içeriğinden farklılık göstermesi gerekir. Temel prensip olarak, sıra dışı su kütlesi; mevcut eğim yönünde hareket eder ve sel oluşturur ya da alçak, çukur alanları istila ederek, göllenir ve taşkına dönüşür. Bu temel prensip şehirler için de aynen geçerlidir. Ancak dikkat edilmesi gereken çok önemli bir husus vardır. Şehir seli ve taşkını için muhak-

kak çok büyük hacimdeki su kütlesi gerekmeyebilir. Şehir planı, uygulanan yapılaşma, altyapı (yol, açık/kapalı yağmursuyu drenajı, su kanalları, kanalizasyon, vb.) imkânları, bunların güncel ve çalışıyor olup olmaması şehir seli ve taşkını için belirleyici fiziki faktörlerdir. Bu parametrelerin su akışını engelleyici, yüksek debi kazandırıcı ya da göllenmeye neden olan karakterlerde olması şehir seli ve taşkınların temel sebebi olarak kabul edebiliriz (Turoğlu, 2010a; Turoğlu, 2010b). Bu koşullarda, büyük su kütlesinin oluşmasına ihtiyaç kalmadan sel ve taşkınlar oluşabilir ve hatta bu sel ve taşkınlar afetlere dönüşebilir. Jeomorfoloji (eğim, bakı, yüksekti, hidrodinamik prensipler, vd.) ve iklim elemanları (özellikle sıcaklık, yağış, rüzgâr), şehir seli ve taşkınlarını yönlendiren, kontrol eden fiziki coğrafi parametreleridir. Şehir coğrafyası ve şehirsel altyapı özellikleri ise şehir sel ve taşkınlarını etkileyen beşeri coğrafya parametreleridir.

Şehir seli; şehir taşkınlarından farklı olarak su kütlesinin sızdırmaz yüzeyler ve şehirsel yapıların yönlendiriciliğindeki yüksek enerjili, kontrol dışı akışını tanımlar. Bu akışta cadde ve sokaklar akarsu kanalları gibi çalışır. Birkaç saat içinde etkili olur, hasar verir ve sular yatağına çekilir; Turoğlu, 2010a; Turoğlu, 2016; Turoğlu, 2017).

Şehir taşkını; yoğun nüfusa sahip şehirsel yapılaşma alanlarında jeomorfoloji, iklim, şehir planı, yüzeysel drenaj ve altyapı hatalarına ve/veya yetersizliklerine bağlı olarak gerçekleşen su basması ve göllenmenin meydana gelmesi olayıdır. Birkaç gün ya da nadiren daha uzun bir süre etkili olur ve yavaş yavaş çekilir (Turoğlu, 2004; Turoğlu, 2005; Turoğlu, 2007).



Foto 3a-b: Samsun'un Salıpazarı İlçesi'nde cadde ve sokaklar dere yatağı gibi çalışmıştır.



Foto 4a-b: Samsun'un Salıpazarı İlçesi'nden gelen sel suları Terme'de şehir içindeki alçak, çukur mahallelerde taşkına neden olmuştur. Taşkın ile gerçekleşen göllenme daha sonra yavaş yavaş çekilmiştir.

Jeomorfoloji

Sel ve taşkın oluşmasında su kütlesi ve eğim koşulları temel belirleyici coğrafi parametrelerdir. Eğimli yüzeyler sel için uygun olmasına karşın, çukur, düz, düze yakın az eğimli yüzeyler ise taşkınlar için uygun morfolojilerdir. Yükselti, bakı ve engebelilik (doğal ya da yapay/yapılaşmalar) sel ve taşkınlar için etkili olan diğer jeomorfolojik unsurlardır (Turoğlu, 2010a). Bir şehrin, üzerinde geliştiği jeomorfoloji; şehrin gelişim şeklini ve yönünü, cadde ve sokakların planını, yağmur suyu, kanalizasyon ve yüzeysel su kanalları gibi altyapı tesislerinin projelendirilmesini ve uygulanmasındaki belirleyici faktördür. Bütün bu unsurların şehir seli ve taşkınları için de birinci derecede önemli rol oynadığı düşünüldüğünde, jeomorfolojinin şehir seli ve taşkınları için anlamı daha iyi anlaşılır (Turoğlu, 2011a; Turoğlu, 2011b).

Şehir seli ve taşkınlarında, jeomorfoloji etkinliğini ve kapsamını belirleyen doğru soru; "bu gün yağmur yağsa su nereden akar" sorusudur. Suyun nereden akacağını; o anki eğim koşulları ve altyapı imkânları belirler. Ne kadar suyun akışa geçeceğini; şehir içindeki sert, geçirimsiz yüzeyler, yeşil alanlar, yeşil alanlardaki bitki örtüsü, bu alanların infiltrasyon özellikleri belirleyici olur. Suyun ne şekilde akacağı ise şehir içi yapılaşma planı, bina, yol, alt ve üst geçitler, bahçe ve istinat duvarları, tüneller, vb. şehirsel yapılaşma projelerine bağlıdır. Her üç belirleyici faktör de jeomorfoloji temelli olarak şekillenir.

İklim

Yağışın türü (yağmur, kar, dolu), yağışın süresi, yağışın şiddeti, yağışın miktarı, yağışın akarsu havzası içindeki dağılışı, zeminin nem içeriği, evapotranspirasyonu etkileyen diğer coğrafi koşullar; sel ve taşkınlar için belirleyici olan klimatik özelliklerdir (Turoğlu, 2010a; Turoğlu, 2011a; Turoğlu, 2011b). Büyük hacimlerdeki su kütlelerinin toplanmasını ve şehir seli oluşumunu teşvik eden yağış rejimi; ani kısa sürelerde, günlük 25 mm den daha fazla miktarlarda gerçekleşen sağanak yağışlardır (Turoğlu, 2014) . Bu yağışlarla gelen sular, şehirsel yapılaşmanın yüzey özellikleri nedeni ile önemli kayıp olmadan yüzeysel akışa geçer (Turoğlu, 2011b).

Şehirsel Çevre ve Yapılaşmalar

Çevre Düzeni Planı, Nazım İmar Planı ve Uygulama İmar Planı; şehirsel çevre ve yapılaşmalar için temel planlardır. Çevre düzeni planları; konut, sanayi, turizm ve ulaşım gibi şehrin ana planlamasını içerir. Nazım imar planları şehrin nüfus yoğunluğu ve şehirleşme olanakları dikkate alınarak gerçekleştirilir. Uygulama imar planları, nazım plan ile uyumlu olmalıdır. Şehrin gelişimi, yapılaşmalar ve her türlü altyapı projeleri bu planlara uyularak gerçekleştirilmek zorundadır. Şehirleşme olanakları ise büyük oranda jeomorfolojik özellikler ile sınırlıdır. Şehirleşmenin ne tür bir jeomorfoloji üzerinde geliştiği, eğim, yükselti, engebelilik, bakı gibi özellikler; şehirsel çevre ve yapılaşma projelerinin karakterlerinin doğrudan belirleyicisidir.

Şehir nüfuslarındaki hızlı artış; şehirlerin daha geniş alanlara kontrolsüzce yayılmasına ve artan nüfusun ihtiyaçlarına cevap verecek şehirsel yapılaşmaların gerçekleşmesini tetiklemektedir. Bu perspektifte gelişen hızlı şehirleşme genellikle uygulama imar planları ile uyumlu değildir. Bu durum; mevcut nazım ve uygulama imar planlarının sık sık revize edilmesi ve bu planların şehrin hâlihazır güncel çevresel koşulları ile uyumlu hale getirilmesi ihtiyaçlarının duyulmasıyla doğrulanmaktadır.

Şehirleşme, yüzeysel akış üzerindeki etkisini iki şekilde gösterir. Bunlardan biri yağışla gelen su miktarındaki kayıpları azaltma etkisidir. Diğeri de yüzeysel akışın doğal drenaj özelliğini değiştirme etkisidir.

Şehirleşmenin doğal sonucu olarak beton, asfalt vb. örtülerden oluşan sert ve geçirimsiz zeminler yaygınlaşır. Şehirleşme ile ortaya çıkan geçirimsiz zeminler ile birlikte yapılaşmalar; sadece doğal eğim koşullarını değiştirmekle kalmaz, ayrıca infiltrasyonu da engeller. Yağışla gelen suyun yüzeysel akışa geçen miktarı, zeminin sızdırma özelliğine bağlıdır. Geçirimsiz sert zeminler; yağmur suyunun

sızmasını/infiltre olmasını engelleyerek, yüzeysel akışa geçen su miktarının artmasına neden olur (Turoğlu, 2011a; Turoğlu, 2011b). Bitkiler tarafından tutulan su miktarı da şehirlerdeki yeşil alanların ortadan kaldırılmasıyla birlikte yüzeysel akışa katılır.

Şehirsel yapılaşmalar; ihtiyaçlar çerçevesinde ortaya çıkan, şehirleşmenin doğal bir sonucudur. Ancak, hidrografik prensipler dikkate alınmadan gerçekleştirilen şehirsel yapılaşmalar; doğal akım yönü ve su birikimini değiştiren, akım miktarının artmasında doğrudan rol üstlenen antropojenik fiziki engeller olarak çalışırlar (Einfalt, vd. 2007; Turoğlu, 2010a; Turoğlu, 2010b; Turoğlu, 2011a; Turoğlu, 2011b).

Konut, iş yeri, sanayi tesisleri gibi farklı amaçlar için inşaa edilen çok katlı ya da yatay yayılıma sahip binalar, değişik niteliklerdeki yol projeleri, alt ve üst geçitler, köprüler, tüneller, park-bahçe vb. özelliklerdeki projelendirilmiş yeşil alanlar; uygulama imar planındaki şehirsel yapılaşmaların ana unsurları arasındadır. Hızlı nüfuslanmaya bağlı olarak kontrolsüz gelişen şehirsel yapılaşma, hatalı altyapı projelerinin uygulanması, bu tür projelerin uygulanmasına göz yumulması, mevcut altyapının değişen şehirsel çevreye uyumlu hale getirilmemesi; özet olarak jeomorfolojinin dikkate alınmamasının, şehirleşme olanaklarının gözardı edildiğinin çarpıcı kanıtlarıdır. Bu ihmal daha sonra şehir seli ve taşkını tehlikelerin yüksek risklerini gündeme getirmektedir.

Şehir Morfolojisi ve Drenaj

Yüzeysel drenaj; akarsu havzalarının kendi su toplama alanlarını temsil eder ve bu alanın eğim, yükselti, engebelilik ve bakı özelliklerine, bir başka ifadeyle jeomorfolojik özelliklerine bağlı olarak şekillenir. Dolayısıyla, yüzeysel drenajın doğal akım birikimi ve akım yönünün oluşmasındaki temel belirleyici faktör jeomorfolojidir. Şehirlerin de bir morfolojisi vardır (Çalışkan ve Marshall, 2011; Hoa, 2013; Hoa ve Chau, 2016). Şehirlerin morfolojisi; jeomorfolojik birim/ünite üzerinde gelişen şehirsel çevre ve yapılaşmaların birlikte oluşturdukları morfolojidir. Binalar, binaların yoğunlukları ve dağılışları, yollar, köprüler, geçitler, tüneller, her türlü duvarlara ait şehirsel yapılaşmaların yatay ve düşeydeki geometrileri şehir morfolojisinin unsurlarıdır. Bu morfoloji de çok büyük oranda üzerinde yer aldığı yeryüzü şekline, jeomorfolojiye bağlı olarak yatay ve dikey olarak şekillenir ya da normal olarak şekillenmelidir.

Şehir morfolojisi haritaları; şehrin fiziki yapısını tanıtan haritalardır. Yapıldığı tarihteki şehirsel çevre özelliklerini yatay ve düşey geometrilerini ve dağılış özelliklerini, şehrin fiziki yapısına ait doğal ve yapay eğim, yükselti, bakı, enge-

belilik karakterlerini gösterir. Su; bu koşulların kontrolünde akışını gerçekleştirir. Eğer açık/kapalı drenaj kanalları yeterli değilse ya da çalışmıyorsa veya değişen şehirsel çevre koşullarına göre yenilenmemiş ise bu durumda cadde ve sokaklar yağmur suyunun yapay akış kanalları olarak çalışır. Cadde ve sokaklar, anayollar mevcut dere yataklarından daha alçak kotlarda inşaa edilmişse, sonradan inşaa edilen konut, sanayi, vb. yapılar doğal akış ve göllenme kotlarından daha alçak kotlarda yer almış ise sel ve taşkınlardan zarar görmemeleri mümkün değildir.

Şehir seli ve taşkını çalışmalarında şehir morfoloji haritalarına ihtiyaç vardır. Şehir morfolojisi haritaları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknolojileri ile sel, taşkın amaçlı yeterli ölçekteki yersel ve zamansal çözünürlüklerde yapılabilmektedir. CBS ve UA teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilen yüzey modellemeleri, bu amaç için uygun yöntem olarak tercih edilmektedir.

Yüzey Modellemeleri

Coğrafi olarak; "Soyut" ve "Fiziksel" olmak üzere iki farklı yüzeyden söz edebiliriz (Turoğlu, 2016a). Burada konu edilen; "Fiziksel Yüzey"dir. İki boyutlu olan (2D) ve en az 3 noktadan oluşan, x:y koordinat çifti ile temsil edilen "alan" dan farkı fiziksel yüzeylerin üç boyutlu (3D) olmalarıdır. Fiziksel Yüzey modellemesi; nokta verisine dayanır. Düzenli nokta verileri "Grid" nokta verisi olup, raster yüzey modeli temel unsurudur (Düzenli Topolojik Model). Düzensiz nokta verisi ise vektör yapıdaki "Üçgenlendirilmiş Düzensiz Ağ (Triangulated Irregular Network – TIN)" yüzey modelini (Düzensiz Topolojik Model) temsil eder (Turoğlu, 2016a). Farklı fiziksel yüzey modellerinden söz edilebilir. Bunları; Sayısal Yükselti Modeli (Digital Elevation Model-DEM), Sayısal Arazi Modeli (Digital Terrain Model-DTM), Sayısal Yüzey Modeli (Digital Surface Model-DSM) olarak sınıflandırabiliriz.

Yüzey modellemelerinin lokasyon tanımlamaları "Düzlem veya Coğrafi Koordinat Sistemleri" ile yapılabilir. UTM (Universal Transverse Mercator) en yaygın kullanılan Düzlem Koordinat Sistemidir. Coğrafi Koordinat Sistemi ise "Enlem-Boylam" (Kuzey ve Doğu; DDS-Derece: Dakika: Saniye, DDO-Derece: Dakika: ondalık, DO-Derece-ondalık) formatında lokasyon tanımlaması yapılır (Turoğlu, 2016a).

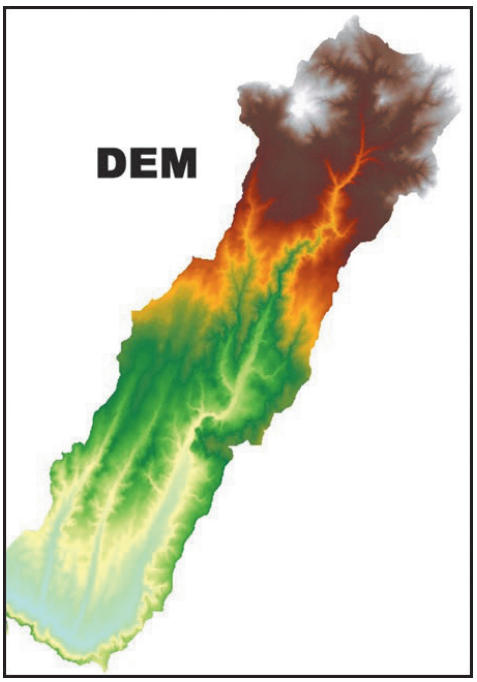
Sayısal Yükselti Modellemesi (DEM)

Sayısal Yükselti Modeli (Digital Elevation Model-DEM) raster tabanlı, grid nokta verisi ile üretilen 3 boyutlu (3D) yüzey modelidir. Her bir hücre bir yükselti değerine sahiptir. Hücreler; kolon-satır düzeni içinde, örtüden yoksun bir arazinin

yükselti özelliklerini yansıtan, sınırları belli bir sahaya ait grid organizasyonunun temel elemanlarıdır. Bir başka ifade ile DEM; topografyaya ait doğal yükselti değerinin pikseller ile tanımlandığı, raster tabanlı "Düzenli Topolojik Model" dir (Turoğlu, 2016a) (Şekil 1).

DEM veri dosyasının yersel çözünürlüğü hücre boyutları ile ilişkilidir. Hücre boyutlarının küçülmesi ile doğru orantılı olarak DEM verisinin detay özelliği artar. Ya da hücre boyutlarının büyümesi ile yersel çözünürlük kötüleşir, hücre tanımlamasında otomatik genelleştirme nedeni ile baskın olan özellik ön plana çıkar, DEM verisinin detay özellikleri kaybolur (Turoğlu, 2016a). Hücre boyutlarının büyük olduğu DEM verisinde ana yeryüzü şekilleri topografyayı temsil ederken, bu arazi modelinde küçük engebelikler, eğim değişiklikleri, hücre boyutları ile temsil edilemeyen küçük elemanter yer şekilleri görülemez. Ayrıca, DEM verisi örtüden yoksun topografyayı temsil eden yüzey modeli olduğundan, binalar, köprüler, yollar, vb. beşeri yapılar ile birlikte ağaçlar, genel anlamda bitki örtüsü, su rezervuarları, vb. doğal örtüler bu yüzey modelinde görülemez. Bu özellik, DEM yüzey modelini diğer yüzey modellerinden ayıran önemli farklılığıdır.

DEM yüzey modelinin örtüden yoksun, çıplak topografyayı tanımlıyor olması doğal topografyaya ait fiziki coğrafya çalışmalarında tercih edilir. Bu çalışmalardan biri hidrolojik analizlerdir. Bu kapsamda; havza belirlemesi, akarsu dizin analizleri, doğal akım birikimi ve doğal akım yönü belirlemeleri gibi hidrolojik analizler gerçekleştirilebilir. Yamaç hareketleri de yersel çözünürlüğü yüksek olan DEM yüzey modeli verisi ile sağlıklı olarak gerçekleştirilebilir. Bu çalışmaları; yavaş gerçekleşen kütle hareketlerinin izlenmesi, sürünme (creep) hız belirlemeleri ve önleme-zarar azaltma çalışmaları, topografya yüzeyindeki hareketlilikler, yarıntı erozyonu gelişiminin izlenmesi ve analizleri, vb. çalışmalar için de DEM yüzey modeli kullanılır. Yapısal jeomorfoloji,



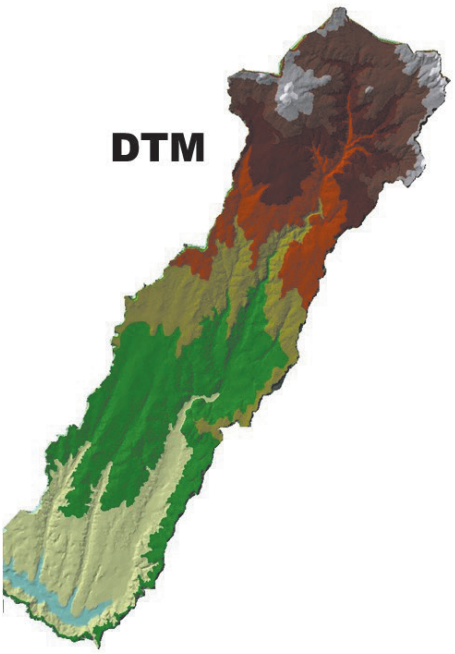
Şekil 1. Raster Veri Yapısındaki DEM Verisi

tektonik jeomorfoloji araştırmaları için DEM yüzey modeli kullanılarak önemli analiz sonuçları elde edilebilir. DEM yüzey modelinin güvenilir sonuçlar verdiği diğer uygulamalar ise arazi potansiyeli ve arazi kullanım planlaması çalışmalarıdır.

Sayısal Arazi Modellemesi (DTM)

Sayısal Arazi Modeli (Digital Terrain Model-DTM) de, DEM gibi örtüden yoksun, çıplak topografya yüzeyini tanımlar. DTM verisi; nokta tabanlı, doğal topografyaya ait yükseklik verisine dayalı sayısal veri tabanıdır. Bu nedenle, çoğu kez DEM ile eş anlamlı olarak kullanılır. Temsil ettiği anlam ve uygulama, kullanım amaçları bakımından DEM ile DTM aynı yüzey modeli tipidir. Buna karşın, özellikle ABD ve diğer bazı ülkelerde DTM için; veri yapısı farklılığına dayandırılan bir ayırım kullanılır. Bu yaklaşıma göre, DEM raster tabanlı olmasına karşın, DTM vektör tabanlıdır. Dolayısıyla bu farklılığa dayalı DTM tanımlaması yapılması halinde; nokta tabanlı yükselti verisinin X:Y:Z formatında vektör yapısındaki veri tabanına dayandırılan, üç boyutlu örtüden yoksun yüzey modeli olduğu ifade edilebilir. Bir başka ifade ile DTM; topografyaya ait doğal yükselti değerinin hücre nokta verisi ile tanımlandığı, vektör tabanlı "Düzensiz Topolojik Model (TIN)" dir (Childs, 2011; Turoğlu, 2016a) (Şekil 2).

DTM de aynı DEM avantajlarına sahip olup, DEM ile gerçekleştirilebilen ve ilgili bölümde özetlenen tüm çalışmalar için de DTM verisi kullanılabilir. Veri yapısındaki farklılık nedeni ile DTM topografya yüzeyindeki değişikliklerin daha çarpıcı şekilde fark edilmesine imkân verir. Bir başka ifadeyle, vektör veri yapısı; yarılma derecesi yüksek engebeli, kısa mesafelerde yükseklik ve eğim değişikliklerinin olduğu arazilerin tanımlanması ve mekânsal analizleri için daha sağlıklı sonuçlara fırsat verir. Vektör veri boyutu ve dolayısıyla veri tabanı hacmi; topografyadaki yükseklik ve eğim değişkenliğinin derecesi ile doğrudan ilişkili ve bağımlıdır. Yarılma derecesi yüksek engebeli arazilerin yüzey analizleri, topografik düzensizlikler ve çizgisel-

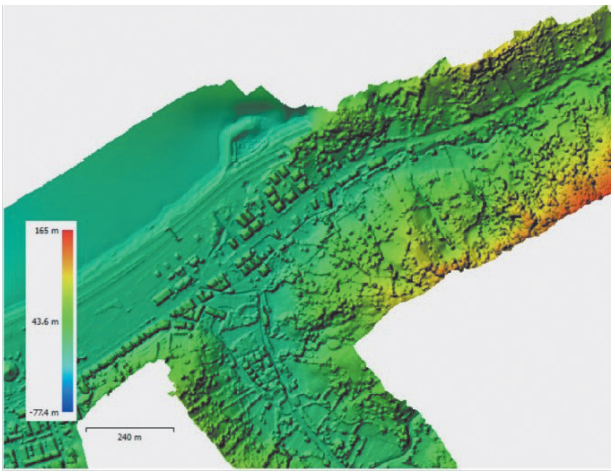


Şekil 2. Vektör Veri Yapısındaki DTM Verisi

liklerin belirlenmesi, hacim hesaplamaları, flüviyal sistem analizleri; vektör veri yapısındaki Düzensiz Topolojik Model olan DTM verisinin güvenilir olarak kullanıldığı uygulamalardan bazılarıdır.

Sayısal Yüzey Modellemesi (DSM)

Sayısal Yüzey Modeli (Digital Surface Model-DSM), doğal topografya yüzeyi üzerinde yer alan değişken yükseklik değerlerine sahip doğal (sınıflara ait bitki örtüsü, su yüzeyleri, vb.) ve beşeri örtülerin (binalar, kuleler, köprüler, yollar, tüm 3. boyutu olan beton yapılar, vb.) de dâhil edildiği yüzey modelidir. Sensörler tarafından algılanan, hesaplanan yükseklik verileri ilk yansıtma yüzeyini temsil eder. Bu yansıtma yüzeyi çıplak topografya yüzeyi olabileceği gibi örtü unsurlarına ait bir yüzey de olabilir. Dolayısıyla DSM; yeryüzü ve üzerindeki çıplak topografyayı, doğal ve yapay tüm örtü unsurlarını içeren yüzey modelidir (Şekil 3).



Şekil 3. Raster Veri Yapısındaki Yüksek Yersel Çözünürlüklü DSM Verisi

DSM verisi için yaygın olarak kullanılan iki veri toplama yönteminden söz edebiliriz. Bunlardan biri LIDAR (Light Detection and Ranging) kullanılan yöntemdir. Diğer kullanılan yöntem ise İnsansız Hava Aracı (İHA) (Unmanned Aerial Vehicle-UAV, Drone) dır. Görüntüleme/ölçüm prosesleri farklı olsa da her iki yöntem ile yüksek yersel çözünürlükteki yüzey verisine ulaşılır. Tercih edilmeleri ise çalışmanın amacı, çalışma alanının boyutları ile ilgili olduğu kadar aynı zamanda LIDAR ve İHA teknolojileri ile ilgili olarak sahip olunan imkânlara da bağlıdır.

LIDAR; lazer tarama yöntemi ile çalışan 3 boyutlu (3D) yüzey görüntüleme sistemidir. Havadan(Airborne), Karadan (Terressitial), Mobil (Mobile) olmak üzere 3 tipte, 360 derece görüntüleme/ölçüm yapabilen LIDAR kullanılmaktadır. LIDAR görüntüleme yöntemi temel mantık olarak SONAR ve RADAR görüntüleme sistemleri ile hemen hemen aynıdır. Aralarındaki farklar; SONAR'ın ses dalgaları ile RADAR'ın radyo dalgaları ile LIDAR'ın ise ışık ışınları (Lazer) ile

görüntüleme yapıyor olmasıdır. Hesaplama; LIDAR sensörü ile ışık ışınının yeryüzünde çarptığı obje/yüzey arasındaki mesafenin hesaplanması esasına dayanır. Lazer kaynağından çıkan ışınların yeryüzündeki objelere çarpıp geriye yansıması, ışık ışınlarının gidişi ile dönüşü arasındaki zaman farkının bilgisayar tarafından hesaplanıp, bulunan değerin ışık hızı ile çarpılıp, sonucun ikiye bölünmesiyle hesaplanır. Bu değer, ışının yeryüzündeki çarptığı noktanın yükseltisine dönüştürülür. Lazer taraması ile eş zamanlı olarak GPS ile koordinat ölçümü de yapılarak, yüksekliği ölçülen noktanın konum verisi alınır.

İnsansız Hava Aracı (İHA); bir pilot tarafından yer kontrollü, üzerinde kamera taşıyan, önceden belirlenen yükseklik ve uçuş planı dâhilinde bindirmeli, yüksek yersel çözünürlüklü foto çekimi yapan, uzaktan algılama veri toplama platformudur. İHA'ların otomatik, yarı otomatik ya da uzaktan kumanda ile manuel hareket yeteneğine sahip türleri kullanılmaktadır. İHA platformları ile elde edilen görüntüler kullanılarak, fotogrametrik yazılımlar aracılığı ile Sayısal Yüzey Modelleri (SYM/DSM) üretilir.

Şehir Seli ve Taşkınlarında DSM

Şehir sel ve taşkınları konulu çalışmalarda şehir morfolojisinin yüksek yersel çözünürlükteki veri tabanına ihtiyaç vardır (Leventi, vd., 2010; Aktaruzzaman, 2011; Bhandari, vd., 2015; Turoğlu ve Dolo, 2017; Backes, vd., 2019). Sayısal Yüzey Modeli (DSM); sel-taşkın amaçlı kullanım için şehir morfolojisinin doğal ya da yapay yüzey ayırımı yapmaksızın, zeminin yüksek yersel çözünürlükteki morfolojisini doğru ve detaylı şekilde tanımlar. Sağlıklı ve güvenilir bir sel, taşkın öngörüsünün yapılabilmesi için temel koşul; yüzey analizlerinin ve hidrolojik analizlerin yüksek yersel çözünürlükteki veri tabanına dayandırılmasıdır. Bu koşula bağlı olarak şehirlerdeki yüzeysel drenaj modellemeleri yapılabilir, yüzeysel akış yönü, su birikimi ve göllenme alanları belirlenebilir, akış ve göllenme problemleri tespit edilebilir, çözüm projeleri geliştirilebilir.

Akarsu havzaları sel-taşkın simülasyonlarına yönelik çalışmalar uzun bir süredir yapılmaktadır. Bu çalışmalarda sıklıkla HEC-RAS yazılımı tercih edilmektedir. HEC-RAS yazılımı; ilk versiyonu 1995 yılında kullanılmaya başlanan, daha sonra yeni versiyonları ile geliştirilen, doğal ve/ya yapay yüzeysel akış kanal ve sistemlerinde su akışının hidrolik modellemesi yapılabilen bilgisayar yazılımıdır. HEC-RAS yazılımı; 1D ve 2D yüzeysel akış modellemesi yapma yeteneğine sahip olup, bu işlemler için geometrik veri hazırlanması ya doğrudan TIN (DTM) ya da TIN formatına dönüştürülen DEM veri tabanı kullanılarak gerçekleştirilir. Dolayısıyla HEC-RAS analizleri için CBS, HEC-GeoRAS uygulamalarına ihtiyaç vardır (Sargın, 2013; Efe ve Önen, 2015; Brunner, 2016).

Düzenli ya da düzensiz rejimli akarsular için deyatlı 2D akarsu kanal modellemesi, 2D taşkın yatağı modellemesi, taşkın yatağı alanlarına birleşen alt havza kanalları, taşkın leveleri arkasındaki taşkın düzlüğü ile birleşen alt havza akarsu kanalları, drenaj alanları içinde ya da dışında kalan birikim düzlükleri, doğal drenaj sistemine bağlanan yapay drenaj kanalı sistemleri ve her türlü hidrografik yapı ve ayrıca detaylı baraj problemlerine ait analizler, detaylı akarsu taşkın levesi bozulmalarına ait analizler; yüksek çözünürlüklü DSM verisi kullanılarak CBS, HEC-GeoRas ve HEC-RAS yazılımları ile modellenebilir (Brunner, 2016; Hashemi-Beni, vd., 2018; Backes, vd., 2019).

Şehir Seli ve Taşkınlarında Veri Çözünürlüğü

Sağlıklı ve güvenilir şehirsel sel ve taşkın öngörü ve duyarlılık projelerinin yapılabilmesi veri çözünürlüğü ile doğrudan ilişkilidir. Sağlıklı ve detaylı sel ve taşkın çalışmalarının gerçekleştirilmesinin temel koşulu; analiz çalışmalarının yüksek çözünürlüklü verilere dayandırılmasıdır. Şehir seli ve taşkını araştırmalarında kullanılan verilerin mekânsal çözünürlük ve mekânsal verinin güncelliği ayrı ayrı önem taşır. Verinin mekânsal çözünürlüğü; verinin temin edildiği andaki (ham/işlenmemiş veri) piksel boyutudur. Yüksek mekânsal çözünürlükteki veriler "Piksel boyutu <1 m" olan DEM verileridir. Yüksek doğrulukta DEM'ler ise "Piksel boyutu <0.05 m" olan raster verisidir (Pichon, vd. 2016; Doumit ve Pogorelov, 2017; Lizuka, vd., 2018; Backes, vd., 2019). DSM verisinin temin edildiği tarih ise mekânsal verinin güncel olup olmadığını gösterir. Özellikle şehir morfolojileri çok hızlı ve kısa süreler içinde değişir. Bu değişiklikler su akışını ve göllenme koşullarını kontrol eden, yönlendiren coğrafi faktörlerdir.

DSM verisi mekânsal çözünürlüğünün şehir sel ve taşkını analiz sonuçları üzerindeki etkisi; sonuçların güvenilirliği ve detay özelliğini belirleyen niteliktedir. Yersel çözünürlüğü daha kötü olan verilerin kullanıldığı analiz sonuçları, yüksek yersel çözünürlükteki verinin kullanıldığı araştırma sonuçlarına göre daha genelleştirilmiş olup, taşkın alanı, su akış hızı ve su yayılış sınır detay özelliklerindeki hata oranı daha yüksektir. Şehir sel ve taşkını çalışmalarında kullanılan DSM yersel çözünürlüğünün değiştirilmesi, taşkın alanları, su derinlikleri ve akış hızları ile ilgili yapılan simülasyon sonuçlarında ciddi farklılıklara neden olur (Smith, vd. 2006; Yalçın, 2018a; Backes, vd., 2019).

Şehir morfolojisi, özellikle ülkemizde, çok hızlı bir değişim dinamizmine sahiptir. Sadece bir yıl içinde dahi; yıkılan ve yeni yapılan binalar, alt ve üst geçitleri, köprü, menfezler, yenilenen yol projeleri, şehir içi akarsu ıslah projeleri şehir morfolojisinin değişmesine neden olmaktadır. Bu değişiklikler ya da bunlardan birin-

de gerçekleşen değişiklik dahi etki alanı içindeki yağmur ile gelen suyun nereden akacağını yeniden belirler. Dolayısıyla şehir seli ve taşkını amaçlı DSM verisinin tarihi çok önemlidir. Eski tarihli şehir morfolojisini tanımlayan DSM verisi hatalı taşkın alanlarının belirlenmesine, hatalı sel-taşkın simülasyonlarının yapılmasına, hatalı önleme, zarar azaltma tedbir projelerine neden olur.

İnsansız Hava Aracı (İHA) Verisi

İnsansız Hava Aracı (İHA); havada kalma süresi, yatay ve düşey kontrol etme mesafesi, kamera yetenekleri gibi teknik özellikleri farklılık gösteren yer kontrollü hava araçlarıdır. İHA'lar tek uçuşta onlarca km^2 alanı tarayarak, yer referanslı 2D ve 3D orthomozaik verisi alabilirler (Turoğlu, 2016a). İHA verisi; uydu görüntüleri, diğer hava araçları ve LIDAR verileri ile karşılaştırıldığında, bu uzaktan algılama yöntemlerine göre önemli farklılıklara sahiptir. Bu farklılıklar; çalışma alanı ve amaçları dikkate alındığında İHA verisini avantajlı hale getirmekte, tercih edilir kılmaktadır. İHA'lar şehir sel ve taşkınlarında; öncesine ait önleme ve zarar azaltma çalışmaları için şehir morfolojinin belirlenmesi ve sonrasına ait taşkın alanlarının ve hasarın belirlenmesinde öncelikli olarak kullanılmaktadır. Bu tercihin diğer gerekçeleri şu şekilde özetlenebilir. İHA ile diğer uzaktan algılama (UA) yöntemlerine göre daha küçük alanlar için daha yüksek doğrulukta veri temin edilmektedir. İHA ile veri temini yine diğer UA yöntemlerine göre çok daha pratik, kolay ve kontrol edilebilirdir. İHA verisinin diğer önemli avantajı ise ekonomik olmasıdır. İHA pilotunun yerden kumandası ile birkaç saat içinde km^2 lerce alanın taraması yapılabilir. İhtiyaç duyulması halinde aynı saha, eksik ya da atlanmış alanlar ya da sonradan ihtiyaç duyulan bölgelerin taramaları seri şekilde yapılabilir. Yüksek doğruluktaki (piksel boyutları 0,05-0,10m, hatta 0,05m den küçük) şehir morfolojisi verilerine; istenilen zaman, sıklık ve tekrar fırsatı ile birkaç saat gibi kısa süre içinde ulaşmak mümkündür. (Turner, vd., 2011; Feng , vd., 2015; Turoğlu, 2016; Popescu, vd., 2017; Turoğlu ve Dolo, 2017; Lizuka, vd., 2018; Hashemi-Beni, vd., 2018; Backes, vd., 2019). Diğer UA yöntemleri ile karşılaştırıldığında, şehir seli ve taşkınları araştırmalarında İHA teknolojisinin daha fazla avantajlara sahip olduğu görülür.

İHA teknolojileri küçük alanların detaylı görüntülenmesi için uygun araçlardır. Bu yüzden İHA teknolojisi uydu ya da yüksek irtifa hava araçları aracılığı ile geniş bölgeler için temin edilen uzaktan algılama teknolojilerinin alternatifi değildir (Achille, vd., 2015). Ancak birçok güncel araştırma; yukarıdaki avantajları nedeni ile İHA teknolojilerinin arazi yüzeyini modellemek için en uygun veri toplama teknolojisi olduğuna işaret etmektedir (Turoğlu ve Dolo, 2017; Mourato, vd., 2017; Yalçın, 2018a; Lizuka, vd., 2018; Montgomery, vd., 2018; Yalçın, 2018b; Akay, vd., 2019; Backes, vd., 2019).

Önemli avantajlarına karşın, İHA teknolojilerinin kullanılmasına ait bazı dikkate alınması gereken teknik özelliklerden söz edebiliriz. Bunlardan biri; çekim yüksekliğinin, hatalı ölçümlere neden olmayacak şekilde planlanmasıdır. Diğer dikkat edilmesi gereken teknik konu ise çekim açısı ve ışık koşullarıdır. Bu iki teknik konu; çalışmanın amacı, çevresel koşullar, İHA teknolojisi, çalışma alanı, vb. hususlar dikkate alınarak doğru planlanması gerekir.

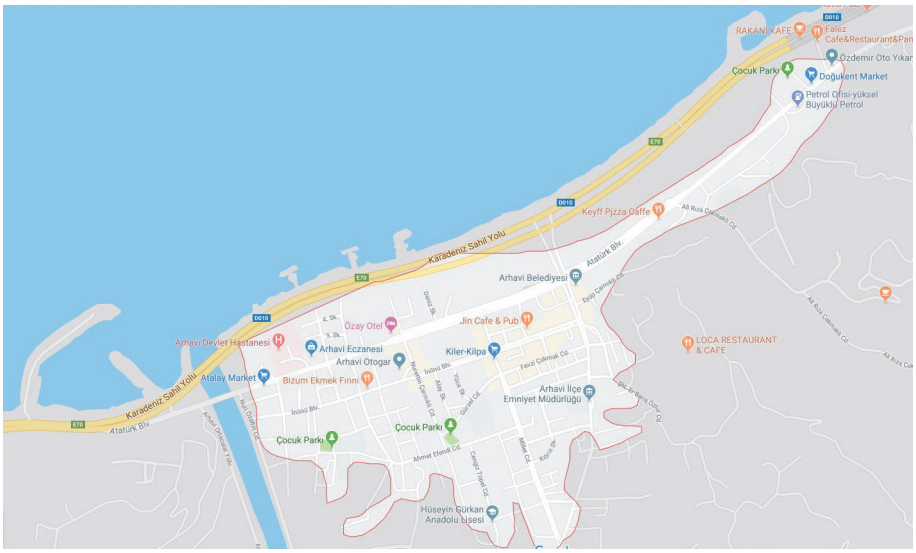
Foto çekim yüksekliğine bağlı olarak, üretilen İHA verilerinde; obje ve/veya yüzeyin fiziki özelliklerine ait gerçek ölçüm değerlerinden bazı farklılaşmalar ortaya çıkabilir. Bu farklılıklar; verinin iki ya da üç boyutlu olmasına ve yükseklik değerlerine bağlıdır. İki boyutlu yüzey uzunlukları ve alan değerlerinde göz ardı edilebilir düşük farklılıklar oluşabilir. Üç boyutlu olarak alınan ve hacim ifade eden objelere ait veri doğruluk düzeyleri, ölçüm yapılan yükseklik ile doğrudan ilişkidir. İHA ölçüm yüksekliği 10m den az olduğunda gerçek boyutlardan daha büyük boyutlar ölçülmüştür. Ölçüm yüksekliği arttıkça, objelere ait gerçek hacimsel değerden uzaklaşıldığı ve bu değişikliğin yüksekliğin artması ile doğru orantılı olarak gerçekleştiği gözlenmiştir (Özcan ve Akay, 2016; Özcan, 2017; Akay, vd. 2019).

İHA verisi handikaplarından biri de objelere ait gölge problemidir. Özelikle düşük ışık koşulları altında yapılan taramalarda, ışık yetersizliğine ya da ışık geliş açısına bağlı gölge kaynaklı, objelerin şekil ve boyut özelliklerinde bazı farklı algılama hataları belirlenmiştir (Anita, vd. 2017). Sınıflamalardaki gölge problemine, İHA verisi piksel boyutlarının da önem arz ettiği belirlenmiştir. 0,03 - 1,00 m arasında değişen farklı piksel boyutları için gölge hatası problemi araştırılmış, olup, daha yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip verilerin gölge problemi açısından daha yüksek bir doğruluğa sahip olduğu görülmüştür (Anita, vd. 2017).

İHA Verisi ile Arhavi Şehir DSM Örneklemesi

İHA verisi ile DSM üretilmesi, DSM verisinin şehir seli ve taşkını modellemesi ve öngörüler yapılması amaçlı kullanılması Arhavi şehir seli ve taşkını örneklemesi ile verilmiştir. Arhavi'de gerçekleşen şehir seli ve taşkınları çok büyük maddi ve manevi zararlara neden olmaktadır (Turoğlu, 2016b) (Şekil 4; Foto 5, 6, 7). 2017 yılında Arhavi Belediyesi'nin desteği ile Arhavi şehir seli ve taşkınlarına ait bir araştırma projesi gerçekleştirilmiştir (Turoğlu, 2017). Bu kapsamda bir de yüksek lisans tezi tamamlanmıştır (Dolo, 2018). Bu çalışmanın bir bölümüne ait veri tabanı örnekleme amacı ile kullanılmıştır.

Arhavi; Artvin İli'nin Karadeniz kıyısındaki ilçelerinden biridir (Şekil 4, Foto 6). Şehir; Kapistre Deresi doğu taşkın düzlüğü, Musazade Deresi, Yukarı Hacılar Deresi ve Aşağı Hacılar Deresi dar alanlı mansap düzlükleri üzerine kurulmuş, daha sonra ise denizin doldurulması ile kazanılan alana ve vadi içleri ile yamaçlara doğru genişleyerek günümüz yayılışına ulaşmıştır (Şekil 4, Foto 5).



Şekil 4. Ana Hatlarıyla Arhavi Şehir Planı (Google Maps)



Foto 5. Arhavi Şehri. Batı Yönüne Bakış





Foto 6a-b: 01 Eylül 2016 tarihindeki şiddetli sağanak yağış birkaç saat içinde Arhavi'de şehir seline neden olmuştur.





Foto 7a-b: Arhavi; 01 Eylül 2016 tarihinde gerçekleşen sıra dışı yağış ile gelen sel sularının şehir merkezindeki alçak ve çukur cadde ve mahallelerde birikip, göllenmesi ile şehir taşkını afetinden zarar görmüştür.

Hazırlık Çalışmaları

Araştırmada Arhavi Belediyesi'ne ait "DJI PHANTOM 4" İHA (Drone), 1/2.3" CMOS image sensor (Effective pixels:12.4 M) ve Pix4D Capture Autopilot Software yazılımı kullanılmıştır.

"DJI PHANTOM 4" İHA; maksimum 30 dakika havada kalma/uçuş süreli, 20MP fotoğraf çekebilen, 35-50 km/h uçuş hızına sahip, yüksek çözünürlüklü slow motion video çekimler de yapabilen bir multikopterdir (Şekil 5).



Şekil 5. Çalışmada "DJI PHANTOM 4" tip İHA (Drone) kullanılmıştır.

Pix4D Capture Autopilot Software; bir İHA ve kamera sistemi ile yüzey modellemesi için RGB, multispektral, termal

özelliklerde veri temin eden hava aracına dönüşen teknolojiyi çalıştıran ve yaygın olarak tercih edilen bir yazılımdır.

Arhavi şehir alanı 3 akarsuyun aşağı çığırı, düzlüğü ve dolgu sahasıdır. Jeomorfoloji, arazi kullanımı ve şehirsel yapılaşma, yüzeysel drenaj yapıları, sahil yolu projesinin fiziki değişiklikleri Arhavi şehir seli ve taşkınları için teşvik edici nitelikteki coğrafi koşullardır. Bu koşullar dikkate alınarak Şekil 6 daki İHA ayarları ve uçuş ve çekim planı ile görüntüleme bölgeleri belirlenmiştir.

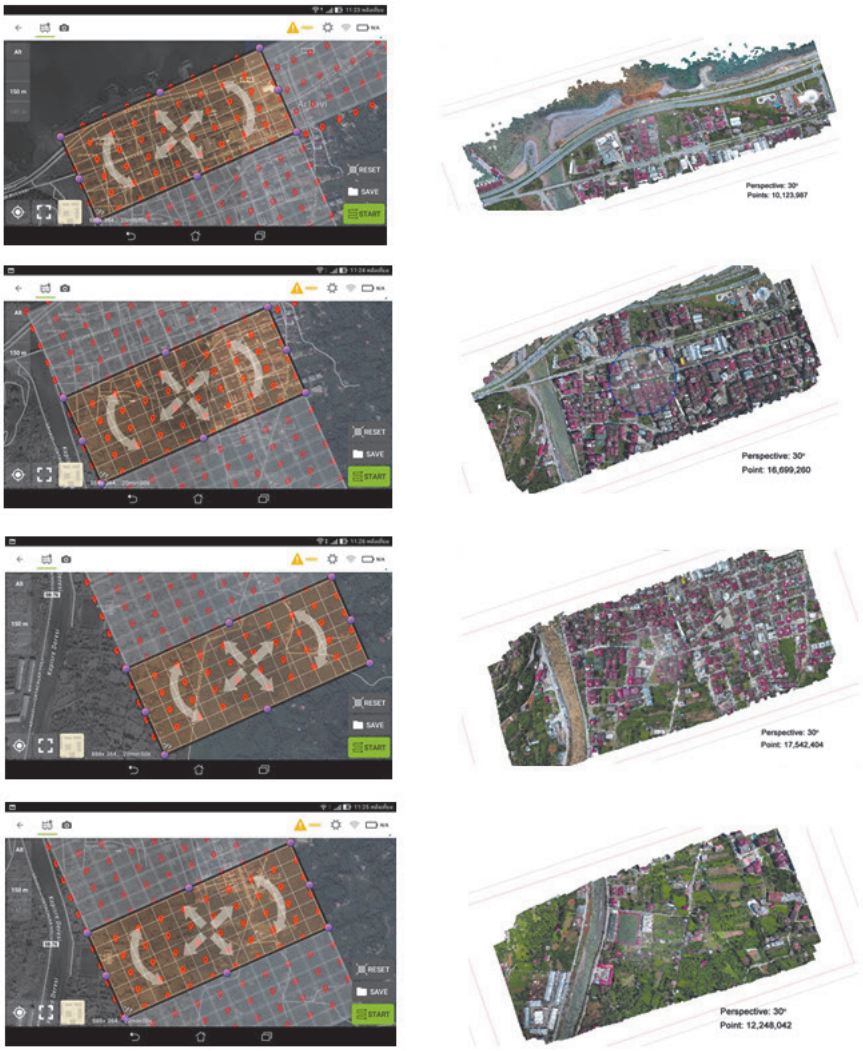


Şekil 6. Görüntüleme Planı

https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/115002471546-Image-acquisition ve İHA (Drone) ayarları.

Fotoğraf Çekimi

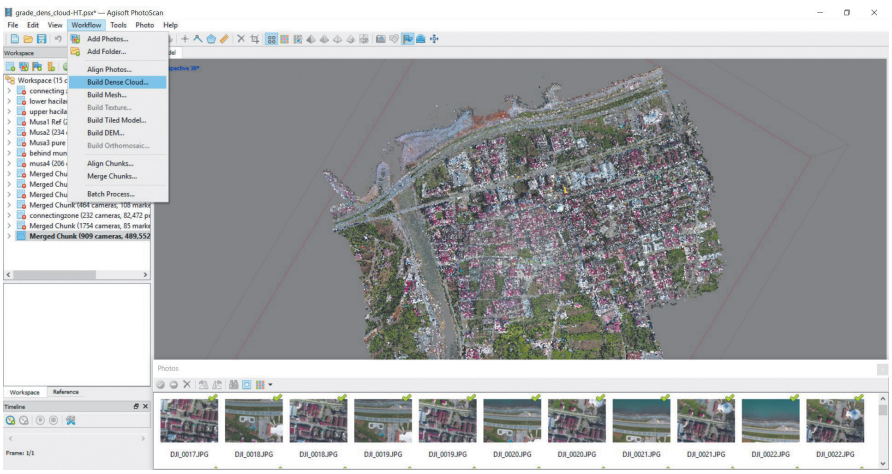
İHA'ya montajlı görüntüleme kamera sistemi ve sistemi çalıştıran "Pix4D Capture Autopilot Software" yazılımı ile fotoğraf çekimi gerçekleştirilmiştir. Şehir merkezinin önemli bölümü Musazade Deresi havzası içinde kaldığı için örnekleme bu havza üzerinden yapılmıştır. İHA ayarları Şekil 6 daki gibi planlanmıştır. Bu kapsamda; Musazade Deresi havzası için 4 görüntüleme bölgesi planlanmış olup, toplam 909 foto çekimi gerçekleştirilmiştir (1. Bölge: 232 foto, 2. Bölge: 234 foto, 3. Bölge: 237 foto, 4. Bölge: 206 foto) (Şekil 7).



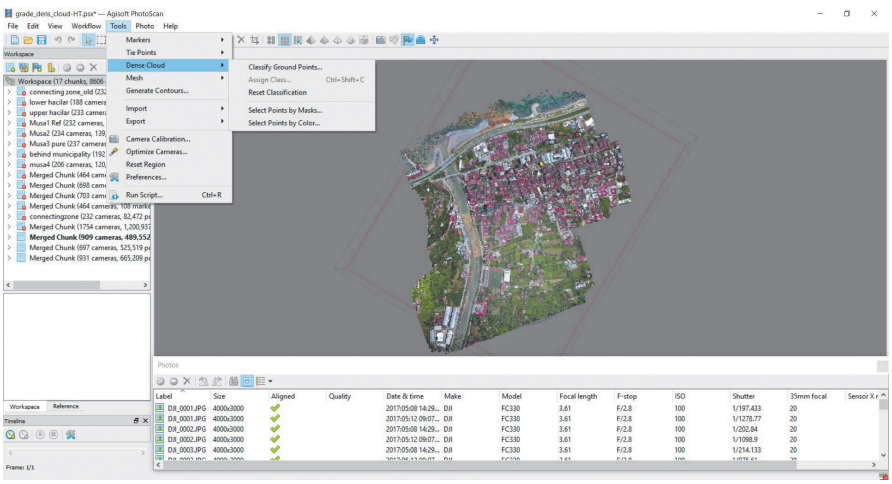
Şekil 7. Görüntüleme Bölgeleri ve Çekim Planı (soldaki kolon) ile Agisoft PhotoScan ile Oluşturulan "Dense Cloud" Görüntüler (Turoğlu ve Dolo, 2017; Dolo, 2018).

Fotogrametrik Süreç

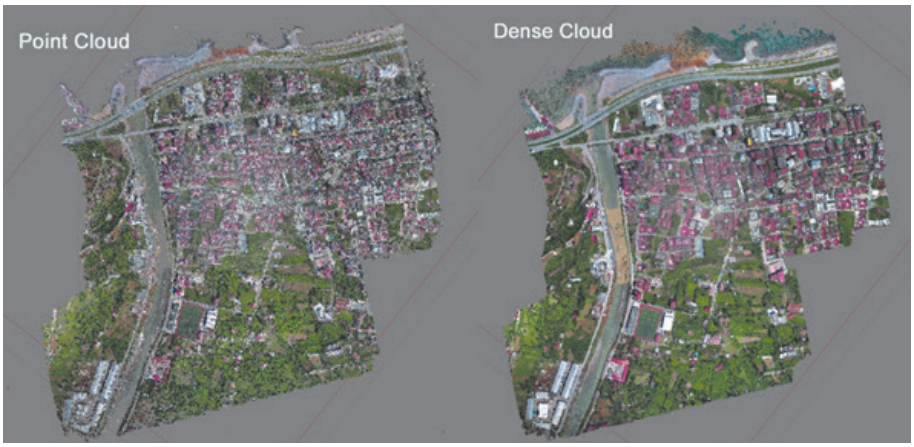
Hava fotolarından DSM üretmek amacıyla bu çalışmada "Agisoft Photo Scan" fotogrametri yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım ara yüzleri imkânlarıyla; hava fotolarının sisteme dâhil edilmesi (Add Photos), fotoğraf hizalamasını kolaylaştırmak için kamera konumlarının girilmesi (Load Camera Positions), fotoğrafların hizalanması (Align Photos), Nokta bulut (Point Cloud), Yoğun bulut (Dense Cloud), görüntülerin örgülenmesi (Build Mesh), ortofoto ve DEM oluşturulması gerçekleştirilir. Daha sonra dört görüntüleme bölgesinin birleştirmelerin yapılması ile işlem tamamlanır (Şekil 8, Şekil 9, Şekil 10).



Şekil 8. Agisoft Photo Scan Yazılımı ile Fotogrametrik İşlemlerin Yapılmasına Ait "Workflow" Ara Yüzü



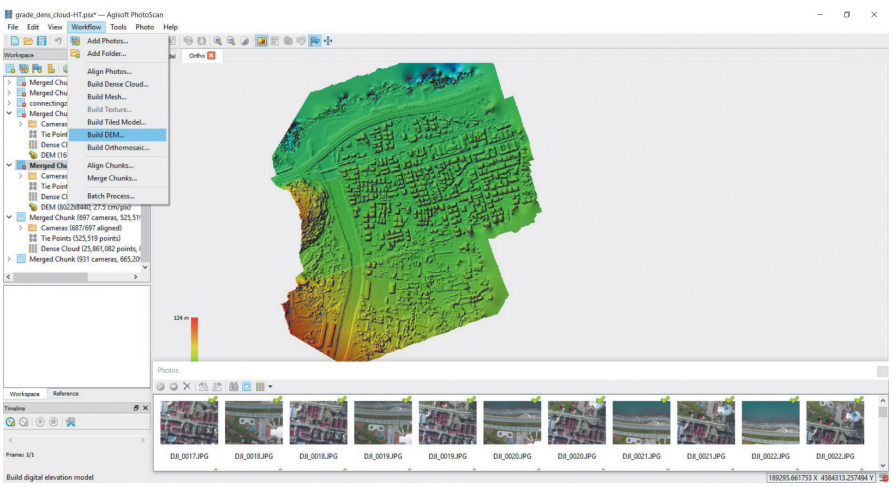
Şekil 9. Nokta Bulut (Point Cloud), Yoğun Bulut (Dense Cloud)



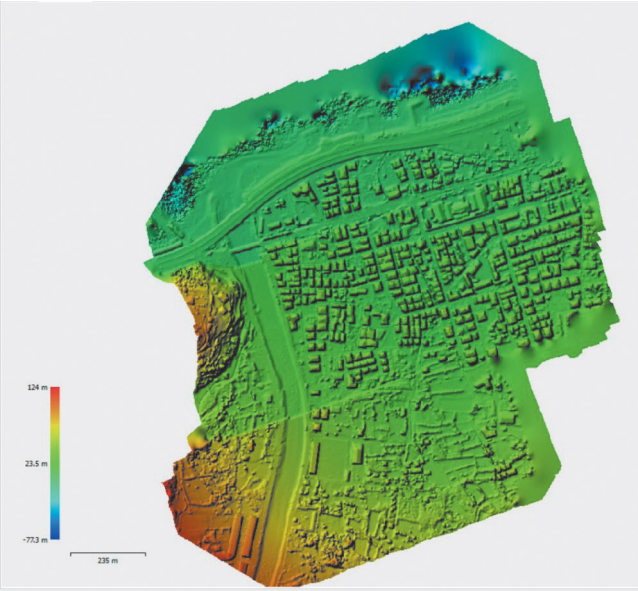
Şekil 10. Agisoft PhotoScan ile Oluşturulan "Point Cloud" ve "Dense Cloud" Birleştirilmiş Görüntüleme Bölgeleri Hava Fotoları Mozaiği.

DSM ve 2D Düzensiz Akış Modeli

Şehir seli ve taşkınlarına ait 2D düzensiz akış modellemelerinin doğruluk ve güvenilirlikleri bu modellemelerde kullanılan DSM verisinin yersel çözünürlük derecesine bağlıdır. Yüksek çözünürlüklü DSM verisi daha doğru ve güvenilir modelleme yapılmasının temel koşuludur. İHA ile elde edilen hava fotolarına dayandırılan DSM verisi doğru ve her türlü planlama için kullanılabilir ve 2D düzensiz akış modeli oluşturma fırsatı verir. Şekil 11; Agisoft Photo Scan yazılımı ile DSM üretilmesinin ekran görüntüsüne aittir. Hazırlanan DSM nin export görüntüsü Şekil 12 de verilmiştir.



Şekil 11. Agisoft Photo Scan Yazılımı ile DSM Üretilmesine Ait Ekran Görüntüsü.

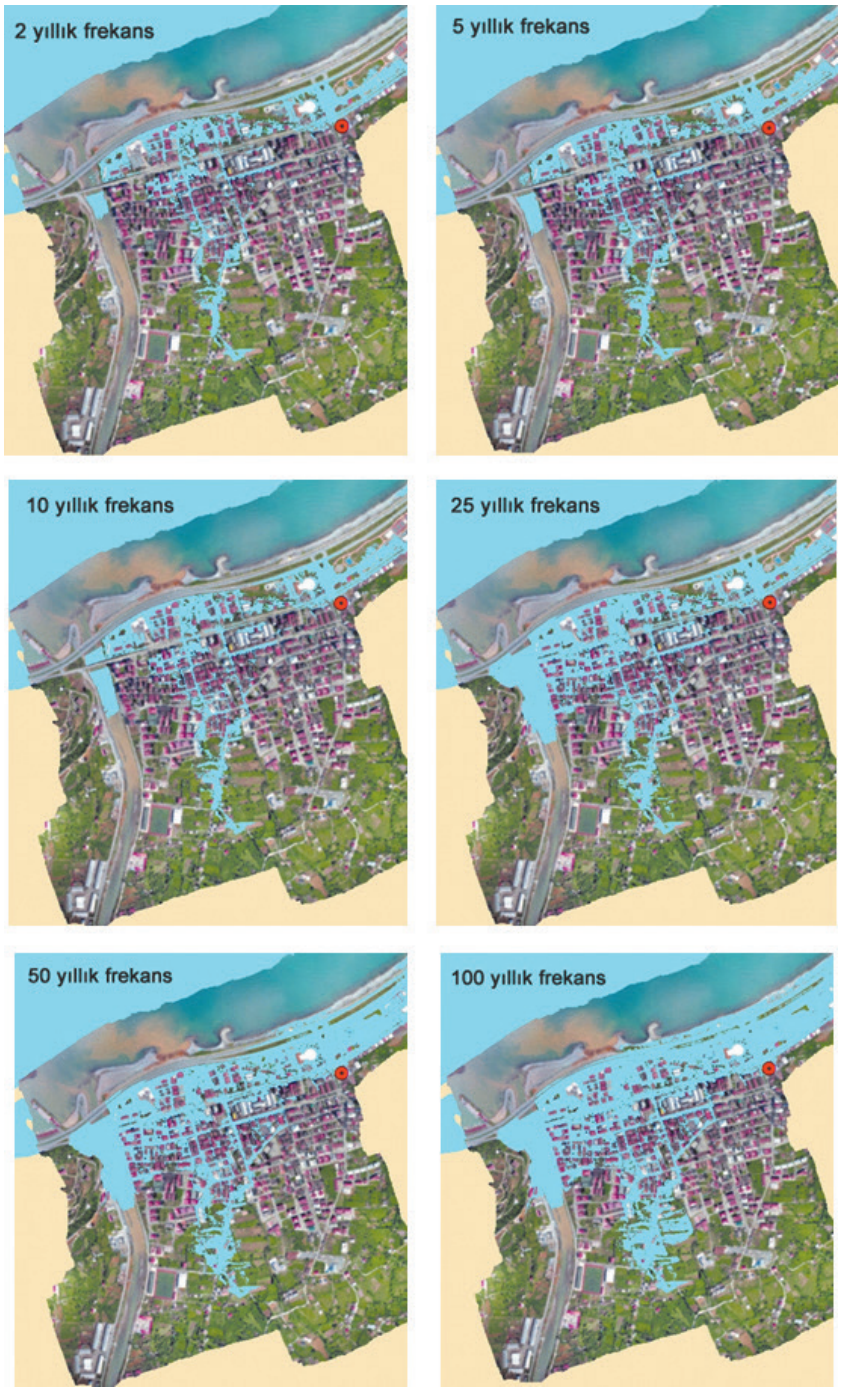


Şekil 12. Şekil 6 daki Planlama ve Şekil 7 deki Çekimler ile Elde Edilen Fotoların Agisoft Photo Scan Yazılımı ile Üretilmiş Olan Export DSM Görüntüsü.

Düzensiz rejimli akarsular için akış davranışları ve akış özelliklerindeki değişim karakteri hakkında öngörülerin yapılması, bu konularda farklı senaryo simülasyonları; düzensiz akışın neden olacağı hidrografik problemleri önleme, zarar azaltma çalışmaları için özel öneme sahiptir. Bu yaklaşımın şehirler için yapılması şehir seli ve taşkınları için de önemli ve hatta gereklidir. Zira ülkemiz şehirlerinin hemen hemen tamamının ortak problemi; hızlı ve plansız şehirleşmenin engellenemez gelişmesidir. Şehir seli ve taşkınlarının en temel sebebi ise şehirlerimizin bu probleminden kaynaklanmaktadır.

Yüzeysel drenajın ve hidrolojik prensiplerin dikkate alınmadan, doğal akım birikimi ve doğal akım yönleri göz ardı edilerek, yapılaşmaların gerçekleştirilmesi, dere ıslah projesi adı altında yüzeysel drenaj sisteminin ötelenmelerle değiştirilmesi, akarsu kanallarının daraltılması, beton kanallara alınması, hatta tamamen kapatılması; hızlı ve plansız, kontrolsüz gerçekleşen şehirleşmenin tipik uygulamalarıdır. Bu uygulamalar; daha önce söz konusu olmayan şehir seli ve taşkınlarının gerçekleşmesine, şiddet ve frekanslarının artmasına neden olur.

Arhavi, Musazade Deresi havzası için İHA veri temini, verilerin fotogrametrik düzenlemeleri sonucu elde edilen DSM verisi, HEC-RAS yazılımı imkânlarıyla, 2D Düzensiz akış modeli amaçlı olarak kullanılmış, iklim verilerinin analize dâhil edilmesiyle farklı tekrar sıklıklarına ait 2D Düzensiz akış modelleri üretilmiştir (Şekil 13) (Turoğlu ve Dolo, 2017; Dolo, 2018).



Şekil 13. HEC-RAS Yazılımı Kullanılarak; 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık Frekanslarla üretilmiş Arhavi Şehir Sel ve taşkın Senaryoları (Turoğlu ve Dolo, 2017; Dolo, 2018).

Şehir morfolojisini temsil eden yüksek çözünürlüklü DSM verisi ile HEC-RAS yazılımı kullanılarak hazırlanan 2D düzensiz akış modeli iki önemli verinin üretilmesine imkân sağlar. Bunlardan biri ve görünen çıktısı; suyun şehir içi akış davranışı ve göllenme yayılışı hakkında veri üretilmesini sağlamasıdır (Şekil 13). Diğer veri paketi ise sonuçların problem tespitinin yapılma imkânı vermesidir. Şehir içinde; nasıl, nerede, ne şekilde, hangi boyutta, olmak üzere su akışının engelleneceğine ve şehir morfolojisinin su hareketini yönlendirileceğine yönelik sorulara cevap verecek verilere ulaşılmasıdır.

Sonuç

Düzensiz akışlı akarsularda, akış hızı ve su derinliği; havza içinde, zamansal ve mekânsal olarak değişir. Bu değişiklik temel olarak jeomorfolojik, hidrografik, klimatolojik, bitki örtüsü ve zeminin infiltirasyon özelliğine bağlıdır. Şehirlerde ise "Şehir morfolojileri" ve altyapı özellikleri diğer coğrafi faktörlerin önüne geçer. Şehirsel yapılaşmalar, şehir içi kazı, dolgu ve çevre düzenlemeleri, şehir içinden geçen akarsu yataklarına yapılan (daraltma, öteleme, yüzey altı kanala alınması hatta tamamen doldurularak kapatılması vb.) müdahaleler; şehir içi yüzeysel akışın düzensiz akışa dönüşmesinin temel sebepleridir. Bu sebepler ve etkileri, şehir morfolojisinin "Yüksek Çözünürlükteki Sayısal Yüzey Modellemesi" ile hassas ve güvenilir olarak belirlenmektedir. İnsansız Hava Aracı (İHA) teknolojileri; mobil olma, veriye hemen ulaşma, uygun nitelikte veri temin etme, veriyi güncelleme kolaylığı ve ekonomik olması gibi avantajları yanı sıra yüksek çözünürlükteki veri temin aracı ve yöntemini temsil etmektedir.

Şehirler için 2D düzensiz akış modeli; iki ana veriye dayandırılır. Bunlar Yüksek Çözünürlüklü SYM (DSM) verisi ve yağış miktarları ve frekans verisidir. Bu çalışmada, şehir seli ve taşkını örneklemesi Arhavi şehri için yapılmıştır. 2D düzensiz akış modeli için iki temel veriden biri olan Yüksek Çözünürlüklü SYM (DSM) verisinin, İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanılarak teminine ait aşamaları özetlenmiştir. İklim verileri analiz sonuçlarının da sisteme dâhil edilmesi ile üretilmiş olan 2D Düzensiz akış modellemeleri ise Yüksek Çözünürlüklü SYM (DSM) verisinin kullanımına ait örnekleme amacıyla, alıntı yapılarak verilmiştir.

Kaynaklar

Achille, C., Adami, A., Chiarini, S., Cremonesi, S., Fassi, F., Luigi Fregonese, L.,Taffurelli, L. 2015. UAV-Based Photogrammetry and Integrated Technologies for Architectural Applications—Methodological Strategies for the After-Quake Survey of Vertical Structures in Mantua (Italy). *Sensors*, 15(7): 15520-15539. https://doi.org/10.3390/s150715520

Akay, S. S., Özcan, O., Şanlı, F. B., Bayrama, B., Görüm, T., 2019. İHA Görüntülerinden Üretilen Verilerin Doğruluk Değerlendirmesi. https://www.researchgate.net/publication/332817339

Aktaruzzaman, Md. 2011. *High Resolution Digital Surface Model (DSM) to Support Modelling of Urban Flooding*. Dissertation in candidacy for the degree of a Doktor-Ingenieur(Dr.-Ing.), Submitted to and approved by the Faculty of Civil Engineering University of Kaiserslautern. https://pdfs.semanticscholar.org/9467/d708258e029cd7c87e0b032cb7ecd39a0c03.pdf

Anita, S. M., Kristin, A., Christine, M., Martin, A. S., Scudder, M., 2017. Different colours of shadows: classification of UAV images. I*nternational Journal of Remote Sensing,* 38(38): 8-10. file:///C:/Users/USER/Downloads/Simic_IJRS_SpecialIssue_ACCEPTED.pdf

Backes, D., Schumann, G., Teferele, F. N., Boehm, J. 2019. Towards a high-resolution drone-based 3D mapping dataset to optimise flood hazard modelling. The International Archives of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W13: 181-187. file:///C:/Users/USER/Downloads/Towards_a_High-resolution_Drone-based_3d_Mapping_D.pdf

Bhandari, B., Oli, U., Pudasaini, U., Panta, N., 2015. Generation of High Resolution DSM Using UAV Images. *FIG Working Week 2015, From the Wisdom of the Ages to the Challenges of the Modern World*, Sofia, Bulgaria, 17-21 May 2015, pages: 1-28. https://pdfs.semanticscholar.org/269c/347f71dad0a35aab4b5b91a2f422469cbab6.pdf

Brunner, G. W. 2016. HEC-RAS River Analysis System, 2D Modelling User's Manual, Version 5.0. US Army Crops of Engineers, *Hydrologic Engineering Center*, CPD-68A. https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%202D%20Modeling%20Users%20Manual.pdf

Childs, C., 2011. Terrain Datasets, The top 10 reasons to use them. *ESRİ News*, ArcUser Online, https://www.esri.com/news/arcuser/0311/terrain-datasets.html

Çalışkan, O. ve Marshall, S., 2011. Urban Morphology and Design: Introduction. *Built Environment*, 37/4: 381-392. doi 10.2148/benv.37.4.381.

Dolo, A. 2018. *Arhavi ilçesi için dron verisine dayalı sel ve taşkın modellemesi*. İstanbul Üniversitesi, Sosya Bilimler Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin Turoğlu, İstanbul.

Doumit, J. A. ve Pogorelov, A. V., 2017. Multi-scale Analysis of Digital Surface Models Based on UAV Datasets. *Modern Environmental Science and Engineering*, 3 (7): 460-468. Doi: 10.15341/mese(2333-2581)/05.03.2017/004.

Efe, H. ve Önen, F. 2015. Batman Çayı'nın taşkın analizinin HEC-RAS programıyla yapılması. *Mühendislik Dergisi*. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 6(2): 83-92. https://dergipark.org.tr/download/article-file/302846

Einfalt, T., Hatzfeld, F., Wagner, A., Seltmann, J., Castro, D., Frerichs, S. 2007. URBAS: Forecasting and Management of Flash Floods in Urban Areas. *NOVATECH 2007*, SESSION 1.2: 75-82. https://pdfs.semanticscholar.org/88b7/49e3a1c47e4bbe531d4d21fcf6aa26ec55b4.pdf

Feng, Q., Liu, J. ve Gong, J. 2015. Urban Flood Mapping Based on Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing and Random Forest Classifier—A Case of Yuyao, China. *Water*, 7(4), 1437-1455. https://doi.org/10.3390/w7041437

Hashemi-Beni, L., Jones, J., Thompson, G., Johnson, C., Gebrehiwot, A. 2018. Challenges and Opportunities for UAV-Based Digital Elevation Model Generation for Flood-Risk Management: A Case of Princeville, North Carolina. *Sensors*, 18, 3843: 1-10. doi:10.3390/s18113843. https://www.mdpi.com/1424-8220/18/11/3843/pdf

Hoa, L. T. 2013. *Measuring Urban Morphology for Adaptation to Climate Change in Ho Chi Minh City*. A thesis approved by the Faculty of Environmental Sciences and Process Engineering at the Brandenburg University of Technology in Cottbus in partial fulfilment of the requirement for the award of the academic degree of Doctor of Philosophy (Ph.D.) in Environmental Sciences. file:///C:/Users/USER/Downloads/Le_Thanh_Hoa_Thesis_2014.pdf

Hoa, L. T. ve Chau, N. T. P. 2016. Using urban morphology for flood risk in residential areas in Ho Chi Minh city. *Science & Technology Development*, 19 (No. K4-2016); 146-153.

Leventi, I., Nalbantis, I., Georgopoulos, A., 2010. On the use of Digital Surface Models and hydrological/hydraulic models for inundated area delineation. *Environmental Hydraulics*. Christodoulou & Stamou (Eds). Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-58475-3, p: 875-880. http://users.ntua.gr/drag/files/Download/2010Leventi_et_al_from_proceedings.pdf

Lizuka, K., Itoh, M., Shiodera, S., Matsubara, T., Dohar, M., Watanabe, K., 2018. Advantages of unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry for landscape analysis compared with satellite data: A case study of postmining sites in Indonesia. *Cogent Geoscience*, 4: 1498180, https://doi.org/10.1080/23312041.2018.1498180

Montgomery, K., Fernandez, J., Ruggiero, G., Gordon, S., 2018. Drone Photogrammetry for Flood Preparedness. https://cooperation.epfl.ch/wp-content/uploads/2018/12/1197-Montgomery-SE02-HUM_Full-Paper.pdf

Mourato, S., Fernandez, P., Pereira, L., Moreira, M., 2017. Improving a DSM Obtained by Unmanned Aerial Vehicles for Flood Modelling. *IOP Conf. Series. Earth and Environmental Science 95*, 022014. doi :10.1088/1755-1315/95/2/022014 https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/95/2/022014/pdf

Özcan, O. ve Akay, S.S., 2016. İnsansız Hava Aracı (İHA) İle Farklı Yüksekliklerden Üretilen Sayısal Yüzey Modellerinin (SYM) Doğruluk Analizi. *VI. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2016)*, 5-7 Ekim 2016, Adana, sayfa: 25-33.

Özcan, O., 2017. İnsansız Hava Aracı (İHA) ile Farklı Yüksekliklerden Üretilen Sayısal Yüzey Modellerinin (SYM) Doğruluk Analizi. *Mühendislik ve Yer Bilimleri Dergisi* (*Journal of Engineering and Earth Science*), 2(1): 1-7.

Pichon, L., Ducanchez, A., Fonta, H., Tisseyre, B. 2016. Quality of digital elevation models obtained from unmanned aerial vehicles for precision viticulture. *OENO One*, 50(3): 101-111. file:///C:/Users/USER/Downloads/1177-Article%20Text-2851-1-10-20161013.pdf

Popescu, D., Ichim, L. ve Stoican, F., 2017. Unmanned Aerial Vehicle Systems for Remote Estimation of Flooded Areas Based on Complex Image Processing. *Sensors*, 17, 446: 1-24. www.mdpi.com/journal/sensors

Sargın, A. H. 2013. *Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Taşkın Riski* Ön *Değerlendirmesi*. T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Teknoloji Dairesi Başkanlığı. CBS Şube Müdürlüğü. http://www.dsi.gov.tr/docs/yayinlarimiz/cbs-ile-ta%C5%9Fk%C4%B1n-riski-%C3%B6n-de%C4%9Ferlendirmesi.pdf?sfvrsn=4

Smith, M.J., Edwards, E.P., Priestnall, G., Bates, P.D. 2006. *Exploitation of New Data Types to Create Digital Surface Models for Flood Inundation Modelling*, FRMRC Research Report UR3. http://fcerm.net/sites/default/files/resources/ur3-signed.pdf

Turner, D., Lucieer A., Watsona, C., 2011. Development of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for hyper resolution vineyard mapping based on visible, multispectral, and thermal imagery. *Proceedings of 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment*. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.368.2491&rep=rep1&type=pdf

Turoğlu, H. 2004. *Bartın* Çayı *havzasının hidrografik doğal afet risk analizi*. İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi, Proje No:1700/15082001. Proje Yürütücüsü: H. Turoğlu, Yardımcı araştırmacılar: B. Mater, B. Gönençgil, H. Özdemir. Tamamlanma tarihi 17 Mayıs 2004, İstanbul.

Turoğlu, H. 2005, "Bartın'da meydana gelen sel ve taşkınlara ait zarar azaltma ve önleme önerileri". *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu V*, 02–03 Haziran 2005, İ.T.Ü., Bildiriler Kitabı: 104–110.

Turoğlu, H. ve Özdemir, H. 2005. *Bartın'da Sel ve Taşkınlar; Sebepler, Etkiler,* Önleme *ve Zarar Azaltma* Önerileri. ISBN 975–9060–04–3, Çantay Kitapevi, A4, 254 sayfa, İstanbul.

Turoğlu, H. 2007, Flood and flash floods analysis for Bartın River Basin. *International River Basin Management Congress, Proceeding*, 22–24 March 2007, pages: 0–14, Antalya, Turkey.

Turoğlu, H. 2010a. Yapılaşmanın Doğal Akım Yönü ve Akım Birikimi **Üzerindeki** Etkileri (The impacts of structuring on natural flow direction and flow accumulation). Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi (TUCAM), VI. *Ulusal Coğrafya Sempozyumu 2010, 03–05 Kasım 2010 Bildiriler Kitabı*: 29–36.

Turoğlu, H. 2010b. 8–10 Eylül 2009 Tarihlerindeki yağışların Silivri-Selimpaşa sahil kuşağında neden olduğu sel ve taşkınlar. *DSİ Genel Müdürlüğü 2. Ulusal Taşkın Sempozyumu, Afyon 22–24 Mart 2010*, Tebliğler Kitabı: 31–43.

Turoğlu, H. 2011a. Flashfloods and Floods in Istanbul. *Ankara University Journal of Environmental Sciences*, 3/1: 39–46.

Turoğlu, H. 2011b. Şehirsel Gelişmenin İstanbul Selleri Üzerindeki Etkisi. İstanbul'un *Afetlerden Zarar Görebilirliği Sempozyumu 2010*, Bildiriler Kitabı, İTO Yayınları, Yayın no:2011–13, ISBN 978–9944–60–970–8, 46–56, İstanbul.

Turoğlu, H. 2011c. İstanbul'da Meydana Gelen Sel ve Taşkınlar. *Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistematik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları*, 6: 411–430.

Turoğlu, H. 2014. Detection of Changes on Temperature and Precipitation Features in Istanbul (Turkey). *Atmospheric and Climate Sciences*, 4: 549-562. ISSN Print: 2160-0414, ISSN Online: 2160-0422, doi: 10.4236/acs.2014.44050.

Turoğlu, H. 2016a. *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları (Genişletilmiş 4. Baskı)*, ISBN 978–975–9060–51–0, Çantay Kitapevi, İstanbul.

Turoğlu, H. 2016b. *01 Eylül 2016 Arhavi Sel, Taşkın, Kütle Hareketleri Afeti. Araştırma raporu*. http://www.jd.org.tr/icerik/01-eyl%C3%BCl-2016-arhavi-sel-ta%C5%9Fk%C4%B1nk%C3%BCtle-hareketleri-afeti

Turoğlu, H. (2017). *Arhavi Sel-Taşkın Problemi: Dünü, Bugünü, Yarını*. Araştırma raporu, Arhavi Belediyesi. Arhavi.

Turoğlu, H. ve Dolo, A., 2017. The Advantages of Drone Technology in Urban Flood Studies (Şehir Taşkını Çalışmalarında Drone Teknolojisinin Avantajları). *Uluslararası Jeomorfoloji Sempozyumu (International Symposium On Geomorphology) Proceedings*, 12-14 October 2017, Fırat University Faculty of Humanities and Social Sciences Department of Geography, Elazığ, Turkey.

Yalçın, E., 2018a. Generation of High-Resolution Digital Surface Models for urban flood modelling using UAV imagery. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 215: 357-366. https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-ecology-and-the-environment/215/36727

Yalçın, E. 2018b. Two-dimensional hydrodynamic modelling for urban flood risk assess-ment using unmanned aerial vehicle imagery: A casestudy of Kırşehir, Turkey. *Journal of Flood Risk Management*, e12499. https://doi.org/10.1111/jfr3.12499

2. BÖLÜM

KLİMATOLOJİ ÇALIŞMALARINDA CBS KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Erkan Yılmaz - Ankara Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Olgu AYDIN - Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK - Ankara Üniversitesi

1. Veri Kaynakları ve Veri Formatları

Klimatoloji hem geçmiş, hem günümüz, hem de gelecekteki hava koşullarını anlamaya çalışan bir bilim dalıdır. Bu nedenle çok farklı veri kaynaklarını değerlendirmekte ve analizler yaparak sonuçlara ulaşmaktadır. Geçmişe dair veriler, sediman, ağaç halkası gibi dolaylı pek çok kaynaktan elde edilebilmekte, günümüze ait veriler ise meteoroloji istasyonlarından elde edilen ölçümlerden üretilmektedir. Geleceğe ait veriler ancak belli hata payları ve senaryolara göre oluşturulan modelleme ve öngörülere dayalı olarak ortaya çıkarılmaktadır.

1.1. Paleoiklimsel Veriler

Paleoiklimsel veriler çok farklı ortamlarda bulunabilmektedir. Mağaralarda oluşan damlataş (dikit-sarkıt) halkalarında yapılan fiziksel ve kimyasal analizler, o dönemdeki su miktarı ve suyun özelliklerini kaydetmektedir. Bu damlataşların analizinde, halkalardaki renklere bağlı olarak biyolojik aktivite yoğunluğu ve dolayısıyla iklimsel bilgiler elde edilmektedir. Yine halka genişliği de su miktarını ve beslenmeyi ifade ettiğinde iklimle ilişkilendirilebilir. Halkalardan alınan örneklerin kimyasal analizi neticesinde belirlenen element oranları da iklimsel değişim hakkında bilgi vermektedir. Bu elementlerden kükürt ve fosfat nemlilik, magnezyum ise sıcaklık koşularını yansıtmakta, Oksijen-18 (^{18}O) ve Karbon-13 (^{13}C) analizleri de iklimsel değişimleri gösterebilmektedir (Erkan, 2018). Travertenin uranyum ve toryum yöntemleriyle yaşlandırılması, elde edilecek bilgilerin tarihi hakkında bilgi sağlamakta, eğer mağara güncel ise de tarihlendirme imkânı direkt halka sayımıyla da yapılabilmektedir. Sedimanlardan alınan örneklerdeki element analizleri de, iklimsel değişimi verebilmektedir (Çakır ve Erginal, 2018). İklim çalışmalarında yararlanılan bir diğer kaynak da ağaç halkalarıdır (Avcı,

2012). Uzun süreler yaşayan ağaç formundaki bitkiler, gelişimlerini toprak ve topografik özelliklerden etkilense de iklim koşullarının bitki gelişimi için tanıdığı koşullar, bitkinin biokütle gelişimini etkilemektedir. Ağaçlar, her yıl yeni bir halka üretmektedir. Bu halkaların kalınlıkları iklimdeki değişkenliği yansıtmaktadır. Halkalarda oluşan asimetriler hâkim rüzgâr yönü hakkında bilgi verebilmektedir (Pınarcı ve Çetin, 2012). Ağaçlar, heyelan kayıtlarını da tutmaktadır. Heyelanlar, temelde jeolojik-jeomorfolojik bir olay olsa da iklim ekstremlerinden etkilenmekte dolayısıyla iklimsel bilgiler sunmaktadır. Hem kıta hem de vadi buzulları da çok iyi iklim kayıtçılarıdır. Buralarda yapılacak sondajlardan alınan karotların analizi neticesinde birçok çevresel değişim ve iklimsel bilgi elde edilebilmektedir. Buzun içinde hapsolmuş gazlar izotop oranlarıyla geçmiş döneme ait iklimsel bilgiler verebilmektedir (Çiner ve Sarıkaya, 2013). Özellikle ^{18}O ve Oksijen-16 (^{16}O) oranlarına bağlı olarak ısınma ve soğumalar tespit edilebilmektedir. Polen diyagramları (Şenkul ve Doğan, 2018) ve diyatome analizleri de jeolojik dönem içerisindeki eski çevresel ortamlar hakkında bilgi vermektedir. Paleoiklimsel çalışmalarla ilgili daha ayrıntılı bilgi elde etmek için Bradley (2015) ve Cronin (1999)'a bakılabilir.

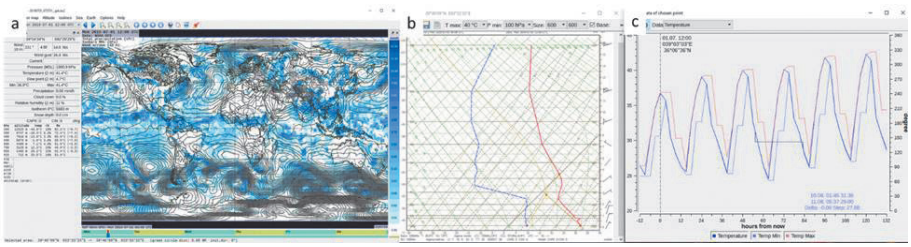
1.2. Güncel Veri Kaynakları

Güncel iklim verileri üretimi, her ülke içerisinde meteorolojik gözlemleri yapmak, değerlendirmek, çeşitli sektörler için hava tahminleri yapmak ve meteorolojik bilgi desteği vermek amacıyla kurulan kurumlar tarafından sağlanmaktadır. Bunun yanında çevre ile ilgili kuruluşlar, üniversiteler, araştırma enstitülerde, hava ile ilgili ölçüm ve kayıtlar tutmaktadır. Türkiye'de bu işlemler kurumsal olarak Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından yapılmaktadır. İklimsel çalışmalarda gerek duyulan temel veriler farklı formatlarda MGM'den temin edilebilmektedir. Bunun yanında Harita Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) kapsamında deniz seviyesi ve seviye değişimlerini etkileyen meteorolojik parametreler (hava basıncı, rüzgâr, nem, hava sıcaklığı) gözlenmektedir. Devlet Su İşleri ve Mülga Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından baraj yapımı öncesinde tutulan yağış ve sıcaklık bilgileri, farklı şirketler tarafından güneş tarlaları ve rüzgâr türbinlerinin yapımı öncesinde alınan rasatlar da bulunmaktadır. Fakat düzensiz bulunan bu bilgilere ulaşabilmek oldukça sınırlıdır. MGM tarafından, eski sistemde defterlere kaydedilen bilgiler bilgisayar ortamında sunulmakta, istasyonlara ait uzun yıllık ortalama değerler (bültenler) ya da istasyonlara ait tüm bilgiler elektronik olarak elde edilebilmektedir. MGM, radar verilerini ve dikey atmosfer yapısı ile ilgili (ravinzonde verileri, farklı seviyelerdeki jeopotansiyel yükseklik haritaları) verileri de arşivinde film olarak tutmaktadır.

Verilerin istatistiksel olarak modellenmesi ile veri üretiminden çok, veri tamamlama ve uzatma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu tür veriler, özellikler araştırma enstitüleri tarafından üretilmekte ve çoğu zaman kullanıcılara da sunulmaktadır. Örneğin, NOAA-ESRL tarafından üretilen küresel iklim verileri (https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html), .nc (netcdf) formatında, birçok CBS yazılımı tarafından okunabilmekte ve kullanıcı erişimine açılmıştır. Yine Birleşik Krallık meteoroloji servisi (Met Office-Hadley Center) tarafından da veriler üretilmiş (https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadex2/download.html) ve kullanıma sunulmuştur. Bunların yanında istasyon verilerinin modellenmesi ile elde edilen veriler de bulunmaktadır. Bu türden veriler istatistiksel modeller kullanılarak ve rölyef etkisi yansıtılarak oluşturulmaktadır (Hijmans vd., 2005). Dünya'da istasyon ortalama verileri hem çeşitli sitelerden (https://www.climate-charts.com/) hem de Dünya Meteoroloji Örgütü ve Dünya Tarım Örgütü (FAO) sayfasından temin edilebilmektedir.

İkim modellerinin çalıştırılması sonucunda elde edilen öngörüler geleceğe ait değerleri içermektedir. Bunların günümüz değerleriyle karşılaştırılması ve yorumlanmasıyla da sayısız çalışma üretilmiş, üretilmektedir. Bu veriler de farklı iklim modeli ve farklı senaryolara göre üretilmekte ve kullanıcılara değişik formatlarda sunulmaktadır (https://www.ipcc-data.org/sim/gcm_clim/, https://www.data.gov/climate/portals/). Ayrıca, verilerin bölgesel ölçekte ayrıntılandırılması da bölgesel iklim merkezleri tarafından yapılabilmektedir.

Günlük hava durumlarını gösteren 1000 hPa, 850 hPa, 700 hPa, 500 hPa, 300 hPa, 200 hPa, 100 hPa ve SkewT diyagramları birleşik halde bulunduğu dosyaların indirilmesi Zygrip yazılımı ile yapılmaktadır (Şekil 1) (https://www.zygrib.org/). İndirilen görüntü üzerindeki her noktadaki bilgilere ulaşılabilmekte ve bir haftaya kadar hava durumu öngörüleri sağlanabilmektedir.



Şekil 1. a) Zygrip Yazılımı Arayüzü, b) SkewT Diyagramı ve c) Sıcaklığa Ait Öngörüler

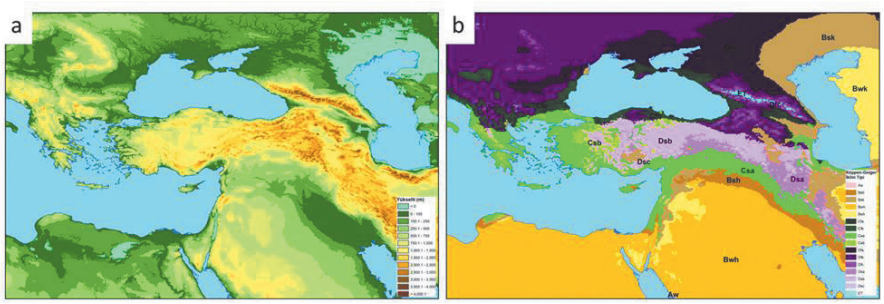
2. İstasyonlara Ait Karakteristik Bölgeler

Klimatoloji çalışmalarında yukarıda belirtildiği gibi birçok veri kaynağı bulunmaktadır. Elde edilen verilerin hangi sahalar için kullanılabilir olduğu, çalışılan döneme, konuya, verinin ayrıntısına ve amaca göre değişmektedir. Bu veri günümüzde kullandığımız meteoroloji istasyonundan alınmışsa, istasyonun karakteristik bölgesi hakkında bilgi vermektedir. Bu konu, çok fazla yazını olmayan, temel bir klimatolojik sabittir. Bu sabit ya da olgu bilinmeden klimatolojik veri ile ilgili yorum yapmak çoğu zaman mümkün olmamaktadır.

Gerçekte ölçümler, yapıldıkları yerleri yansıtmaktadır. Dolayısıyla herhangi bir nokta için yorum yapmak, oradan ölçüm almakla mümkün olabilmektedir. Fakat günümüz teknolojisi ile tüm noktalarda ölçüm ve gözlem yapmak mümkün olsa da bunun sürekliliğini sağlamak oldukça pahalı ve bazı-çoğu durumlarda da gereksizdir. Bu nedenle bir sahada yapılan ölçüm, başka sahalara taşınarak, uyarlanarak, enterpole edilerek ve modellenerek kullanılabilmektedir. Fakat bu taşıma ya da enterpolasyon işleminin yapılabileceği sınır, konuya, veri türüne amaca göre değişmektedir. Gerçekleştirilen bu süreçte sınır, bir istasyonun karakteristik bölgesi olarak adlandırılır ve her çalışma için farklı şekilde belirlenmektedir.

Geçmiş döneme ait kayıtlar, günümüz teknolojisi ile çok az yerden elde edilebilmektedir. Göl ve bataklık sedimanları, damlataşlar, ağaç halkaları vb. verilebilecek bazı örneklerdir. Bu sahalar, doğal olarak jeolojik ve jeomorfolojik açıdan belli yapısal kurallara göre oluşmuş olsa da, klimatolojik değerlendirme açısından gayet tesadüfi noktalardır. Buna rağmen, bunlardan başka kaynak noktası olmadığı için verilerin değerlendirilmesi kaçınılmaz olmaktadır. Bu türden verilerde zamansal çözünürlük oldukça zayıftır. Bu sahalardaki kayıtların çevresel değişime olan tepkileri iyi göstermesi, bu verilerin önemini arttırmaktadır. Bu verilerden yorum yapılırken, verilerin zamansal çözünürlükleriyle ters orantılı olsa da verinin elde edildiği makro iklim bölgesi öne çıkarılır. Örneğin, sadece İç Anadolu Bölgesi ile Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki iki gölden elde edilen sondaj verilerinden elde edilen iklimsel özellikler, her iki bölge için de genellenebilmektedir. Burada yapılan değerlendirmeler, genel iklim özelliğini belirtebilmektedir. Sıcak-nemli, sıcak-yarı nemli, sıcak-kurak, serin-nemli, serin-yarı nemli, serin-kurak, soğuk-nemli, soğuk-yarı nemli, soğuk-kurak şeklinde yapılan yorumlar oldukça genel değerlendirmelerdir ve mutlak değerden çok nispi durumu ifade etmektedir. Bunun yanında, aynı bölgeden alınan örnekler çoğaldıkça daha doğru sonuçlara ulaşılmakta, örneklerde iklimsel benzerlikler görülse de yerel değişkenler (göl ve bataklığın jeolojik, tektonik özellikleri, kapılma vb. gibi) küçük değişikliklere yol açabilmektedir. Paleoiklimsel bir araştırmada, iklim bölgeleri dikkate alınarak,

rölyef özellikleri göz önünde bulundurularak örnekleme yapılabilmektedir. Örneğin, Şekil 2a-b'de, Türkiye ve çevresine ait yükselti haritası ile Köppen-Geiger iklim bölgeleri görülmektedir. Son 100 bin yıllık iklimsel bir araştırmanın yapılması durumunda, her Köppen-Geiger iklim bölgesinden birkaç tane örnek almak, bu işlem esnasında da enlem-boylam-yükselti değişkenlerindeki farlılığa göre örneği çoğaltmak yeterli olmaktadır.



Şekil 2. a) Türkiye ve Çevresi Yükselti Haritası, b) Türkiye ve Çevresi Köppen-Geiger İklim Bölgeleri

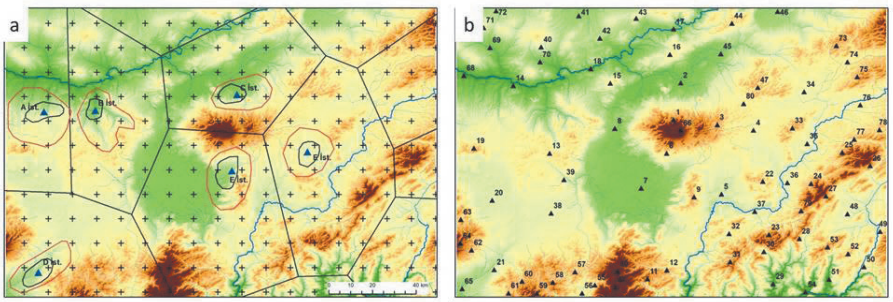
Kaynak: (Yılmaz ve Çiçek, 2018)

Klimatoloji araştırmalarında, eğilim ve değişkenlik analizleri üzerine yapılacak bir çalışmada çok yoğun istasyon ağına ihtiyaç duyulmaz. Fakat farklı eğilim özelliği gösterebilecek tüm sahalar için ayrı ölçümler yapılması ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Örneğin, Şekil 2b'deki her iklim bölgesinden bir istasyon kullanılarak güncel iklim değişikliği çalışmaları yapıldığında, genel sonuçlara ulaşılamayabilir. Bu nedenle istasyon ağı sayısı artırılmalı, makro iklim bölgelerinden daha ayrıntılı iklim bölgelerindeki istasyonlar değerlendirilmeli, istasyon ağı, istasyonun geniş karakteristik bölgesine göre yapılmalı, incelenen parametre de hesaba katılmalıdır. Örneğin, Şekil 3a'da A, B, C, D, E ve F istasyonları bulunmakta, bunlara ait eğilimler incelenmek istendiğinde, elde edilen eğilimlerin yönü genel olarak tüm harita alanına dair bilgi verse de eğilimin miktarı (yılda ne kadar azalıp arttığı) sadece istasyonların geniş karakteristik bölgesi ile sınırlı kalmaktadır. Hatta eğilimi yapılan parametre sıcaklık ise, sadece istasyonun dar karakteristik bölgesi için geçerli olmakta, diğer sahaları yansıtmamaktadır. Bu nedenle nicel değerlerin gerektiği eğilim çalışmalarında, çok sık istasyon ağı kullanılması uygundur. Sadece niteliksel değerlendirme yapılabilecek (anlamlı artma, artma, durağan, azalma, anlamlı azalma) durumlar için daha az sayıda istasyon kullanılması tercih edilir.

Klimatoloji çalışmalarında elde edilen ögelere göre farklı yorumlar yapılabilmektedir. Bunlardan biri, ölçümün mutlak değerine göre yapılan değerlendirme-

lerdir. Mutlak yorumlarda ölçüm değerleri ile diğer sahalar arasındaki farklılıklar ortaya koyulmaktadır. Bu değerlendirmeler planlama çalışmalarında, iklim sınıflandırmaları gibi sınırların önemli olduğu uygulamalı klimatoloji çalışmalarında kullanılmaktadır. Mutlak yorumların yapılabilmesi için tüm sahalara ait, düzenli verilere ihtiyaç vardır. Bu veriler ya çok fazla istasyon kurulması ya da anahtar nokta ve zamanlarda ölçüm yapılması ve bunun mekâna ve zamana yayılması, modellenmesi ile mümkün olabilmektedir. Örneğin, Şekil 3a'da gridlenmiş, düzenli şekilde oluşturulmuş bir istasyon ağı görülmektedir. Harita alanında, Köppen-Geiger ya da Thornthwaite gibi iklim sınıflandırma analizlerinde, örnek grid ağındaki her nokta için veriler elde edilmeli ve daha sonra iklim sınıflandırılması yapılmalıdır. Haritalamada ayrıntı arttırılmak istendiğinde, grid ağı daha da sıklaştırılmalı daha fazla nokta için veri üretilmesi gerekmektedir.

Şekil 3a, mevcut istasyonlara göre voronoi çokgenlerini göstermektedir. Bu çokgenler, özellikle ağırlıklı yağış toplamlarının belirlenmesi için sıklıkla kullanılmasına rağmen, günümüzde oluşturulan modelleme çalışmaları ile çokgen kullanımına çok ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çokgenler farklı harita üretimleri için (örneğin eğilim araştırmaları) kullanılabilmektedir. CBS yazılımları aracılığıyla voronoi çokgenleri kolaylıkla oluşturulabilmektedir.



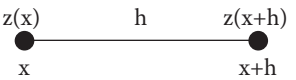
Şekil 3. a) İstasyonlara Ait Dar (siyah) ve Geniş (kırmızı) Karakteristik Bölgeler, İstasyonalara Ait Voronoi Çokgenleri ve Gridlenmiş Örnek Noktaları (artı şekli), b) İdeal istasyon ağı (bu ağ modelleme için kullanılabilen veri setini ifade etmektedir)

Klimatolojide modelleme yapabilmek için, her ana jeomorfolojik birime ve sahaya ait ölçümler gerekmektedir. Bu sayede, yerel, topografik etkiler de modele eklenebilmektedir. Bu şekilde model verisi için, istasyon ağının yerleşme birimlerine göre değil (ama şehir-kır farkını içinde barındırarak), arazi örtüsüne, topografik koşullara (bakı koşulları, uzanış hatları, düz-eğimli sahalar) dikkat edilerek istasyon ağı üretilmektedir. Türkiye'de genel olarak yerleşme birimlerine göre kurulan istasyonlar son yıllarda geliştirilmiş, daha çok çevresel değişkenliği

yansıtabilecek özellik kazanmaya başlamıştır. Şekil 3b'de yer alan haritada, ideal bir istasyon ağı belirlenmeye çalışılmıştır. Haritada, bakı durumuna göre, morfolojik şekillere göre (ova, yamaç, dağlık alan), vadilerin yönlerine ve farklı arazi örtülerine göre istasyon ağı oluşturulmuştur. Örneğin 2, 1, 66, 6 ve 7 nolu istasyonlar bir dağlık alanın kuzeyi, güneyi, yamacı ve zirvesindeki değişkenliğin belirlenmesi amacıyla gösterilmiştir. 68, 14, 18 ve 47 nolu istasyonlar, vadi içindeki rüzgarların kanalize olup olmadığı hakkında fikir vermektedir. 20 ve 38 nolu istasyonlar farklı arazi örtülerini temsil etmektedir.

3. Enterpolasyon Yöntemleri

Çevredeki herhangi bir bölgesel değişkenin ölçülen değerleri kullanılarak, bilinmeyen noktaların değerlerinin hesap edilmesi tahmin veya kestirim olarak ifade edilmektedir. Ölçüm değeri belli olmayan bu lokasyonların değerlerini tahmin etmek çeşitli enterpolasyon yöntemlerin kullanılmasıyla sağlanır. Deterministik ve stokastik olarak bilinen iki farklı enterpolasyon tekniği vardır (Isaaks ve Srivastava, 1989). Deterministik enterpolasyon yaklaşımları (Thiessen Polygon (TP), Inverse Distance Weighting (IDW), Spline, Polynomial Interpolation (PI), Moving Window Regression (MWR)) matematiksel fonksiyonları kullanarak, bilinmeyen noktaların değerlerinin hesap edilmesini sağlamaktadır. Bu noktada, süreci meydana getiren bölgesel değişkenin oluşumunda, matematiksel bir bağıntının var olduğu kabul edilebilir. Ancak, deterministik yöntemler kullanılarak oluşturulan modellerde, hataların büyüklükleri sağlıklı olarak belirlenemediğinden hata oranı yüksek çıkmaktadır. Ayrıca, bir bölgesel değişkenin devamlılığını ve sürekliliğini göstermekte de yetersiz kalmaktadır. Bundan dolayı, deterministik yöntemlere alternatif olarak stokastik yöntemler geliştirilmiş ve bu yöntemlerin kullanımı çoğu zaman daha avantajlı olmuştur. Stokastik yöntemler, jeoistatistik yöntemler olarak da ifade edilmektedir. Bu yöntemler kullanılarak, bir bölgesel değişkeninin devamlılığı ve sürekliliği tayin edilebilmekte ve bölgesel değişkenlerin etki alanları belirlenebilmektedir. Stokastik yöntemler tahmin işlemindeki belirsizlik ve hataları da ortaya koyabilecek şekilde hem matematiksel hem de istatistiksel fonksiyonları dikkate alarak işlem yapmaktadır (Aydın ve Raja, 2016). Stokastik bileşenin incelenmesinde olasılık yasalarından yararlanılmaktadır. Değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonu ve parametrelerinin belirlenmesi ile birlikte iç bağımlılığının da, otokorelasyon katsayıları ile ölçülerek incelenmesi gerekmektedir (Teltik, 2008). Örneğin, bir meteorolojik istasyonunun noktasındaki yağış değeri olarak ifade edilsin. Bu noktadan kadar mesafedeki yağış değeri şeklinde gösterilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. x Noktasındaki ve h Noktasındaki Yağış Değerleri

Yağış değerleri arasında $f(h) = z(x) - z(x + h)$ kadar fark bulunmaktadır. Bu fark *h* uzaklığının bir fonkisyonu olup, *f(h)*'nin modellenmesinde önemlidir. Bu şekilde ölçüm yapılmamış örneğin bir yağış değerinin, ölçüm yapılmış bir yağış değeri ile hesaplanabilmesi olanaklı hale gelmektedir. Ancak, ölçüm noktaları arasındaki uzaklık ile bu noktalardaki yağış değerleri arasındaki olası ilişki, uzaklık azaldıkça artmakta, uzaklık arttıkça azalmaktadır. Bu sebeple, yağış değerlerindeki farkların uzaklığa bağlı değişimlerini dikkate alan bir yaklaşımın kullanılması gerekmektedir. Jeoistatistik, ölçüm değerleri arasındaki mekânsal korelasyonu istatistiksel ve analitik olarak kullanan bir çeşit enterpolasyon tekniği olduğu için tercih edilmektedir.

Jeoistatistik, 1950'li yıllarda Güney Afrikalı maden mühendisi D.G. Krige tarafından cevher rezervi alanlarını doğru tahmin edebilmek için kullanılmıştır (Kalkhan, 2011). Fransız maden mühendisi Matheron bu yöntemden yola çıkarak, jeoistatistiğin temellerini oluşturan Bölgesel Değişkenler Teorisini geliştirmiştir. O dönemlerde Bölgesel Değişkenler Teorisinin jeoloji ve maden alanında uygulanması, jeoistatistik terimini daha popüler yapmıştır. Madencilik alanında, maden yataklarının modellenmesi, rezerv parametrelerinin değişimi ve dağılımının modellenmesi, rezerv tahmini ve işletme tasarımı kullanımı ile başlayan jeoistatistik, zamanla farklı bilim alanlarında farklı bölgesel değişkenlerin modellenmesi, parametrelerin değişimi ve dağılımının ortaya konulması, değişkenlerin tahmini ve tasarımı için de oldukça kullanışlı bir hale gelmiştir. Bu teoride bölgesel değişken, bir noktadan bir başka noktaya süreklilik göstererek değişen, fakat genellikle bir fonksiyonla ifade edilemeyen sayısal bir mekânsal fonksiyon olarak tarif edilmektedir (Olea, 1975; Webster, 1985). Örneğin, yağış değerleri belirli bir bölgeye özgüdür ve belirli bir koordinat sistemle ifade edilir. Bu özelliğinden dolayı, bölgesel değişken olarak adlandırılır. Yağış bölgesel değişkeninin aldığı değerler, meteoroloji istasyonlarının bulunduğu noktaların yapmış olduğu kayıtlarında bellidir. Ancak, yağışın mekânsal dağılışını gösterebilmek için ölçüm değerleri bilinmeyen alanların hesap edilmesi gerekmektedir. Bölgesel değişkenlerin uzaklığa bağlı değişimleri karmaşık ve düzensizdir. Gerçekten lokal ölçekte çok düzensiz, global ölçekte yapı gösteren bir davranış gösterirler. Bu sebeple, bölgesel değişkenlerin uzaklığa bağlı değişimleri basit bir fonksiyonel (deterministik) gösterimle değil, durağan rastlantı fonksiyonlarının olasılıksal çatısı altında modellenmelidir.

Jeoistatistik uygulamalarında verilerin bazı varsayım ve şartları sağlaması gerekmektedir.

- Çalışmada kullanılacak ölçüm noktalarının uygun metotlar kullanılarak alınması ve tekrar alınma imkânının olması gerekmektedir.
- Çalışmada kullanılacak ölçüm noktalarının, alındığı çalışma alanını temsil etmesi şarttır.
- Çalışmada kullanılacak ölçüm noktalarının çalışma alanının tamamından değil, çalışma alanını temsil edecek oranda olmalıdır.
- Çalışmada kullanılacak ölçüm noktalarının çalışma alanının belli bir yerine yoğunlaşarak değil, rasgele, tesadüfi ve çalışma alanından bağımsız olarak alınması gerekmektedir.

Bu varsayım ve şartları yerine getiren ölçüm noktaları ile yapılan jeoistatistik analizi, **(1)** mekânsal verinin gösterilmesi ve araştırılması; **(2)** Yarıvariogram analizi ve tahmin; **(3)** doğrulama testleri olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilir.

(1) Mekânsal verinin gösterilmesi ve araştırılması: Jeoistatistik uygulamalarında, çalışma alanına ait alınan ölçüm noktalarının iyi anlaşılması, oluşturulacak tahmin yüzeylerini etkileyen hataların bulunması, nasıl bir dağılım gösterdiği hakkında bilgilerin sağlandığı önemli aşamalarından biridir. Çalışma alanına ait verinin dağılımı, özet istatistiği, histogram, kutu diyagramı, Q-Q Plot, yarıvariogram/kovaryans bulutu vb. gibi yöntemlerin uygulanması ile gerçekleştirilmektedir. Jeoistatistik uygulamalarında yaygın bir kullanıma sahip olan yarıvariogram/kovaryans bulutu, ölçüm noktaları arasındaki mekânsal otokorelasyonun iyi anlaşılmasını sağlayan önemli grafiksel gösterimlerden biridir. Coğrafi çalışmalar içerisinde karşılıklı bağlantı/etkileşim önemlidir. Gould (1991)'de bunu "*bağlantısız bir şeyin coğrafyasını yapamazsınız. Bağlantı yoksa coğrafya da yoktur*" sözleriyle ifade etmiştir (Aktaran: Tümertekin ve Özgüç 2004). Coğrafi olarak birbirine yakın olan ölçüm noktaları benzer olma eğilimindedir ve birbirine yakın olan konumlarda gözlemlenir. Waldo Tobler (1970) coğrafyanın ilk yasasını *"her şey başka her şeyle ilişkilidir, yakın olan şeyler uzak olanlara göre daha çok ilişkilidir"* şeklinde tanımlamıştır. Örneğin, yağış değeri yüksek bir bölgenin yakınındaki bölgelerde de yağış değerleri yüksek, yağış değeri düşük bir bölgenin yakınındaki bölgelerde de yağış değerleri düşüktür. Bu sebeple, ölçümlerin yapıldığı noktaların konumlarını ve gözlemlerarası korelasyonu göz önüne alan yöntemlerin kullanılması önemlidir.

(2) Yarıvariogram analizi ve tahmin: Jeoistatistik uygulamalarında, yarıvariogram ve kovaryans fonksiyonlarının kullanılmasıyla bağımlılık kuralı ortaya çıkarılır. Yarıvariogram fonksiyonu, birbirlerinden kadar uzaklıkta bulunan iki

rastgele değişkenin arasındaki uzaklığa bağlı ilişkiyi karakterize etmek için kullanılmaktadır (Bivand vd., 2008; Aydın, 2014). Kısaca, bir alanda ölçüm değeri belli iki meteoroloji istasyonu arasındaki mekânsal korelasyonu anlatan ve miktar olarak belirten bir fonksiyondur. Her bir uzaklığına karşı yarıvariogram değerlerinin çizilmesiyle *"deneysel yarıvariogram"* oluşturulmaktadır. Grafik değerlendirildiğinde, bölgesel değişkenin mekânsal değişimi hakkında önemli bilgi elde edilebilmektedir. Ancak, deneysel yarıvariogramlarda, yarıvariogram değerleri belirli uzaklıklar için hesap edilmektedir. Bunun dışındaki uzaklıklarda yarıvariogram değerleri bilinmemektedir. Deneysel yarıvariogram değerlerine, bir matematiksel fonksiyonun uyarlanması ile elde edilen yarıvariogram modeli *"teorik yarıvariogram"* modeli olarak tanımlanır (Bailey ve Gatrell, 1995; Hengl, 2009; Fotheringham vd., 2000; Kalkhan, 2011; Chun ve Griffith, 2013). Teorik yarıvariogramın belirlenmesi, mekânda bağımlılık kuralının bulunması anlamına gelmektedir. Yarıvariogram grafiği, *"eşik değer veya tepe varyans (sill), etki uzaklığı (range), kontrolsüz etki veya külçe etkisi (nugget)"* model parametreleri ile tanımlanmaktadır. Teorik yarıvariogramın model parametreleri, tahmin aşamalarında kullanılmak için temel oluşturmaktadır. Genel olarak yarıvariogram analizi bölgesel değişkenin mesafeye ve yöne bağlı olarak değişimini, yani bölgesel değişkenin mekânsal yapısını belirlemek için kullanılan bir yöntemdir.

Yarıvariogram fonksiyonunun; (1) yarıvariogramın $h = 0$ uzaklığındaki değeri sıfıra eşittir ($2\gamma(0) = 0$), (2) yarıvariogram fonksiyonu iki rastlantı değişkenin arasındaki farkın varyansı durumunda negatif değer alamaz ($\gamma(h) \geq 0$), (3) yarıvariogram simetrik bir fonksiyondur ($\gamma(h) = \gamma(-h)$) şeklinde üç özelliği vardır. Ayrıca yarıvariogram için izotropik ve anizotropik olmak üzere iki önemli ayrım söz konusudur (Webster ve Oliver, 1990). Bölgesel değişkenin, uzaklığa bağlı ilişkisinin yöne göre değişmediği yarıvariogram izotropik, bölgesel değişkenin yapısının yöne bağlı olarak değiştiği yarıvariogram, anizotropik özellik göstermektedir. Etki uzaklığı yönün bir fonksiyonu olarak değişiyorsa, incelenen bölgesel değişken geometrik anizotrop özelliğine sahiptir. Etki uzaklığı aynı olup, eşik değeri değişiyorsa, yarıvariogram zonal anizotropik olarak tanımlanmaktadır. Bu durumda mesafe ve yön parametrelerinin, yarıvariogram için önemli iki kriter olduğu bilinmektedir.

Jeoistatistik uygulamalarında, Exponential, Spherical, Gaussian, Circular, Linear yaygın kullanılan teorik yarıvariogram modelleridir (Isaaks ve Srivastava, 1989). Bu teorik yarıvariogram modellerinin dışında, Nugget, Exclass (Exponential Class), Mátern, M.Stein's Parameterrisation, Bessel, Pentaspherical, Periodic, Hole, Logarithmic, Power, Spline, Legendre gibi farklı teorik yarıvariogram modelleri de bulunmaktadır (Bivand vd., 2008). Bağımlılık kuralının belirlenmesi,

çalışma alanı içinde ölçüm değeri belli olmayan noktaların, tahmin değerlerinin hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Bu amaçla jeoistatistik yaklaşımı olarak bilinen Kriging tekniği kullanılır. Kriging, ölçüm yapılmış noktalardan, ölçüm yapılmamış olan noktalardaki bölgesel değişkenin değerini tahmin etmek için kullanılan bir doğrusal enterpolasyon tekniğidir. Genel olarak tahmin işlemi, bilinen ölçüm değerlerinin ağırlıklı ortalamasından yararlanılarak yapılmaktadır. Matematiksel olarak bu işlem,

$$\hat{z}(x_0) = \sum_{i=1}^{N} W_i Z(x_i)$$

eşitlik 1'de olduğu gibi ifade edilir. Eşitlikte $\hat{z}(x_0), x_0$ noktasına ilişkin Kriging değerini; (x_i) değişkenlerin her bir x_i noktasında gözlenen değerleri; W_i, her bir $\hat{z}(x_i)$'ye karşılık gelen değerlerini; N, $\hat{z}(x_0)$'ın Kriging tahmininde kullanılacak ölçüm noktalarının sayısını vermektedir. Kriging yöntemi, en küçük hata kareler ortalamasına dayanmaktadır. Ağırlıklar hesap edildikten sonra çalışma alanı içindeki ölçüm değeri bilinmeyen herhangi bir nokta için tahmin değeri,

$$\hat{z}(x_0) = \sum_{i=1}^{N} W_i Z(x_i)$$

eşitlik 2'den belirlenmektedir. Herhangi bir noktasındaki tahmin değerine ulaşmak için kullanılan ölçüm noktaları sayısı, hesaplanacak ağırlıkların sayısını etkilemektedir. Her bir ölçüm noktası için bir ağırlık hesaplanmaktadır. Bu durum Kriging algoritmasında her bir yeni nokta için ağırlık hesabının tekrarlı olarak bulunması anlamına gelmektedir (Isaaks ve Srivastava, 1989). Tahmin ile elde edilen hatanın varyansı, Kriging varyansı olarak adlandırılır. Kriging varyansı, ölçüm noktalarının gerçek değerlerine bağlı değildir. Ölçüm noktaları sayısının ve ölçüm noktalarının konumları arasındaki uzaklığın bir fonksiyonu olarak bilinmektedir (Tercan ve Saraç, 1998).

Kriging analizinin deterministik yöntemlerden ayıran en büyük özelliği, tahmin edilen her bir nokta veya alan için hata varyans değerinin hesaplanabilmesidir. Bu tahmin edilen değerin güven derecesinin bir göstergesi anlamına gelmektedir.

(3) Doğrulama testleri: Jeoistatistik uygulamalarında, elde edilen tahmin değerlerinin doğruluklarının test edildiği aşamayı oluşturmaktadır.

Çalışma alanı boyunca bir bölgesel değişkenin doğru tahmin edilebilmesi için belirtilen üç aşamanın eksiksiz bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Zira, ölçüm noktalarını almak ve *"tüm alanda verilerin nasıl bir dağılım gösterdiği ile*

ilgili kullanışlı ve ilgi çekici sonuçları anlatan bir model oluşturmak" jeoistatistik'in en önemli amaçlarından birini oluşturmaktadır (Hengl, 2009). Jeoistatistik teknikleri klimatoloji çalışmalarında olduğu kadar, pek çok fiziki coğrafya alanında da başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Jeoistatistik çalışmalarında çevresel değişkenlerin nerede yer aldığı, yani lokasyonu, değişkenlerin mekânda niçin birbiriyle bağlantılı olduğu yani mekânsal etkileşimi ve değişkenlerin bulunduğu alanda dağılımlarını etkileyen diğer çevresel değişkenlerin etkileri incelenmektedir (Aydın, 2014). Jeoistatistik uzman tabanlı bir sistemdir. Uygulamalar bilgisayar programı tarafından yapılıyormuş gibi gözükse de, bu konuyla ilgili çalışan uzmanların çok sayıda karar vermesi ve değerlendirmesi gereken durumlar söz konusudur.

4. Uydu, Radar Görüntüleri ve Klimatoloji

İlk meteoroloji amaçlı uydu olan Nimbus 1'in yörüngeye yerleşmesinden 63 yıl geçmiş, yüzlerce yeni uydu atmosferdeki yerlerini almıştır. Günümüzde yörüngede işlevini yitirmişler de dâhil olmak üzeri 40 binin üzerinde uydu olduğu tahmin edilmektedir. Bu uydular çok farklı amaçlara hizmet etmekte, hava ve çevre olaylarının araştırılması bu amaçların başında gelmektedir. Klimatoloji araştırmalarında da uydu görüntülerinden yararlanılmakta, sıcaklık, nem, rüzgar koşulları, su sıcaklıkları, cepheler ve yağış bölgeleri vb. gibi birçok bilgi elde edilebilmektedir. Bu amaçla kullanılan çok fazla uydu bulunmakta, bunlar içerisinde GOES, TRMM, METOSAT, NOAA, Aqua, CALIPSO, CloudSAT, MODIS gibi uydu sistemleri yer almaktadır. Bu uyduların bir kısmı hava durumu analizi için kullanılmakta, her 3 saate görüntü elde edilmektedir. Hava durumu uydularında konumsal çözünürlük düşük olmakla berber zamansal çözünürlük oldukça yüksektir. Burada, klimatoloji araştırmalarında kullanılan Landsat, Aster ve MODIS görüntülerinden bahsedilecektir. Bu uyduların 3'ü gece ve gündüz görüntü sağlayabilmekte, farklı konumsal ölçek seçenekleri sunmaktadır. MODIS uyduları 1:500.000 ölçekli bir görüntüyü her 6 saat için sağlayabilirken, Aster uydusundaki zaman çözünürlüğü oldukça değişiktir. Landsat uydusu bir yere ait görüntüyü ayda iki defa alabilmekte ve 1:50.000 ölçekli ayrıntı sağlayabilmektedir.

Landsat, NASA (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) tarafından, 1972 yılından bu yana belli aralıklarla yörüngeye yerleştirilen uyduların adı olarak bilinmektedir. Landsat 1 uydusu 1972–1978, Landsat 2 1975–1982, Landsat 3 1978–1983, Landsat 4 1982–1993, Landsat 5 1984–2013 yılları arasında yörüngede bulunmuş veri gönderme işlemini gerçekleştirmiştir. 1993 yılında Landsat 6'nın yörüngeye fırlatılması esnasında sorun yaşanmış, 1999 yılında Landsat 7 yörüngede dönmeye başlamıştır. Landsat 7'de 2003 yılında hasar yaşanmış, 2013 yılında Landsat 8 görev yapmaya başlamıştır. Landsat 1-4 uydularında konumsal ve radyometrik

çözünürlük düşükken, Landsat 5'ten sonra termal bantlar da sensörler tarafından elde edilmiştir. Günümüzde kullanılan Landsat 8 uydusunda toplam 12 bant yer almaktadır (NASA, 2015). Bu uydunun 10 ve 11. bantları termal bantlarken, 11. bantın doğru görüntü alamadığı tespit edilmiştir. Bu uydudan elde edilen 10. bant, 100 metrelik konumsal çözünürlüğe sahiptir. Bu banttan yüzey sıcaklıkları üretilebilirken, diğer bantların kombinasyonlarından da birçok yeni çevresel değişkene ulaşılabilmektedir (Örneğin, NDVI-vejetasyon indeksi, NDBI-yapılaşma indeksi).

14 banttan oluşan, gece ve gündüz görüntü alabilen Aster uydusu, ABD ve Japonya ortak projesi ile yörüngeye yerleştirilmiş ve görevini sürdürmektedir. Uyduda, 90 metre çözünürlüklü 5 adet termal bant bulunmaktadır. Aster görüntü çerçeveleri Landsat'a göre daha dar alanlıdır. Buna rağmen, görüntülerin radyometrik çözünürlükleri 12 bittir (NASA, 2015).

Hem Landsat hem de Aster uydularından elde edilen termal bantlar sıcaklık modellerine çevrilirken ilk olarak yansıma değerleri (PD-piksel değeri), eşitlik 3 kullanılarak spektral radyansa (SR) çevrilir. Daha sonra eşitlik 4 kullanılarak yansıma değerleri enerjiye ve eşitlik 5 uygulanarak Kelvin değerleri (T_K) Celsius (T_C-) ölçeğine çevrilir. Böylece yüzey sıcaklık modeli oluşturulmuş olur. Görüntülerin sıcaklık modeline çevrimi esnasında her bant için ayrı katsayılar kullanılır (Tablo 1).

$$SR = M_L \cdot PD + A_L \quad [3]$$

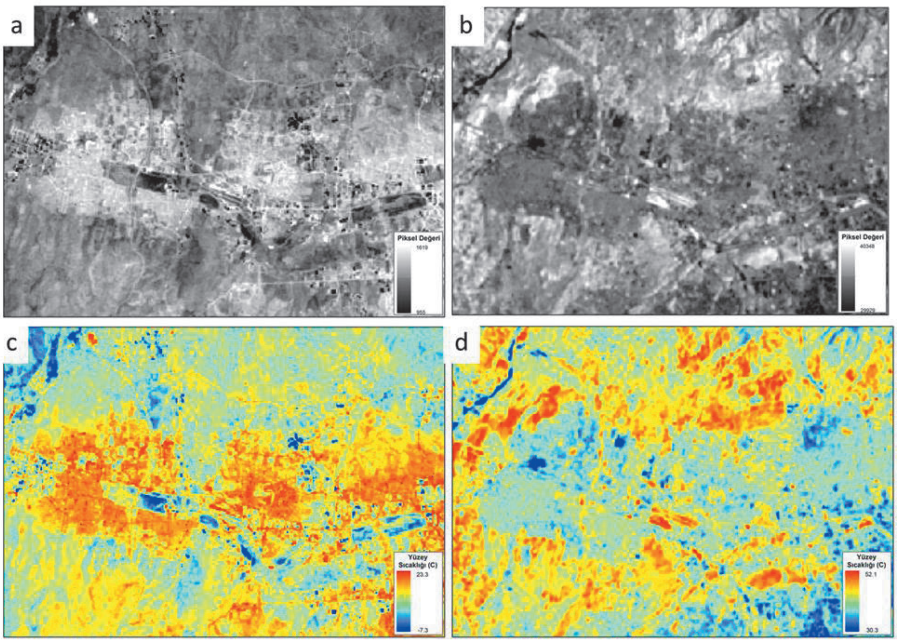
$$T_K = \frac{K^2}{ln\left(\frac{K_1}{SR} + 1\right)} \quad [4]$$

$$T_C = T_K - 273.15 \quad [5]$$

Tablo 1. Bantlara Ait Katsayılar

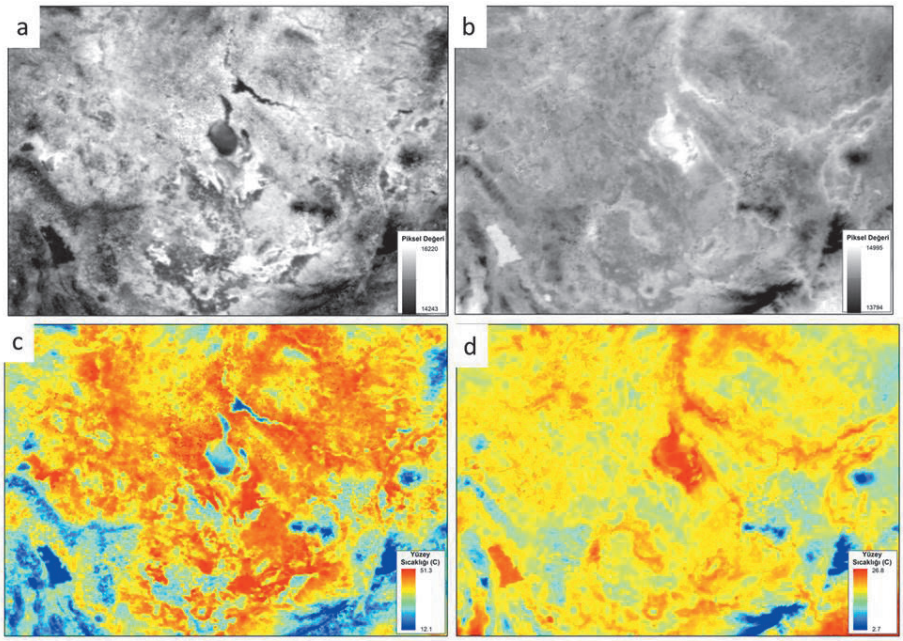
Uydu ve Bant	K1 Katsayısı	K2 Katsayısı	AL Katsayısı	ML Katsayısı
Landsat 8 (B10)	774.89	1321.08	0,1	0,0003342
Aster (B13)	866,468575	1350,069147	-	0,005693

Şekil 5'te, Ankara şehrinin batı yarısı için, gece alınan Aster uydu görüntüsünün (Şekil 5a) yukarıda belirtilen algoritma kullanılmasıyla sıcaklık modeline (Şekil 5c) çevrilmiş hali ve gündüz alınan Landsat (Şekil 5b) görüntüsünün sıcaklık modeline (Şekil 5d) çevrilmiş halleri bulunmaktadır. Elde edilen görüntülerde, şehirsel alanın gündüz görüntüsü, çevresine göre serin özellik göstermekteyken, gece alınan görüntüsü, çevreye göre oldukça sıcaktır. Bu tür görüntülerle şehir ısı adası çalışmaları da yapılabilmektedir (Yılmaz, 2016).



Şekil 5. a) Aster uydusuna ait gece görüntüsü 13. Bant, b) Landsat Uydusuna ait görüntü 10. Bant, c) Aster uydusundan elde edilen gece yüzey sıcaklık modeli, d) Landsat uydusundan elde edilen gündüz yüzey sıcaklık modeli

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer-Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektroradiometresi), NASA (Amerikan Uzay ve Havacılık Dairesi) tarafından yörüngeye yerleştirilen, çevre ve atmosfer değişimlerinin izlenmesi amacıyla günümüzde oldukça fazla kullanılan bir uydudur. 36 bandı bulunan uydunun TERRA ve AQUA adında iki sensörü bulunmakta, dünyanın tamamı her 6 saate görüntülenmektedir. Uydu tarafından alınan görüntülerle, aeresol, plankton, biyokimya, su buharı, kara-deniz ve atmosfer sıcaklığı, bulut özellikleri, bulut yüksekliği gibi bilgiler elde edilebilmektedir. 31-32 bantları yüzey sıcaklığı için kullanılmaktadır. Uydudan elde edilen görüntüler sayesinde, yeryüzündeki her saha için günlük gece-gündüz sıcaklık değerleri üretilebilmektedir. Ayrıca uydudan elde edilen görüntüler her 8 günlük ortalama şeklinde de ayrı bir veri şeklinde saklanmaktadır.



Şekil 6. a) MODIS uydusu 8 günlük ortalama gündüz yansıma değerleri, b) MODIS uydusu 8 günlük ortalama gündüz yansıma değerleri

MODIS uydularından elde edilen 31 (10.780 - 11.280 μm) ve 32 (11.770 - 12.270 μm) bantlar, farklı spektral özelliklere sahiptir. Geniş bir radyometrik çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri, elde edildiklerinde piksel değeri ile ifade edilmektedir. Bu değerler, eşitlik 6 uygulanarak yüzey sıcaklık modeline çevrilmektedir.

$$T_C = 0{,}02\ PD - 273.15 \qquad [6]$$

Şekil 6, MODIS uydusundan elde edilen 8 günlük ortalama değerlere ait görüntüleri göstermektedir. Şekil 6'da gündüz görüntüsü, Şekil 6c'de eşitlik 6 kullanılarak elde edilmiş gündüz sıcaklık modeli görülmektedir. Gündüz görüntüsünde Tuz Gölü, çevresine göre serinken, İç Anadolu Çukuru sıcak, Beyşehir Gölü ve Toros Dağları soğuktur. Gece alınan görüntü (Şekil 6b) ve bundan elde edilen sıcaklık modelinde (Şekil 6d) durum değişmiş, Tuz Gölü ve Beyşehir Gölü çevresine göre sıcak duruma geçmiştir. İç Anadolu Çukuru Toros Dağları'na göre sıcak özellik göstermektedir.

Radar, aktif bir uzaktan algılama sistemidir. Meteorolojik radarlar 20. yüzyıl ortalarından beri kullanılmaktadır. Radarlar, çevrelerine dalga gönderip, bunların geri yansımasını ölçmekte bu sayede yağış haline geçebilecek su miktarının belirlenmesi amacıyla kullanılmakta, bunun yanında rüzgâr yönleri hakkında da bilgi vermektedir. MGM tarafından kurulan radarlar hemen hemen Türkiye'nin tama-

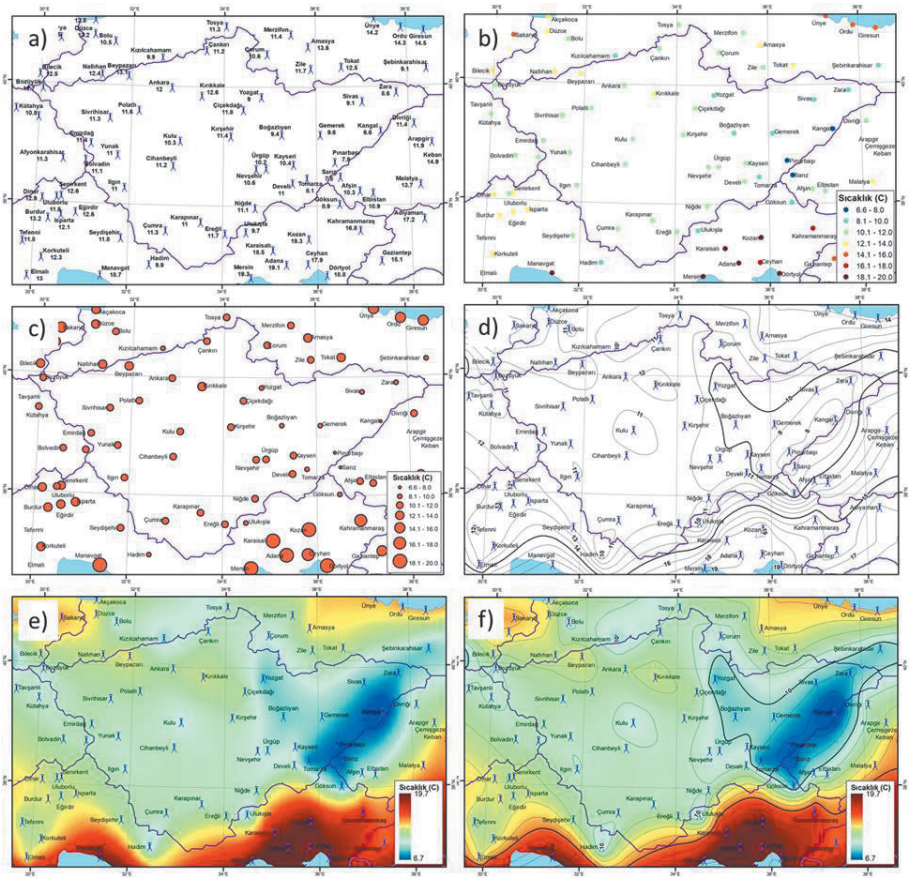
mını kapsamakta, her 7,5 dakikada bir turu tamamlamakta ve elde edilen bilgiler kurumun internet sayfasından paylaşılmaktadır. Radarlar, görüş oranı yüksek yerlere kurulmakta, elde edilen bilgiler merkezi projeksiyon ile çözümlenmektedir.

5. Haritalama Yöntemleri

İklim çalışmalarında yukarıda sayılan veriler kullanılmakta ve bu verilerin haritalanması sonucunda; kullanıcısına kolaylık sağlanması, yorumlanmanın basitleşmesi mümkün hale gelmektedir. Haritalama esnasında kullanılan tekniğin de veride yapısal bir anlam kayması yaratmaması, kullanıcı tarafından farklı bir yorum getirilmesinin engellenmesi gerekmektedir. Bu nedenle günümüz haritalama teknolojisinin sunduğu haritalama yöntem ve teknikleri seçilirken dikkatli davranılmalıdır. Haritalama yöntem ve tekniği en başta klimatolojik ve kartografik varsayımlara uymalı, daha sonra bunun görsel ve sanatsal boyutu zenginleştirilmelidir. Bu amaçla aşağıda bazı haritalama teknikleri uygulanmış, bunların tenkidi yapılmış, kullanıcılara fikir vermek amaçlanmıştır.

5.1. Tek Veri Haritalama Teknikleri

İklim çalışmalarında çoğu zaman tek değişken incelenmekte, değişkendeki farklı dağılış düzenleri açıklanmaya çalışılmaktadır. Örneğin, sıcaklık dağılışı incelenmek istendiğinde, sadece istasyon noktası konularak, noktaların üzerine sıcaklık değerleri yazılıp sıcaklık dağılışı belirtilebilmektedir (Şekil 7a). Bu harita, sıcaklık dağılışında mekânsal değişimi göstermesi açısından zayıf bir araçtır. Ancak, verinin direkt gösterilmesi açısından kullanılabilir bir özelliğe sahiptir. Bu tür haritalar, genel olarak dağılıştan çok, herhangi bir andaki sıcaklık değerini göstermek amacıyla kullanıldığında, amaca doğru şekilde hizmet edebilmektedir.



Şekil 7. Tek veri haritalamasına örnekler a) Veri etiketleyerek, b) İstasyon noktaları renklendirerek, c) İstasyon büyüklüğünü değiştirerek, d) Eşdeğer eğri yöntemi (burada eş sıcaklık eğrileri ile), e) Yüzey oluşturarak renklendirerek, f) Hem eşdeğer eğri (eşsıcaklık) hem de yüzey modelinin birlikte kullanımı ile

Aynı örnek üzerinden değerlendirildiğinde, sıcaklık dağılışının gösterilmesi amacıyla başka tekniklerin kullanımı söz konusudur. İstasyonu ifade eden simgelerde, sıcaklığın nicel büyüklüğüne göre, yapılan hiyerarşik renklendirme de sıcaklık dağılışı açısından kullanılabilmektedir (Şekil 7b). Bu durumda, sıcaklık durumu direkt olarak renklerden çıkarılabilmekte, istasyonların süreklilik arz etmemesinden dolayı dağılış da sürekli olmamaktadır. Yine istasyon noktaları büyütüp küçültülerek de haritalama gerçekleştirilebilir (Şekil 7c). Bu teknik teorik olarak bir hata görülmese de, büyüklük belli bir değerden başladığı için, nitel değerlendirmede sorun taşıyabilir. Bu haritalama 0'dan büyük değerler için (Örneğin, yağış) uygun olsa da sıcaklık gibi, belli bir eşikten sonra farklı durumları ifade

eden değişkenlerin (Örneğin, korelasyon katsayısı, regresyon katsayısı, eğilim katsayıları) haritalanması açısından uygun değildir. Bu durumda eşiğin altındakileri farklı renkte, üstündekileri farklı başka renkte göstermek daha uygun olacaktır.

Yine, bir değişkenin haritalanması amacıyla kullanılabilecek bir başka yöntem, eşdeğer eğri yöntemidir. Bu yöntemle, değişkenler doğrusal enterpolasyon ile kestirim yapılarak eş değer eğrileri üretilebilmektedir. Üretilen bu eğriler, sıcaklık için eşsıcaklık (izoterm), yağış için eşyağış (izoyet), basınç için eşbasınç (izobar) eğrileri gibi adlarla kodlanmaktadır. Burada sıcaklık örnek gösterildiğinden, istasyon değerlerine bağlı olarak enterpolasyon yapılır ve eşsıcaklık eğrileri ile sıcaklık dağılışı gösterilebilmektedir. Her beş eğriden biri kalın gösterilerek kullanıcıya kolaylık sağlanmakta ve anlaşılması daha kolay olmaktadır. Bu haritalama tekniğinde tek rengin kullanılması, kullanıcının haritayı daha iyi incelemesine imkân tanımaktadır (Şekil 7d). Aynı teknikte eşdeğer eğriler belli eşik değerlere göre renklendirilerek de kullanılabilir.

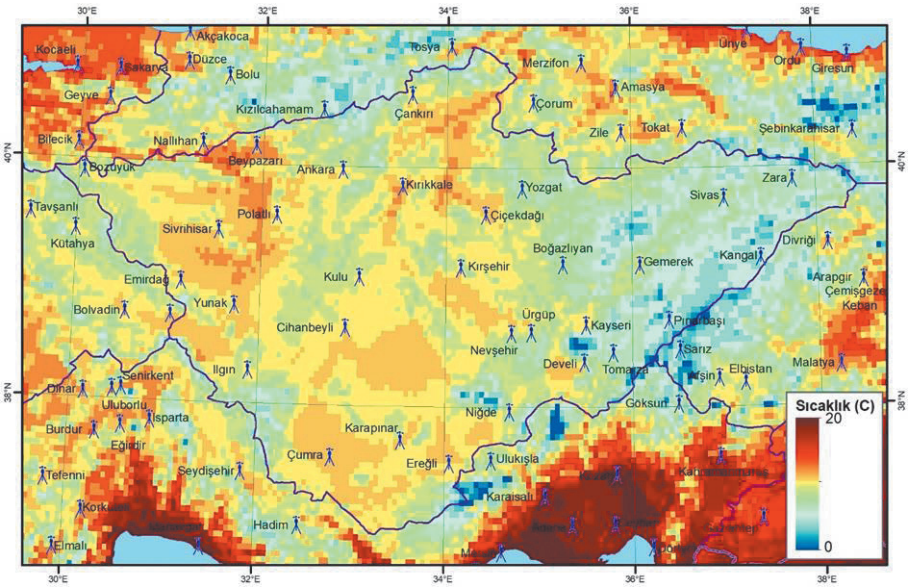
Yukarıda belirtilen yöntemin yanında istasyon noktalarına göre enterpolasyon yapılarak bir yüzey oluşturulup renklendirilebilir (Şekil 7e). Renklendirme sırasında, sıcaklığın gösterimi için mavi ve kırmızı tonlar seçildiğinde sıcaklık dağılışı daha iyi gösterilebilmektedir. Bu haritalama tekniğinde, renklendirme sürekli olduğundan, sıcaklık geçişlerinde sınırlar belli olmaz. Bu nedenle bu türden haritalar sınıflandırılarak ya da üzerine eşsıcaklık eğrileri eklenerek kullanıldığında daha iyi gösterim sağlamaktadır (Şekil 7f). Ancak bu haritaların bazı eksik yönleri bulunmaktadır. Özellikle rölyefin engebeli olduğu, yükselti ve bakı koşullarının değişkenlik gösterdiği sahalarda, dağılışın gösterimi sınırlı kalmaktadır. Ayrıca oluşturulan yüzey sürekli olduğundan, ölçümün de sürekli yapıldığı (her yerde) gibi bir anlam kayması yaratabilmekte, eğitimli kullanıcılar tarafından yararlanılması önerilmektedir.

Klimatolojik değişkenler genel olarak bir noktada ölçülür ve başka yerlere taşınır. Bu taşınma esnasında çoğu zaman sadece x ve y değişkenlerine göre kestirimler yapılır. Fakat yeryüzü sadece enlem ve boylam değişkeninden ibaret değildir. Klimatolojik değişkenler de sadece bu iki değişkene değil, yükseltiye, arazi örtüsüne, bakıya, denize uzaklığa, basınç merkezlerine göre şekillenmektedir. Bu nedenle enterpolasyon yapılırken kullanılan model içerisine bu değişkenlerin eklenmesi önemlidir. Fakat bu sayılan değişkenlerin eklenmesi esnasında da sınırlılıklar oluşmakta, özellikle değişkene ait etki derecesi belli olmadığında modelleme de zorlaşabilmektedir. Aşağıda sıcaklığın, enlem, boylam ve yükseltiye göre modellenmiş bir örneği bulunmaktadır (Şekil 8). Bu haritada, sıcaklık kestirimi yapılırken yükselti değişkeni de hesaba katılmış ve diğer yöntemlere göre daha gerçekçi sonuçlara ulaşılmıştır. Haritalama esnasında istasyon sıcaklık değerleri

ile oluşturulan yüzey (İSM-İstasyon Sıcaklık Modeli), istasyon yükseltileriyle oluşturulan yüzey (İYM-İstasyon Yükselti Modeli) ve Sayısal Yükselti Modeli (SYM) kullanılmıştır (Eşitlik 7). Düşey sıcaklık gradyanı (DSG) ise sabit bir değer olarak (her 100 metrede 0,5 °C) alınmıştır. Oysa bu gradyan, zamana ve mekâna göre değişmekte, bu nedenle sabit bir değer yerine değişen bir oranın kullanılması gerekmektedir.

$$Modellenmiş\ Sıcaklık = İSM - \frac{SYM - İYM}{100} DSG \quad [7]$$

Eşitlik 7'de kullanılarak elde edilen modellemelerde bazı sorunlar çıkmaktadır. Bunlardan biri bakının hesaba katılmamasıdır. Bakı, sıcaklığı etkileyen önemli etmenlerden biridir. Diğer bir etmen, arazi örtüsüdür. Arazi örtüsü, hava ve yüzey sıcaklığını etkilemektedir. İçerdiği su oranı, pürüzlük katsayısı, özgül ısı, ısı iletkenliği vb. gibi faktörlerin sıcaklık durumuna etkisi vardır. Dolayısıyla farklı arazi örtülerine göre model yeniden oluşturulmalı ve parçalı (bileşik) fonksiyonlar kullanılmalıdır.



Şekil 8. Modellenmiş veri ile yıllık ortalama sıcaklık haritası

Kaynak: (Elibüyük ve Yılmaz, 2012)

5.2. Çoklu Veri Haritalanma Teknikleri

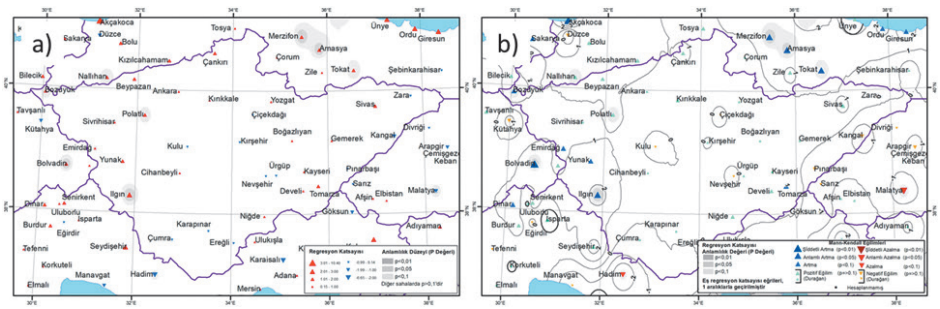
İklim araştırmalarında bazı durumlarda karşılaştırmalara, bazı durumlarda verilere ait güvenirlilik bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda birden çok değişkenin haritalanması gerekmektedir. Örneğin eğilim analizi yapıldığında, eğilimin hipotez testi sonucunun da verilmesi, hangi eğilimlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu hakkında bilgi verilmesiyle, bilimsel eksiklikler giderilmiş olacaktır.

Doğrusal regresyon analizi sonucunda, regresyon katsayıları, regresyon katsayısına ait hatalar, regresyon katsayısına ait değerleri ve bu değerine ait olasılık değerleri elde edilebilir. Bu durumda, her bir değeri ayrı ayrı haritalamak yerine bunların birleştirilmesi ve sonucun tek haritada belirtilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, aynı çerçeve içerisinde birden fazla değerin haritalanması ve bu değerlerin birbirine karıştırılmadan anlaşılması gerekmektedir. Şekil 9a'daki haritada İç Anadolu Bölgesi ve çevresinde Thornthwaite yöntemine göre yıllık su fazlası miktarlarındaki (1971–2010) eğilim sonuçları haritalanmış, haritada regresyon katsayıları gruplandırılarak ve eğilim yönleri istasyon simgesi rengiyle, katsayının niceliği, simgenin büyüklüğüyle gösterilmiştir. Ayrıca, istasyon çevreleri, renklendirilmiş ve regresyon katsayısının hipotez testi sonucu renklerle belirtilmiştir. Bu sayede aynı harita üzerinde hem değişkendeki eğilim, eğilim yönü ve büyüklüğü, hem de eğilimin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı hakkındaki bilgiler birleştirilmiştir. Regresyon analizinde, regresyon katsayıları aynı olsa bile, istasyonların standart hataları değiştiğinden, hipotez testi sonuçları da değişmektedir. Bu nedenle aynı değerdeki regresyon katsayılarından biri anlamlı olabilirken, diğeri anlamlı olmayabilmektedir. Buna rağmen, Kendal Tau değerleri ve korelasyon katsayısı değerlerinin varyansları veri sayısı ile ilişkili olarak değiştiğinden, aynı sayısına ait aynı değerlerin hipotez testi sonuçları da eşit olmaktadır. Bu nedenle bu değişkenlerde iki farklı değerin birleştirilmesine gerek duyulmamaktadır.

Klimatoloji çalışmalarında kullanılan verilerin dağılım özellikleri, o verinin analiz yöntemini de belirleyebilmektedir. Örneğin, regresyon analizinde kullanılan verinin normal dağılım gösterme varsayımı gerekmektedir. Bu durumda yapılan analizler sonucunda (Örneğin, Kolmograf-Simirnof, Anderson-Darling testleri) veriler normal dağılım gösteriyorsa parametrik yöntemler kullanılabilmektedir. Verilerin bir kısmı normal dağılım göstermediğinde, nonparametrik yöntemlere başvurulmaktadır. Nonparametrik yöntemler istatistik için alternatif yöntemler olarak bilinmektedir. Bu nedenle testlerin gücü düşüktür. Parametrik yöntemlerde testlerin gücü yüksektir. Dolayısıyla bazı durumlarda normal dağılım sınırlılığını gidermek için nonparametrik testlere başvurulurken, testlerin gücünün düşmesine de engel olunamamaktadır. Böyle durumlarda, aynı veri için biri parametrik,

diğeri nonparametrik olmak üzere iki test aynı anda kullanılabilmektedir. Böylece, hem test karşılaştırması hem de sağlaması yapılabilmektedir. Böyle durumlarda elde edilen sonuçların haritalanması birçok değişkenin aynı çerçevede haritalanmasını gerektirmektedir.

Şekil 9b'de, İç Anadolu ve çevresinde Thornthwaite yöntemine göre elde edilen yıllık su fazlalarındaki eğilim (1971–2010) sonuçları görülmektedir. Haritada hem regresyon katsayısı ve hipotez testi sonuçları hem de Mann-Kendal sıra korelasyon testi sonuçları birden gösterilmiştir. Regresyon katsayısı enterpole edilerek eşregresyon katsayısı değerleri üretilmiş, bu değerlere ait hipotez testi sonuçları da enterpole edilmiş ve renklendirilmiştir. Renksiz bırakılan sahalar hipotez testi sonucunun istatistiksel olarak anlamlı olmadığı yerleri ifade etmektedir. Aynı harita üzerinde, istasyon noktaları renklendirilmiş ve boyutları değiştirilmiştir. Bu sayede Mann-Kendall hipotez testi sonuçları işaretlenmiş, iki testin sonucu ayrı haritada gösterilmiştir.

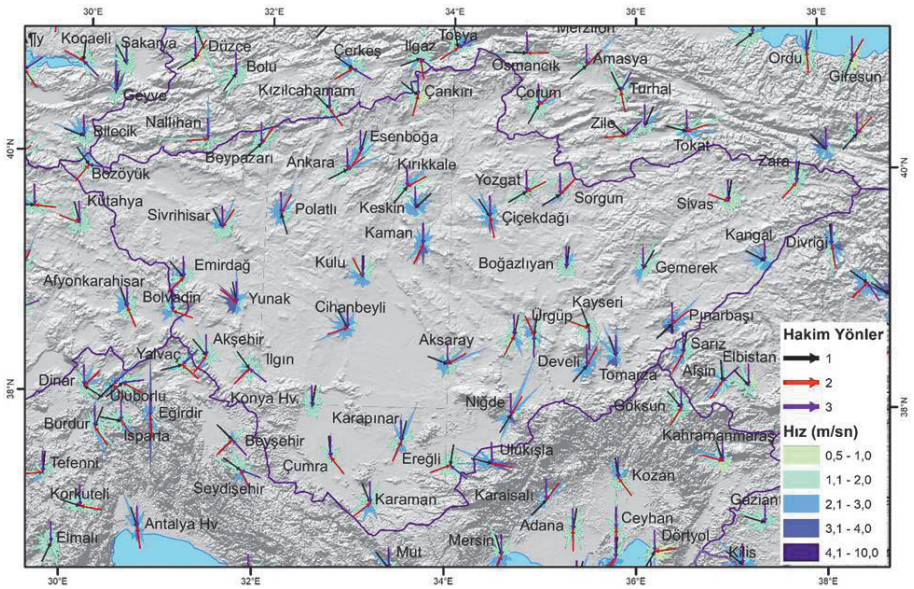


Şekil 9. Çok Değişkenli Haritalama a) Bir sahadaki yıllık su fazlası eğilimleri (Thornthwaite) ve bunun anlamlılık düzeyleri, b) Aynı sahada hem regresyon katsayısı hem de Mann-Kendall sıra korelasyon testine göre yıllık su fazlası eğilimleri

Kaynak: (Yılmaz, 2019).

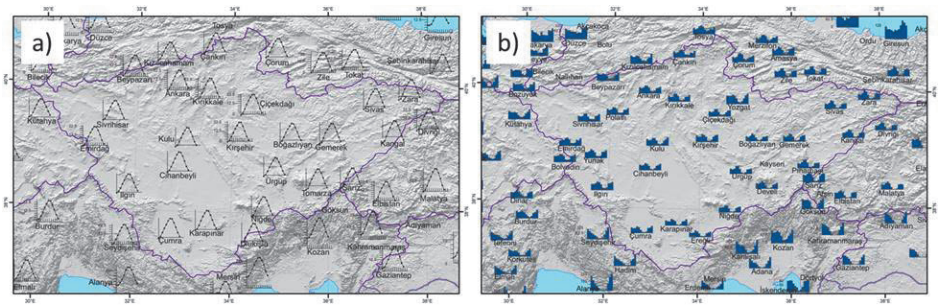
Önemli bir iklim parametresi olan rüzgâr, bir yere gelen hava kütlelerinin yönünü ve gelen hava kütlesini yönlendiren basınç merkezleri hakkında bilgiler vermektedir. Rüzgârın esme yönü, hangi yönden kaç defa estiği, hızı, yön ve hız değişkenliği klimatolojik araştırmalar için önemli bilgiler sunmaktadır. Rüzgâr analizinin CBS yazılımları içerisine entegresyonu henüz yapım aşamasındadır. Bu nedenle rüzgâr analizi, CBS yazılımları içinde değil, farklı yazılımlar kullanılarak yapılabilmektedir. Bunlardan WRPLOT yazılımı (https://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html), özellikle hız ve esme sayısına göre grafiklerin oluşturulmasında oldukça iyi sonuçlar vermektedir. Windsim yazılımı (https://windsim.com/), rüzgar analizi içinde kullanılmakta olup, haritalama işlemleri yapılabilmektedir.

Bir noktanın rüzgar analizi için rüzgar gülleri oluşturulmakta ve hakim rüzgar yönleri belirlenebilmektedir. Hakim ve ortalama rüzgar yönleri hem Lambert (Conrad, 1946) hem de Rubinstein (Ardel vd., 1969) yöntemlerine göre yapılabilmektedir. Aşağıdaki haritada (Şekil 10), rölyef üzerinde istasyonlara ait rüzgâr gülleri verilmiş, her yöne ait çokgen renklendirilerek esen rüzgârın hızı da belirtilmiştir. Aynı zamanda Rubinstein yöntemine göre hâkim rüzgâr yönleri de hesap edilerek rüzgâr gülleri ile birleştirilmiştir. Bu sayede aynı harita üzerinde rüzgâr esme sayıları, ortalama rüzgâr hızları ve hâkim rüzgâr yönleri gösterilmiştir.



Şekil 10. İç Anadolu Bölgesi ve Çevresinde Rüzgar Güleri, Rüzgar Hızları ve Hakim Rüzgar Yönleri

Klimatoloji araştırmalarında sıkça kullanılan çizgi ve sütun grafikler, CBS yazılımları tarafından yeterince iyileştirilmemesine rağmen, yine de kullanılabilecek durumdadır. Özellikle farklı istasyonların, saatlik, günlük, aylık ve yıllık verilerinin karşılaştırılabilmesine imkân sunan bu özellikler, Türkiye ve dünyada çok yaygın bir kullanıma sahip değildir. Şekil a'da istasyonlara ait aylık ortalama sıcaklıklar sabit bir ölçekle gösterilmiş, hem aylar arasındaki sıcaklık değişimi ve rejimleri hem de istasyonların birbiri ile karşılaştırılması sağlanmıştır. Şekil b'de, aylık toplam yağışların yıl içindeki gidişi sütun grafiklerle gösterilmiş, hem aylık değişim hem yağış rejimleri hem de yağış dağılışı aynı harita üzerinde verilmiştir. CBS yazılımları, pasta grafik imkânı da sunmaktadır. Böylece bir değişkenin mevsimsel olarak oranları belirtilebilmektedir. Bu özelliklerin daha fazla kullanılması ve teşvik edilmesi gerekmektedir.



Şekil 11. İç Anadolu Bölgesi ve Çevresinde Uzun Yıllık (1971–2010)
a) Aylık ortalama sıcaklık, b) Aylık toplam yağış grafikleri

6. Klimatoloji Yazılımları

6.1. Görselleştime Yazılımları

Klimatolojik verilerin grafiklenmesi amacıyla da birçok yazılım kullanılmaktadır. Bunların başında Microsoft firması tarafından desteklenen ve farklı versiyonları bulunan Excel gelmektedir. Lotus ile başlayarak günümüze evrilen bu paket program, pratik olması, kolay kullanım sunması, ulaşılabilir olması ve farklı veri tiplerine dönüşümündeki kolaylık nedeniyle fazlaca tercih edilmektedir. Özellikle programda makro yazımı olması, fonksiyon tanımlanabilmesi ve Visual Basic ile programlanabilmesi, ileri düzey uygulamaların yapılabilmesini sağlamaktadır. Excel, son versiyonlarında dinamik haritalama özelliği sunmaktadır. Excel'in bir alternatifi olan ve açık kaynak kodlu olarak sunulan Open Office yazılımları, Microsoft Office ile büyük benzerlikler içermekte ve Calc programı ile Excel'de yapılan bir çok işlem gerçekleştirilebilmektedir.

Grafikleme amacıyla kullanılan başka yazılımlar da bulunmaktadır. Bunlar içerisinde Golden firması tarafından üretilen Grapher, 2 ve 3 boyutlu grafik seçenekleri ile atmosfer ve yer bilimlerine ait özel grafik seçeneklerinde kullanılan iyi bir grafik yazılımıdır. Başka bir yazılım olan Sigmaplot, özellikle çok sayıda verinin tek pencerede gösteriminde oldukça yeteneklidir. GlobFX firması tarafından geliştirilen Swiff Chart, görsel ögelerdeki yenilikleriyle özellikle sunumlar için oldukça kullanışlı grafik seçenekleri sunmaktadır.

6.2. Programlama Dilleri ve İstatistik Yazılımları

Programlama dilleri, paket programlardan farklı olarak, tüm komutları kullanıcıdan isteyen, değişkenlerin tanımını kullanıcıya bırakan, görüntüleme işlemlerinde kullanıcıya bağlı olan, kullanıcı kabiliyetine göre hareket eden, belli ko-

mutları tanımlı, kullanıcıya geniş perspektif sunan bilgisayar tabanlı sistemlerdir. Yoğun emek gerektirmektedir. Bilgisayar teknolojisinin gelişim aşamasında, DOS, MS-DOS, Fortran gibi dillerin bulunmasına rağmen, günümüzde bu diller gibi temel bilgisayar dilleri üzerinde çalışan çok sayıda başka dillerde bulunmaktadır. Bu diller, farklı iş paketlerinde uzmanlaşmış ve kullanıcılar açısından tercih edilir duruma gelmiştir. Günümüz klimatoloji bilimi, mevcut paket programlar yardımıyla araştırma ve geliştirmeye açıktır. Programlama dilleri, hem üç boyutlu (x, y, z), hem de 4 boyutlu (x, y, z, t) modellemeye olanak tanımaktadır. Programlama dilleri ile hem veri işleme hem istatistiksel ve matematiksel işlemler yapılabilmekte hem de grafikleme ve haritalama gerçekleştirilebilmektedir. Bu yönüyle bu diller sayesinde mekânsal veri kullanılarak, Türkiye'de düşünüldüğü anlamda CBS uygulamaları yapılabilmektedir. Ancak, Türkiye'de klimatoloji alanında yeteri kadar yararlanılmamış, daha çok mühendislik konularında kullanılmıştır. Coğrafya programlarının, bu dillerden birini en az yüksek lisans programlarında kullanmaları tüm atmosfer bilimleri ve yerbilimleri açısından faydalı olacaktır. Klimatoloji araştırmalarında yaygın olarak kullanılan bazı paket programları aşağıda verilmiştir.

Gelişmiş alt yapısı ile hem matematikçiler hem de istatistikçiler için geniş bir araştırma ve geliştirme platformu olan Matlab, atmosfer ve yer bilimciler için oldukça fazla seçenek sunmakta, simülasyonlara imkân tanımaktadır. Son sürümleri kullanıcılara daha basit arayüz seçenekleri sunmaya başlasa da, temelde kod yazılarak kullanılan Matlab, Türkiye'de fazla kullanıcı bulamamıştır. Diğer diller gibi Matlab'ın kabiliyeti, kullanıcının hayal gücü ile sınırlıdır.

Günümüzde R, çok çeşitli istatistik (doğrusal ve doğrusal olmayan modelleme, klasik istatistiksel testler, zaman serisi analizi, sınıflandırma, kümeleme, vb. gibi) ve grafik tekniklerin kullanılmasına olanak sağlayan istatistiksel yazılım geliştirme ortamı ve programlama dili olarak bilinir. Kısaca, çeşitli istatistik tekniklerinin uygulanabildiği bir ortamdır şeklinde de ifade edilebilir. Bu yönüyle, istatistik paket programlarının kullanımından farklıdır. R, S, C, C ++, Fortran veya Java ile yazılmış kodlarla genişletilebilir. Çeşitli ilişkisel veri tabanı sistemlerine ve CBS'ye yönelik bağlantılarının mevcudiyeti birçok iyi bilinen veri formatının okunabilir ve/veya yazılabilmesine olanak sağlar. R, internet üzerinden çeşitli paketlerin indirilmesi ile analiz sonuçları ve tüm fonksiyonların kolayca modifikasyonunu yapabilir ve model oluşturabilir. Kullanıma yönelik binlerce faydalı R paketi vardır. Bunlardan en çok indirilen paketler, veri yüklemeye, veri manipüle etmeye, veri görselleştirmeye, veri modellemeye, sonuçları rapor etmeye, yüksek performanslı R kodu yazmaya, web ile çalışmaya, kendi R paketini yazmaya yöneliktir. Bundan başka, mekânsal veriler, zaman serileri ve finansal veriler için tercih edilen paketlerde oldukça yaygın bir kullanıma sahiptir. Özellikle son yıllarda mekânsal

verinin analizine yönelik geliştirilen paket sayılarında önemli bir artış vardır. Bu amaçla bir grup R kullanıcısı bir araya gelerek, mekânsal veri analizlerine yönelik çok sayıda yöntemler geliştirmişlerdir (Pebesma ve Bivand, 2005). Geliştirilen bu paketler sayesinde, veri mekânsal istatistik paketlerine kolayca taşınabilmekte, mekânsal nesneler (nokta, poligon, kafes), yazdırılabilmekte, çizdirilebilmekte, alt seviyelere ayrılabilmekte, özetlenebilmekte, üst üste birleştirilebilmektedir. Kısaca, çok sayıda işlemlerin yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.

Java da açık kaynak kodlu diller içerisinde çok sık kullanılan bir platformdur. Bu dil sayesinde elektronik birçok alet programlanabilmektedir. Üretilen programların dinamik olarak da çalışabilmesi, bu dilin kullanımını arttırmaktadır. Çok sayıda platformda birlikte çalışabilen Phyton, veritabanı uygulamaları ile bütünleşik çalışması, CBS yazılımları ile entegre bir şekilde modül geliştirilebilmesi nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir. Yine C++ ve Fortran dilleri günümüzde kullanılmakta, kullanıcı ve geliştiricisi için önemli araçlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

SAS, Kuzey Carolina Devlet Üniversitesi tarafından geliştirilen ve günümüzde bir enstitü tarafından devam ettirilen yazılım, kendine özgü bir dile sahiptir. Oldukça güçlü olan bu yazılımın, önceki dönemlerde grafik özelliği zayıf olmasına rağmen, geliştirilmiş yeni versiyonlarında hatırı sayılır bir kullanıcı kesimi tarafından tercih edilir hale gelmesi dikkat çekicidir. Yazılımın güvenilirliği, uluslararası otoritelerce kabul görmektedir. Öğrenci versiyonları çevrimiçi olarak ücretsiz kullanılabilmektedir. Yazılımı kullanmak profesyonel bir bilgisayar ve istatistik eğitimi gerektirmektedir. Ayrıca, mekânsal istatistik seçenekleri sunmasıyla önemlidir.

SPSS, Türkiye'de özellikle sosyal bilimciler tarafından yaygın kullanıma sahip bir yazılımdır. Gelişmiş anket çözümleri ve diğer istatistik analizleri sayesinde oldukça fazla alanda kullanım imkânı tanımaktadır. Yazılım ile hipotez testleri, çok değişkenli analizler yapılabilmektedir. Bir dönem yazılım geliştirmede, haritalama boyutuna adım atılmış, fakat çok fazla ilerleme sağlanamamıştır.

Minitab, kodlama ile kullanılabilen bu yazılım birçok istatistik analizi yapabilmekte ve kullanıcıya iyi görsel ögeler sunmaktadır. Yazılım sayesinde temel istatistiksel işlemler, çok değişkenli analizler, zaman serisi analizleri, nonparametrik analizler yapılabilmektedir.

E-Views, özellikle ekonomistlerin kullandığı bir yazılımdır. Zaman serisi analizlerinde, durağanlık testlerinde, kırılma analizlerinde, model kestirim analizlerinde uygulanabilirliliği güçlüdür. Otokorelasyon ve kısmi otokorelasyonlar çok hızlı bir şekilde hesaplanabilmektedir. Model kestirimleri, model seçimi hızlıca yapılabilmektedir. Kod kullanma özelliğine sahip olan yazılım, zaman serileri analizleri için vazgeçilmez bir araçtır.

6.3. CBS ve UA Yazılımları

CBS yazılımları, iklim araştırmalarında birkaç şekilde kullanılmaktadır. Bunlar içinde haritalama, veri düzenleme, konumsal istatistik, modelleme yer almaktadır. Çok yaygın olmasa da farklı firmalar tarafından üretilen CBS yazılımları direkt olarak iklim araştırmalarına hizmet etmeyi amaçlamaktadır. Bu durum araştırmacılara, yazılımlar tarafından diğer amaçlarla üretilen işlevlerinin iklim araştırmaları için uyarlama zorunluluğunu getirmiştir. Aşağıda CBS yazılımları hakkında bilgi verilmiş, bunlara klimatolojik bir bakış açısı geliştirilmeye çalışılmıştır.

ArcGIS yazılımı ve bileşenleri, oldukça güçlü bir CBS ve uzaktan algılama yazılımıdır. Yazılım sayesinde farklı enterpolasyon teknikleri ile dağılışlar yapılabilmektedir. Jeoistatistiksel (Geostatistical) bileşeni sayesinde veriler, istatistiksel olarak modellenebilmekte ve sonuçları haritalanabilmektedir. Yazılıma ek olarak geliştirilen eklentiler sayesinde birçok farklı veri formatları okunabilmekte ve yazılabilmektedir. Yazılım, iyi bir haritalama yeteneğine sahip olup, farklı projeksiyon sistemindeki verileri tek ekranda yapabilme özelliğine sahiptir.

Mapinfo yazılımı, son 5 yıl içerisinde önemli bir değişim geçirerek, kodlama dili değiştirilmiştir. Yazılım, genel olarak iyi bir veri tabanı ve düzenleme aracı olarak kullanılabilmektedir. Mevcut raster işleme bileşenleri zayıftır. Hem eski hem de yeni sistemde enterpolasyon türleri farklı bileşenler ile gerçekleştirilebilmektedir. Keşfetmek (Discover) eklentisi ile program coğrafi bilgilerin dağılışı için farklı yöntemler sunma kabiliyeti kazanabilmektedir. Bu eklenti hem atmosfer hem de yer bilimciler tarafından kullanılabilecek kapasiteye sahiptir.

İdrisi, hem CBS hem de uzaktan algılama yazılımı olarak kullanılabilen, hibrit bir yazılımdır. Raster ve vektör işlemede güçlü olan program, özellikle arazi kullanımı-örtüsü çalışmalarında makamsal öngörü yapabilme özelliklerini barındırması ile diğer yazılımlardan farklı bir yöne kaymıştır. Yazılım klimatolojik anlamda özelikle uydu görüntülerinin farklı algoritmalar ile kullanımı için hazır menüler sunmaktadır. Son sürümlerinde, habitat modelleme, iklim değişimi adaptasyon modeli, yersel eğilim modelleri eklenerek, kullanım alanı geliştirilmiştir.

NetCAD, genel olarak şehir haritalama ve planlama tabanlı geliştirilen yazılım, önceleri CAD tabanlı olarak çalışmaktayken, 2005 yılından sonra CBS programı olma yolunda ilerlemektedir. Önceleri CBS eklentisi şeklinde geliştirilen modülü şimdilerde tamamen veri tabanı ve mekânsal veri bütünleştirmesine kaymıştır. Yazılım, iklim çalışmalarında yaygın bir kullanıma sahip değildir.

TNT MIPS, uzaktan algılama ve veri tabanı yönetimi ile coğrafi bilgi sistemlerini birleştiren başka bir yazılımdır. Yazılım CBS uygulamalarının izin verdiği ölçüde, klimatoloji araştırmalarında kullanılabilir özelliktedir.

Golden firmasının doğa bilimciler için geliştirdiği birçok yazılım bulunmaktadır. Bunlar içerisinde MapViewer grafik haritalama, Strater ve Voxler sondaj ve jeolojik işlemlerinde, Digger fotogrometrik uygulamalarında, Grapher veri görselleştirmede ve Surfer çok farklı grafiklerin oluşturulmasında, 3 boyutlu görüntüleme, enterpolasyon ve CBS işlemlerini yapabilmektedir. Surfer, Türkiye'deki klimatoloji çalışmalarında özellikle haritalama amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Yazılımın, projeksiyonla anında görüntüleme (on the fly) özelliği bulunmaması bir eksikliktir. Ancak, tek projeksiyonla yapılan çalışmalarda prgramın performansı yüksektir.

Çin merkezli bir yazılım olan Super Map, hem harici, hem de bulut ortamında kullanım imkânı sunmaktadır. Gelişmiş bir arayüzü bulunmaktadır. Farklı yazılımlar ile veri alış-verişi için uygun olmasına rağmen, diğer yazılımlar tarafından henüz verisi tanınmamaktadır. Klimatoloji araştırmalarında, çok sayıda istasyon noktası için standart grafik oluşturmada gelişkin seçenekler sunmaktadır. Özellikle çizgi grafik, pasta grafik özellikleri kullanıcılara kolaylıklar sağlamaktadır.

SAGA-GIS, açık kaynak kodlu olan bu yazılım, klimatoloji uygulamalarında kullanılan biyoklimatik değişkenler, güneşlenme süresi ve şiddeti, karla örtülü gün, rüzgâr etkisi gibi analizleri yapabilme imkânı sağlamaktadır. İklim araçları (Climate Tools) eklentisiyle gerçekleştirilen bu işlemlerin yanında, gök görüş oranı da dâhil birçok değişken hesap edilebilmektedir. Özellikle morfolojik ve hidrolojik indislerin hesaplanmasında geniş bir yelpaze sunmaktadır (http://www.saga-gis.org/en/index.html).

QGIS ve GRASS GIS, açık kaynak kodlu CBS yazılımlarının ilk ve başarılı temsilcileridir. Türkçe menüsü de bulunan QGIS, GRASS'a göre sınırlı kabiliyete sahip olsa da, kullanıcılar tarafından geliştirilen eklentileriyle hızlı ulaşma imkânı sağlamakta ve kullanıcı sayısının sürekli artması yönünde iyi bir potansiyel sunan CBS yazılımlarından biri olmuştur. Yazılım klimatoloji araştırmalarında eklenti geliştirilmesiyle kullanılabilmektedir.

Yukarıda anlatılan yazılımların haricinde, klimatoloji alanında 3D Max ile 3 boyutlu animasyonlar yapılabilmektedir. ERDAS, ENVI, Geomatica gibi uzaktan algılama yazılımları ile uydu görüntüleri işlenebilmektedir. AutoCAD yazılımının Map versiyonu haritalama amaçlı kullanılabilmektedir.

Tüm bu yazılımlar her birinin sahip oldukları özelliklerine göre, klimatoloji çalışmaları için son derece önemlidir.

Kaynaklar

Ardel A., Kurter A., Dönmez Y. (1969) *Klimatoloji Tatbikatı*. (2.Baskı). İst. Üniv. Coğ. Ens. Yay. No:40, İstanbul:

Avcı M. (2012) Dendrokronoloji, *Kuvaterner Bilimi* Ed: Kazancı N., Gündüz A., Başak Matbaacılık, 493–522, Ankara

Aydın O. (2014) *Türkiye'de Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Kriging Yöntemiyle Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Aydın O., Raja N.B. (2016) Yağışın mekansal dağılışında deterministik ve stokastik yöntemler: Mauritius örneği, Doğu Afrika, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 14(1), 1–14.

Bailey T.C., Gatrell A.C. (1995) *Interactive Spatial Data Analysis*, Addison Wesley Longman Limited, Harlow, UK.

Bivand R.S., Pebesma E.J., Gómez-Rubio V. (2008) *Applied Spatial Data Analysis with R (Use R)*, Springer, New York.

Bradley R. S. (2015) *Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary*, Third Edition. Academic Press ISBN 978-0-12-386913-5.

Cronin T. M. (1999) *Principles of Paleoclimatology*, Columbia University Press, ISBN 0-231-10954-7.

Chun Y., Griffith D.A. (2013) *Spatial Statistics&Geostatistics*, SAGE Publications Ltd., London.

Conrad, V. (1946) *Methods in Climatology*, Cambridge: Harvard University Press.

Çakır Ç., Erginal A.E. (2018) Aygır Gölü Çökellerinin Çoklu Proksi Verilerine Göre Kuzeydoğu Anadolu'da Son 550 Yıldaki İklimsel Salınımlar. *TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, 226–231, Ankara.

Çiner A., Sarıkaya, M. (2013). Buzullar ve İklim: Geçmiş, Bugün ve Gelecek. *Türkiye'de iklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Enerji*, Ed: Edige V. Ş., ENİVA-Enerji ve İklim Değişikliği Vakfı, 19-58, İstanbul.

Elibüyük M., Yılmaz, E. (2012) "Türkiye'de sıcaklık mevsimlerinin ana morfolojik ünitelere göre değişimi 1: Ovalar ve havzalar", *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 10(2), 165–193.

Erkan G. (2018) Paleoiklim Arşivi Olarak Mağara Çökelleri, *Mavi Gezegen*, 24, 48–54.

Fotheringham A., Brunsdon C., Charlton, M. (2000) *Quantitative Geography Perspectives on Spatial Data Analysis*, SAGE, London.

Hengl T. (2009) *A Practical Guide to Geostatisticstical Mapping*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas, *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965–1978.

Isaaks E., Srivastava R. (1989) *An Introduction to Applied Geostatistics*, Oxford University Press, New York.

Kalkhan M.A. (2011) *Spatial Statistics: GeoSpatial Information Modelling and Thematic Mapping*, CRC Press, USA.

Olea R. A. (1975) *Optimum Mapping Techniques Using Regionalized Variable Theory*, Kansas Geological Survey, Series on Spatial Analysis, 2, Lawrence, Kansas.

Pebesma E.J., Bivand R.S. (2005) Classes and methods for spatial data in R, *R News*, 5(2):9–13.

Pınarcı E., Çetin H. (2012) Haç Gediği heyelanının (Karaisalı/Adana) ağaç halkaları yöntemiyle analizi, Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 27(1), 130–141.

Şenkul Ç., Doğan M. (2018) Fosil ve güncel polen analizleri ışığında Mucur Obruk Gölü çevresinin paleovejetasyon değişimleri, *Türk Coğrafya Dergisi*, (70), 19–28.

Teltik İ. (2008) *Van Gölü Su Seviyesinin Stokastik Modellenmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tercan A.E., Saraç C. (1998) *Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeoistatistiksel Yöntemler*, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları:48, Ankara.

Tobler W.R. (1970) Computer movie simulating urban growth in the Detroit region, *Economic Geography*, 46, 234-240.

Tümertekin E., Özgüç N. (2004) *Beşeri Coğrafya İnsan Kültür Mekân*, Çantay Kitabevi, İstanbul.

Webster R. (1985) Quantitative spatial analysis of soil in the field, *Advances in Soil Science*, 3, 1–70.

Webster R., Oliver M.A. (1990) *Statistical Methods in Soil and Land Resource Survey*. Oxford University Pres, Oxford.

Yılmaz E., Çiçek, İ. (2018) Türkiye'nin detaylandırılmış Köppen-Geiger iklim bölgeleri, *Journal of Human Sciences*, 15(2), 225–242.

Yılmaz E. (2016) Türkiye'nin Bazı Şehirlerindeki Isı Adası Özellikleri. Ed: Arslan F. Türkiye Coğrafyası Araştırmaları, Pegem Akademi, 177– 204, Ankara

Yılmaz E. (2019) Türkiye'de aylık ve yıllık su noksanları ve su fazlalarındaki eğilimler, *Türk Coğrafya Dergisi*, (72), 65–83.

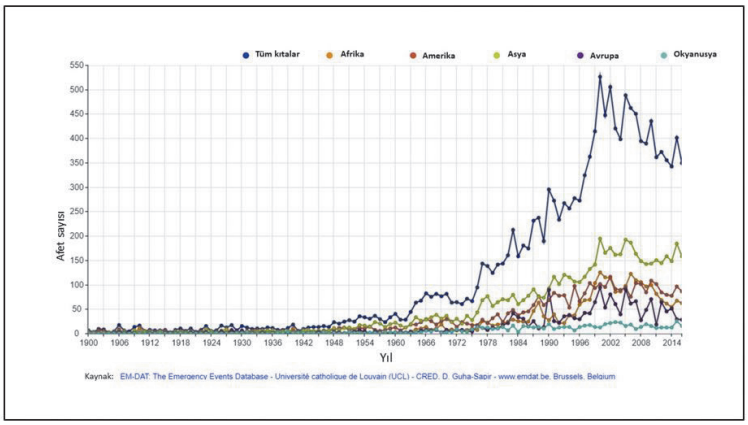
3. BÖLÜM

VAN GÖLÜ HAVZASININ DOĞUSUNDA HEYELAN DUYARLILIK ANALİZİ[1]

Arş.Gör. Hasan SAYIN - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Prof. Dr. Ali Fuat DOĞU - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Giriş

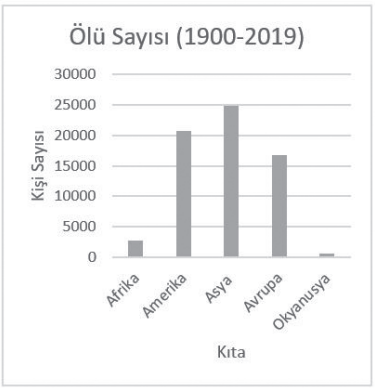
Toplumun tamamı veya belli bir kesimi için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan, etkilenen toplumun baş etme kapasitesinin yeterli olmadığı doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olaylara afet denir. (AFAD, 2014). Dünya nüfusunun giderek artması ve daha fazla alanın yerleşime açılması ile heyelan ve diğer doğal afetlerden etkilenen insan sayısı her geçen gün artmaktadır. 1995-2014 yılları arasında Türkiye'de dahil 27 Avrupa ülkesinde 476 tane ölümlerle sonuçlanan heyelan meydana gelmiştir. Bu heyelanlarda 1370 kişi ölmüş, 784 kişi ise yaralanmıştır. Türkiye bu zaman aralığında 335 kişi ile 27 ülke arasından en fazla can kaybının yaşandığı ülke olmuştur (Haque vd., 2016:1545). Ayrıca Türkiye'nin de içinde bulunduğu Asya kıtasında doğal afetlerin hem sayısal olarak fazlalığı hem de yarattığı zararların fazla olduğu görülmektedir (Grafik 1).



Grafik 1: Kıtalara Göre Afet Sayısı Değişimi (1900-2014) Kaynak: EM-DAT

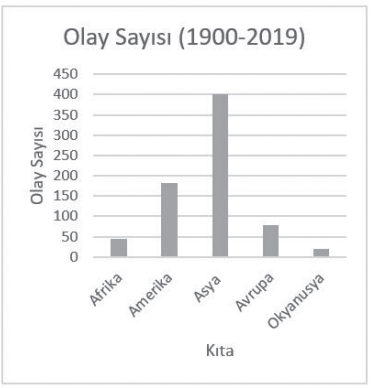
1 Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi tarafınadan SYL-2019-7363 Proje numarası ile desteklenmiştir.

Verilen grafiklerde 1900- 2019 yılları arasında meydana gelen heyelanların kıtalara göre değerlendirmeleri yapılmıştır (The Emergency Events Database-niversite catholique de Louvain (UCL) - CRED, D. Guha-Sapir - www.emdat.be Brüksel, Belçika). Bu tarihler arasında en fazla heyelan olayı Asya kıtasında meydana gelmiştir (Grafik 3). Yine bu heyelan olaylarından en fazla can kaybı Asya kıtasında yaşanmıştır (Grafik 2). Fakat bu olaylardan en fazla maddi kayıp Amerika kıtasında yaşanmaktadır (Grafik 4).



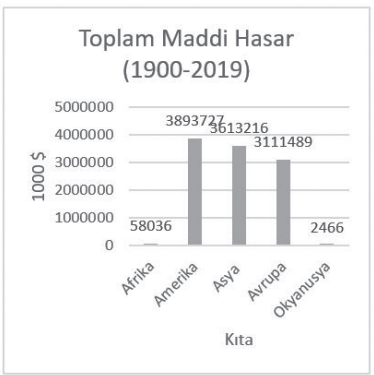
Grafik 2. 1900-2019 Yılları Arası Meydana Gelen Heyelanlar Sonucu Hayatlarını Kaybedenlerin Sayılarının Kıtalara Göre Dağılımı

Kaynak: emdat.be



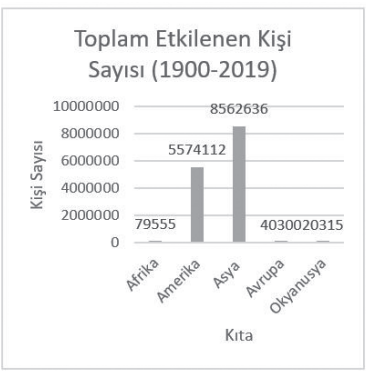
Grafik 3. 1900-2019 yılları Arası Meydana Gelen Heyelan Olaylarının Kıtalara Göre Dağılımı

Kaynak: emdat.be



Grafik 4. 1900-2019 Yılları Arası Meydana Gelen Heyelanlar Sonucu Meydana Gelen Toplam Maddi Hasarların Kıtalara Göre Dağılımı

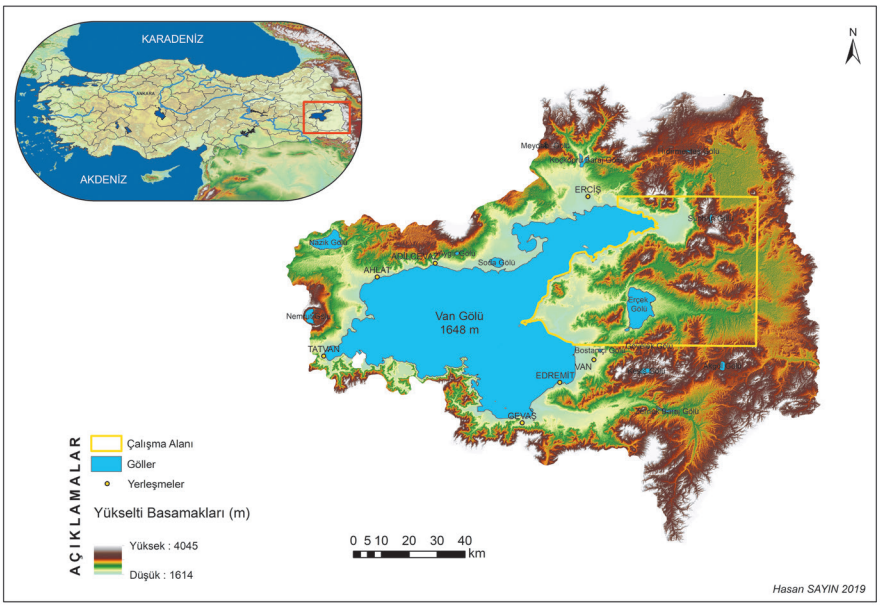
Kaynak: emdat.be



Grafik 5. 1900-2019 Yılları Arası Meydana Gelen Heyelanlar Sonucu Toplam Etkilenen Kişi Sayılarının Kıtalara Göre Dağılımı

Kaynak: emdat.be

Türkiye'de depremlerden sonra en fazla can ve mal kaybına neden olan bir diğer jeolojik kökenli afet heyelanlardır. Bundan dolayı doğal afetler içerisinde heyelanlar önemli bir yer tutmaktadır. Jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerine baktığımızda Türkiye'de en fazla heyelan Karadeniz Bölgesinde görülmektedir.



Harita 1: Çalışma Alanı Lokasyon Haritası

Çalışma alanı Türkiye'nin doğusunda bulunan ve kapalı karakterde olan Van Gölü Havzası'nın doğu kısmını oluşturan Van ilinin sınırları içerisinde bulunur (Harita 1). Van Gölü havzasını morfolojik özelliklerine göre üç ana bölümde incelemek mümkündür (Erinç, 1953:61). Bu alanlardan ilki havzanın güneyinde bulunan Bitlis Masifi alanıdır. Bu bölüm havzayı güneyden boylu boyunca kuşatır. İkinci bölüm havzanın batısında bulunan ve volkanik sahaları kapsayan kesimdir. Bu bölümde GB-KD hattı boyunca Nemrut Dağı (2803 m), Süphan Dağı (4058 m), Meydan Dağı (2778 m), Aladağlar (3220 m), Girekol (2153 m) daha kuzeydoğuda Esrük (Etrüsk) Dağı (3100 m) ve Tendürek Dağı (3533 m) gibi Pliyo-Kuvaterner volkanizmasının ürünleri bulunmaktadır. Üçüncü bölüm ise havzanın batısına karşılık gelen Mesozoyik-Tersiyer oluşumlarının kapladığı kesimdir.

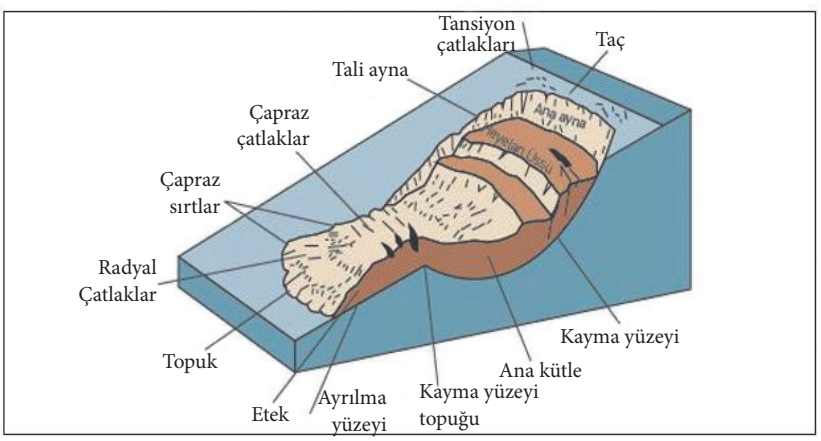
Çalışma alanımız yukarıda tarif edilen morfolojik sınıflamalara göre Van Gölü Havzası'nın Mesozoyik-Tersiyer oluşumları ile karakterize edilen kesimi ile Volkanik Alanların kesiştiği bir bölgededir. Bu alanda Davut Ağa Dağı ile Işık Dağı ve çevreleri merkez olmak üzere Van ilinin doğu-kuzeydoğu kesimlerini

kapsar. Çalışma alanında Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar hemen her jeolojik devre ait formasyonlara ve kayaç tiplerine rastlamak mümkündür. Burası tektonik açıdan oldukça aktif bir alan olmasına rağmen morfolojik açıdan oldukça sade bir görünüm sergiler.

Heyelanlar

Heyelanlar yamaç dengesinin bozulmasıyla arada hiçbir taşıyıcı olmaksızın, yer çekiminin etkisiyle yüzeyin bir bölümünün, yamaç eğimi doğrultusunda ve yamacın şekline göre hareket ederek şekil ve yer değiştirmesi olarak tanımlanır (Varnes, 1978:11) (Şekil 1). Cruden ve Varnes (1996) tarafından heyelan kavramı "kayaç, moloz ve toprak malzemelerin veya bunların karışımının, yerçekimi etkisi ile aşağı yönde hareketi" olarak tanımlanmaktadır.

Meydana gelen bu hareketler kimi zaman hızları ve oluştukları yere göre, önemli can ve mal kayıplarına yol açan bir afet haline dönüşmektedirler (Şahin ve Sipahioğlu, 2009).



Şekil 1: Heyelanların Bölümleri (Kaynak: usgs.gov):Varnes D.J. 1978'den alıntı

Heyelanlar, etkiledikleri yerleşim alanlarında can ve mal kayıplarına yol açmakla birlikte, ulaşım yolları, tarımsal ve ormanlık alanlar gibi ekonomik değeri yüksek olan alanlarda da hasar ve kayıplara da neden olabilmektedirler. Ayrıca, akarsuların yatağı ve su kalitesi üzerinde de olumsuz etki yaratabilen heyelanlar, kentleşme ve doğal çevrenin korunması, yaşam kalitesi gibi sosyo-ekonomik hususlarda da sorunlara neden olabilmektedir (Schuster ve Fleming, 1986).

Heyelanlara neden olan faktörler genel olarak jeolojik, jeomorfolojik, klimatolojik ve meteorolojik faktörler ve insan etkinliklerini açıklayan beşerî faktörler

olarak sınıflandırılabilir. Yamaçlarda yapılan kazılar, yapay patlamalar, bitki örtüsünün tahribi, yamaçlara ek yük bindirilmesi, yol yapımı, madencilik faaliyetleri gibi faktörler yamaç dengesini bozan ve heyelanları tetikleyen önemli beşerî etkenlerdir. Farklı nedenlerle ve mekanizmalarla oluşan heyelanları sınıflandırmak oldukça zordur. Heyelanlar genelde hareket eden malzeme türüne, hareketin şekline, hareketin hızına, hareketin nedenlerine, kayma yüzeylerinin biçimine, heyelanların yaşlarına göre değişik şekillerde sınıflandırılmaktadır. Heyelanlara yönelik sınıflamalarda, hareket ve malzeme türünü dikkate alan ve literatürde sıklıkla kullanılan sınıflama sistemi, Varnes (1978) tarafından önerilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1: Heyelanların Sınıflandırılması (Varnes, 1978)

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">Hareketin Türü</th><th colspan="3">Malzemenin Türü</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Kaya</td><td colspan="2">Toprak</td></tr>
<tr><td>Kaba (İri) Taneli</td><td>İnce Taneli</td></tr>
<tr><td colspan="2">Düşmeler</td><td>Kaya Düşmesi</td><td>Enkaz Düşmesi</td><td>Toprak Düşmesi</td></tr>
<tr><td colspan="2">Yuvarlanmalar</td><td>Kaya Yuvarlanması</td><td>Enkaz Yuvarlanması</td><td>Toprak Yuvarlanması</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Kaymalar</td><td>Rotasyonel</td><td rowspan="2">Kaya Kayması</td><td rowspan="2">Enkaz Kayması</td><td rowspan="2">Toprak Kayması</td></tr>
<tr><td>Düzlemsel</td></tr>
<tr><td colspan="2">Yanal Yayılmalar</td><td>Kaya Yayılması</td><td>Enkaz Yayılması</td><td>Toprak Yayılması</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Akmalar</td><td rowspan="2">Kaya Akması
(Derin Sürünme (Krip))</td><td>Enkaz Akması</td><td>Toprak Akması</td></tr>
<tr><td colspan="2">Sürünme (Krip)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Karmaşık</td><td colspan="3">İki veya daha fazla türdeki heyelanın birlikte oluşması</td></tr>
</table>

Van Gölü Havzası Doğusunun Heyelan Duyarlılık Analizi

Heyelan duyarlılığı kavramı, heyelan oluşumunda etkin olduğu düşünülen jeolojik, topografik ve çevresel parametreler gibi hazırlayıcı parametrelerin dikkate alınarak, gelecekte heyelan gelişmesi olası alanların göreceli olarak sınıflandırılması şeklinde tanımlanmaktadır (Varnes, 1984; Aleotti ve Chowdhury, 1999; Van Westen vd., 2008). Bu tanım aynı zamanda, var olan veya gelecekte meydana gelmesi olası heyelanların yeri, alansal yayılım veya büyüklüğü ve mekânsal dağılımının belirlenmesini de içermektedir. Heyelan duyarlılığının belirlenmesinde birçok yöntem olmakla beraber frekans oranı metodu literatürde sıklıkla kullanılmaktadır.

Frekans Oranı Metodu (FR)

Frekans oranı metodu geçmiş heyelan (envanter haritası) konumları ile heyelan duyarlılık değerlendirmesi için seçilen her bir parametrenin karşılıklı ilişkile-

rini araştırmak için kullanılır. Heyelanı etkileyen parametrelerin her biri kategorilere ayrılarak tüm parametrelerin her bir kategorisinde frekans oranı değerleri hesaplanır. Sonuçta elde edilen parametre haritaları çakıştırılarak heyelan duyarlılık haritası oluşturulur (Dağ vd., 2012:45).

Frekans Oranı = FR = a/b = H.A.%/T.A.%

a= Parametre alt grubundaki heyelanlı piksel sayısının, toplam heyelanlı piksel sayısına oranı

b= Parametre alt grubunun piksel sayısının, alandaki toplam piksel sayısına oranı

Heyelanlarla ilgili çalışmalarda ilk başlarda daha çok yerel sorunlara ilişkin problemlerin çözümüne yönelik gelişmeler yaşanmış olsa da zamanla bölgesel çalışmaların öneminin ön plana çıkmaya başlamıştır. Heyelan duyarlılık çalışmalarında ise yine bu şekilde bir bölgesel ölçeğe geçiş yaşamıştır. Günümüzde heyelan duyarlılığı çalışmaları için birçok yöntem ve bu yöntemlere ve çalışılan bölgeye uygun şekilde çeşitli parametreler kullanılmaktadır. Bu parametreler içerisinde eğim ve litoloji özellikleri %95 ile en fazla kullanılan parametrelerdir (Dağ vd., 2011:151).

1) Yamaç Eğimi

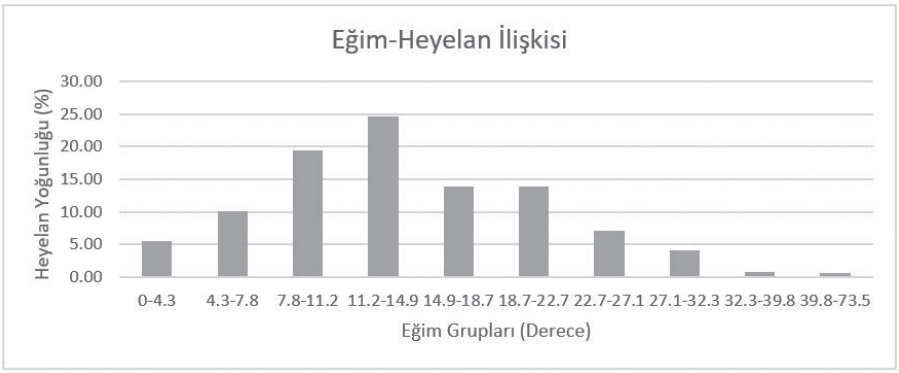
Yamaç eğimi, heyelanların oluşumunda direkt etkili olup duraylılık çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Eğim arazi yüzeyinin yataydan olan sapmalarıdır ve belirli iki nokta arasındaki düşey mesafenin yatay mesafeye oranının tanjant açısıyla ifade edilir (Yomralıoğlu, 2005:238). Yamaç eğimi kayma yüzeyindeki kayma ve normal gerilmeleri etkileyen asıl faktördür. Özellikle bu parametrenin kolaylıkla haritalanabilir olması, eğim açısının duyarlılık çalışmalarında çok sık kullanılan bir parametre olmasının başlıca nedenlerindendir. Duyarlılık çalışmalarında çok yaygın olarak kullanılan bu parametre üzerinde, araştırmacılar arasında bir fikir birliği oluşmuştur. Araştırmacılar arasındaki genel eğilim, yamaç eğiminin artması ile heyelana karşı duyarlılığın da artacağı yönündedir (Dağ vd., 2011:163). Düşük eğim derecesi değerlerine sahip alanlarda kayma gerilmeleri daha düşük olacağından, bu eğim değerleri heyelan açısından daha az duyarlıdır (Dağ vd., 2011:163).

Yerçekimine bağlı olarak heyelan olayları tamamen eğime bağlı olarak gerçekleşir. Taşınan malzemenin hızı ve boyutu yine aynı eğim derecesine bağlıdır (Görüm, 2006: 52). Çalışma sahasını bu açıdan değerlendirdiğimizde heyelanlarımızın yoğunlukla 11.2-14.9 derece eğimler arasında gerçekleştiğini görmekteyiz. Bu değerden aşağıda ve üstünde bulunan eğim değerlerinde heyelan yoğunluğu-

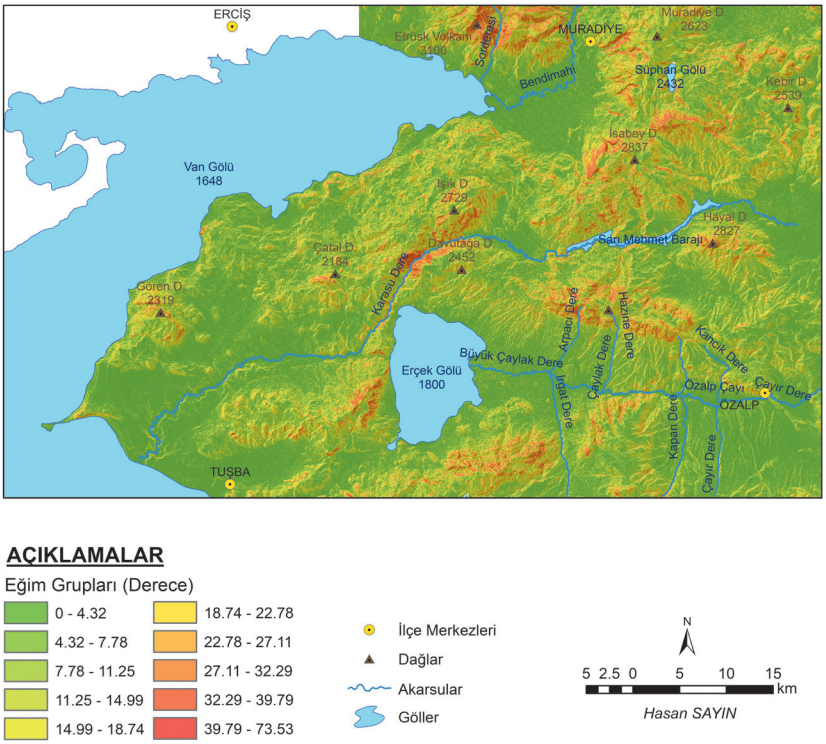
nun azaldığı görülmektedir (Grafik 6) . Ayrıca toplam heyelanların %87,42'si 0-22 derece eğimler arasında gerçekleşmiştir (Tablo 2- Grafik 6, Harita 2) .

Tablo 2: Yamaç Eğimi Frekans Oranları

Eğim	Sınıflar	Toplam Alan	T.A. (%)	Heyelanlı Alan	H.A. (%)	FR (%H.A./%T.A.)	NFR	NFR (%)
1	0-4.3	5442332	26.42	29	5.44	0.21	0.08	7.76
2	4.3-7.8	4858851	23.59	54	10.13	0.43	0.16	16.19
3	7.8-11.2	3255393	15.81	104	19.51	1.23	0.47	46.53
4	11.2-14.9	2666943	12.95	131	24.58	1.90	0.72	71.54
5	14.9-18.7	1831904	8.89	74	13.88	1.56	0.59	58.83
6	18.7-22.7	1222172	5.93	74	13.88	2.34	0.88	88.18
7	22.7-27.1	691670	3.36	38	7.13	2.12	0.80	80.01
8	27.1-32.3	397412	1.93	22	4.13	2.14	0.81	80.62
9	32.3-39.8	186412	0.91	4	0.75	0.83	0.31	31.25
10	39.8-73.5	43692	0.21	3	0.56	2.65	1.00	100.00
		20596781	100.00	533	100.00			



Grafik 6: Yamaç Eğimi-Heyelan İlişkisi



Harita 2: Çalışma Alanı Eğim Haritası

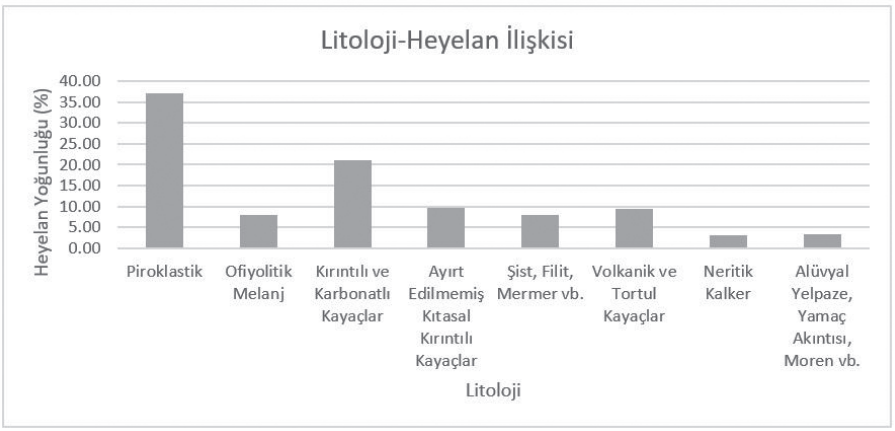
2) Litoloji ve Ayrışma

Heyelanların gerçekleşebileceği jeolojik malzemenin özellikleri, duraysızlık değerlendirmelerini doğrudan etkilemektedir. Çünkü farklı litolojik birimlerin heyelan olaylarına karşı dirençlilik düzeyleri birbirlerinden farklıdır. Litoloji yamaçların duraylılığını etkileyen en önemli parametrelerdendir. Bundan dolayı yapılacak olan heyelan duyarlılık değerlendirmeleri litolojik özellikler dikkate alınarak gerçekleştirilmelidir. Farklı litolojik birimlerin kayma dayanımı parametreleri ve su iletme özellikleri birbirinden farklıdır. Dolayısıyla bu birimlerin kaymaya karşı duyarlılığı da farklı olacaktır (Dağ vd. 2011:163). Litolojik anlamda değerlendirilmesi gereken önemli bir diğer durum da mineral ve kayaçlarda oluşan fiziksel ve kimyasal değişimleri ifade eden ayrışmadır. Litolojik olarak birim aynı olsa bile farklı ayrışma derecelerine sahip olabilmektedir (Dağ vd., 2012:43). Bundan dolayı ayrışma durumu duyarlılık değerlendirmelerini etkileyeceğinden önemli faktörlerden biridir.

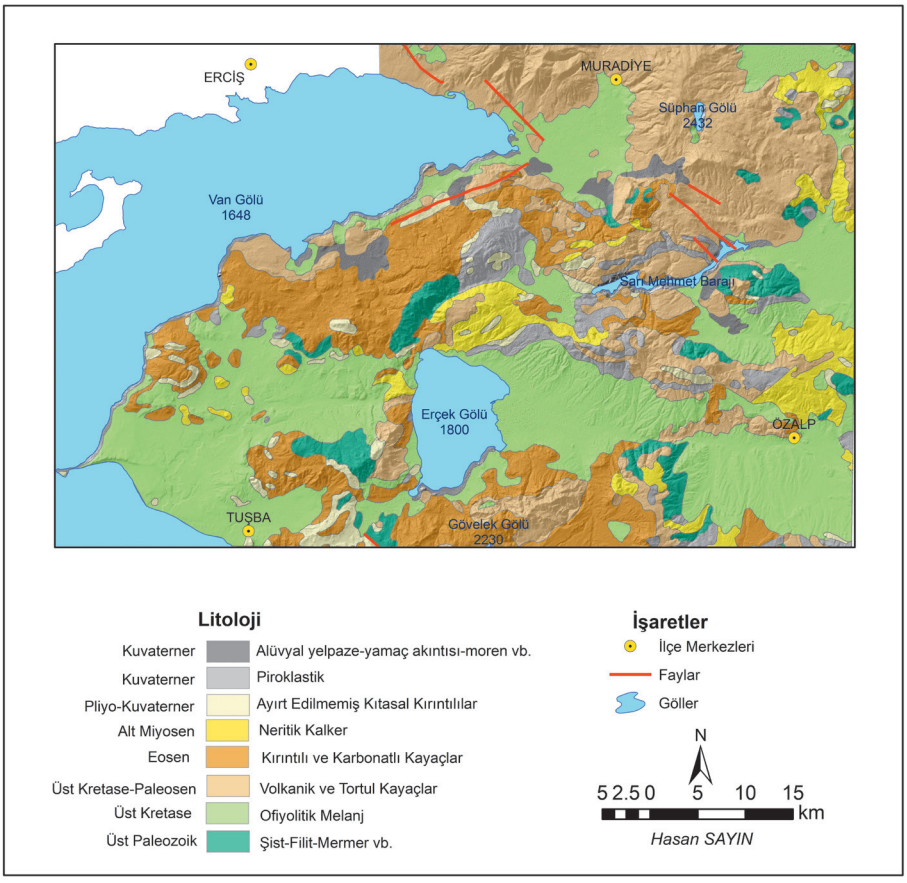
Ayrıca zemini oluşturan malzemelerin tane boyu özelliklerine bakarsak tane boyu büyüdükçe, taneler arası boşluk artmaktadır. Böyle bir durumda yağışın fazla olduğu bir anda zeminin daha fazla su içermesine ve su içeriği artan alanda kayma olasılığının artmasına neden olabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı, heyelan duyarlılık haritaları üretilirken çalışma alanındaki litoloji özellikleri titizlikle değerlendirilmelidir. Çalışma alanımızın litoloji- heyelan ilişkilerine baktığımızda alanda meydana gelen heyelanların % 36'sı kuvaterner yaşlı piroklastikler üzerinde gerçekleşmiştir (Tablo 3, Grafik 7, Harita 3). Bu birimi %21 ile eosen yaşlı kırıntılı ve karbonatlı kayaçlar takip eder.

Tablo 3: Litoloji-Frekans Oranları

Litoloji	Sınıflar	Toplam Alan	T.A. (%)	Heyelanlı Alan	H.A. (%)	FR (%H.A./ %T.A.)	NFR	NFR (%)
1	Piroklastik	5299835	26.23	198	37.15	1.42	0.61	61.01
2	Ofiyolitik Melanj	891832	4.41	42	7.88	1.79	0.77	76.90
3	Kırıntılı ve Karbonatlı Kayaçlar	3594620	17.79	113	21.20	1.19	0.51	51.33
4	Ayırt Edilmemiş Kıtasal Kırıntılı Kayaçlar	7301322	36.13	52	9.76	0.27	0.12	11.63
5	Şist, Filit, Mermer vb.	931308	4.61	43	8.07	1.75	0.75	75.40
6	Volkanik ve Tortul Kayaçlar	1269521	6.28	50	9.38	1.49	0.64	64.31
7	Neritik Kalker	625717	3.10	17	3.19	1.03	0.44	44.37
8	Alüvyal Yelpaze, Yamaç Akıntısı, Moren vb.	293933	1.45	18	3.38	2.32	1.00	100.00
		20208088	100.00	533	100.00			



Grafik 7: Litoloji-Heyelan İlişkisi



Harita 3: Çalışma Alanı Litoloji Haritası

3) Bakı (Yamaç Eğim Yönü)

Bakı (yamaç eğim yönü), arazi yüzeyinin yönünü gösterir ve yüzeyin herhangi bir noktasındaki teğet düzleminin baktığı yön olup, derece (kuzeyden itibaren saat açısı yönünde tanımlanan açı) olarak ifade edilir (Yomralıoğlu, 2005:238). Heyelan duyarlılık çalışmalarında bakı sıkça kullanılan önemli bir parametredir. Birçok çalışmada araştırmacılar yaptıkları istatistiksel değerlendirmelerde heyelanların belli yönelimlere sahip yamaçlarda yoğunlaştığını saptamışlardır (Dağ vd., 2012:48). Yapılan araştırmalardan bazıları heyelanların belirli yönelimlerde yoğunlaşmasının nedenini ağırlıklı olarak yağışla ilişkilendirirken (Aksoy,1996; Dai vd., 2001; Lee vd., 2001), diğer bazı araştırmalar ise bu durumu sahanın genel morfolojik eğilimi ile ilişkilendirmektedir (Pachauri ve Pant, 1992; Ayalew ve Yamagashi, 2005)

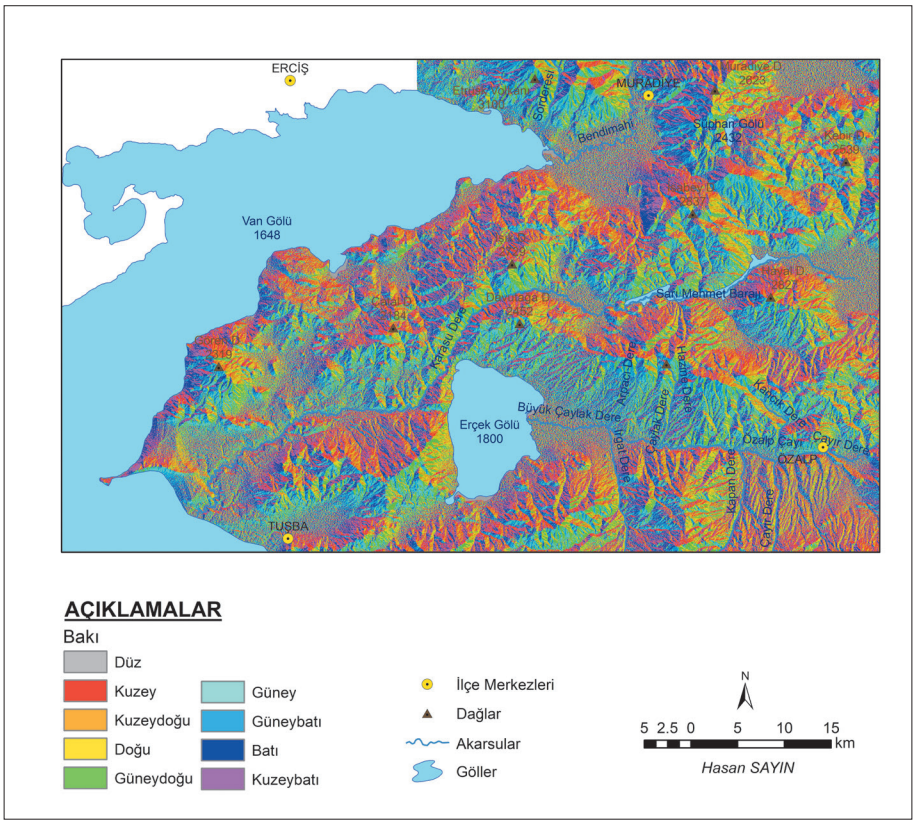
Heyelan değerlendirmelerinde bakı parametresi sayısal yükseklik modelinden kolayca üretilebildiğinde sıklıkla kullanılan bir parametredir. Bakı parametresi çoğunlukla yerel klimatik koşulları etkilediğinden değerlendirilmesi mutlaka gerekmektedir. Çalışma alanımızda heyelan bakı ilişkisine baktığımızda heyelanların kuzeyli yönlerde yoğunlaştığını görmekteyiz. Bunun sebebi ise bu yönlerde kar yağışlarının yerde kalma süresinin daha uzun olması gösterilebilir. (Tablo 4, Grafik 8, Harita 4). zemini yağış açısından doyurmakta ve olası bir heyelan olayına karşı zemin hazırlamaktadır.

Tablo 4: Bakı Frekans Oranları

Bakı	Sınıflar	Toplam Alan	T.A. (%)	Heyelanlı Alan	H.A. (%)	FR (%H.A./%T.A.)	NFR	NFR (%)
1	Düz	492209	2.39	1	0.19	0.08	0.05	4.78
2	Kuzey	1495791	7.26	39	7.32	1.01	0.61	61.30
3	Kuzeydoğu	2320239	11.27	73	13.70	1.22	0.74	73.97
4	Doğu	2161487	10.49	63	11.82	1.13	0.69	68.53
5	Güneydoğu	2582676	12.54	33	6.19	0.49	0.30	30.04
6	Güneydoğu	2615457	12.70	22	4.13	0.33	0.20	19.78
7	Güneybatı	2577599	12.51	48	9.01	0.72	0.44	43.78
8	Batı	2506348	12.17	93	17.45	1.43	0.87	87.24
9	Kuzeybatı	2774448	13.47	118	22.14	1.64	1.00	100.00
10	Kuzey	1070527	5.20	43	8.07	1.55	0.94	94.44
		20596781	100.00	533	100.00			



Grafik 8: Bakı-Heyelan İlişkisi



Harita 4: Çalışma Alanı Bakı Haritası

4)Yükselti

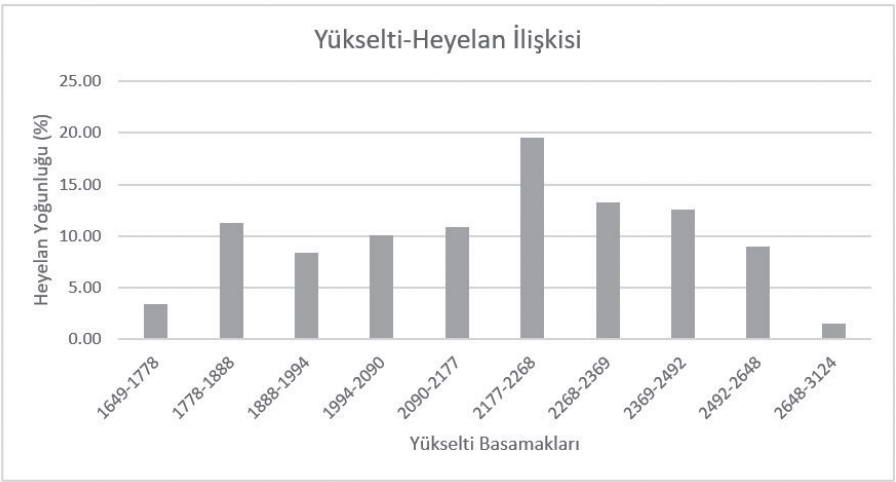
Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasına yönelik çalışmalarda, deniz seviyesinden olan yüksekliği temel alan topoğrafik yükseklik parametresi sıkça

kullanılmaktadır (Dağ vd., 2012:49). Yükseklik, bir noktanın deniz seviyesi veya lokal bir referans yerinden olan yükseltisi olarak tanımlanabilir. Genel olarak çok düşük yükseklikler, yamaç eğiminin az olması nedeniyle, heyelanlara karşı daha az duyarlı olarak değerlendirilmektedirler. Genel olarak yükseklik, duyarlılık haritalarının hazırlanmasında çok kullanılan bir parametredir. Fakat morfoloji, arazi örtüsü ve yağış gibi diğer bazı parametrelerle ilişkilendirilerek değerlendirilmesi gerekmektedir (Dağ vd., 2011:165). Dolayısıyla herhangi bir bölgede meydana gelecek heyelanların hangi yüksekliklerde olacağının belirlenmesi, çoğu araştırmacı için sadece bir ön fikir vermesi açısından önemlidir.

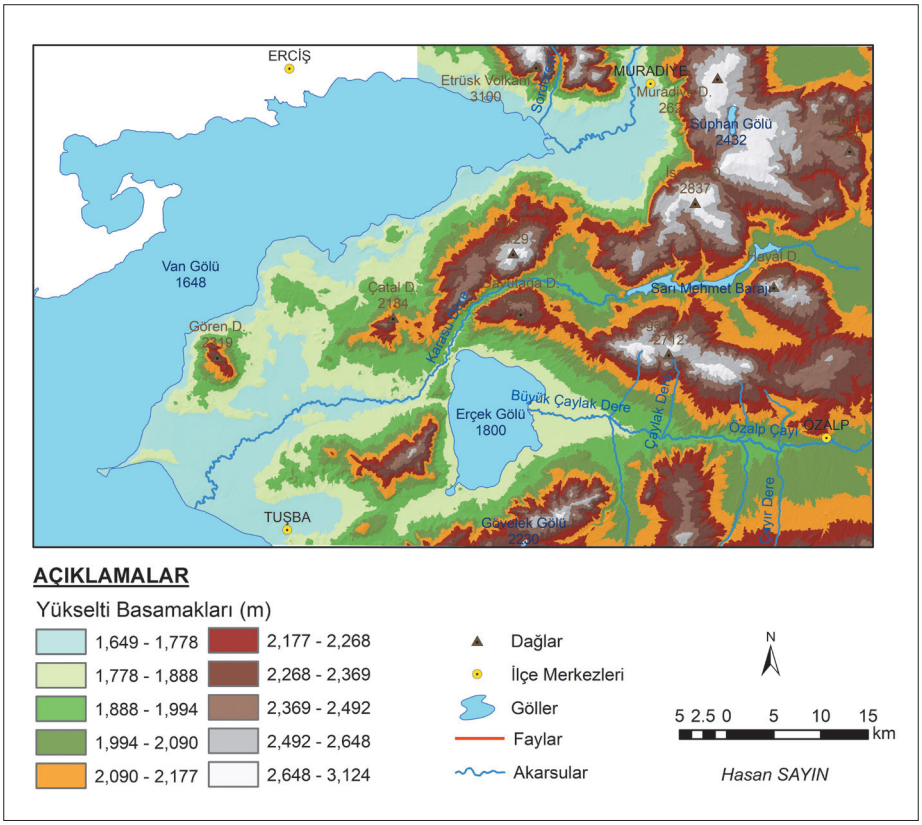
Çalışma alanında yükselti değerleri 1649 m ile 3124 m arasında değişmektedir (Harita 8). Bu değerler analiz sürecinde 10 farklı yükselti grubuna ayrılarak incelenmiştir. Literatüre baktığımızda bir görüş birliği olmamasına rağmen heyelanlara karşı genellikle göreceli olarak daha yüksek alanlarda duyarlılığın arttığı söylenebilir (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu: 2001:199). Alanda elde edilen yükseklik heyelan ilişkisi değerlendirmesine baktığımız da ; heyelanların sıklıkla 2177-2268 m aralığındaki yükselti grubunda gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 5,Grafik 9, Harita 5). Yükselti verisi tek başına değerlendirildiğinde anlamlı sonuçlar vermeyebilir. Bundan dolayı mutlaka diğer parametlerle yükselti arasındaki ilişkiler değerlendirilmelidir

Tablo 5: Yükselti Frekans Oranları

SYM	Sınıflar	Toplam Alan	T.A. (%)	Heyelanlı Alan	H.A. (%)	FR (%H.A./ %T.A.)	NFR	NFR (%)
1	1649-1778	3022099	14,67	18	3,38	0,23	0,11	11,00
2	1778-1888	2654426	12,89	60	11,26	0,87	0,42	41,75
3	1888-1994	2330432	11,31	45	8,44	0,75	0,36	35,67
4	1994-2090	3174064	15,41	54	10,13	0,66	0,31	31,43
5	2090-2177	2615553	12,70	58	10,88	0,86	0,41	40,96
6	2177-2268	2229885	10,83	104	19,51	1,80	0,86	86,15
7	2268-2369	1856388	9,01	71	13,32	1,48	0,71	70,65
8	2369-2492	1413957	6,86	67	12,57	1,83	0,88	87,53
9	2492-2648	886645	4,30	48	9,01	2,09	1,00	100,00
10	2648-3124	413332	2,01	8	1,50	0,75	0,36	35,75
		20596781	100,00	533	100,00			



Grafik 9: Yükselti-Heyelan İlişkisi



Harita 5: Çalışma Alanı Yükselti Basamakları Haritası

5) Arazi Örtüsü

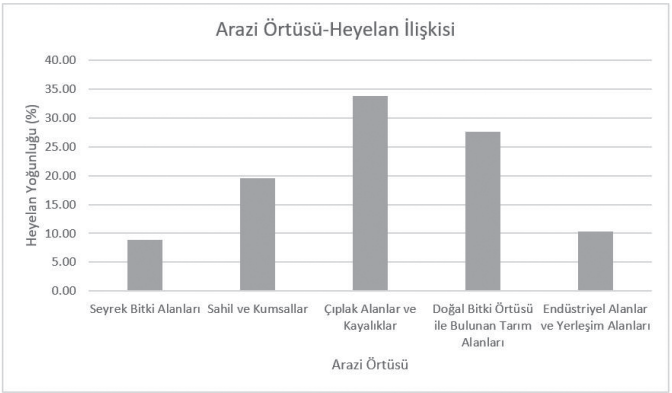
Bitkilerin bir yamacın duraylılığı üzerinde olumlu ve olumsuz etkileri vardır. Özellikle güçlü ve büyük kök sistemleri ile bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlar yamaç duraylılığını olumlu etkilemektedir (Dağ vd, 2012:51). Ağaç ya da bitkilerin yaprakları sayesinde suyu emmesi ve buharlaştırması, yağışın süzülme etkisini azaltmaktadır. Yine ağaç ya da bitkiler kökleri sayesinde, zemin boşluklarındaki suyu azaltarak, terleme yoluyla buharlaştırır. Ancak, kök ve gövdeler zemin yüzeyinin geçirgenliğini artırarak, yüzey sularının zemin içerisine doğru girmesini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca zemindeki nem oranının azalmasına bağlı olarak gelişen kuruma çatlakları da zemine giren yağış suları ve boşluk suyu basıncının artmasına neden olabilmektedir (Eker ve Aydın, 2014:86) . Bu durumlarda yamaç duraylılığını olumsuz yönde etkilemektedir (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001:202). Bitki örtüsünün yoğun olduğu ormanlık alanlar, seyrek bitki örtüsüne sahip alanlara ya da tarım ve yerleşim alanlarına oranla heyelanlardan daha az etkilenmektedir. Yapılan çalışmalara baktığımızda ormanlık alanlarda yerleşim alanlarına oranla daha fazla oranda heyelan meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Bunun nedenini yerleşim alanlarının düz, ormanların ise daha eğimli dağlık arazilerde olması ve heyelanların genel olarak eğimli arazilerde meydana gelmesine bağlamışlardır (Dağ vd., 2011:164). Çalışma alanına ait arazi kullanımı verisi Van İl Tarım ve Orman Müdürlüğünden temin edilmiştir. Günümüzde giderek artan nüfus arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişimlerini her geçen gün farklı boyutlarda etkilemektedir. Bu gelişmelerle birlikte yerleşime açılan ve farklı amaçlar için kullanılmaya başlanan bazı alanlarda doğal afet riski de artmaktadır. Dolayısıyla arazi örtüsü ve heyelan ilişkisi değerlendirildiğinde beşerî faktörleri mutlaka göz önünde bulundurulması gerekir. Çalışma alanında heyelan arazi örtüsü ilişkilerine baktığımızda heyelanların % 26'sının doğal bitki örtüsü ile bulunan tarım alanları üzerinde gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 6, Grafik 10, Harita 6). Alanda az bir alan kaplamasına rağmen heyelanların %34'ü çıplak ve kayalık alanlarda yoğunlaşmıştır.

Tablo 6: Arazi Örtüsü Frekans Oranları

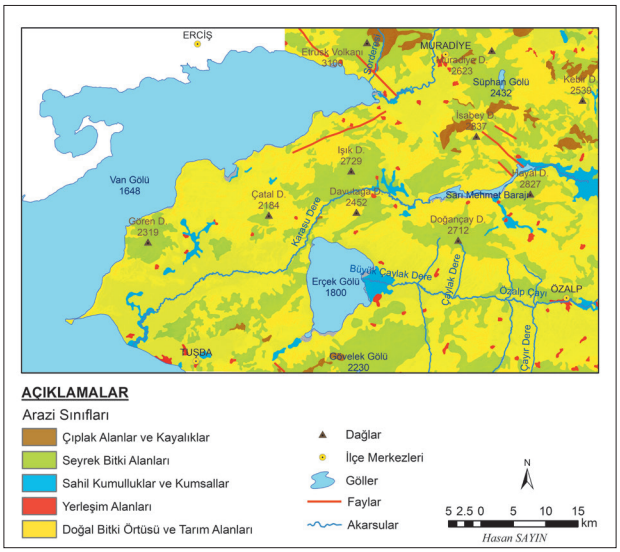
Arazi Kullanımı	Sınıflar	Toplam Alan	T.A. (%)	Heyelanlı Alan	H.A. (%)	FR (%H.A./ %T.A.)	NFR	NFR (%)
1	Seyrek Bitki Alanları	6086395	29.92	47	8.82	0.29	0.02	2.22
2	Sahil ve Kumsallar	633339	3.11	104	19.51	6.27	0.47	47.15
3	Çıplak Alanlar ve Kayalıklar	516795	2.54	180	33.77	13.30	1.00	100.00

Tablo 6: Arazi Örtüsü Frekans Oranları (Devamı)

Arazi Kullanımı	Sınıflar	Toplam Alan	T.A. (%)	Heyelanlı Alan	H.A. (%)	FR (%H.A./ %T.A.)	NFR	NFR (%)
4	Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları	12890410	63.36	147	27.58	0.44	0.03	3.27
5	Endüstriyel Alanlar ve Yerleşim Alanları	218595	1.07	55	10.32	9.60	0.72	72.24
		20345534	100.00	533	100.00			



Grafik 10: Arazi Örtüsü-Heyelan İlişkisi



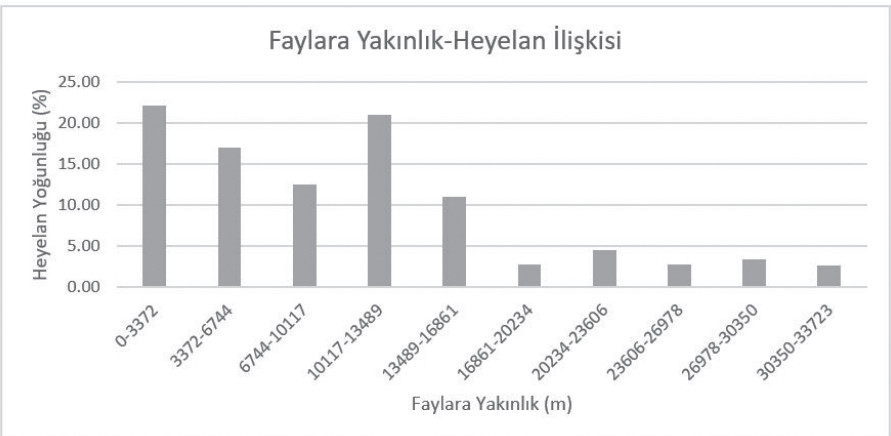
Harita 6: Çalışma Alanı Arazi Örtüsü Haritası

6) Ana Faylara Yakınlık

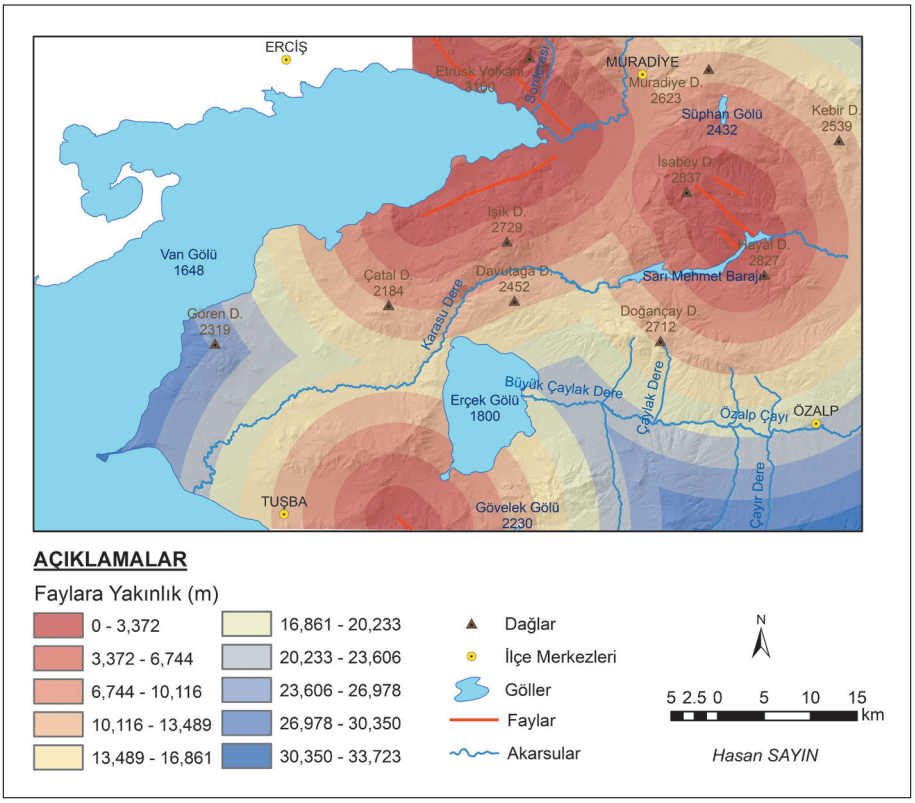
Ana faylara yakınlık, jeolojik parametreler içinde değerlendirilebilir. Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasına yönelik, özellikle depremsellik açısından önemli olan bölgelerde yapılan çalışmalarda sıkça kullanılan bir parametredir. Yapılan araştırmalara bakıldığında fay zonlarından uzaklaştıkça, heyelanlarda bir azalmanın söz konusu olduğunu, faylara yakın olan alanların heyelandan daha fazla etkilendiğini belirtilmiştir (Dağ vd., 2011:166). Çalışma alanında ise yine bu genel kabul ile benzer şekilde ana faylara yakın zonlarda heyelanların yoğunlaştığı görülmüştür (Grafik 11, Harita 7). Ana faylara 0-13.5 km arası mesafelerdeki zonlarda toplam heyelanların %72.79'u yoğunlaşmıştır (Tablo 7).

Tablo 7: Ana Faylara Yakınlık Frekans Oranları

Fay	Sınıflar	Toplam Alan	T.A. (%)	Heyelanlı Alan	H.A. (%)	FR (%H.A./%T.A.)	NFR	NFR (%)
1	0-3372	2535551	12.31	118	22.14	1.80	0.48	48.26
2	3372-6744	2673089	12.98	91	17.07	1.32	0.35	35.30
3	6744-10117	3017940	14.65	67	12.57	0.86	0.23	23.02
4	10117-13489	3228326	15.67	112	21.01	1.34	0.36	35.97
5	13489-16861	3006269	14.60	59	11.07	0.76	0.20	20.35
6	16861-20234	2227385	10.81	15	2.81	0.26	0.07	6.98
7	20234-23606	1796802	8.72	24	4.50	0.52	0.14	13.85
8	23606-26978	1186011	5.76	15	2.81	0.49	0.13	13.11
9	26978-30350	780240	3.79	18	3.38	0.89	0.24	23.92
10	30350-33723	145168	0.70	14	2.63	3.73	1.00	100.00
		20596781	100.00	533	100.00			



Grafik 11: Ana Faylara Yakınlık-Heyelan İlişkisi



Harita 7: Çalışma Alanı Ana Faylara Yakınlık Haritası

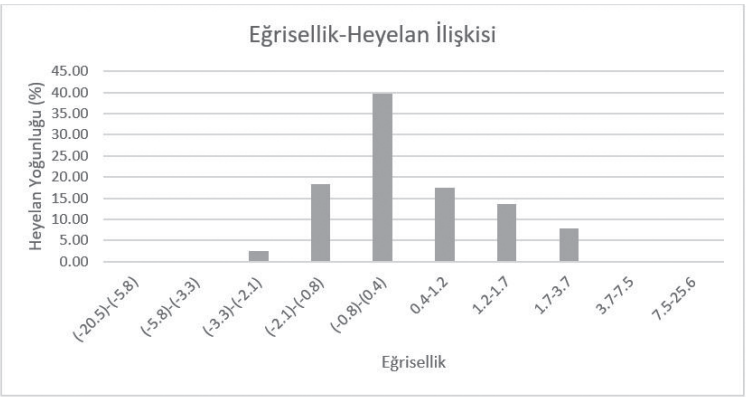
7) Yamaç Eğriselliği

Yamaç eğriselliği ile ortaya konan yamaç şekillerinin içbükey (konkav) veya dış bükey (konveks) olması durumu, heyelanların oluşumuna etki etmektedir. Yamaçtaki topografik düzensizlikler gerilim dağılımını olumsuz etkilemekte ve bu durum duraysızlıklara neden olabilmektedir (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001:198). Özellikle dış bükey yamaçlar, iç bükey yamaçlara oranla heyelanlara karşı daha duyarlı olduğu yönünde bir eğilim olmasına rağmen (Hoek ve Bray, 1977:225; Van Westen ve Bonilla:269) bunun tersi görüşü savunan çalışmalar da mevcuttur (Jacob, 2000:289). Fakat genel kanı dış bükey yamaçların daha duyarlı olduğu yönündedir (Görüm, 2006:59). Yamaç eğriselliğinin analiz sonucunda baktığımızda elde edilen negatif (-) değerler içbükey (konkav), pozitif değerler (+) ise dışbükey (konveks) ve 0 değeri ise düz yamaçları gösterir. Çalışma alanımızda heyelan eğrisellik ilişkisine baktığımızda heyelanların önemli bir kısmının içbükey yamaçlarda yoğunlaştığı görülmektedir (Tablo 8, Grafik 12, Harita 7). İç bükey yamaçlarda

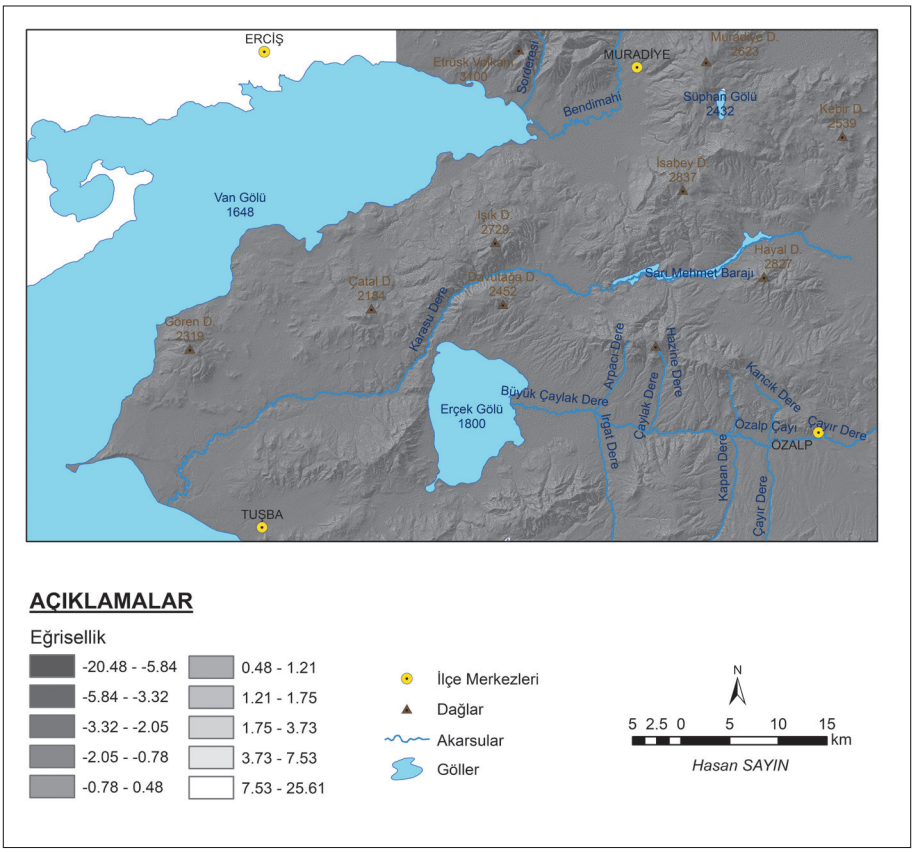
heyelanların yoğunlaşmasının sebebi yüzey sularının bu alanlarda daha fazla oyalanmaları gösterilebilir (Jakob, 2000).

Tablo 8: Yamaç Eğriselliği Frekans Oranları

Eğrisellik	Sınıflar	Toplam Alan	T.A. (%)	Heyelanlı Alan	H.A. (%)	FR (%H.A./ %T.A.)	NFR	NFR (%)
1	(-20.5)-(-5.8)	2946	0.01	0	0.00	0.00	0.00	0.00
2	(-5.8)-(-3.3)	31922	0.15	1	0.19	1.21	0.64	63.78
3	(-3.3)-(-2.1)	264691	1.29	13	2.44	1.90	1.00	100.00
4	(-2.1)-(-0.8)	3525711	17.12	98	18.39	1.07	0.57	56.59
5	(-0.8)-(0.4)	9133637	44.34	212	39.77	0.90	0.47	47.26
6	0.4-1.2	3817525	18.53	93	17.45	0.94	0.50	49.60
7	1.2-1.7	2742291	13.31	73	13.70	1.03	0.54	54.20
8	1.7-3.7	1040788	5.05	42	7.88	1.56	0.82	82.16
9	3.7-7.5	35813	0.17	1	0.19	1.08	0.57	56.85
10	7.5-25.6	1457	0.01	0	0.00	0.00	0.00	0.00
		20596781	100.00	533	100.00			



Grafik 12: Yamaç Eğriselliği-Heyelan İlişkisi



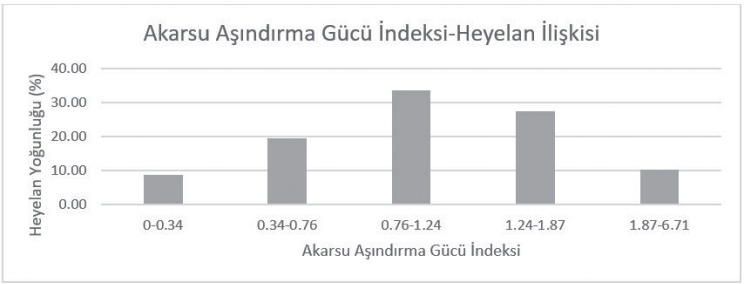
Harita 8: Çalışma Alanı Yamaç Eğriselliği Haritası

8) Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi (Stream Power Indices)

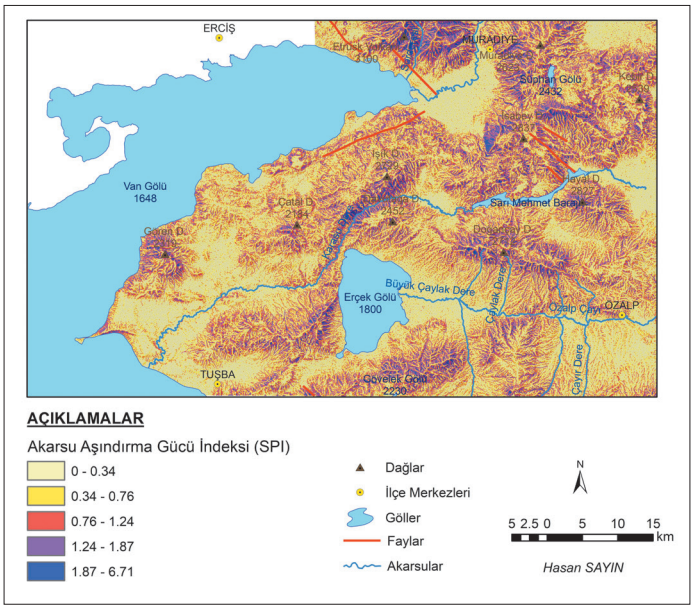
Akarsu aşındırma gücü indeksi, belirlenen bir akaçlama alanı ile orantılı düşünerek akış halindeki suyun erozif gücünü ölçer (Moore vd., 1991). Akarsu aşındırma gücü indeksi eğim ve erozyon süreçlerini kontrol eden temel faktördür (Nefelioğlu vd., 2006:409). Akarsu aşındırma gücü heyelan gelişimini kontrol eden temel faktörlerdendir. Çalışma alanındaki akarsu aşındırma gücü indeksi değerleri minimum 0 ile maksimum 6.71 arasında değişmektedir. Akarsu aşındırma gücü arttıkça heyelan yoğunluğunun artması beklenmektedir. Nitekim alan için üretilen heyelan akarsu aşındırma gücü indeksi ilişkisine baktığımızda 0.76 ile 1.87 arası değerlere sahip sınıflarda 61 heyelan yoğunluğu görülmektedir (Tablo 9, Geafik 13, Harita 9)). 1.87 ile 6.71 arasındaki değerlerde olan yoğunluğun azalması durumu bu gruptaki toplam alan miktarının düşüklüğünden kaynaklanmaktadır.

Tablo 9: Akarsu aşındırma gücü indeksi frekans oranları

SPI	Sınıflar	Toplam Alan	T.A. (%)	Heyelanlı Alan	H.A. (%)	FR (%H.A./ %T.A.)	NFR	NFR (%)
1	0-0,34	7364464	35,60	47	8,82	0,25	0,09	8,66
2	0,34-0,76	6260630	30,27	104	19,51	0,64	0,23	22,53
3	0,76-1,24	4044748	19,55	180	33,77	1,73	0,60	60,37
4	1,24-1,87	2268675	10,97	147	27,58	2,51	0,88	87,90
5	1,87-6,71	746112	3,61	55	10,32	2,86	1,00	100,00
		20684629	100,00	533	100,00			



Grafik 13: Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi-Heyelan İlişkisi



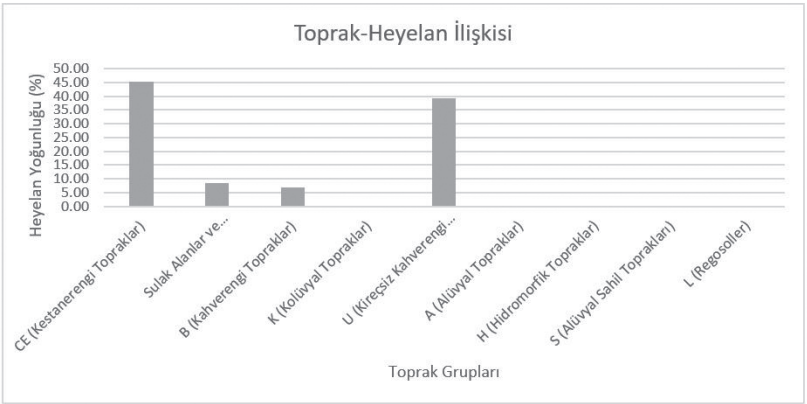
Harita 9: Çalışma Alanına Ait Akarsu Aşındırma Gücü İndeksi

9) Toprak Özellikleri

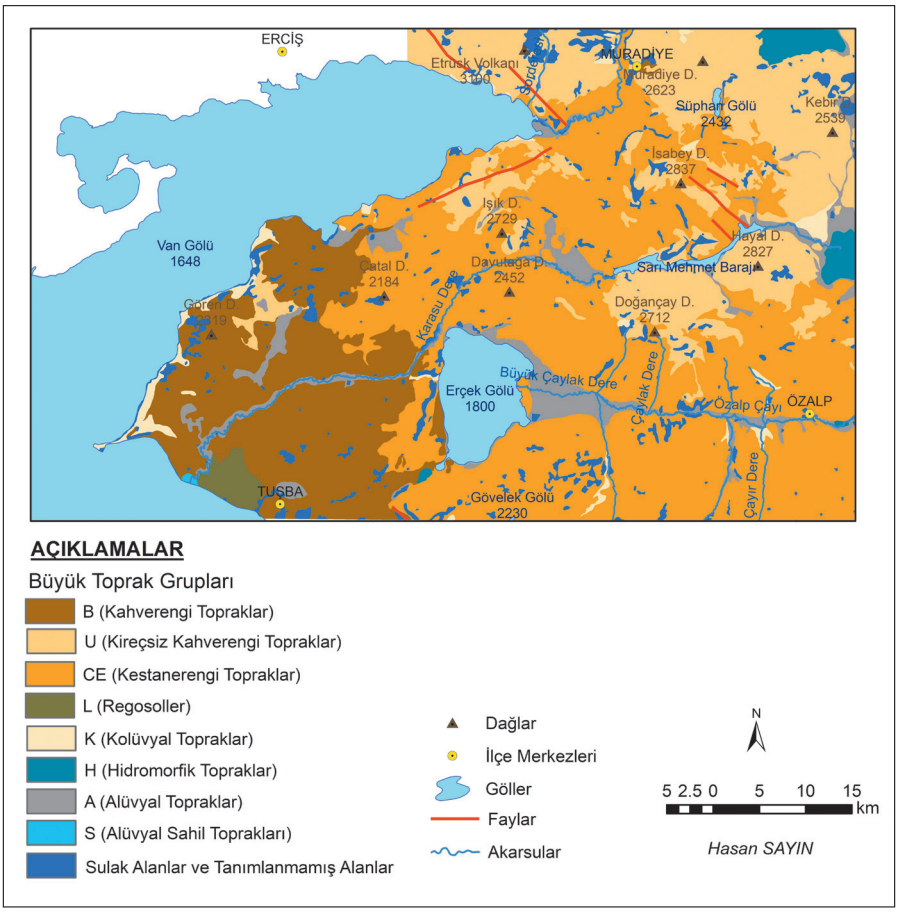
Heyelanlar meydana geldikleri alanlarda toprak ve arazi kullanımından etkilendiği gibi toprak gelişim süreçlerine de etki edebilmektedirler. Heyelan meydana gelen toprak koşullarındaki en önemli değişikliklerinden biri toprak tekstüründe meydana gelmektedir (Geertsema ve Pojar, 2007:59). Çünkü heyelan olayı meydana geldiği alana farklı tür ve boyutlarda materyal taşımakta ya da alandan materyalin uzaklaşmasına neden olmaktadır. Heyelanlar ayrıca bölgesel toprak hacim ağırlığı ve porozitesini değiştirebilmektedir. Yoğrulan ve sıvılaşan kil ve tozların yoğunluğu artar ve porozitesi düşer (Geertsema ve Pojar, 2007:59). Çalışma alanımızda meydana gelen heyelanların önemli bir kısmı (%84.61) kestane renkli topraklar ile kireçsiz kahverengi toprak gruplarında gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 10 Garfik 14, Harita 10). Özellikle kestane renkli topraklarda biriken kil heyelan oluşumuna zemin hazırlamaktadır.

Tablo 10: Toprak Sınıfları Frekans Oranları

Toprak	Sınıflar	Toplam Alan	T.A. (%)	Heyelanlı Alan	H.A. (%)	FR (%H.A./ %T.A.)	NFR	NFR (%)
1	CE (Kestane rengi topraklar)	9369270	45,31	242	45,40	1,00	0,56	56,14
2	Sulak alanlar ve tanımlanmamış alanlar	1219713	5,90	45	8,44	1,43	0,80	80,19
3	B (kahverengi topraklar)	3361882	16,26	36	6,75	0,42	0,23	23,27
4	K (kolüval topraklar)	332340	1,61	1	0,19	0,12	0,07	6,54
5	U (kireçsiz kahverengi topraklar)	4542612	21,97	209	39,21	1,79	1,00	100,00
6	A (alüvyal topraklar)	1339923	6,48	0	0,00	0,00	0,00	0,00
7	H (hidromorfik topraklar)	327161	1,58	0	0,00	0,00	0,00	0,00
8	S (alüvyal sahil toprakları)	9423	0,05	0	0,00	0,00	0,00	0,00
9	L (regosoller)	177545	0,86	0	0,00	0,00	0,00	0,00
		20679869	100,00	533	100,00			



Grafik 14: Toprak Sınıfları-Heyelan İlişkisi

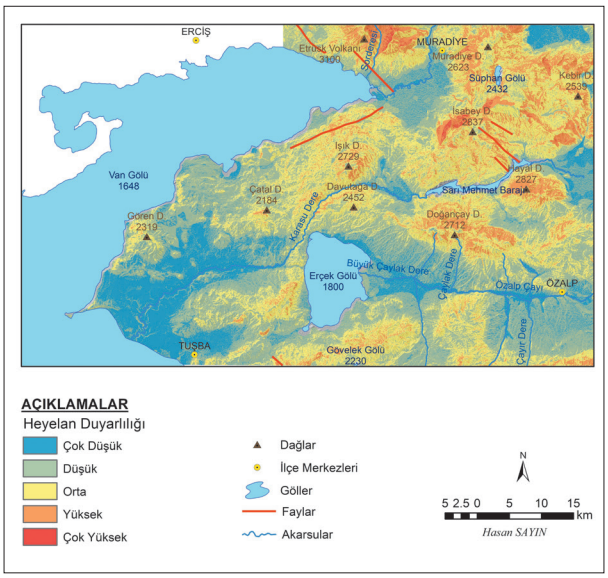


Harita 10: Çalışma Alanına Ait Büyük Toprak Grupları (BTG) Haritası

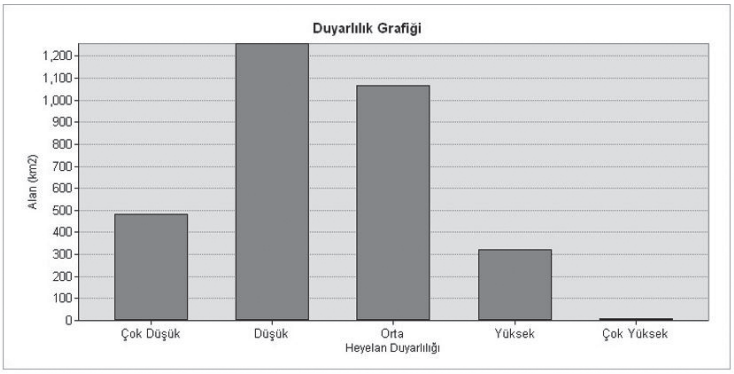
Duyarlılık Haritasının Oluşturulması ve Yorumlanması

Çalışmada duyarlılık haritası oluşturabilmek için 9 parametre belirlenmiştir. Bunlar yükselti, eğim, bakı, yamaç eğriselliği, akarsu aşındırma gücü indeksi, faylara yakınlık, arazi örtüsü, toprak ve litoloji parametreleridir. Bu parametrelerin her birinin frekans oranları hesaplandıktan sonra duyarlılık haritası Harita 11'te ki gibi oluşturulmuştur.

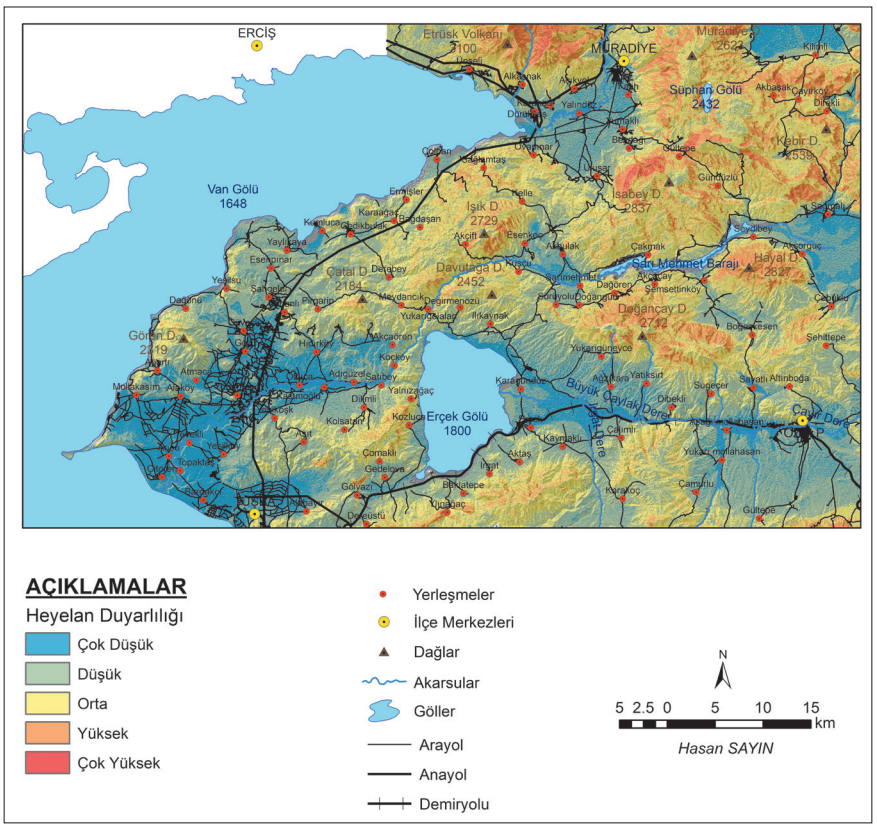
Duyarlılık değerleri beş sınıfa ayrılarak çok düşükten çok yükseğe doğru derecelendirilmiştir. Duyarlılık haritasına baktığımızda alanımızda orta ve yüksek derece heyelan duyarlılığına sahip alanların fazla olduğu görülmektedir (Grafik 15) . Daha sonra çalışma alanında bulunan yol ağı ile yerleşim birimleri eklenerek heyelan duyarlılığına göre bu alanlardan etkilenebilecek yerler belirlenmiştir (Harita 12). Harita 12'e baktığımızda alanda heyelan duyarlılığının orta, yüksek ve çok yüksek olan kuzey, kuzey doğu, doğu kesimlerde bulunan yerleşmelerin olası bir heyelana karşı en fazla duyarlığa sahip alanlarda olduğu görülmektedir. Bu alanlarda zaman içerisinde zemin duyarsızlıklarının görülme olasılığı yüksek olduğundan gerekli önlemler alınmalıdır. Özellikle duyarlılığın yüksek ve çok yüksek olduğu alanlarda mutlaka gerekli teknik çalışmalar yapılmadan yeni yerleşim alanları açılmamalıdır. Yine aynı şekilde duyarlılığın arttığı alanlarda bulunan yol ağları gelecekteki olası bir duraysızlıktan en fazla etkilenecek birimlerdir. Bu alanlarda yol kaymaları, göçmeleri gözlenmesi olasılığı yüksektir. Bundan dolayı bu alanlarda yol ağı inşa etmeden önce mutlaka gerekli teknik çalışmalar yapılarak ve heyelan tehlikesi değerlendirilmelidir.



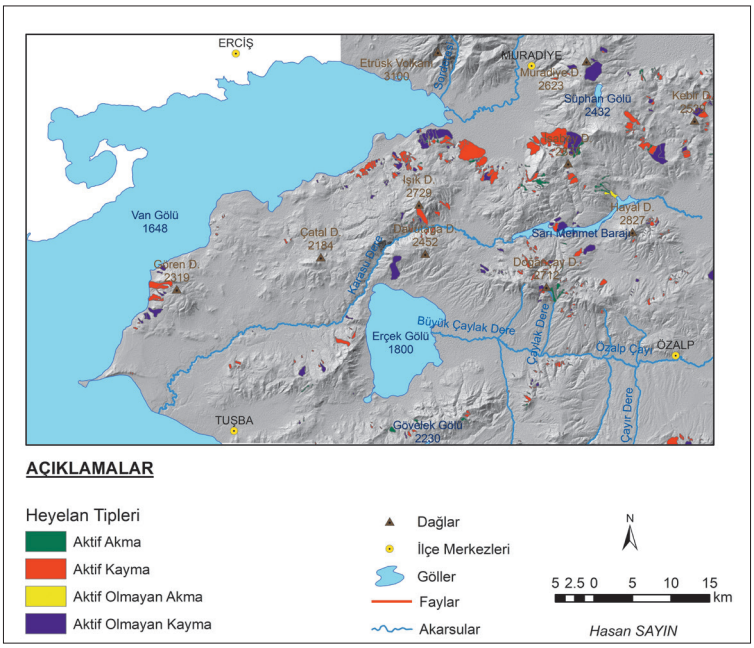
Harita 11: Çalışma Alanına Ait Heyelan Duyarlılık Haritası



Grafik 15: Duyarlılık Değerlerinin Alansal Dağılışı



Harita 12: Heyelan Duyarlılığı ile Yerleşme ve Yol Ağı İlişkisi



Harita 13: Çalışma Alanına Ait Heyelan Envanter Haritası

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Van Gölü havzasının kuzeydoğusunda, Van il sınırlarının kuzeyinde bulunan ve heyelan olaylarının sıklıkla görüldüğü bölgede heyelanları denetleyen ve heyelanları tetikleyen faktörler araştırılmış ayrıca 9 parametre belirlenerek heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Heyelan duyarlılığını etkileyebilecek faktörlerin seçiminden önce arazi çalışmaları ile bölgede incelemeler yapılmıştır.

Çalışmada heyelan duraylılığını etkileyen parametreler yükselti, eğim, bakı, yamaç eğriselliği, ana faylara yakınlık, akarsu aşındırma gücü indeksi, arazi örtüsü ve toprak özellikleri olarak belirlenmiştir. Öncelikle bu parametrelere ait frekans oranları belirlenmiş daha sonra daha sonra heyelan duyarlılığı haritası oluşturulmuştur.

Çalışma alanında toplam 533 heyelan tespit edilmiş ve haritalandırılmıştır. Böylece heyelan envanteri oluşturulmuştur. Bölgede heyelanların meydana gelmesini etkileyen en önemli faktör tektonizmadır. Yağışların mevsimsel olarak farklılık göstermesi de heyelanlar üzerinde etkili olabileceğini düşündürtmektedir. Heyelanların genel olarak 7-18 derece aralığındaki eğim sınıflarında yoğunlaştığı

görülmüştür. Bakı özelliklerine baktığımızda kuzey yamaçlarda heyelan oranlarının arttığı görülmektedir. Bu yamaçlarda karın yerde kalma süresi fazla olduğundan bu yamaçlar daha çabuk suya doymaktadır ve bu durum duraysızlığı olumsuz etkilemektedir. 2000-2250 m yükseltiler heyelanların yoğunlaştığı yükselti basamakları olarak ortaya çıkmıştır. Litolojik olarak ise heyelanların önemli bir kısmı piroklastikler üzerinde gelişmiştir. Çalışma alanımızın büyük çoğunluğunu kestane rengi topraklar oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu toprak sınıfı heyelanların en fazla görüldüğü sınıftır. Faylara yakın alanlarda ve akarsu aşındırma indeksi değerinin yüksek olduğu alanlarda heyelanların oranları daha yüksektir. Çalışma alanında bitki örtüsü yoğunluğu zayıf olduğundan bu durumda heyelanların gelişimini arttırıcı yönde etkilemiştir.

Bu parametrelerden yararlanarak çalışma alanı heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuş ve "çok düşük", "düşük", "orta", "yüksek", "çok yüksek" olmak üzere 5 farklı duyarlılık sınıfına ayılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen duyarlılık haritası ile bölgedeki yerleşme ve yol ağı verileri birlikte değerlendirilmiştir. Çalışma alanında özellikler kuzey ve kuzeybatı bölgelerde heyelandan etkilenebilecek yola ağları ve yerleşmeler tespit edilmiştir.

Duraylılık değerlerinin düşük olduğu alanlar ilerde heyelan olaylarının gerçekleşme olasılığının düşük olduğu alanlardır. Duraylılık derecesi arttıkça heyelan gerçekleşme olasılığı da artmaktadır. Orta, yüksek ve çok yüksek duyarlılığa sahip olunan alanlarda yamaç duraysızlıklarına karşı gerekli önlemler mutlaka alınmalıdır. Özellikle çok yüksek duraylılığa sahip alanlarda yeni yerleşimlerin açılmaması eğer bu alanlar yerleşime açılacaksa mutlaka çok detaylı zemin etüdü çalışmaları yapılması gerekmektedir.

Ayrıca bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar yerel yöneticiler ve karar vericiler için yapılacak yatırımlarda mutlaka göz önünde bulundurulması gerekmektedir.



Foto 1: İncelme Alanından Heyelen Görüntüleri

Kaynaklar

AFAD, (2014). ***Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü***, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara.

AFAD, (2015). ***Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması Heyelan-Kaya Düşmesi Temel Kılavuz***, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara

Akkan, E., Gürgen, G., (1993). "Gaga Gölü (Ordu)", ***Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi***, Ankara, 2, 241-249.

Akköprü, E., Christol, A., (2019), "Lake Van" **Landscape and Landforms of Turkey (**Editörler: Kuzucuoğlu, C., Çiner, A., Kazancı, N.), Springer, 369-385

Aleotti, P. And Chowdhurry, R., (1999). "Landslide hazard assessments: Summry rewiew and new perspective", ***Bulletin of Engineering Geology of the Environment***, 58, 21-44.

Alkan, A., (2008). ***Van Gölü Güneydoğu Kıyılarında Gevaş ve Deveboynu Yarımadası Arası Kıyı Kesiminde Antropojen Faaliyetlerin Rölyefe Etkisi*** (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Van.

Alkevli, T., Ercanoğlu, M., (2011). "Assesment of ASTER Satellite İmages in Landslide İnventory Mapping: Yenice- Gökcebey (Western Black Sea Region, Turkey), ***Bulletion of Engineering Geology and the Environment***, 70, 607-617.

Ardel, A., (1944). ***Van Gölü Bölgesinin Coğrafyası***, Van Üniversite Haftasından Ayrı Basım.

Atalay, İ., (1997). "Muş-Palu Arasındaki Murat Vadisi Boyunca Oluşan Kütle Hareketleri", ***İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi***, İstanbul, 263-277.

Ayalew, L., Yamagishi, H., Marui, H., Kanno, T.,(2005). "Landslides in Sado Island of Japan: Part II. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications", ***Engineering Geology***, 81, 432– 445.

Barsbay, A., İ., (2014). ***Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yardımıyla Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanma Aşamaları*** (Yayınlanmamış Uzmanlık Tezi), Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

Bălteanu, D., Chendeş, V., Sima, M., Enciu, P., (2010). "A country-wide spatial assessment of landslide susceptibility in Romania", ***Geomorphology***, 124, 102-112.

Beret, B., (1995). "Sera Heyelanı", ***Türk Coğrafya Dergisi***, İstanbul 13-14, 155-160.

Booth, A.M., Roering, J.J., Perron, J.T., (2009). "Automated landslide mapping using spectral analysis and high-resolution topographic data: Puget Sound lowlands, Washington, and Portland Hills, Oregon". ***Geomorphology***, 109, 3–4, 132-147.

Brabb, E., (1991). ***The world landslide problem***, Episodes, 14(i): 52-61.

Cruden, D.M., Varnes, D.J., (1996)**.** ***Landslide Types and Processes. Landslides Investigation and Mitigation***, Special Report 247. In: Turner, A.K. and Schuster, R.L. (eds.), 36–75.

Çan, T., Duman, T. Y., Olgun, Ş., Çörekçioğlu, Ş., Gülmez, F. K., Elmacı, H., Hamzaçebi, S., Emre, Ö., (2013). ***Türkiye Heyelan Veri Tabanı***. TMMOB CBS Kongresi, Ankara.

Çiftçi, Y., Işık, M. A., Alkevli, T., Yeşilova, Ç., (2008). "Van Gölü Havzasının Çevre Jeolojisi", ***Jeoloji Mühendisliği Dergisi***, Sayı: 32, Cilt: 2, 45-77

Dağ, S., Bulut, F. (2012). "Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasına Bir Örnek: Çayeli (Rize, KD Türkiye", ***Jeoloji Mühendisleri Derneği,*** 36(1).

Dağ, S., Bulut, F., Alemdağ, S., Kaya, A., (2011)."Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Kullanılan Yöntem ve Parametrelere İlişkin Genel Bir Değerlendirme", ***Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi***, GÜFBED/GUSTIJ, 1(2),151-176.

Deniz, O., Sındır, R., (2001). "Çayırbaşı Heyelanı", ***Doğu Coğrafya Dergisi***, Cilt 7, Sayı 5, 81-97, Erzurum.

Deniz, O., (20047). "Van Gölü Havzasında Su Kirliliği", ***38. ICANAS (Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları), Çevre, Kentleşme Sorunları ve Çözüm***, Presmat Matbaa Gazete Sanayi Tic. Ltd. Şti., 300-308

Doğu A.F., Çiçek İ., Gürgen G., (1989). "Çatak Heyelanı (Trabzon-Maçka)", ***Atatürk Kültür-Dil ve Tarih Yüksek Kurumu, Coğrafya Araştırmaları Dergisi***, cilt.1, ss.103-117.

Doğu, A. F., (1994). "Borabay Gölü (Amasya)", ***Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi***, Ankara, 3, 243-254.

Dönen, H., (2011). ***Van Gölü Su Seviye Değişimlerine Hidrojeolojik Yaklaşım*** (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

Duman, T. Y., (2009), " The Largest Landslide Dam in Turkey: Tortum Landslide" ***Engineering Geology***, 104, 66-79

Ertek, T. A., (1995). "Senirkent Heyelanı (13 Temmuz 1995- ISPARTA)", ***Türk Coğrafya Dergisi***, 30, 127-141, İstanbul

Erinç, S., (2010). ***Jeomorfoloji I***, Der Yayınları, İstanbul, 292-309

Erinç, S., (1953). ***Doğu Anadolu Coğrafyası***, İstanbul Üniversitesi Yayınları, No:572, İstanbul.

Ercanoglu, M., Gokceoglu, C.,(2004). "Use of fuzzy relations to produce landslide susceptibility map of a landslide prone area (West Black Sea Region, Turkey)", ***Engineering Geology***, 75, 229–250.

Ercanoğlu, M., (2005). "Landslide susceptibility assessment of SE Bartın (West Black Sea Region, Turkey) by artificial neural networks". ***Natural Hazards and Earth System Science***, 5, 979-992.

Ercanoğlu, M., Kaşmer, Ö. ve Temiz, N., (2008). "Adaptation and comparison of expert opinion to analytical hierarchy process for landslide susceptibility mapping", ***Bulletin of Engineering Geology and the Environment***, Vol:67, No:4, 565-578.

Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W.Z., (2008). Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning". ***Engineering Geology***, 102, 3-4, 99-111.

Forbes, K., Broadhead, J., (2011***). Forest and Landslides: The Role of Trees and Forest in the Prevention of Landslides and Rehabilitation of Landslide affected Areas in Asia***, Rap Publication 19.

Galli, M., Ardizzone, F., Cardinali, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P., (2008). "Comparing landslide inventory maps". ***Geomorphology*** 94, 268-289.

Glade, T., Anderson, M., Crozier, M., (2005). ***Landslide Hazard and Risk***. JohnWiley & Sons, Ltd., London, 802 pp.

Geertsema, M., Pojar, J.J., (2007). "Influence of Landslides on Biophysical Diversity-A Perspective from British Columbia, ***Geomorphology***, 89, 55-69.

Girgin, M., (1996). "Aşkale Heyelanı (ERZURUM)", ***Türk Coğrafya Dergisi***, 31, 155-166, İstanbul

Gökçeoğlu, C., Ercanoğlu, M., (2001). "Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılan Parametrelere İlişkin Belirsizlikler", ***Hacettepe Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni***, 23,189-206.

Gökçeoğlu, C., Sönmez, H., Nefeslioğlu, H.A., Duman, T.Y., Can, T., (2005). "The 17 March 2005 Kuzulu landslide (Sivas, Turkey) and landslide-susceptibility map of its near vicinity". ***Engineering Geology***, Vol. 81, Issue 1, 65-83

Görüm, T., Gönençgil, B., Gökçeoğlu, C., Nefeslioğlu, H.A., (2008), "Implementation of reconstructed geomorphologic units in landslide susceptibility mapping: the Melen Gorge (NW Turkey)", ***Natural Hazards***, 46, 323-351.

Görüm, T., Gökçeoğlu, C., Nefeslioğlu, H. A., Şanlı, F.B., Doker, F., (2008). ***Firuzkoy heyelanının Yakın Dönem Morfolojik Evriminin Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleriyle Analizi***, Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, Çanakkale, Bildiri Özleri Kitabı, 280, Çanakkale.

Görüm, T., (2016). "23 Ekim 2011 Van Depreminin Tetiklediği Heyelanlar", ***Türk Coğrafya Dergisi***, 66, 29-36.

Görüm, T., (2006). ***Coğrafi Bilgi Sistemleri ve İstatistiksel Yöntemler Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Analizi: Melen Boğazı ve Yakın Çevresi (***Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Guzzetti, F., Cardinali, M., Reichenbach, P., Carrara, A., (2000). "Comparing landslide maps: a case study in the Upper Tiber River Basin, Central Italy". ***Environmental Management***, 25, 247-263.

Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., Reichenbach, P., (1999), "Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi–scale study, Central Italy", ***Geomorphology***, 31, 181-216.

Guzzetti, F., Mondini, A.C., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M., Chang, K.T., (2012). "Landslide inventory maps: new tools for and old problem". ***Earth-Science Reviews***, 112, 42-66.

Guzzetti, F., Reichenbach, P., Ardizzone, F., Cardinali, M., Galli, M., (2006). "Estimating the quality of landslide susceptibility models", ***Geomorphology***, 81, 166-184.

Gülkan, P., Koçyiğit, A., Yüceman, M. S., Doyuran, V., Başöz, N., (1993). "***En Son Verilere Göre Hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası***", Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğüne 92-03-03-18 Nolu Proje Sonuç Raporu, Rapor No:93-01, Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi.

Güner, R., (1991). ***Heyelanların Önlenmesi ve Düzenlenmesi***, Yağış, Sel, Heyelan Sempozyumu Bildiriler Kitabı, TMMOB, 1991, 171-204.

Gürbüz, O., *Van Gölü Çevresinin Coğrafyası (Beşerî ve İktisadi Coğrafya Açısından)*,(İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi), İstanbul, 1994.

Harmon, R.S., Doe III, W.W., (2001). ***Landscape Erosion and Evolution Modeling***, Spinger-Verlag. 535.

Hasekioğulları, G. D. and Ercanoğlu, M., (2012). "A new approach to use AHP in landslide susceptibility mapping: a case study at Yenice (Karabuk, NW Turkey)", ***Natural Hazards***, 63, 1157-1179.

Haque, U., Blum, P., Silva, P., Andersen, P., Pilz, J., Chalov, S., Malet, J., Auflic, M. T., Andres, N., Poyiadji, E., Lamas, P. C., Zhang, W., Perhevski, I., Petursson, H.G., Kurt, T., Dobrev, N., Davalillo, J. C., Halkia, M., Ferri, S., Gaprindashuli, G., Engstrom, J. D., (2016). "Fatal Landslides in Europe", ***Landslides***, 13, 1545-1554.

Hoşgören, M. Y., (2014). ***Jeomorfoloji Terimler Sözlüğü***, Çantay Yayıncılık, İstanbul.

Hutchinson, J. N., (1988). ***Morphological and geotechnical parameters of landslide in relation to geology and hydrogeology***, in: 5th international symposium on landslides, Lausanne, edited by: Bonnard, C., A.A. Balkema, 1, 3–35.

Işık, E., Aydın, M., C., Bakış, A., Özlük, M., H., (2012),"Bitlis Civarındaki Faylar ve Bölgenin Depremselliği" ***BEU Journal of Science***, 1(2), 153-169

Kalelioğlu, E., (1991). "Van Ovasının İklim Özellikleri", ***Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Dergisi***, Cilt:35, Sayı:2. 155-166.

Kempe, S., Khoo, F., Gürleyik, Y., (1978). "Hydrography of Lake Van and Its Drainage Area, ***MTA Yayınları***, No:169, 30-45.

Ketin, İ., (1977), "Van Gölü ile İran Sınırı Arasındaki Bölgede yapılan Jeoloji Gözlemlerinin Sonuçları Hakkında Kısa Bir Açıklama" ***Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni***, c.20, 79-85.

Kremier, A., Arnould, M., (2000). "World Bank's role in reducing impacts of disasters". ***Natural Hazards Review***, 1(1):37-42.

Lee, S., Lee, M-J., (2006). "Detecting landslide location using KOMPSAT 1 and its application to landslide-susceptibility mapping at the Gangneung area, Korea", ***Advances in Space Research***, 38, 2261-2271.

Nefeslioğlu, H.A., San, B.T., Gokceoglu, C., Duman, T.Y.,(2012). "An assessment on the use of Terra ASTER L3A data in landslide susceptibility mapping", ***International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation***, 14, 40-60.

Nefeslioğlu, H.A., Duman, T.Y., Durmaz, S., (2008)." Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea region of Turkey)", ***Geomorphology***, 94, 401-418.

Nefeslioğlu, H. A., Sezer, E., Gökçeoğlu, C., Bozkır, A. S., ve Duman, T. Y.,(2010). "Assessment of landslide susceptibility by decision trees in the metropolitan area of Istanbul, Turkey", ***Mathematical Problems in Engineering***, 1-15.

Oğul, A., (2005). ***Van Gölü Doğu Kesiminde Antropojen Faaliyetlerin Reliyefe Etkisi*** (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Van.

Öztürk, K., (2002). "Heyelanlar ve Türkiye'ye Etkileri". ***G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi***, Ankara, 22 (2), 35-50.

Sezer, L., İ., (2010) "Van Yöresinin Depremselliği" ***Ege Coğrafya Dergisi*****,** 19/1, 67-84.

Schuster, R.L., and Fleming, R.W., (1986), "Economic losses and fatalities due to landslides", ***Bulletin of the Association of Engineering Geologists***, 23 (1), 11-28.

Sooters, R., Van Westen, C. J., (1996). "Slope Instability Recognition Analysis and Zonation. In: Turner, K. T. And Schuster, R. L. vd., ***Landslides: Investigation and Mitigation***, Special Repost no:247, Transportation Research Board National Research Council, Washington DC, 129-177,

Steinacher, R., Medicus, G., Fellin, W.,Zangeri, C., (2009). "The Influence of Deforestration onSlope (In-)Stability, ***Austrian Journal of Earth Sciences***, 102/2, 90-99.

Sümengen, M., (2008). ***1:100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları VAN-K50 Paftası***, No:65, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

Sümengen, M., (2008). ***1:100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları BAŞKALE-K51 Paftası***, No:64, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

Şahin, C., Sipahioğlu, Ş., (2009). ***Doğal Afetler ve Türkiye***, Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara, 86-113.

Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., (1986), "Doğu Anadolu'da Neotektonik Dönemdeki Jeolojik Evrim ve Havza Modelleri*" **MTA Dergisi***, 107, 73-94

Şaroğlu, F., Güner, Y., (1981), Doğu Anadolu'nun Jeomorfolojik Gelişimine Etki Eden Öğeler; Jeomorfoloji, Tektonik, Volkanizma İlişkileri", ***Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni***, 24, 39-50.

Utku, T., (1975), ***Teori ve Tatbikatta Heyelanlar***, Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara.

Van Westen, C.J., (1993). ***Application of geographical information system to landslide hazard zonation***. ITC publication no 15, ITC, Enschede, Netherlands.

Van Westen, C.J., Castellanos, E., Kuriakose, S.L.,(2008), "Spatial data for landslide susceptibility, hazard and vulnerability assessment: An overview", ***Engineering Geology***, 102: 112-132.

Van Westen, C.J., Van Asch, T.W.J., Soeters, R., (2006)." Landslide hazard and risk zonation-why is it still so difficult? "***Bulletin of Engineering Geology and the Environment***, Volume 65, Issue 2, pp. 167-184.

Varnes, D.J., (1978). ***Slope movements: types and processes***. In: Schuster, R.L., Krizek, R.J.(Eds.), Landslide Analysis and Control. Transportation Research Board, Special Report No. 176, Washington, DC, 11–33.

Varnes, D.J., (1984). "Landslide hazard zonation: a review of principles and practice, Commission of Landslides of the IAEG, UNESCO", ***Natural Hazards*** No. 3, 61.

Weirich, F., Blesius, L.,(2007). "Comparison of satellite and air photo based landslide susceptibility maps". ***Geomorphology***, 87, 352-364.

WP/WLI (Working Party on World Landslide Inventory), (1993)**.** ***A suggested method for describing the activity of a landslide***, IAEG Bull. 47, 53-57.

Yılmaz, Ö., (1996). Narman Havzası Kırıntılı Çökellerindeki Kütle Hareketleri: Malzeme, Oluşum Mekanizması ve Yorumu", ***Türk Coğrafya Dergisi***, İstanbul, 31, 199-217.

İnternet Kaynakları

http://pubs.usgs.gov (Erişim Tarihi: 15.02.2018).

http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/heyelancd) (Erişim Tarihi: 25.11.2017)

https://www.emdat.be/emdat_db/ (Erişim Tarihi: 17.05.2019)

http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx (Erişim Tarihi: 25.03.2018)

4. BÖLÜM

İZMİT ŞEHRİNİN MEKANSAL BÜYÜMESİ VE ARAZİ ÖRTÜSÜ/KULLANIMI DEĞİŞİMLERİNİN MARKOV CHAIN VE HÜCRESEL OTOMAT YÖNTEMLERİ KULLANILARAK MODELLENMESİ

Arş. Gör. Selin YILDIZ GÖRENTAŞ - Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Prof. Dr. Sevil SARGIN Marmara Üniversitesi

1. Giriş

Kitabın bu bölümü Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama yöntemleri kullanılarak arazi örtüsü/kullanımındaki değişimlerinin nasıl analiz edildiğini ve şehirlerin mekansal büyüme simülasyonlarının nasıl oluşturulduğunu İzmit şehri örneği üzerinden açıklamaktadır.

Mekanın insanlar tarafından nasıl yönetildiği ve anlamlandırıldığı üzerine yoğunlaşan coğrafyacılar geniş yüzeyli ve karmaşık yapıdaki arazilerin analiz ve yorumlanmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknolojilerini sıklıkla kullanmaktadır (Curebal vd., 2016; Rogan ve Chen, 2004; Rozenstein ve Karnieli, 2011; Weng, 2001; Xiao vd., 2006). Söz konusu sistemlerin mekansal planlama, yönetim, denetleme gibi birçok alanda uygulanmasıyla sürdürülebilir arazi kullanımı ve mekana dayalı planlamalar geliştirilmektedir. Böylece, yerel yönetimlere, karar vericilere ve mekansal plan organizasyonları geliştiren destek birimlerine katkı sağlanmaktadır.

Şehir alanları insanların mekanla en fazla etkileşim halinde olduğu, mekansal işgalin veya mekansal tüketimin en yoğun ve net gözlemlendiği yerleşim birimleridir. Nüfusun büyümesi ve şehirlerdeki nüfus yoğunluğunun artması mevcut kaynakların tüketimini arttırarak söz konusu nüfusun ihtiyaçlarının karşılanması için daha fazla arazinin kullanılması veya dönüştürülmesi sorununu ortaya çıkarmaktadır (Vitousek vd., 2008). Bu durum, şehir mekanlarının, yeryüzündeki dönüştürülen veya tahrip edilen sahalardaki değişime nasıl bir etki yarattığını anlamlandırma gerekliliğini bildirmektedir.

Şehirler çevrelerine doğru mekansal olarak büyüme kaydederken araziyi kullanım şekillerinde farklılık yaratırlar. Arazide meydana gelebilecek herhangi bir değişimin önceden bilinmesi veya öngörülmesi mekan organizasyonunda kontrollü bir planlamanın yapılmasına imkan sağlamaktadır. Bu durumu en iyi ifade eden 'model' kavramı gerçeğin soyutlanması şeklinde tanımlanabilir (Batty, 2007). Yani gerçeğin basitleştirilmiş ve tahmini gösterimini kullanan modeller, şehirlerdeki olası arazi kullanım değişimlerinin tahmin edilmesinde ve gelişmeye yönelik planlamalarda kullanılmaktadır (Aydın, 2011; Bhatta, 2010; Guan vd., 2011; Hamad vd., 2018; Öztürk, 2015; Pijanowski vd., 2002; Rimal vd., 2017; Zare vd., 2017). Bu çalışmanın amacı İzmit şehrinin mekansal değişimini zamansal bir süreç içerisinde ortaya koymak, arazi örtüsü/kullanımı değişimlerini tespit etmek ve gelecekteki olası arazi kullanım senaryoları geliştirmektir. Bu bağlamda, İzmit şehrinin geçmiş ve günümüzdeki (2011-2019) arazi kullanım durumunun tespit edilmesi ve Hücresel Otomat-Markov Chain yöntemlerinin entegre kullanılması ile gelecekteki (2023) olası değişim simülasyonunun üretilmesi hedeflenmiştir.

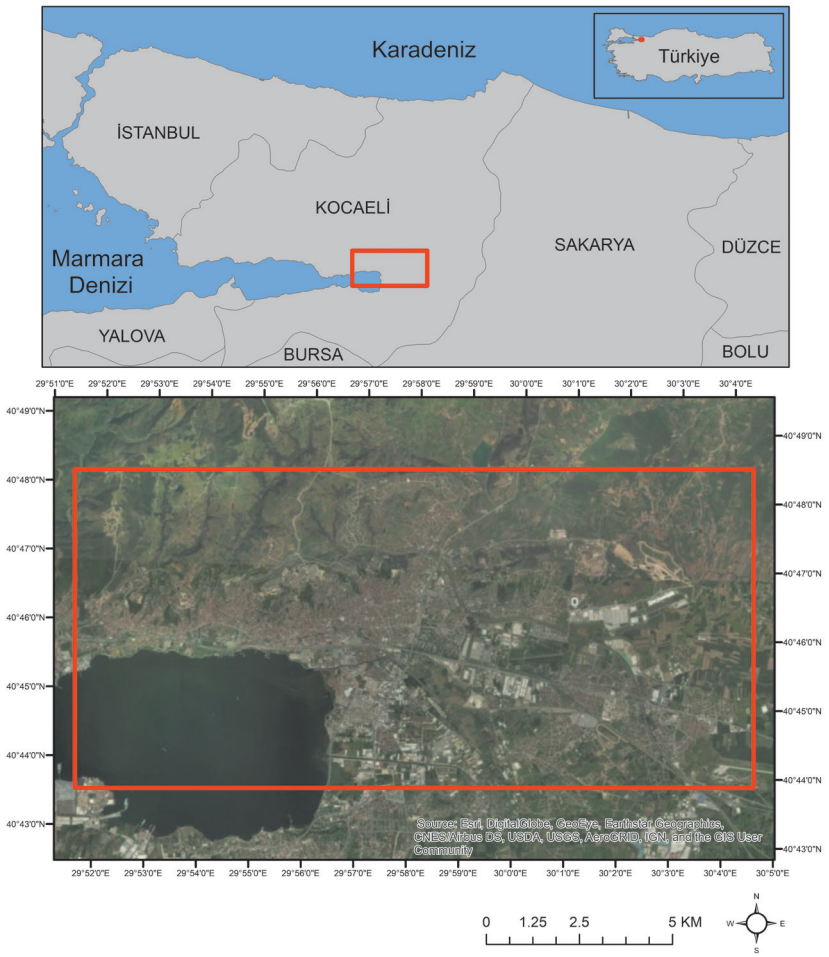
Bu bölümde ilk olarak çalışma alanı hakkında bilgi verilmiştir. Ardından çalışmada kullanılan verilerin elde edilme, sınıflandırma ve modelleme süreçlerinin nasıl olduğu açıklanmıştır. Üçüncü kısımda 2011, 2015 ve 2019 yıllarına ait arazi örtüsü/kullanımı haritaları üretilerek modelleme için kullanılmıştır. 2011 ve 2015 yılları arasındaki her bir arazi örtüsü/kullanımı sınıfının geçiş hareketinin olasılık değerleri hesaplanarak 2019 yılı için bir simülasyon oluşturulmuştur. Elde edilen model ile 2019 yılının gerçek arazi örtüsü/kullanımı haritası karşılaştırılarak doğruluk analizi yapılmıştır. Böylece 2015 ile 2019 yılları arasındaki arazi sınıflarının geçiş olasılıkları hesaplanmış ve 2023 yılının İzmit'in şehirsel gelişim simülasyonu geliştirilmiştir. Son kısımda ise çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.1 Çalışma Alanı

Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara Bölgesi'nin doğusunda yer alan İzmit şehri, idari olarak Kocaeli iline bağlıdır ve ilin merkezi konumundadır. Çalışma sahası olarak seçilen İzmit şehri ve yakın çevresi 40° 48'-40° 43' kuzey paralelleri ile 29° 51'-30° 4' doğu meridyenleri arasında bulunmakta ve yaklaşık olarak 156 km^2 alanı kaplamaktadır (Şekil 1).

İzmit, bulunduğu konum itibariyle kabaca kuzeyden Kocaeli Platosu, güneyden Samanlı Dağları ve doğudan İzmit-Sapanca Oluğu ile sınırlanmıştır. İzmit, kuzeyindeki yüksek sahaların akarsular tarafından parçalanması sonucu arızalı bir görünüm kazanmıştır (Bilgin, 1984). Dağların kıyıdan itibaren yaklaşık 500 metreden sonra yükselmesine ve dar bir kıyı alanına sahip olmasına rağmen İzmit yoğun yerleşme alanlarına sahip kıyı şehirlerinden bir tanesidir. İzmit, coğra-

fi konumunun elverişliliği, İstanbul ve Ankara gibi önemli merkezler arası geçiş güzergâhı üzerinde bulunması, demiryolu ve karayolu hattının kıyıya paralel olarak uzanması ve büyük sanayi kuruluşlarını bünyesinde barındırması nedeniyle bölgenin önemli cazibe merkezlerinden birisidir (Tuncel, 1971).



Şekil 1: İzmit Şehrinin Lokasyon Haritası

2. Veri ve Metodoloji

İzmit şehrinin mekansal gelişimi ve modellenmesi analizleri esasen üç aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada çalışmada kullanılan veriler ve bu verilerin analize hazır hale getirilmesi açıklanmıştır. İkinci aşamada uydu görüntüleri sınıflandırılarak doğruluk analizleri yapılmıştır. Son aşamada ise Hücresel Otomat ve

Markov Chain yöntemleri kullanılarak modelleme işlemleri uygulanmıştır (Şekil 2). Uydu görüntülerinin hazırlanmasında ve analizinde IDRISI Selva 16.0; sonuç haritaların çıktıya hazırlanmasında ArcGIS 10.4 yazılımları kullanılmıştır.

2.1. Veri Seti ve Ön Hazırlık

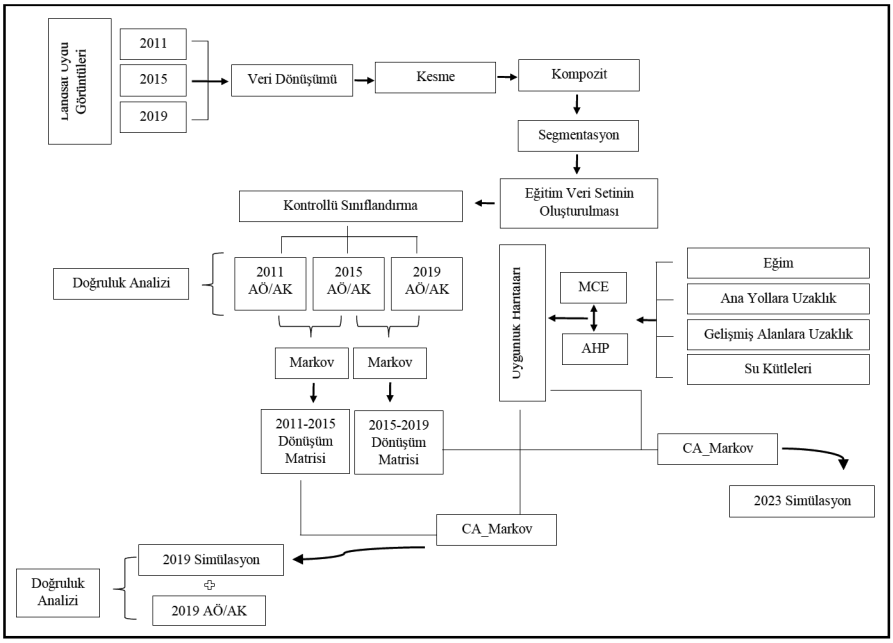
Şehirsel büyümenin izlenmesi, arazi örtüsü/kullanımı değişiminin tespit edilmesi ve ileriye dönük modellemelerin gerçekleştirilmesi için USGS (United States Geological Survey) üzerinden 3 farklı yıla ait Landsat uydu görüntüleri temin edilmiştir (USGS, 2019). Landsat 4-5 TM sensöründen 2011 yılı, Landsat 8 OLI sensöründen 2015 ve 2019 yıllarına ait uydu verileri elde edilirken her bir uydu görüntüsü arasındaki yılların sabit bir zaman aralığında (4 yıl) olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca, Sayısal Yükselti Modeli (Digital Elevation Model), farklı yıllara ait imar planları ve hava fotoğrafları çalışmada kullanılan diğer verilerdir.

Uydu görüntülerinin sınıflandırmaya hazır hale getirilmesi için bantların veri formatının dönüştürülmesi, çalışma sınırı dahilinde kesilmesi ve kompozit işleminin yapılması gerekmektedir. Böylece, uydu görüntülerinin her bir bandı, Landsat uydu görüntülerinin orijinal veri formatı olan GeoTIFF (.tif)'ten raster (.rst) formatına dönüştürülmüştür. Ardından her bir bant çalışma alanı sınırından kesilmiş ve aynı dalga boyu değerine sahip bantlar kullanılarak kompozit işlemi uygulanmıştır. Buna göre, 2011 yılı uydu görüntüsü için 2,4,5 RGB (kırmızı, yeşil, mavi), 2015 ve 2019 yılı uydu görüntüleri için 3,5,6 RGB bant değerleri kullanılmıştır.

Arazi örtüsü/kullanımı sınıfları, Avrupa Çevre Ajansı (EEA) tarafından belirlenen CORINE (Coordination of Information on the Environment) arazi örtüsü sistemi referans alınarak tanımlanmıştır (EEA, 2019). Böylece şehir, tarım, orman, çayır/mera, çıplak alan ve su kütleleri olmak üzere 6 arazi örtüsü/kullanımı sınıfı ve uydu görüntüsü üzerindeki temsil ettikleri alanlar belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1: Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıfları ve Temsil Ettikleri Alanlar

AÖ/AK Sınıfları	Temsil Edilen Alanlar
Şehir	Konut alanları, yollar ve ulaşım aksları, eğitim ve kamusal alanlar, ticari ve endüstriyel alanlar
Tarım	Ekilebilir alanlar, tarlalar, bağ ve bahçeler
Orman	Geniş ve iğne yapraklı ormanlar, karışık ormanlar
Çayır/Mera	Çayır ve meralar, otlak alanlar, çalılık alanlar
Çıplak Alan	Çıplak kayalıklar, yanmış alanlar
Su Kütleleri	Deniz, göl, barajlar



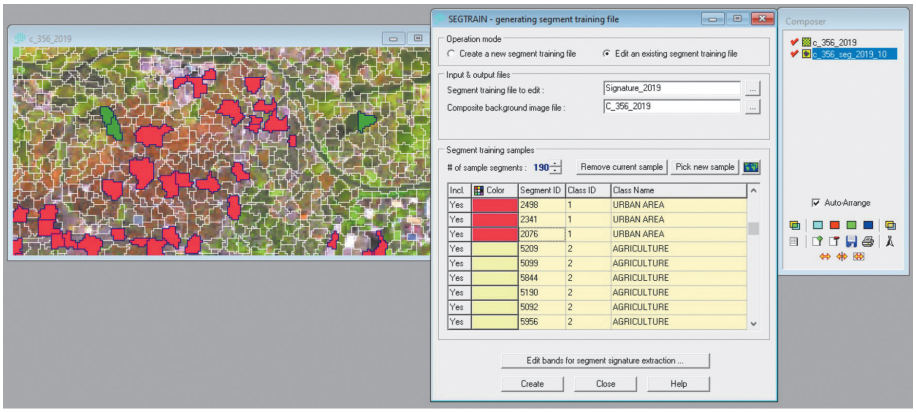
Şekil 2. Metodoloji Akış Şeması

2.2. Sınıflandırma ve Doğruluk Analizi

Analiz için hazır hale getirilen uydu görüntülerinin sınıflandırılması için spektral benzerliklere sahip piksellerin gruplandırılması işlemine dayanan hücre bölünmesi (segmentasyon) modülü kullanılmıştır (Eastman, 2012). Böylece kullanıcı, benzer yansıma değerlerine sahip gruplandırılmış alanları (segment) en uygun arazi örtüsü/kullanımı sınıfına kolaylıkla atayabilmektedir. Uydu görüntüleri üzerinde her bir arazi sınıfı için örneklem alanlar oluşturulmuştur. Buna göre, 2011 yılı için 282, 2015 yılı için 253, 2019 yılı için 190 örneklem alan tanımlanmıştır. Eğitim veri setinin oluşturulmasının ardından Landsat uydu görüntülerine Maksimum Benzerlik (Maximum Likelihood) tekniği kullanılarak kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanmıştır (Şekil 3). Kontrollü sınıflandırma, bilinmeyen benzer pikselleri sınıflandırmak için bilinen benzer örneklerin kullanımı sürecidir (Campbell ve Wynne, 2011). Maksimum benzerlik tekniği, eğitim veri setlerini kullanarak her bir sınıfa ait piksellerin olasılığını tahmin etmek için örnek alınan alanların ortalama ve varyans verilerini kullanan sınıflandırma yöntemidir (Eastman, 2012). Böylece, 2011, 2015 ve 2019 yıllarına ait arazi örtüsü/kullanımı haritaları üretilmiştir.

Üretilen son görüntünün doğruluğunun değerlendirilmesi sınıflandırma sürecinin önemli bir adımıdır. Sınıflandırılan uydu görüntülerinin doğruluk analizlerinin yapılması için dikdörtgen bölgedeki alanın sistematik bir ayrımına göre

mekânsal dağılmasına dayanan Tabakalı Rastgele Örnekleme (Stratified Random Point) metodu kullanılmıştır (Eastman, 2012). Her bir arazi örtüsü/kullanımı haritası için 200 adet örneklem noktası çalışma alanına homojen olarak dağıtılmıştır. Her bir noktaya karşılık gelen gerçek arazi sınıf değerleri tanımlanarak sınıflandırılmış haritaların gerçeğe uygunluk dereceleri hesaplanmış ve hata matrislerine ulaşılmıştır (Tablo 2). Buna göre doğruluk analizi matrisi incelendiğinde, 2011 yılı haritasının %82, 2015 yılı haritasının %87 ve 2019 yılı haritasının %79 doğruluk değerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 3: Segmentasyon İşlemi ve Örneklem Alanların Oluşturulması

Tablo 2: 2011, 2015 ve 2019 Yılı Arazi Örtüsü/Kullanımı Haritalarının Doğruluk Analizi (%)

	2011		2015		2019	
AÖ/AK Sınıfları	Kullanıcı Doğruluğu	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Üretici Doğruluğu
Şehir	%95	%85	%87	%91	%93	%75
Tarım	%93	%75	%97	%84	%72	%84
Orman	%66	%75	%76	%92	%95	%68
Çayır/ Mera	%46	%85	%80	%82	%56	%67
Çıplak Alan	%75	%86	%20	%25	%42	%72
Su Kütleleri	%100	%100	%100	%100	%100	%100
Genel Doğruluk	%82		%87		%79	
Kappa	%75		%83		%73	

2.3. Modelleme

Çalışmanın metodolojik anlamdaki son bölümü olan modelleme, kendi içinde bazı aşamalara sahiptir. İlk olarak Markov Chain analizi kullanılarak arazi örtüsü/kullanım sınıflarının belli bir yıldan diğer bir yıla gösterdiği dönüşüm olasılığı matrisleri üretilmiştir. Ardından her bir arazi örtüsü/kullanım sınıfı için 4 farklı değişkene göre uygunluk haritaları elde edilmiştir. Hücresel Otomat ve Markov Chain analizlerinin entegre kullanımı ile 2019 ve 2023 yılları için arazi örtüsü/kullanımının mekansal dağılımı tahmin edilmiştir.

2.3.1 Markov Chain ve Hücresel Otomat

Markov Chain (Zincirleri), adını stokastik (rastsal) süreçler üzerinde çalışmış olan Rus matematikçi Andrey A. Markov (1856-1922)'dan almıştır (Kouemou, 2011). Markov analizi, geçmiş ve mevcut durumlar arasındaki değişim olasılıklarının kullanılarak gelecekteki durumların olasılıklarını belirleme esasına dayanmaktadır (Öztürk, 2015). Ayrıca, bir durumdan diğer bir duruma geçişin değişkenlerin hareketi tarafından üretildiğini belirten Collins (1975), durumlar arası geçişi yaratan hareket olasılığının dönüşüm matrisleriyle tanımlandığını vurgulamaktadır.

Markov Chain analizi belli bir matematiksel gösterime sahiptir. Markov Chain modelindeki formüle göre $P^{(n)}$ istenilen tarihteki sistemin olasılık durumunu, $P^{(n-1)}$ sistemin ilk durum vektörünü, P ise ihtimal matrisini temsil etmektedir (Harvey, 1967).

$$p^{(n)} = p^{(n-1)}p$$

İzmit şehrinde 2011 ve 2015 ile 2015 ve 2019 yılları arasında her bir arazi örtüsü/kullanımı sınıfının kendisine ve diğer arazi örtüsü/kullanımı sınıflarına geçiş hareketinin olasılık değerleri hesaplanmıştır (Tablo 3). Buna göre, 2011 yılından 2015 yılına tarım sınıfının yine kendisine dönüşme olasılığı %46 iken, şehir sınıfına dönüşme olasılığı %13'tür. Matrisin çapraz düzlemi her bir sınıfın iki farklı dönemde yine kendisine dönüşme olasılığının oranını vermektedir. Her iki dönemde de şehir, tarım, orman ve su kütleleri sınıfları yaklaşık %40'ın üzerinde kalarak yine kendi sınıfına dönüşmektedir. Fakat çayır/mera ve çıplak alan sınıflarının şehir ve tarım alanı sınıflarına dönüşme olasılıklarının yüksek olduğu göze çarpmaktadır. 2011-2015 yılları arasındaki dönemde çayır/mera sınıfının şehir sınıfına dönüşme olasılığı %22, tarım alanı sınıfına dönüşme olasılığı %27 oranındadır. Aynı dönemde, çıplak alan sınıfının şehir sınıfına dönüşme olasılığı %57 düzeyindedir. 2015-2019 yılları arasındaki dönemde ise çayır/mera sınıfının şehir sınıfına dönüşme olasılığı %21, tarım alanı sınıfına dönüşme olasılığı %28 iken, çıplak alan sınıfının şehir sınıfına dönüşme olasılığı ise %59'dur.

Markov Chain modeli, olası değişimin mekansal anlamda tahminini gerçekleştiremediği için genellikle başka bir modelleme yöntemiyle birlikte kullanılmaktadır (Arsanjani vd., 2013; Öztürk, 2015). Yani Markov Chain, değişim olasılığı analizini olasılık matrisindeki hücre sayısına göre gerçekleştirirken bu hücrelerin konumu ve çevresindeki hücrelerin durumlarıyla ilgilenmez. Modelin mekansal gösteriminin eksik kalmaması için Hücresel Otomat yöntemi ile entegre bir şekilde kullanılmıştır.

Tablo 3: 2011-2019 Yılları Arasında İzmit Şehrinin Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflarının Dönüşüm Olasılığı Matrisi

AÖ/AK Sınıfları	Dönem	Şehir	Tarım	Orman	Çayır/ Mera	Çıplak Alan	Su Kütleleri
Şehir	2011-2015	0.6764	0.0503	0.0193	0.1050	0.1306	0.0184
	2015-2019	0.6541	0.0881	0.0240	0.0918	0.1360	0.0061
Tarım	2011-2015	0.1327	0.4662	0.1834	0.2034	0.0143	0.0000
	2015-2019	0.1281	0.4805	0.0399	0.2990	0.0525	0.0000
Orman	2011-2015	0.0134	0.1540	0.6488	0.1790	0.0038	0.0011
	2015-2019	0.0519	0.4491	0.3718	0.1093	0.0179	0.0000
Çayır/Mera	2011-2015	0.2297	0.2709	0.1286	0.3261	0.0432	0.0015
	2015-2019	0.2183	0.2833	0.0963	0.3315	0.0705	0.0000
Çıplak Alan	2011-2015	0.5727	0.1700	0.0047	0.1802	0.0724	0.0000
	2015-2019	0.5989	0.0392	0.0069	0.1740	0.1809	0.0000
Su Kütleleri	2011-2015	0.1538	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	0.8451
	2015-2019	0.1301	0.0000	0.0245	0.0000	0.0000	0.8455

Hücresel otomat sistemi, hücrelerle temsil edilen mekanın karmaşık dinamik süreçlerini tahmin etmede kullanılmaktadır (Aydın, 2015). Bir hücrenin belli bir zaman içinde göstereceği değişikliğin, kendisine komşu olan sekiz hücrenin durumuna bağlı olarak gerçekleştirdiği söylenebilir. Hücresel Otomat sisteminin hücre, durum, komşuluk, geçiş kuralı ve zaman olarak tanımlanan bileşenleri belli bir formüle göre işlemektedir (Liu, 2008).

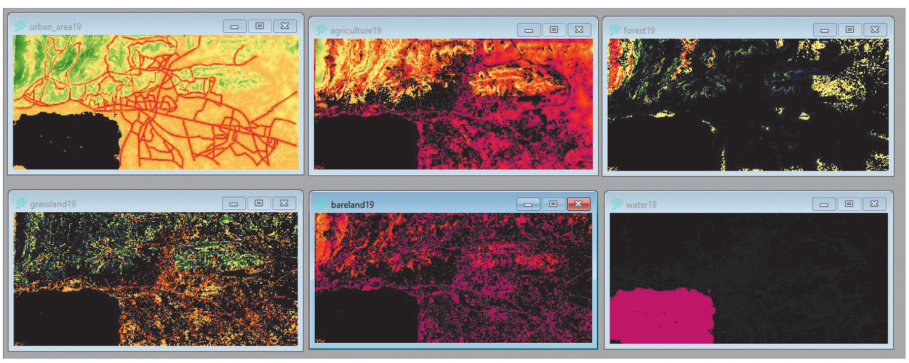
$$S^{t+1} = f(S^t, S_N)$$

S^{t+1} hücrenin t+1 zamanda gösterdiği durumu, S_N komşuluk durumunu, f geçiş kurallarının işlevini, S^t ise hücrenin t zamandaki durumunu ifade etmektedir (Pooyandeh vd., 2007).

2.3.2. Değişkenler ve Uygunluk Haritalarının Üretilmesi

Çok kriterli analiz (Multi-Criteria Evaluation-MCE) yöntemi kullanılarak her bir arazi örtüsü/kullanımı için uygunluk haritaları üretilmiştir (Şekil 4). Değişkenler, şehir alanlarının büyümesinin modellenmesi konusunu ele alan önceki araştırmalar incelenerek belirlenmiştir (Guan vd., 2011; Liu vd., 2015; Rimal vd., 2017). Eğim, ana yollar, gelişmiş alanlar ve su kütleleri gibi doğal ve beşeri değişkenler, arazi örtüsü/kullanımı sınıflarının uygunluk haritalarının üretilmesinde kullanılmıştır. Buna göre, şehir sınıfı için su kütleleri sınır değişkeni olarak tanımlanmıştır. Yani sulak alanların 0, sulak olmayan diğer alanların 1 kodu temsil etmesiyle, modelleme haritasında sulak alanlarda (0 kodlu alanlar) yerleşmenin olamayacağı varsayılmaktadır. Ayrıca, eğim faktöründeki 0°-20° arasında eğime sahip sahalar, gelişmiş alanlara uzaklık faktöründeki 0-1500 metre arasındaki sahalar ile ana yollara uzaklık faktöründeki 0-1000 metre arasındaki sahalar şehir sınıfı için en uygun alanlar olarak tanımlanmıştır.

Değişken kriterleri belirlendikten sonra, her bir değişkenin uygunluk haritasını hangi oranda etkileyeceğini tanımlayan Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process-AHP) uygulanmıştır. Şehir sınıfı için uygunluk haritasını eğim faktörü %20, gelişmiş alanlar faktörü %40 ve ana yol faktörü %40 oranında etkilemiştir.



Şekil 4: 2023 Yılının Modellenmesi İçin Üretilen Uygunluk Haritaları

2.3.3. CA-Markov

2023 yılındaki İzmit şehrinin olası arazi örtüsü/kullanımı haritasını oluşturmak için modelleme doğruluğunun tespit edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, günümüzdeki (2019) arazi örtüsü/kullanımı model haritası oluşturulmuştur. Böylece, arazi sınıflarının mevcut durumu ile modeldeki durumu üzerinden doğruluk analizi yapılarak gerçeğe yakınlık derecesi belirlenmiştir.

2011 ve 2015 yılları arasında İzmit şehrinin arazi örtüsü/kullanımı sınıflarının dönüşüm olasılığı matrisi ile arazi sınıflarının uygunluk haritaları CA_Markov modülüne tanımlanarak 2019 yılının model haritası oluşturulmuştur. Gerçek ile olası arazi örtüsü/kullanımı haritaları karşılaştırılarak %82 genel doğruluk ve %75 Kappa değerine ulaşılmıştır (Tablo 4). Ardından 2015 ve 2019 yılları arasında arazi örtüsü/kullanımı sınıflarının dönüşüm olasılığı matrisi ile arazi sınıflarının uygunluk haritaları kullanılarak 2023 yılı modellenmiştir.

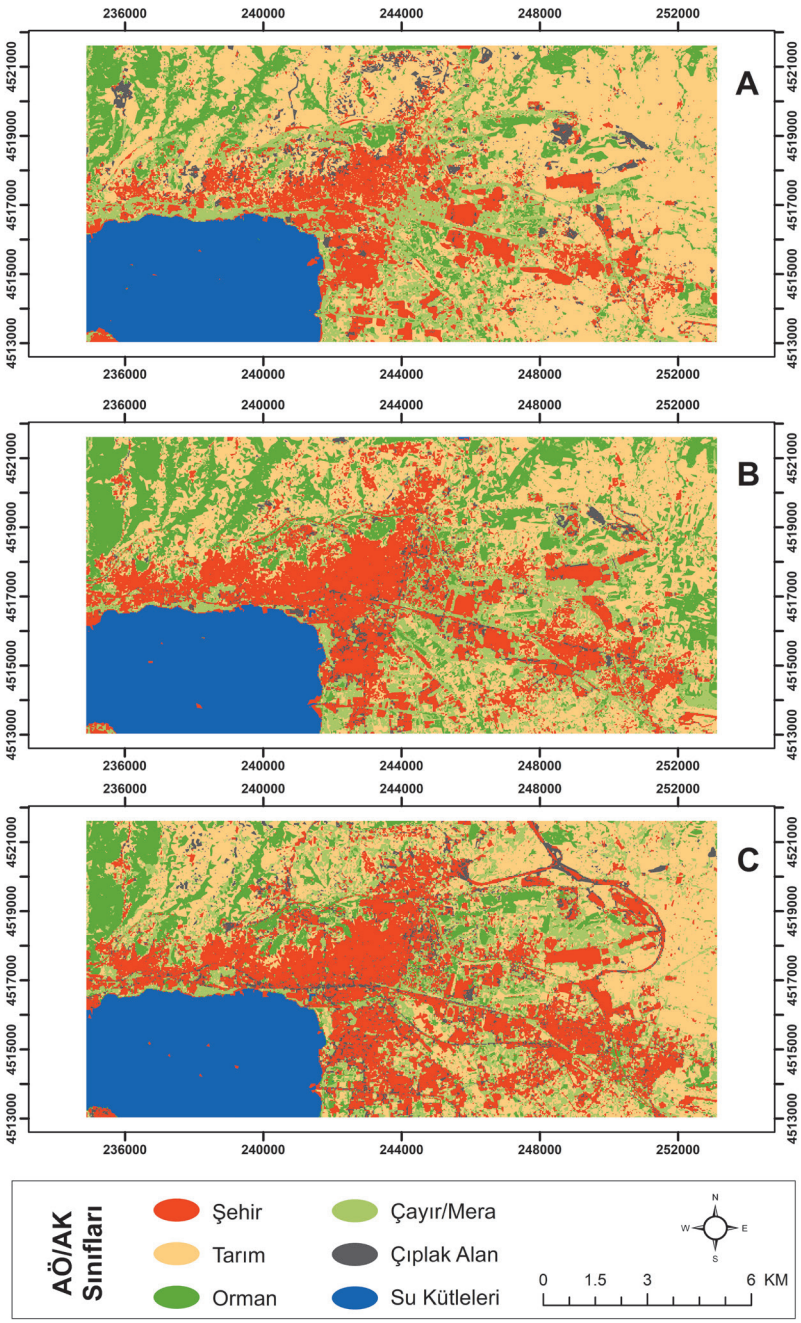
Tablo 4: 2019 Yılı Simülasyon Haritasının Doğruluk Analizi

	Şehir	Tarım	Orman	Çayır/ Mera	Çıplak Alan	Su Kütleleri	Toplam	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Şehir	33	1	0	0	1	0	35	%95
Tarım	0	63	2	3	0	0	68	%93
Orman	0	8	15	0	0	0	23	%66
Çayır/Mera	4	13	3	17	0	0	37	%46
Çıplak Alan	2	0	0	0	6	0	8	%75
Su Kütleleri	0	0	0	0	0	29	29	%100
Toplam	39	85	20	20	7	29	200	
Üretici Doğruluğu (%)	%85	%75	%75	%85	%86	%100		%82

3. Bulgular

3.1. Arazi Örtüsü/Kullanımı Değişimi

Landsat uydu görüntülerinin kontrollü sınıflandırma yöntemiyle analiz edilmesi sonucu İzmit şehrinde son 8 yılda meydana gelen alansal büyüme, büyümenin yönü ve arazi örtüsü/kullanımı değişimleri tespit edilmiştir (Şekil 5). 2011 yılında şehir alanı İzmit Körfezi'nin kuzeyi ve doğusunda yer almaktadır. 2015 yılında şehir, söz konusu gelişme yönlerine doğru büyümesine devam ederek günümüzdeki görünümüne kavuşmuştur. Özellikle büyük sanayi tesislerinin ve alışveriş merkezlerinin İzmit-Adapazarı karayolu hattı boyunca yer alması şehrin doğuya yönelmesini tetiklemiştir. İzmit Körfezi'nin kuzeyinde eğim ve yüzey şekillerinin sınırlandırıcı etkileri sonucunda şehir, kuzey yönlü bir gelişim gösteremiştir. Aynı zamanda 2011-2019 yılları arasındaki şehirsel büyüme genellikle tarım arazileri ile çayır/mera alanları üzerinde gerçekleşerek, doğal yapının korunamaması sorununu gündeme getirmektedir.



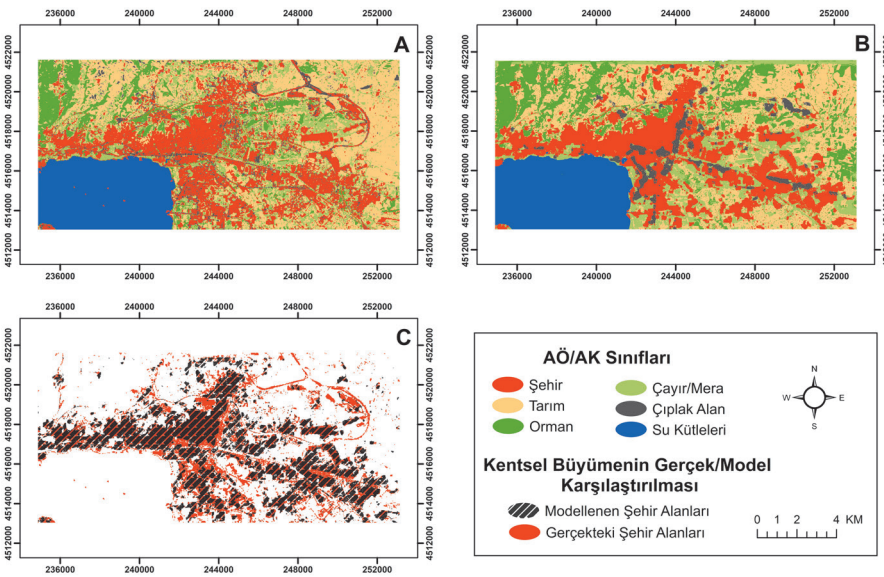
Şekil 5: İzmit Şehrinin Arazi Örtüsü/Kullanımı Haritaları (A:2011, B:2015, C:2019)

3.2. Simülasyon

2023 yılının olası arazi örtüsü/kullanımı haritasının gerçeğe ne derece uygun olduğuna 2019 yılının modelleme haritasının doğruluk analizi sonucunda ulaşılmıştır. Yani 2019 yılının arazi örtüsü/kullanımı haritası ile modelleme haritası karşılaştırılmış ve sonucunda 2019 yılının her iki haritanın (gerçek ile model) %82 oranında benzerlik gösterdiği görülmüştür.

3.2.1. 2019 Yılının Simülasyonu

2019 yılında İzmit şehrindeki gerçek arazi örtüsü/kullanımı ile simülasyondaki arazi örtüsü/kullanımının mekansal dağılımının büyük oranda benzerlik gösterdiği görülmektedir. Özellikle şehir alanının, gerçek ve modeldeki konumlarının kesiştiği söylenebilir (Şekil 6). Gerçek arazi örtüsü/kullanımında kuzeydoğudaki yolun etrafında gelişen şehirsel yapılar modelde yer almamaktadır. Bu durum, söz konusu yolun bir önceki yılda olmaması ve bu nedenle analiz sürecinde modellemeye tanıtılmamasından ileri gelmektedir.

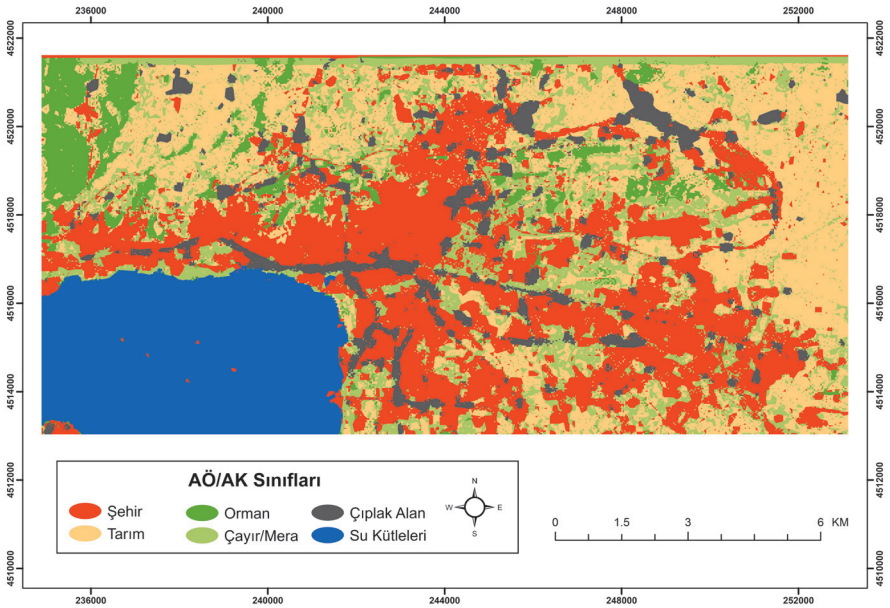


Şekil 6: İzmit Şehrinin 2019 Yılındaki Gerçek ve Modelleme Haritaları (A: Gerçek AÖ/AK, B: Model AÖ/AK, C: Çakıştırma)

3.2.2. 2023 Yılının Simülasyonu

2023 yılında İzmit şehrinin olası arazi örtüsü/kullanımı simülasyonu incelendiğinde, şehir alanlarının bölgenin doğusuna doğru tarım arazilerinin dönüştü-

rülmesiyle etkinlik alanını genişleteceği fark edilmektedir (Şekil 7). Ayrıca bölgenin kuzeybatısı ve doğusundaki orman alanlarının büyük oranda gerileyeceği ve şehir yapılarının doğal alanları tehdit eder nitelikte kuzeye ve doğuya ilerleyeceği görülmektedir.



Şekil 7: İzmit Şehrinin 2023 Yılındaki Simülasyon Haritası

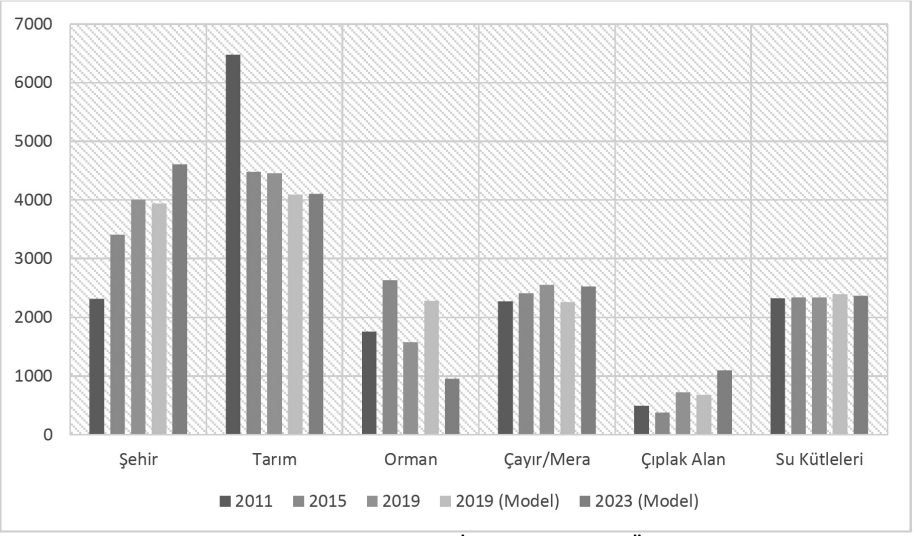
3.2.3. Mekansal Değişimin Değerlendirilmesi

İzmit şehrinde 2011 yılından günümüze kadar geçen son 8 yıllık süreçte en büyük değişim şehir ve tarım alanlarında meydana gelmiştir. 2011 yılında 2319 hektar ile toplam alanın %15'ine karşılık gelen şehir sınıfının 2019 yılındaki oranı %26'ya yükselmiştir (Tablo 5). Buna karşın, 2011 yılında 6476 ha ile toplam alanın %42'sini kaplayan tarım alanları ani bir düşüşle günümüzde %28 oranına ulaşmıştır.

Tablo 5: 2011-2023 Yılları Arasında İzmit Şehrinin AÖ/AK Alanları (ha, %)

Yıllar	Şehir		Tarım		Orman		Çayır/Mera		Çıplak Alan		Su Kütleleri		Toplam
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
2011	2319	15	6476	42	1760	11	2276	14	496	3	2322	15	15649
2015	3410	23	4477	28	2636	16	2410	16	376	2	2340	15	15649
2019	4003	26	4458	28	1574	10	2554	16	720	5	2340	15	15649
2019 (Model)	3942	25	4092	27	2284	14	2259	15	678	4	2394	15	15649
2023 (Model)	4605	29	4104	26	950	7	2528	16	1098	7	2364	15	15649

2023 yılında şehir alanının tarım ve orman alanları üzerinde ilerleme kaydedeceği varsayılmıştır. Simülasyona göre 2023 yılında 4605 ha ile toplam alanın %29'unu kaplayan şehir sınıfı en geniş sahayı oluşturacaktır (Şekil 8). Tarım alanları, çayır/mera, çıplak alan ve su kütleleri sınıflarının kapladıkları alanların oranları 2019 arazi örtüsü/kullanımındaki düzeyleriyle benzerlik gösterirken, orman alanlarının 1574 hektardan (%10) 950 hektara (%7) gerileyeceği tahmin edilmektedir. Sonuçta, şehir alanının yıllara bağlı olarak giderek büyüdüğü, tarım ve orman alanlarının ise küçüldüğü, diğer arazi örtüsü/kullanımı sınıflarının ise dalgalı bir seyir izlediği söylenebilir.



Şekil 8: 2011-2023 Yılları Arasında İzmit Şehrinin AÖ/AK Alanları (ha)

4. Sonuç

İzmit ve çevresinin mekansal büyümesi ve modellenmesi Uzaktan Algılama ve CBS teknolojileri kullanılarak tespit edilmiştir. 2011, 2015 ve 2019 Landsat

uydu görüntüleri CORINE arazi örtüsü sistemi referans alınarak belirlenen şehir, tarım, orman, çayır/mera, çıplak alan ve su kütleleri sınıflarına göre kontrollü sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılmıştır. Ardından sırasıyla %82, %87 ve %79 genel doğruluk değerlerine ulaşılmıştır. Hücresel Otomat ve Markov Chain yöntemlerinin entegre kullanılmasıyla 2019 ve 2023 yıllarının olası arazi örtüsü/kullanımı senaryoları geliştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, İzmit şehrinde 2011-2019 yılları arasındaki en büyük mekansal değişimin şehir ve tarım alanları sınıflarında meydana geldiği görülmüştür. 2011 yılında toplam alanın %15'ini (2319 ha) oluşturan şehir alanları, son 8 yıllık süreç içerisinde 1684 ha kazanım kaydederek günümüzde toplam alanın %26'sını (4003 ha) kaplamaktadır. 2011 yılında 6476 ha ile toplam alanın %42'sini oluşturan tarım alanları ise günümüzde %28 oranına gerilemiştir. Benzer şekilde, 2023 yılındaki olası arazi örtüsü/kullanımı senaryosunda da toplam alanın %29'unu (4605 ha) şehir alanı, %26'sını (4104 ha) tarım alanı ve %7'sini (950 ha) orman alanları oluşturacağı görülmüştür. Bu durum, oldukça kısa bir süreçte de olsa şehirleşmenin mekan üzerindeki hızlı ve kontrolsüz tüketimini ortaya koymaktadır.

Şehrin köklü bir geçmişe ve gelişmiş bir ulaşım ağına sahip olması, önemli merkezler arasında yer alması ile önemli sanayi ve ticari merkezleri bünyesinde barındırması bölgenin gelişmişliğini hızlandırmıştır. Bu yüzden ekonomik faaliyetlerin çeşitlilik göstermesi ve istihdamın çekici etkileri bölgenin nüfusunu hızla arttırmaya devam etmektedir. Fakat hızlı ve plansız yaşanan bu şehirleşme süreci bölgede doğal ve beşeri birçok sorunun yaşanmasına ve altyapı, ulaşım, sağlık, eğitim, konut gibi hizmetlerin mevcut nüfusa yetmemesine sebep olabilir. Bu yüzden geleceğe yönelik oluşturulan simülasyonlar, şehir alanlarındaki olası mekansal sorunların çözüme kavuşturulması ve sürdürülebilir arazi kullanımı önlemlerinin alınması açısından önemlidir. Bu ve buna benzer çalışmalar yerel yönetimlere, karar vericilere, kamu kurum ve kuruluşlarına ve mekansal plan organizasyonları geliştiren destek birimlerine katkı sağlamaktadır.

Kaynaklar

Arsanjani, J. J., Helbich, M., Kainz, W., & Boloorani, A. D. (2013). Integration of logistic regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 21*, 265-275.

Aydın, O. (2011). CBS temelli hücresel otomata yöntemiyle kentsel büyüme modeli: Ankara örneği. *Coğrafi Bilimler Dergisi, 9*(2), 135-157.

Aydın, O. (2015). Karmaşık kent sistemi, kentsel büyüme kavramlarının anlaşılması ve kent modelleme teknikleri. *Türk Coğrafya Dergisi/Turkish Geographical Review*(64), 51-60.

Batty, M. (2007). Model cities. *Town Planning Review, 78*(2), 125-151.

Bhatta, B. (2010). *Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data*: Springer Science & Business Media.

Bilgin, T. (1984). Adapazarı Ovası ve Sapanca Olugunun Alüvyal Morfolojisi ve Kuaternerdeki Jeomorfolojik Tekâmülü: Istanbul Univ. *Edeb. Fak. Yayın*(2572), 1989-1997.

Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). *Introduction to remote sensing*: Guilford Press.

Collins, L. (1975). *An introduction to Markov chain analysis*.

Curebal, I., Efe, R., Ozdemir, H., Soykan, A., & Sönmez, S. (2016). GIS-based approach for flood analysis: case study of Keçidere flash flood event (Turkey). *Geocarto International, 31*(4), 355-366.

Eastman, J. (2012). IDRISI Selva manual. *Clark University, Worcester*, 324.

EEA, E. E. A. (2019). CORINE Land Cover. Retrieved from https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover

Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T., & Hokao, K. (2011). Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling, 222*(20-22), 3761-3772.

Hamad, R., Balzter, H., & Kolo, K. (2018). Predicting land use/land cover changes using a CA-Markov model under two different scenarios. *Sustainability, 10*(10), 3421.

Harvey, D. (1967). Models of the evolution of spatial patterns in human geography. *Models in geography*.

Kouemou, G. L. (2011). History and theoretical basics of hidden Markov models. In *Hidden Markov Models, Theory and Applications*: IntechOpen.

Liu, Y. (2008). *Modelling urban development with geographical information systems and cellular automata*: CRC Press.

Liu, Y., Dai, L., & Xiong, H. (2015). Simulation of urban expansion patterns by integrating autologistic regression, Markov chain and cellular automata models. *Journal of Environmental Planning and Management, 58*(6), 1113-1136.

Öztürk, D. (2015). Urban growth simulation of Atakum (Samsun, Turkey) using cellular automata-Markov chain and multi-layer perceptron-Markov chain models. *Remote Sensing, 7*(5), 5918-5950.

Pijanowski, B. C., Brown, D. G., Shellito, B. A., & Manik, G. A. (2002). Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a land transformation model. *Computers, environment and urban systems, 26*(6), 553-575.

Pooyandeh, M., Mesgari, S., Alimohammadi, A., & Shad, R. (2007). *A comparison between complexity and temporal GIS models for spatio-temporal urban applications.* Paper presented at the International Conference on Computational Science and Its Applications.

Rimal, B., Zhang, L., Keshtkar, H., Wang, N., & Lin, Y. (2017). Monitoring and modeling of spatiotemporal urban expansion and land-use/land-cover change using integrated markov chain cellular automata model. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 6*(9), 288.

Rogan, J., & Chen, D. (2004). Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change. *Progress in planning, 61*(4), 301-325.

Rozenstein, O., & Karnieli, A. (2011). Comparison of methods for land-use classification incorporating remote sensing and GIS inputs. *Applied Geography, 31*(2), 533-544.

Tuncel, M. (1971). İzmit Şehir Coğrafyası. *Doçentlik Tezi, İstanbul Üniversitesi.*

USGS, U. S. G. S. (2019). Earth Explorer. Retrieved from https://earthexplorer.usgs.gov/

Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., & Melillo, J. M. (2008). Human domination of earth's ecosystems. In *Urban Ecology* (pp. 3-13): Springer.

Weng, Q. (2001). Modeling urban growth effects on surface runoff with the integration of remote sensing and GIS. *Environmental management, 28*(6), 737-748.

Xiao, J., Shen, Y., Ge, J., Tateishi, R., Tang, C., Liang, Y., & Huang, Z. (2006). Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing. *Landscape and urban planning, 75*(1-2), 69-80.

Zare, M., Panagopoulos, T., & Loures, L. (2017). Simulating the impacts of future land use change on soil erosion in the Kasilian watershed, Iran. *Land Use Policy, 67*, 558-572.

5. BÖLÜM

YAĞIŞ-AKIŞ MODELLERİNDE ARCSWAT UYGULAMASI: BARTIN ÇAYI HAVZASI ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah AKBAŞ - Bursa Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR - Bursa Uludağ Üniversitesi

1. Giriş

Bilimsel gelişmeler sonucunda doğayı anlama ile ölçüm çabası gelişmekle birlikte dünyanın birçok kesiminde ölçümler yapılamamakta ve ayrıca hidrolojik gözlem aletlerinin ölçüm imkânları çoğu zaman kısıtlı kalmaktadır. Özellikle bir havza içerisinde hidrolojik döngünün parametrelerine bağlı olarak taşkın veya tarımsal amaçlı çeşitli uygulamalar gerçekleştirilmek istenildiğinde bu verilerin kısıtlı olması sonucuyla karşı karşıya kalınabilir. Ayrıca geleceğe yönelik durumlarda hidrolojik açından barajlar ve rezervuarlar gibi planlamaya yönelik uygulamalar için de yağış, sıcaklık ve akım gibi birçok hidrolojik parametrenin modellenmesi gerekmektedir (Beven, 2011, Bayazıt, 1998). Bu durumda yağış-akış modellemeleri, hidrolojik birçok parametrenin modellenmesi ve süreçlerinin incelenmesi açısından oldukça faydalı bir araç olmaktadır.

Yağış-akış modellemelerinin amaç yönlü olduğu da söylenebilir. Modellemelerin amaç yönlü olması Beven (2011) tarafından "algısal modeller" olarak ortaya konmuştur. Bu durum yağış-akış modellerini kontrol eden birçok sürecin alansal (havzanın içinde bulunduğu farklı iklimsel ve çevresel ortamlardan) ve zamansal (saatlik süreçlerden mevsimlik süreçlere doğru değişen zaman ölçeği) dağılış ölçeğindeki birçok karmaşık ilişki örüntülerinden kaynaklanır. Dolayısıyla da modellemeciler için bu karmaşık süreçlerden kaynaklı olarak yağış-akış modellemeleri determistikten stokastiğe, fiziksel temelliden (beyaz kutu modeli) ampirik veya kavramsal (ing. conceptual) ve toplu (ing. lumped) modelden dağınık (ing. distributed) veya yarı-dağınık (ing. semi-distributed) modellere kadar birçok şekilde sınıflandırılmaktadır (Clarke, 1973; Devia vd., 2015; Beven, 2011; Moradkhani ve Sorooshian 2008). Örneğin, dağıtımlı modellerde mekânsal farklılık gözetilerek

ve havzalar küçük birimlere bölünerek süreçler yönetilirken, toplu modellerde ise mekânsal farklılığı yansıtmadan havza içinde gerçekleşen tüm süreçler bir girdi (yağış) ve çıktı üzerinden yönetilir. Bu bakımdan, Devia vd. (2015) modelleri ampirik, kavramsal ve fiziksel temelli olarak sınıflandırmış ve karakteristiklerini Tablo 1'deki şekilde ortaya koymuştur.

Tablo 1: Yağış-akış modellerinin karakteristik özelliklerinin sınıflandırılması

Ampirik Modeller	**Kavramsal Modeller**	**Fiziksel temelli modeller**
Kara-kutu (ing. Black box) modeli ve veri temelli	Gri-kutu (ing. Grey box) modeli ve Parametrik (çoklu elemanlı) temelli	Beyaz-kutu (ing. White box) modeli ve dinamik temelli
Matematiksel denklemler içerir ve var olan zaman serilerinden değerler elde edilir	Rezervuar (veya storage) modellenmesine dayanır ve fiziksel temelli yarı amprik denklemler içerir	Mekânsal dağılışa ve parametrelerin fiziksel karakteristiğini değerlendirmesine dayanır
Sistemin özelliklerini ve süreçlerini çok dikkate almaz	Parametreler araziden, veriden ve kalibrasyondan elde edilir	Modelin başlangıç durumu hakkında ve havza morfolojisi konusunda veri gerekir
Yüksek tahmin gücüne sahipken süreçleri açıklamada zayıf kalır	Basittir ve kolayca yazılımlara uygulanabilir	Karmaşıktır ve uzmanlık ile yüksek hesaplama gücü (ing. computation power) gerektirir.
Diğer havzalara uygulanamaz	Geniş bir hidrolojik ve meteorolojik veri gerektirir	Ölçek ile ilgili konular problemler oluşturur
Yapay Sinir Ağları, Makine Öğrenme ve Birim Hidrograf gibi yöntemler başlıcalarıdır	TOPMODEL ile HBV gibi modeller bu gruba girmektedir	SHE, MIKE ve SWAT gibi modeller bu gruba girmektedir
Verilen alanın sınırları içinde geçerlidir	Kalibrasyon eğri uydurmaları da içerir ki bu durum fiziksel yorumları zorlaştırır	Çok çeşitli durumlar için geçerlidir.

Tablo 1'de görüleceği üzere tüm modellerin birbirilerine oranla artı ve eksi yönleri olmasına karşın modellemeciler açısından tüm yağış-akış modelleri algısal modeller açısından probleme yönelik olarak kullanılırlar. Örneğin; bir barajın havzasının geri besleme mekanizmalarına etkisini anlamak isteyen bir araştırmacı, buna yönelik buharlaşma ve terleme sürecini ele almak istediğinde fiziksel temelli bir model kullanarak süreçler hakkında yorumlama yapabilir.

Modellere genel olarak bakıldığında ise dünya üzerinde birçok yerde ölçüm yetersizliğinin olması açısından kavramsal ve fiziksel temelli modeller ayrıca önem kazanır, fakat bunların da kalibre edilmesi gerekir. Çünkü, birçok yağış-akış modeli için elde edilen sonuçlar modelin ilksel parametre değerlerine dayanır ve bu parametrelerin değerleri havzaların kendi fiziksel özelliklerine dayalı olarak yapılır. Bu durum ise başka bir olguyu ortaya çıkarmaktadır. Yağış-akış modelinin kalibre edilmesinde hangi parametrenin hassas olduğu olgusu ortaya çıkar ve

yağış-akış modelinin hassasiyet (ing. sensivity) açısından hangi parametrelerinin düzeltilmesi ve kalibre edilmesi önemlidir (Abbaspour vd., 2013). Örneğin bir fiziksel temelli bir yağış-akış modellemesinde yüksek akımların gözlemden yüksek çıkmasının bir sebebi modelin başlangıç toprak nemi içeriğinin fazla olması ve dolayısıyla da kalibre edilmesi gerektiği ile ilgili olabilir.

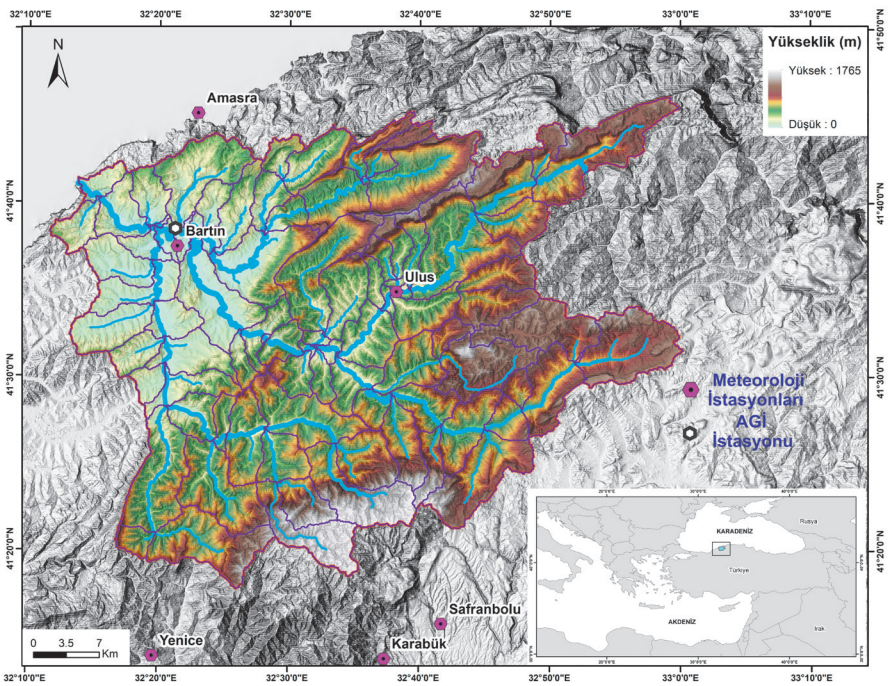
Modelin seçilimi ve özellikleri ile birlikte yağış-akış modellerinin içerdikleri belirsizlikler (ing. uncertainty) yağış-akış modellemesi için önemlidir (Beven ve Freer, 2001, Moradkhani ve Sorooshian 2008). Bu belirsizlik, model seçimin kendisinden kaynakladığı gibi, seçilen modellerin parametrelerinden ve bunların yapılarından ve hatta gözlem verisinin kendi içerisinde oluşturduğu belirsizlikten (ölçüm ve kalibrasyon hataları) kaynaklanabilir (Knoben vd., 2018; Smith vd., 2014). Bu olgu taşkın piklerinin elde edilmesi ve su yönetimi için önemli bir gösterge olan kuraklığın ölçülmesi açısından önemlidir (Brunner vd., 2019; Melsen vd., 2019). Çünkü taşkın piklerinin elde edilmesindeki birçok araştırma mühendislik yapısının inşası ve su yönetiminin konusunda uzun dönemli karar verme süreçleri açısından büyük önem taşır.

Verilen bilgiler ışığında özellikle belirli yıllarda taşkınlara maruz kalan Bartın Çayı havzasında gözlem yeri olmayan birçok kesiminin de modellenmesi ve bunun için fiziksel temelli bir model olan, çok geniş uygulama alanlarına sahip olan ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) temelli de çalışan SWAT (Soil and Water Assessment Tool) yağış-akış modelinin bir uygulamasını gerçekleştirmek, sonuçlarının tartışılması ve yorumlanması bu çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır.

1.1. Çalışma Alanı

Türkiye'nin kuzeybatı kısmında bulunan Bartın Çayı havzası yaklaşık olarak 2107 km^2'lik bir alan kaplamaktadır (Şekil 1). Bartın Çayı havzasının tamamına genel olarak bakıldığında Arıt, Ulus, Kozcağız ve Gökırmak althavzalarından oluşmakta ve bu althavzalar Bartın havzasının tümünü drene etmektedir. Havza içerisinde yükseklik 0- 1765 metre arasında değişmektedir. Oldukça yüksek olan bu röliyef kuzeyden güneye doğru kademeli olarak artış gösterirken, en yüksek kısımlarını güneybatı alanı oluşturmaktadır. Genel eğim değerleri 0-73 derece arasında değişen havzanın ortalama eğimi ise 18 derecedir. Özellikle Bartın şehri ve civarında düzlük ve az eğimli alanlar geniş bir yer kaplarken bu durum eğimin güneye doğru artmasıyla topografya arızalı bir rölyef şeklinde değişmektedir. Bu durumun hidroklimatolojik olarak havza içinde birçok farklı süreçlerin oluşmasına etki etmektedir (Akbaş ve Özdemir, 2018). Bartın Çayı havzasının iklimsel karakteristiğine bakıldığında Köppen iklim sınıflandırmasına göre, ılıman nemli

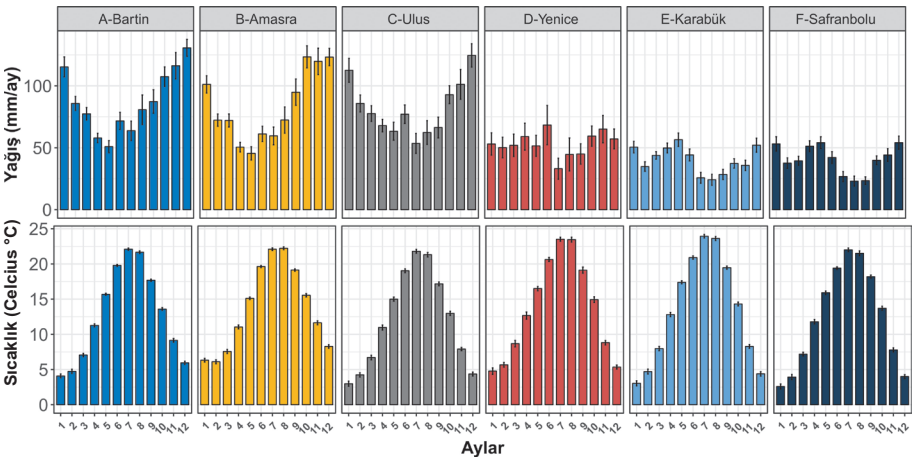
orta enlem ana iklimi olan C sınıfına girmektedir. Alt bir iklim sınıflandırması olarak kışı ılık, sıcak yazı ve her mevsimi yağışlı olan Cfb ile kışı ılık, ılık yaz ve her mevsimi yağışlı olan Cfa alt iklim sınıflandırmasını temsil etmektedir. Genel olarak havza denizel ılıman iklimin etkisinde olsa da iç kısımlara doğru etkisini kaybetmektedir. Özellikle Karabük sınırları içeresine giren kısımları ise kısımlar soğuk ya da kışları soğuk nemli orta enlemin (Karasal iklim) her mevsim yağışlı ılık yaz olan Dfb alt iklim sınıflandırması içerisine girmektedir (Peel vd., 2007; Öztürk vd., 2018; Türkeş, 2010).



Şekil 1: Bartın Çayı Havzasının Lokasyon Haritası.

Bartın Çayı havzasının yağış ve sıcaklık klimatolojisini anlamak açısından modelleme için kullanılan meteoroloji istasyonlarına ait aylık yağış ve sıcaklık verilerinin her bir ayına ait aylararası değişim grafikleri elde edilmiştir (Şekil 2). Buna göre Bartın, Amasra ve Ulus istasyonları yağış değerleri daha belirgin olmak üzere ve sıcaklık değerleriyle birlikte hem magnitüd hem de aylararası değişim açısından Yenice, Karabük ve Safranbolu istasyonlarından ayrışmaktadır. Yağış klimatolojisi açısından düşünüldüğünde, özellikle sonbahar ve kış aylarında polar jetin kuzey enlemlerden daha güneyine inmesiyle birlikte İzlanda kaynaklı orta enlem gezici alçak basıncının veya siklonlarının Türkiye dahil olmak üzere Karadeniz ve Akdeniz havzasına inmesi ve mP veya cP gibi hava kütlelerinin Kara-

deniz üzerinden gelirken alttan soğuması kararsız bir hale gelip topografik olarak yükselmesiyle ilintili olabilir (Karaca vd., 2007, Türkeş; 1996. Tatlı vd.,2004, Erinç, 1996) Yenice, Karabük ve Safranbolu'daki aylararası değişimin farklı olması ise kıyıdaki istasyonlardan farklı olarak daha içeride olmasından ve dolayısıyla da yağış getiren sistemlerin orografik süreçlerden etkilenmesi ve nemini kaybetmesi ile ilgili olduğu söylenebilir. Dolayısıyla da düşük sıcaklıklar bu aylarda gözükmektedir. Ancak grafik incelendiğinde ise kış aylarında sıcaklığın kıyı kesimlerde daha yüksek olmasına rağmen havza içinde ve çevresinde yer alan tüm istasyonların sıcaklık değerleri sıfırın altına düşmemektedir.



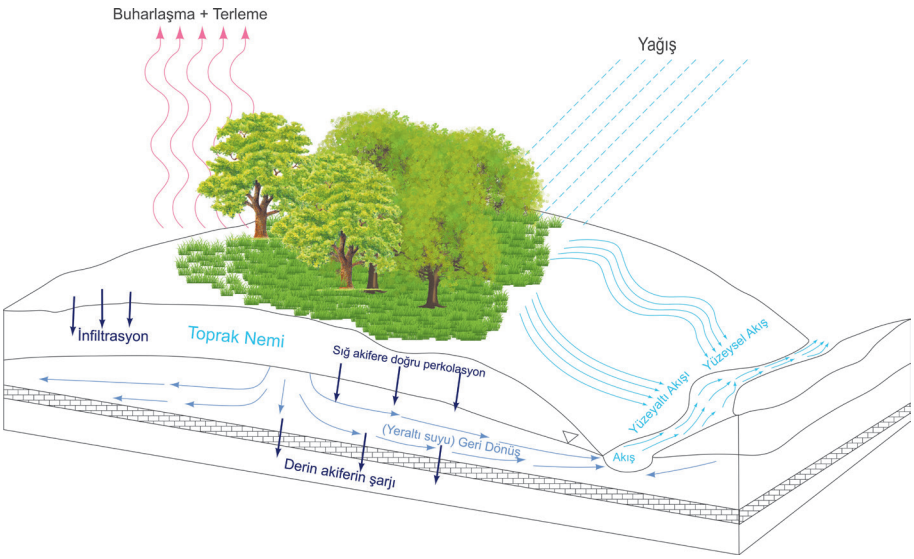
Şekil 2: Bartın Çayı Havzası ve Civarındaki Meteoroloji İstasyonlarının Aylık Yağış ve sıcaklık Değerlerinin Aylararası Değişimlerinin Gösterimi.

Yaz mevsiminde polar jetin daha kuzeye kayması ve Azor yükseği ve Muson alçağından kaynaklı cT veya mT gibi tropikal hava kütlerinin Türkiye'ye egemen olması sonucunda, Türkiye üzerine uğrayan orta enlem siklonlarının sayısında azalma olsa da, özellikle de Batı Karadeniz bölümü topografik etkilerden ve birçok gezici orta enlem siklonlarının Karadeniz kıyılarına ulaşmasından dolayı da yağış alır (Tatlı vd., 2004). Bu durum taşkın ve heyelan oluşumları açısından dikkat çekidir. Yağış grafiklerinde görüleceği üzere yaz mevsiminin Haziran ayının diğer aylara oranla daha yağışlı olması ve standart sapmasının yaz mevsiminin diğer aylarından fazla olması bu durum ile ilişkili olabilir. Ancak sıcaklık değerleri karasallıktan dolayı iç bölgelerdeki istasyonlarda yaz ayında daha yüksek olması ayrıca dikkat çekicidir.

1.2. SWAT Yağış-Akış Modeli

Bartın çayı havzasının yağış-akış modellemesi için USDA Agriculture Research Service (ARS) ve Agricultural Experiment Station in Temple, Texas tarafından geliştiren SWAT (Soil and Water Assessment Tool) yağış-akış modelinin ara yüzü olan ArcSWAT modeli kullanılmıştır (Arnold vd. 1998, 2012). Model orijinal olarak Fortran dilinde yazılmıştır. SWAT arazi kullanımı uygulamalarının su, sediment ve tarımsal etkiler üzerindeki etkilerini, değişen uzun dönemli arazi kullanımını, toprak ve yönetim koşullarını göz önüne katarak evapotranspirasyon, bitki büyümesi, infiltrasyon, akış (yüzeysel ve lateral), erozyon gibi parametrelerin simülasyonlarını kullanarak hesaplayan havza ölçekli modeldir.

SWAT yarı-dağıtımlı (semi-distrubited) fiziksel temelli bir modeldir. Bir havza boyunca girdi ve çıktılardan oluşan veri setinin istatistiksel olarak modellenmesinden ziyade model havza içerisindeki topografik (jeomorfometrik özellikler), vejetasyon, iklim verilerine ihtiyaç duymaktadır. Böylelikle verisi olmayan (ungauged) havzaların girdi parametreleriyle ilişkili su, akış ve sediment vb. parametreler modellenebilmektedir (Şekil 3).



Şekil 3: SWAT yağış-Akış Modelinin Su Dengesi Bileşenleri (Akbaş 2018'den alınmıştır).

SWAT anlık yağış-akış modeli olmaktan çok (taşkın pikini elde etmek için kullanılan modeller gibi, örneğin HEC-HMS) bir havza içerisinde uzun dönemli değişimleri izlemek için geliştirilen bir modeldir. Hidroklimatolojik ve arazi kullanımına bağlı uzun süreli değişimleri incelemek için oldukça faydalı bir araçtır

(Neitsch vd., 2011). Bu bakımdan da çalışmanın amacına uygun bir modeldir. Her bir havza daha faydalı olması açısından birçok alt havzaya ayrılır ve havza girdileri buna göre kategorize edilir. Diğer yandan her bir alt havzaya ait toprak, arazi kullanımı ve eğimin üst üste çakıştırılması (overlay) ile HRU (Hydrological Response Unit) denilen kombinasyonlar elde edilir. Her bir HRU'dan tahmin edilen akış, akarsu ağına direkt olarak yönlendirilir. HRU'nun hidrolojik bileşenleri (Şekil 3) intersepsiyonu, yağışı, kar erimesi ve sulama suyunun yüzey akışı arasında bölünmesini, infiltrasyonu, toprak profilindeki suyun yeniden dağıtımını, kök (bitki) bölgesindeki evapotranspirasyonu, toprak profilindeki yüzey altı lateral akışı, sığ yeraltı sularından geri akışı (ing: return flow) kapsamaktadır (Beven, 2011; Neitsch vd., 2011).

SWAT yağış-akış modeli arazi kullanımı, sediment süreçleri ile hidrolojik gibi çalışılan konular farketmeksizin tüm süreçler temelde su bilançosu ile yönlendirilmektedir ve modelin su bilançosunda kullandığı eşitliği şu şekilde açıklanabilir:

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^{t} (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \qquad \text{Eşitlik 1}$$

Burada, SW_t toplam toprak su içeriği (mm H_2O), SW_0*i'inci* gündeki ilksel toprak su içeriği (mm H_2O), *t* zamanı (günlük), R_{day}*i'inci* gündeki yağış miktarını (mm H_2O), Q_{surf}*i'inci* gündeki yüzeysel akış miktarını (mm H_2O), E_a*i'inci* gündeki evapotranspirasyon miktarını (mm H_2O), W_{seep}*i'inci* gündeki toprak profilinden vadoz zona (doymamış zon) giren suyun miktarını (mm H_2O), Q_{gw}*i'inci* gündeki yeraltı suyu (geri dönüş) miktarını göstermektedir (Şekil 3). Bu bileşenler elde edilerek alt havza ve tüm su toplama havzası temelli olarak su dengesinin hesaplanmasında tüm bileşenlerin alansal ve zamansal özellikleri elde edilebilmektedir.

1.2.1. SWAT Veri Tabanının Oluşturulması, Parameterizasyonları ve Değerlendirme Testleri

1.2.1.1. Sayısal Yükseklik Modeli

Bartın Çayı havzasının SWAT yağış-akış modelinin oluşturulması amacıyla modellemeye başlamadan önce çalışılacak olunan havzalara ait birçok fiziksel parametrelerin ortaya konması gerekmektedir. Havza sınırlarının ve alt havzalarının belirlenmesi (ing. watershed delination), akarsu ağının (ing. stream network) oluşturulması açısından oldukça önemli olan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verisine ihtiyaç duyulmaktadır. Akarsu ağının ve havza/althavzaların model için oluşturulması SYM modeli verisi kullanılarak yahut daha önce oluşturulmuş bir akarsu ağı ve havza sınırlarının modele girdi olarak sunulmasıyla elde edilir. Bu

çalışmada SYM verisi kullanılarak D8 akış modeline göre akarsu ağı ve buna göre havza sınırları belirlenmiştir (Özdemir ve Bird, 2009; Özdemir, 2011; Elbaşı ve Özdemir, 2018; Utlu ve Özdemir, 2018). Bunun için SYM verisi olan The Japan Aerospace Exploration Agency'nin (©JAXA) sunduğu küresel ölçekte hassas veri yapısına sahip olan ve Advanced Land Observing Satellite "DAICHI" (ALOS) uydu görüntüleri ile derlenen, yatay uzunluğu yaklaşık olarak 30m çözünürlüğündeki ALOS SYM verisi kullanılmıştır. ALOS verisi uydu görüntülerinden oluştuğu için akarsu yatağını (ing. river course) daha iyi temsil etmekte ve buna göre de oluşturulacak olan akarsu ağının da topografik haritadan elde edilen sonuçlara göre daha iyi yansıtmaktadır. Modelde kullanılacak akarsu ağının oluşturulması için 750 akım toplanma değeri eşik olarak belirlenmiş ve 90 adet alt havza oluşturulmuştur. Böylelikle elde edilen havza ve althavzalara ait jeomorfometrik parametreler elde edilmiştir. (Şekil 1).

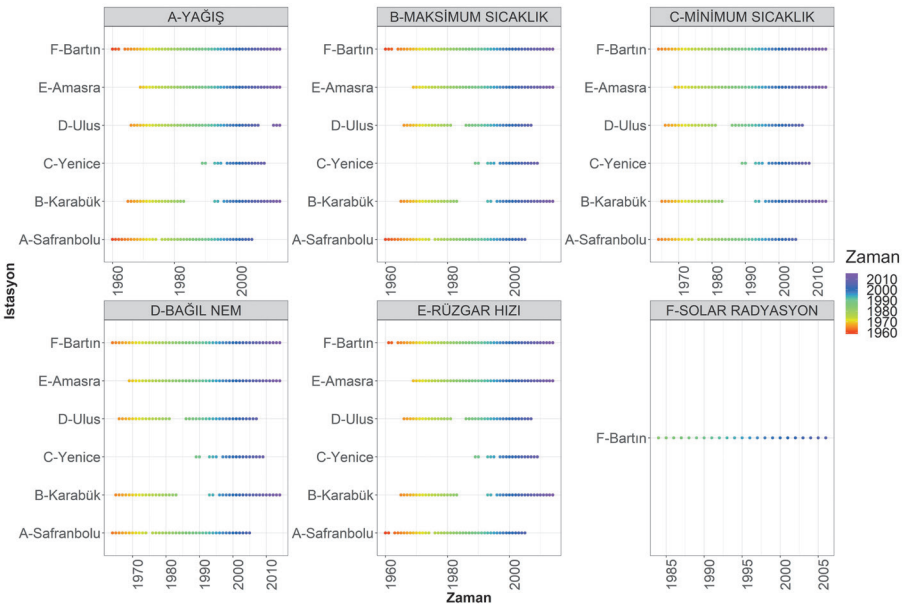
1.2.1.2. HRU ve SWAT Parametizasyonları

HRU (Hydrological Response Unit) oluşturulmasında toprak için %0, arazi kullanımı için %0 ve eğim için ise benzer şekilde %0 olarak eşik değerler kullanılmış ve bu özellikler Bartın Çayı havzasındaki tüm HRU hesaplamaları için dikkate alınmış ve bu katmanlar çakıştırılmıştır. Bunun sonucunda havza için 1900 adet HRU değeri elde edilmiştir. Modelde yağışın yere düştükten sonra havza içerisinde yüzeysel akışa dönüşünün hesaplanması için literatürde oldukça yaygın bir şekilde kullanılan bir yöntem olan ve U.S. Soil Conservation Service tarafından geliştirilen SCS Curve Number metodu seçilmiştir (SCS, 1956, 1964, 1971, 1985, 1993; Özdemir, 2007; Özdemir ve Elbaşı, 2015). Havza içerisindeki su dengesi eşitliği ve havzadaki birçok geri besleme düzeneğini için önemli bir parametre olan potansiyel evapotranspirasyon hesaplamaları için ise Penman-Monteith metodu seçilmiş olup, modelin su bütçesi için hesaplamaları bu metot üzerinden yapılmıştır (Monteith, 1964). Literatürde potansiyel evapotranspirasyon hesaplama yöntemi olmasına rağmen birçok meteolorlojik parametreyi gözönüne alması ve gözleme gerçek değerleri yansıtmasından dolayı FAO tarafından, referans buharlaşmanın hesaplanması için en iyi yöntem olduğu kabul edilmiştir (Allen vd., 1998).

1.2.1.3. İklim ve Hidrolojik Veri Tabanı

SWAT yağış-akış modellemesi için iklim veri tabanı aylık ortalamalar ve zaman serileri olmak üzere iki kısımdan oluşur. İklimsel verilerin zaman serileri günlük yağış (mm), günlük maksimum ve minimum sıcaklık (^oC), günlük rüzgar hızı (m/s), günlük bağıl nem (%), günlük güneş radyasyonudur. (cal/cm^2 olarak alınıp MJ/m^2 birimine çevrildi). Bu veriler model içerisindeki evapotranspirasyon vb. süreçler için kullanılarak modelleme gerçekleştirilmiştir. Diğer bir iklimsel

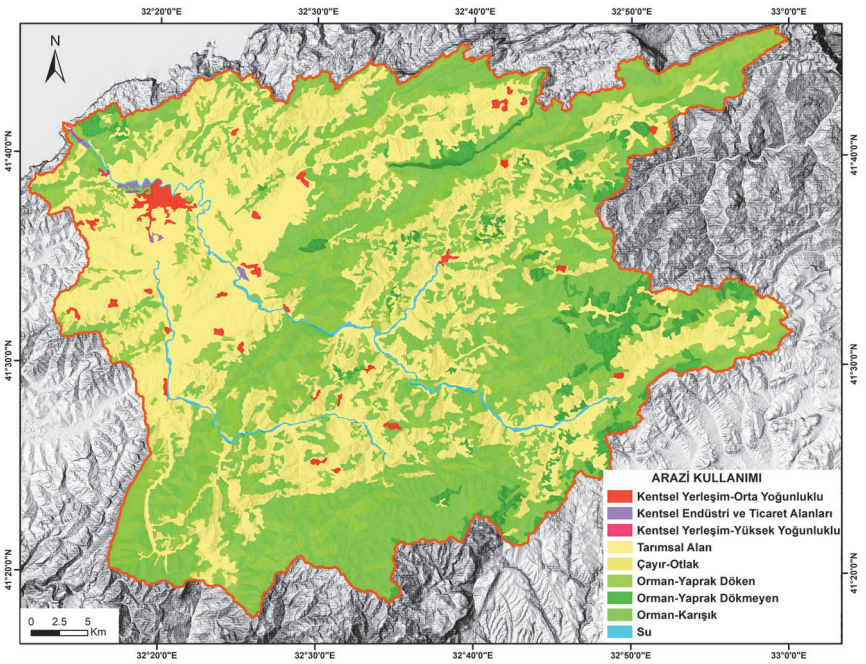
veritabanı ise wgn olarak adlandırılan veri tabanından oluşur. Bu veri tabanı ile zaman serisinde eksik veri bulunursa wgn tabanı ile stokastik veri tamamlama yöntemiyle tamamlanır. Bartın Çayı havzasında yağış-akış süreçlerinin modellenmesi amacıyla Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Bartın (17020), Amasra (17602), Ulus (17615), Yenice (18262), Karabük (17078), Safranbolu (17904) istasyonlarının verileri kullanılmıştır. Ancak Bartın istasyonu hariç diğer meteoroloji istasyonlarında solar radyasyon ölçümü yapılmamıştır. Bunun için diğer istasyonların solar radyasyon verisi birçok yersel ve uydu verilerinin veri asimilasyonu yapılması ile elde edilen reanalysis verisinden temin edilmiştir (Fuka vd., 2013). Elde edilen istasyonların verileri çeşitli yıllara ait eksik verilere sahiptir (Şekil 4). Eksik veriler ise modelin wgn maker özelliği ile tamamlanmaktadır. Ancak genel olarak bakıldığında havzanın tam merkezinde bulunan Bartın meteoroloji istasyonun eksik verisinin olmaması modelleme açısından kayda değerdir. Bunu daha sonra havza dışında olan ama havzaya oldukça yakın olan Amasra istasyonu takip eder. Yağış-akış modelinin kalibrasyon ve validasyonu için ise Devlet Su İşlerinden (DSİ) E03A031 istasyonu kullanılmıştır. Bu istasyonun 1970–1986 yılları arasındaki verileri kalibrasyon için kullanılmış olup 1987–2002 yılları arasındaki veri değerleri ise yağış-akış modelinin validasyonu için kullanılmıştır. Bu istasyonun kullanılan süreleri içerisinde herhangi bir eksik veri bulunmamaktadır.



Şekil 4: Yağış-akış Modeli İçin Kullanılan İstasyonların Eksik Verilerinin Gösterimi.

1.2.1.4. Arazi Kullanımı

SWAT yağış-akış modelinde yukarıda da bahsedildiği üzere yağış-akış modelinin önemli bir aşaması olan HRU (Hydrological Response Unit) oluşturmak için gerekli olan bir diğer veri de arazi kullanımı (ing. Landuse-Landcover) verisidir. Bu veri tabanı SCS Curve Number ve insan kaynaklı bir çok ağır metal kirlilik yükleri dahil yağış-akış modelinin hesaplamaları için gerekli bir katmandır. Ancak burada dikkati çeken bir konu ise arazi kullanımı birçok insan kaynaklı süreçlerden (şehirleşme, tarımsal faaliyetler vb.) dolayı dinamik kavram olmasına karşın modelde statik bir kavram olarak kalmasıdır. SWAT yağış-akış modeli için Corine arazi kullanım verisinin 2000 yılına ait arazi kullanım verisi kullanılmıştır (Şekil 5). Corine arazi kullanımı veri tabanı yaklaşık olarak 100 metre çözünürlüktedir. Havza içerisindeki arazi kullanımın dağılışına bakıldığında ise Bartın Çayı havzasında özellikle orman alanlarının oldukça geniş bir yer kapladığı görülür. Bunu tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü alanlar takip etmektedir. Kentsel alanlara bakıldığında, genellikle Bartın şehri ve civarı geniş bir kentsel yayılım görülürken diğer alanlar ise kayda değer bir kentsel yayılıma sahip değildir.



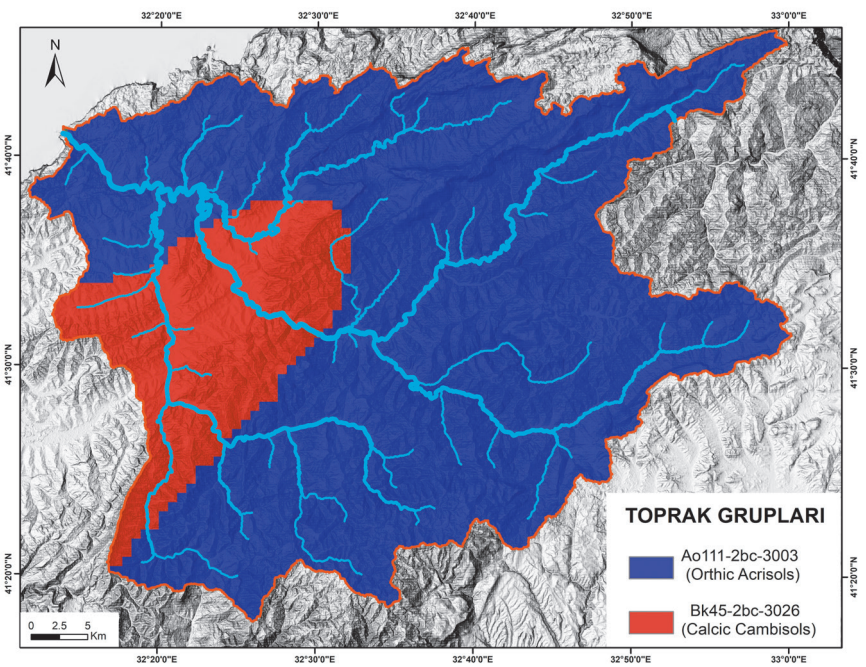
Şekil 5: Bartın Çayı Havzasında Arazi Kullanım Haritası.

Diğer yandan Corine Arazi kullanımı SWAT'ın veri tabanındaki arazi kullanımına uygun değildir. Corine arazi sınıflandırması beş ana sınıftan oluşmakta ve

bu ana sınıflar içinde özelliklerine bağlı olarak kendi alt sınıfları bulunmaktadır. Ancak bu arazi kullanımı SWAT veri tabanına direkt olarak alınıp yüklenemez. Arazi kullanımı verisinin kullanılabilmesi açısından Corine Arazi kullanımı verisinin SWAT yağış-akış modeli veri tabanındaki arazi kullanımına çevrilmesi gerekmektedir. Bu bakımdan SWAT modelinin Anderson arazi kullanım sınıflandırmasına çevrilmesinden faydalanılmış ve buna göre de Bartın Çayı havzasındaki Corine arazi kullanım verisi SWAT veri tabanına aktarılmıştır.

1.2.1.5. Toprak Veri Tabanı

SWAT veri tabanı açısından oldukça önemli bir paya sahip olan ve HRU oluşturmada gerekli diğer bir parametre olan toprak verisi için Harmonized World Soil Database (http://webarchive.iiasa.ac.at/Research/LUC/External-World-soil-database/HTML/) 1:5.000. 000 ölçekli FAO-UNESCO dünya toprak verisine göre oluşturulan (1 km çözünürlüklü) toprak veri tabanından faydalanılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6: Bartın Çayı Havzasında FAO Toprak Gruplarının Haritası.

Toprak gruplarına bakıldığında Orthic Acrosols toprak türü Bartın Çayı havzasının yaklaşık olarak üçte ikisini kapladığı görülürken havzasının geri kalan kısımlarında ise Calcic Cambisol toprak grubu yer almaktadır. Toprak verisinin dağılışı haricinde bunların toprak su içeriği, hidrolojik toprak grubu özelliği ve

bunun gibi birçok özelliği ayrıca SWAT modelinin veri tabanı için gereklidir ve elde edilen toprak verisinin kullanılması için gereken toprak veri tabanı ise bu toprak gruplarının özelliklerine göre elde derlenmiştir.

1.2.1.6. Kalibrasyon ve Validasyon için Değerlendirme Testleri

Bartın Çayı havzasında SWAT yağış-akış modelinin çalıştırılmasından sonra elde edilen sonuçlara göre modelin kalibrasyon ve validasyonu için üç değerlendirme testi kullanılmış ve sonuçlar bu testlerin skorlarına göre değerlendirilmiştir. Buna göre kullanılan ilk test literatürde en sık kullanılan Nash–Sutcliffe model efficiency (NSE) testidir (Krause vd. 2005, Nash and Sutcliffe, 1970). Bu değerlendirme testi artık (ing: residual) varyans (gürültü) ile ölçülmüş varyansın (bilgi içeren) arasındaki farkı belirleyen istatistiksel bir yöntemdir ve aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$NSE = 1 - \sum_{i=1}^{n} \frac{(Q_i - P_i)^2}{(Q_i - \overline{Q})^2} \qquad Eşitlik\ 2$$

Burada, Q_i gözlemlenen *i*'inci akım değerini, P_i tahmin (modellenen) edilen *i*'inci akım değerini, $\overline{Q}$ gözlemlenen akımın ortalama değerini göstermektedir. Buna göre, NSE değerleri -∞'dan başlayıp +1'e kadar uzanmaktadır. NSE test sonucunun 1 veya 1'e yakın çıkması modelin gözlemi oldukça iyi benzeşimini yaptığı ve arasında uyum olduğunu gösterirken sonucun 0 çıkması ise modelin ancak gözlem değerlerinin ortalama koşullarını yansıtacak şekilde benzeşim yaptığını gösterir. NSE değerinin 0 ve -∞ arasında çıkması ise model değerlerinin gözlemi yakalayamadığını ve böylelikle sonuçların kabul edilebilir olmadığını ve modelin tekrardan kalibre edilmesi gerektiğini yansıtır. Bu bakımdan model için kabul edilebilir sonuçların 0 ve üzerindeki değerler olduğu söylenebilir.

Ayrıca düşük akımların değerlendirme testlerinde NSE değerlendirme testinde çok iyi bir kestirim yapmadığı (Krause vd. 2005) için diğer bir değerlendirme testi olan NSE kadar literatür içinde sıkça kullanılan PBIAS Percent Bias-PBIAS (Gupta vd., 1999) değerlendirme testi ayrıca model değerlendirmesi için kullanılmıştır. Buna göre PBIAS aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir:

$$PBIAS = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_i^{Göz} - Q_i^{Sim}) * 100}{\sum_{i=1}^{n} (Q_i^{Göz})} \right] \qquad Eşitlik\ 3$$

Eşitlikte $Q_i^{Göz}$ gözlemlenen i'inci akım değerini, Q_i^{Sim} modellenen i'inci akım değerini göstermektedir ve birbirlerine farklarının toplamının $Q_i^{Göz}$ toplamına bölünmesi sonucu elde edilen model benzeşiminin gözlemden yüzdelik olarak farkına dayanır. Böylelikle model ile gözlem arasındaki farkın eksi ve artı değerler arasında değişmesiyle pozitif ve negatif taraflılık (ing. bias) belirlenir. Test sonuçları için optimal değer ise 0'dır ve bundan alt ve üst değerler ise modelin taraflılık yansıttığını gösterir.

En küçük kareler doğrusal regresyonun elde edilmesi sonucu kullanılan determinasyon katsayısı ya da diğer bir deyişle R^2 model ile benzeşim arasındaki uyumu görmek amacıyla kullanılmıştır. Saçılım diyagramındaki regresyon eğiminin civarındaki sapmalar uç ve düşük değerlerin hangisinin daha benzeşim yaptığını veya saptığını göstermek için kullanılmıştır.

Yukarıda sayılan değerlendirme testleri sonucu örneğin (Örneğin NSE değerinin 0.2 civarında olması) model benzeşimlerinin yeterli olup olmaması ise ayrı bir konudur. Bu bakımdan Moriasi vd. (2007) yaptıkları çalışma ile SWAT kullanılarak yapılan birçok çalışmanın değerlendirmesini yapmışlardır ve değerlendirme testlerinin sonuçlarına göre belli değerlerin yeterli olacaklarını ifade etmişlerdir. Buna göre aylık akış değerlerinde NSE'nin 0.5 üzerinde bulunan tüm değerleri yeterli (ing: satisfactory) olduğunu ifade etmişlerdir. PBIAS için ise $\pm 15 < PBIAS < \pm 25$ değerleri yeterli olduğu ifade edilmiştir. Bu bakımdan elde edilen model değerlerinin değerlendirilmesi bu aralıkta yapılmıştır.

2. Bulgular

2.1. SWAT Yağış-Akış Modelinin Uygulanması ile Kalibrasyon ve Validasyon Sonuçları

SWAT yağış-akış modelinin Bartın Çayı havzasına uygulanması için alansal (HRU için gerekli veri kaynağı) ve zamansal (meteorolojik veri türleri) veri türleri elde edilmiş ve model çalıştırılmıştır. Buna göre Bartın Çayı havzası için 90 althavza ve 1900 adet HRU elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre havzanın kalibrasyonu ve validasyonun yapılmıştır. E13A031 istasyonunun akım verilerinin 1970-1986 arasındaki yılları kalibrasyon, 1987-2002 arasındaki yılları ise validasyon için ayrılmıştır. Model kalibrasyonu için literatürde de çokça kullanılan bir yazılım olan The Soil and Water Assasment Tool Calibration and Analysis Program'ı (SWAT-CUP) kullanılmıştır (Abbaspour, 2013). SWAT-CUP içinde Bartın Çayı havzasındaki yağış-akış modelinin kalibrasyonunun yapılması için birden fazla algoritma modülleri bulunmaktadır. Bu çalışmada Bartın Çayı havzasının kalib-

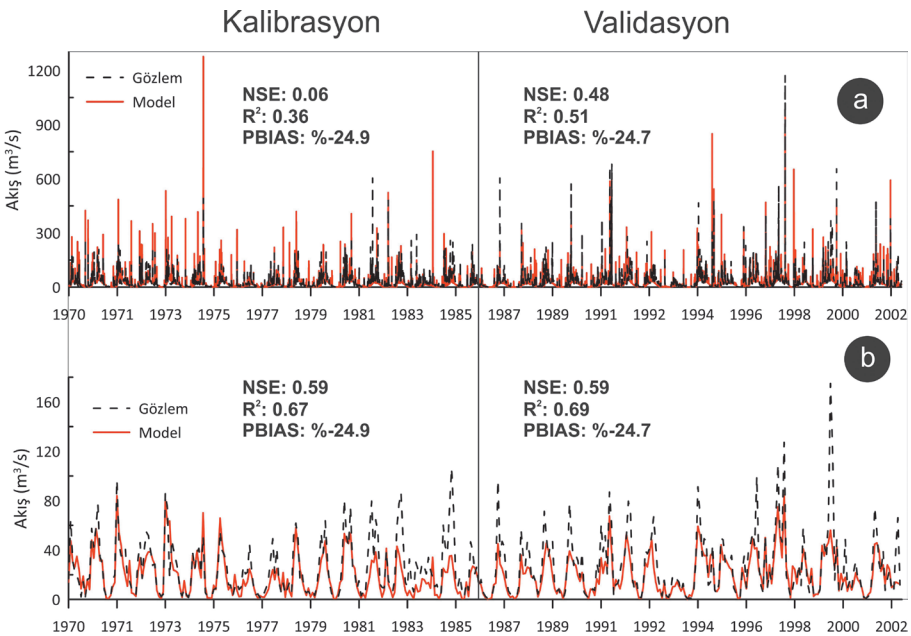
rasyonu için Sequntial Uncertainty Fitting (SUFI-2) yöntemi kullanılmıştır. Algoritmanın seçilmesinden sonra hangi akım değerlerinin hangi parametrelere hassas olduğu önemlidir ve bunun hassasiyet (ing. sensivity) çalışması yapılabilir. Ancak literatürde akımlarla ilgili olarak düşük ve yüksek akımların oluşması konusunda hangi parametrelerin hassas olduğu ile alakalı birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmada modelden elde edilen yüksek akımların kalibre edilmesi için Abbaspour vd. (2015) tarafından yapılan çalışma sonucunda 8 adet hassas parametre belirlenmiştir. Buna göre SWAT yağış-akış modelinin parametreleri SWAT-CUP'ın SUFI algoritmasında 1970–1986 yılları için 150 benzeşim (ing. simulation) çalıştırılmıştır. Benzeşimler sonrasında ise modellin kalibrasyonu sonucunda E13A031 istasyonunun değerlerini en iyi yansıtan parametre değerleri elde edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: SUFI Algoritması ile Bartın Havzasında SWAT Modelinin Kalibre Edilen Değerleri.

	Başlangıç Aralıkları		Nihai Aralıklar		
Parametre ismi Tanımı	Minimum Aralık	Maksimum Aralık	Minimum Aralık	Maksimum Aralık	En iyi değerler
R__CN2.mgt SCS Akış Curve Number değeri	-0.2	0.2	-0.19	0.06	-0.06
V__ALPHA_BF.gw Taban Akışı Alpha faktör (1/gün)	0	1	0.37	1.11	0.74
V__GW_DELAY.gw Yeraltı suyu gecikmesi (gün)	30	450	31	310	171.39
V__GWQMN.gw Sığ akiferdeki suyun geri dönüş için eşik değeri (mm)	0	5000	-1329.4	2896.09	783.3
V__REVAPMN.gw "Revap" için sığ akiferdeki suyun eşik derinliği (mm)	0	50	-17.2	27	5.16
V__GW_REVAP.gw Yeraltı suyu revap katsayısı	0.02	0.2	-0.05	0.11	0.03
V__ESCO.hru Toprak buharlaşma kompanzasyon faktörü	0	1	0.48	1.45	0.97
R__SOL_AWC.sol Faydalı toprak su içeriği (mm H2O/mm toprak)	-0.2	0.2	-0.24	0.05	-0.09
R: Relative, V:Replace					

Bartın Çayı havzası için çalıştırılan SWAT modelinin parametreleri SWAT-CUP sonuçlarına göre elde edilen en iyi değerler temel alınarak Tablo 1'de sayılan tüm parametrelerin kalibrasyonu yapılmıştır. Buna göre kalibrasyonu yapılan hav-

zanın hem kalibrasyonu hem de validasyonu için E13A031 istasyonunun günlük ve aylık akım verileriyle değerlendirme testleri yapılmıştır (Şekil 7). Günlük olarak elde edilen modellenmiş akım verilerinin gözlem verileriyle ile olan değerlendirme test sonuçları incelendiğinde, kalibrasyonu yapılan havzanın NSE değeri 0.06, R^2 değeri 0.36 ve PBIAS değeri -%24.9 olarak çıkarken validasyon sonuçlarına bakıldığında NSE değeri 0.48, R^2 değeri 0.51 ve PBIAS değeri -%24.7 olduğu görülmektedir. Buna göre günlük akımların kalibrasyon döneminde değerlendirme testlerinde düşük sonuçlar verdiği, validasyonu yapıldığında benzeşimi yapılan akım sonuçlarının gözleme yaklaşmakta ve benzerlik konusunda oldukça yeterli olduğu görülmektedir (Şekil 7).



Şekil 7: Bartın Çayı havzasında SWAT-CUP analizleri sonucunda elde edilen parametrelere göre a) günlük b) aylık akımların kalibrasyon ve validasyon sonuçların değerlendirme test sonuçları.

Diğer yandan aylık olarak elde edilen model akım verilerin gözlem verileriyle olan değerlendirme test sonuçları günlük değerlere oranla gözlem değerlerini iyi yansıttığı ve daha iyi test sonuçları verdiği görülmektedir. Kalibrasyon döneminde havza içerisinde aylık akım değerlerinin NSE değeri 0.59, R^2 değeri 0.67 ve PBIAS değeri -%24.9 olarak elde edilirken, aylık akımların validasyon dönemler içinde NSE değeri 0.60, R^2 değeri 0.69 ve PBIAS değeri -%24.7 elde edilmiştir (Şekil 7). Aylık değerlere bakıldığında kalibrasyon ve validasyon dönemi benzere yakın de-

ğerler ile temsil edilmektedir. Bu değerler incelendiğinde Morasi vd. (2007) tarafından birçok çalışmasında belirtildiği gibi SWAT modeli için ifade edilen yeterli (ing. satisfactory) durumunu karşılamakta ve böylelikle yapılacak birçok hidrolojik çalışmalar için uygun olduğunu göstermektedir. Buna göre SWAT modelinden elde edilen tüm parametrelerin hidrolojik çalışmalarda kullanılması gözlem olmayan yerlerde güvenilir sonuçlar vereceğini işaret etmektedir.

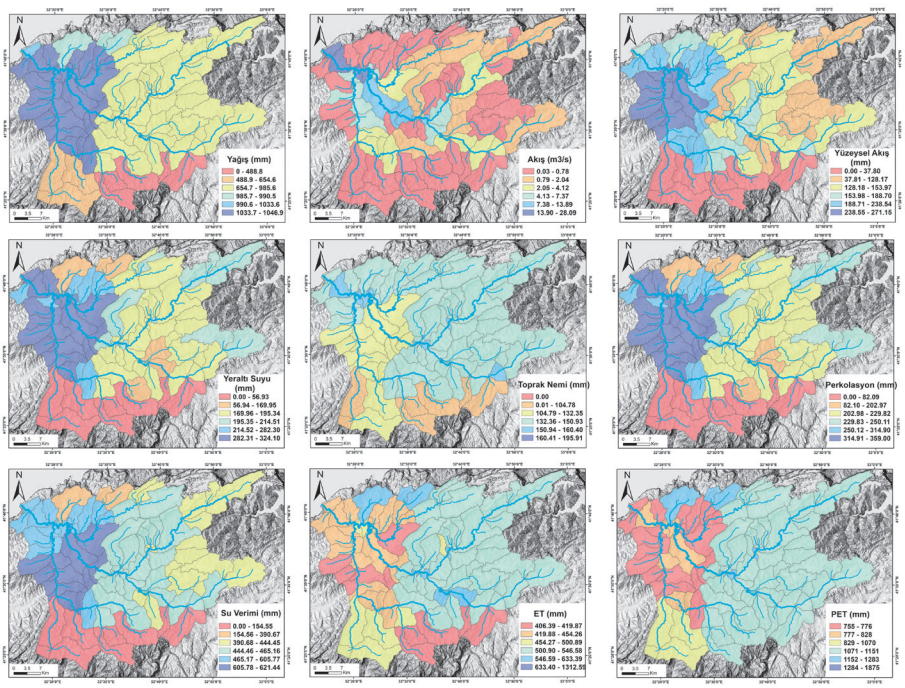
2.2. Su Dengesi Elemanlarının Alansal ve Zamansal Değişimleri

SWAT yağış-akış modellemesinin kalibrasyon ve validasyon işlemeleri sonrasında su dengesinin tüm elemanlarının 1960-2014 yılları arasındaki yıllık olarak elde edilen uzun yıllar ortalama yağış (mm), akış (m^3/s), yüzeysel akış (mm), yeraltı suyu (mm), toprak nemi (mm), perkolasyon (mm), su verimi (mm), buharlaşma-ET (mm), buharlaşama ve terleme-PET (mm) Natural breaks (Jenks) temelinde 6 aralıkta haritaları elde edilmiştir (Şekil 8). Sayılan parametrelerin alansal dağılışlarına bakıldığında Bartın Çayı havzanın fiziksel özelliklerini iyi yansıttığı söylenebilir. Örneğin yağış verisinin havza içerisindeki alansal dağılışı incelendiğinde en yüksek yağış değerlerine, beklenildiği üzere Bartın ve Amasra istasyonuna yakın olan althavzalarda ulaşılırken, buna karşın Yenice ve Safranbolu civarındaki althavzalarda ise düşük değerler elde edilmiştir (Şekil 2 ve 8). Akış değerlerine bakıldığında ise yüksek akım değerleri beklenildiği üzere yan kolların ana kollara bağlandığı alanlardaki althavzalarda görülmektedir. Ancak Şekil 4'te görüldüğü gibi Bartın Çayı havzası içinde ve civarında tüm meteoroloji istasyonları eksik verilere sahiptir. Bu süreçte elde edilen tüm parametrelerin değerleri eksik verilerin stokastik yöntemlerle hava verisi oluşturucusu (ing. weather generator) ile tamamlanmasından sonra elde edilir.

SWAT modelinde su dengesi elemanları dışında türetilmiş elamanlar da vardır. Örneğin, su verimi haritası yahut parametresi althavzayı terk ederek akarsuya katılan net su miktarını veren yani var olan parametrelerden, su verimi = yeraltı suyu + yüzeysel akış + yüzeyaltı akışı – toplam kayıp şeklinde ifade edilmesi ile elde edilir. Bunun dışında fiziksel olarak sıcaklık ilişkilerine dayalı olarak kar erimesi vb. birçok türetilmiş parametre SWAT modelinden elde edilebilir. Buna benzer birçok su dengesi parametresi ve türetilmiş parametreler ile yağış-akış modeli kullanılarak birçok etki (ing. impact) çalışması yapmak mümkün olmaktadır. Örneğin bir havzada arazi kullanım değişikliklerinin yüzeysel akış miktarına yahut iklim değişikliği sonucu birden fazla farklı süreçlerden kaynaklı durumların bir havzada meydana getirebileeceği değişiklilerin ortaya konmasında SWAT yağış-akış modellemesi faydalı olmaktadır (Akbaş, 2018, Akbaş ve Özdemir, 2017;

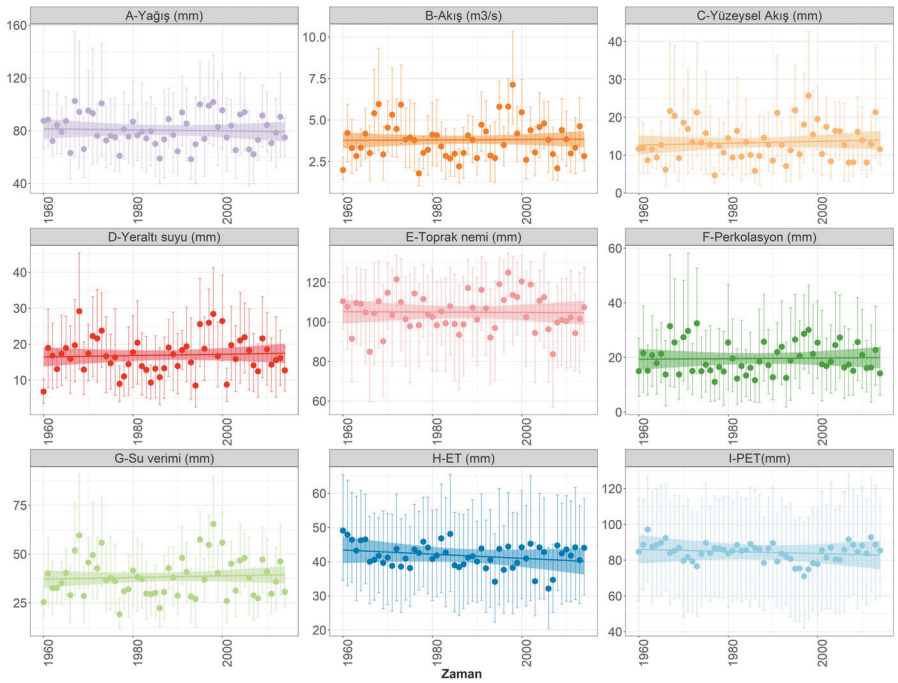
Bucak vd., 2017; Chattopadhyay ve Jha, 2016; Stehr vd., 2008; Zeng vd., 2012). Ayrıca hidrolojik çalışmaların dışında SWAT yağış-akış modeli akarsu kirleticileri gibi ağır metallere bağlı etki çalışmaları konusuna da imkan sağlamaktadır.

SWAT yağış-akış modelinden elde edilen alansal dağılış haritaları haricinde herhangi bir althavzada bir parametreye ait özelliklerin zamansal dağılışına ait değişimleri yani zaman serilerini de elde etmek mümkündür.



Şekil 8: Bartın havzasında SWAT modelinden elde edilen su dengesi parametrelerinin 1960-2014 yılları uzun yıllar ortalama alansal dağılış haritaları.

Buna göre Bartın Çayı havzasındaki tüm althavzaların ortalaması alınarak havza ortalamalarının aylık ölçekteki verilerin zamansal değişimlerinin hata grafikleri çizilmiş ve regresyon eğrisi eklenmiştir (Şekil 9).



Şekil 9: Bartın çayı havzasında SWAT modelinden elde edilen su dengesi parametrelerinin 1960-2014 yıllarına ait aylık verilerinin uzun yıllar zaman serilerin hata grafikleri.

Elde edilen zaman serileri Bartın Çayı havzasının ortalama değerlerini yansıtan tüm parametrelere ait zamansal değişimi görülmektedir. Örneğin yağış değerleri incelendiğinde Bartın Çayı havzasında genel olarak salınımlar olsa da, regresyon eğiliminde çok kuvvetsiz bir azalma eğilimi görülmekle birlikte, zaman içerisindeki artış ve azalış salınımları göze çarpmaktadır. Buna benzer şekilde akış değerlerinde de benzer artış ve azalışların zaman içeresinde salınımlar gösterdiği aşikardır (Şekil 9). Bu bakımdan incelenecek bir akarsu içerisindeki hidrolojik birden fazla farklı parametrenin trend, dönemsellik (veya periyodiklik), afet özelliği gibi birçok zaman serilerine ait özelliklerin incelenmesi mümkün olmakta ve süreçlere ait değişikler izlenmektedir.

2.3. Taşkın Piklerinin Elde edilmesi ve Değerlendirilmesi

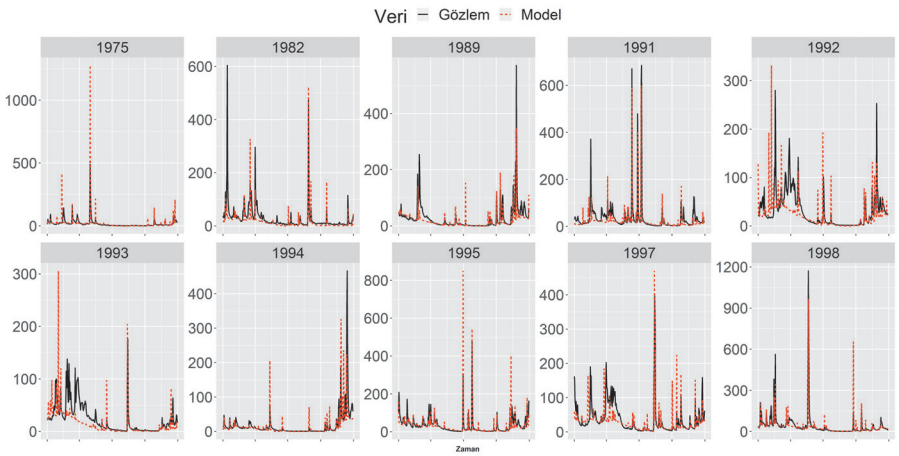
SWAT yağış-akış modelinin taşkın haritalarının oluşturulmasında özellikle gözlem verisi olmayan alanların modellenerek o alanlara ait veriler sağlaması büyük avantaj sağlamaktadır. Bu bakımdan modelin uygulama alanlarında biri olan taşkın piklerini elde ettiğini göstermek amacıyla Bartın Çayı'nda meydana gelmiş

tarihsel taşkın verileri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Bartın Çayı havzası gerek jeomorfometrik yapısından gerekse sahip olduğu iklimsel karakteristik bakımından taşkınlara oldukça müsait bir alandır (Turoğlu ve Özdemir, 2005). Burada meydana gelen taşkınların çoğu ise kar erimeleri vb. süreçlerden ziyade anlık gök gürültü ve şimşekli orajlar ile orta enlem cepheleri vasıtasıyla oluşan şiddetli ve sürekli yağışlardan meydana gelmektedir.

Tablo 3: Bartın Çayında Meydana Gelen Tarihsel Taşkınların Tarih ve Maksimum Akımları ile Tekerrür Aralıkları

Tarih	Q_{maks} (m^3/sn)	Tekerrür aralıkları (yıl)
01.05.1975	617	2\5
13.01.1982	884	10
01.04.1982	738	5\10
28.08.1982	563	2\5
26.11.1989	738	5\10
11.06.1991	1118	25
07.07.1991	1400	100
18.02.1992	396	0\2
28.11.1992	255	0\2
13.08.1993	214	0\2
15.12.1994	532	2\5
25.07.1995	586	2\5
14.08.1997	665	2\5
21.05.1998	1 260	50

Bu bakımdan ilk olarak Bartın Çayı havzasında ve E13A031 istasyonunun da içinde bulunduğu Bartın şehir merkezindeki farklı zamanlarda meydana gelmiş olan tarihsel taşkınlara ait olan veriler toplanmıştır. Tarihsel taşkın kayıtları Cengiz (2007)'nin TMMOB (1999) raporuna dayanarak oluşturmuş olduğu verilerden elde edilmiştir. Tablo 3'te bu verilerin sahip oldukları Q_{maks} değerleri ve bunların tekerrür aralıkları verilmiştir. Ancak bu tablodaki Q_{maks} değerleri taşkın hidrografındaki yükselme eğrisinin anlık değerleridir. SWAT yağış-akış modeli saatlik olarak çalıştırılabilmekte fakat modelin çalışması için buna yönelik saatlik veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak Bartın Çayı havzasındaki veriler günlük toplam yağış olduğu için bir taşkın hidrografına ait yükselme ve çekilme eğrilerini oluşturmak mümkün olmasa da gün içerisinde taşkın oluşturacak potansiyeldeki yağış verilerine sahiptir. Bu bağlamda, tablodaki taşkın tarihlerindeki gözlem verileri ile model verilerinin pik (yüksek) değerleri karşılaştırılmıştır (Şekil 10).



Şekil 10: Bartın Havzasında SWAT Modelinden Elde Edilen Akış Değerleri ile E13A031 AGİ İstasyonun Taşkın Pik Değerlerinin Karşılaştırılması.

Modelden elde edilen veriler ile gözlem verilerinin pik değerleri incelenip taşkın günü ile karşılaştırıldığında SWAT yağış-akış modelinin taşkın piklerini oldukça iyi modellediği görülmektedir. Örneğin 1998 yılının Mayıs ayında yağış-akış modelinin pik değeri ile gözlem verisinin pik değeri oldukça iyi örtüşmektedir (1171 m^3/s gözlemlenen, 965 m3/s modellenen). Buna benzer şekilde diğer taşkın tarihlerindeki pik değerlerde de benzer durum görülmektedir (Şekil 10). Bu durumla yağış-akış modeli vasıtasıyla AGİ istasyonu bulunmayan diğer althavzalardaki alanlarda model verisi ile taşkın çalışmalarına imkan vermesi SWAT modelinin bir diğer avantajıdır.

3. Sonuçlar

SWAT yağış-akış modeli diğer modellerden farklı olarak beyaz-kutu, fiziksel temelli, dinamik ve ayrıca ampirik formüllere dayanan bir modeldir. Modelin çalıştırılması için bir havzaya veya althavzalara ait arazi kullanımı, toprak ve sayısal yükseklik modeli gibi birçok fiziksel veri altlığı gerekmektedir. Herhangi bir havzaya ait birçok fiziksel özelliğin bilinmesi araştırmacıya bir havza hakkında süreçlerin daha iyi incelenmesi için olanak sağlamaktadır. Ancak modelin eksikliklerinden biri ise birçok fiziksel parametrenin statik olmasıdır. Özellikle son yüzyılda insan etkisiyle birlikte çok hızlı bir şekilde değişen ve gelişen arazi kullanım özelliklerinin model içerisinde statik bir şekilde kullanılması süreçlerin modellenmesinde belirsizliği arttırdığı söylenebilir.

SWAT fiziksel temelli bir model olmasından ve hidrolojik çalışmaların yanısıra arazi kullanımı değişimlerinin etkilerinden su kalitesine kadar bir çok süreci

modellemesiyle içerdiği bir çok parametreden dolayı oldukça karmaşık bir modeldir. Bundan dolayı yağış-akış modelinin kalibrasyon ve validasyonu kısmında sahip olduğu birçok parametrenin hangisinin daha hassas olduğu ve modelleme için öncelik gerektirdiği konusu modelin bu karmaşıklığını arttırmaktadır. Bu karmaşıklığın getirdiği bir diğer sonuç ise modelin hem çalıştırılması hem de kalibrasyonu sırasındaki ihtiyaç duyulan hesaplama gücüdür (ing. computational power). Yağış-akış modeli bilgisayar temelli bir benzeşim modeli olduğu için birçok parametrenin tek tek modellenmesi ve bunun tekrardan kalibre edilmesi için gereken hesaplama gücünün az olmasından kaynaklı benzeşimlerin süreci uzamaktadır.

Yağış-akış modeli diğer yandan iyi bir şekilde kalibre edildikten sonra hidrolojik süreçlere ait birçok konunun modellenmesi ve açıklanması konusunda oldukça faydalı bilgiler sunmaktadır. Örneğin bir hidrolojik kuraklık döneminde azalan yağış ile birlikte taban akışının zaman içerisinde azalışını incelemek gerekirse SWAT gibi yağış-akış modelinin birçok hidrolojik parametreyi açıklaması ile bu sürecin alansal ve zamansal değişimleri incelenebilmektedir.

Bu bakımdan çalışmada SWAT yağış-akış modelinin Bartın Çayı havzası örneği üzerinden çalıştırılmasıyla su dengesine ait tüm elemanlarının alansal ve zamansal değişimleri ve dağılışlarına ait özellikler açıklanmıştır. Bartın Çayı havzası 1960-2014 yılları arasında modellenmiş ve buna göre de Bartın Çayı havzasındaki su dengesi elemanlarının alansal ve zamansal değişimleri gösterilmiştir. Bu bakımdan SWAT yağış-akış modelinin hidrolojik çalışmalara ait birçok parametrenin gözlem istasyonları dahi olmasa iyi bir kalibrasyon sonucunda kullanılmasına olanak sağladığı görülmüştür. Bunun için örnek bir çalışma olarak Bartın Çayı üzerinde yaşanan taşkınların pik değerleri ile gözlem değerleri karşılaştırılmış ve buna bağlı olarak yağış-akış modelinin süreci iyi bir şekilde benzeştirdiği tespit edilmiştir. Böylelikle, model verileri Bartın Çayı'nda yapılabilecek bir taşkın çalışmasında gözlem istasyonlarının bulunmadığı alanlar için kestirim yapmasına olanak sağlamaktadır. Bu bakımdan SWAT vb. birçok yağış-akış modelinin sağladıkları en büyük katkı gözlemden yoksun alanlara ait yerlerdeki süreçleri modellenmesi ve o alanlar hakkında alansal ve zamansal olarak bilgi sağlamasıdır.

Kaynaklar

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 300(9), D05109

Abbaspour, K. C. (2013). SWAT-CUP 2012. SWAT Calibration and Uncertainty Program-A User Manual.

Abbaspour, K. C., Rouholahnejad, E., Vaghefi,, Srinivasan, R., Yang, H., & Kløve, B. (2015). A continental-scale hydrology and water quality model for Europe: Calibration and uncertainty of a high-resolution large-scale SWAT model. Journal of Hydrology, 524, 733-752.

Akbaş, A., 2018. Marmara Denizi Drenaj Havzasında Yağış-Akış İlişkileri, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü (Basılmamış Doktora Tezi).

Akbaş A. ve Özdemir H. (2017). "Rainfall-Runoff Modelling of Keçidere Basin (NW Turkey) Using ArcSwat Model", International Symposium on GIS Applicationsin Geography and Geosciences, Çanakkale, Turkey, pp.291-291.

Akbaş, A., ve Özdemir, H. Marmara Denizi havzasının hidroklimatolojik dinamiklerinin belirlenmesi. Türk Coğrafya Dergisi, (70), 123-131.

Arnold JG, Srinivasan R, Muttiah RS, Williams JR. 1998. Large area hydrologic modelling and assessment- Part I: model development. Journal of American Water Resources Association 34 (1): 73-89.

Arnold, J. G., Moriasi, D. N., Gassman, P. W., Abbaspour, K. C., White, M. J., Srinivasan, R., ... & Kannan, N. (2012). SWAT: Model use, calibration, and validation. Transactions of the ASABE, 55(4), 1491-1508.

Bayazıt, M., 1998. Hidrolojik modeller. İTÜ.

Beven, K. J. (2011): Rainfall-runoff modeling – The primer, Wiley: Chichester, UK.

Beven, K. and Freer, J.: Equifinality, data assimilation, and uncertainty estimation in mechanistic modelling of complex environmental systems using the GLUE methodology, J. Hydrol., 249, 11–29, 2001.

Bucak, T., Trolle, D., Andersen, H. E., Thodsen, H., Erdoğan, Ş., Levi, E. E., Beklioğlu, M. (2017). Future water availability in the largest freshwater Mediterranean lake is at great risk as evidenced from simulations with the SWAT model. Science of the Total Environment, 581, 413-425.

Cengiz, B. (2007). Bartın Çayı Peyzaj Özelliklerinin Saptanması ve Değerlendirilmesi Üzerinde Bir Araştırma, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (Basılmamış Doktora Tezi).

Chattopadhyay, S., Jha, M. K. (2016). Hydrological response due to projected climate variability in Haw River watershed, North Carolina, USA. Hydrological sciences journal, 61(3), 495-506.

Clarke, R. T. (1973): A review of mathematical models used in hydrology, with some observations on their calibration and use. Journal of Hydrology, 19, 1–20.

Devia, G. K., Ganasri, B. P., & Dwarakish, G. S. (2015). A review on hydrological models. Aquatic Procedia, 4, 1001-1007.

Elbaşı, E., Özdemir, H. (2018). Marmara Denizi Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi. Coğrafya Dergisi / Journal of Geography, (36). 63-84.

FAO/IIASA/ISRIC/ISSCAS/JRC (2012). Harmonized World Soil Database (version 1.2). FAO, Rome, Italy and IIASA, Laxenburg, Austria. (Erişim tarihi:10.06.2019)

Erinç, S. (1969). Klimatoloji ve metodları. İstanbul Universitesi, Companyğrafya Enstitüsü.

Fuka, D.R., C.A. MacAllister, A.T. Degaetano, and Z.M. Easton. 2013. Using the Climate Forecast System Reanalysis dataset to improve weather input data for watershed models. Hydrol. Proc. DOI: 10.1002/hyp.10073.

Gupta, H. V., Sorooshian, S., Yapo, P. O. (1999). Status of automatic calibration for hydrologic models: Comparison with multilevel expert calibration. Journal of Hydrologic Engineering, 4(2), 135-143.

TMMOB Bilim Kurulu Raporu, 1999, 19-21 Mayıs 1998 Batı Karadeniz seli nedenleri, alınması gereken önlemler ve öneriler (bilim kurulu raporu). TMMOB Orman Mühendisleri Odası Yayın No: 22, Ankara.

Karaca, M., Deniz, A., & Tayanç, M. (2000). Cyclone track variability over Turkey in association with regional climate. International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 20(10), 1225-1236.

Knoben, W. J., Freer, J. E., Fowler, K. J., Peel, M. C., & Woods, R. A. Modular Assessment of Rainfall-Runoff Models Toolbox (MARRMoT) v1. 0: an open-source, extendable framework providing implementations of 46 conceptual hydrologic models as continuous space-state formulations.

Krause, P., Boyle, D. P., Bäse, F. (2005). Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. Advances in geosciences, 5, 89-97.

Monteith, J. L. (1965). Evaporation and environment. In Symp. Soc. Exp. Biol (Vol. 19, No. 205-23, p. 4).

Moradkhani, H., & Sorooshian, S. (2009). General review of rainfall-runoff modeling: model calibration, data assimilation, and uncertainty analysis. In Hydrological modelling and the water cycle (pp. 1-24). Springer, Berlin, Heidelberg.

Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. Transactions of the ASABE, 50(3), 885-900.

Melsen, L. A., Teuling, A. J., Torfs, P. J., Zappa, M., Mizukami, N., Mendoza, P. A., ... & Uijlenhoet, R. (2019). Subjective modeling decisions can significantly impact the simulation of flood and drought events. Journal of Hydrology, 568, 1093-1104.

Nash, J.E. Sutcliffe, J.V. (1970). River flow forecasting through conceptual models. Part I. A discussion of principles. Journal of Hydrology, 10, 282–290. doi:10.1016/0022-1694(70)90255-6

Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R.,Williams, J.R., 2011. Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version. p. 2009.

Smith, A., Freer, J., Bates, P., & Sampson, C. (2014). Comparing ensemble projections of flooding against flood estimation by continuous simulation. Journal of Hydrology, 511, 205-219.

Özdemir H. (2011). «Havza Morfometrisi ve Taşkınlar", Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistematik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları 6, Babil, İstanbul, ss.507-526.

Özdemir H., Bird D. (2009). "Evaluation Of Morphometric Parameters Of Drainage Networks Derived From Topographic Maps And Dem In Point Of Floods", Environmental Geology, vol.56, pp.1405-1415.

Özdemir H., Elbaşı E. (2015). "Benchmarking Land Use Change Impacts On Direct Runoff In Ungauged Urban Watersheds". Physics and Chemistry of The Earth, vol.79, pp.100-107.

Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., & Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. Geography, 35.

Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. Hydrology and earth system sciences discussions, 4(2), 439-473.

SCS, 1956, 1964, 1971, 1985, 1993. Hydrology, National Engineering Handbook, Supplement A, Section 4, Chapter 10. Soil Conservation Service, USDA, Washington, DC.

Stehr, A., Debels, P., Romero, F., Alcayaga, H. (2008). Hydrological modelling with SWAT under conditions of limited data availability: evaluation of results from a Chilean case study. Hydrological sciences journal, 53(3), 588-601.

Tatli, H., Nüzhet Dalfes, H., & Sibel Menteş, Ş. (2004). A statistical downscaling method for monthly total precipitation over Turkey. International Journal of Climatology, 24(2), 161-180.

Turoğlu, H. ve Özdemir, H. (2005). Bartın'da Sel ve Taşkınlar: Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri. Çantay Kitabevi.

Utlu, M., Özdemir, H. (2018). Havza Morfometrik Özelliklerinin Taşkın Üretmedeki Rolü Biga Çayı Havzası Örneği. Coğrafya Dergisi / Journal of Geography, (36).49-62.

Türkeş, M. (2010). Klimatoloji ve Meteoroloji. Birinci Baskı, Kriter Yayınevi - Yayın No. 63, Fiziki Coğrafya Serisi No. 1, ISBN: 978-605-5863-39-6, 650 + XXII sayfa: İstanbul.

Zeng, S., Xia, J., She, D., Du, H.,Zhang, L. (2012). Impacts of climate change on water resources in the Luan River basin in North China. Water international, 37(5), 552-563.

6. BÖLÜM

CBS İLE VAN GÖLÜ HAVZASI GÜNEYBATISINDA YER ALAN POTANSİYEL EKOTURİZM KAYNAKLARININ DOĞAL DEĞİŞKENLER AÇISINDAN DERECELENDİRMESİ

Prof. Dr. Faruk ALAEDDİNOĞLU - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Erkan YILMAZ - Ankara Üniversitesi

1. Giriş

Turizm, temelde doğal yaşama ve yerel kültüre zarar veren bir yapıya sahiptir. Bu yapı, turizm sürecine dâhil olan kırsal yerleşmelerde kendini çok daha etkin bir şekilde göstermektedir. Turizmden olumsuz etkilenen konuların başında, sosyal, ekonomik, kültürel ve ekolojik ortam koşulları gelmektedir. Söz konusu bileşenlerin tamamı planlı bir yaklaşımı gerekli kılmaktadır. Zira yerel yöneticiler, başta insan ve ekonomik kaynak sınırlılıkları nedeni ile çoğu zaman bu süreci iyi yönetemez ve turizme kaynak oluşturan birçok değere, zarar verirler. Bu süreç zamanla taşıma kapasitesini zorlar ve başta ekolojik olmak üzere, diğer süreçlerin tamamında birtakım rahatsızlıklara neden olur. Bugün dünyanın birçok yerinde gelinen nokta, tam da burasıdır. Dolayısıyla turizm karar vericilerin de dâhil olduğu birçok kesim, turizmi ciddi şekilde sorgulamakta ve sürecin bu şekilde devam etmemesi gerektiği konusunda hemfikir olduklarını belirtmektedirler. Zira hâlen devam eden turizm anlayışını yansıtan "her ne pahasına olursa olsun turizm faaliyeti gerçekleşsin" ifadesi, turizme açılma beklentisi içinde olan alanın ruh halini ortaya koymaktadır.

Oysa bugün bütün dünyanın yapması gereken şey insanlığın ortak mirası olan, farklı doğal güzellikleri ve farklı kültürleri yaşatmak ve bu zenginlikleri gelecek kuşaklara aktarmak olmalıdır. Bir gereklilik olan bu düşünce sistemi, turizmde yeni arayışları beraberinde getirmiş ve bu süreç uluslararası bir anlayışın ve çabanın ürünü olarak kabul görmüştür. Şüphesiz bu düşünce sisteminin oluşmasında yalnızca turizmin tükettiği kaynaklar etkili olmamış, aynı zamanda turist profilin-

de gerçekleşen değişimlerin de büyük etkisi olmuştur. Bugün sayıları hızla artan bu yeni turist tipinin en temel yaklaşımı, kendilerini zenginleştirmek ve dünyanın her neresinde olursa olsun var olan bu değerleri ulusal sınırları aşarak, uluslararası bir koruma ve geleceğe aktarma çabasıdır.

Bu bağlamda sorulması gereken en temel soru, her yer turizme açılmalı mı ? şayet açılacaksa bunun oranı ne olmalı? Bilindiği üzere, bugün birçok turizm bölgesinde karşılaşılan başlıca sorun, taşıma kapasitesinin aşılması sorunudur. Dolayısıyla plansız bir şekilde turizme açılan alanların çoğunda ya geri dönüşüm mümkün olamamakta, ya da maliyetin çok yüksek olması nedeniyle gerekli müdahaleler yapılamamaktadır. O halde, yapılması gereken, süreci başlangıçta planlamak ve yönetmek olmalıdır.

Bu çalışma, bu anlamda turizm olayının belki ilk aşaması olan veri toplama ve turizme açılacak alanların birçok açıdan fotoğrafının çekilmesi olarak düşünülmelidir. Bu araştırma öncelikle bir ekoturizm çalışmasıdır ve araştırmaya konu olan alan, henüz gerçek anlamda bir turizm hareketine sahne olmamıştır. Oysa alanda pazarlanabilecek nitelikte ve turistler tarafından kabul gören bir çok değerin varlığına tanıklık etmek mümkündür. Dolayısıyla ekoturizm ve kültür turizminin birlikte geliştirilebileceği araştırma alanı için böylesi bir çalışma başta turizm karar vericiler ve planlamacılar için bir gerekliliktir.

Van Gölü'nün batı kesimini kapsayan bu araştırma, CBS'nin etkin kullanıldığı ve alanların turizme konu olma süreçlerinin yönetildiği bir çalışma niteliğindedir. Tamamen alan araştırmasına dayanan çalışma ön hazırlık çalışmalarıyla başlamış, alan çalışmalarıyla devam etmiş ve nihayetinde CBS yardımıyla alanın bir çok açıdan foroğrafı çekilmiştir. Tatvan, Ahlat, Adilcevaz ve Güroymak ilçeleri idari sınırlarında gerçekleştirilen araştırma, söz konusu sahada ilk olma özelliğine sahip olduğu gibi, konu ve uygulanan yöntemler açısından da tamamen özgün bir çalışmadır.

1.1. Araştırma Alanının Genel Coğrafik Özellikleri

Araştırma alanı, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde yeralan Van Gölü'nün genel olarak batısında (batı, güneybatı ve kuzeybatı) yer alamaktadır. Tamamen idari sınırlardan oluşan araştırma alanı, Bitlis iline bağlı, Tatvan, Güroymak, Ahlat ve Adilcevaz ilçelerinden oluşmaktadır. Dört ilçenin oluşturduğu sınır, doğuda Van Gölü, batıda ise Muş Ovası ve çevresindeki düzlükler ile sınırlanır. 3,620 km^2'lik bir alana tekabül eden araştırma sahasında farklı etken ve süreçlere bağlı olarak gelişen çeşitli morfolojik birimlere rastlanılmaktadır. Bunların başlıcaları, Süphan Dağı zirvesinde yer alan güncel buzullar, Van Gölü kıyıları ve burada yer

alan göl ve lagünler, körfezler, koylar ve plajlar, Tatvan ilçe merkezinin güneyi ve doğusunda yarılmanın çok fazla olduğu ve flüvyal aşınımın farklı örneklerinin görüldüğü yüksek saha, Nemrut Dağı zirvesinde ve çevresindeki gevşek yapılı alanlarda özellikle yazın esen rüzgarların katkıda bulunduğu şekillenme, kurakyarı kurak bölge jeomorfolojisine ait örnekler, Nemrut ve Süphan Volkanları ile bunların çevrelerindeki parazit konileridir.

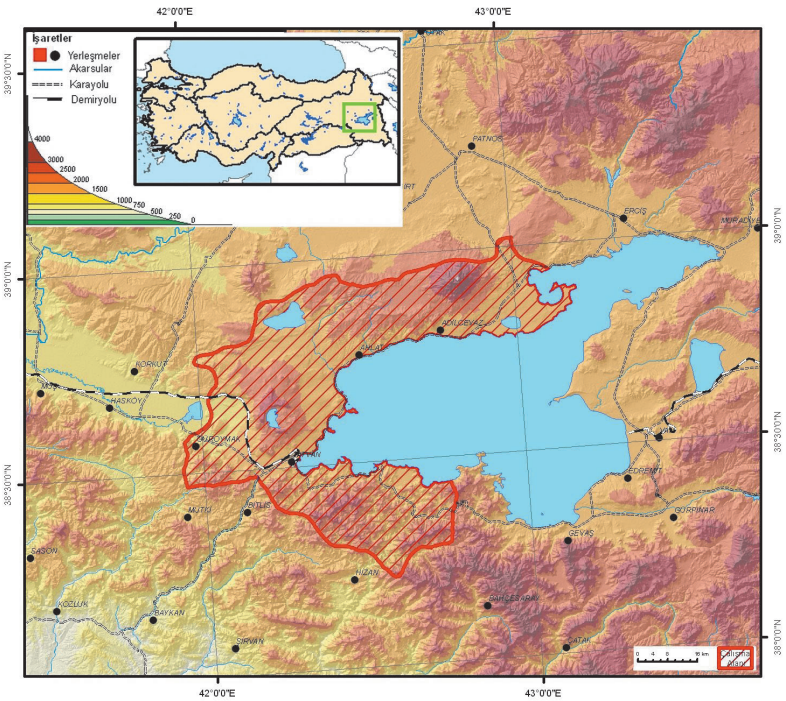
Van Gölü Havzası'nın batı bölümünde yer alan saha, 13,379 km²'lik toplam havzanın yaklaşık %28'sine denk gelmektedir. Araştırma alanında 2018 yılı verilerine göre 211.619 kişi yaşamaktadır (www.tuik.gov.tr). Bölge doğa temelli turizm kaynakları açısından hem zengin, hem de farklı özellikleri bir arada sunabilme özelliğine sahiptir. Başta birçok endemik türü bünyesinde barındıran bölgede, turizm kaynakları, sahanın tamamına dağılmış durumdadır. Araştırma sahası aynı zamanda büyük ölçüde gelişmemiş bir kıyı şeridine sahiptir. Kıyı uzunluğu 269 km olan bölgeyi yılda ortalama yerli ve yabancı 80 bin turist ziyaret etmektedir.

1.2. Doğal Çekim Alanlarının CBS'yle Derecelendirilmesi

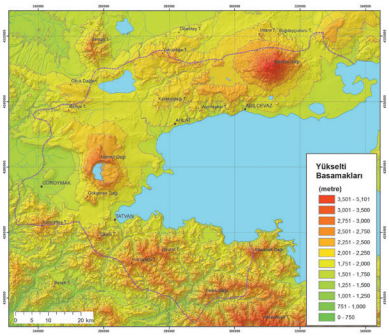
Coğrafi değişkenler, turizmin gelişebilmesi için geniş bir çerçeve oluşturur. Turizm etkinlikleri, bir ülkenin doğal ve kültürel coğrafyasının sahip olduğu fırsatlar ve kısıtlamalarla yakından ilişkilidir. Fiziki coğrafya özellikleri bir bölgedeki turizm çekiciliklerinin çeşidini, kalitesini ve dağılımını belirlemekle kalmaz, aynı zamanda o bölgeye ulaşılabilirliği ve bölge içi ulaşım olanaklarını da kontrolü altında tutar. Sözgelimi coğrafi konum bir yerde turizmin doğuşu ve gelişiminde çok önemli bir faktördür (Soykan 2003: 18). Bununla birlikte, turizm pazarlarının çoğunda seyahatin temel amacı doğal kaynak varlıkları ile ilişkilidir. Bu kaynakların nitelik ve niceliği turizmin gelişmesinde çok önemlidir. Turizmin içinde yer alan bu doğal kaynak servetleri sırası ile; iklim ve atmosfer, su ve sudaki yaşam, bitki örtüsü, topografya ve morfolojidir. Bu değerlerin bir kısmının zayıflığı destinasyona seyahati olumsuz yönde etkiler ve düşük yoğunluklu bir turist akışı gerçekleşmiş olur. Bu faktörlerin bazıları olumlu yönde kullanılırsa tersi durum yaşanmış olur. Bunlardan özellikle hava şartları, sıcaklık, vahşi yaşam, ormanlık alanların durumu, akarsuların gelişimi, bitki örtüsünün görünümü, yeryüzü şekillerindeki değişim gibi coğrafyaya özgü olan değerler turizmin anahtar belirleyicileridir (Gunn 1988: 73-74). Diğer taraftan, fiziki faktörlerin kendileri birer çekicilik olmakla beraber bu çekiciliklerin kullanımını sağlamada da (ulaşımda olduğu gibi) destekleyici veya engelleyici olmaktadırlar. Bu bağlamda araştırma sahamızın genel fiziki özellikleri, turizmle ilişkili olduğu çerçevede açıklanmaya çalışılmıştır.

2. Yer Şekilleri

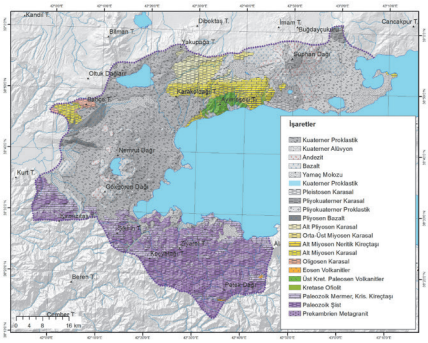
Araştırma alanı, jeolojik olarak çok genç volkanik alanlar ile çok yaşlı masif alanları birlikte barındırır. Alanın güneyindeki dağlık saha Bitlis Masifi olarak adlandırılır ve Paleozoik yaşlıdır (Şekil 1). 3,620 km² lik bir alana karşılık gelen araştırma sahasında, farklı etken ve süreçlere bağlı olarak gelişen şekil gruplarına rastlanılmaktadır. Bunlardan ilki, Nemrut ve Süphan volkanik dağları çevresindeki volkan topografyasıdır. Süphan Dağı zirvesindeki buzul, glasyal jeomorfoloji için değerlendirilebilecek bir noktadır. Van Gölü kıyıları ve burada yer alan lagünler, koylar ve plajlar ile bir kısım falezli kıyılar, kıyı jeomorfolojisi açısından önemli yerlerdir. Tatvan ilçe merkezinin güneyi ve doğusunda yarılmanın çok fazla olduğu ve flüvyal aşınımın farklı örneklerinin görüldüğü yüksek sahalar flüvyal jeomorfoloji açısından değerlendirilebilir ve bu alanda enine vadi gelişiminin hemen her evresini bulmak mümkündür. Nemrut dağı zirvesinde ve çevresindeki gevşek yapılı alanlarda özellikle yazın esen rüzgarların da katkıda bulunduğu şekillenme kurak-yarı kurak bölge jeomorfolojisine ait örnekler sunmaktadır. Ayrıca gerek Van Gölü çevresinde gerekse Batmış Göl yakınlarında (batısında) çeşitli kütle hareketlerine (heyelan, toprak kayması) de rastlanılmaktadır. Batmış Göl ve Göllü Polyeleri yine karstik oluşum örnekleri olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 1: Araştırma Alanı ve Çevresinin Konum Haritası

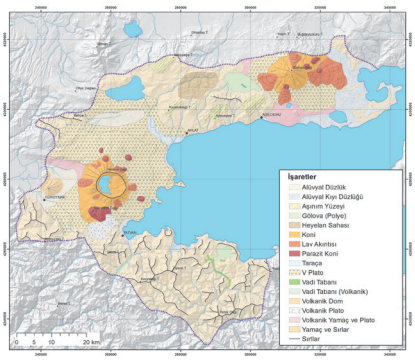


Şekil 2: Araştırma Alanı ve Çevresi Fiziki Haritası

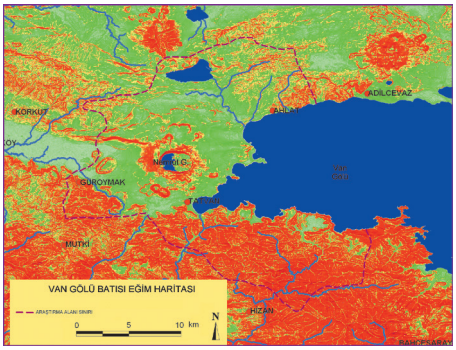


Şekil 3 Araştırma Alanı Jeoloji Haritası

Kaynak: 1:500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, 2002, MTA



Şekil 4: Araştırma Alanı Morfografya Haritası



Şekil 5: Araştırma Alanı Eğim Haritası

Morfolojik karakterine göre farklı ünitelere ayrılan sahada dağlar, platolar, ovalar, vadiler, plajlar ve diğer jeomorfolojik birimlere rastlanılabilmektedir. Morfolojik açıdan sahanın duyarlılığı düşünüldüğünde, karşımıza birçok kriter çıkmaktadır. Bunlar;

- Şeklin Türkiye'de ve dünyada görülme sıklığı,
- Şeklin bozulabilirliği,
- Şeklin oluşturduğu ekosistem, (Şekli bir ekosisteme temel oluşturuyor ise)
- Şeklin kimyasal aşınmaya karşı direnci (Şekil su ve kar örtüsünden etkileniyor, hava ile temas ederek bozulmaya maruz kalıyorsa ve çabuk ortadan kalkıyorsa aşınmaya direnci azdır, tersi durumda aşınmaya direnci fazladır),

- Şeklin duyarlılığı (Şekil doğal olarak ömrünü ifade etmektedir. Şekil çabuk bozulabiliyorsa duyarlılığı az, uzun zaman aynı kalabiliyorsa duyarlılığı fazla demektir),
- Şeklin insan faaliyetlerinden etkilenme durumu, (Şekil insan faaliyetleriyle ortadan kaldırılabiliyorsa direnci az, insan faaliyetlerinde etkilenmeyecek kadar büyükse direnci fazladır).

Aşağıdaki morfolojik sınıflandırmaya göre yapılan harita direnç ve duyarlılık esasına göre hazırlanmıştır (Şekil 6). 1. derecedeki yerler, hassas, insan etkisine çok fazla duyarlı, çabuk yok olabilen, dünyada örneği az olan şekilleri ifade ederken, 4. derecede alanlar ise dirençli, insan müdahalesinden kolayca etkilenmeyen, dünyada örneği bolca bulunan alanları ifade etmektedir. Dolayısıyla şeklin özel ve nadir olması ve aynı zamanda bölgeyi karakterize ediyor olması bölgenin çekim gücünü artırırken tersi durum azaltmaktadır. Bu anlamda Şekil 4 incelendiğinde alanın tek başına morfolojik duyarlılık konusunda bile ekoturizme konu olabilecek bir özellik gösterdiği anlaşılmaktadır.

Şekil 4'de de görüldüğü üzere, *Süphan Dağı Zirvesi ve çevresi:* Saha güncel bir buzul sahası olmasının yanında, Süphan volkanın kraterini de oluşturmaktadır. Süphan Dağı zirvezi özellikle buzul morfolojisi açısından çok özel bir yere sahiptir. Zira dağın zirvesinde birinci patlama çukuru içersinde yer alan oldukça geniş bir alana yayılmış aktif (daimi) buzulun varlığı ve aynı şekilde ikinci patlama alanında yer alan daha küçük ölçekli aktif buzullar, buzul gölleri ve buzul morfolojisinin oluşturduğu şekiller, bölgeye ayrı bir zenginlik katmakta ve bölgeyi ulusal ölçekte farklı kılmaktadır.

Nemrut Kalderası ve Çevresi: Bu bölge, büyük kalderanın bulunduğu bölgedir ve içerisinde ikisi dönemlik, ikisi ise daimi olmak üzere dört adet göl bulunmaktadır. Bu göller içerisinde sedimantolojik olaylar gerçekleşmektedir. Bu sahanın kapalı havza olması ve kendini yenilime şansının olmaması, içerisinde bir çok endemik ve relik türün yanında, fauna açısından da zengin özelliklere sahip olması korunması gerekliliğini göstermektedir.

İncekaya Kalderası: Bu saha, Tatvan ilçe merkezinin 5 km doğusundadır ve bir kaldera özelliğindedir. İçerisinde bir köy yerleşmesinin de bulunduğu kaldera, jeomorfolojik olarak fazla nüfusa zemin oluşturabilecek bir özellikte değildir. Bu nedenle buranın da korunması gerekmektedir.

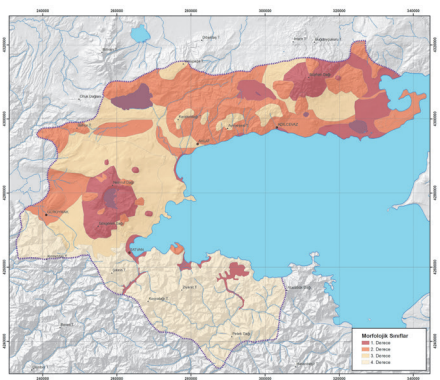
Aygır Gölü: Göl bir maar gölü olma özelliğindedir ve Türkiye'de İç Anadolu Bölgesi dışında maar gölünün görüldüğü ender yerlerden biridir. Gölün oluşumu tamamen ilksel topografyaya bağlı olduğu için, sonradan yapılacak müdahaleler, gölün ortadan kalkmasına neden olabilir. Ayrıca, Süphan dağı yamaçlarından

akarsu ve derelerce taşınan malzemeler, belli bir süre sonra bu gölü dolduracak ve ortadan kalkmasına neden olacaktır. Fakat bu olay oldukça yavaş seyretmektedir.

Arin Gölü: Eskiden soda üretiminin yapıldığı bir sahadır. Burada meydana gelen bir deprem sonrasında kaynak kaybolmuş ve üretim durmuştur. Arin gölü (sodalı göl) Pleistosen ve Holosen dönemlerinde muhtemelen Van Gölü ile birleşmiş ve sonradan ayrılmıştır. Halen gölün yükseltisi, Van Gölüne göre birkaç metre yukarıdadır. Birleşme dönemlerinde meydana gelen sedimantasyon Van Gölüne ait özellikleri yansıttığı için, gölde yapılacak sondajlar, Van Gölünün evrimi hakkında bilgiler sunabilecektir.

Akçıra Körfezi Çevresi: Bu saha, bir daire özelliği göstermese de her yöne sahip bir koy özelliğindedir (Batı, Doğu, Kuzey, Güney). Bu açıdan seyir zamanlarında oldukça önemli avantajlar sunabilir. Güneşin doğuşunu seyretmek mümkün olduğu gibi, batışını da aynı mekan içerisinde sadece kısa mesafe değiştirmek koşuluyla seyretmek mümkündür.

Kapma Sahası ve Güzeldere Vadisi: Tatvan şehir merkezinin güneydoğusunda Kotum Çayı'nın kaynak sahası ile Güzelsu Çayı'nın kaynak sahası arasındaki subölümü hattına denk gelen sahadır. Bu sahada bir kapma olayı meydana geldiği bilinmektedir (Biricik 1987). Birecik'e göre, Saptur Deresi daha önceleri güneye doğru akarken, yan derelerin vadisini doldurması sonucunda sularını Van Gölü'ne göndermeye başlamıştır.



Şekil 6: Araştırma Alanı Morfolojik Duyarlılık Derecelendirme Haritası

Derece	Alan (km2)	%
1. Derece	611.1	16.5
2. Derece	1067.1	28.9
3. Derece	961.8	26.0
4. Derece	1054.0	28.5
Toplam	3693.9	100.0

Tablo 1: Morfolojik Birimlerin Derecelere Göre Alansal Dağılımı

Değerlendirmeler sonucunda elde edilen haritada yapılan ölçümler göstermiştir ki; sahanın %16,5'i 1. derecedeki alanlardan meydana gelmektedir. Bu da alanda oldukça önemli sayılabilecek morfolojik değerlerin olduğunu göstermektedir.

Sahada, mofolojik olarak koruma gerektirmeyen ve gerekli çalışmalar yapıldıktan sonra kullanılabilecek alanların oranı % 28.5 civarındadır (Tablo 1).

3. Arazi Örtüsü

Çalışma alanına ait arazi örtüsü, Çevre Bakanlığınca gerçekleştirilen Corine Projesinde üretilen veriler kullanılmak suretiyle oluşturulmuştur. Bu veriler 1:100.000 ölçekli harita üzerine işlenmiştir. Araştırma alınına ilişkin haritanın oluşturulmasında 2006 yılına ait veriler kullanılmış ve alanların duyarlılık sınıfları oluşturulmuştur. Corine arazi örtüsüne ait teknik bilgiler Koca, Doran ve Kılıç (2009)'dan alınmıştır.

Van Gölü batı kesmi içerisinde, dağlık alanlar, sulak alanlar, volkanik alanlar ve plato toplulukları bulunmaktadır. Bu nedenle arazi örtüsü de bu ana unsurlara göre şekillenmektedir. Araştırma sahası göl kıyısında bulunmasına rağmen kıyı kullanımının, diğer bir ifadeyle su ve suya ilişkin her türlü arazi kullanımının çok sınırlı olduğu bir alandır. Ancak bu durum, özellikle ekoturizmde önemli bir çekim alanı ve turistleri motive eden bir değerin büyük ölçüde tahrip edilmeden korunmasını sağlamıştır. Aşağıda araştırma alanında yer alan arazi örtüleri ve bu alanların arazi büyüklükleri bulunmaktadır (Tablo 2.

3.1. Arazi Örtülerinin Özellikleri ve Araştırma Alanındaki Dağılışı

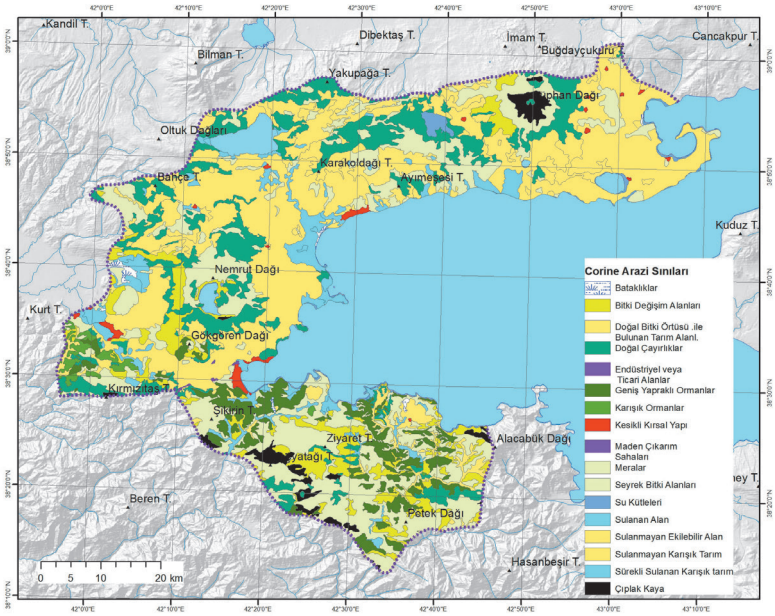
Kesikli Kırsal Yapı (Şehir Yapısı): Bu alanlar araştırma alanımızdaki kasaba nitelikli yerleşmelere denk gelmektedir. Tatvan, Güroymak, Ahlat ve Adilcevaz ilçe merkezleri ve bunlara bağlı büyük köy yerleşmeleri bu sınıflandırma içinde değerlendirilmiştir. Toplam alanın % 1'inden daha az yer kaplayan kırsal alan 25 km^2'lik bir sahaya tekabül etmektedir.

Maden Çıkarım Sahaları ve Endüstriyel/Ticari Alanlar: Sözkonusu sahalar dar bir bölgeyle temsil edilmektedir. Bu sahaların büyük çoğunluğu, Nemrut ve Süphan volkanları çevresindeki pomza üretim alanlarıdır.

Sulanmayan Ekilebilir, Sulanmayan Karışık Tarım ve Doğal Bitki Örtüsü Bulunan Tarım Alanları: Araştırma alanında en geniş alan kaplayan arazi örtüsü sulanmayan ekilebilir alanlardır. Bu arazi türü, toplam sahanın % 28'ini kaplar ve 1,020 km^2'lik mutlak alana sahiptir. Araştırma alanında, Nemrut Dağı çevresindeki volkanik platolar üzerinde, Süphan Dağı güneydoğusundaki alüyal ve volkanik sahalarda, Nazik Gölü çevresinde ve Göllü Polyesi ile Muş Ovası'nın doğu kısmında yayılış göstermektedir.

Tablo 2. Araştırma Alanındaki Arazi Örtüsü Çeşitleri ve Oranları

Arazi Örtüsü	Alan (km^2)	Oran (%)	Arazi Örtüsü	Alan (km^2)	Oran (%)
Endüstriyel veya Ticari Alanlar	1.5	0.0	Bataklıklar	11.3	0.3
Maden Çıkarım Sahaları	0.4	0.0	Su Kütleleri	31.4	0.9
Meralar	43.2	1.2	Çıplak Kaya	69.5	1.9
Geniş Yapraklı Ormanlar	204.0	5.6	Sulanmayan Karışık Tarım	39.5	1.1
Kesikli Kırsal Yapı	24.9	0.7	Sürekli Sulanan Karışık tarım	95.5	2.6
Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları	309.1	8.5	Sulanmayan Ekilebilir Alan	1,020.0	28.2
Karışık Ormanlar	33.2	0.9	Sulanan Alan	102.1	2.8
Bitki Değişim Alanları	268.6	7.4	Doğal Çayırlıklar	539.7	14.9
Seyrek Bitki Alanları	826.1	22.7	Toplam	3,620.0	100.0



Şekil 7: Araştırma Alanı Arazi Örtüsü Haritası

Sulanan Alanlar, Sürekli Sulanan Karışık Tarım: Ahlat ilçe merkezi güneybatısında, Güroymak ilçe merkezi çevresinde, Adilcevaz yakınlarında ve Güzelsu vadi tabanları ile Tatvan civarında sulanan alanlar bulunmaktadır. Vadi tabanlarında akarsudan direkt alınarak sağlanan su, Adilcevaz civarında Aygır Gölünden, Ahlat civarında Surfesor Deresinden alınan su ile karşılanmaktadır. Yeraltısuyu ile sulama, araştırma alanında sınırlı bir alanla temsil edilmektedir.

Meralar ve Seyrek Bitki Alanları: Meralar, 865 km^2'lik alanı kaplamaktadır. Bu da tüm alanın neredeyse dörtte birine denk gelmektedir. Meraların düşük yükseltide olanları yoğun kullanılırken, yüksek sahalardakiler nadiren kullanılmaktadır. Fakat özellikle Bitlis Masifi'nin Koçyatağı Tepesi civarında yaylaların yoğun olması nedeniyle meralar da yoğun kullanılmaktadır. Meralar, Nemrut kraterinde ve krater kuzeyinde, Mazik domunda, Ahlat ve Adilcevaz kuzeyinde, Süphan dağı çevresinde ve doğusunda yaygındır. Bitlis Masifi'nin büyük kısmı meralardan oluşmaktadır.

Geniş Yapraklı Ormanlar ve Karışık Ormanlar*: Ormanlar, sahanın güneyinde, Bitlis Masifindeki vadilerde görülmektedir. Toplam 237 km^2 alan kaplayan ormanlar tüm alanın % 10'u civarındadır.*

Bitki Değişim Alanları: Araştırma alanında bu tip araziler Bitlis Masifinde yer alan ormanları çevrelemektedir. Ayrıca Nemrut volkanı güneybatısı ile Süphan volkanı kuzeybatısında görülmektedir.

Doğal Çayırlıklar: Nemrut volkanı çevresinde, Batmış Göl çevresinde ve özellikle batısında, Süphan volkanı doğusunda ve Muş Ovası'nın doğu kesimlerinde karşımıza çıkmaktadır

Bataklıklar: Göllü Polyesi'nin bir kısmı ile, Muş Ovası'nın doğusunda ve Batmış Göl çevrelerinde bu tip arazilere rastlanılmaktadır

Çıplak Kayalıklar: Çıplak kayalık alanlar 70 km^2 civarındadır ve tüm alanın ancak % 2'sini kaplarlar. Bu kayalıkların büyük bir kısmı Bitlis Masifinde, yükseltisi fazla olan sahalarda karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca Süphan Volkanın çevresinde ve Nemrut Kalderası çevresinde de bu tür araziler bulunmaktadır

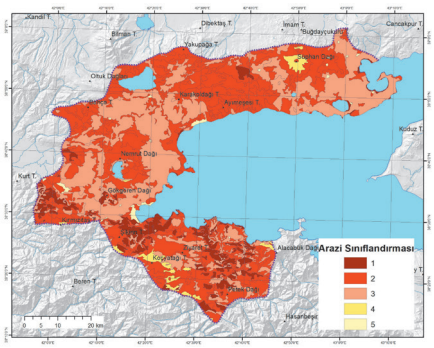
Tablo 3: Araştırma Alanında Yer Alan Arazi Tiplerine Ait Duyarlılık Sınıf Cetveli

Açıklama	**Duyarlılık**	**Alan (km^2)**	**Açıklama**	**Duyarlılık**	**Alan (km^2)**
Bataklıklar	1	11,6	Meralar	2	43,2
Bitki Değişim Alanları	3	268,6	Seyrek Bitki Alanları	2	822.1
Doğal Bitki Örtüsü Bulunan Tarım Alanları	2	309,1	Su Kütleleri	1	31,4
Doğal Çayırlıklar	2	539,7	Sulanan Alan	2	102,1
Endüstriyel veya Ticari Alanlar	5	1,5	Sulanmayan Ekilebilir Alan	3	1,020.0
Geniş Yapraklı Ormanlar	1	204,0	Sulanmayan Karışık Tarım	3	39,5
Karışık Ormanlar	1	33,2	Sürekli Sulanan Karışık tarım	2	95,5
Kesikli Kırsal Yapı	5	24,9	Çıplak Kaya	4	69,5
Maden Çıkarım Sahaları	3	0,4	Toplam		3,616

3.2. Arazi Örtüsüne Göre Araştırma Alanının Duyarlılığı:

Arazi örtüsüne göre duyarlılık haritalanırken, aşağıdaki kriterler kullanılmıştır. Bunlar oluşturulurken insan faktörü birinci derecede belirleyici değişken olarak göz önüne alınmıştır. Buna bağlı olarak sayıca çok insanın yaşadığı alanlar "5" az duyarlı alanlar olarak belirlenmiştir. Buna karşın, orman örtüsü gibi kendi içerisinde bir ekosistem oluşturan ve bu ekosistemin insan tarafından fazlaca tehdit edilmediği alanlar ise "1" yani çok duyarlı olarak belirlenmiştir.

Arazi örtüsü duyarlık sınıflarına göre, araştırma alnının büyük bir kısmı duyarlı alanlardan oluşmaktadır. Nemrut Volkanı ve yakın çevresi ile, Nazik Gölü çevresi, Batmış Göl çevresi, Aygır Gölü ve Arin Gölü çevresi ile Süphan Dağı çevresi duyarlı alanlardan oluşturmaktadır. Ayrıca Bitlis Masifinin bitki örtüsü ile kaplı alanları ve mera durumundaki alanlar da duyarlı sınıfa girmektedir (Şekil 8, Tablo 4).



Şekil 8. Araştırma Alanında Arazi Örtüsüne Göre Duyarlılıklar

Duyarlılık Sınıfı	Alan (km2)	Oran %
1	280.2	7,7
2	1,911.7	52,9
3	1,332.3	36,7
4	69,5	1,9
5	26,3	0,7
Toplam	3,620.3	100.0

Tablo 4. Araştırma Alanında Arazi Örtüsüne Göre Duyarlılık Sınıfı

Arazi örtüsüne göre yapılan sınıflandırmada, araştırma alanındaki en duyarlı alanların Batmış Göl ile, Bitlis Masifi üzerindeki orman örtüsü olduğu anlaşılmaktadır. Bunun yanında en dirençli sahaların ise Bitlis Masifi ve Süphan Dağı üzerindeki kayalıklar olduğu görülmektedir.

4. İklim Özellikleri

İklim ile turizm arasında sıkı bir ilişki vardır. İklim turizm çeşitlerinin alansal dağılışını etkilediği gibi, mevsimlik turizm göçünü yönlendirmekte, kitle turizminin başlıca yaratıcılarından biri olmaktadır (Soykan, 2003 :18,19). Yer seçiminde bir tercih faktörü olan iklim, turizm sezonunun kısa veya uzun olmasını da etkileyebilmektedir. Özellikle belirli turizm aktiviteleri için belirli mevsimlerin seçilme-

sinde önemli rol oynadığı gibi, yıl boyu güneşli ve açık gün sayısının varlığı hem tercih hem de kârlılık nedeni olarak karşımıza çıkabilmektedir. Yaz sezonunda güneşli gün sayısı ve güneşlenme süresi, kış aylarında karın yerde kalma süresi, kalınlığı ve kalitesi bir turizm bölgesi için fırsattır. Bu nedenledir ki, turizme açılan her alan için, iklim elemanları belirleyici ve hatta yönlendiricidir. Dahası iklim elemanları açısından uygun olan ve manzara fırsatı sunan alanlarda ekoturizm geliştirilebilir ve istihdam yaratmada bir araç olarak kullanılabilir.

Bu bağlamda araştırma alanı incelendiğinde, iklim elemanlarının bölgede gerek yaz ve gerekse kış mevsiminde farklı turizm aktivitelerinin yapılmasına fırsat sunduğu görülmektedir. Ancak bölgenin turistler tarafından ziyaret aralığına bakıldığında ziyaretin ağırlıklı olarak (%90'dan fazlası) yaz mevsiminde ve belli alanlarla sınırlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun temel nedenleri, bölgenin altyapı ve ulaşılabilirlik sorunları olduğunu söylemek mümkündür. Dolayısıyla kış mevsiminde başta kayak olmak üzere bir çok turizm aktivitesine fırsat sunabilen bölge, maalesef çok az sayıda sadece yerli turist hareketine sahne olmaktadır. Şüphesiz alanın ekoturizme açılması ve ileriye yönelik bir yapılanma çalışmasının gerçekleştirilmesi için, sahanın iklim özelliklerinin bilinmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir.

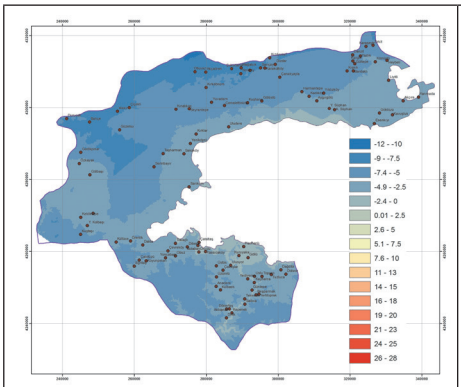
Araştırma alanı, Doğu Anadolu da hüküm süren karasal iklim şartlarına sahiptir. Fakat Van Gölünün sağladığı serinletici ve nemlendirici etkiye de tabidir. Saha çevresine göre daha yağışlıdır. Özellikle yaz aylarında ve geçiş mevsimlerinde, güneyden sokulan hava kütlelerinin yağış bıraktığı son noktayı oluşturmaktadır.

Araştırma alanı iklimi, araştırma sahasında yapılan gözlemler, bitki örtüsü özellikleri ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne ait meteoroloji istasyonlarının verilerine göre incelenmiştir. Araştırma alanı ve yakın çevresinde toplam 7 istasyon bulunmaktadır. Bu istasyonlar ilk başta sahanın ikliminin belirlenmesi için yeterli görünse de, istasyonların hemen hepsinin göl çevresinde (1,700 metreler civarı) ve alçak sahalarda bulunmaları bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. İstasyonlar çevresindeki yağış, sıcaklık, rüzgâr, nem ve basınç hakkında bilgiye sahipi olunsa da, ne Süphan Dağı yamacında, ne Nemrut Dağı yamacında (ki burada kayak tesisi de yapılmıştır) ne de Tatvan güneyindeki dağlık sahada dağları karakterize edecek istasyonlar yoktur. Bu nedenle bu sahalar anlatılırken modelleme yoluna gidilmiştir.

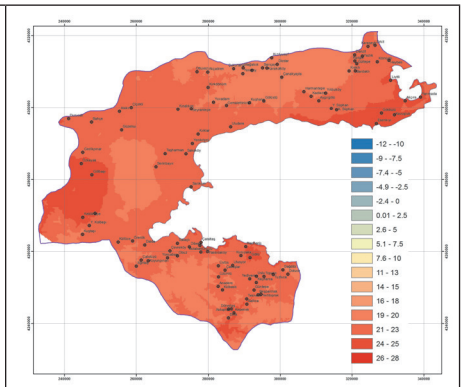
4.1. Sıcaklık Şartları

Araştırma alanında kış aylarında sıcaklıklar sıfırın altında seyretmektedir. Ancak günün belli saatlerinde sıcaklıklar yükselmekte ve çoğu zaman donmuş

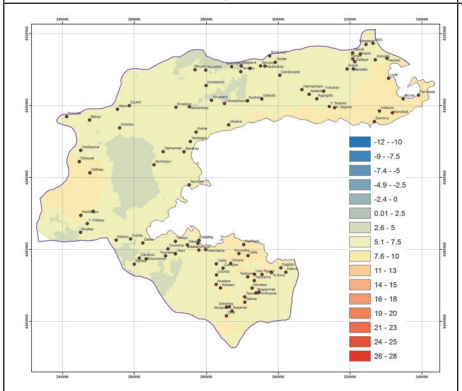
zeminin erimesini sağlayamamaktadır. Özellikle Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında, sıcaklıklar, 0 ºC'ın altında seyretmektedir. Alan özellikle yaz aylarında ekoturizm aktiviteleri için oldukça uygun bir ortam oluşturmaktadır. Zira sıcaklıkların yaz ayları boyunca çok yüksek seyretmemesi ve buna ilaveten nemlilik durumunun insan sağlığı için ideal bir düzeyde kalması bu durumu destekler niteliktedir.



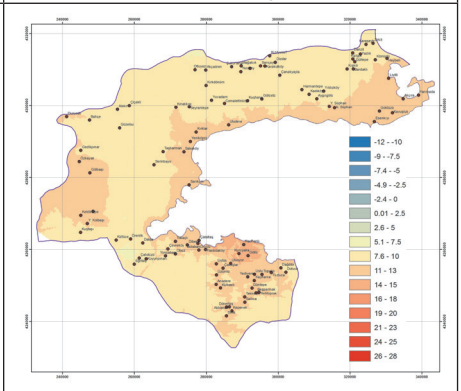
Şekil 9. Ocak Ayı Ortalama Sıcaklık Dağılışı



Şekil 10. Temmuz Ayı Ortalama Sıcaklık Dağılışı



Şekil 11. Nisan Ayı Ortalama Sıcaklık Dağılışı



Şekil 12. Ekim Ayı Ortalama Sıcaklık Dağılışı

Bahar aylarında ortalama sıcaklıklar yükselmektedir. Yaklaşık 7-8 ºC'ye yükselen sıcaklıklar göl çevresinde ve Bitlis Vadisi civarında daha yüksek, Nemrut ve Süphan dağları civarında ise düşük seyretmektedir.

Yaz aylarında sıcaklar ülkemizde çok yükselse de genel olarak araştırma alanı ve çevresinde çok yüksek sıcaklıklara rastlanmaz. Bunda özellikle sahanın kısa mesafede değişen yükselti şartları (dağlık alanlar ile düzlük alanlar) ve kara ile göl

yüzeyi arasında bulunmasının etkisi büyüktür. Bu etkenlere bağlı olarak günlük rüzgarlar sürekli esmekte ve hava sirkülasyonunu sağlayarak fazla ısınma ve fazla soğumayı engellemektedir.

Sonbahar mevsiminde sıcaklıklar düşmektedir. Bölgedeki ilk kar Süphan Dağına düşer. Ekim 15'te düşen kar bazen yaz aylarının ortalarına kadar erimeden kalabilmektedir. Sıcaklıklar kış mevsiminde Nemrut ve Süphan Dağı zirve kesimlerinde sürekli olarak 0 derecenin altındadır. Van Gölü kıyıları kış aylarında çevreye oranla daha ılık geçer. Fakat termik ısınmadan kaynaklanan rüzgarlar sıcaklık şartlarını dengelemeye çalışmaktadır.

4.2. Yağış Şartları

Van Gölü ve çevresi, çeşitli iklim parametrelerinde olduğu gibi; yağış şartları bakımından da birbirinden farklı sahaları barındıran bir alandır. Araştırma alanı ki, özellikle havzanın güney batısı, havza içerisinde en fazla yağış saha niteliğindedir. Van Gölü doğusunda 400 mm olan yağış, Tatvan civarında 800 mm'ye çıkar ve hatta daha güneyde 1,000 mm civarına ulaşır. İstasyonlar arasında görülen bu fark, topografik şartlar açısından biraz daha farklılık göstermektedir.

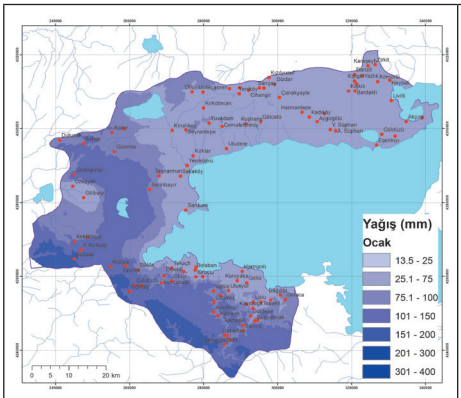
Çalışma alanı, yağış açısından değerlendirildiğine, iki farklı yağış bölgesine ayrılabilmektedir. Bunlardan ilki, Tatvan güneyindeki dağlık alandır ki burada, 1,200 mm civarında yağış düşmektedir. Bundan dolayı da doğal orman oluşumuna izin vermektedir. İkinci kuşak ise, Tatvan kuzeyinde, Nemrut ve Süphan Dağını ve kıyıdaki düzlükleri kapsayan sahadır. Bu alanda yağış birden azalır. Güneyden gelen hava kütleleri, yağışı Güneydoğu Toroslarda (Bitlis civarındaki dağlık kütleye) bırakarak bu alana geldiğinden yağış ihtimalleri de düşmektedir. Ancak, Süphan ve Nemrut dağlarının yüksek kısımlarında yükseltiye bağlı olarak ve çoğunlukla kar şeklindeki yağışlarda artış gözlenmektedir.

Araştırma sahası ve çevresinde bulunan meteoroloji istasyonlarından, Bitlis 1,255 mm yağış almakta, onu 1,024 mm ile Hizan, 830 mm ile Tatvan, 649 mm ile Reşadiye, 548 mm ile Ahlat ve 493 mm ile Adilcevaz takip etmektedir. Bu değerlere göre araştırma alanında hem yarı kurak hem de nemli ve çok nemli sahaların mevcut olduğu söylenebilir.

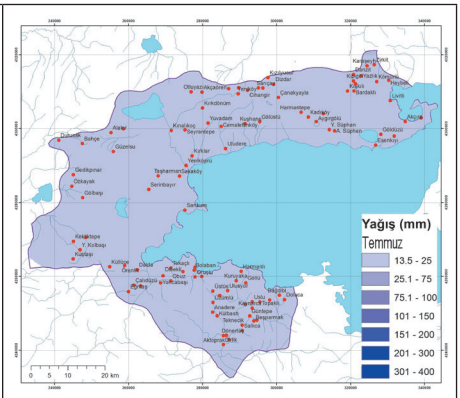
Sahanın kuzeydoğusunda, Kavuştuk Yarımadası civarında yıllık ortalama toplam yağış 300 mm civarındadır. Bu saha araştırma alanının en az yağış alan kesimidir. Bunun dışında, Van Gölü kıyıları ve Muş Ovasının doğusu olarak söyleyebileceğimiz Güroymak civarında da yağış miktarı yükseltiden dolayı fazla değildir. Fakat özellikle, Süphan Dağı, Nemrut Dağı ve Tatvan güneyindeki dağlık sahada yıllık toplam yağış miktarı artış gösterir. Bu sahalarda yağış miktarı 1,000

mm'nin üzerine çıkar. Genel olarak yağışlar kış ve ilkbahar mevsimlerinde düşer. Bu iki mevsim yıllık toplam yağışın %70'ine yakınını oluşturur. Bu oran Adilcevaz istasyonunda %58, Ahlat'ta %59, Bitlis'te %75, Hizan'da %76, Reşadiye'de %67, Tatvan'da %72 civarındadır. Güneye inildikçe kış yağışları artış gösterir (Şekil 13). Hizan'da bu oran tüm yağışların %44'ünü oluşturur. Yaz yağışları tüm istasyonlarda %10'un altındadır. Sonbahar yağışları ise kuzeye doğru artar. Ahlat'ta %24'e ulaşan sonbahar yağışları, Adilcevaz'da %34 civarındadır (Şekil 13, 14, 15, 16, 17).

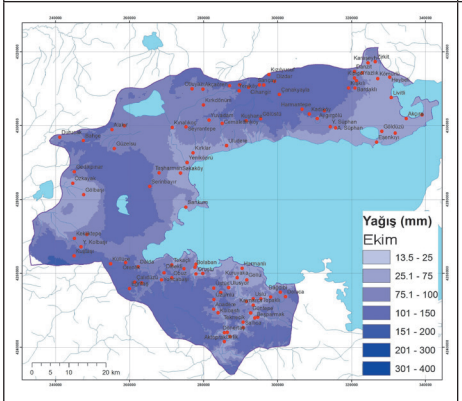
Mevsimlere göre yağış değerleri incelendiğinde düzensiz yağış rejiminin bölgeyi karakrize ettiği görülür. Sözkonusu yağış düzensizliği, bölgenin karasallığından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle yıl içerisinde iki yağışlı dönem ve ikide kurak dönem karşımıza çıkmaktadır. Kurak dönemi temsil eden aylar, Ocak ve Temmuz ayları olurken; yağışlı dönemi karekterize eden aylar ise Nisan ve Ekim aylarıdır.



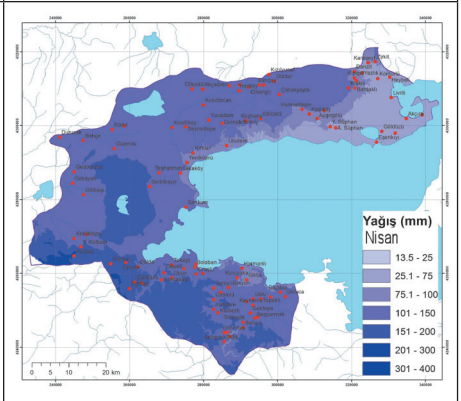
Şekil 13. Ocak Ayı Uzun Yıllık Yağış Miktarı



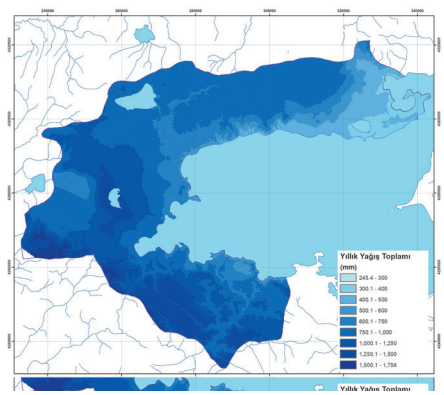
Şekil 14: Temmuz Ayı Uzun Yıllık Yağış Miktarı



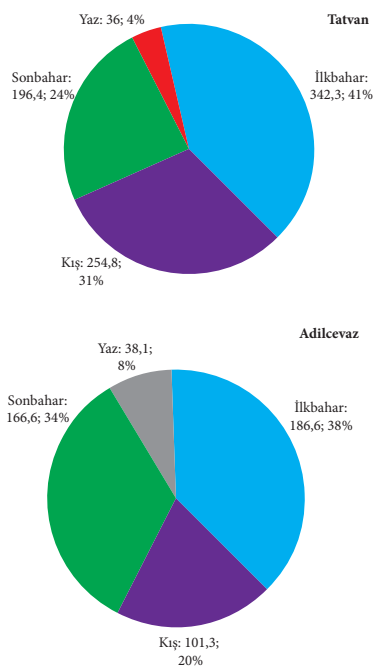
Şekil 15: Ekim Ayı Uzun Yıllık Yağış Miktarı



Şekil 16: Nisan Ayı Uzun Yıllık Yağış Miktarı



Şekil 17: Araştırma Alanı Uzun Yıllık Ortalama Yağış Haritası



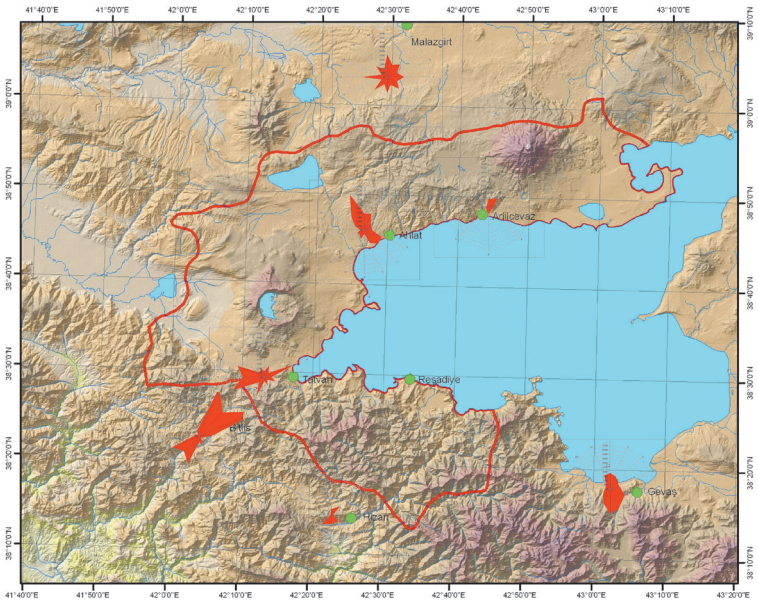
Şekil 18: Adilcevaz ve Tatvan İstasyonlarında Yağışın Mevsimlere Dağılışı

4.3. Rüzgar Şartları

Araştırma alanı ve çevresinde rüzgâr esme yönleri topografya şartlarına uygundur. Buna rağmen yerel, bölgesel ve genel hava dolaşımı da bu rüzgâr şartlarını etkilemektedir. Araştırma alanında en fazla rüzgâr esme sayısı Bitlis'tedir. Bunda Bitlis'in vadide olması ve rüzgârında bu alana kanalize olmasının etkisi büyüktür. Bitlis vadisinde en fazla rüzgâr kuzey ve kuzeydoğu yönlerden esmektedir. Güneydoğu ve kuzeybatıdan kapalı olan vadi de, güneybatı sektörlü rüzgâr da sıklıkla esmektedir.

Tatvan istasyonundaki hâkim rüzgâr yönü güneybatı yönüdür. Özellikle Muş Ovasında batıdan esen rüzgârlar (Türkiye genel olarak batı rüzgârlarının etkisindedir) Rahva düzünde Van Gölüne doğru yönelirler. Bu nedenle de Tatvan'a güneybatıdan rüzgar esme sayısı oldukça fazladır. Bunun yanında Tatvan, Van Gölü yönünden de rüzgâr almaktadır. Bu durum genellikle gölün termik nedenlerle yüksek basınç koşullarına sahip olduğu durumlarda görünür. Yaz aylarında, Nemrut çevresinde esen rüzgârlar erozyona da neden olmaktadır. Özellikle bu dönem-

de toprak neminin az olması, sahanın hafif bünyeli topraklardan meydana gelmesi rüzgâr erozyonunu artıran etmenlerdendir (Şekil 19).

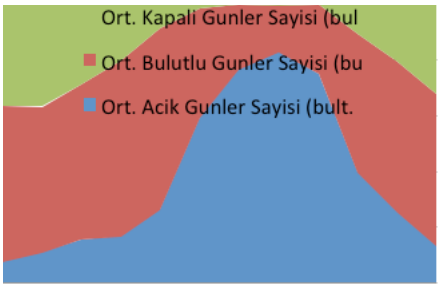


Şekil 19. Araştırma alanı ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının hakim rüzgar yönleri ve sıklıkları

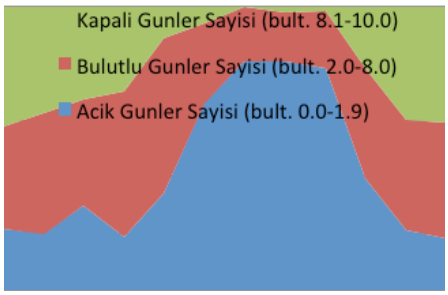
4.4. Bulutluluk

Bulutluk meteorolojide ***3 kategoride*** incelenir. Gökyüzü **10** eşit parçaya bölündüğünde **0-2** parçasının kapalı olduğunda açık, **2-8**'i kapalı olduğunda bulutlu, **8-10**'u kapalı olduğunda kapalı gün olarak değerlendirilir. Tatvan istasyonunda yaz aylarında açık gün sayısı fazla iken kapalı gün sayıları çok düşüktür. Kapalı gün sayıları kış aylarında artmaktadır. Buna paralel olarak yaz aylarında azalan bulutlu gün sayısı, kış aylarında artış gösterir. Yaz aylarında bulutlu ve kapalı gün sayısı az olması, göl çevresindeki deniz (göl), güneş ve kum üçlemesinde önemli bir faktör olarak düşünülebilir. Diğer bir ifadeyle kitle turizmi olmasa da Van Gölü etkin bir şekilde deniz turizmine konu edilebilir.

Bitlis istasyonunda Tatvan istasyonunda olduğu gibi yaz aylarında açık gün sayısı fazla iken kapalı gün sayıları çok düşük, kış aylarında ise tam tersidir. Buna paralel olarak bulutlu gün sayıları da yaz aylarında düşmektedir. Bununla beraber, Bitlis istasyonu Tatvan istasyonuna göre, kapalı günlerin ve bulutlu günlerin arttığı bir istasyon olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 20).



Şekil 20. Tatvan'da Bululutluk Şartları

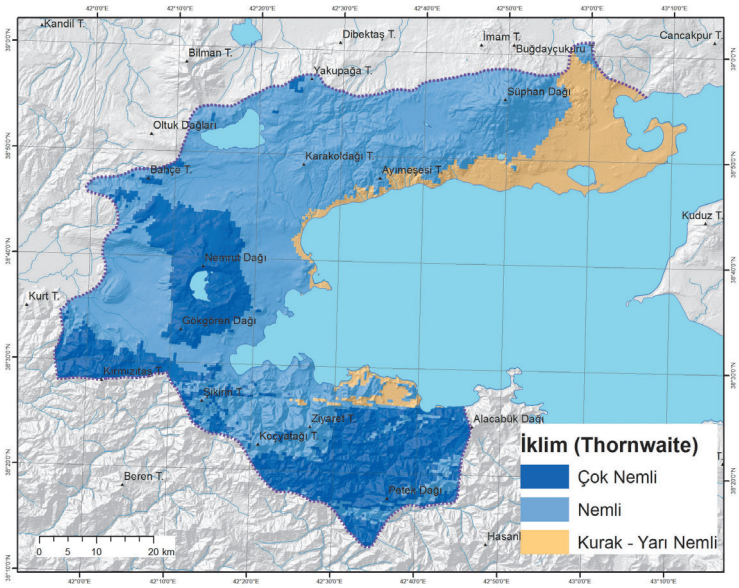


Şekil 21. Adilcevaz'da Bululutluk Şartları

Adilcevaz istasyonu verileri 6 yıllık olmasına rağmen benzer özellikler göstermektedir. Fakat burada açık günler güneydeki istasyonlara nazaran daha fazladır (Şekil 21).

4.5. Araştırma Alanında İklim Tipi ve Duyarlılığı

Araştırma alanında Thornwaite iklim sınıflamasına göre yapılan haritada, sahada 21 farklı iklim tipi belirlenmiştir. Fakat bunlar genellendiğinde 3 farklı iklim tipinin sahada hüküm sürdüğü söylenebilir. Bunlar Thornwaite nemlilik indisine göre, A-Çok Nemli, B-Nemli ve C-Kurak-Yarı Nemli İklim Tipleridir (Şekil 22).



Şekil 22: Thornwaite Nemlilik Sınıflarına Göre Araştırma Alanı İklimi

Bu sınıflamaya göre, Nemrut volkanının kalderası ve çevresi ile Bitlis Masifinin yüksek kesimlerinde çok nemli iklim hüküm sürmektedir. Bu alanı çevreleyen, Muş Ovası, Güzelsu Vadisi, Tatvan Körfezi, Nazik Gölü çevresi ve Süphan Volkan konisi ile batısı nemli iklim bölgesi içindedir. Süphan Volkanı doğusunda Arin Gölü ve Çevresi ile Ahlat ve Adilcevaz kıyıları ve Göllü Polyesi çevresinde ise kurak-yarı nemli bir iklim mevcuttur.

Araştırma alanında iklime göre duyarlılık düşünüldüğünde, nemliliği az olan sahaların özellikle de nemli-kurak geçişindeki sahaların ayrı bir önemi bulunmaktadır. Çünkü bu alanlar, gerçekte geçiş bölgeleridir ve nemli ile kurak arasında bir geçişi kuşağı oluştururlar. Doğal gidişe bağlı olarak bazı yıllar nemli karakter gösterirken bazı yıllar kurak karakter kazanabilirler. Meydana gelebilecek bir olay örgüsü sonucunda bu kurak-nemli geçişindeki alanlar nitel değişimler göstererek geçiş özelliğini yitirip tek bir karakter kazanabilirler. Bu nedenle en duyarlı sahaları meydana getirmektedirler. Nemli ve çok nemli bölgelerde meydana gelen değişimler yine nemli iklim bölgesi içerisinde nicel değişimler yaratabilir. Bu değişim nemli alanlarda daha fazla hissedilebilir. Dolayısıyla sahada iklim açısından en duyarlı alanların çok nemli sahalar olduğu söylenebilir.

5. Bitki Örtüsü (Floristik Özellikler)

Araştırma Alanı, İran-Turan fitocoğrafik bölgesinde yer almaktadır. Alanın karasal iklim koşullarına sahip olması ve volkanik sahalardan meydana gelmesi sebebiyle orman örtüsü azdır. Orman örtüsü ancak araştırma alanının güneyinde Bitlis ve Tatvan ilçesi arasındaki vadilerde, nispeten yağışın arttığı ve sıcaklığın çok düşmediği (dulda, kuytu) alanlarda görülür. Buralardaki orman örtüsü de genel olarak geniş yapraklı ağaç ve çalı karakterindedir. Yağış şartlarıyla ilgili bölümde de ifade edildiği gibi Tatvan güneyindeki dağlık alan, Tatvan kuzeyi, Nemrut Dağı, Süphan Dağı ve kıyıdaki düzlükleri kapsayan sahalar (1200 mm civarı) bölge ölçeğinde yüksek oranda yağış aldıkları için bitki örtüsünün çeşitlenmesine ve orman örtüsünün kısmen de olsa kendini göstermesine izin vermiştir. Parçalı orman görüntüsü dışında kalan sahaların büyük kısımı bozkırlardan (step) oluşmaktadır. Bu bozkır alanlar ilkbahar aylarında ve yaz başlarında yeşeren, yaz aylarında ise yeşilliğini kaybeden otsu karakterli, yer yer çalıların da görüldüğü bir bitki örtüsü özelliğine sahiptir. Sahanın yüksek olması nedeniyle, doğal olarak alanın büyük kısmı orman üst sınırının üzerindedir. Van Gölünün yükseltisinin 1648 olduğu ve Türkiye'de orman üst sınırının genel olarak 2000 metreler civarında olduğu düşünüldüğünde bu durumun etkisi daha iyi anlaşılmaktadır. Ancak, Nemrut Kalderasının iç kısmı, korunaklı bir saha olmasından ve kışın çevreye göre ılık

geçmesinden dolayı, çalı ve ağaç formunda bitkilerin tutunabildiği bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır.



Foto 1: Nemrut Kaldersı İçerindeki Titrek Kavaklar, Ilık Göl doğusu



Foto 2: Tokaçlı Köyü ve Tatvan Arasındaki Meşe Ormanı

Nemrut dağı bitki örtüsü bakımından da ilgi çekici bir özellik gösterir. Nemrut Kalderası içerisinde yer alan bitki örtüsü, Orman Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan haritada yer verilmemiştir. Ancak kaldera içerisinde farklı türlerde (Titrek kavak, Meşe (Quercus) ve Huş (Betula) türü) ağaç toplulukları bulunur. Bu ağaçlar bazı yerlerde karışık halde bulunurken, bazen özellikle titrek kavaklar, kavak meşceresi halinde bulunabilmektedir.



a) "Step Formasyonundan Sığırkuyruğu (Verbescum)"

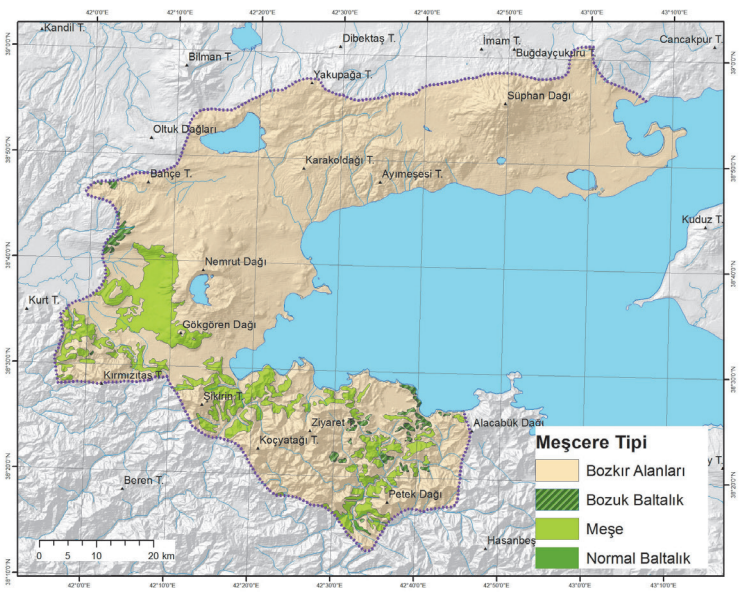


b) Kavak, Söğüt, Ceviz ve Meşe Ağaçları İç İçe

Foto 3. Araştırma Alanı Bitki Örtüsünden Örnekler

Ayrıca karater endemik bitki türleri açısından da önemli bir saha özelliği göstermektedir. Kalderanın içerisi, hem insan etkisinden kısmen (Tabiat anıtı olması ve yaylaya çıkmasına izin verilmemesi nedeniyle) hem de kısmen ulaşım açısından erişilmesi zor bir alandır. Bu nedenle bitki tahribi ve insan etkisi diğer alanlara göre azdır.

Tatvan doğusu ve güneyi ile güneybatısındaki dağlık saha, genellikle dağlık ve fazla eğimli sahalardan oluşur. Bu alanda, yağışın artmasına bağlı olarak, orman formasyonuna rastlanmaktadır. Fakat buradaki orman genellikle meşe ormanı şeklindedir (Şekil 23). Meşe ormanı içerisinde ve çevresinde gevenlere de (astragalus) rastlanmaktadır. Güneydeki bu orman alanının çevresinde genel olarak step formasyonu hakimdir. Bazı sahalar ise toprak örtüsünden yoksun olduğu için bitki örtüsünden de yoksundur. Sözkonusu alandaki meşeler içerisinde yer yer farklı türlere de rastlanmaktadır. Fakat bu türler çok dağınık ve azdır. Alıç ağacı (Crataegus Pseudoheterophylla Pojark) bunlardan biridir.



Şekil 23: Araştırma Alanı Ağaç Türü (Meşcere) Haritası

Kaynak: Orman Genel Müdürlüğü

Araştırma alanının tamamında olduğu gibi, Bitlis masifinin bulunduğu alan da endemik türler açısından ilgi çekicidir. Buradaki Bitlis çayı vadisi ve çevresi 900'den fazla bitki taksonuna yaşam alanıdır. Bunlardan 63 tanesi de endemiktir. Sahada yayılış gösteren bitkilerin çoğunluğu İran-Turan flora bölgesi elemanı olmakla beraber, Akdeniz flora bölgesi ile Avrupa-Sibirya flora bölgelerine ait bitkiler de bu sahada ortaya çıkmaktadır. Kızılcık *{Cornus sangui-nea),* barut ağacı *{Frangula alnus* subsp. *pontica),* üvez *(Sorbus torminalis* subsp. *torminalis),* cehri *(Rhamnus catharticus)* ile Kafkas ters lalesi *(Fritillaria caucasica)* Bitlis vadisi çevresinin bitkilerinden bazılarıdır (Avcı 2005).

Araştırma sahasının %88'i orman örtüsünden yoksundur. Ancak bu yoksunluğun bir kısmı beşeri faktörlerin olumsuz etkisi sonucudur. Var olan orman alanları ise ağırlıklı olarak meşelerden oluşmaktadır. Meşeliklerin nitelikleri her sahada aynı değildir. Çoğunluğu normal meşe meşceresi olmasına rağmen, Göllü Polyesi kuzeydoğusunda meşeler çok bozuk baltalık niteliğindedir. Petek Dağı güneyinde ise normal meşe baltalıkları çok az da olsa mevcuttur (Şekil 33).

Tablo 5: Araştırma Alanındaki Bitki Örtüsü Nitelikleri, Duyarlılıkları ve Alanları

Meşcere Tipi	Duyarlılık	Alan (km^2)	Oran (%)
Z (Bozkır ve Beşeri Faaliyet Alanı)	4	3,251.7	88.1
BBt (Bozuk Baltalık Meşe)	3	38.0	1.0
M (Meşe)	1	397.8	10.8
NBt (Normal Meşe Baltalığı)	2	2.0	0.1
Toplam		3,689.4	100.0

Note: Z alanı içerisinde göl alanları da dâhildir.

Çalışma alanı içerisinde, yerleşme çevrelerinde ve akarsu kenarlarında, gerek ekonomik anlamda üretim amaçlı gerekse diğer amaçlarla çeşitli kültür bitkileri yetiştirilmektedir. Kavak bunların başında gelmektedir. Ayrıca çeşitli meyve ağaçları (özelikle ceviz) da çalışma alanında orman izlenimi sunmaktadır. Kurakçıl çalı türleri ve kuşburnu gibi (Rosa canina) bitki türleri de yamaçlarda karşımıza çıkabilmektedir.

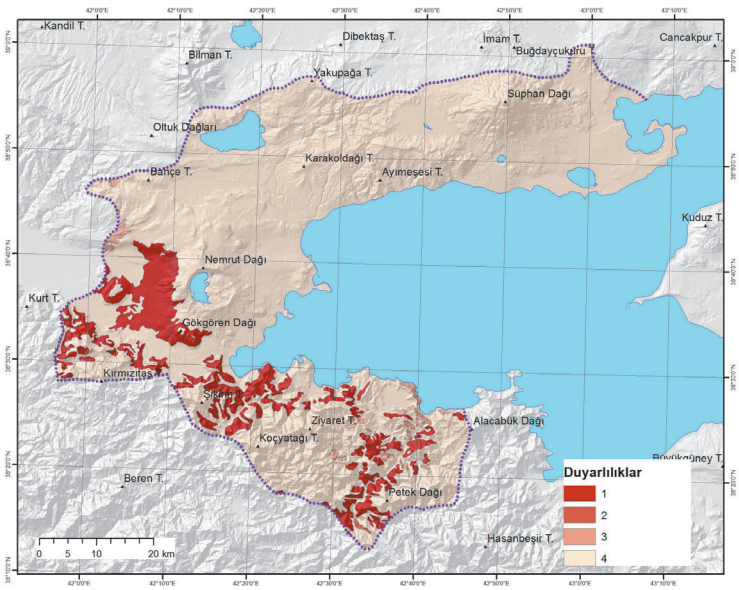
Step formasyonu içerisinde sığır kuyruğu (verbaskum), kangal (Cousinia caesarea) gibi türler ile yabani buğday (Triticum persicum), yabani yulaf (Avena spp) yer almaktadır.

5.1. Bitki Örtüsü Duyarlılığı

Araştırma alanında bitki örtüsüne ilişkin oluşturulacak bir duyarlılık haritası için yeterli bilginin olduğunu söylemek doğru değildir. Ancak elde edilen veriler ve çalışma süresince alanda gerçekleştirilen gözlemlerin birleştirilmesiyle bir duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Zira mevcut çalışmalarda sadece orman örtüsü hakkında bilgi mevcuttur. Fakat özellikle bozkır alanlarıyla ilgili bilgiler, ancak tez çalışmalarında görülmüş, fakat bunlardan da araştırma alanını tam kapsayan bir bilgi edinilememiştir. Bu nedenle duyarlılık haritası ancak orman haritasına göre düzenlenmiştir. Bazı eksikleri olan bu haritada ziraat alanı olarak gösterilen alanlar gerçekte hem ziraat, hem hayvancılık, hem şehirsel alan, hem köy alanları hem de diğer kullanım alanlarına denk gelmektedir. Gerçek bozkır alanları tam

belli değildir. Bu nedenle bu harita daha önce verilen arazi örtüsü haritasıyla tamamlanmaya çalışılmıştır.

Çalışmada kullanılan temel veride, meşe alanları, normal meşe baltalıkları ve bozuk meşe baltalıkları görülmektedir. Buna dayanılarak meşe alanlarını çok duyarlı (1), normal meşe baltalıklarını (2) orta duyarlılı, bozuk meşe alanlarını (3) az duyarlı ve ziraat alanları ise çok dirençli (4) olarak değerlendirilmiştir. Buna göre yapılan haritada araştırma alanının kuzeyi dirençli, güneyi ise duyarlı olarak görülmektedir (Şekil 24).



Şekil 24: Araştırma Alanında Bitki Örtüsünün Duyarlılığı

Araştırma alanında gerçek bir bitki örtüsü duyarlılığının yapılabilmesi için tüm sahadaki bitkilerin konumsal bilgileriyle beraber envanterinin yapılması ve endemik türlerin belirlenmesi gereklidir. Ancak bundan sonra yapılacak haritalarda tam olarak duyarlı ve dirençli sahalar belirlenebilir. Çünkü bozkır olarak ifade edilen sahalar gerçekte orman örtüsünde daha duyarlı olabilmekte ve daha fazla endemik tür barındırabilmektedir.

6. Toprak Özellikleri

Araştırma alanı ve çevresi çok farklı toprak gruplarını barındırmamaktadır (Tablo 6). Genel olarak volkanik malzeme üzerinde oluşan topraklar ile güneydeki Bitlis dağlık alanında kahverengi topraklar yayılış göstermektedir. Bazı alanlar topraktan yoksunken, bazı alanlarda alüvyal malzeme üzerinde oluşan alüvyal topraklar bulunur.

Araştırma alanında topraktan yoksun olan çıplak kayalık alanlar, toplam alanının % 2'sini kaplar. Kullanımı zor olan hidromorfik topraklar ise oldukça azdır (15 km^2 civarında). Sahada en geniş yayılış gösteren toprak grubu regasollerdir. Bu toprak grubu 1,271.4 km^2 alan ile tüm sahanın %35'ini kaplar. Onu %25 ile kireçsiz kahverengi orman toprakları takip eder. Alüvyal topraklar araştırma alanının % 8,3'ünü kaplarken, kireçsiz kahverengi orman toprakları sahanın %18,1'ini, kahverengi ile kahverengi orman toprakları ise toplam alanın %10,8'ini kaplamaktadır (Tablo 6 ve Şekil 25).

6.1. Toprak Grupları

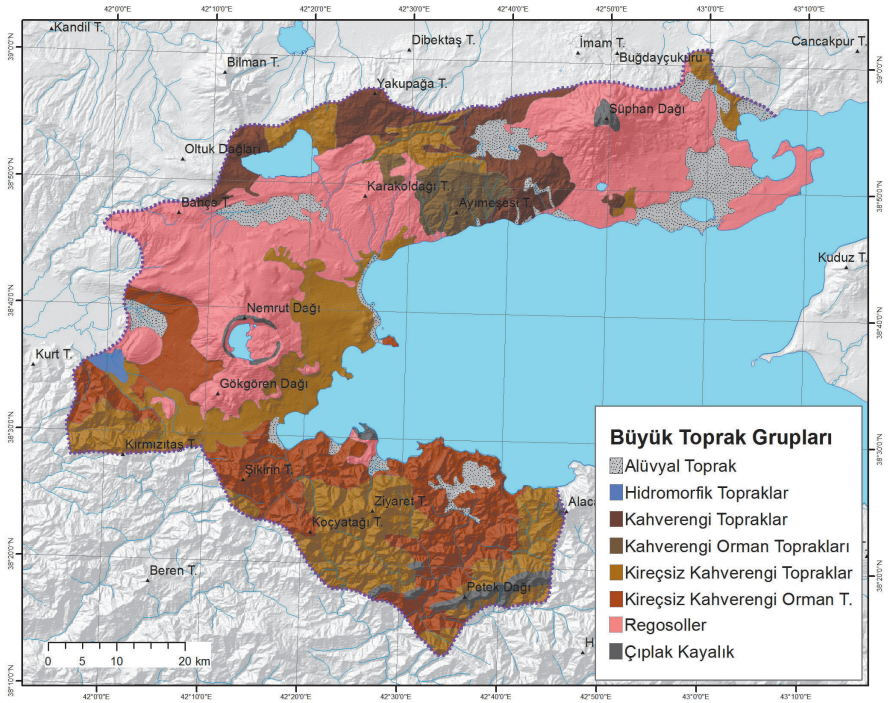
6.1.1. Zonal Topraklar

Kahverengi Topraklar: Nemrut ve Süphan dağları arasında kalan sahanın çok eğimli olmayan kesimlerinde dağılış göstermektedir. Genel olarak eski volkanik sahalar ile karasal tortullar ve kireçtaşları üzerinde görülmektedir.

Kahverengi Orman Toprakları: Bu topraklar araştırma alanında, kireçtaşları üzerinde oluşmuşlardır. Toprak grubu, Batmış göl güneyindeki plotoluk sahada görülmektedir. Bu alanlar engebeli düzlük karakterindedir. Kahverengi Orman Toprakları kireç bakımından zengin anamadde üzerinde oluşur

Tablo 6. Araştırma alanı toprak grupları ve oranları

Toprak Grubu	Alan (km^2)	%
Alüvyal Topraklar	302,2	8,3
Regasoller	1,271.4	35,1
Kireçsiz Kahverengi Topraklar	917,6	25,3
Kahverengi Orman Toprakları	119,4	3,3
Çıplak Kayalık Alanlar	71,0	2,0
Kahverengi Topraklar	270,0	7,5
Hidrmorfik Topraklar	15,3	0,4
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	653,0	18,1
Toplam	3,620.0	100,0



Şekil 25: Araştırma Alanı Toprak Haritası

Kaynak: KHGM, Bitlis İli Arazi Varlığı

Kireçsiz Kahverengi Topraklar: Nemrut dağı eteklerinde, Bitlis Masifinin bulunduğu sahada ve Nazik Göl doğusu ile kuzeyinde görülmektedir. Bu topraklar volkanik kaya grubu ile paleozoik alanlarda metamorfik kayaçlar üzerinde oluşmuştur.

Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları: Bitlis masifi üzerinde, nispeten kireçsiz alanlarda görülmektedir. Bu alanda, meşelerin altında oluşmuş toprak grubudur

6.1.2. İntrazonal Topraklar

Hidromorfik Topraklar: Muş Ovası doğusunda, zaman zaman akarsular tarafından taşkına uğrayan alanlarda yayılmaktadır.

6.1.3. Azonal Topraklar

Alüvyal Topraklar: Batmış Göl, Ovakışla ve Muş Ovası doğusu ile Göllü Polyesi ve bazı kıyı düzlüklerinde görülmektedir.

Regasoller: Araştırma alanında en geniş alan kaplayan toprak grubudur. Nemrut volkanının doğusunda, Süphan dağı çevresinde ve bu iki volkan arasındaki volkanik örtünün bulunduğu sahalarda rastlanılır.

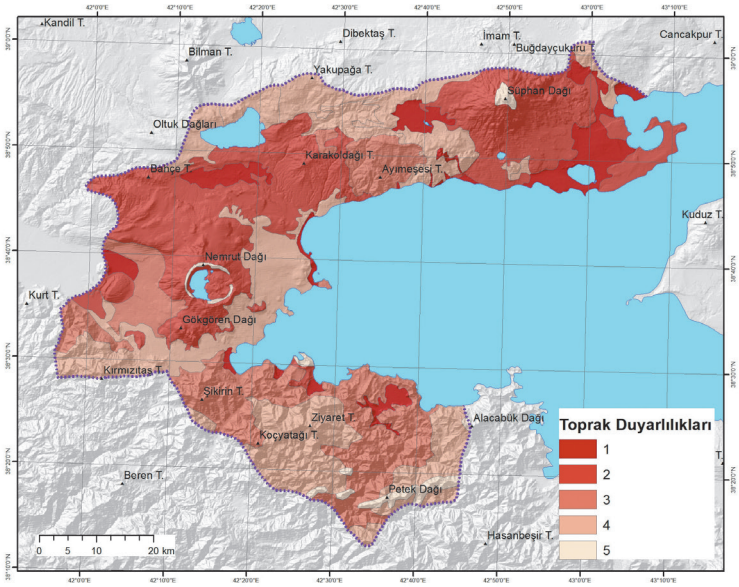
Çıplak Kayalık Alanlar: Çıplak kayalık alanlar, toprak örtüsünden yoksun sahaları ifade eder ve çoğunlukla kayalıklarla kaplıdır. Araştırma alanında, Nemrut ve Süphan volkanlarının zirve kesimlerinde, Bitlis Masifinin muhtelif alanlarında rastlanır. Araştırma alnının diğer birçok sahasında da çok küçük alanlı olarak görülebilmektedir.

Araştırma alanında, toprağın kabiliyeti, derinliği, eğimi ve kullanımı hariç tutularak, sadece toprak türlerine göre bozulabilirlik değerlendirildiğinde, bozulmaya direnci az olan topraklara 1, çok olan topraklara 5 değeri verilerek yapılan sınıflamada, alüvyal toprakların en duyarlı yani bozulmaya karşı en dirençsiz topraklar olduğu ve değerinin "**1**" olduğu söylenebilir. Hidromorfik topraklar ile regosoller ise "**2**" değeriyle ifade edilmiştir. Kahverengi orman toprakları ve kireçsiz kahverengi orman toprakları "**3**" duyarlılıkta olarak belirlenmiştir. Alanda bulunan, kahverengi topraklarla kireçsiz kahverengi topraklar "**4**", çıplak kayalıklar ise "**5**" değeriyle ifade edilmiştir. Buna göre oluşturulan toprak duyarlılıklarına ait bilgiler Tablo 7 ile Şekil 26'de gösterilmiştir.

Tablo 7: Araştırma Alanında Büyük Toprak Gruplarına Göre Yapılan Duyarlılık Dereceleri Alanları

Duyarlılık Sınıfı	Alan (km^2)	Oran (%)
1. Derece	301,9	8,3
2. Derece	1,285.1	35,5
3. Derece	776,0	21,3
4. Derece	1,186.1	32,8
5. Derece	70,9	2,0
Toplam	3,620.0	100,0

Bu bağlamda sahada çok duyarlı alüvyal topraklar bütün alanın % 8,3'ünü kaplamaktadır. 2. derecede duyarlı topraklar, tüm alanın % 36'sını kaplarken, 3. derece topraklar % 21'ini kaplamaktadır. 4. ve 5. derece toprakların tüm sahada kapladıkları alan 1250 km^2'den fazladır ve alanın % 35'ini kaplarlar.



Şekil 26: Araştırma Alanında Toprak Duyarlılıkları

Üretilen toprak duyarlılık haritasında, Nemrut ve Süphan Volkanı çevreleri, Göllü ve Batmış Göl Polyeleri ile Van Gölü kıyılarının duyarlı alanlardan oluştuğu, diğer alanların ise dirençli veya orta derecede duyarlı oldukları görülmektedir.

7. Sonuç

Van Gölü batı kesimindeki doğal kaynakların mevcut potansiyelini sınıflandırmayı ve yörede turizmin geliştirilmesi için bir araç olarak kullanılıp kullanılamayacağı bilgisini vermeyi amaçlayan çalışma özgün bir çalışma niteliğindedir. Beş farklı kategoride ele alınan ve değerlendirilen saha iklim ve yeryüzü şekilleri açısından turizmin her bir bileşenini destekler niteliktedir. Ayrıca araştırmaya konu olan saha yine yapılan derecelendirme çalışmaları neticesinde oldukça geniş duyarlı alanlara sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu özellik sahanın turizme konu edilirken planlı ve sürdürülebilir bir yaklaşımla ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Aksi taktirde alan bir miras olmaktan çıkacak ve turizme konu olamayacaktır. Zira, turizm yönetici ve planlayıcıları için bir bölgedeki turizm gelişim potansiyelinin bulunup bulunmadığının değerlendirilmesinde, alandaki doğal kaynakların sayısı ve nitelikleri ile mevcut potansiyellerinin bilinmesi önem arz etmektedir. Bu araştırma ile bölgede 23 adet doğa temelli turizm gelişimine konu olabilecek doğal kaynak belirlenmiştir. Araştırma bulguları, alanların büyük bir çoğunluğunun çevresel bozulma derecesinin düşük olduğunu ve seyahate temel oluşturabilecek

çekim seviyesi bulundurduğunu göstermektedir. Her ne kadar altyapı desteklerine ilişkin değerler düşük çıksa da, bu faktör bölgeye yapılacak yatırımlarla ortadan kaldırılabilecek bir konudur.

Van Gölü Havzasının batı kesiminde ekoturizmin gerçekleşmesi için, kaynakların sürdürülebilir bir çerçevede etkin kullanılması ve yöre halkının bu kaynaklardan maksimum bir kazanç elde etmesi esasına göre planlanması zorunluluğu vardır. Şüphesiz bunun yapılabilmesi için, yukarıda sıralananlar yanında, Yalınkılıç ve Arpa'nın korunan alanlarda ekoturizm için ön gördüğü birtakım olayların da gerçekleşmesi gerekmektedir. Bunlar;

- Tüm korunan alanların ve potansiyel ekoturizm uygulama alanlarının biyolojik çesitliliği ve kaynak değerlerinin (doğal-kültürel-estetik) ortaya konması, envanteri ile bu değerlerin sürdürülebilir korunması ve katılımcı yönetimini sağlayacak plan kararlarının geliştirilmesi,
- Ekoturizm yönetim planları ile ziyaretçi yönetim programlarının ortaya konması,
- Ziyaretçilere yönelik hizmet ve tesislerin (giriş-kontrol binası, ziyaretçi bilgilendirme ve yorumlama merkezi, yerel kılavuzluk hizmetleri, patika ve manzara izleme noktaları, yönlendirme ve bilgilendirme levhaları, sahayı tanıtıcı ve kuralları da içeren broşür, harita, kitap ve kitapçıklar vb.) planlanması,
- Sahaların kaynak değerleri ve biyolojik çeşitliliğinin gözetilerek zonlama çalışmalarının yapılması,
- Sahalarda hangi faaliyetlerin hangi kriter ve kurallara göre yapılacağının ortaya konması,
- Sahalardan elde edilecek gelirin, yine sahaların korunmasına yönelik çalışmalar için geri dönüşüm mekanizması olarak kurulması,

şeklinde sıralanabilir (Yalınkılıç ve Arpa, 2005). Yapılan bu çalışma ile yukarıdaki başlıkların bir kısmı açıklığa kavuşturulmuş ancak diğer kısımları için özellikle ciddi bir planlama çalışması gerekliliği vardır.

Zira yukarıda da ifade edildiği üzere, bölgedeki kaynaklar orta ve üst düzey doğa temelli turizm gelişim potansiyeli barındırmaktadır. Dolayısıyla turizm gelişim potansiyelinin yüksek olduğu ve göreli olarak bakir alanların bulunduğu araştırma alanının, turizm karar vericileri tarafından bir doğa temelli turizm bölgesi yaratılabilmesi için, kamu ve özel sektör işbirliğinin sağlandığı planlı bir yaklaşım içerisinde değerledirilmesine ihtiyacı vardır.

Bunun gerçekleştirilmesinde, araştırma alanının, tarihi ve kültürel değerler noktasındaki zenginliği, farklı coğrafik özellikleri, manzaranın görünüm kalitesi,

iklimi ve biyolojik çeşitliliği gibi ekoturizm için gerekli olan değişkenler noktasında Van Gölü Havzasının batı kesimi bir çok fırsat sunmaktadır. Zira Van Gölü Havzasının batı kesiminde yer alan, dağlar, göller, akarsular, yaylalar ve kıyılar gibi doğal varlıkları, flora ve fauna gibi biyolojik çeşitliliği, mağara ve kanyon gibi ilginç jeomorfolojik oluşumları açısından oldukça zengindir. Bu nedenledir ki saha, başta ekoturizm (dağ ve doğa yürüyüşleri, yaban hayatını gözlemleme, mağara turizmi, su sporları, bitki inceleme ve kuş gözlemleme) olmak üzere pek çok turizm çesidinin bir arada yapılabilmesine imkân tanımaktadır.

Kaynaklar

Avcı, M. (2005). Çeşitlilik ve endemizm açısından Türkiye'nin bitki örtüsü, *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 13: 27-55

Biricik, A.S. (1987). Kotum Çayı - Güzeldere Akarsuyu Kapmasına Ait Bir İlk Not (Van Gölü Güneybatısı), *İst. Üniv. Ed. Fak. Coğr. Böl. Coğr. Derg.* Sayı 2: 121-123, İstanbul

Gunn, C.A. (1998). *Vacationscape-Designing Tourist Regions*, New York: Van Nostrand Reinhold.

http://www.tuik.gov.tr>, Erisim tarihi: 15 Nisan 2019.

Koca, Y.K., Doran, İ. ve Kılıç, T. (2009). Arazi Sınıflandırma Yöntemi Corine'e Eleştirel Bir Yaklaşım, *TÜCAUM V. Ulusal Coğrafya Sempozyumu* (16-17 Ekim 2009), Ankara

MTA (1974). *1: 500.000 ölçekli Van Jeoloji Paftası ve Raporu.*

Soykan, F. (2003). Coğrafi Çevrenin Turizm Amaçlı Değerlendirilmesinde Turizm Potansiyelini Saptamanın Önemi, *E.Ü. Coğrafya Bölümü Sempozyumları II. Coğrafi Çevre Koruma ve Turizm Sempozyumu* (16-18 Nisan 2003), ss.17-24, İzmir.

Yalınkılıç, M.K.ve Arpa, N.Y. (2005).Türkîye'deki Korunan Alanlar ve Ekoturizm, SDÜ, Orman Fakültesi, Korunan Dogal Alanlar Sempozyumu, Sözlü Bildiriler Kitabı, ss.3-13, 8-10 Eylül 2005, Isparta

7. BÖLÜM

SİRK MORFOMETRİSİ ÇALIŞMALARINDA İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI (İHA) VE CBS KULLAMINLARINA BİR ÖRNEK: KARADAĞ KÜTLESİ (BATI TOROSLAR)

Onur ALTINAY - İstanbul Üniversitesi
Doç. Dr. Cihan BAYRAKDAR - İstanbul Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Zeynel ÇILĞIN - Munzur Üniversitesi

1. Giriş

Teknolojinin, zaman ilerledikçe yer bilimlerinin daha da ayrılmaz bir parçası olması, bu alanda yapılan araştırmaları oldukça kolaylaştırmakla kalmayıp, daha kesin bilgiler elde edinilmesini de mümkün kılmaktadır. Bunun en güncel örneklerinden biri olan İnsansız Hava Araçlarının (İHA), coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile birlikte senkronize olarak kullanılması da günümüz coğrafyacıları arasında oldukça popüler bir hale gelmiştir. Karadağ, Batı Toroslar'da yer alan ve Pleistosen buzullaşmalarından etkilenmiş, Türkiye Buzul Envanteri'ndeki en yeni örneklerden biridir (Şekil 1) (Bayrakdar v.d. 2017). Çevresinde yer alan Akdağ ve Sandıras Dağı'yla karşılaştırıldığında, buradaki paleo-buzulların oluşturduğu yeryüzü şekillerinin keşfi henüz çok yeni olmasına karşın barındırdığı örnekler oldukça iyi gelişmiş ve buzul jeomorfolojisine dair karakteristik bir topografya oluşturmuştur. Karadağ'da (2418 m) bulunan 6 sirkin morfometrik özelliklerinin yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modelleri ile belirlenmesinin hedeflendiği bu çalışmada, sirklerin bakı, yükselti, eğim, boyut, şekil özelliklerinin analizi ve gelişim aşamalarına göre sınıflandırılması morfometrik parametreler çerçevesinde yapılmıştır.

Sirklerin morfometrik özelliklerinin incelenmesinde; Evans ve Cox (1974, 1995) tarafından ortaya konulan ve uygulanan, sonrasında ise Alonso (1993), Garcia Ruiz vd. (1999), Lowey (1999), Federici ve Spagnolo (2004), Hughes vd. (2007), Steffanova ve Mentlík (2007), Delmas vd. (2014,2015), Bathrellos vd. (2014), Barr

ve Spagnolo (2014, 2015) gibi farklı araştırmacılar tarafından yeniden düzenlenerek kullanılan bir dizi parametrenin ölçülmesi ve hesaplanmasına dayanan bir yöntem izlenmiştir. Çalışmanın veri kaynaklarını ise, 1/25000 ölçekli topografya haritaları, 1/100000 ölçekli jeoloji haritası (Şenel, 1997), eş yükselti eğrilerinden üretilen 10 m çözünürlüklü sayısal yükselti modeli (SYM), GPS ölçümleri, farklı dönemlerde yapılan (2016 ve 2017 yaz dönemi) arazi çalışmaları, bu çalışmalar yapılırken çekilen fotoğraflar ve sonrasında üretilen haritalar oluşturmaktadır. Sayısal modelleme, haritalama, analiz ve profil oluşturma işlemleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarından ArcGIS 10.2 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca insansız hava araçları (İHA) ile sahanın anahtar yerlerinde ortofotolardan 1 metrenin altında hassasiyete sahip yükselti verisi ile amaca uygun haritalar üretilmiştir. CBS kullanılarak oluşturulan sayısal veri tabanına, çözünürlüğü yüksek uydu görüntüleri ve İHA görüntüleri yardımıyla 3 boyutlu ve mekânsal analizler uygulanmıştır.



Şekil 1: Çalışma Alanının Lokasyon Özellikleri.

1.1. Amaç

Bu çalışmanın yapılmasındaki temel amaç, Türkiye'deki Pleyistosen buzullaşmalarına dair en güncel ve karakteristik örneklerden biri olan Karadağ üzerindeki sirklerin morfometrik özelliklerinin İHA (İnsansız Hava Aracı) ile elde edilen veriler üzerinden CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ortamında ölçülüp değerlendiril-

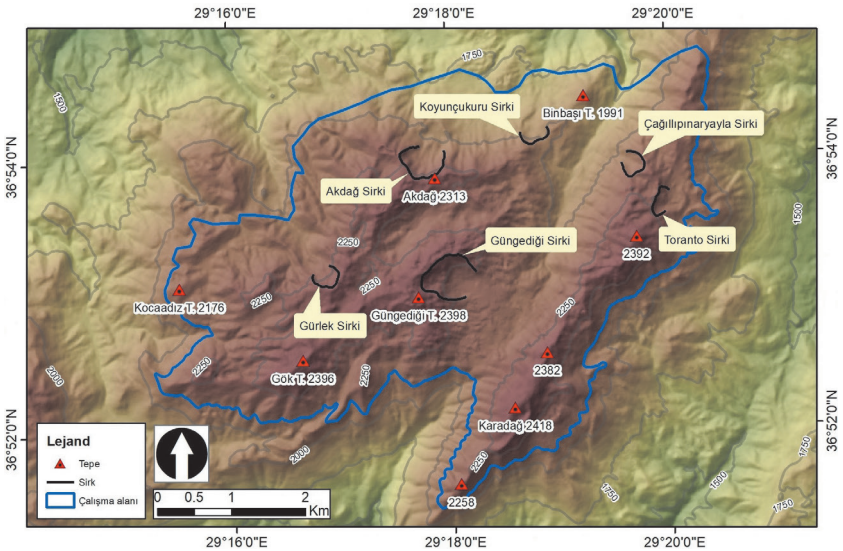
mesiyle, bu sirklerin buzullaşma sırasında ve buzullaşma sonrasındaki gelişimine dair kanıtlar ortaya koymaktır.

1.2. Yöntem

1/25.000 ölçekli topografya haritaları CBS ortamında (ArcMap 10.2) ortamında sayısallaştırılmış ve bu haritalardan 10 m çözünürlüğünde sayısal yükselti modelleri (SYM) oluşturulmuştur. Daha sonra bu SYM'lerden üretilen eğim haritaları ile çalışma konusu olan sirkler çizilerek, ilk önce bu veri üzerinden morfometrik analizlere tabi tutulmuştur.

Karadağ'ın yakın çevresini kapsayan ve güneyde Fethiye Körfezi'nin güneyinde yer alan Babadağ-Ölüdeniz'e kadar uzanan, Şenel (1997)'e ait yapısal birimleri içeren jeoloji haritası, CBS ortamında sayısallaştırılarak yeniden üretilmiş ve Karadağ, üzerinde işaretlenmiştir. Daha büyük ölçekli olan Karadağ'ın jeoloji haritasını üretmek için ise, MTA'nın 1/25.000'lik sayısal jeoloji verisinden yararlanılmıştır.

Sirklerin ve özellikle de sirk buzullarının meydana getirdiği morenlerin haritalanmasında İHA'dan yararlanılmıştır (Fotoğraf 1). İHA ile çekilen ortofotolar, Agisoft PhotoScan Professional'da sırasıyla: hizalama, köprü noktaları oluşturma, yoğunluk bulutu oluşturma ve SYM oluşturma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Haritalanan sirk alanlarında 0.4 m çözünürlüğünde SYM'ler oluşturulmuştur (Şekil 2).



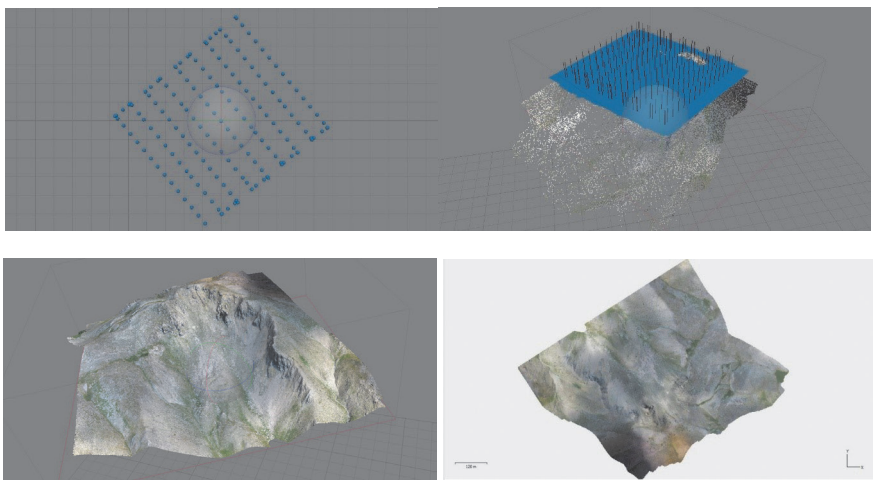
Şekil 2: Karadağ Üzerinde Yer Alan Sirklerin Lokasyonları.

2. Yüksek Çözünürlüklü Verilerin Sirk Morfometrisinde Kullanımı

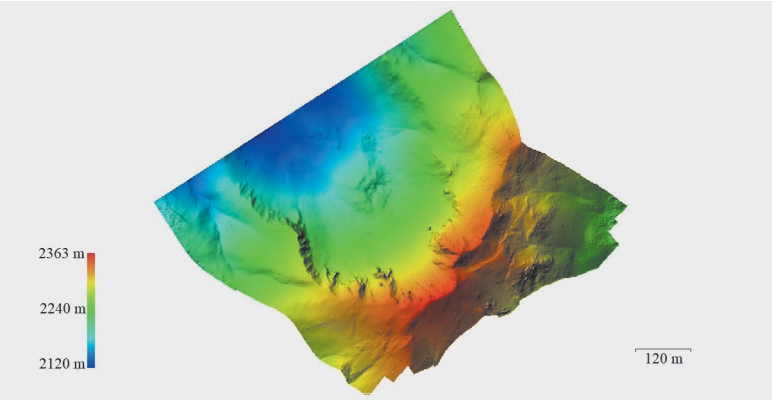
2.1. Ortofotoların İşlenmesi, Yüksek Çözünürlüklü SYM ve 3D Model Oluşturulması

Agisoft PhotoScan Professional programı ile yüksek çözünürlüklü SYM üretiminin temel çalışma prensibi, "structure-from-motion (SfM)" olarak adlandırılan bir çeşit fotogrametrik mesafe görüntüleme tekniğidir. Bu teknik sayesinde lokal hareket sinyalleri aracılığıyla, iki boyutlu (2D) görüntü dizilerinden üç boyutlu (3D) yapılar üretilebilmektedir (Carrivick vd., 2016). Bu yöntem aracılığı ile üretilen üç boyutlu sirk modelleri, SYM'ler, fotoğraflar, topografya haritaları; uydu ve oblik görüntülerle birlikte incelenerek geçmiş buzullaşma dönemlerine dair daha tutarlı değerlendirmeler yapılabilmektedir.

Uygulamanın ilk aşamasında yazılım, SfM algoritmalarını kullanarak İHA'daki kameranın pozisyonuna bağlı olarak ortofotoların örtüşen kısımları tespit eder. Daha sonra, tespit ettiği bu bağlantı noktaları üzerinden bir yoğunluk bulutu oluşturur (Ryan vd., 2015). Oluşturulan bu yoğunluk bulutundan ise ortofotosu çekilen alanın 3D modeli, SYM'si ve ortomozaiği oluşturulur (Şekil 3 ve 4).



Şekil 3: Agisoft PhotoScan programında ortofotoların eklenmesi (a), ortofotoların arasındaki köprü noktalarının oluşturulması (b), kamera pozisyonlarına göre hesaplanan derinliğie bağlı oluşturulmuş yoğunluk bulutu (c) ve ortomozaik görüntüsü (d).



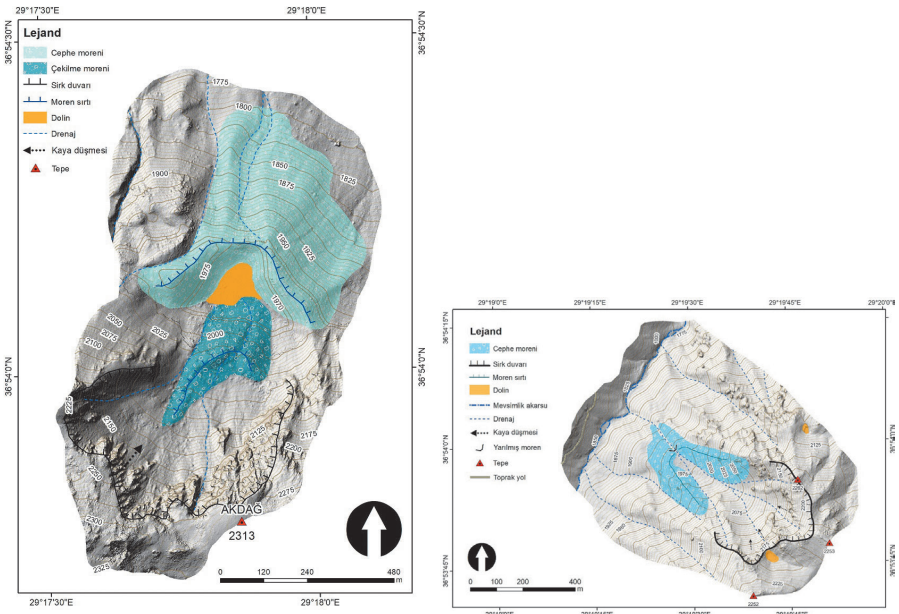
Şekil 4: Yoğunluk Bulutundan Oluşturulmuş Sayısal Yükselti Modeli (SYM).

Çalışma konusunun ana kapsamı olan sirk morfometrisi, elde edilen bu yüksek çözünürlüklü veriler üzerinde tekrar uygulanmış ve her sirk için ayrı ayrı morfometrik parametre değerleri Excel'e geçirilerek, tablo çıktısı olarak alınmıştır.

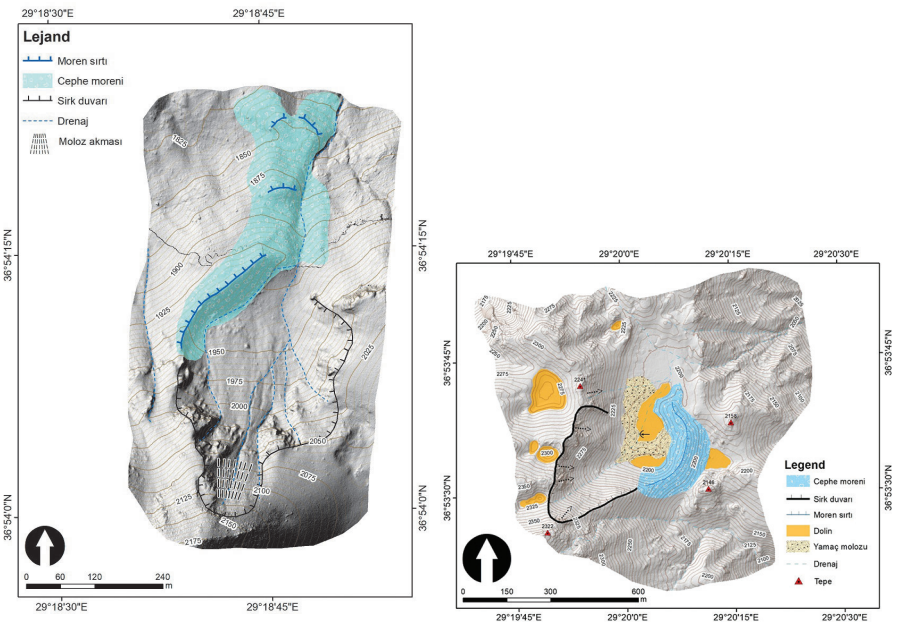


Fotoğraf 1: Akdağ Sirki'nin (Karadağ) İHA ile ortofotolarının çekilmesi. Sirk moreni (solda) ve Akdağ Sirki'nde cephe morenlerinin ve sirk duvarının bölümlerini kapsayan bir ortofoto (sağda).

Sirklerin jeomorfoloji haritasının üretilmesinde arazi gözlemleri ile birlikte en önemli araç olan İHA ortofotolarının yanı sıra, Google Earth'teki ve HGM Küre'deki oblik görüntüler ile arazi çalışmalarında çekilen fotoğraflar kullanılmıştır (Şekil 5 ve 6).



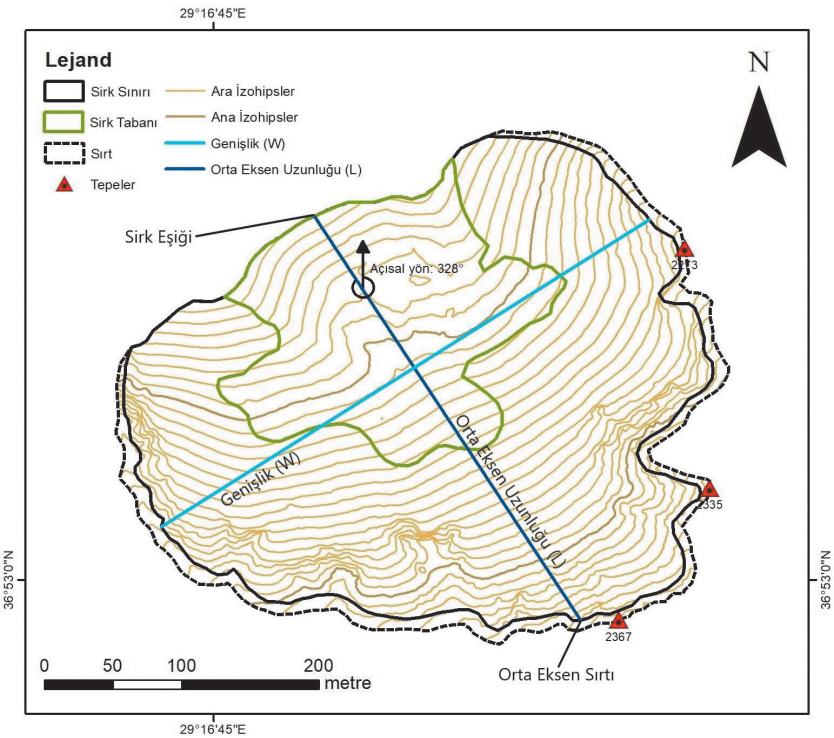
Şekil 5: Akdağ (solda) ve Çağıllıpınaryayla (sağda) sirklerinin, 0,4 m çözünürlüklü SYM'den oluşturulmuş jeomorfoloji haritaları.



Şekil 6: Koyunçukuru (solda) ve Toranto (sağda) sirklerinin, 0,4 m çözünürlüklü SYM'den oluşturulmuş jeomorfoloji haritaları.

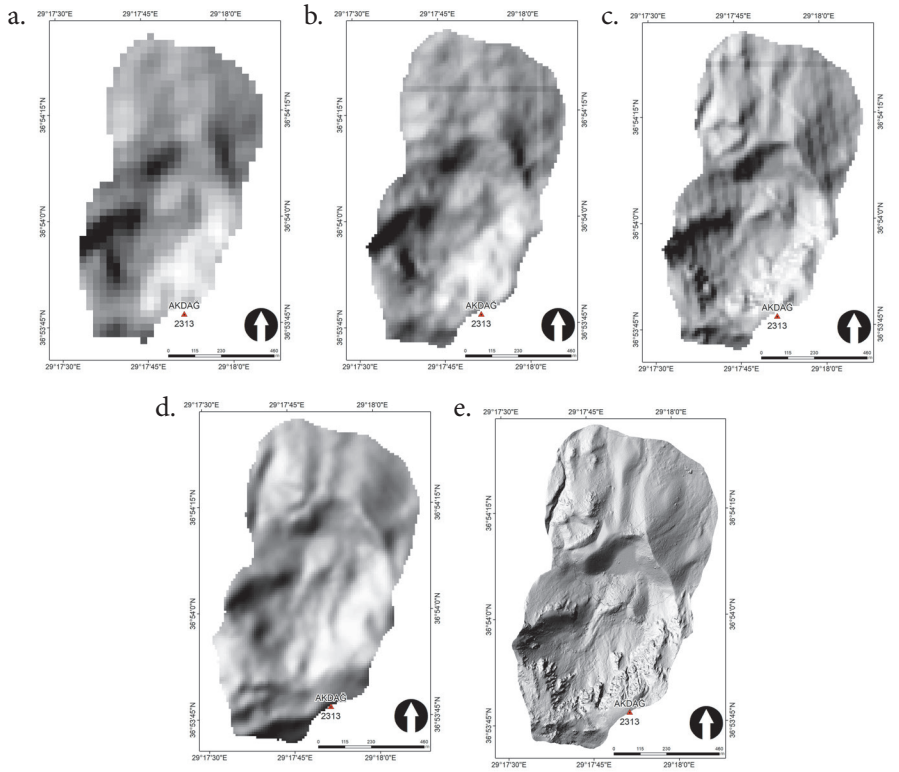
2.2. CBS Ortamında Yüksek Çözünürlüklü SYM Üzerinden Morfometrik Ölçümlerin Yapılması

Morfometri, en basit tabirle yeryüzündeki bir şeklin ya da alanın çeşitli şekilsel özelliklerinin, harita veya arazi üzerinde ölçülmesidir. Bu ölçümler sonucunda elde edilen nicel verilerin analizi ile araştırılan şekillerin morfolojisi, geçmişi, güncel durumu vb. özellikleri hakkında kayda değer bilgiler edinmek mümkündür (Barr ve Spagnolo, 2015b).



Şekil 7: Sirklerin Tanımlanmasında Kullanılan Ana Çizgiler (Örnek: Gürlek Sirki)

Morfometri çalışmalarının, geçmişte yalnızca arazi üzerinde ve topografya üzerinden yapılırken, günümüzde özellikle de bilgisayarların gelişmesi ile birlikte ortaya çıkan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları ve uzaktan algılama tekniklerinin gelişmesi ile geçmişteki ağır iş yükü çok büyük oranda hafiflemiştir. Bununla birlikte, bu morfometrik analizlerin İHA ile oluşturulan yüksek çözünürlüklü SYM'ler üzerinden yapılabiliyor olması, ölçümlerde karşılaşabilecek çözünürlük kaynakları hataları minimuma indirmiştir. Aşağıda, bu duruma örnek olarak verilen aynı alanın farklı SYM'lerden üretilen topografya modellerinin karşılaştırmalarına bakıldığında, bu konu daha net bir şekildi anlaşılacaktır (Şekil 8).



Şekil 8: Farklı veri kaynaklarından üretilen sayısal yükselti modellerinin karşılaştırılması: (a) SRTM (30 metre), (b) ALOS (12,5 metre), (c) TanDEM-X (12 metre), (d) HGK (10 metre) ve (e) İHA (0,4 metre).

Sirk morfometrisinde amaç, sirk gelişimi sırasındaki süreci ve sirk oluşumundan sorumlu mekanizmayı anlamak ve bunun sonucunda edilen bilgiyi paleo-ortam koşullarını yorumlamak için kullanmaktır (Barr ve Spagnolo, 2015b). Sirk morfometrisi bu amaçlar için kullanıldığında sirk ile ilgili çeşitli ölçülebilen parametreler dikkate alınmaktadır (Şekil 7), (Tablo 1). Bu çalışma kapsamında, Karadağ üzerinde yer alan 6 farklı sirk üzerinde uygulanmış (Şekil 2), yukarıda değinilen morfometrik parametreler dikkate alınmıştır (Tablo 2).

Genel olarak, belli bir buzullaşma alanı içerisinde gelişen sirklerde daha yüksekte olanların, daha çok buzullaşma döngüsüne maruz kalması ve buzullar tarafından daha çok işgal edilmesine bağlı olarak, daha gelişmiş olmaları kabul edilir. İyi gelişmiş sirklerin temel özelliği, iç bükeylik (*ing.* concavity) ve kapalılık (*ing.* closure) özelliklerini daha iyi yansıtmaları olarak belirtilmektedir (Çılğın ve Bayrakdar, 2018).

Tablo 1: Sirk Morfometrik Parametreleri (Evans, 2006; Evans ve Cox, 1995; Simoni, 2011; Çılğın, 2012; Çılğın ve Bayrakdar, 2018).

No.	Morfometrik Parametreler	Ölçü Birimi	Hesaplama Yöntemi	Kategori
V1	Minimum taban yüksekliği (lowalt)	m	Ölçme	Yükseklik
V2	Ortalama taban yüksekliği (flooralt)	m	(V3+V1)/2	
V3	Maksimum taban yüksekliği (maxflalt)	m	Ölçme	
V4	Orta eksende sirk duvarı yüksekliğii (medcralt)	m	Ölçme	
V5	Ortalama sirk yüksekliği (medalt)	m	(V4+V1)/2	
V6	Maksimum sirk duvarı yüksekliği (maxcralt)	m	Ölçme	
V7	Su bölümü çizgisi maksimum yüksekliği (maxabalt)	m	Ölçme	
V8	Orta eksen yüksekliği (H)	m	V4-V1	Boyutlar
V9	Maksimum taban amplitüdü (maxflampl)	m	V3-V1	
V10	Orta eksen uzunluğu (sırttan eşiğe) (L)	m	Ölçme	
V11	Orta eksene dik maksimum genişlik (W)	m	Ölçme	
V12	Orta eksen duvar yüksekliği	m	V4-V3	
V13	Uzunluk/genişlik oranı (L/W)		V10/V11	
V14	Uzunluk/yükseklik oranı (L/H)		V10/V8	
V15	Genişlik/yükseklik oranı (W/H)		V11/V8	
V16	Çevre uzunluğu (P)	m	Ölçme	
V17	Sirk tabanı alanı	km2	Ölçme	
V18	Sirk alanı	km2	Ölçme	
V19	Relatif boyut	km2	V18/V8	
V20	Ana boyut	km3	2*V18*V8/3 veya π*(V10-V11)*V8/6	
V21	Dairesellik indeksi		4π*V18/V16^2	
V22	Orta eksenin yönü	derece	Ölçme	Bakı
V23	Relatif yön		Ölçme	
V24	Orta eksen eğimi	derece	arc sin (V8/V10)	Eğim
V25	Ortalama taban eğimi	derece	arc sin (V9/ L sirk tabanı)	
V26	Ortalama sirk duvarı eğimi	derece	arc sin (V12/ L sirk duvarı)	

Tablo 2: Karadağ'daki sirklerin morfometrik değerleri.

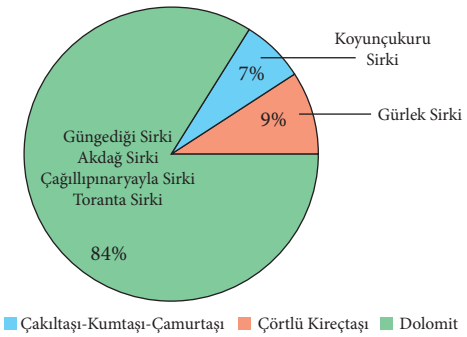
		Morfometrik Parametreler																										
		Min. Taban Yük. (m)	Ort. Taban. Yük. (m)	Maks. Taban Yük. (m)	O.E. Sirk Duvarı Yük. (m)	Ort. Sirk Yüksekliği (m)	Maks. Sirk Duvarı Yük. (m)	S.B.Ç. Maks. Yük. (m)	O.E. Yüksekliği (H) (m)	Maks. Taban Amp. (m)	O.E. Uzunluğu (L) (m)	O.E. Dik Maks. Genişlik (W) (m)	O.E. Duvar Yüksekliği (m)	Uzunluk/Genişlik Oranı (L/W)	Uzunluk/Yükseklik Oranı (L/H)	Genişlik/Yükseklik Oranı (W/H)	Çevre Uzunluğu (P) (m)	Sirk Tabanı Alanı (km^2)	Sirk Alanı (S) (km^2)	Relatif Boyut (km)	Ana Boyut (km^3)	Dairesellik indeksi	Orta Eksenin Yönü (°)	Relatif Yön	Orta Eksen Eğimi (°)	Ort. Taban Eğimi (°)	Ort. Sirk Duvarı Eğimi (°)	Sirkin Gelişim Aşaması
	No.	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23	V24	V25	V26	
SİRK	Akdağ	2037	2090	2144	2293	2165	2296	2308	256	107	484	578	149	0.83	1.89	2.25	1741	0.065	0.208	0.81	0.0354	0.86	25	KD	31.9	22	48	2
	Koyunçukuru	1889	1920	1951	2024	1957	2054	2060	135	62	293	381	73	0.76	2.17	2.82	1165	0.026	0.097	0.5	0.0087	0.89	343	KB-K	27.4	25.3	29.6	3
	Çağıllıpınaryayla	2040	2065	2091	2195	2117	2204	2222	155	51	275	312	104	0.88	1.77	2.01	1051	0.01	0.074	0.47	0.0076	0.84	309	KB	34.3	23.7	45	3
	Toranto	2130	2160	2190	2245	2188	2247	2250	115	60	295	338	55	0.87	2.56	2.93	1098	0.013	0.075	0.65	0.0058	0.78	68	KD-D	22.9	15.8	48	3
	Güngediği	2158	2184	2210	2370	2264	2376	2388	212	52	637	630	160	1.01	2.97	2.97	2214	0.084	0.337	1.58	0.0476	0.86	115	D-GD	19.4	9.8	28.9	2
	Gürlek	2195	2233	2271	2343	2269	2348	2361	148	76	282	311	72	0.9	1.9	2.1	1041	0.034	0.075	0.5	0.0074	0.86	328	KB	31.6	23.3	53.1	2
	Ortalama	2074	2108	2143	2245	2160	2254	2260	170	68	377	425	102	0.87	2.21	2.51	1385	0.038	0.144	0.75	0.018	0.85			28	20	42.1	

Sirklerin yükselti aralığı 1920-2233 m arasındadır. Yükseltiler, düşükten yükseğe doğru sıralandığında Koyunçukuru Sirki dışındaki sirklerin arasında yükselti farkının 70 m olduğu görülmekte olup; Toranto, Güngediği ve Gürlek Sirklerinin arasındaki yükselti farklarının birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Uzunluğun genişliğe (L/W), uzunluğun yükseltiye (L/H) ve genişliğin yükseltiye (W/H) olan oranları, sirkin boyut oranları için kullanılan parametrelerdir (Graf, 1976; Seif ve Ebrahimi, 2014 gibi). L/W oranı sirkin alan-ölçümsel şeklini tanımlar (Uzunluğun genişlikten fazla (L/W > 1.0), genişliğin uzunluktan fazla (L/W < 1.0) veya neredeyse dairesel (L/W ~ 1.0) olması gibi) (Barr ve Spagnolo, 2015b). L/H ve W/H ise sirkin oyulmasını, yani aşınmaya bağlı derinleşmesini ifade eder (Barr ve Spagnolo, 2015b). L/H ve W/H oranlarının düşük olması, oyulmanın fazla olduğunu gösterir (Bathrellos, 2014). Karadağ'daki sirklerin, bu parametrelere dair değerleri ise L/W: 0.88, L/H: 2.21 ve W/H: 2.5 olarak hesaplanmıştır. Buna göre L/W oranına bakıldığında, Karadağ'daki sirklerin, ortalama olarak neredeyse dairesel bir yapıya sahip oldukları söylenebilir. L/H ve W/H oranlarına bakıldığında ise sirk oyulmasının nispeten fazla olduğu görülmektedir.

En büyük hacimlere sahip olan Güngediği ve Akdağ Sirkleri dışındaki sirklerin hacimleri birbirlerine oldukça yakın olmakla beraber, morfometrik parametreler incelendiğinde, diğer sirkler arasında küçük farklılıklar göze çarpmaktadır. Örneğin, Gürlek ve Çağıllıpınaryayla Sirklerinin, farklı yükseltilerde ve farklı litolojilerde (Şekil 9) gelişmelerine rağmen hemen hemen tüm parametrelerde yaklaşık değerlere sahip olduğu görülmektedir. Büyük kısmı karbonatlı kayaç üzerinde gelişmeyen tek sirk olan Koyunçukuru Sirki ise, Güngediği ve Akdağ Sirklerinden sonra en büyük hacme sahip olmasına karşın, Orta Eksen Duvar Yüksekliği ve Orta Eksen Yüksekliği (H) göz önüne alındığında, Toranto Sirki'nden sonra en düşük derinliğe sahip olduğu görülmektedir.

Derbyshire ve Evans (1976), Evans (2006), Evans ve Cox (1974, 1995) ve Simoni, (2011), sirklerin ortalama eğiminin (ortalama eksen eğimi) 12°-45° (ideal eğim değerleri 20°-30° arasında), sirk taban eğiminin <20° ve sirk duvarı eğiminin >33° olması gerektiğini belirtmişlerdir. Rotasyonel akış gösteren buzullar, 45° üzerinde ve 12° altındaki eğimli alanlarda akışa uygun koşullar sağlanmadığı için burada gelişen sirk benzeri şekillerin sirk olduğu şüphelidir (Derbyshire ve Evans, 1976). Çalışma sahasındaki sirklerin eğim değerleri, yukarıda belirtilen eğim kriterleri ile karşılaştırıldığında, değerlerin büyük oranda kriterlere uyduğu, birkaç değerin kriterlerdeki sınırlara yakın olduğu, bazı değerlerin ise nispeten kriterlerin dışında olduğu görülmüştür.



Şekil 9: Karadağ Üzerindeki Sirklerin Litolojisinin Dağılışı.

Bütün sirkler Ortalama Eğim Değeri kriterine uymakla beraber "ideal eğim değerleri" içerisinde kalan sirkler Toranto ve Koyunçukuru Sirkleridir. Eğim değerleri (sirk eğimi, taban eğimi ve duvar eğimi) en düşük olan Güngediği Sirki aynı zamanda en geniş hacme sahiptir. Güngediği Sirk'i ile birlikte Ortalama Sirk Duvarı Eğimi kriteri sınırında kalan diğer sirk Koyunçukuru Sirki'yken; Ortalama Sirk Taban Eğimi kriterine tam anlamıyla uyan iki sirk ise Toranto ve Güngediği Sirkleridir.

Karadağ üzerinden gelişen sirklerin, büyük oranda kuzey yönlü geliştiği görülmektedir. Sirk gelişim aşaması değerleri göz önüne alındığında iyi gelişmiş iki sirk olan Akdağ ve Güngediği Sirklerinin KD ve GD yönünde oluştuğu görülmektedir. Buna karşın, yine iyi gelişmiş olan Gürlek Sirki, kütlenin KB yamaçlarında gelişmiştir. Genel olarak bakıldığında ise altı sirkin beşi kuzey yönlü, biri ise doğu-güneydoğu yönlü gelişmiştir. Doğu-güneydoğu yönlü gelişen tek sirk olan Güngediği Sirki'nin aynı zamanda Karadere Buzul Vadisi'ni oluşturan buzulun başlangıç noktası olması dikkat çekicidir.

3. Sonuç

Karadağ kütlesin üzerinde 6 farklı sirk üzerinde yapılan morfometrik analizler, İHA uçuşları ile elde edilen ortofotolardan üretilen SYM'ler sayesinde minimum hata payıyla uygulanmış ve bunun sonucunda bazı kantitatif veriler elde edilmiştir. Elde edilen bu verilerin yorumlanması ile bazı sonuçlara ulaşılmıştır.

Karadağ'daki sirklerin morfometrik özelliklerinin yükselti, boyut, eğim ve bakı gibi unsurlara göre değerlendirildiğinde, kütle üzerindeki bu sirklerin birbirlerinden oldukça farklı olduğu görülmüştür. Örneğin, yükselti ve gelişim arasında genel bir bağlantı bulunamamış ve yine, iç bükeylik ve kapalılık ile yükselti arasında genel bir bağlantı kurulamamıştır. Bunun aksine, sahada en iyi gelişen sirklerden biri olan Akdağ Sirki, Koyunçukuru ve Çağıllıpınaryayla Sirki'nden sonra en

alçakta gelişen sirktir. Sahadaki diğer iyi gelişmiş sirkler ise en yüksekte yer alan iki sirk olan Gürlek ve Güngediği Sirkleridir.

Kütle üzerinde en yüksekte gelişen sirkler, aynı zamanda buzul vadilerinin oluşmasını sağlayan sirklerdir ve buzul vadilerinin oluşumunda birincil etkenlerdir. Buzul vadileriyle ilgisi olmayan izole sirklerin ise cephe morenleri büyük oranda korunmuştur. Bu durum, İHA ile elde edilen SYM'lerden oluşturulan jeomorfoloji haritalarında net bir şekilde görülmektedir.

ArcMap üzerinde, MTA'nın 1/25.000'lik dijital jeoloji haritasına göre elde edilen sirklerin litolojik dağılışına bakıldığında, büyük oranda karbonatlı kayaçlar üzerinde oluşan sirklere istisna olarak Koyunçukuru Sirki'nin çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı üzerinde oluştuğu görülmektedir. Koyunçukuru Sirki'nin gerek buzullaşma gerek ise buzullaşma sonrası dönemdeki gelişiminde litolojinin önemli rol oynadığı görülmektedir. Buna bağlı olarak sirkin buzullaşma döneminde hızlı geliştiği ve buzullaşma dönemi sonrasında hızlı bir şekilde deforme olduğu düşünülmektedir.

Yine ArcMap üzerinde, kapladığı alana ve altık olarak kullanılan eğim haritasına bağlı şekilde poligonlar halinde çizilen sirklerin minimum ve ortalama taban yükseltilerinin hesaplanması sonucunda, söz konusu sirklerin bu parametreler içerisindeki aritmetik ortalamalarının Karadağ'ın daha önce hesaplanmış olan kalıcı kar sınırı (KKS) olan 2080 m ile tutarlılık gösterdiği görülmüştür.

Özetle, geçmiş dönemlerde uygulanması oldukça zahmetli olan sirk morfometrisi, teknolojinin gelişmesiyle yer bilimlerinin içerisinde kendine yer bulan coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yazılımları ve insansız hava araçları (İHA) ile birlikte çok daha fonksiyonel ve düşük hata payı ile uygulanabilmiştir. Bunun sonucu olarak da varılan sonuçların taşıdığı doğruluk payı önemli ölçüde artmıştır.

Katkı Belirtme: Bu çalışma Tübitak Çaydag 117Y391 nolu projesi ve İstanbul Ünv. BAP SYL-2018-30445 projesi ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

Alonso, V. (1993). Análisis de circo glaciares en las cabeceras de los rios Narcea, Ibia y Sil. Cordillera Cantabrica. **Cuaternario y Geomorfología**, 88(1–2), 109–121.

Barr, I. D., & Spagnolo, M. (2013). Palaeoglacial and palaeoclimatic conditions in the NW Pacific, as revealed by a morphometric analysis of cirques upon the Kamchatka Peninsula. **Geomorphology** (192), 15-29.

Barr, I. D., & Spagnolo, M. (2015a). Understanding controls on cirque floor altitudes: Insights from Kamchatka. **Geomorphology**, *248*, 1-13.

Barr, I. D., & Spagnolo, M. (2015b). Glacial cirques as palaeoenvironmental indicators: Their potential and limitations. **Earth-Science Reviews** (151), 48-78.

Bathrellos, G. D., Skilodimou, H. D., & Maroukian, H. (2014). The Spatial Distribution of Middle and Late Pleistocene Cirques in Greece. **Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography**, *96*(3), 323-338.

Bayrakdar, C., Çılğın, Z., & Sarış, F. (2017). Karadağ'da Pleyistosen Buzullaşmaları, Batı Toroslar, Türkiye (Pleistocene Glaciations in Karadağ, Western Taurus Mountains, Turkey). *Türkiye Jeoloji Bülteni*(60), 451-470.

Carrivick, J. L., Smith, M. W., & Quincey, D. J. (2016). **Structure from Motion in the Geosciences**. Wiley-Blackwell.

Çılğın, Z. (2012). **Dedegöl Dağı (Batı Toroslar) Buzul Jeomorfolojisi Etüdü**. *Doktora tezi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Çılğın, Z., & Bayrakdar, C. (2018). Dedegöl Dağı'ndaki Glasiyal Sirklerin Morfometrik Özellikleri. **Coğrafya Dergisi** (36), 27-48.

Delmas, M., Gunnell, Y., & Calvet, M. (2014). Environmental controls on alpine cirque size. **Geomorphology**, *206*, 318-329.

Delmas, M., Gunnell, Y., & Calvet, M. (2015). A critical appraisal of allometric growth among alpine cirques based on multivariate statistics and spatial analysis. **Geomorphology**, *228*, 637-652.

Derbyshire, E., & Evans, I. S. (1976). The climatic factor in cirque variation. E. Derbyshire içinde, **Geomorphology and Climate** (s. 447-494). Chichester: John Wiley & Sons.

Evans, I. S., & Cox, N. (1974). Geomorphometry and the operational definition of cirques. **Area**, 4 (2), 150-153.

Evans, I. S., & Cox, N. J. (1995). The form of glacial cirques in the English Lake District, Cumbria. **Zeitschrift für Geomorphologie** (39), 175-202.

Evans, I. S. (2006). Local aspect asymmetry of mountain glaciation: A global survey of consistency of favoured directions for glacier numbers and altitudes. **Geomorphology**, *73*(1), 166-184.

Federici, P. R., & Spagnolo, M. (2004). Morphometric Analysis on the Size, Shape and Areal Distribution of Glacial Cirques in the Maritime Alps (Western French-Italian Alps). **Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography**, *86* (3), 235-248.

Garcia-Ruiz, J. M., Gomez-Villar, A., Ortigosa, L., Marti-Bono, C., (2000). Morphometry of glacial cirques in the central Spanish Pyrenees. **Geografiska Annaler.** Series A: Physical Geography 82(4): 433–442.

Graf, W. L. (1976). Cirques as glacier locations. **Arctic and Alpine Research**, *VIII*(1), 79-90.

Hughes, P. D., Gibbard, P. L., & Woodward, J. C. (2007). Geological controls on Pleistocene glaciation and cirque form in Greece. **Geomorphology**, *88*(3), 242-253.

Lowey, G. W. (1999).Glaciation, gravel and gold in the Fifty Mile Creek area, west-central Yukon. In.ID. S. Emond & L. H. Weston ((Eds.), **Yukon exploration and geology** (pp. 199–209). Canada: Vancouver.

Ryan, J. C., Hubbard, A. L., Box, J. E., Todd, J., Christoffersen, P., Carr, J. R., . . . Snooke, N. (2015). UAV photogrammetry and structure from motion to assess calving dynamics at Store Glacier, a large outlet draining the Greenland ice sheet. **The Cryosphere**, *9*, 1-11.

Seif, A., & Ebrahimi, B. (2014). Combined use of GIS and experimental functions for the morphometric study of glacial cirques, Zardkuh Mountain, Iran. **Quaternary International**, *353*, 236-249.

Simoni, S. (2011). Typological and morphometric characteristics of the glacial cirques in Doamnei River basin (făgăraş massif). **Forum Geografic**, *10* (1), 35-49.

Steffanová, P., & Mentlík, P. (2007). Comparison of morphometric characteristics of cirques in the Bohemian Forest. **Silva Gabreta**, 13 (3), 191-204.

Şenel, M. (1997). **1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No:2, Fethiye - L8 Paftası**. Ankara: Maden Tetki Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi.

8. BÖLÜM

VOLKAN JEOMORFOLOJİSİ ÇALIŞMALARINDA COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANIMI: İNCEKAYA TÜF KONİSİ VE ÇEVRESİ ÖRNEĞİ

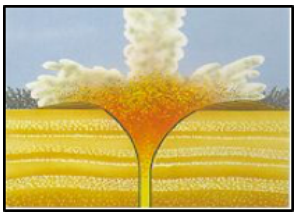
Doç. Dr. Ebru AKKÖPRÜ - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Giriş

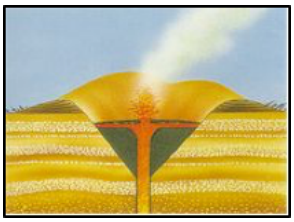
Tüf konileri ve halkaları, genellikle dik yamaçlara sahip (>25°), krater tabanı yeryüzü veya deniz seviyesinin üstünde olan derin ve geniş koni-krater biçimli piroklastik volkanlardır. Yükseklikleri 100-300 m, genişlikleri ise 1-1.5 km civarındadır. Tüf konilerinin daha küçük ve yayvan (daha az dik yamaçlı) olanları *"tüf halkaları"* olarak adlandırılır. Tüf koni ve halkaları yaygın bir volkan türü değildir. Freatomagmatik patlamalarla, magma ve su püskürmesi olayı sonucunda gelişirler (Lockwood ve Hazlett, 2010:297) Yükselen magma içine çevreden sürekli ve bol miktarda su ekleniyorsa, bunun yarattığı ekstra gaz basıncı tüf koni ve halkalarının oluşmasına zemin hazırlar. Tüf halkalarına göre tüf konilerinin oluşumu daha fazla suya gereksinim gösterir. Ayrıca, tüf konilerindeki patlamalı aktivitenin derinliği, halkalara göre daha fazladır. (Şekil 1).



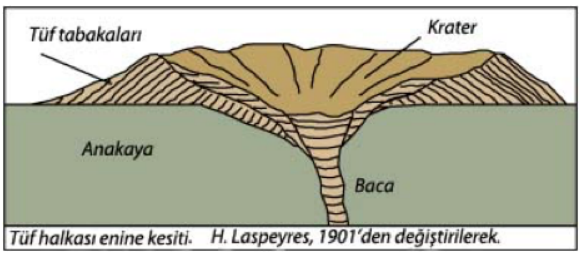
1- Sıcak magma yerin derinliklerinden yarıklar boyunca yüzeye doğru yükselir.



2- Magma yüzey ve yer altı suları ile temas edince şiddetli patlamalar gelişir.



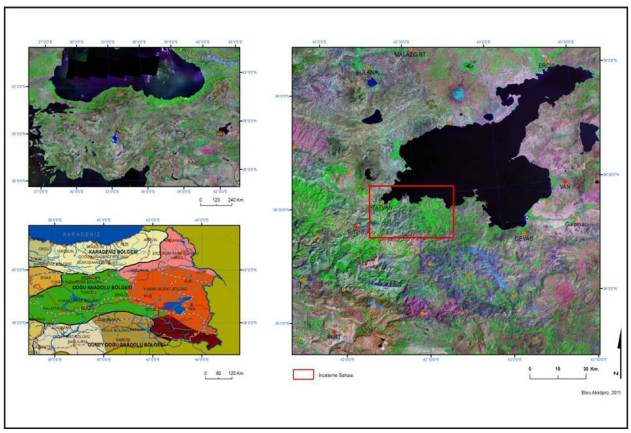
3-Patlama ile bolca toz, kül ve parçalanmış kaya kırıntıları havaya atılır. Bunlar sonuçta bacanın etrafında birikerek tüf koni ve halkalarını oluşturur.



Not: Şekiller ve açıklamalar http://www.eies.itu.edu.tr/dersnotlari/sel_tpcs_geomorph.htm internet sitesinden alınmıştır.

Şekil 1: Volkanik Tüf Konisi ve Halkasının Oluşum Süreci

İncekaya tüf konisi Van Gölü havzasını güney batısında, Güneydoğu Toros-ların Bitlis metamorfikleri içinde kuzey güney doğrultuda ortası çukur ve hilal biçimli volkanik bir ünitedir (Şekil 2-Foto 1).

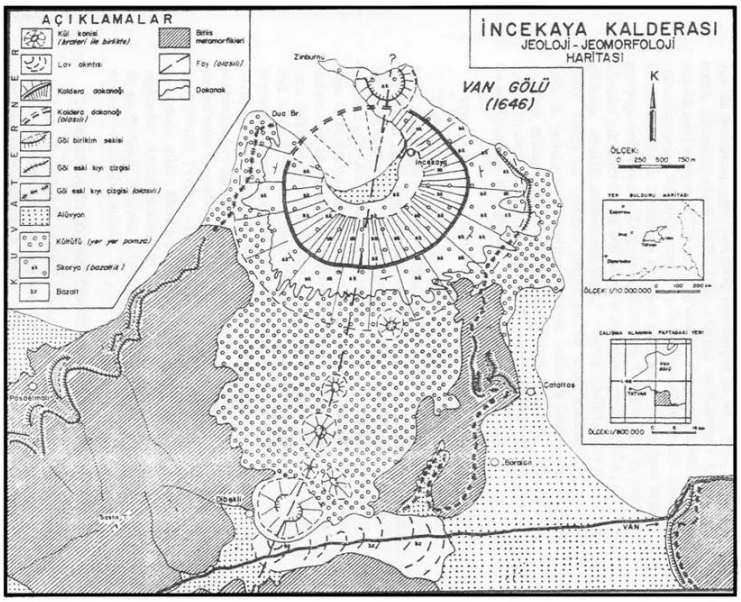


Şekil 2: İnceleme Alanı Lokasyon Haritası (Akköprü 2011)



Foto 1: İncekaya Tüf Konisi ve Çevresinin Uçaktan Görünümü (Akköprü 2011)

Önceleri İncekaya Kalderası (Güner,1984) olarak bilinen volkanik alan oluşumu bakımından bir tüf konisine benzemektedir. Güner 1984 yılında Nemrut Volkanı üzerine yayınladığı çalışmasında, İncekaya tüf konisinin oluşumu ile ilgili bilgilerin yanında bir de jeoloji-jeomorfoloji haritası sunmuştur. Araştırmacı koninin İncekaya Kalderası diye anılmasının nedenini kalderasının konisine oranla oldukça büyük olmasına bağlamıştır. Yazar İncekaya volkanını, Nemrut Volkanı'na 21 km (kuş uçuşu) mesafede olması sebebiyle Nemrut sistemi kapsamında değerlendirmiştir. Yazar koninin oluşumunu "yöreye yerleşen volkanizma Nemrut kırığının doğuya kayarak bu kesimde de açılmasıyla oluşmuştur ve alanda volkanik etkinlik yarık volkanizması ile başlamıştır" şeklinde açıklamıştır (Güner 1984).(Şekil 3).



Şekil 3: İncekaya Kalderası Jeoloji-Jeomorfoloji Haritası (Y., Güner, 1984'ten)

Haritadan da anlaşılacağı üzere Güner, İncekaya alanı içinde kuzey-güney doğrultusunda sıralanmış, İncekaya konisi ile birlikte 8 adet kül konisi oluştuğunu belirtmiştir. İncekaya tüf konisinin güneyinde Dibekli Köyü yakınındaki Dibekli kül konisinin başlangıçta bazalt çıkardığını ve lavların doğuya doğru aktığını, diğerlerinin ise pomza ve kül çıkardığını yazmıştır. Güner (1984), ayrıca İncekaya tüf konisi civarında Van Gölü seviye yükselmeleri ile bağlantılı ve birkaç seviyede bulunan taraçalar bunun yanında aşınma düzlükleri, eski kıyı çizgileri saptayıp haritasına işlemiştir.

Schmincke vd. (2018) İncekayayı çok şiddetli ve tek merkezli bir patlama sonucu oluşmuş bazaltik hyaloklastit koni olarak tanımlamışlardır. Bu çalışmanın geniş çerçevedeki amacı Van Gölü evriminin tektonizma, volkanizma ve iklim ile olan ilişkisini anlamaktır. Bu amaçla havzadaki volkanik ünitelerden biri olan İncekaya tüf konisi ve çevresindeki onunla ilişkili diğer volkanik oluşumlar da araştırılmıştır. İncekaya'nın oluşmasına neden olan patlamanın MIS4/5 (Marine Isotope Stage) sınırında sıcak ve yağışlı iklimin hakim olduğu, bitki örtüsünün yoğun ve yaygın olduğu dönemde meydana geldiğini belirtmişlerdir. İncekaya volkanik alanında; a) Dibekli skorya konisi, b) İncekaya hyaloklastit konisi ve onun Van Gölü çökelleri ile Dibekli konisine ait çökeller kesiştiği alan, c)kıyıda doğu ve batı/kuzeybatı uzanımlı İncekaya'nın hyaloklastit akıntılarının bulunduğu alan ve d)

alanda gölün kuzeyine denk gelen kısımda yüzeylenmiş hyaloklastitler şeklinde dört birim tespit etmişlerdir. (Schmincke vd.2018).

Veri ve Yöntem

Bu çalışmanın önemli bir adımı haritalamadır. Arazi çalışmalarında da kullanılan araştırma sahasına ait haritala, Harita Genel Komutanlığı tarafından hazırlanan 1/100 000 ve 1/25 000 ölçekli topografya haritaları ile MTA'dan alınan 1/100 000 ve 1/500 000'lik jeoloji haritalardır.

Arazi çalışmaları sırasında adı geçen paftalar üzerine notlar alınmış ve özellikle jeomorfoloji haritası için veri tabanı oluşturulmaya çalışılmıştır. Aynı zamanda profil ve kesit hatları belirlenerek harita üzerine işaretlenmiştir. Özellikle elde bulunan jeoloji haritası üzerindeki eksikler saptanmış ve araştırma alanına ait yeni ve daha detaylı bir jeoloji haritasının çizimi için veri tabanı oluşturulmuştur.

Elde edilen veriler. Coğrafi Bilgi Sistemleri üzerinde sistematik düzenlenerek bir veri tabanı oluşturulmuştur. Böylece İnceleme alanının jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerini tüm detaylarıyla gösteren tematik haritala kolaylıkla oluşturulmuştur.

Araştırma alanına ait paftalar taranıp bilgisayar ortamına alındıktan sonra koordinatlandırma işlemleri yapılarak geometrik düzeltmeleri sağlanmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri çalışmalarında yaygın olarak kullanılan GIS ArcMap 9.3 programında sayısallaştırma işlemi yapılmış böylece eşyükselti eğrileri, akarsu ağı, ulaşım ağı, tepeler ve jeolojik yapıya ait vektör veriler oluşturulmuştur.

Bu vektör veriler yardımıyla inceleme alanına ait;

- Sayısal Topografya ve Hidrografya Haritası,
- Sayısal Yükseklik Modeli,
- MTA tarafından yayınlanmış jeoloji haritası üzerine arazi çalışmaları sonrasında eklenmiş yeni veriler ile oluşturulmuş sayısal Jeoloji Haritası
- Jeomorfoloji Haritaları oluşturulmuştur.

Haritalama ve çizim çalışmaları sırasında Adobe Illustrator, Corel Draw ve Photo Shop programlarından da faydalanılmıştır. Ayrılan örnekler ilgili laboratuarlara gönderilmiştir. Örnekler üzerine uygulanan analiz yöntemleri ve laboratuar isimleri şunlardır:

- Sedimantoloji: Tane Boyu Analizi- CNRS- LGP UMR 8591- Meudon
- Jeokimya Analizleri:

1. Total Karbon -Azot, Karbon Organik, - LGP UMR 8591- Meudon
2. WDS (Dalgaboyu Dağılımı Spektrometresi) – Paris 6- Jussieu Üniversitesi Camparis Laboratuarı

- Mineralojik Analizler: IR -İnfraruj Spektrometrisi- (Kuvars, Aragonit, Dolomit, Kalsit) CNRS- LGP UMR 8591- Meudon
- Yaşlandırma Analizleri:C^{14}, K-Ar, Ar-Ar, U-Th- CNRS- GIF Sur Yvette ve Saclay
- Kil analizleri; RX Difaktrometrisi, CNRS- GIF Sur Yvette- Cedex.
- ICP-AES (İndüktif Eşleştirilmiş Plazma ve Atomik Emisyon Spektrometresi) analizi ise« Service d'analyse des roches et minéraux » (CNRS, Nancy) laboratuarlarında yaptırılmıştır.

Meudon laboratuarlarında yapılan tüm analizler ve Jussieu Üniversitesinde yapılan analizler (WDS) için örnek hazırlama işlemleri tarafımızca LGP laboratuarındaki konularında uzman Araştırmacı (D. Mouralis, C. Kuzucuoglu, J-F. Pastre) ve teknikerlerin (S. Kunesch, V. Robert, F. Goupille) kontrolünde yapılmıştır. Ayrıca K-Ar yaşlandırma analizi için gerekli örneklerin hazırlanması işlemleri de yine tarafımızca yapılmıştır. (*Akköprü 2011)*

Bulgular

İncekaya Köyü, İncekaya tüf konisi içindeki yamaçlardan gelen unsurlar ile kıyı önünde oluşmuş kolüvyal kökenli hafif eğimli düzlüğün üstüne kurulmuştur (Foto 2). 2007 yılında yaptığımız arazi çalışmaları sırasında düzlüğün gerisindeki yamaçlarda *Dreissena* kavkı kalıntılı gölsel depolara rastlanmıştır.

İncekaya konisinin hemen güneyinde 3,5 km^2 lik düzlük bir alan bulunmaktadır. Düzlük, İncekaya tüfünün yayılımıyla oluşmuş ve üstü ortalama 2 m kalınlığında piroklastik yağma çökelleri (pomza) ile kaplanmıştır. Bu pomza çökelleri erozyona çok müsait ortam oluşturmuşlardır. Bu sebeple, koni yamaçları, kar erimeleri ve yağışlar ile oluşan mevsimlik dereler tarafından hızlı bir şekilde aşındırılmaktadır (Foto 3). Koni yamacında dar ve derin yarıntılar oluşmaktadır. İncekaya Köyü ile Tatvan arasındaki ulaşımı sağlayan yol üzerinde ise bir piroklastik yağma çökelleri tespit edilmiştir (Akköprü 2011).

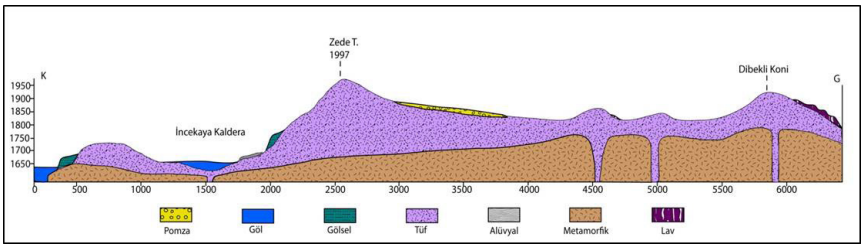


Foto 2: İncekaya Tüf Konisi İçine Kurulmuş İncekaya Köyü (Akköprü 2011)



Foto 3: İncekaya Tüf Konisinin Güney Yamacındaki Yarıntı Erozyonu (Akköprü 2011)

İnceleme alanında Güner'in tespit ettiği gibi 8 kül konisi değil de İncekaya tüf konisi hariç 5 skorya konisi belirlenmiş ve bunlardan ikisinin çok iyi şekillendiği görülmüştür (Şekil 4). Ayrıca bir de maar belirlenmiştir. Maara ait taban türbülans depolarının (base surges) bazaltik skorya konilerine ait piroklastik yağma çökelleri (pomzalar) altında fosilize olduğu tespit edilmiştir. Bu durum alan içindeki skorya konilerinin büyük bir olasılıkla maarı oluşturan volkanik faaliyetlerden sonra meydana geldiklerini göstermektedir (Akköprü 2011)



Şekil 4: İncekaya-Dibekli Konilerinin Şematik Gösterimi- Profil Hattı (A-A') (Akköprü 2011)

Dibekli Konisi

İncekaya volkanik alanı içindeki en büyük skorya konisi Dibekli Konisidir. Dibekli Konisi'ne ait lavlar önce güneydeki vadi içine daha sonra göle doğru akmış, ancak Düzcealan düzlüğüne ulaşamadan durmuşlardır (Foto4a-b).

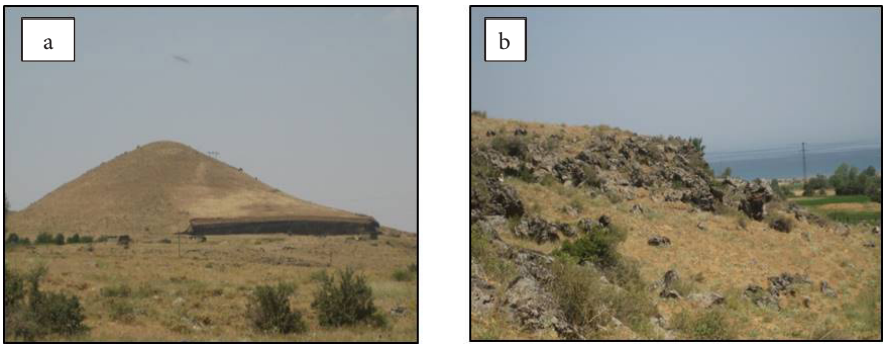
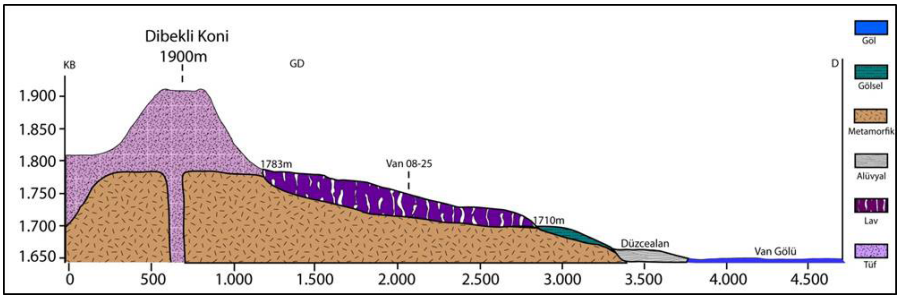


Foto 4a-b: Dibekli Skorya Konisi ve Lav Akışı (Akköprü 2011)

Bazalt lav akıntıları 1783 m'den itibaren akmaya başlamış ve 1710 m'ye kadar inmiştir (Şekil 5). Dibekli Konisi çevresinde ve lavlar üzerine yaptığımız çalışmalar sırasında iki farklı özellikte bazaltik lav olduğu tespit edilmiştir.



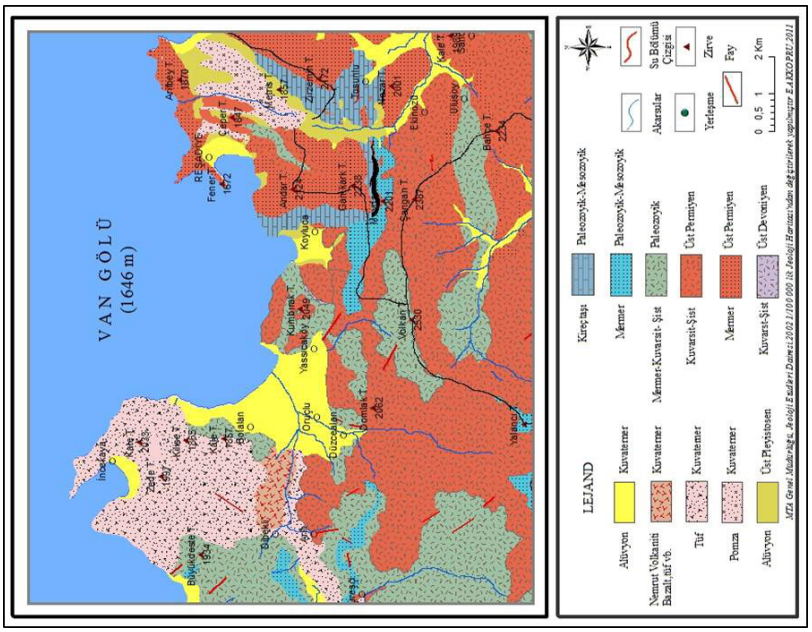
Şekil 5: Dibekli-Düzcealan Hattının Şematik Kesiti (B-B') (Akköprü 2011)

Benzer stratigrafik durum Dibekli Köyü ile Sarkaç Köyü'nün Arılı Mahallesi arasında, akarsuyu olmayan vadi içindeki, eski alüvyal taraça yarmalarında da gözlenmiştir. Bu taraçaların yüzeyleri 1777 m, 1783 m ve 1790 m yükseltidedir ve basamaklar halindedir. En üstteki taraçanın şekillenmesinde asıl rolü, taraça önünde baraj oluşturan, Dibekli Konisi'ne ait lav akıntısı oynamıştır. Böylece geriden taşınan alüvyonlar ve heyelanların getirdiği metamorfik malzemeler, lav gerisinde depolanarak taraça görünümünü almıştır. Metamorfiklerin üstünde ise pomza piroklastik yağma çökelleri ve İncekaya tüfü bulunmaktadır.

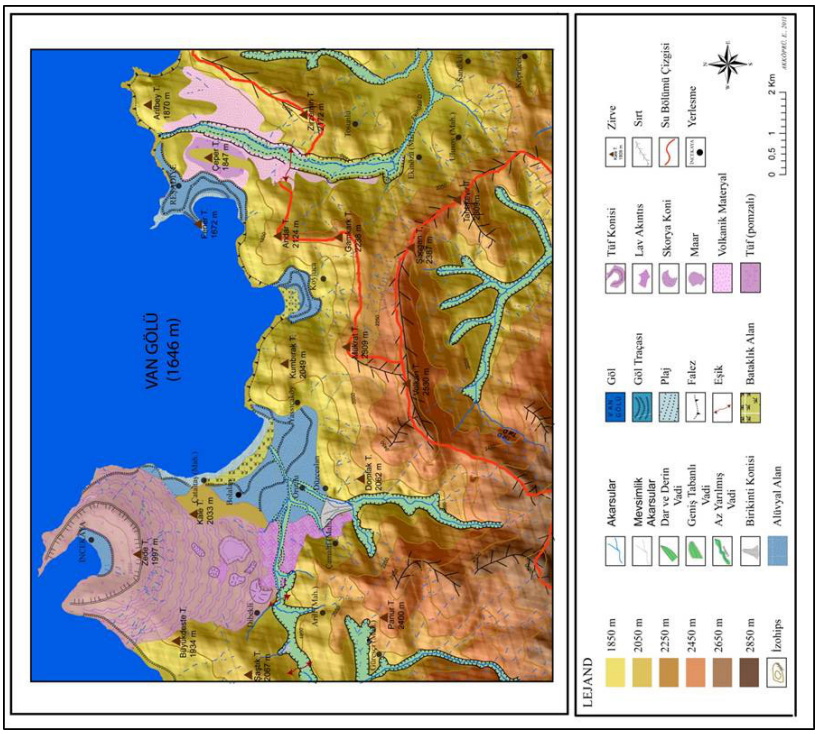
Dibekli-İncekaya volkanik alanında, lav akıntıları ile bozulmuş ve kesintiye uğramış drenaj ağı yeniden kurulmaya başlamıştır. Kuzeyde Arılı Mahallesi ve Dibekli köyü içinden kaynağını alan iki yan kol, güneyde, metamorfikler içinden doğan diğer yan kollar ile birleşmektedirler. Böylece küçük bir akarsu gerideki eski akarsu taraçaları ve lav akıntıları üzerinde yeniden vadisini kazmaya başlamıştır. Doğuya doğru akan bu akarsu, Düzcealan düzlüğü içinde, Bitlis Masifi'nden kaynaklanarak düzlük içine doğru akan diğer akarsulara bağlanır (Şekil 6-7). Düzcealan akarsu-gölsel kıyı düzlüğü genel hatlarıyla incelendiğinde üç seviye halinde basamaklı bir görünüme sahip olduğu görülür (Foto 5). Bu basamaklar gölün eski taraçalarıdır ve 1700 m, 1680 m ile 1660 m yükseltilerinde sıralanmışlardır. Ancak bu taraçalar antropojen etki nedeniyle deforme olmuşlar ve orijinal seviyelerini kaybetmişlerdir. İnceleme alanı içinde sınırlı sayıdaki bu alüvyal düzlükler eski çağlardan beri insanların yerleşim için öncelikli olarak tercih ettikleri alanlardır. Bu alanlar üzerindeki göl taraça düzlükleri tarım alanı olarak kullanılmış ve ayrıca insan etkisiyle yeniden basamaklandırılarak eski seviyelerini nerdeyse kaybetmişlerdir Düzcealan düzlüğünün Van Gölü ile birleştiği kesimde ise dar alanlı çakıllı bir plaj bulunmaktadır.



Foto 5: Düzcealan Kıyı Düzlüğü (Akköprü 2011)



Şekil 7: İncekaya ve Çevresinin Jeoloji Haritası



Şekil 6: İncekaya ve Çevresinin Jeomorfoloji Haritası

Güneyde, Düzcealan düzlüğünün masife yaslandığı alanda birikinti koni ve yelpazeleri gelişmiştir. Çamaltı Köyü girişinde 1717 m'de Dibekli Konisi'ne ait bazalt akıntıları bu birikinti konisi depolarının üzerinde yayılmıştır. Koniyi oluşturan litoloji mermer, kuvars, şist gibi Bitlis Masifi malzemelerinden oluşmaktadır. Birikinti konisi altında ise eski bir delta ortamı tabakalanmaları bulunmaktadır. Aynı özellikteki çökeller Düzcealan'ın kuzeybatısında Bolalan Köyü ile Çataltaş Mahallesi arasındaki kesimde de belirlenmiştir (Foto 6a-b).

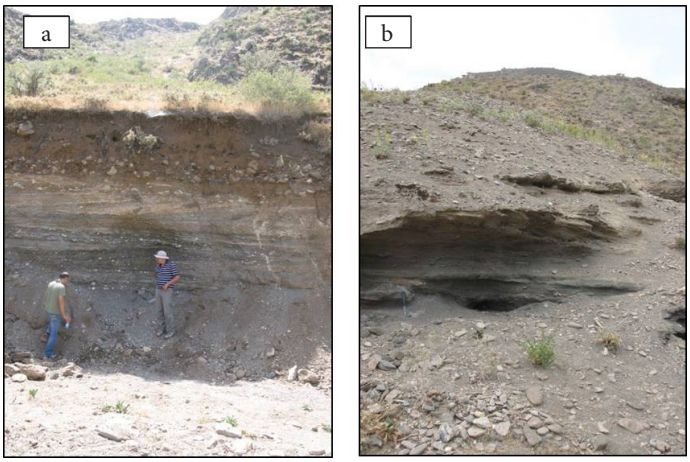


Foto 6a-b: a: Çamaltı Köyü Girişindeki Çökel Ortamı b: Bolalan Köyü- Çataltaş Mah. Arasındaki Çökel Ortamı

Doğuya doğru devam eden kıyı gerisinde, Koyluca Köyü önünde bir lagün oluşmuştur. Lagünün etrafındaki yamaçlarda taraça yüzeyleri bulunmaktadır. Valeton (1978:68),Van Gölü çevresinde yaptığı çalışmalarda Koyluca Köyü etrafında taraça seviyeleri işaretlemiş ve bu seviyeleri tüm göl çevresi için genellemiştir. Valeton'a göre en yüksek taraça +1720-1730 m'de bulunmaktadır. En yüksek seviye ile bugünkü göl seviyesi arasında birkaç taraça seviyesi daha vardır. Bunlar: 1700 m, 1680 m, 1660 m, 1655 m yükseltisindedirler. Yazara göre bazen farklı iki taraça seviyesi birbirlerini kesmiş durumda olabilmektedir. Ayrıca bunların birçoğu erozyon taraçası özelliğindedir ve üzerlerinde toprak oluşum süreci başlamıştır. Arazi çalışmaları sırasında taraça yüzeylerinin yamaç erozyonu nedeniyle Paleozoik-Mezozoik yaşlı metamorfik malzemelerle kaplandığı ve bu taraçaların yatay taraça yüzeyi özelliklerini neredeyse kaybettikleri tespit edilmiştir.

Koyluca Köyü girişinde kalınlığı ortalama 15 m olan ve 1687 m yükseltide delta ortamı özelliğine sahip bir kesit tespit edilmiştir. Kesitin üst tabakaları ince unsurlu çökellerden oluşmuştur. Ancak bu tabakalar yamaç erozyonu nedeniyle

deforme olmuşlardır. Cephe tabakaları ya da alın setleri denilen tabakalar ise neredeyse 45 derecelik eğim göstermektedirler ve malzemeler daha iri tanelidir.

Delta çökellerinin tamamı metamorfik kayaçlardan oluşmaktadır. Ancak cephe tabakalarının altında bulunan seviyede bir kil deposu bulunmaktadır ve bu depo içinde taşınarak işlenmiş pomza taneleri vardır (Foto 7)



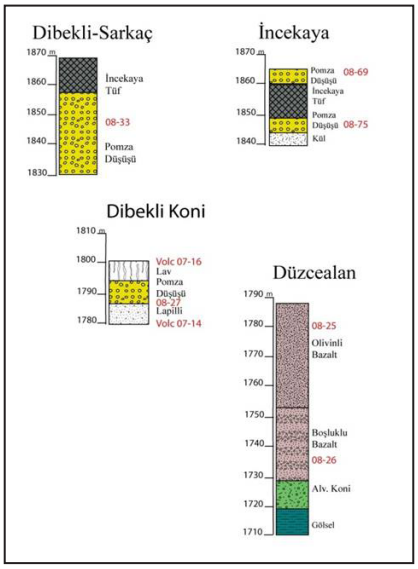
Foto 7: Koyluca Köyü Girişindeki Delta Ortamı Tabakaları

Sonuç

Çalışma sonucunda inceleme alanının Pleistosen süresince Van Gölü seviye değişimlerinden ne derece etkilendiği araştırılmış ve kıyı önü düzlüklerindeki akarsu-gölsel taraça seviyeleri incelenmiştir. Ayrıca volkanizmanın alan üzerindeki etkinliği ve oluşan volkanik şekiller haritalanmıştır. volkanizmanın alan üzerinde etkisi, ayrıca volkanizma öncesi ve sonrasındaki jeomorfolojik oluşum ve gelişim anlaşılmaya çalışılmıştır. Volkanik depolar üzerinden örnek alımları yapılarak alanın stratigrafisi anlaşılmaya çalışılmış ve farklı alanlardan jeolojik profil ve kesitler çizilmiştir (Şekil 8). Alınan örnekler üzerinde jeokimyasal analizler ve yaşlandırma analizleri yapılmıştır. İnceleme alanının stratigrafik durumunun anlaşılması amacıyla çökeller arasındaki ilişkileri ve sıralanışını gösteren loglar çizilmiştir (Şekil 9).



Şekil 8: İncekaya-Reşadiye Alanı Kesit Hatlarını ve Örnek Lokasyonlarını Gösteren Harita



Şekil 9: İncekaya ve Çevresinim Stratigrafik Logları (Akköprü 2011)

Gölsel Depolar

İnceleme alanının orta kesiminde gölsel çökellerden oluşmuş taraçaların üst seviyeleri 1655 m ve 1720 m arasındaki yükseltilerde bulunmaktadır. Düzcealan ve Koyluca kıyısındaki taraçalar, Bitlis Masifi'nden gelen derelerin ağızların da oluşmuş birikinti koni malzemeleri ve alüvyal çökeller altında fosilleşmiş halde-

dirler. Bu nedenle gölsel çökellerin ve dolayısıyla taraça seviyelerinin net bir şekilde belirlenmesi nerdeyse mümkün değildir.

Pomza Düşüşleri

Pomza düşüşlerinin bu alanda görüldükleri yükseltiler 1730 m ile 1850 m arasında değişmektedir. Pomzalar Bitlis Masifi kayaçları üzerinde, yamaçlarda ve Dibekli - İncekaya volkanik alanı içinde yayılmışlardır.

İncekaya volkanik alanı içindeki gölsel depolar içinde çoğu zaman işlenmiş halde pomza depolarına rastlanılmıştır. Aralarındaki stratigrafik ilişkinin anlaşılması zordur. İncekaya Köyü yamaçlarında 1700 m yükseltisinde *Dreissena* kavkıları bulunan gölsel tabakalar içinde de pomza düşüşlerine rastlanılmıştır.

Pomza düşüşleri ile Dibekli-İncekaya bazaltik depolar arasındaki ilişki

Dibekli Düzcealan arasındaki kesimde tespit edilen volkanik oluşumlar şu şekildedir:

a. Dibekli alanında, beş skorya konisi ve bazalt akıntıları (maarla birlikte) bulunmaktadır. Skorya konileri üzerinde pomza düşüşleri gözlenmiştir.

b. Bazaltik bir volkan olan İncekaya tüf konisi ve etrafındaki geniş tüf örtüsü ise diğer volkanik formasyonlardır.

4. Alanın stratigrafik gelişiminin daha iyi anlaşılması amacıyla tabakalar arasında üniteler ayırt edilmiştir. Bunlar:

5. Ünite I: Tabanda, üzerleri İncekaya tüf tabakası ile kaplanmış ve çok iyi tabakalanmaya sahip pomza düşüşleri bulunmaktadır. Ünite II: İncekaya tüfü, pomza düşüşlerinden sonra depolanmıştır ve tüm inceleme alanında stratigrafik olarak anahtar rol oynamaktadır. Volkan etrafında ortalama 80 cm kalınlığa sahiptir ve çalışma alanında 1830 m ve 1860 m yükseltileri arasında görülmektedir. Çok sert bir litolojik yapıya sahiptir ve çok az aşınmıştır.Ünite III: Dibekli alanında ve İncekaya tüf konisinin güneyinde depolanmış bir pomza düşüşü (Van 08-69) İncekaya tüfü üzerini örtmektedir.

Jeokimyasal Analiz Sonuçları

Dibekli Lav Akıntısı

İncekaya Dibekli volkanik alanından alınan bazaltik lav örnekleri üzerinde K-Ar yaşlandırma yöntemi uygulanmıştır. Düzcealan kıyı düzlüğüne doğru akan lav akıntılarından üç örnek alınmıştır. Ancak örneklerden iki tanesi (Van 08-26, Van 08-35) yaşlandırma yönteminin uygulanması için uygun bulunmamıştır. Diğer örnekten ise (Van 08-25) yaşlandırma analizi sırasında verdiği olumsuz reaksiyon sebebiyle sonuç alınamamıştır.

Dibekli skorya konisi üzerinden (skoryalar bir pomza düşüşü üstünü kaplamışlardır) alınan dördüncü örnek bir lav akıntısıdır (Van Volc 07-16). K-Ar yaşlandırma analizi sonuçlarına göre bu lav akıntısın yaşı 68±8 bin olarak belirlenmiştir. Bu sonuç bize, lav akışı tarafından fosilize olmuş pomzaların yaşının ise > 70 bin olduğunu göstermektedir. K-Ar yaşlandırma analizlerinin dışında alan üzerinde alınan birçok örnek üzerinde jeokimyasal analizler yapılmıştır. Örneklerin isimleri, alındıkları alanlar, yükseltileri, ne çeşit materyal olduğu ve hangi analiz türü uygulandığı Tablo 1'de gösterilmiştir.

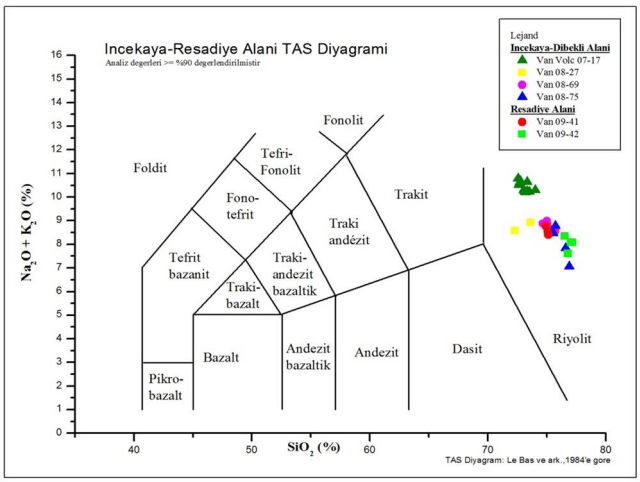
Tablo 1: İncekaya Volkanik Alanı Örnek Tablosu

Örnek İsmi	Kesit İsmi	Yükselti	Materyalin ismi	Analiz Türü
Van-08-27	Dibekli	1851	Pomza düşüşü	ICP-AES/ WDS
Van-08-33	Dibekli	1853	Pomza düşüşü	ICP-AES
Van-08-75	Dibekli	1789	Beyaz Kül ve Pomza	ICP-AES
Van-08-69	Dibekli	1843	Beyaz Kül ve Pomza	ICP-AES
Van-Volc-07-14	Dibekli Skorya koni üstü	1801	Zengin feldspat içerikli lapilli	WDS
Van-Volc-07-17	İncekaya Yolu- Göl Kıyısı	1711	Pomza düşüşü	WDS
Van-09-42	Reşadiye	1742	Pomza düşüşü	WDS
Van-09-41	Reşadiye	1697	Gölsel depo içinde işlenmiş tefra	WDS

Tablo 2: İncekaya-Reşadiye Alanı Örneklerinin WDS (Dalgaboyu Dağılımı Spektrometresi) Analiz Sonuçlarına Göre Ana Element Değerleri

Örnek ismi	Analiz sayısı	Hesap türü	Na_2O	MgO	SiO_2	$Al2O_3$	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	FeO	Toplam	Na_2O+K_2O
VAN 08-27	2	Ortalama	**4,95**	**0,01**	**69,09**	**12,33**	**3,33**	**0,22**	**0,37**	**0,15**	**4,20**	**94,65**	**8,28**
		Standart Sapma	0,14	0,03	4,05	0,05	0,75	0,08	0,00	0,01	0,37	4,33	0,61
VAN 09-41	3	Ortalama	**3,61**	**0,01**	**70,43**	**11,58**	**4,43**	**0,27**	**0,31**	**-0,01**	**3,19**	**93,86**	**8,04**
		Standart Sapma	0,34	0,01	1,95	0,43	0,29	0,05	0,01	0,08	0,62	2,46	0,05
VAN 09-42	4	Ortalama	**3,41**	**0,01**	**72,72**	**11,15**	**4,18**	**0,21**	**0,23**	**0,08**	**2,58**	**94,57**	**7,59**
		Standart Sapma	0,19	0,00	0,70	0,23	0,26	0,02	0,07	0,02	0,14	0,68	0,24
VAN 08-69	6	Ortalama	**3,89**	**0,00**	**71,64**	**10,57**	**4,46**	**0,22**	**0,28**	**0,09**	**4,03**	**95,17**	**8,34**
		Standart Sapma	0,24	0,01	1,39	0,18	0,08	0,02	0,05	0,05	0,15	1,56	0,18
VAN 08-75	4	Ortalama	**3,68**	**0,00**	**72,71**	**10,73**	**3,99**	**0,20**	**0,28**	**0,13**	**3,70**	**95,43**	**7,67**
		Standart Sapma	0,28	0,01	0,86	0,15	0,48	0,04	0,07	0,04	0,23	1,16	0,75
VAN Volc 07-17	12	Ortalama	**3,93**	**0,02**	**69,91**	**12,76**	**4,12**	**1,01**	**0,28**	**0,06**	**3,06**	**95,16**	**8,05**
		Standart Sapma	0,95	0,03	4,66	4,37	1,11	2,58	0,06	0,07	1,11	2,20	1,37

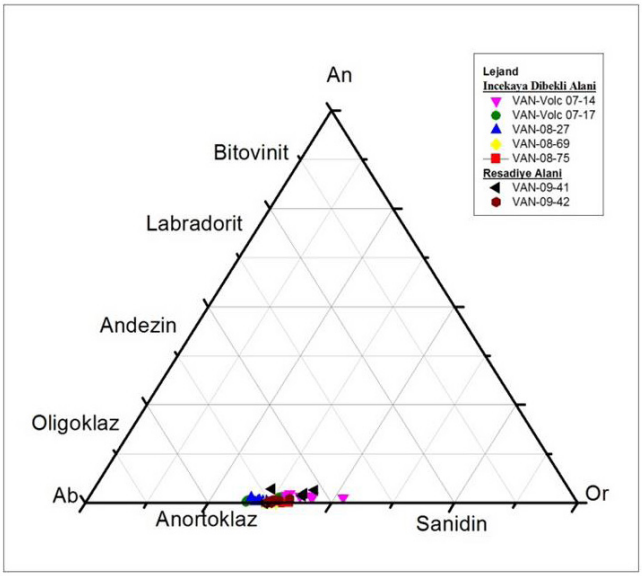
WDS analiz çalışmaları, örnekler içindeki volkanik cam ve feldspat minerallerinin ana (major) element değerleri % cinsinden hesaplanarak yapılmıştır. Major elementler yer kabuğunda ağırlık olarak %98.34 oranında bulunan elementlerdir. Bunlar: SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O. TiO_2, P_2O_5 elementleridir. Örneklerin major elementlerinin kimyasal analiz sonuçlarının ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 13'de verilmiştir. Ayrıca Total alkali ve silika (TAS) diyagramı çizilerek örneklerin diyagram içindeki yeri saptanmıştır. (Şekil 10).



Şekil 10: İncekaya-Reşadiye Alanı Volkanik Örneklerinin TAS Diyagramı (Akköprü 2011)

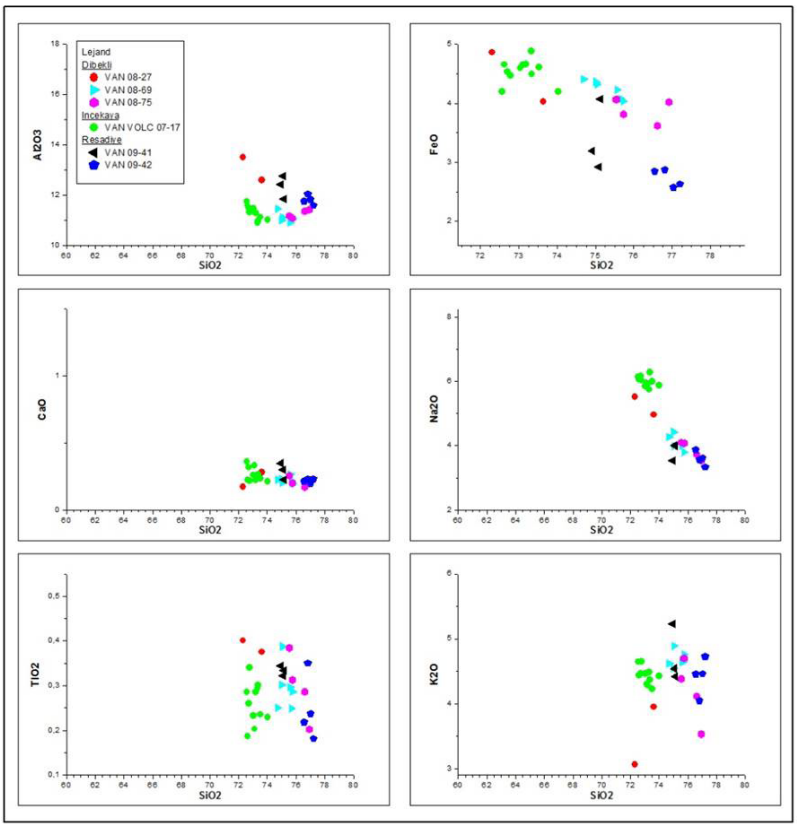
Örnekler, % 69,09 ile % 72,71 arasında değişen miktarlarda SiO_2 içerirler. $A1_2O_3$ içerikleri % 10,57 ile % 12,76 arasında, MgO içerikleri %0,01 ile % 0,03 arasında, CaO içerikleri % 0,20 ile % 1,01, Na_2O içerikleri % 3,41 ile % 4,95, K_2O içerikleri % 3,33 ile % 4,46 arasında değişmektedir. Toplam Alkali- Silika (TAS) sınıflandırma diyagramında ise Reşadiye - İncekaya alanına ait pomzaların içerdiği camın jeokimyasal analiz sonuçları riyolitten oluştuğunu göstermektedir.

Örneklerin içerdiği feldspat minerali jeokimyasal bileşimlerinin analiz sonuçlarına göre tüm Dibekli - İncekaya volkanik alanındaki volkanik örneklerinin trakitik özellikte ve anortoklaz grubu içinde bulundukları anlaşılmıştır (Şekil 11).



Şekil 11: İncekaya-Reşadiye Alanı Örneklerinin Üçgen Diyagramı (Akköprü 2011)

Örneklerin WDS analizleri sonuçları ile ayrıca ikili diyagramlar çizilerek, SiO_2 değerleri ile diğer oksit değerleri karşılaştırılmıştır (Şekil 11). Diyagramlar, İncekaya tüfü üstünde ve altında bulunan pomza düşüşlerinin jeokimyasal değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğunu göstermektedir (Van 08-69 ve Van08-75). Bu durumda söz konusu iki pomza düşüşünün stratigrafik olarak farklı konumlarda olmalarına rağmen aynı volkanik faaliyet sonucu oluştuğu söylenebilir.



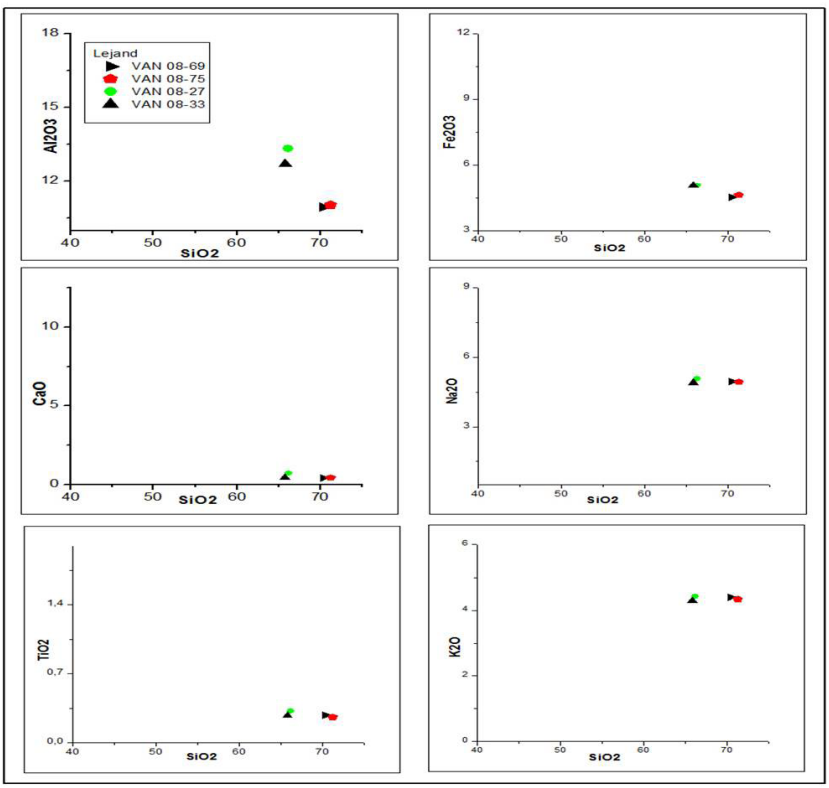
Şekil 12: İncekaya-Reşadiye Alanı Örneklerinin İkili Diyagramları (Akköprü 2011)

Dibekli skorya konisi içinden alınan Van 08-27 örneği ile İncekaya tüf konisinin göle yakın dış yamacından alınan Van Volc 07-17 örneğinin, TAS diyagramında olduğu gibi, WDS ikili grafikleri içinde de aynı hareket ettikleri anlaşılmaktadır. Aynı zamanda, Reşadiye alanında, göl depoları içinde taşınmış olarak depolanmış Van 09-41örneği ile Reşadiye Köyü içindeki düşüş özelliğindeki pomza deposundan alınmış Van 09-42 örneği aynı jeokimyasal özelliğe sahiptirler.

İncekaya Reşadiye alanından alınan dört pomza örneğinin ayrıca ICP-AES jeokimyasal analizi yapılmıştır ve ana element değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Analiz sonuçları ile ikili grafikler çizilerek örnekler eşleştirilmiştir (Şekil 13). Sonuçlara göre örnekler jeokimyasal olarak iki grup oluşturmuşlardır. Van 08-69 ile Van 08-75 örnekleri aynı jeokimyasal özelliktedir ve Van 08-33 ile Van08-27 ise yine benzerdir.

Tablo 3: İncekaya-Reşadiye Alanına Ait 4 Pomza Örneğinin ICP-AES Değerleri Tablosu

Oksitler	VAN-08-27	VAN-08-33	VAN-08-75	VAN-08-69
SiO2 %	66,22	65,82	71,28	70,41
Al2O3 %	13,33	12,70	11,04	10,95
Fe2O3 %	5,06	5,07	4,63	4,51
MnO %	0,15	0,11	0,11	0,10
MgO %	0,09	0,05	0,04	0,06
CaO %	0,73	0,43	0,43	0,40
Na2O %	5,08	4,90	4,94	4,95
K2O %	4,41	4,29	4,34	4,40
TiO2 %	0,32	0,28	0,26	0,28
P2O5 %	0,04	< L.D.	< L.D.	< L.D.
Total	100,46	98,73	100,58	99,38



Şekil 13: İncekaya Volkanik Alanı ICP-AES Analizi İkili Diyagramları (Akköprü 2011)

Kaynaklar

Akköprü, E., 2011. Van Gölü'nün Güneybatı Kısmında Jeomorfolojik Araştırmalar (Tatvan-Göllü). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Basılmamış Doktora Tezi. İstanbul.

Güner, Y., 1984. Nemrut Yanardağı'nın Jeolojisi, Jeomorfolojisi ve Volkanizmasının Evrimi. Jeomorfoloji Dergisi, (12), 23-65.

Sür, A., Sür, Ö., & Yiğitbaşıoğlu, H., 2002. Volkanlar, Türkiye'nin Volkanik Yöreleri ve Depremler. Ankara: Bilim Yayınları.

Lockwood, J., & Hazlett, R., 2010. Volcanoes:global perspectives. Wiley- Blackwell.

Schmincke H.U., Sumıta, M., Çukur, D., 2018. Large- volüme basaltic hyaloclastite eruption along a propagating land/lake litosphere fracture at lake Van (eastern Anatolia): impact of volcanism on the evolution of Lake Van V. Bulletin of Volcanology (80):82, 2-23.

9. BÖLÜM

DAĞLIK ALANLARIN İKLİM ÖZELLİKLERİNİ BELİRLEMEDE CBS TABANLI ENTERPOLASYON YÖNTEMLERİNİN KULLANIMI: BATI TOROSLAR ÖRNEĞİ

Onur YASAN - Çanakkale Onsekiz Mart Üniverstesi

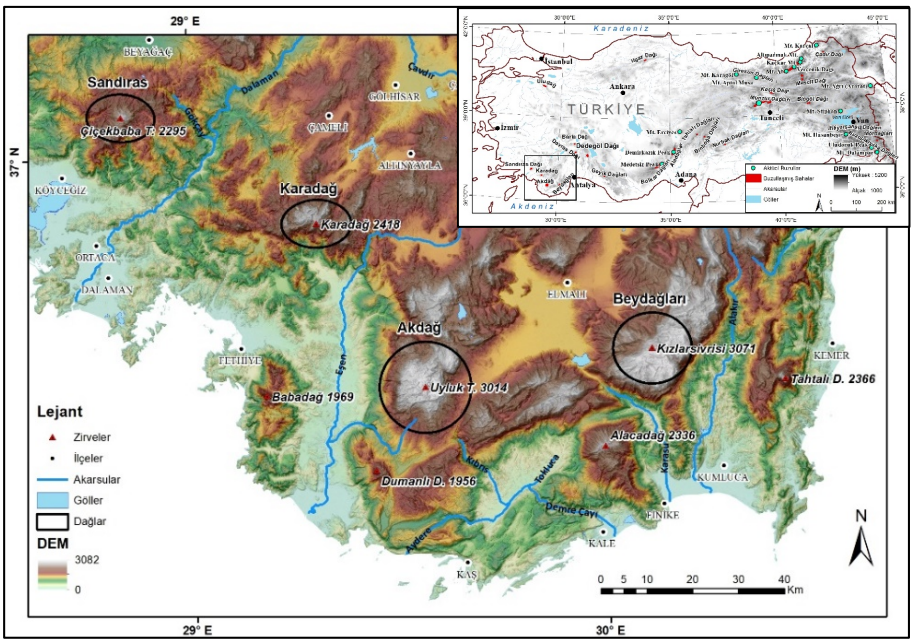
Dr. Öğr. Üyesi Faize SARIŞ - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Doç. Dr. Cihan BAYRAKDAR - İstanbul Üniversitesi

1. Giriş

Türkiye'nin güneyini doğudan batıya doğru hemen hemen kesintisiz şekilde büyük ölçüde doğu-batı doğrultulu uzanan Toros Dağları silsilesi kuşatır (Şekil 1). Toros Silsilesi, Güneydoğu Toroslarda en yüksek 4100 metrelere, batıya doğru Orta Toroslarda 3750 metrelere ve Batı Toroslarda 3070 metrelere ulaşır. Kabaca Akdeniz kıyı çizgisine paralel bir uzanış gösteren Toroslar büyük ölçüde karbonatlardan oluşur ve bu durum karstlaşmanın yoğun olarak bu silsile üzerinde görülmesine sebebiyet verir. Ayrıca Toros Dağları'nın denize bakan yamaçları Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölümünden sonra en fazla yağış alan bölgesidir. Özellikle Batı Torosların batısı bu özelliğinden dolayı Kuvaterner'deki iklim değişikliklerinden de büyük ölçüde etkilenmiş ve buzul çağlarında çevresine göre daha fazla kar yağışı alarak Anadolu'da kalıcı kar sınırının en alt seviyelere düştüğü bölgelerden biri olmuştur (Bayrakdar vd., 2017). Dağlık alanların çevresine göre daha farklı iklim özelliklerine sahip olduğu bilinmesine rağmen, bu bölgelerde yeterli sayıda meteoroloji istasyonunun bulunmaması dağlık alanların iklim özelliklerinin net bir şekilde ortaya konmasını engellemektedir. Fakat Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojilerinin yardımıyla bazı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak dağlık alanların iklimine dair gerçeğe daha yakın çıkarımlar yapılabilir. Bu çalışma ile Batı Toroslarda yer alan ve Kuvaterner'de buzullaşmalara uğramış dağlardan Sandıras Dağı, Karadağ, Akdağ ve Beydağları'nın iklim özelliklerinin belirlenmesinde CBS tabanlı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak bu dağların güncel ik-

lim özellikleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda: Coğrafi Bilgi Sistemleri metodolojisi ve teknolojilerinden (ArcMap 10.4.1.) faydalanılarak, IDW (Inverse Distance Weighting), Kriging ve Spline Nokta Enterpolasyon teknikleri uygulanmıştır. Bu enterpolasyon yöntemleri ile elde edilen veriler WorldClim verileri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan analiz ve karşılaştırmalar sonucunda çalışma sahasına en uygun enterpolasyon yönteminin IDW (Inverse Distance Weighting) yöntemi olduğuna karar verilmiştir.



Şekil 1: Çalışma sahası konum özellikleri

2. Materyal ve Yöntem

Materyal

Teke Yarımada'sının sayısal yükselti modelini (DEM (Digital Elevation Model)) oluşturmak için 30 metre çözünürlüklü Aster Dem verilerinden yararlanılmıştır.

Çalışma sahası içerisinde yer alan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait istasyonlar Tablo 1'de verildi. Bu istasyonlardan 10 tanesinin uzun yıllar ortalama verilerin yer aldığı (1960-2016) meteorolojik bültenlerine ulaşılmıştır. Geri kalan 17 istasyonlar farklı tarihlerde ve kısa süreli kayıt tutan istasyonlar olmalarına rağmen, bulundukları yükselti açısından önemli veriler sağladıkları için analizlere dahil edilmiştir.

Karadağ'ın güneyinde Muğla iline bağlı Seydikemer ilçe sınırları içinde yer alan ve TÜBİTAK 117Y391 no'lu proje kapsamınca Davis Vantage Pro2 PLUS model bir Otomatik Hava Gözlem İstasyonu (OHGİ) kurulmuştur. Kurulan bu istasyondan da 15.07.2018 – 11.05.2019 yılları arasında kaydedilen verilerden yararlanılmıştır. Kıyaslama için bölgede yer alan Sandıras Dağı, Karadağ, Akdağ ve Beydağları gibi dağlık alanlara yakın olan, Muğla/Fethiye Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınan aynı tarih aralığındaki (15.07.2018 – 11.05.2019) istasyon verileriyle karşılaştırma yapılmıştır.

Çalışma sahası için gözlemler ve meteoroloji istasyonunun kurulum yerinin belirlenmesi ve kurulması için 14.07.2018 tarihinde arazi çalışması yapılmıştır. İstasyon verilerinin sağımı için 28.10.2018, 01.02.2019 ve 11.05.2019 tarihlerinde arazi çalışmaları düzenlenmiştir.

Arazi gözlemleri için kullanılan bazı lokasyonları fotoğraflamak için DJI Phantom 3 Advanced model drone görüntülerinden faydalanılmıştır.

Tablo 1: Meteoroloji İstasyonları

İstasyon Kodu	İstasyon Adı	Yükseltisi	Gözlem Aralığı	Enlem	Boylam
8046	Gölhisar	990	1966-1995	37.1500	29.5000
8465	Ortaca	10	1984-1988	36.8333	28.7666
8713	Kemer (Ant)	10	1972-1989	36.6000	30.5666
8880	Kumluca (KK)	60	1970-1992	36.3833	30.2833
17294	Dalaman	12	1960-2016	36.7719	28.7986
17296	Fethiye	3	1960-2016	36.6266	29.1238
17375	Finike	2	1960-2016	36.3024	30.1458
17380	Kaş	153	1964-2016	36.2002	29.6502
17924	Köyceğiz	24	1960-2016	39.9700	28.6869
17926	Korkuteli	1017	1968-2016	37.0565	30.1910
17952	Elmalı	1095	1960-2016	36.7372	29.9121
18308	Burdur (Altınyayla)	1291	2016-2016	37.0125	29.5450
18305	Elmalı Orman Sahası	1311	2015-2016	36.5842	29.9892
18018	Fethiye Değirmenbaşı Ekip Orman Deposu	70	2013-2016	36.6667	29.1630
18010	Kaş Kasaba Orman Sahası	211	2013-2016	36.3050	27.7306
18009	Kaş Çavdır Orman Sahası	71	2005-2006	36.3592	29.3403
18019	Köyceğiz Zeytin Alanı Ekip Orman Deposu	133	2013-2016	36.9539	28.7517
17295	Muğla Dalaman Havalimanı	5	2005-2016	36.7229	28.7896
18632	Çameli/Kirazlıyayla Köyü	905	2015	36.9781	29.2136
18626	Fethiye/Nif /Arpacık) Köyü	948	2016	36.8322	29.1742

Tablo 1: Meteoroloji İstasyonları (Devamı)

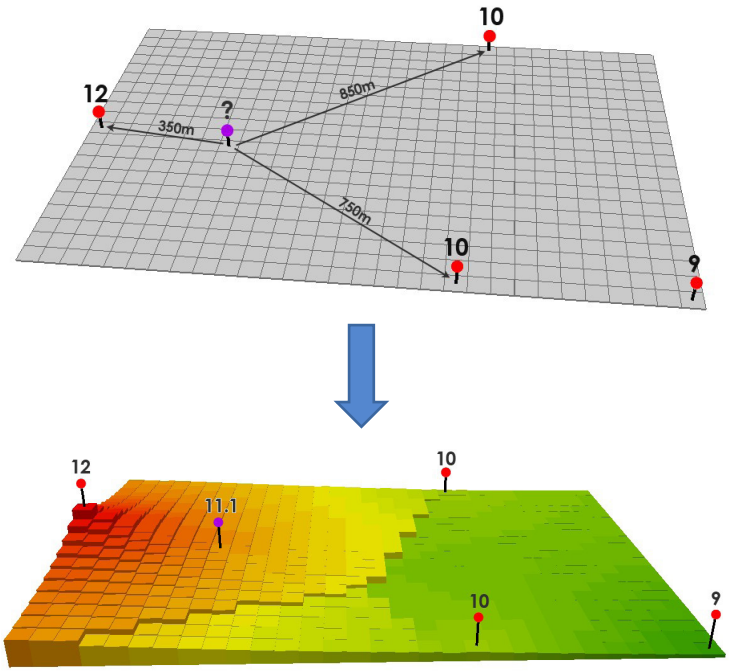
18620	Gölhisar/Elmalıyurt Mevki	1648	2015	36.9167	29.39.72
18297	Beyağaç	658	2015-2016	37.2266	28.8843
18613	Kaş/Yuvacık Mevki	1428	2016	36.4464	29.5422
18648	Kaş/Yaylapalamut Mevki	1637	2016	36.4847	29.5144
18612	Kumluca/Akdağ Kovucak Mevki	1001	2016	36.5983	30.2503
17970	Kale/Demre	25	2014-2017	36.2421	29.979
17302	Anlalya	40	1929-2017	36.8851	30.6828

Yöntem

Teke Yarımadası'nda sıcaklık ve yağış verilerinden yola çıkarak iklimsel özelliklerin alansal dağılışını belirleyebilmek için üç farklı enterpolasyon yöntemi CBS (ArcMap 10.4.1.) aracılığıyla uygulanmıştır. Gerçekleştirilen mekansal analiz çalışmaları iki farklı zaman ölçeğinde gerçekleştirilmiştir. Öncelikle 30 Meteoroloji istasyonunun (Tablo 1) uzun yıllar ortalama sıcaklık ve uzun yıllar ortalama toplam yağış verileri üç farklı enterpolasyon tekniği kullanarak haritalanmış ve Worldclim haritası ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, Seydikemer'de kurulan OHGİ istasyonunun günlük yağış verileri kullanılarak, yağış klimatolojisine ilişkin temel analizler yapılmıştır. Son olarak, normal kış (Aralık-Ocak-Şubat ayları) ve genişletilmiş kış (Aralık-Ocak-Şubat-Mart ayları) dönemleri için yalnızca IDW tekniği ile enterpolasyonla haritalama yapılmıştır. Çalışmada kullanılan enterpolasyon yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.

IDW (Inverse Distance Weighting) Enterpolasyon Yöntemi

Ters mesafe ağırlıklandırma veya ters mesafe ağırlıklı (IDW) yöntem, ilgilenilen noktadan örneklenen noktalara olan mesafenin bir ters fonksiyonu tarafından ağırlıklandırılan, örneklenmiş noktalardaki değerlerin doğrusal bir kombinasyonunu kullanarak örneklenmemiş noktalardaki özniteliğin değerlerini tahmin eder (Keblouti, Ouerdachi, ve Boutaghane, 2012). Özetle her bir hücre için yakınındaki örnek verilerin ortalama değerleriyle, hücre değerini tahmin etmektedir. Tahmin için hücreye en yakın noktalar referans alınır. Örnek noktadan uzaklaştıkça hücre değerinin doğruluğu azalacağından enterpolasyon uygulanacak alana yeterli sayıda nokta atılıp, küçük alanlar şeklinde değerlendirme yapılmalıdır. Aşağıdaki (Şekil 2)'de IDW enterpolasyonunun mantığının vurgulandığı ve uygulandığı örnek sıcaklık haritası gösterilmiştir. Değeri bilinen üç nokta (kırmızı ile gösterilmiştir.) ile değeri bilinmeyen mor renkli alan arasındaki enterpolasyonun hesaplanma formülü ve çıkan sonuç değeri: ((12/350) + (10/750) + (10/850)) / ((1/350) + (1/750) + (1/850)) = 11,1'dir.



Şekil 2: IDW Enterpolasyon Tekniği Şematik Gösterimi (https://gisgeography.com/inverse-distance-weighting-idw-interpolation/)

Spline Enterpolasyon Yöntemi

Franke (1982) tarafından geliştirilen Spline yönteminde eldeki veri setine tek bir fonksiyon uyumlamak (fit etmek) yerine her aralığa birbirinden farklı birer polinom uyumlanır. Zira düşük dereceden polinomlarla her değişimi temsil etmek oldukça güçtür, yüksek dereceden polinomlarla ise her değişim temsil edilebilmekle birlikte veri setindeki her bir aralık için değişimin yüksek dereceden bir polinomun ön gördüğü değişime yakın olup olmadığını bilmek ya da denetlemek mümkün olmaz. Oysa Spline enterpolasyonları ile eldeki veri setinin tüm noktalarından geçen ve düşük dereceden polinomların yapısına uygun olarak düzgün değişen fonksiyonlarla, sürekli bir uyumlama elde etmek ve buna dayalı olarak ara değer hesabı yapmak mümkündür. Bu nedenle Spline enterpolasyonları geniş bir uygulama alanına sahiptir.

Ayrıca Spline metodu, matematiksel bir fonksiyon kullanarak bilinen noktalardan lastik tabakalı bir yüzeye uyacak şekilde düşünülebilir. ArcGIS'de spline enterpolasyonu bir Radyal Temel Fonksiyondur. Bu işlevler analistlerin ölçülen noktalar arasında düzgün eğriler veya dar düz kenarlar arasında karar vermelerini

sağlar. Splining fonksiyonlarının avantajları, sadece birkaç örneklenmiş noktadan yeterince hassas yüzeyler üretebilmeleri ve küçük özellikler elde etmeleridir. Bunun bir dezavantajı, veri setinden farklı minimum ve maksimum değerlere sahip olmaları ve fonksiyonların, orijinal veri değerlerinin örnek noktalara dahil edilmesinden dolayı aykırı değerlere karşı duyarlı olmalarıdır. Bu, GIS'de yaygın olarak kullanılan tüm kesin enterpolasyonlar için geçerlidir, ancak yavaşça değişen yüzeyler için en iyi şekilde çalıştığı için Spline için daha ciddi problemler ortaya çıkarabilir (yani düşük varyansa sahip olanlar) (Ghazal vd., 2013).

Kriging Enterpolasyon Yöntemi

IDW'ye benzer şekilde kriging, bilinmeyen yerler için değerlerin enterpolasyonundaki en yakın veri noktalarına daha fazla etki veren bir ağırlık kullanır. Bununla birlikte, kriging deterministik değildir, ancak IDW'nin yakınlık ağırlıklandırma yaklaşımını fonksiyonun tam nokta konumunun bilinmediği rastgele bileşenleri içerecek şekilde genişletir. Civardaki ölçüm lokasyonlarının kriging ağırlıkları IDW'dekinden daha teferruatlıdır. IDW mesafeye dayanan basit bir algoritma kullanır, fakat kriging ağırlıkları verinin mekansal yapısını araştıran semivaryogramdan gelir. Kriging iki aşamalı yarı varyans tahminleriyle başlar ve ardından enterpolasyonu gerçekleştirir. Bu yöntemin bazı avantajları değişken karşılıklı bağımlılık ve mevcut hata yüzey çıktısının eklenmesidir. Dezavantajı, esas olarak daha fazla hesaplama gerektirmesi ve modelleme süresi ve kriging, kullanıcıdan daha fazla girdi gerektirir (Kahraman ve Ünsal, 2014; Keblouti vd., 2012).

3. Cbs Tabanlı Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılmalı Değerlendirilmesi

Türkiye, nemli orta enlem bölgesi ile kuru/sıcak tropik bölge arasında yer alan, esasen sub-Tropikal bölgede yer almaktadır, bu nedenle yaz aylarında sub-Tropikal yüksek basınç etkili iken kışın ise batılı rüzgarlar hüküm sürmektedir. Yazları kuru ve sıcak, kışları ise yağışlı olan Akdeniz makro iklimi yaşanır (Xoplaki, 2002; Harding, 2006). Türkiye iklimi, İzlanda (alçak) ve Azor (yüksek) basınç sistemleri tarafından güçlü bir şekilde etkilenmektedir. Kuzey ve kuzeydoğuda etkili basınç sistemi Sibirya (yüksek), güneye doğru ise Muson (alçak) basınç sistemi etkili olmaktadır. Kışın, Türkiye'de hüküm süren hava akımları, büyük ölçekli Sibirya antisiklonu ile Polar cephe siklonları ve Akdeniz sistemleri tarafından kontrol edilmektedir. Batı-kuzeybatılı rüzgarlar Polar cephe kaynaklıyken, doğu-kuzeydoğulu rüzgar sistemleri Sibirya antisiklonu kaynaklıdır. Güneybatı ve güneydeki hava akımları, Akdeniz cephe sistemi etkisi altındır (Tatlı, vd., 2004; Sarış, vd., 2010).

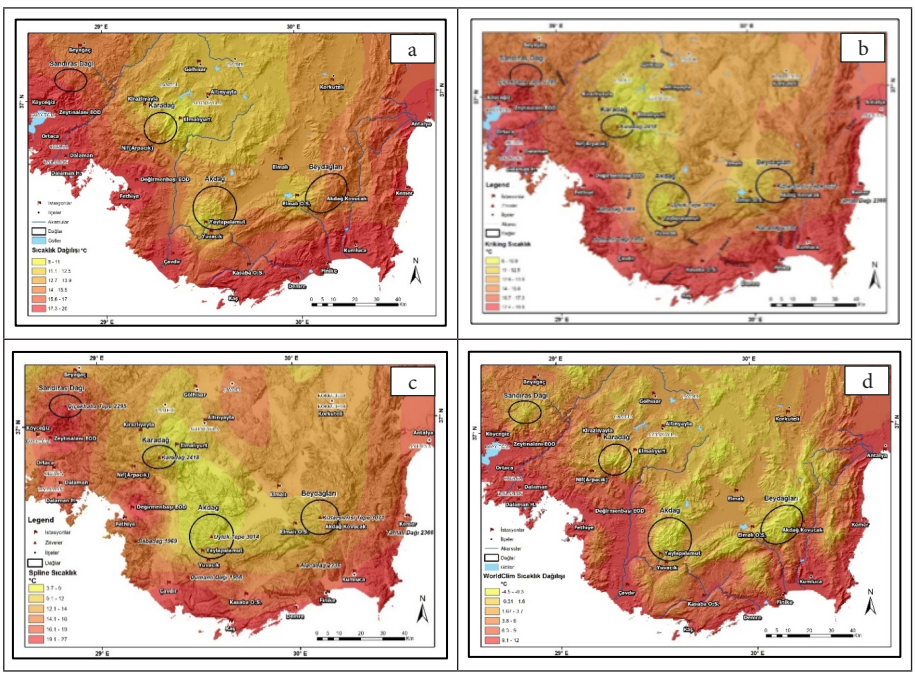
Teke Yöresi'nde nemli dönemde atmosferik aktivite kuvvetlidir. Bu dönemde Azor yüksek basınç merkezi güneye kayarak, Kanarya Adalarına doğru hareket etmesi sonucu, Avrupa üzerindeki alçak basınç merkezi Adriyatik üzerinden Akdeniz'e doğru yer değiştirir. Böylece Türkiye'yi Teke Yarımadası üzerinden etkilemeye başlar. Bu durum, nemli devre olan Ekim-Şubat boyunca devam eder. Bu dönemde cephe yağışları oldukça etkilidir. İlkbaharda ise, Azor antisiklonu Afrika üzerindeki yüksek basınçla birleşir. Bu sırada Akdeniz, Avrupa üzerinden gelen soğuk hava kütleleri ile depresyonların etkisinde kalır. Bu depresyonlara bağlı olarak, hava kütlesi Akdeniz'e ulaşmadan Avrupa üzerinde kısmen yağış bıraktığı için, Teke Yarımadası kış mevsimindeki gibi bol yağış almaz. Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında Basra alçak basınç merkezi Sahra ve Arabistan üzerinde gelişmeye başlar. Bu nedenle sıcak ve kurak dönemde, yağış getiren Maritim Polar ve Kontinental Polar hava kütleleri kuzeye doğru çekilir. Yaz döneminde Kontinental Tropikal hava kütlesi sahayı etkiler. Kurak olan yaz döneminde, nemli devredeki frontojenezin tersine frontoliz hakimdir. Yazdan sonbahara geçiş, çok fazla hissedilmeyecek derecededir. Ancak Ekim ayından sonra, kara ve deniz üzerindeki havanın termik ve dinamik özelliklerinin değişiklik göstermesi sonucu, yavaş yavaş nemli devre koşulları kendini göstermeye başlayarak soğuk döneme geçiş hissedilir hale gelir (Eryılmaz, 1992).

Sahanın iklim özelliklerinin oluşumunda hava kütlelerinin etkisinin yanı sıra coğrafi etmenlerin de etkisi söz konusudur. Coğrafi etmenler, hava kütlelerine bağlı olarak meydana gelen makroklima şartlarında bölgesel değişikliklere yol açarak bölgenin iklim karakterlerini belirlerler. Bakı, yükselti, dağların uzanışı ve denizden uzaklık durumu gibi coğrafi özellikler atmosfer sirkülasyonunda önemli değişmelere, sıcaklık ve yağış şartlarının kısa mesafeler içinde değişiklik göstermesine yol açarlar. Araştırma sahasında genel itibariyle denizel etkiler hakimdir. Kıyıdan iç kesimlere gidildikçe karasallık artmaktadır. Alçak sahaları meydana getiren ovalar ve vadi tabanları ile bunların çevresinde yüksek sahalara geçiş basamağını oluşturan platolar ve yüksek kesimleri meydana getiren dağlık sahalar arasında, yükselti farkının yol açtığı sıcaklık ve yağış değişimleri dikkat çekicidir. Dağların uzanış doğrultuları, hava kütlelerinin hareketini etkileyerek iklimsel elemanlarda değişikliklere neden olmaktadır. Toros Dağları kışın denizel hava kütlelerinin iç kesimlere sokulmasını ve iç kesimlerde yer alan soğuk havanın da kıyılara sokulmasını engelleyerek iklime etkide bulunmaktadır. Ancak Kuzey-güney yönlü uzanan vadilerden denizel etki iç kesimlere sokulabilmektedir (Yaman Kocadağlı, 2012).

3.1. Sıcaklık Verilerinin Enterpolasyonu

Çalışma sahası dağlık bir yapıdadır. Bu nedenle yükseltiye bağlı olarak sıcaklık şartlarında değişkenlikler gözlenir. Yükselti faktörünün yanı sıra; hakim rüzgar yönleri, bakı faktörü, bulutluluk oranı, albedo ve karasallık sıcaklığın farklı olmasındaki diğer faktörlerdir. Teke Yarımadası'nda yer alan ve bu çalışmada değerlendirilen istasyonların yıllık ortalama sıcaklığı 15.8 °C'dir. Sıcaklık ortalaması, Akdeniz iklim şartlarına paralel bir çizgide olduğunu göstermektedir.

İç kesimlere doğru gidildikçe sıcaklık değerlerinde, kıyıdan farklı olarak değişkenlik bariz olarak görülmektedir. Bunun temel sebepleri yükselti, karasallık ve topografik şartlardır. Bu durum kıyı ve iç kesimler arasındaki yıllık ortalama sıcaklık farkında açıkça gözlenir. Kıyı istasyonlarının ortalama sıcaklıkları 18.69°C iken, dağlık sahada bulunan istasyonların sıcaklık ortalaması 12.08°C'dir. Ek olarak, sahada bulunan kıyı istasyonlarında sıcaklık değerleri 0°C'nin altına inmezken, iç kesimlerde tersi görülür (Şekil 3).



Şekil 3: Teke Yarımadasında Farklı Enterpolasyon Yöntemleriyle Oluşturulmuş Sıcaklık Dağılış Haritaları; a: IDW, b: Kriging, c: Spline, d: WorldClim

Sıcaklık dağılışları incelendiğinde, MGM verilerinden yararlanılarak oluşturulan IDW sıcaklık dağılışında (Şekil 3a) en düşük sıcaklık 8°C iken, en yüksek sıcaklık değeri ise 20°C'dir. Kriging yöntemli (Şekil 3b) sıcaklık dağılış harita-

sında en düşük ortalama sıcaklık değeri 8°C iken en yüksek sıcaklık ortalaması 19.9°C'dir. Spline enterpolasyon yöntemi (Şekil 3c) ile oluşturulan sıcaklık dağılışında en düşük sıcaklık ortalaması 3.7°C, en yüksek sıcaklık ortalaması ise 27°C olarak belirlenmiştir. WorldClim sıcaklık verilerine göre ise (Şekil 3d), sıcaklık ortalamalarına baktığımızda en düşük sıcaklık değeri -4.5°C iken, en yüksek sıcaklık değeri 12°C gösterilmiştir.

3.2. Yağış Verilerinin Enterpolasyonu

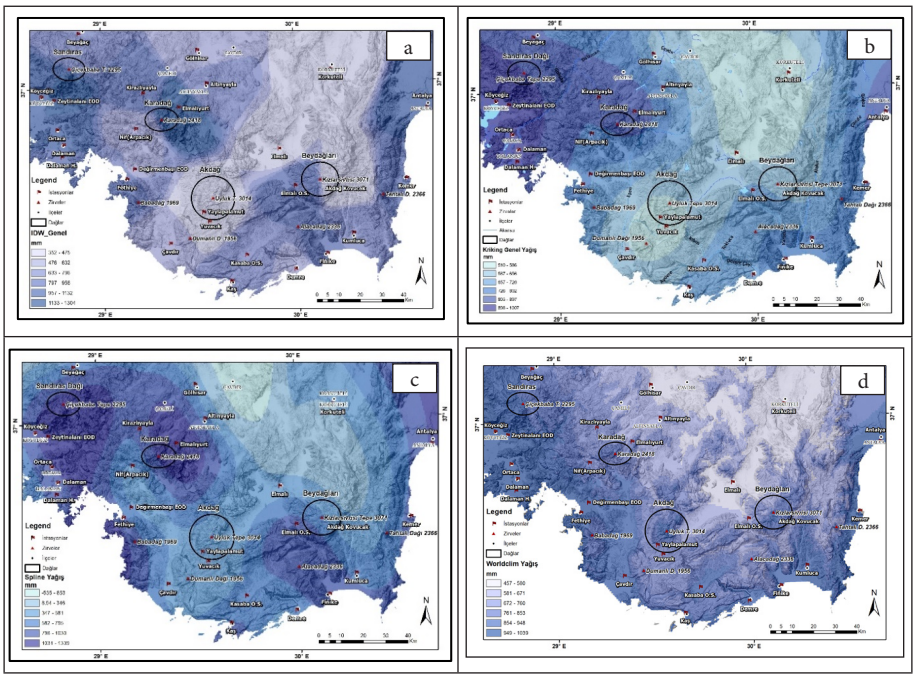
Türkiye'de kuzeyde Karadeniz Dağlarının, güneyde çalışma sahasınında içinde bulunduğu Torosların dış yamaçlarında cephelerin, bilhassa sıcak cephelerin alıkonması buralarda yağış sahasının genişlemesine, yağış süresinin ve şiddetinin artmasına yol açarak azami yağış miktarının dış yamaçlarda erişilmesine sebep olur (Erinç, 1984). Türkiye'de Doğu Karadeniz Bölümünden sonra en fazla yağışı Batı Torosların denize dönük yamaçları ile bu dağlarla kıyı arasında bulunan geniş veya dar kıyı ovaları alır (Yiğitbaşıoğlu, 2000).

Teke Yöresi'nde dağların uzanışı, eğim koşullarının farklılık göstermesi ve özel konum şartlarından dolayı orografik yağışlar da önemli bir oluşum mekanizmasını teşkil etmektedir. Örneğin Doğan (2014) tarafından Son Buzul Çağı'nda Sandıras Dağı'nda buzulların oluşumu ve gelişimi yerel klimatik şartların bir sonucu olarak ortaya çıktığı belirtilmiştir. Dağın Akdeniz üzerinden gelen cephe sistemlerine açık olmasının, bu oluşumunu kolaylaştırmıştır.

Araştırma sahasındaki yıllık ortalama yağış miktarı 750 mm'nin üzerindedir. MGM istasyon verilerine göre yıllık yağış değerinin en düşük olduğu istasyon 352.4 mm ile Korkuteli'dir. Yıllık yağış değeri en yüksek olan istasyon ise 1304.8 mm ile Gölhisar/Elmalıyurt Mevki istasyonudur.

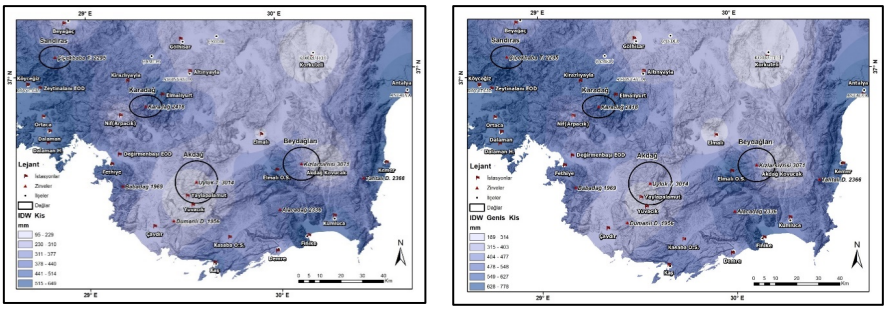
Korkuteli'nin düşük yağış miktarına sahip olmasını denizden uzak oluşuna ve dağların konumundan dolayı, denizel etkinin iç kesimlere sokulamaması olarak yorumlanabilir. Genellikle güney sektörlü hava hareketlerinin Akdeniz üzerinden geçerken bünyesine aldıkları nemi, kıyıdan iç kesimlere doğru ilerlerken yüksek dağlık kütlelerle karşılaşması ve bu dağların güney yamacı boyunca yükselip yoğuşması ile orografik yağışların daha çok güney yamaçlarda yoğunlaştığı görülür. Ancak Gölhisar/Elmalıyurt istasyonu sahada bulunan Karadağ'ın kuzeydoğusunda yer almasına karşın en yüksek yağış değerinin burada olması, bölgenin yerel topografik şartlarıyla ilişkilidir. Elmalıyurt'un güney batısındaki vadi boyunca kanalize olan nemli hava, vadiyi geçtikten sonra içinde bulunan nemi Elmalıyurt lokasyonuna bırakmaktadır.

IDW enterpolasyon yöntemi uygulanarak üretilen yıllık yağış dağılışı haritasında (Şekil 4a) en düşük yıllık yağış miktarı 352 mm, en yüksek yıllık yağış değeri olarak da 1304 mm olarak görülmektedir. Kriging yöntemiyle oluşturulan yıllık yağış ortalaması haritasında (Şekil 4b) en düşük yağış ortalaması 510 mm, en yüksek yağış ortalama değeri ise 1007 mm'dir. Spline enterpolasyon yöntemiyle oluşturulan yağış dağılış haritasında (Şekil 4c) en düşük yağış değeri -535 mm (bu yöntemin yağış dağılış haritası oluşturmak için uygun olmadığını gösteren bir değerdir.), en yüksek yağış değeri ise 1339 mm'dir. WorldClim ise yıllık yağış değerlerini en düşük 457 mm, en yüksek yağış değerini ise 1039 mm olarak göstermiştir.



Şekil 4: Teke Yarımadasında Farklı Enterpolasyon Yöntemleriyle Oluşturulmuş Yağış Dağılış Haritaları; a: IDW, b: Kriging, c: Spline, d: WorldClim

Alansal değerlendirmeler için, normal kış (Aralık-Ocak-Şubat ayları) ve genişletilmiş kış (Aralık-Ocak-Şubat-Mart A) yağış tutarlığı kullanılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5: Solda IDW Yöntemiyle Oluşturulan Normal Kış (Aralık-Ocak-Şubat ayları) Yağış Dağılış Haritası. Sağda ise IDW yöntemiyle oluşturulan genişletilmiş kış (Aralık-Ocak-Şubat-Mart ayları) yağış dağılış haritası.

Normal kış yağış dağılışı incelendiğinde, Teke Yarımadası'nın batısı ve doğusu arasında yağış dağılışında farklılıklar olduğu görülmektedir. Batıdan doğuya doğru ve kıyıdan uzak iç kesimlere gidildikçe yağış değerlerinin azaldığı görülmektedir. Batıda Sandıras Dağı çevresinde Köyceğiz, Zeytinalanı Ekip Orman Deposu, Ortaca, Dalaman, Dalaman Havalimanı ve Beyağaç istasyonlarının yağış ortalaması 525 mm'dir. Karadağ çevresindeki Kirazlıyayla, Elmalıyurt ve Nif (Arpacık) Köyü istasyonlarının yağış ortalaması 428 mm'dir. Akdağ çevresindeki Yaylapalamut, Yuvacık, Kaş, Çavdır istasyonlarının yağış ortalaması 246 mm'dir. Beydağları çevresinde ise Elmalı, Elmalı Orman Sahası, Demre, Finike, Kumluca ve Kemer istasyonları yağış ortalaması 453 mm'dir.

Genişletilmiş kış yağış dağılış haritası incelendiğinde ise, yukarıda bahsedilen istasyonların ortalamalarına göre Sandıras Dağı çevresi için yağış değeri 640 mm, Karadağ çevresinde 586 mm, Akdağ'da 353 mm ve Beydağları çevresinde 547 mm yağış değerleri görülmektedir.

Genel olarak özetlenecek olursa Teke Yarımadası Akdeniz iklimiyle uyumlu bir şekilde kış ayları en yağışlı dönem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yağışlar, özel konum şartlarına da bağlı olarak kıyıdan iç kesimlere doğru gidildikçe azalmasına rağmen, özellikle yağışların dağların güney yamaçlarında daha fazla görüldüğü söylenebilir. Bu dağlardan Sandıras Dağı'nın batı-güneybatı ve güney kesimleri yağışın daha fazla görüldüğü yamaçlardır. Karadağ'ın güney, doğu-kuzeydoğusu yağışın yoğunlaştığı kesimleridir. Özellikle Elmalıyurt istasyonunun bulunduğu sahada, 1304 mm yağış ile bölgedeki yüksek yağış oranına sahip alanlardan biridir. Yine Karadağ'ın güneyinde bulunan Söğütlüdere istasyonumuzun, 1649 mm yağış oranı ile bölgenin en yağışlı noktasını oluşturmaktadır. Ancak mevcut istasyon verilerine göre Akdağ ve çevresi bu iki dağa göre daha az yağış almaktadır. Buna

karşılık Bayrakdar (2012) tarafından Kaş, Fethiye ve Elmalı istasyonun uzun yıllar yağış verilerine Schreiber formülü uygulayarak Akdağ'ın yağış değerlerini 2000 m. seviyelerinde 1200 mm olarak belirtmiştir. Beydağları bölgedeki en yüksek kütle olmasına rağmen güneybatı yönlü nemli hava kütlelerini Beydağları'ndan önce çevresindeki 2000 m üzerindeki dağlar karşıladığı için daha az yağış almaktadır. Yine de Beydağları güney-güneydoğu yamaçları yağışın yoğunlaştığı kesimleridir.

4. Yağış Klimatolojisi

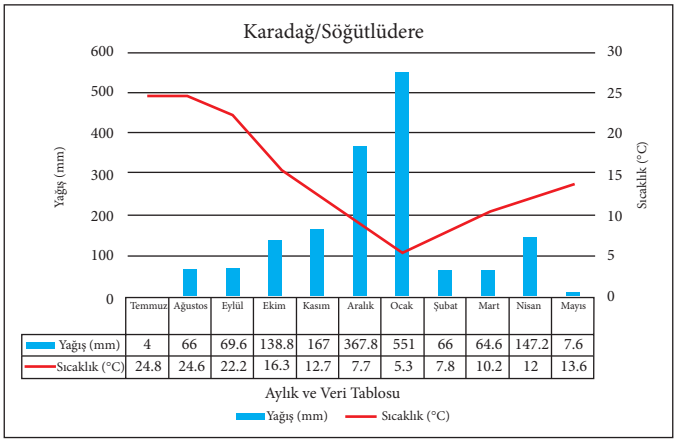
Teke Yarımadası'nın yağış klimatolojisi, Seydikemer/Söğütlüdere'de 15.07.2018 tarihinde kurulan istasyonun kayıt yaptığı dönemdeki verileri ve bölgede yakın yükseltilerde yer alan MGM'ye bağlı istasyonların aynı dönemdeki verilerinden yola çıkılarak değerlendirilmiştir. Bu amaç için, Teke Yarımadası'nın yağış özellikleri değerlendirilirken, öncelikle, Söğütlüdere meteoroloji istasyonunun, gözlem dönemindeki yağış özellikleri verilmiştir. Burada yağış klimatolojisini temsilen, günlük toplam yağışlar, yağışlı günler, 2 saatlik en yüksek yağış ve yağış şiddeti gibi parametreler değerlendirilmiştir. Söğütlüdere istasyonunun kurulduğu andan (15.07.2018), son veri sağımının yapıldığı tarihe kadar (11.05.2019) kaydedilen yağış verisi alınmıştır (Şekil 6).

Seydikemer/Söğütlüdere istasyonunun kurulduğu sahada, Ağustos ayında başlayan yağışlar Ocak ayına kadar artarak en yüksek değere (551 mm) ulaşmaktadır (Şekil 6). Ocak'dan Şubat ayına geçerken yağışlarda ani bir düşüş görülmektedir. Şubat ve Mart aylarındaki yağışlar 65 mm ile birbirine yakın bir değerde iken, Nisan ayında 147 mm civarında yağış ölçülmüştür. Nisan ayından sonra tekrar bir ani düşüş ile Mayıs ayına geçilmiştir

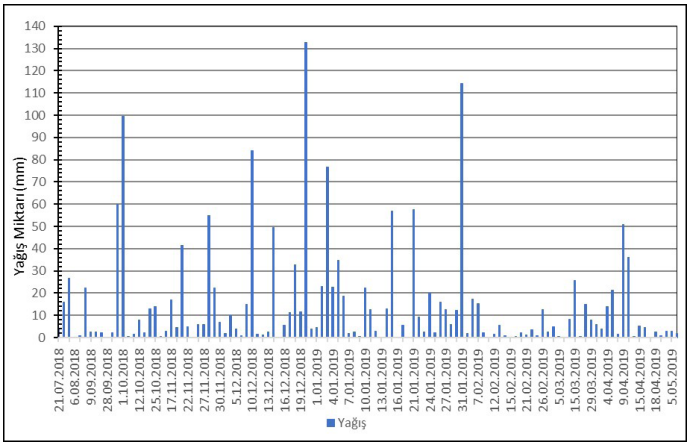
Sadece yağış gerçekleşen günler dikkate alınarak oluşturulan günlük toplam yağış grafiği Şekil 7'da verildi. Kayıt dönemi boyunca toplam 116 günün yağışlı olduğu görülmüştür. Bu yağışlı günler en fazla 28 gün ile Ocak ayında kaydedilmiştir. Günlük maksimum yağış toplamına 25 Aralık 2018 tarihinde, 132.8 mm yağış değeri ile ulaşılmıştır. Günlük toplam yağış grafiği incelendiğinde, yağışın 100 mm'yi aştığı 2-3 günlük yağışlı dönemler [30 Eylül-1 Ekim 2018 (159 mm), 9-11 Aralık 2018 (100 mm), 25-26 Aralık 2018 (136 mm), 1-6 Ocak 2019 (180 mm), 20-27 Ocak 2019 (120 mm)] göze çarpar. Bu yağışlı dönemler Ocak ayında bir haftaya varan dönemler olarak kaydedilmiştir.

Saatlik veriler üzerinden elde edilen en yüksek yağış değerlerinin zamansal değişimi Şekil 8'de verildi. 01.10.2018 tarihinde 59.6 mm yağış ile 2 saatte kaydedilen en yüksek yağış değerine ulaşılmıştır. Bu değerler üzerinden yağış şiddeti hesaplanmış ve MGM'nin yağış şiddeti sınıflandırmasına göre değerlendirilmiştir

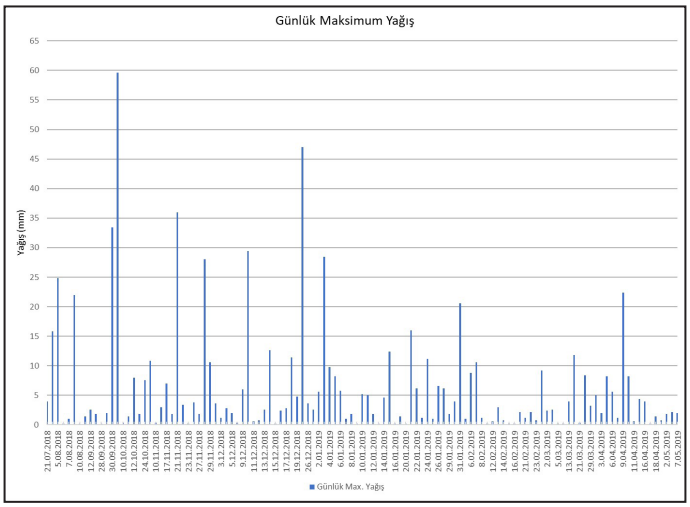
(Tablo 2). Buna göre 116 günlük yağışlı günler içerisinde, en yaygın grup hafif yağışlar (%81) olsa da orta kuvvette yağışlar (%16) ve kuvvetli yağışlar da (%1.7) dikkat çekmektedir.



Şekil 6: Söğütlüdere (Karadağ) İstasyonunun 15.07.2018 - 11.05.2019 Tarihleri Arasında Kaydedilen Aylık Sıcaklık-Yağış Grafiği



Şekil 7: Seydikemer/Söğütlüdere İstasyonu Günlük Toplam Yağış Grafiği



Şekil 8: Seydikemer/Söğütlüdere İstasyonu Günlük 2 Saatlik Maksimum Yağış Grafiği

Tablo 2: MGM'nin Yağış Şiddeti Sınıflamasına Göre Oluşturulan Yağışlı Günler ve Oransal Dağılımı

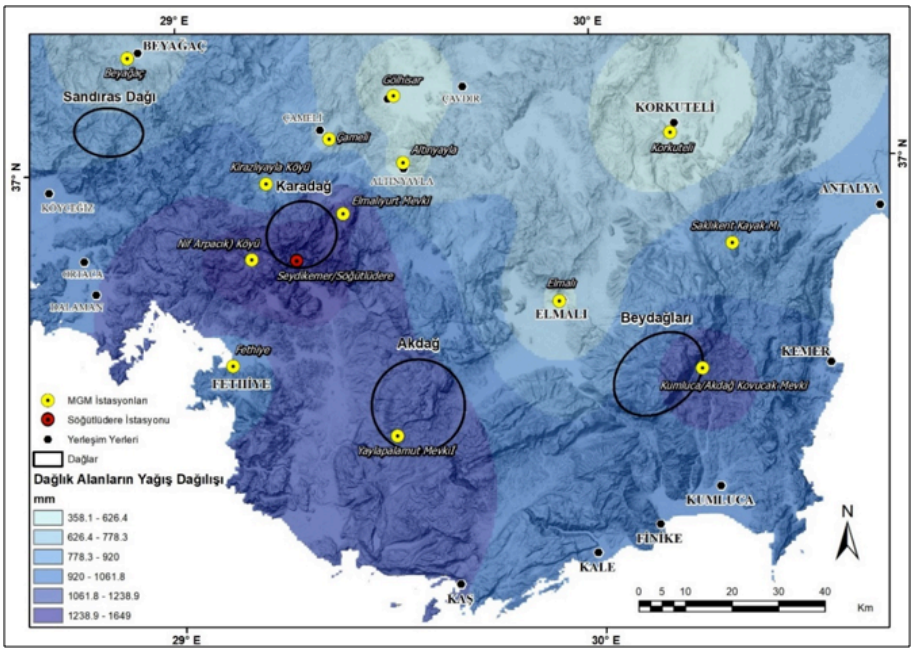
Hafif Yağış 1-5 mm	**Orta Kuvvette Yağış 6-20 mm**	**Kuvvetli Yağış 21-50 mm**
95 gün (%81.9)	19 gün (%16.4)	2 gün (%1.7)

Teke Yarımadası'nda bulunan dağlık alanları ve çevresini temsil edecek uzun dönem kayıt yapan meteoroloji istasyonu bulunmamaktadır. Dağlık alanlar çevresindeki istasyonlar yakın tarihlerde kurulmuşlardır (1-5 yıl). Karadağ'ın güney yamacına kurulan Seydikemer/Söğütlüdere istasyonu ile hemen hemen aynı yükseltide yer alan MGM ait dağlık alanlar çevresinde yer alan istasyonların aynı kayıt dönemindeki verileri alınarak hem karşılaştırma (Tablo 3) yapılmış hem de 9 aylık kayıt döneminde elde edilen toplam yağış verileri ile yağış dağılışı belirlenmiştir (Şekil 9).

Tablo 3: 15.07.2018 – 11.05.2019 Tarihleri Arası Dağlık Alanlarda Bulunan İstasyonlar ile Karadağ'ın Güney Yamacına Kurduğumuz Meteoroloji İstasyonuna Ait Sıcaklık-Yağış Verileri

İstasyon Kodu	İstasyon Adı	Gözlem Aralığı	Yükselti (m)	Toplam Yağış (mm)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Maks. Sıcaklık Ortalaması (°C)	Maks. Sıcaklık Ortalaması (°C)	Enlem	Boylam
18840	Korkuteli/Saklıkent Kayak Merkezi	2018-2019	1880	873.1	6.8	10.9	3.3	36.8389	30.3325
18626	Fethiye/Nif (Arpacık) Köyü	2018-2019	948	1409	12.5	18.1	7.8	36.8322	29.1742
18612	Kumluca/Akdağ Kovucak Mevki	2018-2019	1001	1162.3	13	17.8	9.1	36.5983	30.2503
18620	Gölhisar/Elmalıyurt Mevki	2018-2019	1648	1295.9	7.4	12.7	2.5	36.9167	29.3972
18648	Kaş/Yaylapalamut Mevki	2018-2019	1637	1226.2	8.8	12.8	5.2	36.4847	29.5144
17952	Elmalı	2018-2019	1095	606	12.1	19.1	6.4	36.7372	29.9121
17926	Korkuteli	2018-2019	1017	357.6	12.3	19.2	6.6	37.0565	30.1910
18308	Burdur/Altınyayla	2018-2019	1291	541.8	10.5	17.1	5.2	37.0125	29.5450
17296	Fethiye	2018-2019	3	974.6	18.8	24.3	14	36.6266	29.1238
17891	Gölhisar	2018-2019	990	426.2	11.2	19.1	4	37.1427	29.526
18297	Beyağaç	2018-2019	658	6583	12.8	20.8	5.8	37.2266	28.8843
18066	Çameli	2018-2019	1262	741.5	10.2	16.7	4.1	37.0621	29.3685
18632	Çameli/Kirazlıyayla Köyü	2018-2019	905	880.5	11.5	19.6	5	36.9781	29.2136
	Seydikemer/ Söğütlüdere (Karadağ)	2018-2019	780	1649.6	14.3	19.6	10.6	36.4940	29.1655

Harita yağış verilerinin enterpolasyonunu en iyi temsil eden yöntem olan IDW tekniği ile üretildi. Buna göre genel yağış dağılışına benzer şekilde iç ve kıyı bölgeler arasında belirgin farklılıklar vardır. Yağışın nn düşük olduğu alanlar Teke Yarımadası›nın kuzey-kuzey doğu kesimidir (357 mm). Bu bölüm, yağışın mevsimselliği olarak Akdeniz yağış rejimine dahildir ama yağış tutarları olarak Karasal yağış rejimi özelliği gösterir. Kıyılarda yüksek olan yağış tutarları ortalama olarak 854 mm'dir ve dağlık alanlar açısından değerlendirecek olursak, en yüksek değerler Karadağ (1649.6 mm) ve Akdağ çevresinde (1226.2 mm) kaydedilmiştir.



Şekil 9: IDW Yöntemiyle Oluşturulan Dağlık Alanlardaki İstasyonların Yağış Dağılış Haritası

5. Tartışma ve Sonuç

Batı uzantısı Teke Yarımadası'nda bulunan Batı Toroslar, kısa mesafeler dahilinde büyük yükseklik farklarının olduğu ve 2500 m. üzerinde birçok zirvesi bulunan maksimum yükseltini 3070 m.'ye ulaştığı dağlık bir alandır. Batı Torosların Teke Yarımadası kısmında MGM istasyonları büyük ölçüde kıyılarda yer almakla birlikte birkaç istasyon iç kısımlardaki 1000 m. dolaylarındaki karstik depresyonların tabanında yer almaktadır. Bu sahada meteoroloji istasyonlarının büyük çoğunluğu kıyıda olmasından dolayı Teke Yarımadası'nın genel iklim karakterini yansıtmaktan uzaktır. Bu çalışma ile Batı Torosların iklim özelliklerinin mevcut uzun yıllar ölçüm yapan istasyon verileri ve yakın dönemde dağlık alanlar çevresinde kurulmuş (1-5 yıllık) istasyonların verilerinin farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak ortaya konması hedeflenmiştir. Bu kapsamda IDW, Kriging ve Spline enterpolasyon yöntemleri kullanılmış ve WorldClim verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu yöntemlerden WorldClim yükseklik verisini de enterpolasyona dahil etmesi bakımından farklı bir veri seti sunmaktadır. Fakat WorldClim verilerinin büyük ölçüde kıyıdaki istasyon verilerini kullanarak yükseltiye göre enterpolasyon yapmasından dolayı dağlık alanların sıcaklık ve yağış özelliklerini çok sağlıklı

yansıtamamaktadır. IDW, Kriging ve Spline enterpolasyon yöntemlerinde ise yükseltiye göre enterpolasyon yapılmadığı için dağların yüksek kesimleri hakkında sağlıklı sonuca ulaşılamamaktadır.

Bu çalışmada IDW, Kriging ve Spline yöntemlerinin değerleri büyük ölçüde benzerlik göstermekle birlikte WorldClim verilerinde ciddi oranda farklılık gözlenmektedir. WorldClim verileri ile Batı Torosların yüksek kesimlerinde sıcaklık ve yağış dağılışları yapıldığında özellikle sıcaklıkta kabul edilebilir aralığın dışında bir değere ulaşılmaktadır. WorldClim verilerinde dağlık alanların ortalama sıcaklık değerleri -1 ile 4,5 arasında göstermektedir. Diğer enterpolasyon yöntemlerinde ise bu alanlarda ortalama sıcaklıklar 7 ile 19°C arasında bir değer vermektedir. Burada da özellikle 10 °C'nin üstü dağlık alanlar için yüksek denecek bir oran olarak düşünülebilir. Bu noktada özellikle dağların zirve kısımlarının sıcaklık özelliklerinin ortaya konmasında var olan en yakın meteoroloji istasyonundan sonra yükseltiye bağlı olarak sıcaklık değerleri hesaplanabilir. Örneğin Sandıras Dağı'nın güneyinde yer alan Köyceğiz istasyonun (24 m.) verisi yükseltiye uyarlandığında 5.3°C'ye ulaşılmaktadır ki bu WorldClim'in -1.3°C ve IDW'nin 16.8°C'den daha kabul edilebilir bir değerdir (Tablo 4).

Tablo 4: Farklı Enterpolasyon Yöntemlerine Göre Dağlık Alanların Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C) Verileri

Enterpolasyon Yöntemi	Sandıras Dağı (2295 m.)	Karadağ (2418 m.)	Akdağ (3014 m.)	Beydağları (3070 m.)
IDW	16.8	11.8	12.2	13.7
Kriging	16.4	11	10.8	12.7
Spline	19.3	10.2	7.1	12
WorldClim	-1.3	-1.1	-4.5	-2.4

Enterpolasyon yöntemleriyle oluşturulan yağış değerleri sıcaklık değerleri kadar tezatlık yansıtmamakla birlikte yüksek oranda da birbiriyle uyumlu değildir Özellikle Sandıras Dağı'nda veriler birbirine oldukça yakındır. Karadağ'da ise IDW verileri diğerlerine göre daha yüksek olup Karadağ'ın güney yamacındaki Söğütlüdere istasyonunun verileri baz alındığında doğala daha yakındır. Akdağ'da ise WorldClim verileri daha kabul edilebilir olduğu düşünülmektedir. Akdağ ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının 2 yıllık veriye sahip olmaları ve bu dönemlerin de kurak geçmesi enterpolasyon yöntemlerinde düşük değerlere ulaşılmasına neden olmuştur. Beydağları'nda ise veriler büyük ölçüde birbirine yakındır (Tablo 5).

Tablo 5: Farklı Enterpolasyon Yöntemlerine Göre Dağlık Alanların Yıllık Ortalama Yağış (mm) Verileri

Enterpolasyon Yöntemi	Sandıras Dağı (2295 m.)	Karadağ (2418 m.)	Akdağ (3014 m.)	Beydağları (3070 m.)
IDW	935	1265	420	576
Kriging	902	832	572	628
Spline	1175	1091	460	616
WorldClim	918	835	946	789

Dağlık alanlarda meteoroloji istasyonu sayıları arttırılmadığı ve bunların zirveye yakın noktalarda kurulmadığı sürece dağlık alanların iklimi hakkında çok net veriler elde etmek pek mümkün görülmemektedir.

Söğütlüdere istasyonunun olmadığı yağış dağılış haritası (Şekil 4a) ile Söğütlüdere istasyonunun (9 aylık) olduğu yağış dağılış haritası (Şekil 10) kıyaslandığında Karadağ ve çevresinde çok daha yüksek yağış değerleri elde edilmiştir. Bu da dağlık alanlar üzerinde istasyonların gerekliliğini bir kez daha net bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu yağış değişkenliği arasındaki farklılık bölgedeki diğer dağlar üzerinde de görülebilir. Bu nedenle dağlık alanlar üzerine kurulacak olan meteoroloji istasyonları ile bölgenin "mikro klima" özelliklerinin daha net bir şekilde ortaya koyulabileceği ön görülmektedir.

Katkı Belirtme

Bu çalışma TÜBİTAK ÇAYDAG 117Y391 nolu projesi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

Almazroui, Mansour ve Awad, Adel (2016). Synoptic regimes associated with the eastern Mediterranean wet season cyclone tracks. Atmospheric Research (180), 92-118.

Bayrakdar, Cihan (2012). Akdağ Kütlesi'nde (Batı Toroslar) Karstlaşma-Buzul İlişkisinin Jeomorfolojik Analizi. İstanbul.

Bayrakdar, Cihan; Çılğın, Zeynel ve Sarış, Faize (2017). Karadağ'da Pleyistosen Buzullaşmaları, Batı Toroslar, Türkiye. Türkiye Jeoloji Bülteni, 451-470.

Doğan, Mehmet (2014). SANDIRAS DAĞI'NDA (MUĞLA) BUZULLAŞMA VE BUZUL ŞEKİLLERİ. Ege Coğrafya Dergisi, 29-52.

Erinç, Sırrı (1984). Klimatoloji ve Metodları. İstanbul: İ.Ü Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enst.

Franke, Richard 1982. Smooth Interpolation of Scattered Data by Local Thin Plate Splines. Computer and Mathematics with Applications. Vol. 8. No. 4. pp. 273–281. Great Britain.

Ghazal, Nawal; Fadhel, Ebtesam; Alkareem, Khalid ve Zuher, Aqeel (2013). Comparison of three interpolation methods for the average monthly temperature in the south of Iraqi zone. Iraqi Journal of Physics Vol.11, No.21, 59-66.

Harding, Andrew (2006). Changes in Mediterranean climate extremes: patterns, causes, and impacts of change. Norwich, UK.: University of East Anglia.

Kahraman, Seda ve Ünsal, Ömer (2014). ArcGIS Spatial Analiz. Ankara: Esri Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti. 2024. Cadde No:16, Beysukent, 06800 .

Keblouti, Mehdi; Ouerdachi, Lahbassi ve Boutaghane, Hamouda (2012). Spatial Interpolation of Annual Precipitation in Annaba-Algeria - Comparison and Evaluation of Methods. Energy Procedia 18, 468-475.

Sarış, Faize; Hannah, David ve Eastwood, Warren (2010). Spatial variability of precipitation regimes over Turkey. Hydrological Sciences Journal, 55, 234-249.

Tatlı, Hasan; Dalfes, Hasan Nuzhet ve Menteş, Sibel (2004). A statistical downscaling method for monthly total precipitation over Turkey. nt. J. Climatol. 24, 161–180.

Xoplaki, Elena (2002). Climate variability over the Mediterranean. Switzerland: Inauguraldissertation der Philosopisch-naturwisswnschaftlichen Fakultät der Universität Bern.

Yiğitbaşıoğlu, H. (2000). Finike ve Yakın Çevresinin İklim Özellikleri. Ankara Ünv. Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Degisi Cilt 40 Sayı:1-2 , 107-36.

İnternet Kaynakları

WorldClim, Küresel İklim Verileri
https://www.worldclim.org/ (Erişim Tarihi: 02.12.2018)

10. BÖLÜM

TURİZM DEĞERLERİMİZİN TANITILMASI VE PAZARLANMASINDA WEB-MOBİL TABANLI COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Muhammet KAÇMAZ - Sakarya Üniversitesi
Doç. Dr. Mehmet Fatih DÖKER - Sakarya Üniversitesi

1. Giriş

Turizm sanayisi son otuz yıl boyunca, bu zaman zarfında yaşanan bütün siyasi, ekonomik ve teknolojik karmaşadan bağımsız olarak her bir yıldaki küresel ekonomi rakamlarına göre daha fazla büyüme göstermiştir. Bugün dünyadaki her on meslekten biri seyahat ya da turizmle bağlantılıdır. Yine de bütün bu rakamlara rağmen turizm hala büyüme çağına yeni girmiş bir çocuk sayılır ve çok büyük bir büyüme potansiyeline sahiptir (Morgan&Pritchard, 2006). Her yıl büyüme trendi gösteren turizm sektörünün temel ürün ise hizmettir, turizm ürününü diğer hizmetlerden ayıran en temel özellik ise seyahat deneyimine dayanmasıdır. Zira kişinin seyahat, konaklama, eğlence, alışveriş ve tekrar seyahat ederek sürekli yaşadığı yere dönmesine değin geçen süreyi içeren turizm hizmetinden geriye kalan seyahat deneyimidir (Kozak, 2010). Bu deneyimin olumlu bir şekilde değerlendirilebilmesi için gidilecek yerin araştırılması ile başlayan ve eve gelinceye kadar geçen süreçteki işlemlerin kolay, hızlı, anlaşılır ve sorgulanabilir olması önem arz etmektedir.

Günümüzde bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler turistik ürünler ve destinasyonlara yönelik bilginin toplanması, işlenmesi ve analiz edilmesi ve dağıtılması kapsamında turistik ürünlerin hazırlanması ve sunulması ile ilgili çalışmaları oldukça etkilemiştir. Ulusal ve küresel pazarda turizm alanında rekabet edebilmenin, önemli ölçüde yeni gelişmelere uyum sağlayabilme gücüne bağlı olduğu görülmektedir. Bilgiye en hızlı ulaşabilen, bilgiyi işleyebilen, bilgiyi yönetim çıktılarına ve faaliyetlerine dönüştürebilen işletmeler varlıklarını devam ettirebil-

mekte ve yoğun rekabet ortamında rakip işletmelerin de önüne geçme fırsatını elde etmektedirler (Ahipaşaoğlu&Kaya, 2005) .

Teknolojinin özellikle internetin akıllı telefonlar vasıtası ile yaygınlaşması ve bilgiye ulaşılabilirliğin kolaylaşması destinasyon seçiminde ve rezervasyon süreçlerinde bilişim teknolojilerinin giderek artan ağırlığı turizm sektöründe büyük yapısal değişikliklere neden olmuştur. Ülkeler ve kuruluşlar arasında destinasyon ve tatil biçimi seçiminde çok yüksek rekabet yaşanırken en yoğun rekabet elektronik ortamda (internet, mobil telefonlar, tabletler) görülmektedir. Teknolojideki aşırı hızlı gelişim, rekabetin artması, tüketici bilincinin gelişmesi, arz kalitesindeki farklılıklar turizm sektörünü baştan sona yeniden yapılandırmıştır. Hızla gelişen bilişim teknolojileri, "online seyahat" turizm sektöründe özellikle tanıtım ve pazarlama sürecinde çok önemli rol oynamaktadır. İnternet gidilmesi düşünülen yer ya da alınması tasarlanan hizmet konularında ayrıntılı bilgi edinme, fiyatları karşılaştırma, karar verme, rezervasyon ve ödeme yapma sürecinde en etkili araç olmuştur (Pekin, 2011) İnternet ve mobil teknolojilerinin gelişimi en çok da turizm endüstrisinin bel kemiğini oluşturan seyahat acenteleri ve tur operatörlerini etkilemiştir. Bir uçta birden çok ulaşım sektörü kullanan, bilgisayarları rezervasyonla çalışan "mega" acenteler, diğer uçta tatil gezilerinde uzmanlaşan ve işlerini müşterileriyle yüz yüze kişisel temas yoluyla sürdüren "küçük" acenteler yer alırken, ortada da ikisi arasında kalan ve sıkı bir rekabet içinde bulunan "orta" büyüklükteki acenteler vardır. İnternetin turizm sektöründe kullanımının yaygınlaşması ve gittikçe güçlenmesi seyahat acentesinin işini kolaylaştırmakta ve bu arada turist adayının kendi rezervasyon işlemlerini evinden bile yapabilmesini sağlayarak, bir ölçüde turisti bağımsızlaştırmaktadır (Özgüç, 2017). Turistin bağımsızlaşarak çok sayıda seyahat acentesine erişiminin kolaylaşması seyahat acenteleri arasında rekabeti arttırmakta ve dolayısı ile seyahat acentelerinin komisyon gelirleri azalmaktadır. Bu durum acentelerin yapısının da değişmesine neden olmuştur. Küçük acentelerin birçoğu kapanmak zorunda kalırken internet üzerinden servis veren seyahat acentelerinin sayısı ise her geçen gün artmaktadır (Roney, 2011). Bununla birlikte turizm endüstrisine hizmet veren küçük ve butik işletmelerin turist sayısını ve gelirlerini arttırmak için seyahat acentelerine olan bağımlılıkları da internet sayesinde önemli ölçüde azalmıştır. Bu küçük ve butik işletmeler kendi rezervasyon sistemlerini kolaylıkla kurabildiği gibi internet özellikle de sosyal medya üzerinden çok sayıda turisti de kendine çekmektedir. Mobil teknolojilerinin gelişmesine bağlı olarak da konumlarının kolaylıkla tespit edilebilmesi bu işletmelere yakın yerlerdeki turistlerin ilgi ve dikkatini çekebilmeleri açısından da önemli bir avantaj olmuştur. Turizmde tanıtım ve pazarlama olarak ifade edilen bu süreçlerin internet ve mobil teknolojiler ile daha kolay ve daha etkin yapılabilmesi özellikle

turizmin gelişmesinin istendiği ülke, bölge ve şehirlerde önemli olmaktan çıkıp bir gereklilik haline geldiği görülmektedir. Turizm tanıtım ve pazarlamasının diğer pazarlama türlerinden daha güç bir eylem olmasının temel sebebi seyahat deneyimlerinin farklılığı ve genel tatmine dayanmasıdır. Turizm ürünü genellikle dokunulmayan, eşzamanlı üretilen ve tüketilen, stoklanamayan, genellikle sahiplenilemeyen ve değişken bir yapıya sahiptir. Turizm ürünü kavramı içerisinde tur operatörleri, seyahat acenteleri, konaklama işletmeleri, lokantalar, eğlence tesisleri, müzeler, alışveriş mağazaları gibi işletmelerin sundukları bütün hizmetler turizm ürünü kavramı içerisinde yer almaktadır (Kozak, 2010). Dolayısı ile oldukça karışık ve karmaşık bir yapıya sahip turizm faaliyetlerinin anlaşılır, tanıtılabilir, pazarlanabilir ve yönetilebilir bir yapıya sahip olması da tüm bu süreçlerin bir sistem içine entegre edilebilmesi ile mümkün olabilir. Nitekim turizm faaliyetlerinin yönetim süreci, sadece işletmeler ile ilgili bir süreç olarak da düşünülmemelidir. Bütünü ile bakıldığında turizm kamu yönetimini, kamuoyunu ve işletmeleri ilgilendiren ekonomik ve sosyal bir faaliyettir. Bu faaliyetin taraflara hem doğrudan hem de dolaylı ekonomik faydaları yanında sosyal ve kültürel faydaları da vardır. Bu yönüyle de kamu yönetimi ve kamuoyunu da yakından ilgilendirmektedir. Dolayısı ile kamu yönetimi, kamuoyu ve işletmeler arasında bir amaç birliği sağlanmalıdır (İslamoğlu, 2010). Bu amaç birliğinin sağlanması ile ancak yönetilebilir ve sürdürülebilir turizm faaliyetleri yürütülebilir. Turizmde markaya bağımlılık azdır dolayısı ile yoğun tanıtım ve pazarlama çalışmaları yapılması gerekir buna karşın turizm endüstrisinin içinde bulunduğu rekabetin de etkisi ile geniş tanıtım bütçelerine gereksinim duyulur (Avcıkurt, 2010) . Potansiyel turistlere en kolay ulaşım aracı olan televizyon reklamlarının yerini günümüzde oldukça hızlı bir şekilde internet ve mobil teknolojiler almaktadır. Son on yılda turistler arasında mobil teknolojinin kullanımında patlayıcı bir artış meydana gelmiştir. Bu nedenle, e-Turizm sistemleri ziyaretçilere tercihlerine ve mevcut bağlamlarına göre önerilerde bulunarak yardımcı olan mobil hizmetler için iyi bir fırsat sunmaktadır (Borràs, Moreno, & Valls, 2014).

Son yıllarda internet ve de kullanıcılarının büyümesi birçok alanda çok sayıda sosyal davranışın değişmesine neden olmutur. İnternet seyahat destinasyonları ile ilgili olarak seyahat planlama ve bilgi edinme konusunda batılı ülkelerde birincil kaynak haline gelmiştir. Buna rağmen birçok turizm sitesi sadece temel rezervasyon hizmetleri sunmakta ve turistlerin arayışlarına destek olacak bilgilere yer vermemektedir. Oysaki günümüzde kişiselleştirme, uzmanlar tarafından kritik bir faktör olarak kabul edilmektedir (Noguera, Barranco, Segura, & Martíne, 2012) .

İnternetin bilgi dağıtımı için popüler bir araç haline gelmesi ile birlikte web tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamalarının da hızla arttığı görülmek-

tedir. Ayrıca kablosuz ağlar mobil servisler için yeni bir altyapı oluşturduğundan, mobil kullanıcılar için Konum Tabanlı Servisler (LBS) daha iyi hizmet performansı sağlamak için kullanıcı pozisyonunu izlemekte ve ölçmekte dolayısı ile konum tabanlı servislerin de haritalamaya ihtiyacı bulunmaktadır. Bu bağlamda konum tabanlı turizm bilgi sistemleri tur planlama, sarı sayfa hizmetleri, navigasyon desteği ve ticaret gibi konuları da içeriklerinde ihtiva edebilir. Etkileşimli haritalar oluşturmak günümüz turizm bilgi sisteminde önemli bir bileşen haline gelmiştir. (Jeong, Chung, Joo, & Lee, 2014). Bir turizm ürünü ile diğeri arasında hedef seviyedeki bağlantı, seyahat öncesi, sırası ve sonrasında çeşitli temas noktalarında sunulan çoklu bileşenlerin birleşimi olan turizm endüstrisinin doğası nedeniyle bu etkileşim hayatidir (Buhalis & Amaranggana, 2014). Nitekim turizm planlaması hem turistler hem de turist hizmet sağlayıcıları için mekânsal ve mekânsal olmayan verileri içeren çok çeşitli değişkenleri ve parametreleri içerir. Tüketicilerin (turistlerin) memnuniyeti için varış yerleri hakkında doğru, güncel ve hızlı bilgiye ihtiyacı var. Bilişim teknolojisinde, özellikle internette yaşanan hızlı büyüme, yüksek oranda özelleştirilmiş, erişilebilir ve etkileşimli bilgi kaynağının bulunmasını sağlar. İnternet seyahat gezileriyle ilgili ayrıntılı bilgileri içeren ve kullanıcıların kendi seyahat planlarını planlamalarına izin veren her türlü seyahat etkinliği hakkında bilgi sunmaktadır. CBS entegrasyon kabiliyetleri nedeniyle mekânsal ve mekânsal olmayan bilgilerin yanı sıra görüntüler, haritalar ve metin belgeleri sağlayan paha biçilmez bir araçtır. Web CBS, internete CBS yeteneklerinin eklenmesini sağlamıştır (Tyagi, 2014). Bu sayede turizm faaliyetleri ile bilgilere erişim de hem daha kolay hem de daha nitelikli hale gelmiştir.

Akıllı Turizm olarak ifade edilen bu süreçte turizm faaliyetleriyle ilgili bilgilerin anında değiş tokuş edilebilmesi teknolojik bir platform aracılığıyla paydaşların dinamik olarak birbirine bağlanmasını gerektirir. Bu entegre platform gerçek zamanlı turizm deneyimlerinin oluşturulmasını ve kolaylaştırılmasını destekleyecek çeşitli son kullanıcı cihazlarından erişilebilecek çoklu temas noktalarına sahip olmalı ve varış noktası boyunca turizm kaynakları yönetiminin etkinliğini hem mikro hem de makro düzeyde geliştirmelidir. Akıllı Turizm Varış Noktaları aşağıdakilerden yararlanır: (1) Teknoloji yerleşik ortamlar; (2) Mikro ve makro seviyelerde duyarlı süreçler (3) Çoklu temas noktalarında son kullanıcı cihazları ve (4) platformu sinirsel bir sistem olarak dinamik olarak kullanan katılımcılar. Nihai amaç turizm deneyimini geliştirmek ve kaynak hedefinin hem hedef rekabetçiliği hem de tüketici memnuniyetini en üst düzeye çıkarmak için etkinliğini artırmak ve aynı zamanda uzun bir süre boyunca sürdürülebilirliği göstermek için sistemi kullanmaktır. Akıllı Turizm Destinasyonları, akıllı kimlik belirleme ve izleme yoluyla turistlerin deneyimini geliştirmeye odaklanan Nesnelerin İnterneti ve Bu-

lut Bilişim tarafından desteklenen büyük veri merkezleri tarafından yönetilebilir. Akıllı Turizm Destinasyonlarının gerçek anlamı tüm bu teknolojik süreçleri birleştirerek turistlerin ihtiyaçlarına odaklanmaktır. Bu sayede turizm hizmet kalitesinin yükselmesi, turizm yönetiminin ve turizm endüstrisinin gelişimine katkıda bulunulacaktır. Ayrıca bu sektörden faydalanan yerel toplum ile hem mikro hem makro düzeyde sektörü içinde yer alan kurumları bütünleştirmek de akıllı destinasyon yönetiminin hedefi olarak görülmektedir. (Buhalis & Amaranggana, 2014)

Turizm geliştirme ve planlama konusundaki karar verme süreci, organizasyonlar ve topluluklar sürdürülebilir kalkınmanın rekabet eden ekonomik, sosyal ve çevresel taleplerine cevap vermek zorunda kaldıkça, gittikçe karmaşıklaşmaktadır. CBS, sürdürülebilir turizm gelişimine ulaşmak için geniş bir uygulanabilirliğe sahip araç ve teknikler araç kutusu olarak kabul edilebilir. Mekânsal (çevresel) veriler çatışmaları araştırmak, etkileri incelemek ve karar vermeye yardımcı olmak için kullanılabilir. Turizm gelişiminde giderek daha önemli hale gelen CBS, çevresel koşulların denetlenmesinde, önerilen gelişmeler için yerlerin uygunluğunun incelenmesinde ve çelişkili çıkarların belirlenmesi ve ilişkilerin modellenmesinde rol oynayabilir (Bahaire & White, 1999). CBS, mekânsal olarak referans verilerini depoladığı ve aynı şekilde grafik olarak gösterilmesi için hükümler verdiği için, kendisini çok özel bir tür bilgi sistemi olarak açıkça ayırmıştır. CBS, mekânsal ve mekânsal olmayan verileri entegre etme yeteneğine ve ayrıca farklı veri formatlarını kullanma yeteneğine sahiptir. CBS'nin gücü sadece mekânsal ilişkileri görselleştirme yeteneğinde değil, birbirine bağlı birçok bileşenle bütünsel bir görünüm sağlar (Tyagi, 2014). Birbiri ile ilişkili olan farklı bileşenler arasındaki ilişkinin anlaşılması ile elde edilen bu bütünlük sayesinde ise gerek idari gerek çevresel gerekse ekonomik açısından turizmin yönetimi kolaylaşır. Nitekim CBS ve mobil uygulamalar sadece turizm ile ilgili yerlerin ve destinasyonların tanıtımında değil aynı zamanda kamu görüşünün değerlendirilmesi adına da kullanılmaktadır. Böylece hem bölgede yaşayan insanların hem de bölgeyi ziyaret eden insanların düşünceleri sürdürülebilir bir yönetim anlayışını da desteklemektedir (Brovelli, Minghini, & Zamboni, 2016).

Güncel teknolojik araçlar (akıllı cep telefonu, tablet, gps, akıllı saat vb.), mobil internet ve coğrafi bilgi sistemleri altyapısı kullanılarak turizmin de başı çektiği birçok alanda tavsiye sistemleri oldukça hızlı bir biçimde yaygınlaşmıştır. Araştırmacılar ve yöneticiler, öneri sistemlerinin iş, hükümet, eğitim ve diğer alanlar için büyük fırsatlar ve zorluklar sunduğunu ve gerçek dünyadaki uygulamaların ön plana çıkması için öneri sistemlerinin son zamanlarda başarılı bir şekilde ortaya çıktığını kabul etmektedir. Tavsiye sistemleri, belirli bir kullanıcıya (bireyler veya işletmeler) en uygun ürünleri (ürün veya hizmetler), bir kullanıcının bunlar ile

etkileşimleri sonucunda elde ettiği bilgilere dayanak öneride bulunduğu sistemler olarak bakılabilir. Bir öneri sisteminin en önemli özelliği, bir kullanıcının davranışını ve/veya diğer kullanıcıların kişiselleştirilmiş öneriler üretme davranışını analiz ederek kullanıcının tercihlerini ve ilgi alanlarını "tahmin etme" yeteneğidir (Lu, Wu, Mao, Wang, & Zhang, 2015). Bu sayede turistlere nitelikli bir deneyim yaşama olanağı sağlandığı gibi turistlerin davranışlarından elde edilen sonuçlar ile turizm yönetimi ve turizm pazarlaması için çok önemli veriler toplanmaktadır. Turizmin sürdürülebilir bir şekilde yapılanmasında bu bilgiler hayati derecede önem taşımaktadır. Turizm ile ilgili oluşturulan e-turizm tavsiye sistemlerinden bazıları ilgi çekici yerlere ve varış noktalarına odaklanırken, diğerleri ise ulaşım, restoran ve konaklama yerlerinden oluşan tur planları sunmaktadır. Bunlar dışında kullanıcı deneyimlerine bağlı olarak Yapay Zeka teknolojisinin de e-Turizm tavsiye sistemlerinde kullanıldığı görülmektedir (Moreno, Valls, Isern, Marin, & Borràs, 2013). Cep telefonlarının yaygınlaşması ve dünyanın her yerinde kullanımının artması ile birlikte e-Turizm'den mobil turizme doğru dönüşüm trendi görülmekte, bu dönüşümün sonuçlarından biri olarak da son yıllarda çok sayıda mobil rehber oluşturulmaktadır. Mobil rehberlerin birçoğu kişiselleştirilmiş özellikler içermektedir. Bu mobil cihazların kullanıcıya ait sosyal ve çevresel bağlamı algılama yeteneğinin olması bundan tam olarak da yararlanması nedeni ile mobil turizm rehberleri, basılı turist rehberlerinin elektronik versiyonlarından çok daha ileri seviyededir. (Gavalas, Konstantopoulos, Mastakas, & Pantziou, 2014) Bir dizi ulaşım ve navigasyon aracı, mobil kullanıcılarının coğrafi konumlarını temel alan yönlendirme hizmetleri sunmaktadır. Konum bilgisi tipik olarak GPS alıcılarından ya da alternatif konum izleme teknikleri (Wi-Fi, hücre kimliği, RFID, vb.) kullanılarak da elde edilir. Yaygın olarak kullanılan navigasyon sistemlerinin yanı sıra, rota (yani noktadan noktaya) öneri servisleri, kullanıcıların mevcut konumlarından önerilen bir cazibe merkezine kadar yollarını bulmalarına yardımcı olmak için birçok prototipli mobil rehber uygulamasına entegre edilmiştir. Tipik bir senaryoda, bir turist çok sayıda ilginç turistik yeri olan varış yerini bir veya daha fazla gün boyunca ziyaret eder. Zaman ve / veya bütçe kısıtlamaları nedeniyle, tüm yerleri ziyaret etmek genellikle olanaksızdır. Bu nedenle, ziyaret edilecek en önemli noktaların kullanıcı kısıtlamalarını ihlal etmeden seçilmesine ihtiyaç vardır. Nitelikli bir mobil tavsiye sistemi bu gereksinimi, mevcut POI'lerin bir alt kümesi aracılığıyla çok sayıda kişiselleştirilmiş turlar oluşturarak ele alır. (Gavalas, Konstantopoulos, Mastakas, & Pantziou, 2014)

Yukarıdaki araştırmacıların çalışmalarından da görüldüğü üzere CBS ve mobil teknolojilerin kullanıldığı alanları genel itibari ile tavsiye sistemler ve büyük veri tabanlarında kişilere en uygun ürünü bulmada yardımcı olanlar olarak in-

celemek mümkündür. Tavsiye sistemlerin temel üç görevini şu şekilde özetlemek mümkündür;

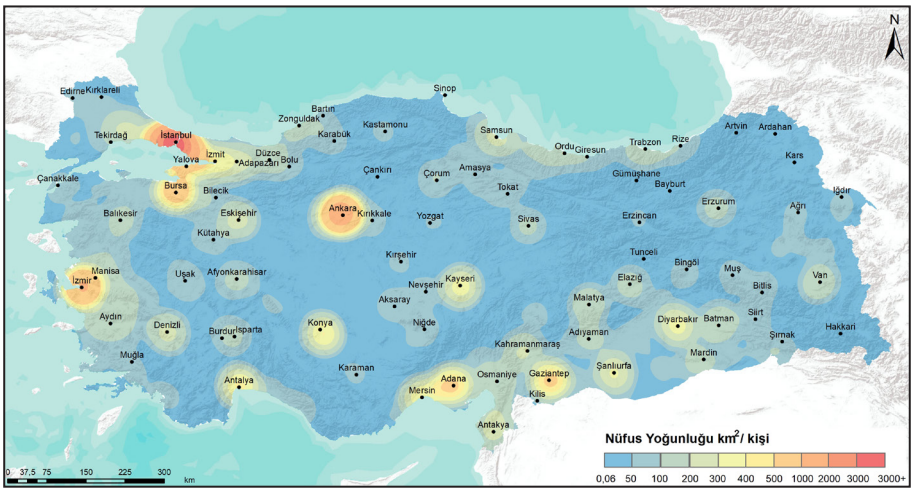
Veri setlerini analiz etmek ve seçmek, beğeni ve tercihlerine göre kullanıcıları gruplandırma, farklı kümeleme metotları ile hedef kullanıcıların tahminlerini genelleştirme. Nitekim bazı tavsiye sistemleri kullanıcıların beğeni ve tercihlerini dikkate alabilecek nitelikte ve özelliktedir. Örneğin; Üniversite kampüsünde yürürken restoran bul, Jaen'in tarihi merkezinde yürürken restoran bul, Otoyolda giderken restoran bul (Noguera, Barranco, Segura, & Martíne, 2012) şeklinde özelleştirilmiş tercihlere uygun seçenekler sunma kapasitesine erişmiştir.

1.1. Çalışma Alanı Yeri ve Sınırları

Marmara Bölgesi'nin kuzeydoğusunda yer alan Sakarya İli coğrafi konumu ve özellikleri itibari ile geçmişten günümüze önemli bir yerleşim merkezi olmuştur (Şekil 1). Doğal güzellikleri başta olmak üzere tarihi ve kültürel değerleriyle de ülkemiz turizm çekim merkezleri arasındaki yerini almıştır. Sakarya, ana ulaşım ağlarının kavşak noktasında bulunması ile yakın çevresindeki 20 milyona yakın nüfus ile ülkemizin en kalabalık bölgesine hitap etmektedir (Şekil 2).



Şekil 1: Sakarya İli Lokasyonu



Şekil 2: Türkiye Aritmetik Nüfus Yoğunluğu (2018)

Yakın bir gelecekte hizmete girecek olan Kuzey Marmara Otoyolu ve Sivas-Ankara-İstanbul hızlı tren projesinin ilk etabı olan Ankara-İstanbul hattının da bölgeden geçmesi önemli bir ulaşım imkânının daha kazanılmasını sağlayacaktır (Şekil 3). Yeni ulaşım akslarının hizmete girmesi bölgeye turistlerin ulaşımını daha da kolay hale getirecektir. Ancak Sakarya'nın turizm değerlerine ait bilgilerin tanıtımı ve turizmin planlanması istenilen seviyede değildir. Bunun en önemli nedenlerinden birisini de bu alanda CBS ve internet teknolojilerinde meydana gelen gelişmelerden faydalanılarak bir turizm bilgi sistemi altyapısının oluşturulmamış olmasıdır. Oysa ki; CBS turizm için kaynak envanterinin oluşturulmasına, turizmin çeşitli etkilerinin incelenebilmesine ve gerekli önlemlerin alınabilmesine, bir turizm merkezinin dönemsel ziyaretçi akışının izlenebilmesine, kaynak kullanımı ile ilgili gerekli analizlerin yapılabilmesine, turizmin potansiyel etkilerinin değerlendirilebilmesine, yer uygunluğu ve yer seçimi gibi çalışmaların yapılabilmesine, tüm bu sonuçları görselleştirebilmesine olanak sağlamaktadır.



Şekil 3: Sakarya ve Çevresi Ulaşım Ağı ve Planlanan Ulaşım Ağları

1.2. Amaç ve Kapsam

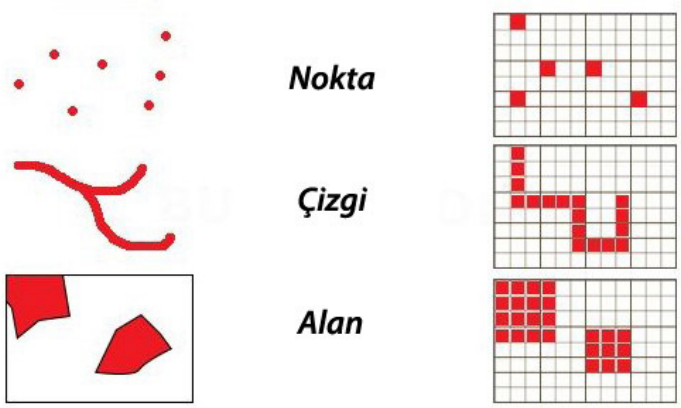
Bu çalışmanın amacı ülkemizdeki turizm gelişim alanlarına uyarlanmak üzere turistleri yöreye ilişkin bilgilendirmeye yönelik oluşturulacak bir veri tabanına örnek teşkil edecek bir prototip model oluşturulmasıdır. Bu kapsamda örnek bir turizm alanına bu prototipin uyarlanması ve bir sunucuya bağlı olarak yöredeki farklı yerlere konulmuş istemcilerden turistlere yöreye ilişkin bilgileri CBS ortamında sorgulama şansı sunulması sağlanacaktır. Böylelikle ulaştıkları bilgilere görsel olarak görüntüleme ve baskı alma şansı sunulması, bunun yanı sıra aynı veri tabanının turizm yönetim hizmetlerinde de kullanılmasıyla turistik yörelerde turizm yönetim hizmetlerinin etkinleştirilmesi, ayrıca hazırlanan verilerin internette yayınlanması nedeniyle tüm dünyada internet üzerinde ülke tanıtımına katkı da sağlanacaktır.

2. Metodoloji

Bu çalışmada Sakarya'nın turizm değerlerinin tanıtılmasında web ve mobil tabanlı CBS teknolojileri kullanılmıştır. CBS, fiziki ve beşeri coğrafyaya ait verilerin toplanması, depeolanması, sorgulanması ve analizinde kullanılan üstün yeteneklere sahip bir methodtur (Yomralıoğlu, 2000). Coğrafi veriler CBS ortamında konum bilgisine sahip grafik veriler ve öznitelik verileri olarak saklanır (Turoğlu, 2011). Klasik yöntemlerden bu veri yapısı ile ayrılan CBS yazılımları, ne-nerede

sorularına cevap verebilen akıllı verilerin depolanmasına imkan vermektedir. Gerçek dünyanın bilgisayar üzerinde modellenmesini sağlayan bu veriler vektör ve raster yapıda karşımıza çıkar (Şekil 4). Vektör veri, dünya üzerindeki objelerin nokta,çizgi ve poligon olarak temsil edildiği koordinat tabanlı bir modeli ifade ederken, raster veri modeli ise dünya yüzeyinin hücrelerden oluşan gridler ile sunulmasıdır (Wade&Sommer, 2006).

Yazılım,donanım,veri,yöntem ve insan ise CBS'nin 5 temel bileşenidir (Esri, 1995). Son on yılda internet ve ağ teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler bu bileşenlerin arasına bulut bilgi iletişim teknolojilerinin de girmesine neden olmuştur. Böylelikle lokal ortamda üretilen çalışmalar internet ile çok geniş kitlelerin erişimine açılma fırsatı bulmuştur. Bulut bilişim ölçeklenebilir, gerçek zamanlı servis, altyapı ve uygulamaların dünyanın farklı yerlerinde bulunan sunucular üzerinden çalıştırılabilmesi anlamına gelmektedir (Kavzoğlu&Şahin, 2012).

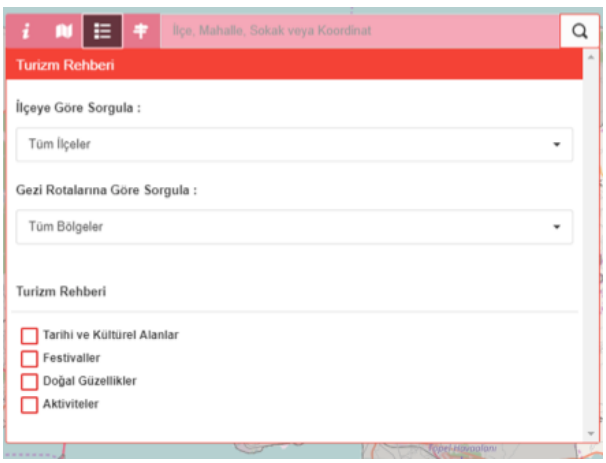


Şekil 4: Vektör ve Raster Veri Modeli

Bulut bilgi iletişim teknolojileri ile CBS'nin temel fonksiyonları olan depeolama, sorgulama, analiz ve görselleştirme çalışmaları internet üzerinden yapılabilir hale gelmiştir. Böylelikle ortaya çıkan çalışmalar web-mobil platformlar yardımı ile zamandan ve mekandan bağımsız olarak kullanıcılara ulaşabilir durumu gelmiştir. Günümzüde doğal güzellikler ile tarihi ve kültürel alanlar başta olmak üzere turistik değerler ile ilgili bilgilerin turistlere ulaşmasında HTML tabanlı web sayfaları yetersiz kalmaktadır. Konumsal sorgulamalara ihtiyaç duyan turistlerin gezecekleri turistik yerler veya bulundukları mekanın yakın çevresinde görebilecekleri destinasyonlar hakkında bilgi sahibi olabilecekleri mobil ve web tabanlı uygulamalara ihtiyaç artmaktadır. Turizm faaliyetleri açısından iyi bir otel veya restoranı bulabilmenin yanı sıra en yakın acil servis, eczane, oto tamircisi gibi önemli noktaların da nerelerde olduğunu ve nasıl ulaşılabileceğini bilmek önemlidir.

Bu çalışmada Sakarya'yı ziyaret edecek turistlerin Sakarya'da turizm ile ilgili mekânsal ve mekânsal olmayan tüm verilerin rahatlıkla sorgulanabildiği web ve mobil tabanlı coğrafi bilgi sistemleri uygulaması geliştirilmiştir. ArcGIS Desktop 10.3.1 üzerinde geliştirilen Sakarya turizm veri tabanı ArcGIS Server 10.3.1 yardımı ile web ortamına sunulmaya hazır hale getirilmiştir. Web uygulaması bulut teknolojisinin getirdiği kolaylıklardan yararlanmak üzere ESRI web harita servisleri üzerinden altlık haritalara ulaşabilmektedir. Oluşturulan sorgulama ve analiz servisleri ise ArcGIS Server üzerinden sunulup, Open Layers ile zenginleştirilmiş, Lodash ve HTML5 ortamında son kullanıcı arayüzleri oluşturulmuştur. Aynı zamanda geliştirilen Apache Cordova, Phonegap ve HTML5 ortamında hazırlanan mobil uygulamalar ile kullanıcılara çok daha esnek bir kullanım sağlanmıştır.

Sakarya'nın turizm değerlerinin korunması ve tanıtılması adına oluşturulan web/mobil tabanlı coğrafi bilgi sistemi platformunda ilçelere göre ya da gezi rotalarına göre turistik çekicilikleri sorgulamak mümkündür. Turistik çekicilikler tarihi ve kültürel alanlar, doğal güzellikler, festivaller ve aktiviteler şeklinde gruplara ayrılmıştır (Şekil 5) .



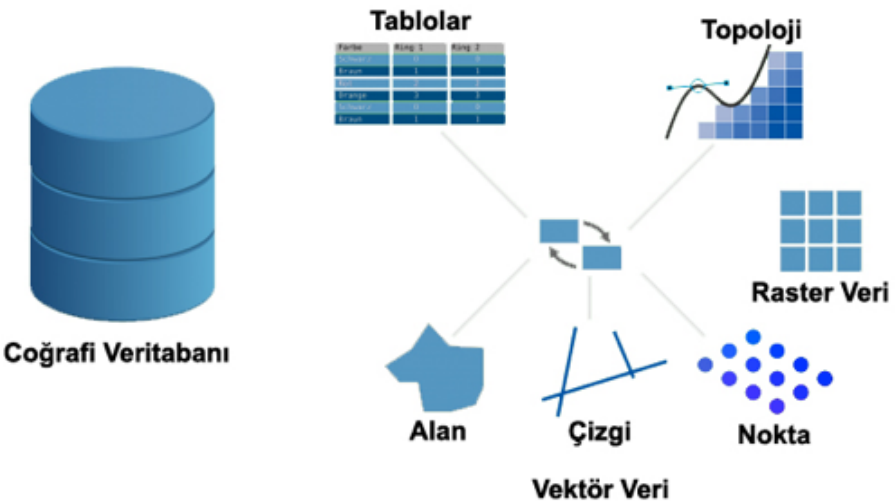
Şekil 5: Sakarya Turizm Katmanları

3. Web-Mobil Tabanlı CBS Platformunun Oluşturulması

3.1. Coğrafi Veri Tabanı Tasarımı

Sakarya'da yer alan turistik çekiciliklere ait koordinat bilgileri ile öznitelik bilgileri ArcGIS Desktop 10.3.1 yardımı ile sayısal ortama aktarılmış ve coğrafi veritabanı (geodatabase) oluşturulmuştur. ESRI ArcINFO 8.x versiyonu ile vektörel

veri modelinde nesne yönelimli bir veri modeli olan coğrafi veritabanı modeline geçiş yapmıştır (Macdonald, 2001) (Şekil 6). Bu yeni veri modelinin temel amacı, CBS veri setlerini, veritabanı özellikleri ile donatarak daha akıllı hale getirilmesine ve veriler arasında herhangi bir ilişki tanımlanmasına olanak sağlamaktır (Zeiler, 1999). Böylelikle mekansal verilerin ilişkisel veritabanı yapısı içerisinde değerlendirilmesi ve analiz edilmesi mümkün olmuştur. Ayrıca, coğrafi veritabanı veri modeli, doğru veri girişi için gerekli yapılandırmalar, veritabanı doğrulama kuralları gibi bir çok yeteneğin herhangi bir kod yazmadan uygulanmasına olanak tanır.



Şekil 6: Coğrafi Veri Tabanı Yapısı

Sakarya turizm veri tabanı tasarımı mekansal veri katmanları ile sözel tablolar olmak üzere 2 farklı veri yapısının tek bir veri tabanı içerisinde, tek bir şemada tasarlanmıştır (Şekil 7-8). Tabloların alan adı, tipi ve uzunlukları, bu tablolar arasındaki ilişki ve referanslar ile gerek duyulacak dizinler ile mekansal veri temaları, detay sınıflar, öznitelik tabloları ve alanları, topolojiler, tanım tabloları ve metaveri alanları tanımlanmıştır.

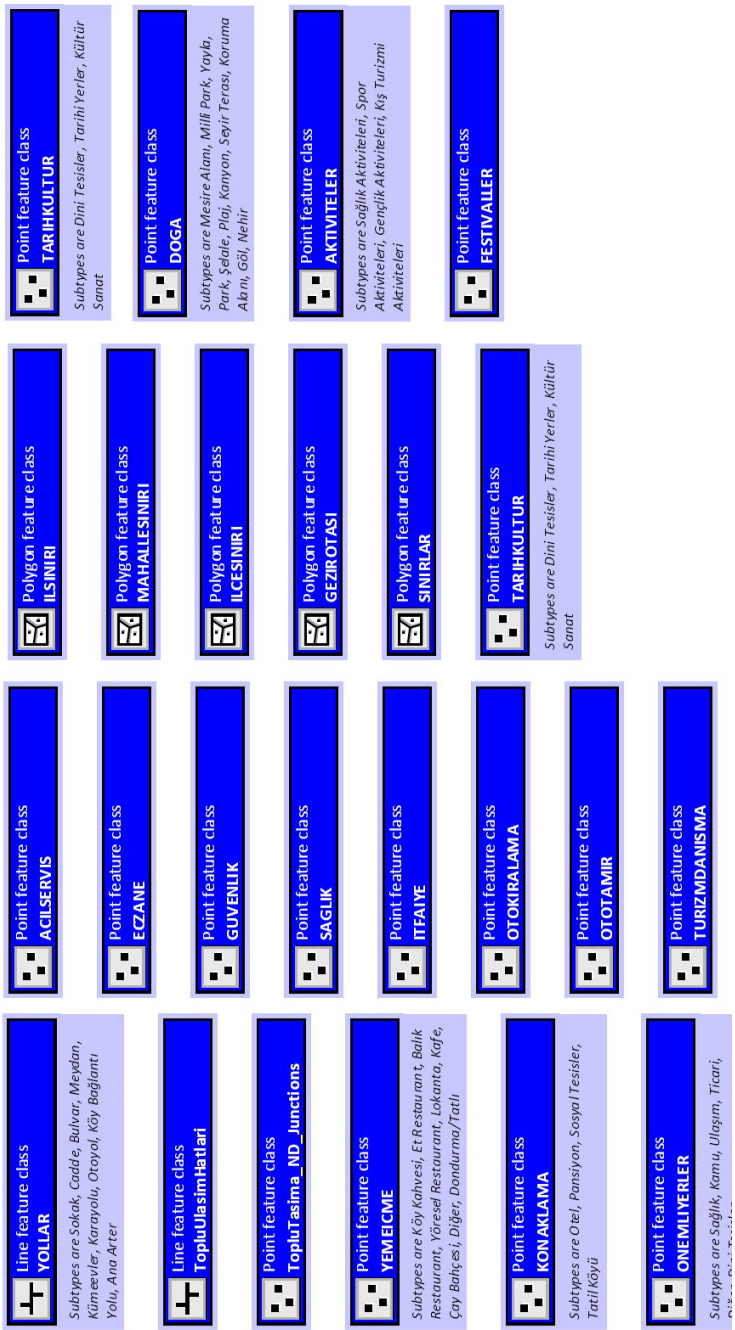
Geliştirilecek arayüz için öngörülen internet trafiği göz önünde bulundurularak olabildiğince normalize bir veri tabanı tasarımı yapılmıştır. Veri tabanı tasarımı yapılırken herhangi bir donanım veya yazılım geliştirme aracına ait özel yapılar kullanılmamıştır. Böylece veri tabanının her türlü katmana hizmet vermesi sağlanmıştır.

Veri tabanında oluşabilecek tutarsızlıkları önleyebilmek amacıyla gerekli olan tablolar arasında yabancı anahtarlar (Foreign Key) oluşturulmuştur. Uygulama

içerisinde yer alan sınıflardan yapılacak sorgulamalardan en iyi performansı almak için gerekli dizinler (index) tasarlanmıştır.

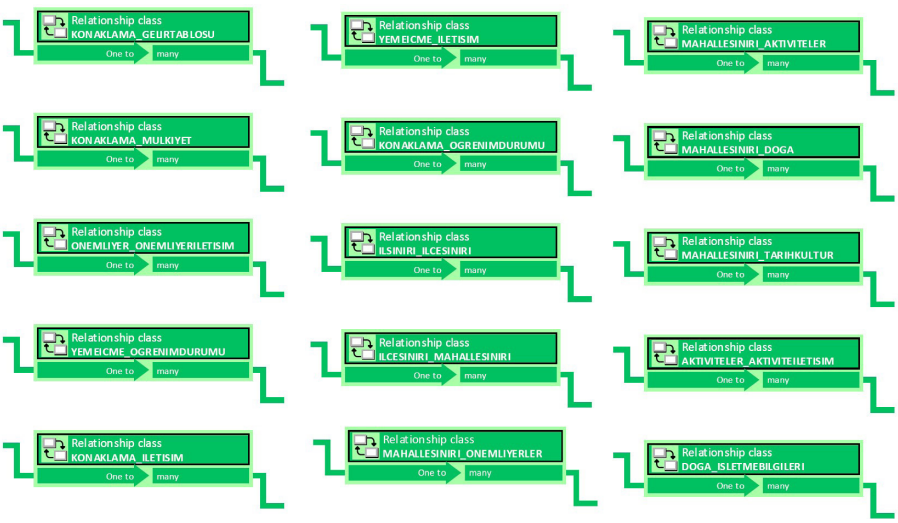


Şekil 7: Veri Tabanı İçerisindeki Sözel Veriler



Şekil 8: Veri Tabanı İçerisindeki Vektörel Veriler

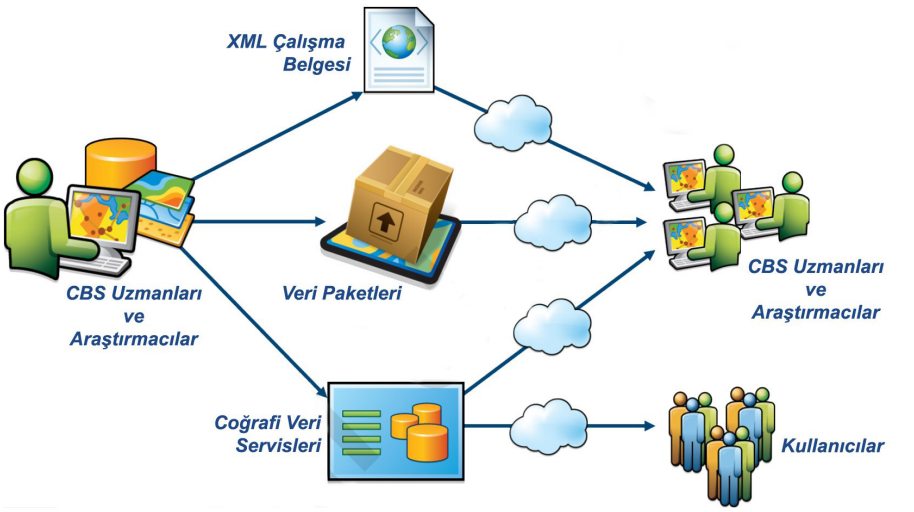
Coğrafi veri tabanı, birden fazla tablo ve coğrafi nesne arasındaki ilişikinin önceden belirlenmiş ortak alanlar aracılığı ile sağlandığı ilişkisel veri tabanı modeli ile tasarlanmıştır (Şekil 9). Edgar Frank Codd tarafından ortaya konan ilişkisel veri tabanı modeli, yapılandırılmış veriler üzerinde kullanıcıların neden olduğu trafik artışından kaynaklanan potansiyel yıkıcı değişikliklerden korunması için temel olarak önerilmiştir (Codd, 1970). Böylelikle ilişkili veriler üzerinden coğrafi sorgulamalar yapılırken veriye erişim ve tasarım esnekliği de sağlanmaktadır. Tasarımın kolay olmasıyla beraber hem PC de hem de büyük bilgisayarlarda (mainframe) çalışması nedeniyle günümüzde yaygın olarak kullanılan veri tabanıdır.



Şekil 9: Veri Tabanı İçerisindeki İlişkisel Yapı

3.2. Veri Tabanı Paylaşımı

İnternet teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler lokal ortamda üretilen verilerin çok sayıda kullanıcı ile paylaşımını mümkün hale getirmiştir (Şekil 10). Paylaşılan veriler, bazen diğer kullanılar tarafından kullanılabilmekte, zaman zaman ise veri tabanı şemaları benzer uygulamaları oluşturmak isteyen araştırmacıların oluşturdukları veri tabanlarına adapte edilebilmektedir. Paylaşılan bu veriler web ve mobil platformlarda geliştirilen arayüzlerde kullanılmaktadır. Veri paylaşımında farklı methodlar kullanılmaktadır. Veriyi hangi kullanıcı, hangi amaçla kullanacağına bağlı olarak farklılaşan bu methodların en sık tercih edilenlerini, XML çalışma belgesi, veri paketleri ve coğrafi veri servisleri olarak sıralanabilir (Esri, 2013).



Şekil 10: Coğrafi Veri Paylaşımı (ESRI,2013)

Çalışmada hazırlanan coğrafi veri tabanı ArcGIS Server 10.3.1 yazılımı kullanılarak coğrafi veri servisi olarak paylaşılmıştır. Coğrafi veri servisi paylaşımı aşağıdaki adımlarından oluşmaktadır;

ArcGIS Server Bağlantı Kurma; Coğrafi verilerin internet ortamında sunumunun gerçekleştirilmesi için gerekli ilk adım, sahip olduğunuz sunucu ile yayıncı veya yönetici bağlantısına sahip olmaktır. Bu sunucu kendi sahip olduğunuz bir donanım olabileceği gibi, bulut teknolojilerinden de faydalanmak mümkündür.

Sunucuya Veritabanı Aktarımı; XML çalışma belgesi ve veri paketleri üzerinde çalışıyorsanız veritabanı aktarımına ihtiyacınız olmasa da, coğrafi veri servisi üzerinde çalışıyorsanız coğrafi veritabanını sunucuya aktarmanız gerekmektedir.

Coğrafi Veri Servisi Paylaşımı; verileri yayınlamak için, sunucuya atılan coğrafi veritabanı ArcGIS Server yazılımı yardımı ile servis olarak paylaşılması ise diğer önemli adımı oluşturur.

Servis Yapılandırılması; paylaşılan servisin son kullanıcıya ulaştırlmasında istenilen ayarların yapılması için yapılandırılması gerekir. Bunun için yazılım içerisinde yer alan yapılandırma sihirbazı yapılandırma sürecinde yol göstericidir.

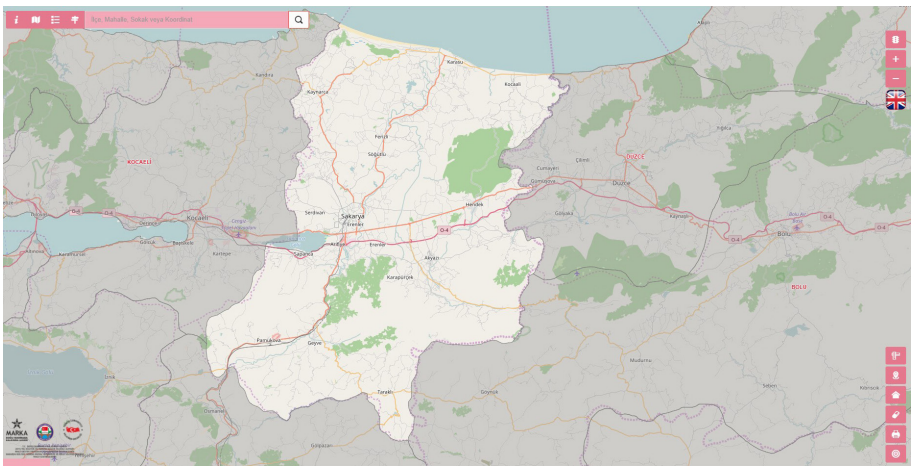
Analiz; yayınlama aşamasından önceki son adımı, servisin hatalara karşı analiz edilmesidir. Analiz servis yapılandırmasındaki seçimleriniz doğrultusunda gerçekleşir ve herhangi bir hata mevcut ise servisi yayınlamanız mümkün değildir. Bu adımda, yazılım hataları ve mesajları listeleyerek düzeltmenize imkan tanıyacaktır.

Paylaşım, coğrafi veri servisi kullandığınız sunucu üzerinde oluşturulduğu adımdır. Yayınlamış olduğunuz verilerin diğer araştırmacı ve kullanıcılar tarafından da kullanılmasını istiyorsanız, coğrafi veri servisi ile aynı adı kullanarak bir harita servisi de oluşturmanız gerekmektedir.

Test; adımında paylaşılan servislerin testi sağlanır.

3.3. Web Arayüzü Tasarımı

Lokal ortamda hazırlanan verilerin sürüdürülebilir bir turizm bilgi sistemi yönetimi için son kullanıcıya ulaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle son yıllarda hızla gelişen internet teknolojilerinin önemi büyüktür. Özellikle son 5 yıl içinde gelişen internet teknolojileri her alanda olduğu gibi CBS alanında da önemli mesafeler katetmiştir. Bu amaç doğrultusunda coğrafi veri servisleri kullanılarak hazırlanan ve paylaşılan web platformu son teknolojilerden faydalanılarak geliştirilmiş bir arayüzdür (Şekil 11). Coğrafi Bilgi Sistemleri web arayüzlerinin hazırlanmasında son günlerde adından sıkça bahsedilen HTML5, CSS3 gibi web teknolojilerinin kullanılmasının yanı sıra farklı ekran çözünürlükleri ve/veya ekran boyutları için duyarlı (responsive) tasarım prensibi kullanılmıştır.

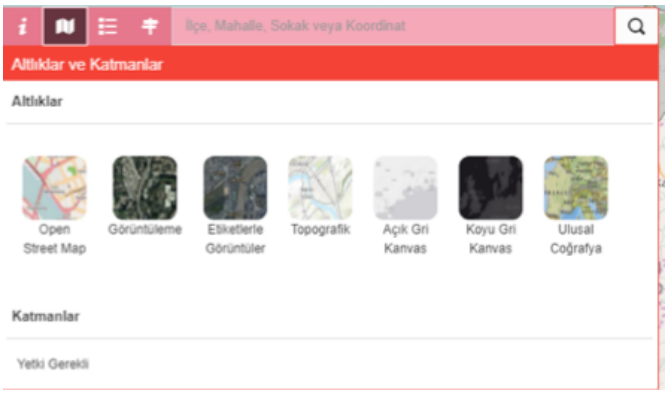


Şekil 11: Turizm Bilgi Sistemi Web Arayüzü

Arayüz tasımında en önemli özelliklerden birisi kesinlikle her platformda benzer kullanıcı deneyimi sunulmasıdır. Bu tasarım kararı son yıllarda kullanılan pek çok sistemin ve arayüz tasarımının temel prensibi haline gelmiştir. Böylece kullanıcıların farklı ortamlarda (İşletim sistemleri, tarayıcılar, vs.) benzer kullanıcı deneyimleri yaşamaları ve böylece sistemin işleyişini her platform için tekrar tekrar öğrenme iş yükünden kurtulmaları amaçlanmaktadır.

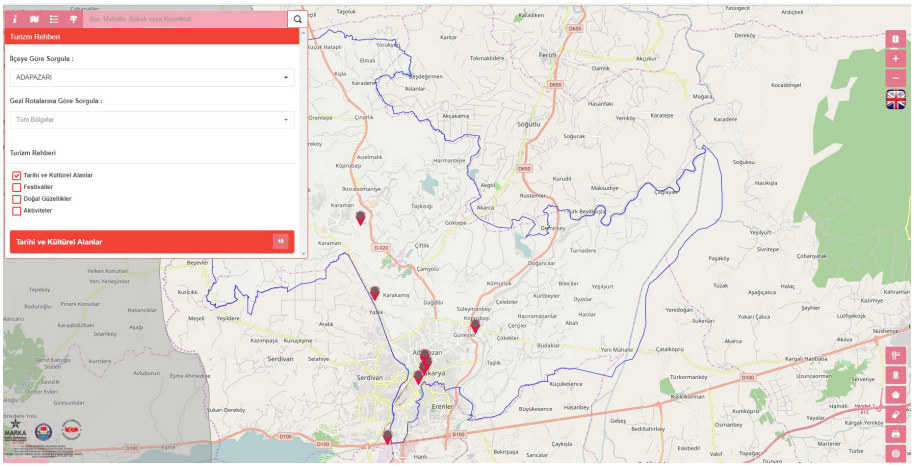
Web arayüzleri tasarlanırken benzer kullanıcı deneyimi oluşturulması prensibi temel alınmıştır. Bu temelde uygulamamız harita çevresine kurulu olması ve kullanım kolaylığı açısından tek sayfa uygulama olarak tasarlanmıştır. Bu tek sayfa uygulama kullanımı odaklandığımız konudan uzaklaşmadan harita üzerinde etkin çalışma alanı oluşturulmasını amaçlamıştır. Böylece harita alanı etkin çalışma alanı olarak kullanacak, istenilen filtreler ve farklı modüller uyum içerisinde çalıştırılabilecektir.

Harita ekranı, çalışma sahası olan Sakarya odaklı olarak konumlanır. Ayrıca diğer illerden ve bölgelerden ayırmak için gölgeleme yapılmıştır. Bölgeyi düzgün olarak görüntüleyebilecek bir yakınlaştırma seçimi ile başlanması kullanım açısından büyük kolaylık sağlamaktadır.



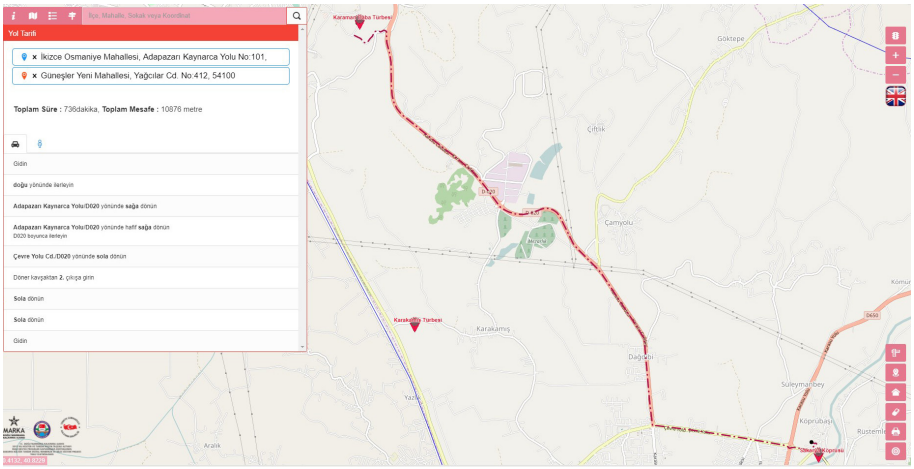
Şekil 12: Harita Altlıkları

Üst kısımda bulunan butonlar aracılığı ile açılabilen bilgi ekranı ile sistemin logosu ve proje ile alakalı küçük bir bilgilendirme sayfasına erişilebilir. Yine üst kısımda altlık seçim ekranı kullanılarak haritamız için farklı altlıklar kullanılabilir (Şekil 12). Bu sayede yapılan çalışmaya uygun altlıklar kullanıcı tarafından seçilebilir duruma getirilmiştir.



Şekil 13: Sorgulama Örneği

Turizm rehberi ekranımız uygun filtrelere göre uygun konumdaki tesisleri harita üzerinde görüntüleyebilmemizi sağlar (Şekil 13). Yol tarifi ekranı seçilen tesisler ya da işaretlenen noktaları içeren bir rota oluşturulmasına, düzenlenmesine ve bu rota için yol tarifi bilgisine erişime olanak sağlar (Şekil 14). Ayrıca arama formu ile konum adı ile coğrafi arama yapılabilir.



Şekil 14: Rota Oluşturma

Sağ üst kısımda trafik katmanı, ölçüm aracı ve yakınlaştırma opsiyonları erişilebilir durumdadır. Ayrıca sağ kısımda bulunan dil seçeneği ile uygulamanın İngilizce ya da Türkçe olarak belirlenmiş dil seçenekleri arasında geçiş yapılabilir.

Sağ alt kısımda pek çok önemli fonksiyon ve kısayol bulunmaktadır. Anasayfa butonu ile sistem ilk açıldığı yakınlaştırma ve konum durumuna dönebilir. Ekranı temizle butonu ile yapılan seçimlerin sıfırlanması sağlanabilir. Yakınımda ara seçeneği Turizm rehberi aracını bulunduğumuz konum bazında 100 metre çevremizdeki tesisler bulunacak şekilde başlatır. Kullanıcı seçimlerini yaparak aracı bu başlangıçtan farklı şekillerde de kullanabilir. Neredeyim butonu ise kullanıcının mevut pozisyonunun harita üzerinde görülmesini sağlayan bir fonksiyonu tetikler. Ayrıca ölçüm aracı kullanılarak kuş uçuşu mesafe hesaplamaları yapılabilir.

Sistem üzerinde gezdirilen imlecin GPS bilgileri sağ aşağı kısımdan okunabilir. Bunun yanısıra konum tabanlı yakınımda ara ve yol tarifi sırasında kullanılan başlangıç, bitiş ve ara durak noktaları gibi seçeneklerin bulunduğu bir kontekst menü bulunmaktadır.

Uygulamamız temel prensip ve kullanım deneyimi en yakın olacak şekilde mobil uygulama ve arayüz tasarımlarına başlanmıştır. Ancak doğası gereği dokunmatik hassasiyet, sağ tıklama gibi bazı konular sebebi ile küçük farklılıklar oluşmuştur. Ancak bu farklılıklar en asgari düzeyde tutulmaya çalışılarak mobil arayüz tasarımı yapılmıştır.

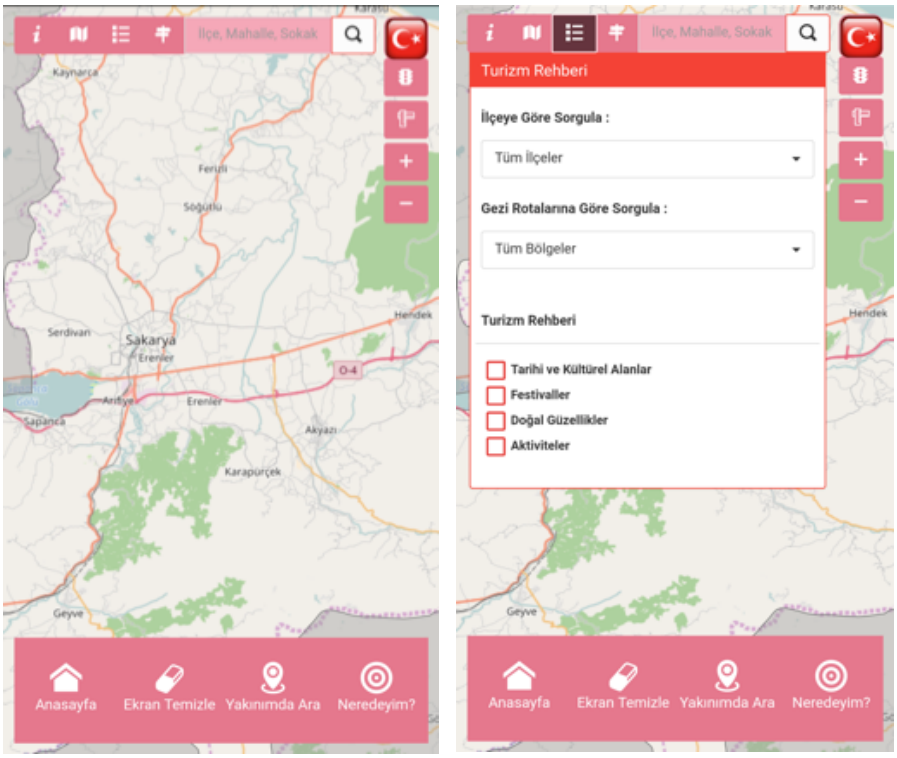
3.4. Mobil Arayüz Tasarımı

Sakarya Turizm Bilgi Sistemi mobil arayüzleri tasarlanırken web arayüzler ile benzerlik ve ortak kullanımı prensibi ile çalışılmıştır. Sistem web arayüzü olarak farklı boyutlardaki ve çözünürlüklerdeki ortamlarda benzer özellikler ve kullanım sunacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 15). Bu durum sistem geliştirilmesinde mobil tasarım ve düşük çözünürlüklü ortamlar için yapılan tasarımların benzer çalışma mekanizmaları kullanmaları sayesinde önceden de belirtilen prensiplere uygundur.

Sistemin mobil arayüzünün kullanımı için IOS ve Android platformlarının mevcut market uygulamaları aracılığı ile uygulamanın uygun sürümü temin edilebilir. Sisteme uygun sürüm market uygulamaları aracılığı ile sisteme yüzde yüz uyumlu kurulum metodu kullanılarak yüklenebilir.

Sisteme yüklenen mobil uygulama platforma uygun biçimde kısayolu üzerinden başlatılabilir. Arayüzü başlattıktan sonra tek sayfa uygulama tasarım kalıplarına göre oluşturulmuş, doğası gereği harita odaklı uygulama görüntülenebilir.

Mobil uygulama hem IOS hem Android platformlarında çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır ve yapısal farklılıkları dışında kulanım alışkanlığı açısından kayda değer farklılıkları bulunmamaktadır. Sistem HTML5 destekli ve son mobil teknolojiler kullanılarak geliştirilmiştir.



Şekil 15: Mobil Arayüz

4. Sonuç

Sakarya turizm bilgi sistemlerinin oluşturulması ile elde edilen veri seti aynı zamanda Sakarya ili için mekansal veri altyapısının da temelini meydana getirmiştir. Sakarya'da turizm ile ilgili mekânsal ve mekânsal olmayan tüm verilerin rahatlıkla sorgulanabildiği web ve mobil tabanlı coğrafi bilgi sistemleri uygulaması geliştirilmesidir. ArcGIS Desktop 10.3.1 üzerinde geliştirilen Sakarya turizm veri tabanı ArcGIS Server 10.3.1 yardımı ile web ortamında sunulmuştur. Web uygulaması bulut teknolojisinin getirdiği kolaylıklardan yararlanmak üzere ESRI web harita servisleri üzerinden altlık haritaları da okuyabilmektedir. Oluşturulan sorgulama ve analiz servisleri ise ArcGIS Server üzerinden sunulup, Open Layers ile zenginleştirilmiş, Lodash ve HTML5 ortamında son kullanıcı arayüzleri oluşturulmuştur. Aynı zamanda geliştirilen Apache Cordova, Phonegap ve HTML5 ortamında hazırlanan mobil uygulamalar ile kullanıcılara çok daha esnek bir kullanım sağlanmıştır.

Gerek web gerekse mobil arayüzleri oluşturulan Sakarya turizm bilgi sistemi veritabanı hem son kullanıcı turist ve işletmeler hem de şehrin turizm yönetiminde söz sahibi olan kişi ve kurumlar için önemli kolaylıklar sağlamanın yanı sıra Sakarya İli'nin gerçek turizm potansiyelinin ortaya çıkarılması, mevcut turizm yapısının anlaşılması ve geleceğe dair planlama yapılabilmesi için hayati önem taşımaktadır. Zira turizm çok boyutlu, çok parametreli ve çok bileşenli ekonomik faaliyetlerden biridir. Turizm faaliyetleri içerisinde yer alan kişi ve kurumların en iyi deneyimi sağlamaları, oluşan ve oluşabilecek çıkar çatışmalarını en asgari düzeye indirilebilmesi ve oluşan sorunlara da çözüm bulanabilmesi sistemden sağlanan verilerin güncel ve sağlıklı olabilmesi ile yakından ilişkilidir. Aksi takdirde genel geçer turizm bilgileri ile bir şehrin turizmini yönetmek günümüz açısından dahi artık mümkün görünmemektedir. Bilginin güç ve kazanç olarak önem kazandığı teknoloji çağında doğru bilgiye erişebilmenin doğru planlama yapabilmenin önemi gittikçe artmaktadır. Bu bağlamda SATBİS örneğinde olduğu gibi bilginin veri haline getirilerek veritabanlarına işlenmesi turizm tanıtımı, turizm pazarlanması ve turizm yönetimi açısından bir yenilik olmaktan çok bir zorunluluk haline gelmiştir. Turizm ile ilgili kişi, kurum ve paydaşların etkin ve aktif işbirliği sayesinde oluşturulabilecek bu veritabanları ve uygulamalar sayesinde gerek kişilerin gerekse kurumların deneyim memnuniyeti artacak, turizm yönetimi açısından da ortaya çıkabilecek problemler azalacak ve çözümü çok daha kolaylaşacaktır.

Kaynaklar

AGARWAL, P. (2008). *Internet GIS: Distributed Geographic Information Services for the Internet and Wireless Networks.* Hoboken: Wiley.

AHİPAŞAOĞLU, S., & KAYA, İ. (2005). *Turizm ve Coğrafi Bilgi Sistemleri.* Ankara: Gazi Kitabevi.

AVCIKURT, C. (2010). *Turizmde Tanıtma ve Satış Geliştirme.* İstanbul: Değişim Yayınları.

AYDINOĞLU, A. Ç., & YOMRALIOĞLU, T. (2002). Web Based Campus Information. *International Symposium on GIS, September 23-26.* İstanbul.

AYŞAN, A. İ., YİĞİT, H., & YILMAZ, G. (2011). GIS Applications in Cloud Computing Platform and Recent Advances . *5th International Conference on Recent Advances in Space Technologies - RAST2011*, (s. 193-196). İstanbul.

Bahaire, T., & White, M. E. (1999). The Application of Geographical Information Systems (GIS) in Sustainable Tourism Planning: A Review. *Journal of Sustainable Tourism, 7*(2), 159-174.

BHATIA, S., & SINGH, V. (2011). An Integrated Approach for Cloud based Web Secure Web Services. . *International Journal on Computer Science and Technology*, 168-172.

Borràs, J., Moreno, A., & Valls, A. (2014). Intelligent tourism recommender systems: A survey. *Expert Systems with Applications*(41), s. 7370–7389.

Brovelli, M. A., Minghini, M., & Zamboni, G. (2016). Public participation in GIS via mobile applications. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, s. 306–315.

Buhalis, D., & Amaranggana, A. (2014). Smart Tourism Destinations Information and Communication Technologies in Tourism. *Springer International Publishing* .

CHAPPELL, D. (2010). *Gis in the Cloud; The Esri Example.* ESRI.

CHRISMAN, N. (1999). *Exploring Geographic Information Systems.* John Wiley & Sons,Inc.

ELLIOTT, M., & FINN, M. (1998). Growing in Sophistication: The Application of Geographical Information Systems in Post-Modern Tourism Marketing. *Journal of Travel & Tourism Marketing Vo. 7, No. 1*, 65.

ESRI. (1995). *Using Arcview GIS 3.2a.* USA: ESRI.

EVANGELIDIS, K., NTOUROS, K., MAKRIDIS, S., & PAPATHEODOROU, C. (2014). Geospatial services in the Cloud. *Computers&Geosciences Volume 63*, 116-122.

Gavalas, D., Konstantopoulos, C., Mastakas, K., & Pantziou, G. (2014). Mobile recommender systemsin tourism . *Journal of Network and Computer Applications*(39), s. 319–333.

İNAN, H., REİS, S., & YOMRALIOĞLU, T. (2002). Trabzon İli Konumsal Bilgi Sistemi Tasarımı ve Uygulaması. *ESRI/ERDAS Kullanıcıları Toplantısı.* Ankara.

İSLAMOĞLU, A. (2010). *Turizm Pazarlaması.* İstanbul: Beta Yayıncılık.

Jeong, C.-W., Chung, Y.-J., Joo, S.-C., & Lee, J.-w. (2014). *Tourism Guided Information System for Location-Based Services.* University IT Research Center Project.

KAVZOĞLU, T., & ŞAHİN, E. K. (2012). Bulut Bilişim Teknolojisi ve Bulut CBS Uygulamaları. *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu* . Zonguldak.

KOZAK, N. (2010). *Turizm Pazarlaması.* Ankara: Detay Yayıncılık.

LONGLEY, P., GOODCHILD, M., MAGUIRE, D., & RHIND, D. (2001). *Geographic Information Systems and Science.* Chichester, England: John Willey&Sons.Ltd.

Lu, J., Wu, D., Mao, M., Wang, W., & Zhang, G. (2015). Recommender system application developments: A survey. *Decision Support Systems*(74), s. 12-32.

LU, X. (2010). An Approach to Service and Cloud Computing Oriented Web GIS Application. *Internet Technology and Applications, 2010 International Conference on*, (s. 20-22). Wuhan,China.

MACDONALD, A. (2001). *Building a Geodatabase.* Redlands,California: ESRI.

Manfred FISCHER, H. S., & UNWIN, D. (1996). Geographic Information Systems,Spatial Data Analysis and Spatial Modelling: An Introduction. H. S. Manfred FISCHER, & D. UNWIN içinde, *Spatial Analytical Perspectives on GIS* (s. 3-21). Taylor&Francis Ltd.

Moreno, A., Valls, A., Isern, D., Marin, L., & Borràs, J. (2013). SigTur/e-destination:Ontology-based personalized recommendation of tourism and leisure activities. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*(26), s. 633–651.

MORGAN, N., & PRITCHARD, A. (2006). *Turizm Sektöründe Reklamcılık.* İstanbul: Mediacat.

Noguera, J. M., Barranco, M. J., Segura, R. J., & Martíne, L. (2012). A mobile 3D-GIS hybrid recommender system for tourism. *Information Sciences*, s. 37-52.

ÖLGEN, K. (2003). Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Turizm Amaçlı Çevresel Duyarlılığın Belirlenmesi. *Coğrafi Çevre Koruma ve Turizm Sempozyumu, 16-18 Nisan 2003*, (s. 25-32). İzmir.

ÖZGÜÇ, N. (2017). *Turizm Coğrafyası Özellikler ve Bölgeler.* İstanbul: Çantay Kitabevi.

PEKİN, F. (2011). *Çözüm Kültür Turizmi, Turizm ve Kültür Politikaları.* İstanbul: İletişim Yayınları.

RITCHIE, B. W., BURNS, P., & PALMER, C. (2005). *Tourism Research Methods,Integrating Theory with Practice.* Oxfordshire: CABI Publishing.

RONEY, A. (2011). *Turizm, Bir Sistem Analizi.* Ankara: Detay Yayıncılık.

TUROĞLU, H. (2011). *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları.* İstanbul: Çantay Kitabevi.

Tyagi, N. (2014). Web GIS application for customized tourist information system for Eastern U. P., India. *Journal of Geomatics*.

TYAGI, N. (2014). Web GIS application for customized tourist information system for Eastern U. P., India. *Journal of Geomatics*, 1-6.

WADE, T., & SOMMER, S. (2006). *A to Z GIS.* Redlands, California: ESRI.

YOMRALIOĞLU, T. (2000). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar.* İstanbul: Seçil Ofset.

ZEILER, M. (1999). *Modelling Our World* . Redlands,California: ESRI.

11. BÖLÜM

UYDU GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK TARIMSAL ALANLARDA PARSEL-TABANLI ÜRÜN SINIFLANDIRMASI: AMİK OVASI ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Reşat GEÇEN - Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

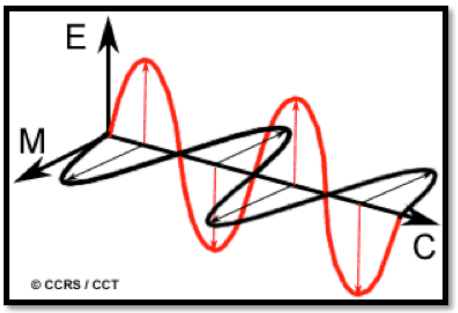
1. Giriş

1.1. Uzaktan Algılama ve Çalışma Prensibi

Uzaktan Algılama çok geniş bir kullanım alanı olan günümüzde birçok disiplinde kullanılan bir alanı oluşturmaktadır. Farklı birçok tanımı yapılmış olan Uzaktan Algılama'yı Lillesand ve Kieffer (1994), yeryüzünde bulunan nesne veya alan hakkında bilgileri çeşitli algılayıcılar tarafından fiziksel temas olmadan elde eden bilim veya sanattır, şeklinde tanımlamaktadır.

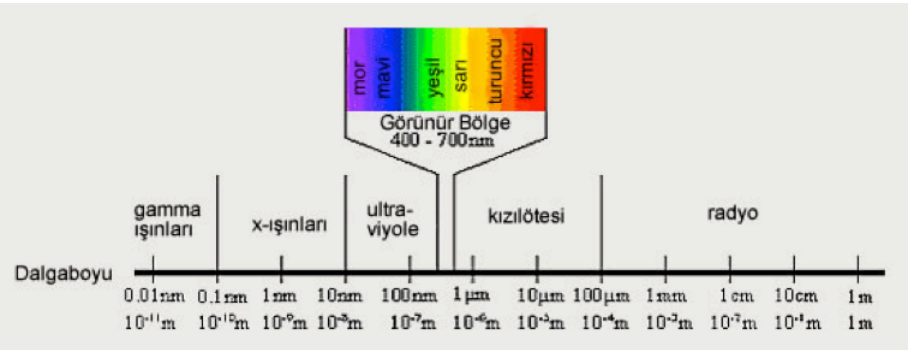
Günümüzde insanlar tarafından çekilen fotoğraflar, hastanelerde tıbbi amaçlı çekilen görüntüler (MR), güvenlik amaçlı kullanılan "mobese kameraları", trafik polislerinin kullandıkları "radar" olarak tanımlanan hız ölçen araçları Uzaktan algılamanın konusu kapsamında değerlendirmek mümkündür. Yer bilimleri açısından yerden kullanılan çeşitli spektrometreler, uçaklardan çekilen hava fotoğrafları ve uzayda yörüngeye yerleştirilen uydular üzerinde yer alan sensörler aracılığıyla çekilen atmosfer ve yeryüzü görüntüleri yine Uzaktan Algılamanın temel amaçlarını oluşturmaktadır.

Uzaktan algılamanın çalışma prensibi enerji transferi ve yansıması üzerine kuruludur. Elektromanyetik Radyasyon olarak adlandırılan enerji transferi, enerjinin kaynaktan hedef objeye ulaşmasıdır. Enerji transferi ile ilgili birçok teori ileri sürülürken en kabul görülen Dalga Teorisi'dir (Şekil). Bu teoriye göre enerji kaynaktan hedefe dalgalar şeklinde hareket eder.



Şekil 1: Dalga Teorisine Göre Enerji Transferi (www. nrcan.gc.ca).

Enerji kaynağından nesnelere aynı anda farklı dalga boylarına sahip birçok enerji transfer olur. Dalga boyuna göre enerji Elekromanyetik Spektrum olarak adlandırılan skalaya göre sınıflandırılır (Şekil 2). Birkaç yüz metre dalga boyuna sahip enerji bulunurken $10x10^{-11}$ metre dalga boyuna sahip enerji de bulunmaktadır ve sırasıyla Radyo dalgaları, Kızılötesi, Ultraviyole, X-Ray ve Gamma ışınları olarak adlandırılmaktadır. Elektromanyetik Spektrum'da yaklaşık olarak 400-700 nanometre dalga boyuna sahip olan enerji, insan gözünün duyarlı olması ve kayıt edebilmesinden dolayı "Görünür Bölge" olarak adlandırılmaktadır. Kaynaktan hedefe ulaşan farklı dalga boylarındaki enerji hedef nesnenin özelliklerine göre farklı yansıma özelliği gösterir. Bu farklılıktan hareketle uzaktan algılama görüntüsü dolayısıyla hedef hakkında bilgi elde edilir.

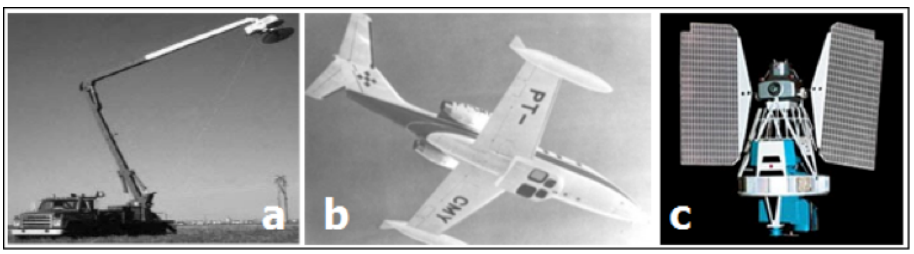


Şekil 2: Elektromanyetik Spektrum (www.zamandayolculuk.com)

Doğal enerji kaynağı olan güneşten yeryüzüne gelen enerji atmosferden geçer ve atmosferde bulunan maddelerle tepkimeye girer. Bir kısmı (özellikle kısa dalgalar) atmosferde yer alan partikül gibi maddelere çarparak saçılır, bir kısmı atmosferde yer alan gazlar tarafından emilir, ancak belli dalga boylarına sahip enerji yeryüzüne ulaşır. Atmosfere takılmayıp yeryüzünü ulaşabilen bu dalga boyu aralıklarına "Atmosferik Pencere" denir.

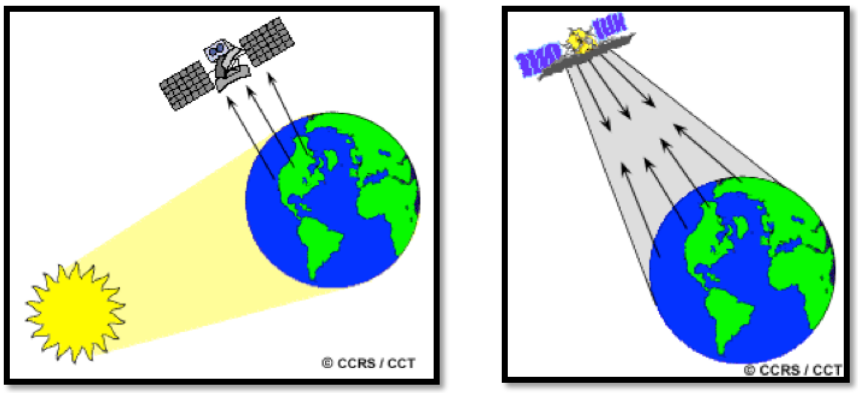
Yeryüzüne ulaşan ve nesnelere çarpan enerji yine nesne ile reaksiyona girer ve nesnenin özelliğine göre farklı şekillerde sonuçlanır. Bir kısmı nesne tarafından iletilerek yoluna devam eder, bir kısmı nesne tarafından emilir, kalan kısım ise nesne tarafından geri yansıtılır. Geri yansıyan bu enerji kaydedici tarafından kaydedilerek görüntüye dolayısıyla bilgiye dönüştürülür. Elde edilen görüntüde nesneler farklı dalga boylarında farklı yansıma değerleri göstermesi sonucu nesneler birbirinden ayırt edilebilir.

Uzaktan Algılama farklı açılardan çeşitli sınıflara ayrılmaktadır. Platformlarına göre Yer Platformu, Hava Platformu ve Uzay Platformu olmak üzere üçe ayrılır (Şekil 3). Yer platformunda kaydedici yeryüzüne çok yakın, birkaç metre yüksekte konumlandırılır. Mobese kameraları ya da direk veya vinçler üzerine monte edilmiş spekrometreler ile yapılan kayıtlar bu sınıfa girer. Hava platformu yerden birkaç kilometre yüksekte kaydediciler aracılığıyla yapılan kayıtlardır. Özellikle uçaklara monte edilmiş kameralar ile uçuş güzergahı boyunca çekilen ve Hava Fotoğrafı olarak adlandırılan görüntüler bu sınıfa örnek verilebilir. Uzay platformu ise yerden birkaç yüz ya da bir kaç bin kilometre yüksekte yörüngeye yerleştirilmiş uydudalar üzerindeki sensörler ile kayıt yapmak olarak tanımlanır. Uzay Platformu ile elde edilen veriye ise Uydu Görüntüsü denir.



Şekil 3: a) Yer Platformu, b) Hava Platformu, c) Uzay Platformu (http://ccrs.nrcan.gc.ca)

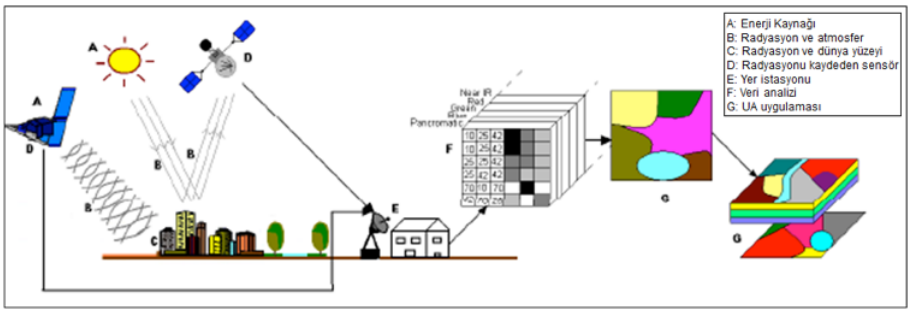
Enerji kaynağına göre uzaktan algılama, Pasif ve Aktif olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil 4). Pasif sistemlerde, enerji kaynağı sistem dışında bir obje, genelde güneştir. Sistem sadece kayıt yapar. Enerji kaynağından gelen enerji hedef objeye çarptıktan sonra geri yansıyan kısmı sistem tarafından kaydedilir. Hava fotoğrafları, Landsat, SPOT gibi uydu sistemleri örnek verilebilir. Aktif sistemlerde ise enerji sistem tarafından üretilir ve hedef objeye gönderilir. Obje tarafından geri yansıtılan kısım kaydedilir. Radar, Lidar gibi sistemler bu sınıfa örnek olarak verilebilir. Aktif sistemlerin avantajı, güneşten bağımsız gece ya da gündüz fark etmez her zaman veri üretebilmesidir.



Şekil 4: Pasif Sistem (solda), Aktif Sistem (sağda) (www. nrcan.gc.ca).

1.2. Sayısal Görüntü

Sayısal Görüntü uzaktan algılama sistemlerinden Yer, Hava, Uzay platformlarından biriyle ya da Pasif, Aktif sistemlerinden herhangi biriyle üretilen ürüne verilen genel isimdir. Pasif sistemlerde enerji kaynağından, aktif sistemlerde ise sistem tarafından objeye gelen enerjinin objenin özelliğine ve enerjinin dalga boyuna göre belli kısmı geri yansıtılarak kaydedici tarafından sinyal olarak kaydedilir. Kaydetme esnasında farklı dalga boyu aralıkları farklı sensörler tarafından kaydedilir ve her birine "band" adı verilir. Kaydedici sistemin sahip olduğu sensör sayısı yani band sayısı ve her bandın dalga boyu aralığı görüntünün Spektral Çözünürlüğünü ifade eder. Sinyal olarak kaydedilen enerji bilgisayar ortamında sinyal gücünün niceliğine göre rakamlara dönüştürülür. Bu rakamlar da Radyometrik Çözünürlük olarak ifade edilen ve "bit" olarak adlandırılan değer aralığında sayılar atanır (örn. 8 bitlik görüntü 2^8=256 farklı değer alır ve 0 ile 255 aralığındaki sayılar sinyalin niceliğine göre atanır). Verilen bu sayılar piksel olarak ifade edilen bir sayısal görüntünün en küçük parçasını oluşturan hücrelere atanır ve piksel değerine göre de renk tonları atanarak sayısal görüntü elde edilir. Elde edilen sayısal görüntüye amaca uygun çeşitli analizler uygulanarak tematik haritalar üretilebilir (Şekil 5).



Şekil 5: Sayısal Görüntü Oluşumu (http://www.ktu.edu.tr)

1.3. Görüntü Sınıflandırma

Uzaktan algılama teknikleriyle elde edilen bir sayısal görüntünün farklı dalga boylarında (band) kaydedilen yansıma değerleri amaca uygun çeşitli analizler uygulanarak çalışmalar yürütülmektedir. Öncelikle Ön İşlemler (Preprocessing) kapsamında görüntü elde edilirken meydana gelen Radyometrik ve Geometrik hatalar düzeltilir (Jensen, 1996). İşleme hazır hale getirilen görüntü Görüntü İşleme teknikleri kullanılarak analizler yürütülür. Görüntü işleme tekniklerinden öne çıkan işlemlerden biri Görüntü Sınıflandırma'dır.

Görüntü Sınıflandırma bir sayısal görüntüde yansıma sonucu farklı değerlere sahip piksel değerlerinden birbirine benzeyen ya da yakın olanların bir grup altında toplanması şeklinde uygulanan bir işlemdir (Yomralıoğlu, 2009). Kısacası görüntüyü kategorize etmek, gruplandırmaktır.

Görüntü Sınıflandırmayı piksel tabanlı ve obje tabanlı olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Piksel tabanlı sınıflandırma da Kontrollü Sınıflandırma (Supervised) ve Kontrolsüz Sınıflandırma (Unsupervised) olmak üzere ikiye ayrılır (Turoğlu, 2008).

1.3.1. Piksel-Tabanlı Sınıflandırma

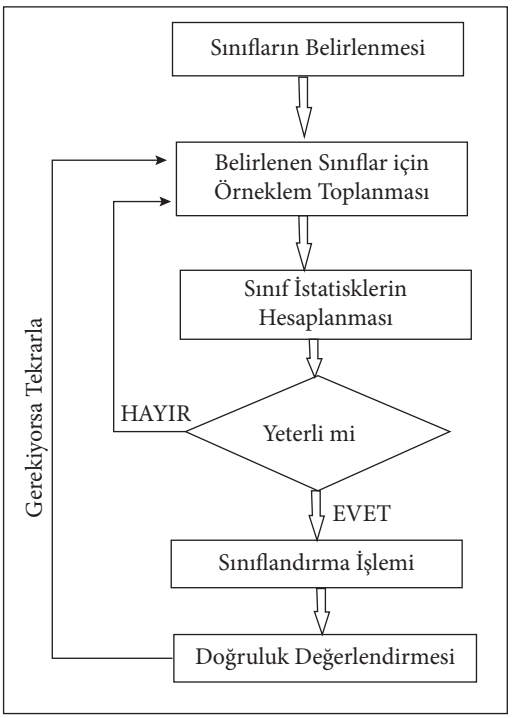
Görüntü Sınıflandırma bir uzaktan algılama yazılımı kullanılarak otomatik yapılmaktadır. Piksel-Tabanlı sınıflandırma yazılıma girdi olarak yüklenen görüntü ve bandlarından oluşan verideki pikseller birbirinde bağımsız olarak, kullanılan yönteme göre kullanıcı tarafından belirlenen sınıflardan ya da sınıf sayısından birine atanarak yürütülür ve sınıflandırma işlemi tamamlanır.

1.3.1.1. Kontrollü Sınıflandırma (Supervised Classification)

Kontrollü sınıflandırma kullanıcının çalışma alanına hakim olduğu, işlem öncesinde alanda kaç sınıf olduğunu, bu sınıfların neler olduğunu ve bu sınıflara

görüntü üzerinde örnek alanlar belirleyebileceği durumlarda uygulanmaktadır. Yani kontrolün kullanıcıda olduğu durumdur.

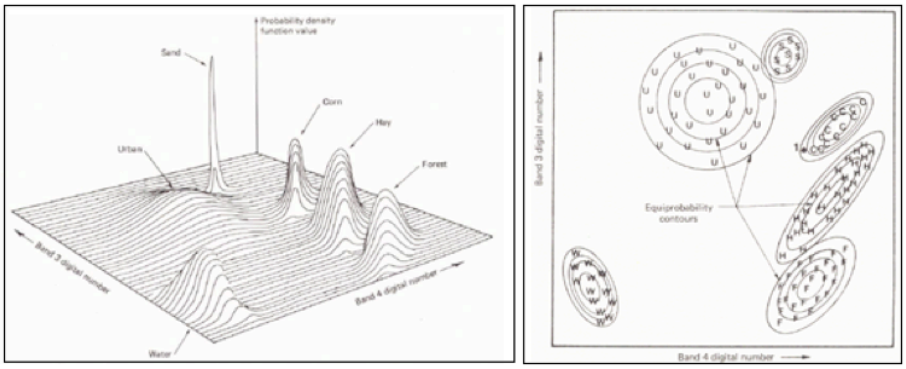
Kontrollü Sınıflandırmanın akış aşamaları Şekil 6'da verilmektedir. Beş aşamada yürütülen bu sınıflandırma tekniğinde birinci aşamada kullanıcı tarafından sınıf sayısı ve bu sınıfların adları belirlenir. İkinci aşamada belirlenen her sınıf için görüntü üzerinde örneklem alanları seçilir. Bu aşamada örneklem seçilirken görüntünün her tarafını temsil edecek şekilde farklı yerlerden ve sınıfı en iyi tanıtacak net piksellerden seçmek gerekir. Üçüncü aşamada seçilen bu örneklemler kullanılarak ve kullanıcı tarafından kullanılacak olan kontrollü sınıflandırma yöntemine göre yazılım tarafından her sınıf için istatiksel hesap yapılır. Bu aşamadan sonra işlem test edilerek belirlenen sınıfların birbirinde yeterince ayrılıp ayrılmadığı kontrol edilir. Sonuç yeterliyse bir sonraki aşamaya geçilir, değilse ikinci aşamaya geri dönülerek sınıflar için toplanan örneklemler kontrol edilir ve gerekirse biraz daha örneklem toplanır. Dördüncü aşamada yazılım tarafından görüntü, kullanıcının belirlediği sınıflara göre sınıflandırılır. Son aşamada sınıflandırma sonucunun doğruluk değerlendirilmesi yapılır. Amaca uygun doğruluk yüzdesi elde edilmişse işlem tamamlanır, değilse ikinci aşamaya tekrar dönülür.



Şekil 6: Kontrollü Sınıflandırma Akış Şeması

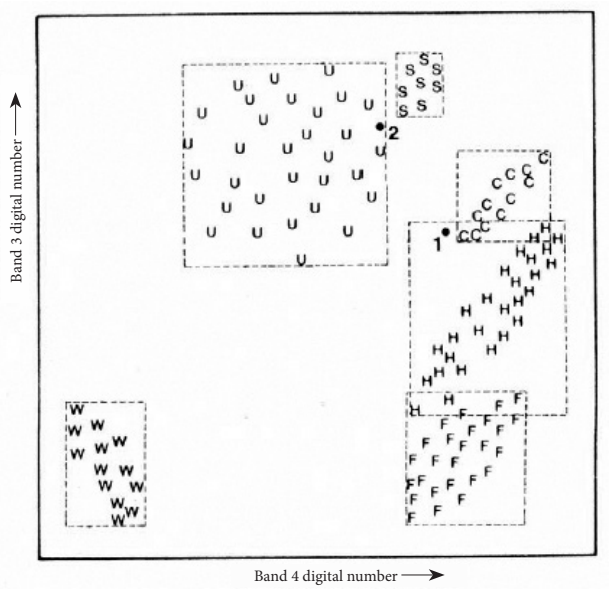
Kontrollü sınıflandırma için geliştirilen birçok yöntem, algoritma bulunmaktadır. Bunların en çok kullanılanları, En Yüksek Olasılık Yöntemi (Maximum Likelihood), Paralelkenar Yöntemi (Parallelepiped) ve En Küçük Uzaklık Yöntemi'dir (Minimum Distance to Mean).

En Yüksek Olasılık Yöntemi'nde kullanıcı tarafından belirlenen her bir sınıf için yine kullanıcı tarafından toplanan örneklem alanlarını oluşturan piksellerin sınıflandırmaya dahil edilen bütün bandlardaki değerlerinden bir olasılık hesaplanır (Şekil 7). Sınıflandırmaya geçilince görüntüde yer alan her piksel sınıflar için belirlenen olasılıklardan hangisine yakınsa o sınıfa atanarak işlem yürütülür.



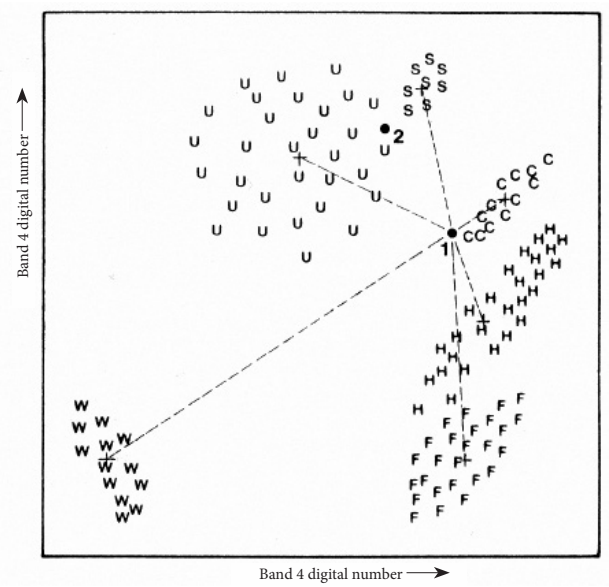
Şekil 7: En Yüksek Olasılık Yöntemi (Lillesand and Kiefer, 1994)

Paralelkenar Yöntemi'nde örneklemleri oluşturan piksel değerleri farklı bandlarda ayrı eksenlerde çakıştırılarak dağılımlarına göre her sınıf için paralelkenar oluşturulur (Şekil 8). Görüntüde her piksel hangi sınıfın paralelkenar değerleri içerisine düşüyorsa o sınıfa atanır. Bu yöntem çok hızlıdır ancak çok başarılı değildir. Bazı pikseller yanlış sınıflandırılırken, bazı pikseller iki sınıfa birden düşebilmekte ve bazı pikseller de hiçbir sınıfa denk gelmediği için sınıflandıralamamaktadır.



Şekil 8: Paralelkenar Yöntemi (Lillesand and Kiefer, 1994)

En Küçük Uzaklık Yöntemi'nde ise her sınıf için seçilen örneklem değerlerinden ortalama hesaplanır ve sınıflandırma aşamasında görüntüdeki pikseller hangi sınıfın ortalamasına yakın ise o sınıfa dahil edilir (Şekil 9).

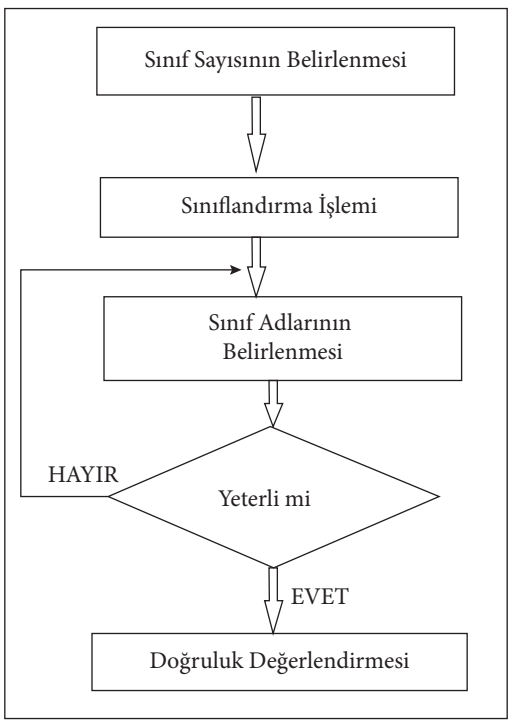


Şekil 9: En Küçük Uzaklık Yöntemi (Lillesand and Kiefer, 1994)

1.3.1.2. Kontrolsüz Sınıflandırma (Unsupervised Classification)

Piksel tabanlı sınıflandırmanın diğer çeşidi kontrolsüz sınıflandırmadır. Bu teknikte kontrol genel anlamda bilgisayardadır. Sınıflandırılacak alan hakkında bilgi sahibi olunmadığı durumlarda, hangi sınıfların olduğu ve sınıflar için görüntü üzerinde örneklem alınamayacak durumlarda tercih edilen tekniktir.

Kontrolsüz sınıflandırmanın yürütülmesi dört aşamadan oluşur (Şekil 10). Birinci aşamada kullanıcı tarafından sınıf sayısı sisteme girilir. Bu aşamada genelde yüksek bir değer girilir daha sonra birleştirilerek sınıf sayısı azaltılır. İkinci aşamada seçilen yönteme göre yazılım tarafından görüntü sınıflandırılır. Bu aşamada sınıflar arasındaki ayrımlara bakılarak yakın olanlar birleştirilir. Üçüncü aşamada sınıfların ne olduğu yani sınıf isimleri tanımlanır. Bu aşamadan hemen sonra sınıflandırma sonucu kontrol edilir. Sonuç yeterli ise sonraki aşamaya geçilir değilse sınıfların isimleri tekrar değerlendirilir. Son aşamada sınıflandırma sonucunun doğruluk analizi yapılarak doğruluk yüzdesi hesaplanır.



Şekil 10: Kontrollü Sınıflandırma Akış Şeması

Kontrolsüz sınıflandırma için geliştirilen çeşitli algoritmalar bulunurken bunlar arasında en çok kullanılanlar ISODATA ve K-Means yöntemleridir. Birbirine benzeyen her iki yöntemde de ilk aşamada kullanıcı tarafından tanımlanan

sınıf sayısı kadar rastgele değerler belirlenir ve görüntü bu değerlere yakınlığa göre sınıflandırılır. Daha sonra her sınıfın ortalaması hesaplanarak, bu ortalamalara yakınlığa göre tekrar sınıflandırma gerçekleştirilir ve hesaplanan sınıfların ortalaması tekrar hesaplanır. Bu işlem sınıfların ortalaması sabitleninceye yani değişmeyene kadar tekrarlanır. Sınıflar artık değişmeyince işlem sonuçlanır. Her iki yöntemin işleyişi aynı olmakla birlikte farkı ISODATA yönteminde kullanıcının sınıf sayısını da bilmediği, K-Means yönteminde kullanıcının başlangıçta sınıf sayısını bildiği varsayımı üzerine kuruludur.

1.3.2. Obje-Tabanlı Sınıflandırma

Obje-Tabanlı (Nesne-Tabanlı olarak da adlandırılmaktadır) Sınıflandırmada Piksel-Tabanlı Sınıflandırmadan farklı olarak pikseller bağımsız değil komşu piksellerin değerleri de dikkate alınarak yürütülür. Sınıflandırma esnasında segmentasyon işlemiyle bir grup oluşturan pikseller tespit edilir ve bu segmentlerin renk, sıklık ve komşuluk gibi özellikleri de dikkate alınarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilir (Kalkan ve Maktav, 2010).

1.3.3. Parsel-Tabanlı Sınıflandırma

Parsel-Tabanlı sınıflandırma, Piksel-Tabanlı ve Obje-Tabanlı Sınıflandırmaların karışımı niteliğinde olup her iki sınıflandırma yönteminden de faydalanılmaktadır. Öncelikle Piksel-Tabanlı Sınıflandırma yapılır ve akabinde Obje-Tabanlı Sınıflandırmanın segmentasyon aşaması yerine sınırları belli olan ve poligonlar şeklinde temsil edilen tarlalardan oluşan kadastro katmanı ile çakıştırılarak sınıflandırma sonucu güncellenir. Yapılan bazı çalışmalarda Poligon-Tabanlı Sınıflandırma adıyla da kullanılmaktadır (Özdarıcı, 2005). Piksel-Tabanlı sınıflandırmada bir tarla içerisinde farklı sınıflar ortaya çıkabilmektedir. Özellikle sınırlara yakın yerlerde ve aynı parsellerin bazı alanlarında farklı yansıma değerlerinden dolayı tek sınıf olması gerekirken aynı parselde birden fazla sınıf ortaya çıkabilmektedir. Parsel-Tabanlı sınıflandırmanın temel amacı bu hatayı gidermektir.

Parsel-Tabanlı Sınıflandırma Piksel-Tabanlı Sınıflandırma yürütüldükten sonra çıkan sonuç üzerinde ek bir işlem yapılarak gerçekleştirilir. Aslında ayrı bir sınıflandırma tekniği olmayıp, Piksel-Tabanlı Sınıflandırmanın devamı niteliğinde kabul edilebilir.

Piksel-Tabanlı Sınıflandırma sonucu ile çalışma sahasına ait parsel katmanı çakıştırılarak her parselin istatiksel değerleri hesaplanır ve her parsel için en fazla tekrar eden sınıf değeri yani "mod" değeri atanarak sınıflandırma sonucu güncellenir. Böylece bir parselde hakim sınıf dışında, yanlış sınıflandığı kabul edilen pikseller düzeltilmiş olur.

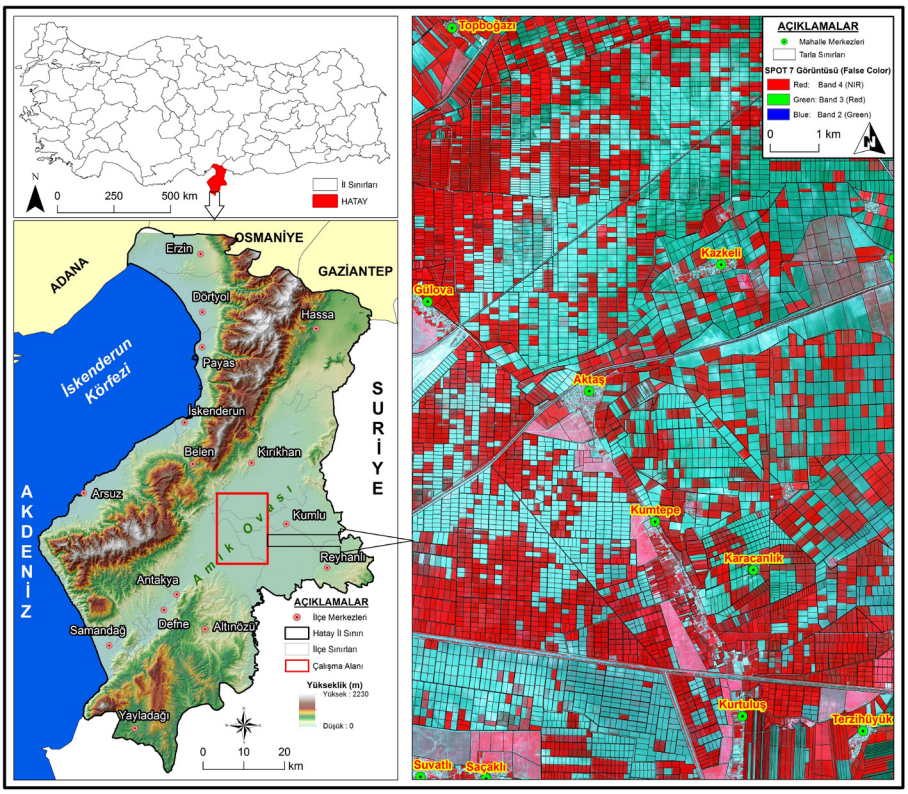
2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın ana amacı uzaktan algılamada sıkça kullanılan sınıflandırma tekniğini, çeşit ve yöntemlerini anlatmak ve uygulamasını bir örnek alan üzerinde göstermektir. Çalışmada sınıflandırma, çeşitleri ve yöntemleri tanıtılarak karşılaştırılmış ve Parsel-Tabanlı Sınıflandırma uygulamalı bir şekilde örnek bir alan üzerinde yürütülmüştür.

3. Çalışma (Test) Sahası

Çalışmada yöntemin yani sınıflandırma tekniğinin yürütülmesi için bir test sahasına ihtiyaç duyulmuş ve bu bağlamda ülkemizin önemli bir tarımsal alanına karşılık gelen Amik Ovası'nda bir alan seçilmiştir (Şekil 11). Çalışma bir alan çalışması olmadığından ve yöntemin daha hızlı uygulanabilmesi ve anlaşılabilmesi için bütün Amik Ovası yerine, idari ve coğrafi sınırlardan bağımsız bu sahada seçilen daha dar bir alanda uygulanmıştır.

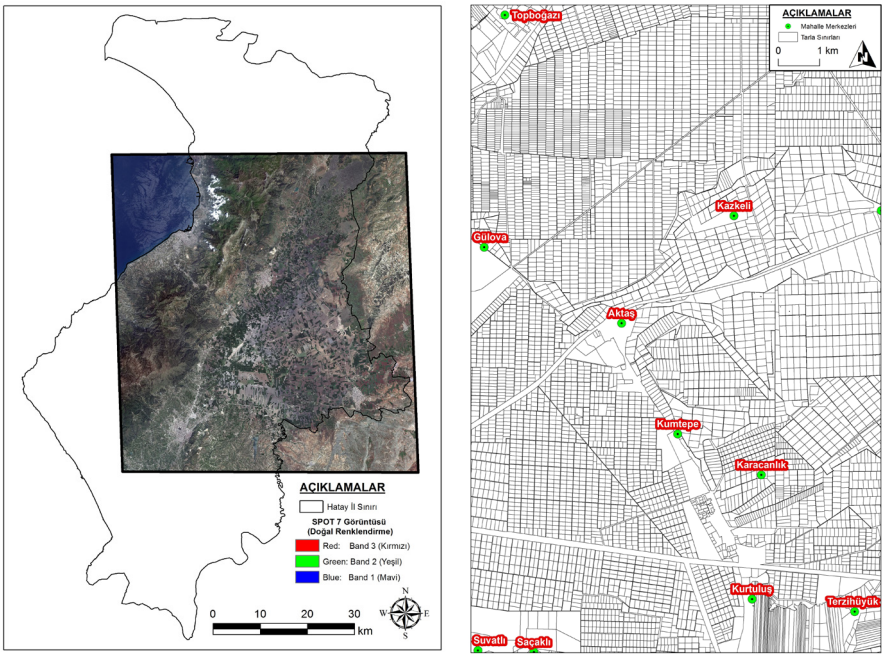
Test alanı yaklaşık 10 km X 20 km.lik bir alana karşılık gelmekte ve Antakya, Kırıkhan, Kumlu ve Reyhanlı arasında yer almaktadır. Bu alanın seçilmesinin ana nedeni kurutulan Amik Gölünün aynasına karşılık gelmesi, verimli tarım arazilerinin varlığı ve kadastrosunun düzenli olmasıdır. Amik Gölü 1968 yılında Devlet Su İşleri tarafından kurutulma işlemleri başlatılmış 1974 yılında tamamlanarak gölün çevresindeki bataklık alanları ile birlikte yaklaşık 300 km^2lik alan çiftçilere dağıtılarak tarıma açılmıştır (Korkmaz, 2009).



Şekil 11: Çalışma Sahasının Lokasyon Haritası

4. Çalışmada Kullanılan Veri Setleri

Çalışmada analizlerde kullanmak üzere iki veri seti kullanılmıştır. Birincisi Hatay Tarım ve Orman İl Müdürlüğü'nden temin edilen 15 Mayıs 2018 tarihine ait SPOT-7 uydu görüntüsü, ikincisi ise yine aynı kurumdan elde edilen çalışma sahasına ait tarla sınırlarından oluşan kadastro haritasıdır (Şekil 12).



Şekil 12: Çalışmada kullanılan 15.05.2018 tarihine ait SPOT 7 uydu görüntüsü (solda) ve test alanına ait tarla sınırlarından oluşan Kadastro (Parsel) Haritası (sağda)

SPOT-7 uydusu Fransızlar tarafından 1986 yılında SPOT-1 ile başlayan serinin 7.sini oluşturmaktadır. 30 Haziran 2014 tarihinde gönderilen SPOT-7 uydusu yerden 694 km yükseklikte yörüngeye yerleştirilmiştir. Yakın Kutupsal Yörüngeye sahip olan sistem dünya etrafında bir turunu yaklaşık 99 dakikada tamamlayarak günde 14,5 tur gerçekleştirmektedir. Güneş eşzamanlı olan SPOT-7 uydusunun tarama alanı merkezde 60 km x 60 km olup 3600 km^2lik alana karşılık gelmektedir (www.nik.com.tr).

SPOT-7 uydusunun sensör ve özellikleri Tablo 1'de verilmektedir. Sistem üzerinde PAN (Panchromatic) ve MS (MultiSpectral) olmak üzere 2 sensör (dedektör) bulunmaktadır. PAN sensörü 0,45-0,745 mikrometre dalgaboyu aralığında yansıyan enerjiyi kaydederek 1,5 metre yersel çözünürlükte renksiz görüntü üretmektedir. MS dedektörü ise 4 farklı dalgaboyu aralığında (mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi) yansıyan enerjiyi 4 ayrı band olarak 6 metre yersel çözünürlükte kaydederek görüntü oluşturmaktadır. MS bandları "Image Fusion" ya da "Pansharpening" olarak adlandırılan yöntemle PAN görüntüsünün daha yüksek olan yersel çözünürlüğüne getirilebilinmektedir. Zamansal Çözünürlük anlamın-

da SPOT-7 uydusu yeryüzündeki bir alanı aynı açıdan 26 günde bir çekebilirken sahip olduğu 360 derece döner başlıklı kamera sistemi sayesinde aynı yerden 1-5 gün içerisinde farklı açılardan görüntü alabilmektedir. Sistem 12 bit görüntü elde etmektedir. Piksel değeri 0-4095 aralığında değer alırken görüntü 4096 (2^{12}=4096) farklı renk tonu ile ifade edilebilmektedir.

Tablo 1: SPOT-7 Uydusunun Sensör Özellikleri (www. nik.com.tr'den derlenerek)

SENSÖR	Bandlar	Dalgaboyu (Mikrometre)	Yersel Çözünürlük (Metre)	Zamansal Çözünürlük (Gün)	Radyometrik Çözünürlük (bit)
PAN		0.450-0.745	1.5	26	12
MS	1 Mavi	0.450-0.520	6	26	12
	2 Yeşil	0.530-0.590	6	26	12
	3 Kırmızı	0.625-0.695	6	26	12
	4 Yakın Kızılötesi	0.760-0.890	6	26	12

Çalışmada kullanılan ikinci veri seti Parsel-Tabanlı Sınıflandırma'nın gerçekleştirilmesi için ihtiyaç duyulan kadastro haritasıdır. Test alanına denk gelen ve parsellerden (tarla) oluşan veri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında ayrı bir katman olarak oluşturulmuştur. Test alanı toplam 192 km^2 alana sahip iken yerleşim yerleri, yollar, havaalanı ve kanallar gibi tarımsal alan dışında kalan parseller çıkarıldıktan sonra toplam 8120 parselden (tarla) oluşan 175,5 km^2 alana sahip vektör katman haline getirilmiş ve çalışmada kullanılmıştır.

Çalışmada ayrıca tamamlayıcı mahiyette çeşitli veriler kullanılmıştır. Bu kapsamda Türkiye İdari Haritası, Hatay İdari Sınır Haritası, mahalle merkezlerinden oluşan Yerleşme Haritası vektör formatta elde edilmiş ve kullanılmıştır. Çalışmada yürütülen sınıflandırma sonucunun doğruluğunu analiz etmek için Hatay Tarım ve Orman İl Müdürlüğü'nden alınan test sahasına ait parsellerde 2018 yılında ekilen tarımsal ürün verisi kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan veriler arasında standardı sağlamak için bütün veriler UTM (Universal Transverse Mercator) Koordinat Sistemi, WGS-84 (World Geodetic Systems 1984) datumu, 37 S gridi olarak tanımlanmıştır.

5. Çalışmanın Yöntemi Ve Aşamaları

Çalışmada CBS ve Uzaktan Algılama teknikleri entegre olarak kullanılmış ve temel anlamda çalışma dört aşamada yürütülmüştür. Birinci aşamada çalışmada kullanılacak veriler düzenlenerek analize hazır hale getirilmiştir. İkinci aşamada Piksel-Tabanlı Sınıflandırma yürütülmüş, üçüncü aşamada sınıflandırma sonucu

kadastro verisi ile çakıştırılarak Parsel-Tabanlı Sınıflandırma gerçekleştirilmiş ve son aşamada sınıflandırmanın doğrululuk analizi yapılarak çalışmanın doğruluk yüzdesi hesaplanmıştır.

5.1. Ön İşlemler (Verilerin Hazırlanması)

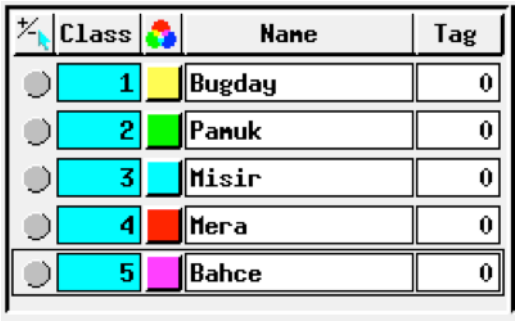
Temel veriyi oluşturan SPOT-7 uydu görüntüsünün ön işlemler aşamasında yapılması gereken Radyometrik ve Geometrik Düzeltmeleri yapılmış halde elde edildiğinden bu aşamada görüntünün dört ayrı bandı (mavi, yeşil, kırmızı, yakın kızılötesi) çalışma sınırına göre kesilerek analizin daha hızlı ve hassas gerçekleşmesi sağlanmıştır. Sınıflandırma öncesi uydu görüntüsüne Alçak Geçirgen Filtre uygulamak işlem doğruluğunu arttırmaktadır. Alçak Geçirgen Filtre bir görüntüde küçük detayları bastırmak ve homojen alanları ön plana çıkarmak için kullanılan bir tekniktir (Lillesand and Kiefer, 1994). Bu aşamada sınıflandırılacak görüntünün dört bandına ayrı ayrı 3X3'lük (kernel) Ortalama (Mean) Filtresi uygulanmıştır. Bir tarla içerisinde ekili olan tek ürünün bütün tarla içerisinde gelişimi aynı şekilde olmayabilir. Dolayısıyla farklı yansıma değeri vereceğinden başka sınıf ile karışma olasılığı ortaya çıkar. Alçak geçirgen filtre kullanılarak farklı yansıma değeri ile kaydedilmiş piksel değerleri etrafındaki piksel değerlerine benzetilerek, yaklaştırılarak aynı sınıfa atanma olasılığı arttırılmış olur.

Parsel-Tabanlı Sınıflandırma için kullanılacak Kadastro Haritası bu aşamada düzeltilmiş, bu katmanda konu dışı parseller çıkarılmış, güncellemeler yapılmıştır. Çalışmada tarımsal ürün sınıflandırılacağından tarım dışı (yerleşme, havaalanı gibi) parseller silinmiş, diğer parseller incelenerek gerekli düzeltme ve güncellemeler yapılmıştır. Örneğin tek parsel halinde olan bir tarla çiftçi tarafında ikiye ayrılarak farklı iki ürün ekilmiş ise parsel iki ayrı tarla (poligon) olarak güncellenmiştir.

5.2. Uydu Görüntüsünün Piksel-Tabanlı Sınıflandırılması

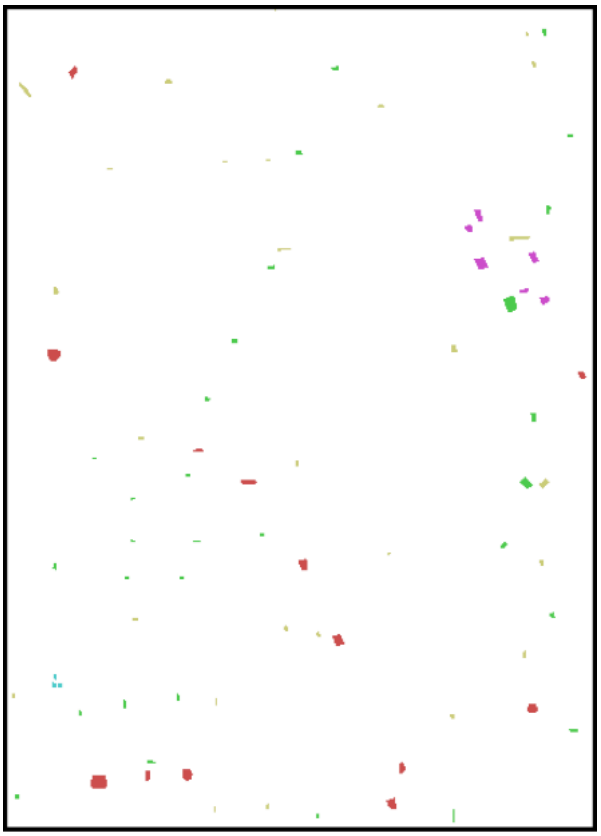
Çalışmanın bu aşamasında uydu görüntüsü Piksel-Tabanlı Sınıflandırma (bkz. 1.3.1.) tekniği ile sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma çeşidi olarak Kontrollü Sınıflandırma, yöntem olarak da En Yüksek Olasılık (Maximum Likelihood) kullanılmıştır.

Şekil 6'da gösterilen akış şeması yolu izlenerek ilk önce çalışma alanında yer alan sınıflar belirlenmiştir. Tarımsal anlamda ekili ürün olarak Buğday, Pamuk ve Mısır olmak üzere 3 sınıf, dikili alanlar için 1 sınıf (Bahçe) ve ayrıca 1 sınıf da Mera olarak tespit edilerek toplamda 5 sınıf tanımlanmıştır (Şekil 13).



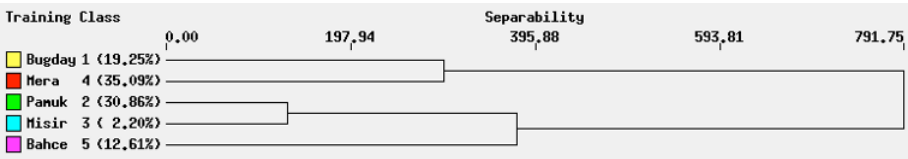
Şekil 13: Çalışma Alanında Belirlenen Sınıflar

İkinci aşamada tanımlanan her sınıf için uydu görüntüsünde farklı kombinasyonlardan faydalanarak, her sınıfı en iyi temsil edecek alanlardan ve çalışma alanında uygun bir şekilde dağılacak şekilde örneklemler toplanmıştır (Şekil 14).



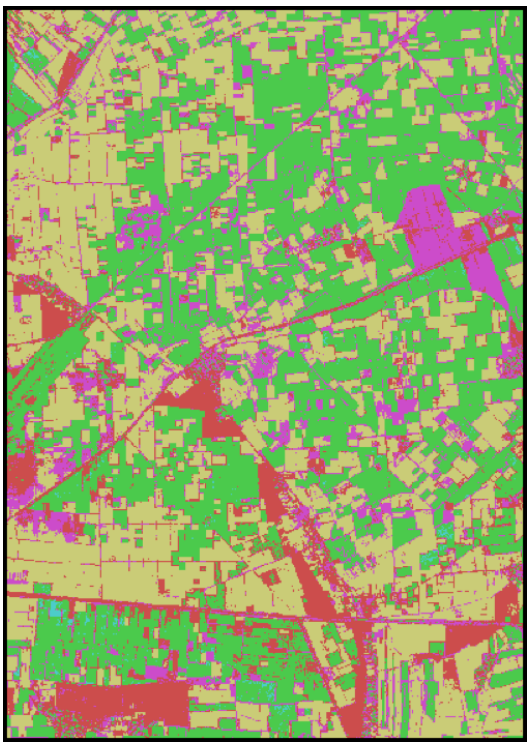
Şekil 14: Tanımlanan 5 Sınıf İçin Çalışma Alanında Toplanan Örneklemler ve Dağılışı

Seçilen En Yüksek Olasılık metoduna göre seçilen örneklemler program tarafından analiz edilmiş ve sınıfların birbirinden ayrılabilirlik ya da benzerlik diyagramı hesaplanmış ve incelenmiştir (Şekil 15). Diyagram incelendiğinde Pamuk ve Mısır sınıflarının birbirine yakın özellik gösterdiği, Buğday ile de Mera sınıflarının benzerlik gösterdiği görülmektedir. Bu ayrılarbilirlik değerleri çalışma için yeterli kabul edilerek sınıflandırma aşamasına geçilmiştir.



Şekil 15: Toplanan Örneklemlere Göre Sınıfların Ayrılabilirlik Derecesi

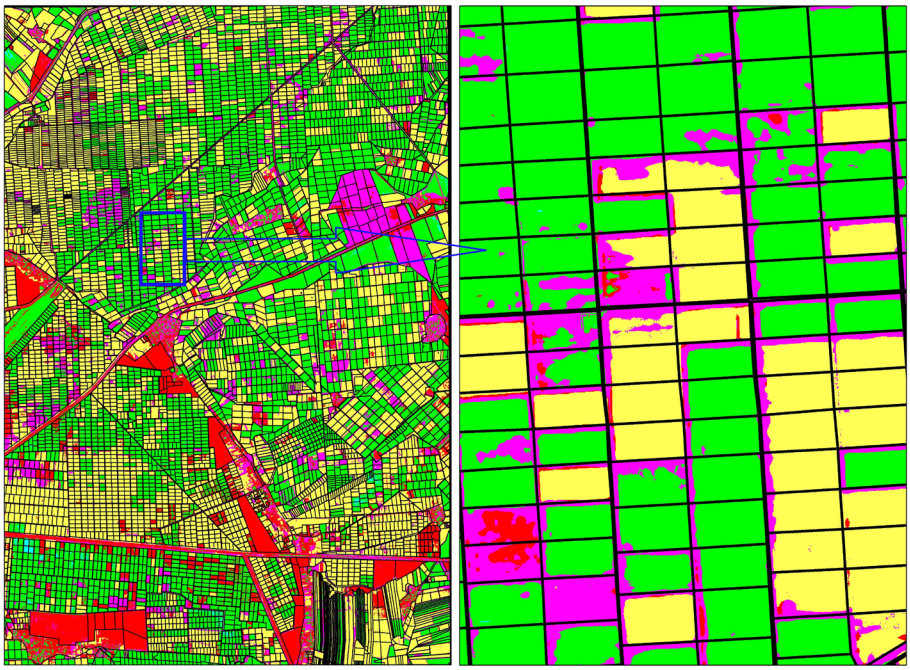
Şekil 16'da En Yüksek Olasılık metodu kullanılarak Kontrollü Sınıflandırma tekniği ile elde edilen Piksel-Tabanlı sınıflandırma sonucu verilmektedir. Sınıflandırmanın son aşamasında yapılması gereken doğruluk analizi burada yapılmayıp Parsel-Tabanlı sınıflandırmanın yürütülmesi sonrasına bırakılmıştır.



Şekil 16: Piksel-Tabanlı Sınıflandırma Sonucu

5.3. Vektör Veri ile Çakıştırılarak Parsel-Tabanlı Sınıflandırmanın Yürütülmesi

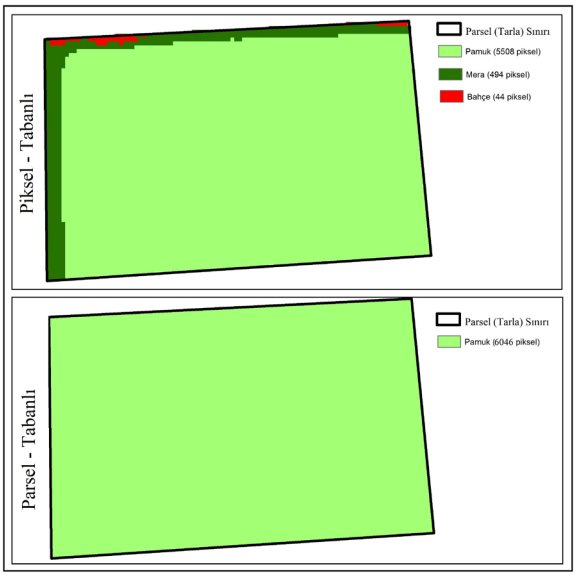
Çalışmanın üçüncü aşamasında piksel tabanlı sınıflandırma sonucu kadastro haritası (vektör) ile çakıştırılarak her bir parsel (tarla) içerisine düşen piksellerin sınıf dağılımı ve istastiksel değerleri hesaplanmış ve mod değeri kullanılarak her tarla vektör veri üzerinde sınıflandırılmıştır. Piksel tabanlı sınıflandırma sonucunda gerek yansıma değerlerinin farklı olabileceğinden gerekse bir tarla içerisinde ağaç, kaya ya da taş yığını gibi ekili ürün dışında farklı nesnelerin bulunabileceğinden farklı sınıflara ait pikseller bulunabilmektedir. Ayrıca tarlalar arasında bulunan sınır hatları boyunca ürün dışında çeşitli ot topluluğu, toprak ya da taş yığınları da sınıflandırma sonucunu etkilemektedir (Şekil 17). Beklenen, bir tarlanın bir bütün olarak tek bir sınıf olarak kategorize edilmesidir. Dolayısıyla çakıştırma analizi ile her tarla için en fazla tekrarlanan sınıf değeri ilgili tarlaya atanarak yani tarlayı oluşturan parsel (poligon) bir bütün olarak bir sınıfa dahil edilerek Parsel-Tabanlı Sınıflandırma tamamlanmıştır.



Şekil 17: Piksel-Tabanlı Sınıflandırma Sonucunun Tarla Sınırları ile Çakıştırılmış Görüntüsü

Çalışmada kullanılan bir parsel üzerinden örnek vermek gerekirse Şekil 18'de gösterilen parselde Piksel-Tabanlı sınıflandırma sonucunda 3 farklı sınıfa ait pik-

seller atanmıştır. Pamuk sınıfının ağırlıkta olduğu ve 5508 piksel ile temsil edildiği ancak tarla sınırına doğru Mera (494 piksel) ve Bahçe (44 piksel) sınıflarına atanan yanlış değerler görülmektedir. Özellikle tarlalar arasındaki sınırlar boyunca yetişen ot toplulukları ve ağaçlar bu hatanın oluşmasına sebep olmaktadır. Bütün parsel tek bir obje olarak değerlendirildiğinde ve en fazla tekrar eden sınıf tipi ilgili parsele atanarak işlem yürütüldüğünde benzer hatalar ortadan kaldırılarak sınıflandırmanın doğruluğu arttırılabilmektedir.



Şekil 18: Çalışma Alanında Seçilen Bir Parselin Piksel-Tabanlı Sınıflandırma Sonucu (üstte) ve Parsel-Tabanlı Sınıflandırma Sonucu (altta)

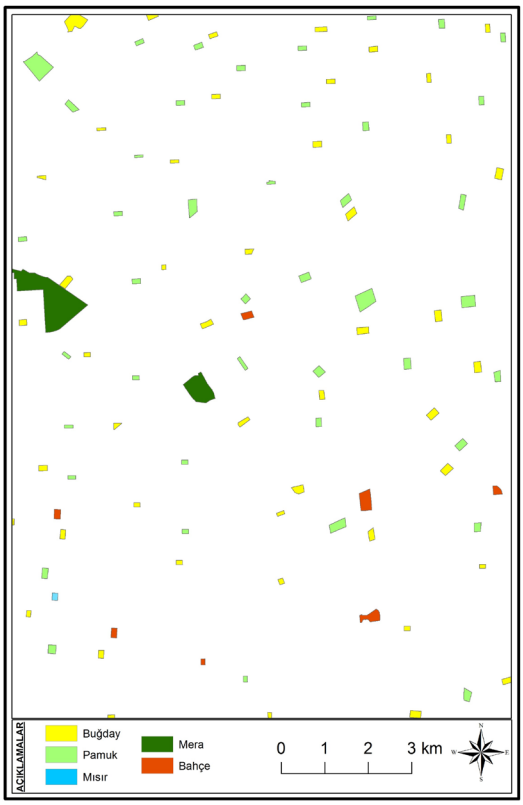
Piksel–Tabanlı sınıflandırma sonucunda ekili-dikili alanlar dışında kalan alanlar da (yol, kanal, yerleşme alanları vb.) belirlenen sınıflardan hangisine benziyorsa o sınıfa atanarak sınıflandırma sonucuna dahil olmaktadır. Bunu önlemenin bir yolu konu dışı alanlardan oluşan bir maskeleme görüntüsü üreterek sınıflandırma esnasında kullanmaktır. Ancak Parsel-Tabanlı Sınıflandırma'da poligonlardan oluşan vektör veride sadece sınıflandırmak istediğimiz tarlaları kullandığımız için konu dışı alanlar zaten devre dışı bırakılarak sınıflandırma sonucunda yer almamaktadır.

5.4. Doğruluk Analizi

Çalışmanın son aşamasında yapılan sınıflandırmanın sonucu analiz edilerek doğruluk değerlendirmesi yapılmıştır. Uzaktan Algılama kapsamında yapılan sı-

nıflandırma sonucunun değerlendirilmesi için Sınıflandırma Sonuç Görüntüsü ile Referans Görüntü ya da Örneklem Görüntüsü (Kontrollü Sınıflandırmada belirlenen sınıflar için toplanan örneklemler) çakıştırılarak kullanılan paket program tarafından otomatik Hata Matrisi, Kappa, Kullanıcı ve Üretici doğruluk değerleri hesaplanmaktadır. Bu çalışma Parsel-Tabanlı sınıflandırma yürütüldüğünde piksellerden ziyade çalışma alanındaki parsellerin topyekûn doğruluğu kontrol edilmiştir. Dolayısıyla referans değerleri ilgili kurumdan parsel numarasına göre tablo halinden temin edilmiş ve Hata Matrisi manuel hazırlanmıştır.

Doğruluk analizi elde edilen sınıflandırma sonucunda sınıfların dağılım yüzdeleri dikkate alınarak 100 adet parsel seçilmiş (Şekil 19) Hatay Tarım ve Orman İl Müdürlüğü'nden temin edilen ve Referans Veri olarak kabul edilen 2018 yılına ait "Ürün Tespiti" verisi ile karşılaştırılmıştır. Her sınıf için sınıflandırma sonucunda doğru sınıflandırılan parsel sayısı, yanlış sınıflandırılan parsellerin sayıları ve olması gereken sınıflara göre dağılımlarından oluşan matris oluşturulmuştur.

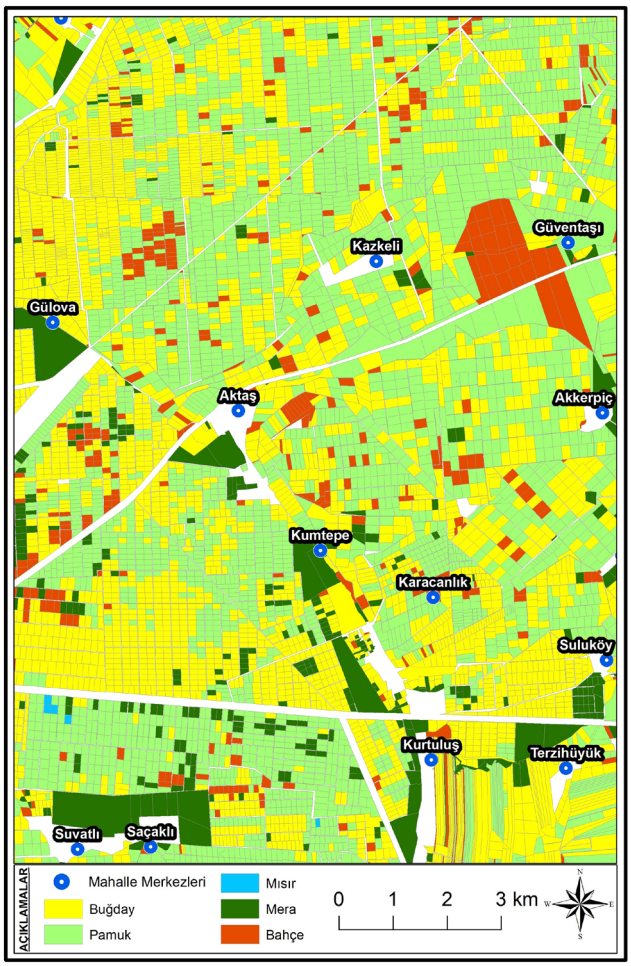


Şekil 19: Doğruluk Değerlendirmesi İçin Sınıflandırma Sonuç Haritasından Rastgele Seçilen Parseller ve Atanan Sınıflar

6. Bulgular ve Tartışma

6.1. Sınıflandırma Sonucunun Değerlendirilmesi

Çalışmada Amik Ovasında, Amik Gölü'nün kurutulması sonrasında tarıma açılan parsellerden oluşan 192 km^{2}lik bir alan seçilerek Parsel-Tabanlı Sınıflandırma yapılmıştır. Çalışma alanında Buğday, Pamuk, Mısır, Mera ve Bahçe olmak üzere 5 sınıf belirlenmiş, Kontrollü Sınıflandırma tekniği ve En Yüksek Olasılık yöntemi kullanılarak SPOT-7 uydu görüntüsü sınıflandırıldıktan sonra Kadastro Haritası ile çakıştırılarak her parsel için en fazla tekrarlanan sınıf atanarak işlem tamamlanmıştır. Sınıflandırma sonucunda elde edilen tematik harita şekil 20'de gösterilmektedir.



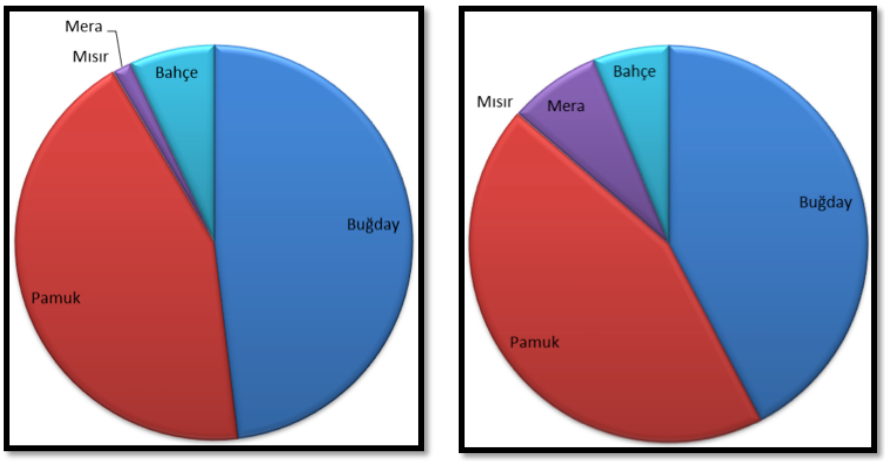
Şekil 20: Parsel-Tabanlı Sınıflandırma Sonucu

Çalışma alanında toplam 8120 adet parsel (tarla) işleme tabi tutulmuştur. Çalışma alanı toplam 192 km^2 alandan oluşurken bunun 16,5 km^2si tarım dışı (yerleşme, havalimanı, yol, kanal vb.) amaçla kullanılmaktadır. 175,5 km^2lik alan kadastro haritasında parsel olarak gösterilmiş ve vektör veri katmanında bu parseller poligonlar ile temsil edilerek analiz yürütülmüştür.

Sınıflandırma sonucunda çalışma alanındaki parsellerin 3904 tanesi (%48,1) Buğday, 3526 tanesi Pamuk (%43,4), 6 tanesi Mısır (%0,1), 122 tanesi Mera (%1,5), 562 tanesi Bahçe (% 6,9) olarak sınıflanmıştır (Tablo 2, Şekil 21). Sınıfların alansal dağılışı biraz farklılık göstermektedir. Bunun temel nedeni sınıflara göre parsellerin boyutlarının değişmesidir. Örneğin Mera alanları adet olarak parsellerin % 1,5'ni oluştururken alansal olarak % 7,5'ine karşılık gelmektedir. Mera olarak ayrılan parsellerin diğer parsellere göre büyük olması bu durumu açıklamaktadır. Tarımsal ürün olarak kullanılan parseller kıyaslandığında Pamuk ürününün ekildiği parsellerin kısmen daha büyük olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Tablo 2: Sınıflandırma Sonucunda Sınıflara Göre Tarla Sayısı ve Alanları

		Tarla Sayısı	Tarla Sayısı (%)	Alan (Ha)	Alan (%)
Sınıflar	Buğday	3904	48.1	7428.0	42.3
	Pamuk	3526	43.4	7722.6	44.0
	Mısır	6	0.1	11.6	0.1
	Mera	122	1.5	1312.2	7.5
	Bahçe	562	6.9	1077.0	6.1
Toplam		8120	100.0	17551.4	100.0



Şekil 21: Sınıfların Dağılım Grafikleri (Soldaki Grafik Tarla Sayısına Göre, Sağdaki Grafik Alana Göre Dağılımı Göstermektedir.)

6.2. Sınıflandırma Sonucunun Doğruluk Değerlendirmesi

Doğruluk analizi için sonuç haritasında rasgele seçilen 100 parselde sınıflandırma sonucunda tespit edilen sınıf ile gerçekte ekili olan ürün karşılaştırılmasından oluşan Hata Matrisi oluşturulmuştur (Tablo 3). Matriste satırlarda verilen değerler çalışmada elde edilen sonuçları, sütunlarda ise Referans Veri olarak kabul edilen ilgili kurumdan temin edilen Ürün Tespiti verisinde çıkarılan ve sahada ekilmiş olan ürün sınıfını göstermektedir. Çapraz ve gri dolgu rengi ile gösterilen hücrelerdeki değerler doğru sınıflanan parsel sayılarını, diğer değerler de yanlış sınıflanan parsellerin dağılımını göstermektedir.

Çalışma alanında seçilen 100 parselden 92 tanesinin doğru sınıflandırıldığı görülmektedir. Dolayısıyla çalışmanın doğruluk derecesini % 92 olarak tanımlamak mümkündür. Ancak sınıf tiplerine göre doğruluk oranları değişmektedir. Sınıflandırma sonucunda Buğday olarak tespit edilen 47 parselin referans veride 45 tanesinin doğru olduğu ve bu sınıf için doğruluk yüzdesinin 95,7 olduğu görülmektedir. Yanlış sınıflanan 2 parselin 1 tanesi Mera, 1 tanesi de Bahçe olarak sınıflanmıştır. 41 Pamuk tarlasından 38 tanesinin doğru, 1 tanesinin Buğday ve 2 tanesinin de Mısır olarak sınıflandığı saptanmıştır. Pamuk sınıfında yapılan yanlışın özellikle Mısır sınıfı ile karıştığı sonucu çıkmaktadır. Mısır sınıfı için çalışma alanındaki diğer ürünlere oranı düşük olmasından dolayı sonuç verisinde 2 adet parsel seçilmiş ve doğruluğu hesaplanmıştır. 2 parselden biri doğru sınıflanırken diğeri Pamuk olarak sonuç haritasında yer almış ve doğruluk değeri olarak % 50

hesaplanmıştır. Mısır gibi Mera sınıfı içinde oransal anlamda az parselin olmasından dolayı 3 adet parselin doğruluğu incelenmiş ve 2'sinin doğru 1 tanesinin ise Buğday sınıfı ile karıştığı ve yanlış sınıflandığı tespit edilmiştir. Mera sınıfı için doğruluk değeri % 66,7 çıkmıştır. Bahçe sınıfı için seçilen 7 parselin 6 tanesi doğru, 1 tanesinin de Buğday sınıf ile karıştığı ve yanlış sınıflandığı tespit edilmiştir.

Tablo 3: Doğruluk Değerlendirmesi İçin Oluşturulan Hata Matrisi

		Referans Veri						
		Buğday	**Pamuk**	**Mısır**	**Mera**	**Bahçe**	**Toplam**	**Doğruluk (%)**
Sınıflandırma Sonucu	**Buğday**	45	0	0	1	1	47	95.7
	Pamuk	1	38	2	0	0	41	92.7
	Mısır	0	1	1	0	0	2	50.0
	Mera	1	0	0	2	0	3	66.7
	Bahçe	1	0	0	0	6	7	85.7
	Toplam	48	39	3	3	7	100	92

Sonuç ve Öneriler

Çalışmada Uzaktan Algılama ve genel prensiplerinden bahsedildikten sonra Uzaktan Algılama'nın önemli bir konusunu oluşturan Görüntü Sınıflandırma tekniği üzerinde durulmuştur. Görüntü Sınıflandırmanın tanımı, çeşitleri ve yöntemleri anlatılarak Parsel-Tabanlı Sınıflandırma uygulamalı olarak örnek bir alan üzerinde yürütülmüştür.

Çalışma bir yöntem çalışması olup idari ya da coğrafi sınırları belli olan bir sahada değil amaca uygun daha küçük bir test sahası seçilerek uygulanmıştır. Test sahası olarak Amik Ovası'nda kurutulan Amik Gölü'nün aynasına denk gelen 192 km^2lik bir alan seçilmiştir. Bu alanın seçilmesinin temel amacı kadastro verisinin doğru, hassas olması ve daha düzenli parsellerin bulunmasıdır. Test sahasında tarım dışı alanlar çıkarıldıktan sonra toplam 8120 adet parsel ve 175,5 km^2lik alan analize tabi tutulmuştur.

Uydu görüntüsü olarak Hatay Tarım ve Orman İl Müdürlüğü'nden temin edilen 15/05/2109 tarihinde çekilen SPOT-7 görüntüsü kullanılmıştır. 3600 km^2 alana sahip görüntü test alanına denk gelen kısmı kesilerek 4 spektral band ayrı ayrı kaydedilmiş ve sınıflama işlemine girdi olarak sunulmuştur.

Sınıflandırma aşamasında önce Piksel-Tabanlı sınıflandırma uygulanmıştır. Kontrollü sınıflandırma tekniği kullanılmış, yöntem olarak da En Yüksek Olasılık yöntemi seçilmiştir. Hatay Tarım ve Orman İl Müdürlüğü'nden elde edilen refe-

rans veriden faydalanarak test sahasında 5 sınıf tespit edilmiş ve bu sınıflar için örneklem toplanarak sınıflandırma yürütülmüştür.

Piksel-Tabanlı sınıflandırma sonucu parsel katmanı ile çakıştırılarak her parselde en fazla yer alan sınıf parsele atanarak Parsel-Tabanlı Sınıflandırma tamamlanmıştır.

Test alanında yer alan 8120 parselin % 48,1'i Buğday, % 43,4'ü Pamuk, % 0,1'i Mısır, % 7,5'i Mera ve % 6,1'i Bahçe olarak sınıflanmıştır. Sınıfların alansal dağılımı incelendiğinde Mera ve Pamuk parsellerinin diğer parsellere göre daha büyük olduğu ortaya çıkmıştır.

Doğruluk değerlendirmesi için sınıflandırma sonucu üzerinde rasgele seçilen 100 parselden 92 tanesinin doğru sınıflandırıldığı dolayısıyla doğruluk yüzdesinin % 92 olduğu sonucu çıkmıştır.

Doğruluk değerlendirmesi sonucunda sınıflar arasında en yüksek doğruluk Buğday sınıfında yakalanmıştır. Bunun temel sebebi uydu görüntüsünün çekilmiş olduğu tarihte Buğday ürününün yeterince gelişmiş olması ve ayırdedilebilir düzeyde yansıma değeri vermesidir. En düşük doğruluk değeri Mısır sınıfında ortaya çıkmıştır. Çalışma sahasında Mısır ürününün çok az ekilmiş olması sebebiyle sadece 2 parsel seçilmiş ve doğruluğuna bakılmıştır. Sadece 2 parsel üzerinden hesaplanan doğruluk değerine çok itibar edilmesinin doğru olmayacağı gerçeğinin yanında Mısır ürününün henüz ekilmiş olması ve görüntü tarihi itibariyle yeterince gelişmemiş olması nedeninden dolayı doğruluk değeri düşük çıkmıştır.

Çalışma bir yöntem çalışması olması hasebiyle tek tarihe ait uydu görüntüsü kullanılmıştır. Alan bazlı çalışmalarda özellikle yılda birden fazla ürün alınan tarımsal sahalarda tek zamanlı görüntü yetersiz kalır. Birden fazla tarihlerde çekilmiş özellikle ürünlerin gelişim dönemlerine göre ayırdedilebilirliğin en yüksek olduğu zamanlarda çekilmiş iki üç ya da dört uydu görüntüsü kullanmak sınıflandırmanın doğruluğunu arttıracaktır.

Parsel verisinin olduğu tarımsal alanlarda Parsel-Tabanlı Sınıflandırma, doğruluğu arttırmaktadır. Çünkü sadece piksellerin yansıma değeri üzerinde yapılan Piksel-Tabanlı sınıflandırma sonucunda aynı tarla içerisinde baskın bir sınıfın yanında farklı sınıflara ait pikseller görülebilmektedir. Parsel-Tabanlı sınıflandırmada bu hatalar giderilebilmektedir. Ancak dikkat edilmesi gereken husus çitçilerin parselleri yıldan yıla değiştirebilme gerçeğidir. Örneğin çiftçi bir parseli ikiye ya da üçe bölüp farklı ürünler ekebildiği gibi, bazı yıllarda kendine ait ve bitişik olan birden fazla parseli birleştirip tek bir ürün ekebilmektedir. Bu durumda parsel verisinin güncellenmesi duruma göre parsellerin bölünmesi ya da birleştirilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

Jensen, J.R., (1996), Inroductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, ISBN: 0-13-205840-5, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey07458, USA

Kalkan, K. Ve Maktav, D., (2010), Nesne Tabanlı ve Piksel Tabanlı Sınıflandırma Yöntemlerinin Karşılaştırılması (IKONOS Örneği), III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, KOCAELİ

Korkmaz, H., (2009), Amik Gölü'nün Kurutulmasının Yöre İklimine Etkileri, Mustafa Kemal Üniversitesi Yayınları, ANTAKYA

Lillesand, T.M. ve Kieffer, R. W., (1994), Remote Sensing and Image Interpretation, ISBN: 0-471-57783-9, USA.

Özdarıcı, A., (2005), Comparison Of Different Spatial Resolution Images For Polygon-Based Crop Mapping, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri A.B.D., Fen Bilimleri Enstitüsü, ODTÜ, ANKARA

Turoğlu, H., (2008), Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları, ISBN: 978-975-9060-51-0, Çantay Kitapevi, İSTANBUL.

Yomralıoğlu, T., (2009), Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar, ISBN: 975-97369-0-X, Akademi Kitapevi, TRABZON.

İnternet Kaynakları

http://www. nrcan.gc.ca

http://www.ktu.edu.tr

http://www.nik.com.tr

http://www.zamandayolculuk.com

12. BÖLÜM

YÜZEY ARAŞTIRMASI UYGUNLUK ALANLARININ BELİRLENMESİNDE COĞRAFİ VERİNİN ÖNEMİ: BÜYÜKÇEKMECE ÖRNEĞİ

Doç. Dr. Mehmet Fatih DÖKER - Sakarya Üniversitesi
Esra ERŞAHİN - Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

1. Giriş

İnsanoğlu; ilk ortaya çıkışından günümüze kadar barınmak, güvenliğini sağlamak, besinsel ve günlük ihtiyaçlarını sağlayabilmek için yaşadığı coğrafyadan yararlanmış ve yararlandığı mekânda sosyal, kültürel, ekonomik, vb. birçok maddi kalıntı bırakmıştır. Bu kalıntılar insanlığın ilerlememesinin gözlemlenmesi ve açıklanmasına aracılık sağlayarak, insanoğlunun geçmişi hakkında bilgi sahibi olmasına olanak sağlamıştır. Tüm bu kalıntıların gün yüzüne çıkarılmasında etkin rol oynayan Arkeoloji bilimi; hem arazideki fiziksel hem de çalışma alanlarında ve laboratuvarlarda yapılan düşünsel faaliyetler ve maddesel kalıntılar üzerinde önemli incelemeler gerçekleştirmiş ve gerçekleştirmektedir. Yapmış olduğu bu incelemeler ile insanlığın tarihine yönelik araştırmalar yapan bu araştırmalar sonucunda günümüze ulaşan kalıntıların geçmiş dönemde yaşayan ve bu kalıntıları meydana getiren insanlar için ne anlama geldiğini, hangi amaç ve metotlar ile üretildiğini inceleyerek o döneme ışık tutmaktadır. Bunun yanı sıra dünyadaki kültürel mirasın tahribatına ve korumasına yönelik çalışan bilim dalıdır (RENFREW & BAHN, 2013). Arkeoloji, eski dönemlerde yaşamış insan topluluklarını kültürel ve toplumsal düzenlerinin günümüze kadar ulaşabilen maddi kalıntılara dayanarak araştıran, belgeleyen ve gelişim sürecini inceleyerek bunları bir bütün olarak ifade etmeye çalışan bir bilim alanıdır (ÖZDOĞAN, 2014). Sınıfsal olarak tanımlanan arkeoloji, eski insan kültürlerinden gelen materyal kalıntılarının araştırılmasına dayanan bilimdir. J. Jefferson Reid ve Micheal Brian Schiffer ise arkeolojiyi tüm zaman ve mekânlarda maddesel kültür ve insan davranışları arasındaki ilişkinin çalışması olarak tanımlamaktadır (DANIEL, 1981).

Arkeoloji bilimi, insanlık tarihine ışık tutmak için düştüğü yolda hedefine ulaşmak için önceden belirlenmiş bir rota izler. Geçmişten günümüze kültürel peyzajın değiştiği yeryüzünde bu rotayı doğru belirlemek oldukça güçtür. Bu nedenle doğru rotaların oluşturulabilmesi için yüzeyde görülen bulgular ışığında bir ön değerlendirme yapması gerekmektedir. Yüzey araştırması adı verilen bu süreçte; kazı çalışmasından önce incelenen alanda ki arkeolojik tarihsel potansiyelin, hem bölge içerisindeki yerinin anlaşılması, hem de kronolojik olarak birbirinden farklı kaç döneme ait buluntuların olduğunun yerinde belirlenmesine dayanan bir çalışma yürütülür. Adından da anlaşılacağı gibi çalışılan bölgede genel olarak arazide yürümeye dayalı ve sistematik olarak o bölgede bulunan buluntuların toplanması üzerini yapılan bir araştırmadır (DANIEL, 1981). Farklı şekillerde tanımlanan yüzey araştırması, Özdoğan tarafından, arkeolojinin veri elde etmek için kullandığı arazi çalışmalarının temelini oluşturduğunu, kazı yapmadan, toprağa herhangi bir müdahalede bulunmadan, yüzeyde bulunan bulgular doğrultusunda yapılan ön araştırma olarak ifade edilmiştir (ÖZDOĞAN, 2014).



Şekil 1: İstanbul Büyükçekmece İlçesi Yüzey Araştırmasına İlişkin Görüntüler

Yüzey Araştırması, sınırları belirlenmiş olan bir bölge içerisinde, kazı çalışmasından önce yalnızca araştırılmakta olan döneme değil bölgenin kültürel kronolojisinin dağılımına göre, bölge üzerinde yürüyerek alan taraması şeklinde yapılan ve toprak yüzeyinde bulunan buluntuların derlenmesi şeklinde oluşan arkeolojik araştırmaların alt birimidir (RENFREW & BAHN, 2017). Bu araştırma belirli bir sistematiğe göre yapılabildiği gibi seçilen tanımlı bir alanın taranması şeklinde de gerçekleştirilebilir (Şekil 1). Belirli bir dönem için gerçekleştirilecek olan kazı çalışmasından önce yapılan yüzey araştırmaları kazı yapılacak alanın belirlenmesi için çok önemli bir ön hazırlıktır. Yüzey araştırmaları sonucunda toplanan envanterler, etrafta garip şekilde duran sıra dışı yükseklik gibi arkeolog için çok önemli detayların ortaya çıkmasını sağlar. Toplanan envanterler sadece tarihsel geçmişin ne kadar eski olduğunu belirlemez, geçmiş insan deneyimlerini, çevre şartlarından yararlanma şeklini, nasıl beslendiklerini ve barındıkları, sosyal yaşam şekilleri ve bu yaşam şeklinin nasıl değiştiği gibi konular hakkında bulunan tek bir envanterle sayısız yoruma ve fikre öncülük eder. Kazı çalışması yapacak araştırmacılar yüzey araştırmalarının sağladığı önemli bilgiler ile çalışma sahasının ölçeğini daraltarak belirli ihtimaller üzerine yoğunlaşma imkânı bulabilirler. Bu nedenle yapılan yüzey araştırmaları daha geniş çapta yapılacak olan tarih öncesi araştırmalarının kalbidir. Bir arkeolojik çalışma için; çalışmanın amacı, kapsamı ve dönemi ne kadar farklı olursa olsun olması gereken ilk aşama olan yüzey araştırmaları göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir.

Yüzey araştırmalarının sürdürüldüğü mekan üzerinde coğrafi koşulların değişmesi ile yaşam koşullarına yansıyan değişim kendini tüm mecralarda göstermiştir. Değişen coğrafi koşullar insanoğlunun mekân algısını, mekânı yönetme şeklini, mekâna dair tüm perspektiflerini değiştirmekle birlikte bu etki ve katkıları kalıntıları yapmış oldukları envanterler ile gözler önüne sermiştir. Bırakmış oldukları kalıntılar coğrafi deformasyonlara uğrasa da tarihlendiği dönemin özelliklerinin ön görülmesi için önemli ipuçları bırakmıştır. Bu ipuçları arkeoloji biliminin geçmişe dair devinimi açıklaması için tek kanıtı oluşturmuş ve her tarihsel bulgu önemli bir belge niteliğini oluşturmuştur. Bu belgelerin coğrafi koşullar ile eşleştirilmesi ve yorumlanması önemli bir çalışma oluştururken, belgelerin kayıtlanması, depolanması ve saklanması da önemli bir sorunsal haline gelmiştir. Bu nedenle yapılan tüm arkeolojik araştırmalarda temel faktör olan coğrafi koşullar arkeoloji bilimi için her zaman ana başlık olarak kabul edilmiş ve coğrafi tekniklerdeki gelişmelerden etkilenmiştir. Coğrafya biliminin mekânı incelerken kullanmış olduğu metotlardaki teknolojik ve bilimsel gelişmeler arkeolojik belgelerin ve envanterlerin kayıtlanması, depolanması ve saklanması için önemli bir planlama oluşturmuştur. Bunun en önemli göstergelerinden birisi, fiziki ve beşeri

coğrafyaya ait mekânsal verilerin toplanması, depolanması, sorgulanması ve analizinde kullanılan, Coğrafi Bilgi Sistemleri'dir (CBS). 1950'lerin sonunda ABD'de ulaşım plancılarının trafik verilerine ve trafik akışına dayalı haritaları sayısallaştırmasıyla başlayan atılım, 1950'lerin sonunda Washington Üniversitesi Coğrafya Bölümü'nde mekânsal istatistik ve bilgisayar–destekli haritalama ile ilgili çalışmalara ile devam etmiş ve 1960'ların başında Kanada'nın CBS'ni geliştirmesi ve sistemi arazinin, doğal kaynakların ve tükenmekte olan habitatın envanterlerinin oluşturulmasında kullanmaya başlaması ile büyük ivme kazanmıştır (CHRISMAN, 2001). CBS, eyalet ve yerel lokasyonlar için güçlü etkili karar verici araçlar sağlayarak özel lokasyonlar hakkındaki veri katmanlarını bir araya getirmekte ve CBS kullanılarak yol planlamaları, çevresel etkilerinin tahminlerinde bulunma, bulaşıcı hastalıkların yayılım grafiğini ortaya çıkarmak, yatırımcılar için en iyi rota haritaları oluşturmak vb. birçok alanı kapsamaktadır (LONGLEY, GOODCHILD, MAGUIRE, & RHIND, 2010). CBS'nin gücü ve değeri sadece basit bir şekilde bir harita oluşturmak değildir (TUROĞLU, 2008). CBS analizleri ile çalışılan coğrafi veriler, kümülatif değerini, birbirlerine bağlılık tanımlamaları, veri tabaka çokluklarını ayrıştırılabilir ve birleştirilebilmektedir (STAR & ESTES, 1990).

Yeryüzüne ait coğrafi verilerin işlenerek coğrafi bilgiye dönüştürüldüğü CBS zaman içerisinde bu anlamda birçok alana ve amaca hizmet ettiği gibi arkeoloji çalışmalarına da büyük katkı sağlamıştır (YOMRALIOĞLU, 2002). Arkeologlar gerçekleştirmiş oldukları araştırmalarda belgelerin ve envanterlerin kayıtlanması, depolanması ve saklanması gibi işlemlerde CBS'ni kullanmışlardır (KISAAGA & DURDURAN, 2016). CBS'nin gelişimi ve devinimi ile birlikte arkeolojide bulunan coğrafi koşullardaki etki beşeri ve fiziki alt disiplinler ile kalmamış CBS'nin kullanılması ile birlikte ilk başlarda kayıtların depolanmasına yardımcı olurken ilerleyen gelişmeler ile coğrafi veri analizleri ile kendisini göstermeye başlamıştır. Zamansal ilerlemeler ile veri depolama ve analizinin bir adım ötesine giderek yapılacak çalışmalara öngörüsel katkılar sağlamaya başlamıştır. CBS teknikleri kullanılarak tarih öncesi ve tarihi dönem yerleşimcilerini barındıran araştırma alanlarındaki coğrafi özellikler baz alınarak dönem yerleşimcilerinin bölgeyi seçme sebepleri, bölgede nasıl yaşamış olabileceği, ekonomik ve sosyal bağlantıları, hangi amaçla bu bölgede bulundukları ortaya koyulabilmesi kolaylaşmaktadır. Bölgenin coğrafi veri modeli ile yerleşimcilerin ilişkileri kısacası araştırılan dönem için fiziki ve daha çok beşeri konular üzerinde araştırmacılara geniş, saptanabilir ve sürdürülebilir perspektifler sunarak, daha açık ve anlaşılır yorum yapabilme kabiliyeti sağlamaktadır. CBS, kazı yapılacak mekânın coğrafi verilerinin toplanıp, sorgulanması ve analizi ile yüzey araştırmalarına katkı sağladığı gibi sahip olduğu birden fazla mekânsal veri ile çalışma yeteneği sayesinde çok katmanlı bir karar destek mekanizmasıdır. İnsan-

ların kararlarında öngörüşlere dayanan yöntemleri ve kuralcı bağlamlarda, karar verdirtilme yöntemleri insanlığın tarihi kadar eskidir. Gerçekleşen tüm analizler günümüz literatürün de gördüğümüz sıkı bilimsel değerlendirmeler ve yaklaşımlar tarafından ayırt edilmemektedir. Bu nedenle karar verme metot uygulamalarının ve kaynaklarının hızlı ve sürekli bir şekilde artması şaşırtıcı değildir. Ancak aynı zamanda güncel yaşam kararları için iyi karar vermenin metotları zor bir hedef olarak kalmaktadır. Bu konu üzerine gerçekleştirilen çalışmanın genişliği ve bulguların güncel hayata uygulamalarındaki nihai amaç üzerine belirsizliği arasındaki çelişki son kararın verilmesi yolunda bir tezatlık oluşturmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemlerin en iyi bilinenidir (MALCZEWSKI J. , 2006). Çok kriterli karar verme yöntemleri (MCDM) karmaşık problemler için geliştirilen karar verme aracıdır. Eğer mantıklı, yapısal karar verici işlemlere olanak tanınmaz ise MCDM'nin karmaşık olduğu durumlar ortaya çıkabilir. Karar vermede ki bir diğer zorluk ise multidisiplinel uygulamalarda genel bir uzlaşmayı başarılmasının çok zor olmasıdır (PARDALOS & HEARN, 2000). Yüzey araştırmalarının gerçekleştirildiği çok geniş mekânlarda elde edilen coğrafi verilerin değerlendirilmesi çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirilerek ortaya koyulan yüzey araştırması uygunluk analizleri, araştırmacılara yol göstermekte, zamandan, emekten ve bütçeden önemli tasarruflar sağlamaktadır.

Bu araştırmada, CBS çok kriterli karar verme teknikleri kullanılarak, yüzey araştırması yapılacak bölgedeki coğrafi özellikler değerlendirilerek, arazi çalışmalarına yön vermek hedeflenmiştir. Yüzey araştırmasında dikkat edilen coğrafi kriterler bir matriks içerisinde analiz edilmiş ve etki değerleri ortaya konmuştur. Bu etki değerleri ışığında çok kriterli çakıştıma analizi yapılarak arazi çalışması için en uygun yerler ortaya konmuştur. Böylelikle zaman tasarrufu sağlayarak hızlı ve etkili bir şekilde yüzey araştırmaları projelerinde araştırma stratejilerinde hem nicelik hem de nitelik anlamında katkı sağlamak ve arkeoloji projelerinde CBS tabanlı bir yenilik getirilmesi konusunda yeni bir bakış açısının oluşturulması da ön görülmektedir.

2. Kullanılan Materyal ve Yöntem

Araştırmada kullanılacak materyaller derlenirken; arkeoloji, CBS, çok kriterli analiz yöntemine yönelik daha önce yayınlanmış makale, proje yayınları, faaliyet raporu, kurumlardan elde edilen dokümanlar ve ilgili kurumların yayınladığı yıllık raporlar incelenmiştir. İncelenen tüm yayınlarda yöntemin farklı alanlara uygulanma şekli kıyaslanarak bir yol çizilmiştir. İlk olarak yüzey araştırma yöntemleri araştırılarak farklı amaçlar ile yapılan yüzey araştırmalarının öncelikli

kriterleri araştırılmış ve bu araştırma sırasında 15 yüzey araştırma uzmanı ile görüşülerek genel olarak yüzey araştırmaları sırasında öncellikli kriterler belirlenmiştir. Belirlenen kriterler Büyükçekmece örneği oluşturulurken bölgede ki yüzey araştırması için belirlenecek kriterlere hem kıyaslama olanağı sağlamak hem de aynı amaç doğrultusunda çalışabilecek diğer çalışma bölgelerine örnek oluşturmak hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda; prehistorik amaçlı çalışma yapılan Büyükçekmece örneği için istYA[1] projesi için kriterler belirlenmiştir. Belirlenen kriterlerden; göl, akarsu, eğim, arazi kullanım kabiliyeti (AKK) ve litolojik yapı analiz için işleme tabi tutulurken, yerleşim alanları ise analiz sırasında kullanılan kısıt olarak girdi sağlamıştır. Topografik verilerin analiz edilmesi için gerekli olan arazi modeli NASA tarafından Uzay Mekiği Radar Topografya Görevi (SRTM) projesi ile üretilen sayısal yükseklik modeli verisinden sağlanmıştır. Mevcut arazi kullanım durumu güncel yüksek çözünürlüklü uydu verilerinden elde edilirken, litolojik durum Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü tarafından üretilen jeoloji haritalarından faydalanarak haritalanmıştır. Arazi Kullanım kabiliyetleri Türkiye toprak haritalarından derlenmiş, çalışma alanına ait su kaynakları 1/25 000 ölçekli topografya haritalarından sayısallaştırılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1: Çalışma Kapsamında Temin Edilen Veriler

Veri Türü	**Veri Kaynağı**	**Üretilen Veri**
Sayısal Yükseklik Modeli (SRTM DEM)	NASA - Space Shuttle Radar Topography Mission	Yükselti ve eğim katmanı sayısal yükseklik modelinden üretilmiştir.
Çalışma alanına ait güncel arazi kulanım durumu	Tarım ve Orman Bakanlığı Toprak Haritaları ve Güncel Uydu Verileri	Toprak haritalarından elde edilen şimdiki arazi kullanım durumu yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak güncellenmiştir.
Jeoloji Haritası	Türkiye Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü	Çalışma alanına ilişkin litoloji haritası
Toprak Haritaları	Tarım ve Orman Bakanlığı Toprak Haritaları	Çalışma alanına ilişkin arazi kullanım kabiliyetleri haritası
Çalışma alanına ait su kaynakları bilgileri	Harita Genel Müdürlüğü 1/25 000 ölçekli topoğrafya haritaları	Göl ve akarsu katmanı topografya haritasından üretilmiştir.

1 Ayrıntılar içi bkz. Güldoğan 2013; Güldoğan 2015; Güldoğan 2016a; Güldoğan 2016b, Güldoğan 2017

Çalışmanın son aşamasında çok katmanlı çakıştırma analiz yöntemlerinden faydalanılmıştır. Analiz için gerekli olan katmanların ağırlık değerlerinin bulunmasında ise Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemleri kullanılmıştır. Önem dereceleri göz önüne alınarak verilen değerler doğrultusunda Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tablosu oluşturulmuştur (Şekil 2). Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP); karar vericiler tarafından önem derecelerine göre bir sıralamaya ihtiyaç duyan bir yapıya sahiptir (ÖZYÖRÜK & ÖZCAN, 2008). Analitik Hiyerarşi Prosesi'nde (AHP) kriterler ve alternatifler arasında ikili karşılaştırmaların oluşturulması için 1-9 değerlerini içeren değerler arasındaki referanslar ele alınmıştır (SAATY, 2008) (Tablo 2).

Pairwise comparisons

Item Number	Item Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Item Description	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter 4	Kriter 5	Kriter 6	Kriter 7			
1	Kriter 1	1,00	5,00000	7,00000	7,00000	7,00000	9,00000	7,00000	7,00000	9,00000	9,00000
2	Kriter 2	1,00	1,00	5,00000	3,00000	3,00000	7,00000	7,00000	7,00000	7,00000	7,00000
3	Kriter 3	1,00	1,00	1,00	3,00000	3,00000	5,00000	5,00000	7,00000	7,00000	7,00000
4	Kriter 4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00000	5,00000	5,00000	5,00000	5,00000	5,00000
5	Kriter 5	0,14	0,33	0,33	1,00	1,00	7,00000	7,00000	7,00000	7,00000	9,00000
6	Kriter 6	0,33	0,14	0,20	0,20	0,14	1,00	1,00000	1,00000	1,00000	3,00000
7	Kriter 7	0,33	0,14	0,20	0,20	0,14	1,00	1,00		5,00000	5,00000
8		1,00	0,14	0,14	0,20	0,14	1,00	0,20	1,00	5,00000	5,00000
9		1,00	0,14	0,14	0,20	0,14	1,00	0,20	0,20	1,00	3,00000
10		7,00	0,14	0,14	0,20	0,11	0,33	0,20	0,20	0,33	1,00
	Sum	13,81	9,05	15,16	16,00	15,68	37,33	33,60	40,40	47,33	54,00

STANDARDIZED MATRIX

		Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter 4	Kriter 5	Kriter 6	Kriter 7				Weight
1	Kriter 1	0,07	0,55	0,46	0,44	0,45	0,24	0,21	0,17	0,19	0,17	42,1%
2	Kriter 2	0,07	0,11	0,33	0,19	0,19	0,19	0,21	0,17	0,15	0,13	24,8%
3	Kriter 3	0,07	0,11	0,07	0,19	0,19	0,13	0,15	0,17	0,15	0,13	19,4%
4	Kriter 4	0,07	0,11	0,07	0,06	0,06	0,13	0,15	0,12	0,11	0,09	14,0%
5	Kriter 5	0,01	0,04	0,02	0,06	0,06	0,19	0,21	0,17	0,15	0,17	15,4%
6	Kriter 6	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	0,06	3,3%
7	Kriter 7	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,12	0,11	0,09	6,5%
8		0,07	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,11	0,09	5,4%
9		0,07	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,00	0,02	0,06	3,3%
10		0,51	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	8,5%

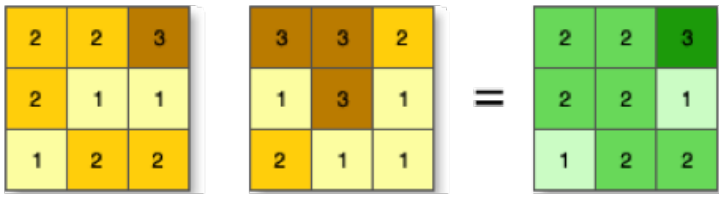
Şekil 2: Analitik Hiyerarşi Prosesi'nde (Ahp) Örnek Matriks

Tablo 2: Analitik Hiyerarşi Prosesi'nde (Ahp) Karşılaştırma Tablosu

1	Eşit önemli	İki seçenekte eşit derecede katkıda bulunmakta.
3	Orta derece önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine göre üstün kılmak.
5	Kuvvetli derece önemli	Tecrübe ve yargı kriteri diğerine göre oldukça üstün kılmak.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmış ve bütün bu üstünlük uygulamada göze çarpmakta.
9	Kesin önemli	Bir kriterin diğerinden üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenirliliğe sahip.
2-4-6-8	Ara değerler	Önem dereceleri hakkında tam karar verilmediği durumda iki ardışık yargı arasındaki değerler.

Yüzey araştırma uygunluk alanlarını etkileyecek coğrafi verilerin elde edilen ağırlık değerleri çok kriterli karar verme yöntemleri ile CBS ortamında analiz edilmiştir. CBS'nin karar destek mekanizması olarak kullanılmasında kendi başına bir disiplin olan çok kriterli karar verme, birkaç potansiyel aday arasından en iyi alternatifin seçilmesini içeren kararlar ile ilgilenir. Karar vericiler için en uygun

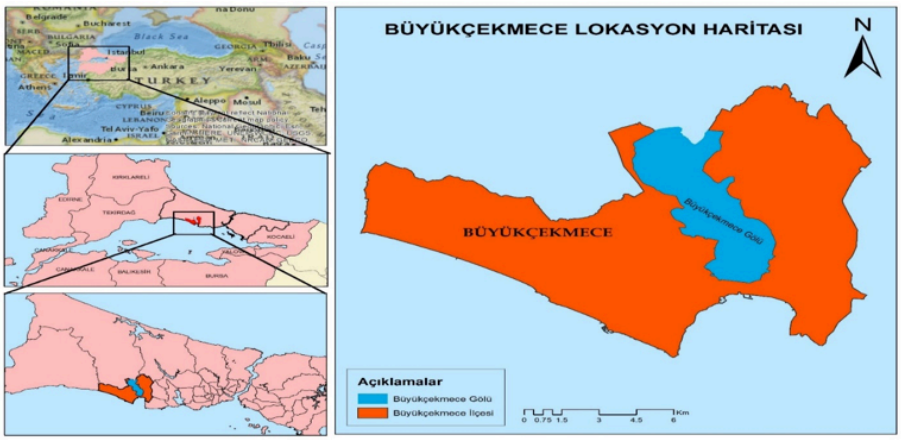
çözümü bulmada yol göstericidir. Bu bağlamda elde edilen kriterler CBS ortamında analiz edilerek sonuç haritalar üretilmiştir. Çalışmada CBS yazılımı olarak ArcGIS Desktop 10.4 kullanılmıştır (ORMSBY, NAPOLEON, BURKE, & GROESSL, 2010). Çok kriterli analiz için gerekli katmanların oluşturulmasında, eğim, tekrar sınıflandırma ve mesafe araçları kullanılırken, uygunluk haritası için ağırlıklı çakıştırma analizi kullanılmıştır. ArcGIS Desktop içerisindeki ağırlıklı çakıştırma analizi, yer seçimi ve uygunluk modelleri gibi çok kriterli sorunları çözmek için en çok kullanılan yaklaşımlardan birisidir. Analizde girdi katmanları belirlenmiş ölçüm değerleri ile yeniden sınıflandırılır, her bir katmana etki değeri atanır. Hücre değerleri etki değerleri ile çarpılarak sonuç harita üretilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: Çok Kriterli Çakıştırma Analizi Çalışma Prensibi İllüstrasyonu

3. Araştırma Alanının Yeri ve Sınırları

Çalışma sınırı; İstanbul Üniversitesi Prehistorya Bölümü öncülüğünde gerçekleştirilmekte olan İstYA projesi kapsamında araştırılacak olan 15 ilçeden biri olan Büyükçekmece olarak belirlenmiştir. Büyükçekmece İlçesi, Marmara Denizine kıyısı bulunan, İstanbul ili'nin batı yakasında olan, 18.145 hektar alansal büyüklüğü ile kuzeyinde Çatalca ve Arnavutköy İlçeleri, doğusunda Esenyurt İlçesi, güneyinde Beylikdüzü İlçesi ve Marmara Denizi, batısında Silivri İlçesi ile çevrili, Marmara Denizi'nde kendi adını taşıyan körfezin çevresinde ve yine kendi adını taşıyan 29 km^2 alana sahip Büyükçekmece Lagün ve Baraj Gölünü içine de barındıran, İstanbul İli'nin % 3,5'ini kaplayan, 185.145 km^2'lik alanı sahip, İstanbul'un 39 ilçesinden biridir. Araştırma sınırı belirlenirken; Çok Kriterli Analiz Yöntemi (Weighted Overlay) kullanılarak yapılan analiz ile yapılacak arazi etüdünü karşılaştırmaya uygun bir alan seçilmesine dikkat edilmiştir. Bunun nedeni analiz sonucunda kıyaslama yapabilme fırsatı yaratarak analizin doğruluğunu ve yanlışlığını ispatlama imkânı oluşturmaktır. Bu anlamda seçilen bölgenin bir kısmında yüzey araştırması yapılmış olması ve kalan kısmının araştırılarak bir sonuç elde edilecek olması bölgenin seçilmesindeki en büyük etkeni oluşturmuştur (Şekil 4).



Şekil 4: Çalışma Alanı Lokasyon Haritası

4. Yüzey Araştırması Uygunluk Alanlarının Belirlenmesi

4.1. Kullanılan Coğrafi Verilerin Hazırlanması

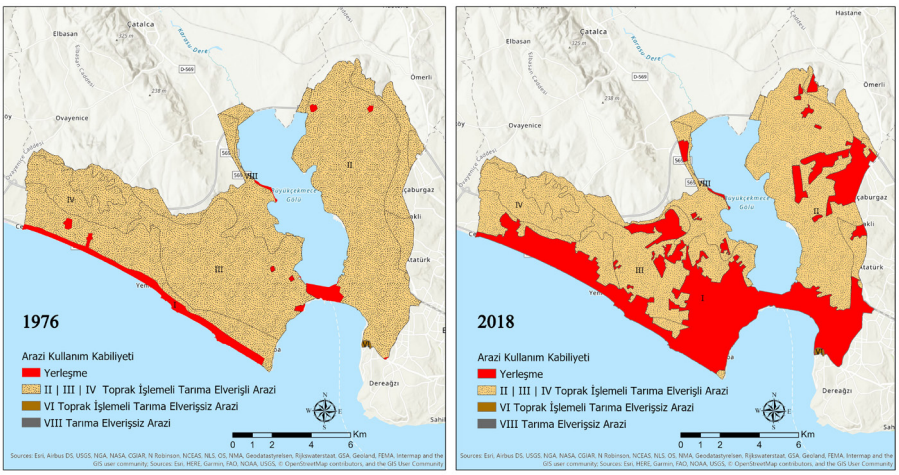
Yüzey araştırmaları gerçekleştirilirken, çalışma alanının büyüklüğü ve zaman ölçeği önemli bir problem arz etmektedir. Çok kriterli analiz yöntemi pek çok farklı alanda olduğu gibi arkeoloji çalışmalarında da önemli bir karar verme aracı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yöntem ile daha planlı gerçekleşecek olan çalışmalar, bölgenin envanter potansiyeli yüksek alanlarda çalışma yapılmasını sağlayarak zamanın doğru bir şekilde yönetilmesine ve bölgenin verimli bir şekilde çalışılmasına olanak tanıyacaktır. Belirlenen çalışma bölgesi içinde gerçekleşecek olan arazi çalışmalarının etkin bir biçimde yürütülmesi için çalışma bölgesinin seçildiği alan, hangi amaç ile çalışıldığı, dönemi ve onu oluşturan faktörler arasındaki bağlantı detaylı bir şekilde incelenmelidir. Bu nedenle gerçekleşecek olan projenin amacı, kapsamı, dönemi tüm beşeri ve fiziki koşullarla ilişkisi göz önüne alınarak uygunluk bakımından değerlendirilmiştir.

Yüzey araştırması için en uygun alanların ölçeklendirilebilmesi için arazi kullanım kabiliyeti, eğim değerleri, su kaynaklarına yakınlık ve litolojik yapı katmanları kullanılmıştır.

4.1.1. Arazi Kullanım Kabiliyeti Katmanı

Çalışma alanında görülen arazi kullanım kabiliyeti; toprak işlemeli tarıma elverişli araziler, toprak işlemeli tarıma elverişsiz araziler ve tarıma elverişsiz araziler olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır. Alanlara ilişkin arazi kullanım durumu 1976

yılında Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nın yapmış olduğu haritalardan türetilmiştir. Yüzey araştırmasına uygunluk açısından arazi kullanım kabiliyeti temel bir kriter olarak ele alınması, çalışmanın tarıma elverişli araziler üzerinde yapılması ve çalışma planlamasının bu kritere bağlı olması açısından oldukça önemlidir. Yüzey araştırması sırasında tarıma elverişli alanların işlenmiş ve sürülmüş olması arazi çalışmasını hem buluntuların yüzeyde olmasını sağlaması hem de çalışmanın verimliliğini arttırması bakımından önem arz etmektedir. Analizin gerçekleştirilmeden önce yapılan AHP tablosunda verilen değerler doğrultusunda arazi kullanım kabiliyeti % 30 etki değeri ortaya çıkmış. Gerçekleştirilen analiz esnasında ise; arazi kullanım kabiliyeti sınıflarına ("5-1" değerleri arasında) toprak işlemeli tarıma elverişli arazilere "5", toprak işlemeli tarıma elverişsiz araziler "4", tarıma elverişsiz araziler "4" değerleri verilmiştir. Arazi etüdü için uygunluk ölçeği bakımından bakıldığında çalışma bölgesinde Büyükçekmece gölü çevresi, bölgenin güney kısımları ve iç kesimlerde belirmeye başlayan yerleşim alanları nedeniyle uygun bulunmazken kuzey kesimlerde bulunan tarım arazilerinde çalışmanın yoğunlaşabileceği gözlemlenmektedir. Çalışma sahası İstanbul'un mekânsal gelişim alanı içerisinde kaldığı için toprak haritalarının üretildiği 1970'li yıllardan günümüze yerleşim alanlarındaki artış arazi etüd alanını sınırlandırmıştır. Bu durumun analiz sürecini etkilememesi için güncel yerleşim alanı arazi kullanım kabiliyeti üzerine işlenmiştir (Şekil 5).

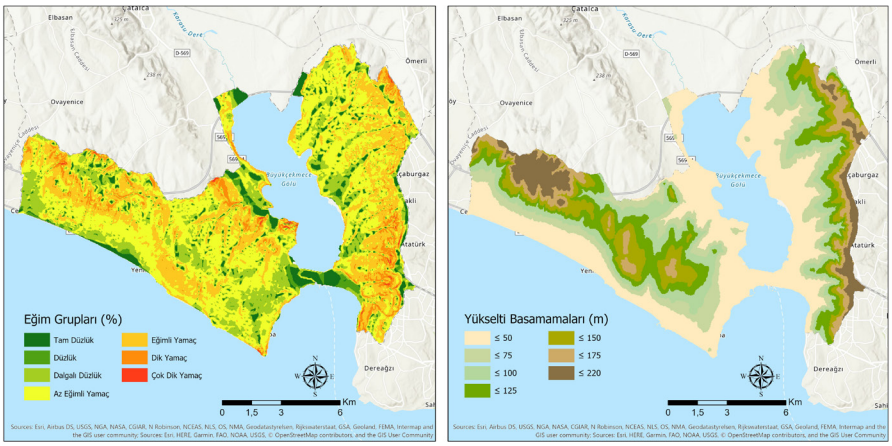


Şekil 5: Arazi Kullanım Kabiliyeti Katmanı

4.1.2.Eğim Katmanı

İki nokta arasındaki yatay mesafenin, yükseklik farkına oranlanması ile bulunan eğim değeri birçok analizde girdi olarak kullanılmaktadır. Eğimlerin ölçülme-

si ve yamaç değerlendirilmesi, düz ve yassı yüzeyle ile diklikler ve eğim değişimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılır. Bu amaçla yamacın ortalama eğimi hesaplanır (EROL, 1993). Bu çalışmada insan yaşamına daha uygun alanların bulunabilmesi için dik ve düz alanlar ortaya konmaya çalışılmıştır. Yapılacak arazi etüdleri için oluşturulan eğim haritası SRTM sayısal yükseklik modeli verisinden üretilmiştir. Elde edilen eğim değerleri yüzde (%) cinsinden ifade edilmiştir. Büyükçekmece bölgesini için hazırlanmış olan eğim haritasında, eğim değerleri düz ve dik sahalar olmak üzere sınıflandırılmıştır (EROL, 1993). Yapılan haritada eğim değerleri % 0-1, %1-2, %2-5, % 5-10, %10-20, %20-40 ve %40 üzeri olmak üzere 7 sınıfa ayrılmıştır. AHP tablosunda verilen değerler doğrultusunda eğimin önem derecesi % 15 olarak hesaplanmıştır. Analize dâhil edilen 7 sınıflı eğim değerlerinde düz ve düze yakın sahalara önem derecelerine göre yüksek değerler verilirken son dik yamaçlara düşük değerler girilmiştir. Haritalarda da görüldüğü üzere bölgenin yüksek bir eğime sahip olmaması arazi çalışmaları için uygun bir morfolojiye sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 6).

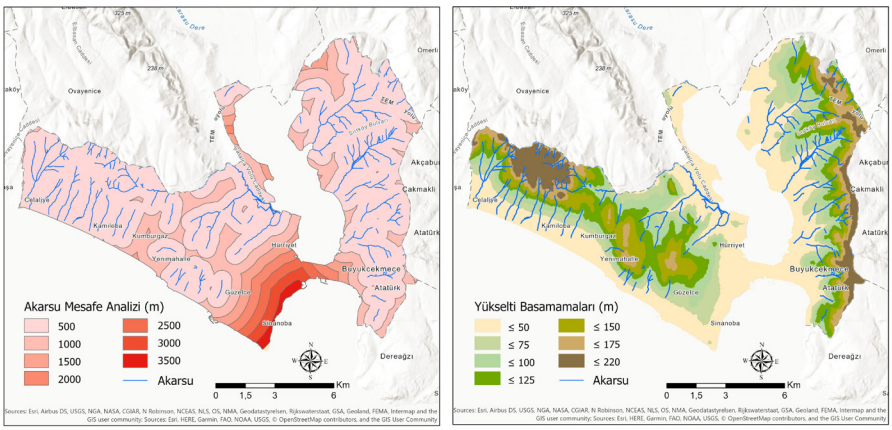


Şekil 6: Çalışma Alanının Eğim ve Yükselti Basamakları

4.1.3. Akarsu Katmanı

Yüzey araştırmalarına ilişkin yer seçim kararlarında göz önünde bulundurulması gereken önemli faktörlerden biri de akarsu faktörüdür. Her yüzey araştırması için önemli bir kriter oluşturan su kaynaklarından biri olan akarsu; geçmişten günümüze insanların su ihtiyaçlarını karşılamak için yerleşim yeri seçimlerinde önemli bir koşul olarak görülmüştür. Morfolojik koşulların değişmesi ile birlikte akarsu drenaj alanları değişmiş, bu değişim ile birlikte yerleşim güzergâhlarında farklılıklar meydana gelmiştir. Arkeolojik yüzey araştırmalarında insanların ha-

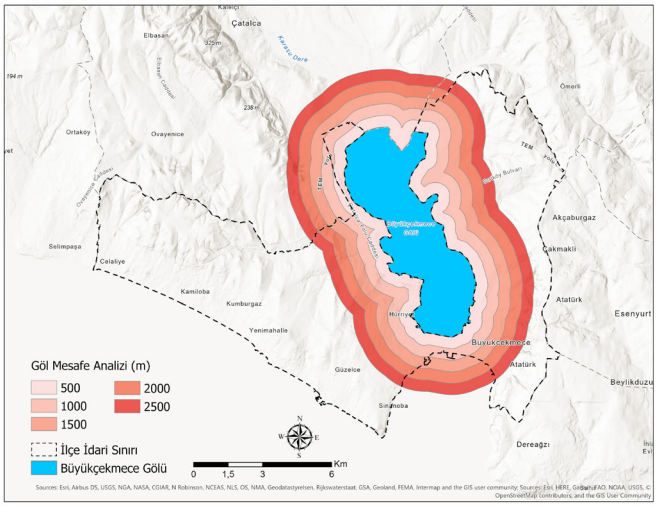
reket etmiş olabileceği güzergâhları belirlemek ve bu güzergâhlar doğrultusunda arkeolojik kalıntılar bulmak için önemli ipucudur. Bu nedenle yüzey araştırmalarına su kaynakları çevresinde başlanılması önem arz ettiği düşünülmektedir. Topografya haritasından elde edilen akarsu katmanına mesafe analizi uygulanarak analiz için gerekli katman elde edilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7: Akarsu Mesafe Sınıflandırması ve Akarsu Drenaj Haritası

4.1.4. Göl Katmanı

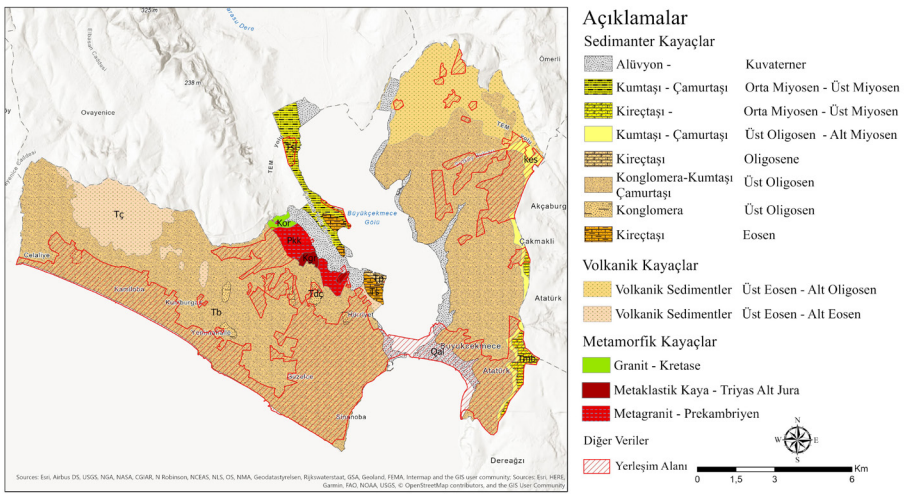
Arkeolojik araştırmalarda yer seçim kararlarında göz önünde bulundurulması gereken önemli faktörlerden biri de su kaynaklarından biri olan göl faktörüdür. Göl alanları arkeloji çalışanları için akarsu gibi insan toplulukların bulunmuş olabileceği ve önemli kalıntılar bırakmış olabileceği önemli bölgelerdir. Göl alanının eskiden karasal bölge olması ve jeolojik değişimler ile bölgenin değişime uğramış olabileceği gibi önemli bilgiler sonuç bakımından alan etüdü için kayda değer bilgiler içermektedir. Araştırma bölgesinde en önemli başlangıç noktalarından biri olan Büyükçekmece Gölü, daha önce yapılan araştırmalar neticesinde arkeolojik kalıntılara rastlandığını kanıtlayarak, yapılacak olan yeni çalışmalar içinde bir başlangıç noktası kabul edilmesi bakımından oldukça önemlidir. AHP tablosunda %13,5 değer ile analize dahil edilmiştir. Topografya haritasından elde edilen göl katmanına mesafe analizi uygulanarak analiz için gerekli katman elde edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8: Göl Katmanı

4.1.5. Litolojik Yapı Katmanı

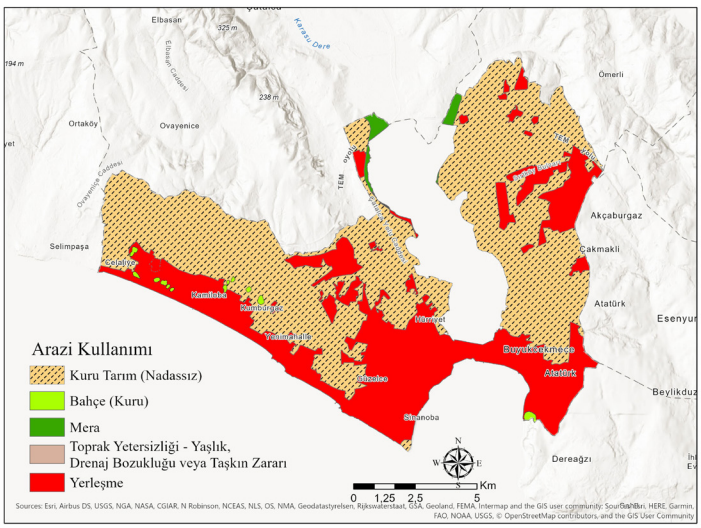
Litolojik yapı insan faaliyetleri üzerinde geçmişten günümüze önem arz etmektedir. Bu nedenle arazi etüdleri esnasında toprak üzerinde yapılan araştırmalarda belirtilen tüm özellikler arkeloji araştırması içim önemlidir. AHP çalışması sonucunda %15.9'lik önem derecesi elde edilmiştir. Çalışma bölgesinde 9 farklı litolojik tür bulunmaktadır (Şekil 9). Bu türlerin her birine analiz esnasında farklı değerler verilmiştir. Eski yerleşim alanları için önem arz eden, volkanik sedimanter, alüvyon ve konglomera-kumtaşına analiz esnasında "5" değerleri verilirken kalan diğer 6 türe "1" değeri verilmiştir. Güncel yerleşim alanları arazi kullanım kabiliyetleri sınıfında olduğu gibi bu katmanda da güncellenmiştir.



Şekil 9: Çalışma Sahası Litolojik Yapısı

4.1.6. Yerleşim Alanları Katmanı

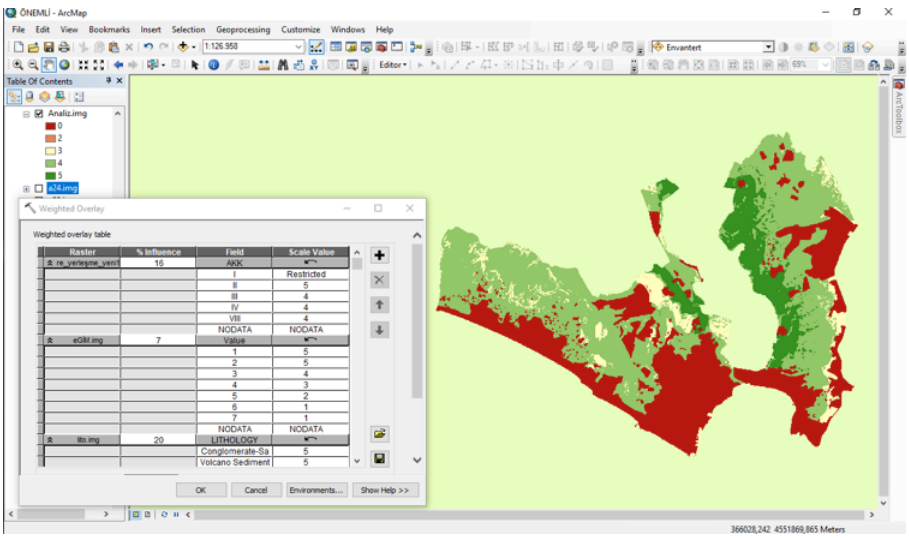
Yerleşim alanları güncel arazi kullanım haritasından elde edilerek, bölgede gerçekleşecek arazi çalışmasında yerleşim alanlarında arazi çalışmasının yapılamayacağı için analize kısıt olarak girilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10: Çalışma Sahası Arazi Kullanım Durumu (2018)

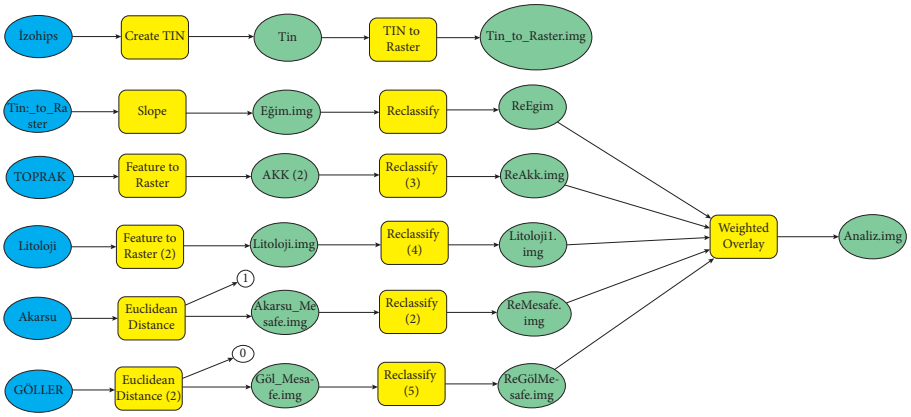
4.2. Yüzey Araştırması Uygunluk Alanlarının Belirlenmesi

Uygunluk alanlarının belirlenmesi için ilk olarak çalışma alanı için yüzey araştırması için önem arz eden kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler yapılan değerlendirme sonucunda AHP tablosunda önem derecelerine göre sıralanarak oranlamalar verilmiştir. AHP tablosunda ki oranlamalar çalışmanın analiz safhasının temelini oluşturmuştur. Tüm kriter katmanlarının oluşturulması ve hesaplamalarından sonra ağırlıklı çakıştırma analizi kullanılarak sonuç uygunluk haritasının elde edilmiştir. Her katman kendi içinde bulunan farklı özellikleri üzerine de hesaplamalar yapılmıştır. Her kriterin altındaki özelliklerde yine kendi içinde önem derecelerine göre 1 den 5 e kadar sayısal değerler verilmiştir. Böylelikle sonuç haritasında uygunluk açısından 5 farklı önem derecesine sahip saha belirlenmiştir. Çalışmada uygunluk bakımından ele alınan faktörler 1 ile 5 arasında sayısal değerler verilmiştir. Buna göre çalışmaya en uygun alanlar 5 değeri verilirken azalan önem derecesine doğru 1 inilmiştir. Araştırmaya en uygun alanlar 5 değerinde gösterilirken hiç uygun olmayan alanlar 1 ile ifade edilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11: Ağırlıklı Çakıştırma Analizi Arayüzü

Son olarak, yüzey araştırması yapılacak farklı lokasyonlarda benzer bir uygunluk haritası yapılabilmesi için ortaya konulan analizin modeli üretilmiştir (Şekil 12).

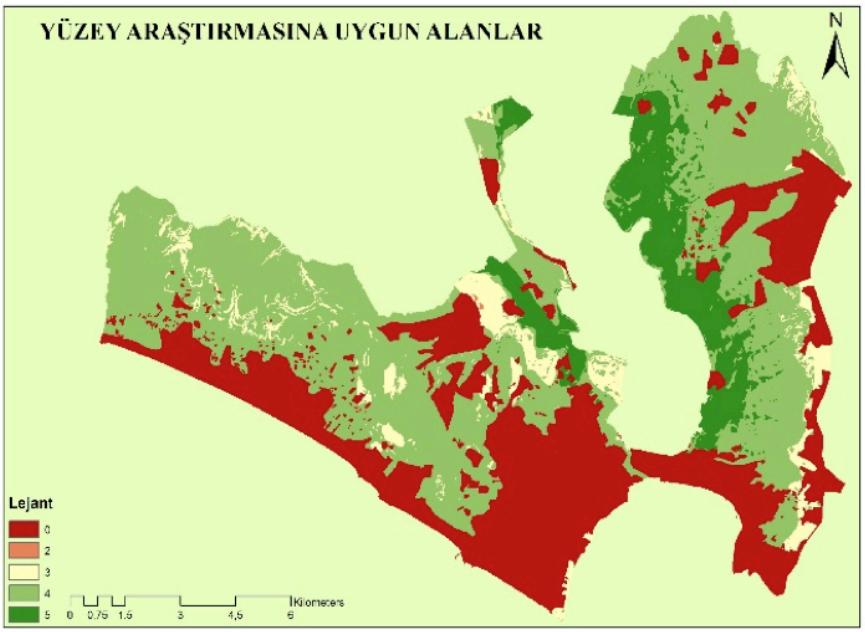


Şekil 12: Model Oluşturma Kavramsal Görünümü

5. Sonuç ve Öneriler

İstanbul şehri fiziki özellikleri ve konumundan dolayı tarih öncesi çağlardan günümüze kadar önemli bir bölge olarak varlığını korumaktadır. Önemli yol güzergâhları, fiziki yapısı, iki kıtayı birbirine bağlayan özelliği ile önemli bir konuma sahip olan şehir; beşeri faaliyetleri elverişli kılan bu özellikler ile şehirdeki ilçelerin mekân, zaman ve insan sürkülasyonu'nun ilk insanların ortaya çıkışından günümüze kadar önemli gelişim ve değişimlere tanıklık etmesine imkânlar sağlamıştır. İstanbul 25 Avrupa 14 Asya'da olmak üzere toplam 39 tane olan ilçelerinin her birinde çok önemli tarihi izlere rastlamak kaçınılmazdır. Bu ilçelerden biri olan Büyükçekmece'de yakın tarihe dayalı önemli tarihi değerleri görmek mümkünken son yıllarda yapılan çalışmalarda tarihöncesi dönemlere dair önemli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardaki ana hedefin tarih öncesi dönemlere dair delilleri ortaya çıkararak tarihsel geçmişin mevcut olan bulgulardan daha eski olduğunu kanıtlamak ve bölgenin tarihsel geçmişine ışık tutarak mevcut tarih öncesi araştırmalar ile entegrasyonu sağlayarak bölgesel bir payda ortaya koymak olması hem nicel hemde nitel tüm fonksiyonları bir arada değerlendirme imkânı oluşturmuştur. Yapılacak olan benzer çalışmalarda belirlenen çalışma alanının geniş olması, kayda değer, önemli buluntunun elde edilme kaygısı, zamanın kısıtlılığı, arazi alanının fiziksel özelliklerinin çalışmadaki negatif ve pozitif etkilerinin saptanması gibi daha pek çok problem ve konu çalışma süresini ve durumunu hem mental hemde real anlamda fazlasıyla etkilemektedir. Bu bağlamda yüzey araştırmalarına ve arkeoloji çalışmalarında önceden gerçekleştirilecek öngörüsel çalışmalar büyük katkı sağlamakla birlikte iş yükümlülüğü ve ön hazırlıkların daha doğru, disiplinel bir ilerlemeye katkı sağlayacaktır. Bu amaç doğrultusunda yapılan yüzey araştırmalarında daha doğru bir şekilde yönetilmesi gereken zaman ve mekân tasarrufu

için bu çalışmada gerçekleştirilen çok kriterli analiz yöntemi ile yapılan analizin sonucu olarak çalışmaya ağırlık verilecek bölgeler, hiç çalışılmaması gereken bölgeler ve bölgelerin çalışılma alanları sıralanmıştır.



Şekil 13: Yüzey Araştırması Uygunluk Haritası

Büyükçekmece İlçesi örneği ile belirlenen ölçüt doğrultusunda gerçekleşen analizin sonucunda yüzey araştırması uygunluk haritası elde edilmiştir. Büyükçekmece İlçesi'nde araştırılmaya uygun bölgelerin ya da araştırılmaya nereden başlanılması gerektiği hakkında önemli bir rota çizmiştir. Araştırmanın elzem olduğu alanlar koyu yeşil renkten yani 5 değeri ile başlayarak arz edilen öneme göre sıralanmıştır (Şekil 13). Yapılan analiz sonucunda Büyükçekmece Gölü kıyısının doğu kesimlerinin araştırmaya başlamak için ilk kesimi oluşturduğu gözükmektedir. Kırmızı alanların ise araştırma için kısıt oluşturan alanlar olarak ortaya konmuştur. Yapılan analiz sonucunda bir yüzey araştırması için önemli bir ön hazırlık oluşturmak ile birlikte emsal çalışmalar içinde önemli bir örnek oluşturacaktır. Bu araştırma çok kriterli analiz yöntemi ve CBS'nin arkeloji araştırmalarında birçok kriter göz önüne alınarak ve verilerde çeşitlilik sağlanarak çalışma yapılmadan önce etkili bir yol haritası oluşturulabileceği ve uygulanabilir bir sonuç üretilebileceğini ortaya çıkarmıştır. Çalışma arkeologlar ve coğrafyacılar ile birlikte farklı coğrafi verilerin girdi olarak kullanılabilmesi yönünde tartışılarak geliştirilebilecek ilksel bir araştırma olmakla birlikte, gelecekte yapılacak benzer çalışmalar için önemli bir örnek oluşturmaktadır.

Kaynaklar

AYDINGÜN, Ş., & AYDINGÜN, H. (2015). "Αθυρα" Athyra'ya Dair Arkeolojik Bulgular Büyükçekmece Araştırmaları. *Arkeoloji ve Sanat Dergisi Sayı:150.*, 1-12.

Belediyesi, B. (2014). *2014 Dönemi Stratejik Planı.* İstanbul.

BINFORD, L. (1983). *In Pursuit of the Past.* London and New York: Thames and Hudson.

CHRISMAN, N. (2001). *Exploring Geographic Information Systems 2nd Edition.* New York: John Wiley & Sons Inc.

DANIEL, G. (1981). *A Short History of Archaeology.* London: W.W. Norton & Company.

DÖKER, M. F., & ERŞAHİN, E. (2015). E. GÜLDOĞAN, & M. ALTUN içinde, *İstanbul İli Yüzey Araştırmaları 2013 Silivri* (s. 71-80). İstanbul: Silivri Belediyesi.

EROL, O. (1993). Ayrıntılı Jeomorfoloji Haritaları Çizim Yöntemleri. *İ.Ü Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni Sayı:10*, 19-38.

ERSOY, A. (2012). Arkeoloji ve Antropoloji. *İnsan Bilim Dergisi, Sayı:1*, 1-5.

KECELİ, A., KARAKUYU, M., KOCAMAN, S., & KARA, F. (2008). Büyükçekmece Ve Küçükçekmece Gölleri Arasındaki Sahanın Arazi Kullanım Değişimlerinin Şehir Planlaması Açısından Değerlendirilmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi Sayı: 17*, 138-153.

KISAAGA, G., & DURDURAN, S. (2016). Arkeolojik uygulamalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yoluyla Mekana Yönelik Analizler: Knidos Arkeolojik Alan Çalışması. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, 5-7 Ekim*, (s. 865-872). Adana.

KÜÇÜKÖNDER, M., & KARABULUT, M. (2007). Çok Kriterli Analiz Yöntemi Kullanılarak Kahramanmaraş'ta Çöp Depolama Alanı Tespiti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 55-76.

KURNAZ, F. (2011). *İstanbul Esenler Zeminlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Geoteknik Mikrobölgelemesi.* Sakarya: Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi.

LONGLEY, P., GOODCHILD, M., MAGUIRE, D., & RHIND, D. (2010). *Geographic Information Systems and Science.* Wiley; 3 edition.

MALCZEWSKI, J. (2006). GIS-Based Multicriteria Decision Analysis:A Survey Of The Literature. *International Journal of Geographical Information Science Vol. 20, No. 7*, 703-726.

MALCZEWSKI, J., & RINNER, C. (2015). *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science.* Springer.

MOLA, E. (2005). *Deliklitaş Mahallesi-Eskişehir Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Deprem Risk Analizi.* Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Basılmamış Yüksek Lisans Tezi.

ORMSBY, T., NAPOLEON, E., BURKE, R., & GROESSL, C. (2010). *Getting to Know ArcGIS Desktop Second Edition, for ArcGIS 10 Edition.* Esri Press.

ÖZDOĞAN, M. (2014). *50 Soruda Arkeoloji.* İstanbul: 7 Renk Basım Yayın.

ÖZTÜRK, D. (2009). *Cbs Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemleri İle Sel Ve Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi: Güney Marmara Havzası Örneği.* İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Basılmamış Doktora Tezi.

ÖZYÖRÜK, B., & ÖZCAN, E. C. (2008). Analitik Hiyerarşi Sürecinin Tedarikçi Seçiminde Uygulanması: Otomotiv Sektöründen Bir Örnek. *Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Sayı:1*, 133-144.

PARDALOS, P., & HEARN, D. (2000). Multi-Criteria Decision Making Methods. E. TRIANTAPHYLLOU içinde, *Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study* (s. 5-21). Springer.

PICKLES, J. (1994). *Ground Truth: The Social Implications of Geographic Information Systems.* The Guilford Press.

RENFREW, C., & BAHN, P. (2013). *Arkeoloji Anahtar Kavramlar.* İstanbul: İletişim Yayınları.

RENFREW, C., & BAHN, P. (2017). *Arkeoloji Kavramlar, Yöntemler ve Uygulamalar.* İstanbul: Homer Kitabevi.

SAATY, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1*, 83-98.

STAR, J., & ESTES, J. (1990). *Geographic Information Systems: An Introduction.* Prentice Hall.

TUROĞLU, H. (2008). *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları 2.Baskı.* İstanbul: Çantay Kitabevi.

UYSAL, C. (2008). *Integratıon Of Remote Sensıng And Geographıc Informatıon Systems In Arkeologıcal Aplıcatıons.* İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Basılmamış Doktora Tezi.

YALÇIN, M., & BATUK, F. (2010). CBS Destekli Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Toplu Konut Yer Seçimi. *III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 11 – 13 Ekim* , (s. 579-585). Kocaeli.

YALÇIN, M., & KILIÇ, F. (2015). Jeotermal Alanların Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi İle Araştırılması: Akarçay Havzası". *17. Akademik Bilişim Konferansı.* Eskişehir.

YOMRALIOĞLU, T. (2002). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar 2.Baskı.* Trabzon: İber Ofset.

13. BÖLÜM

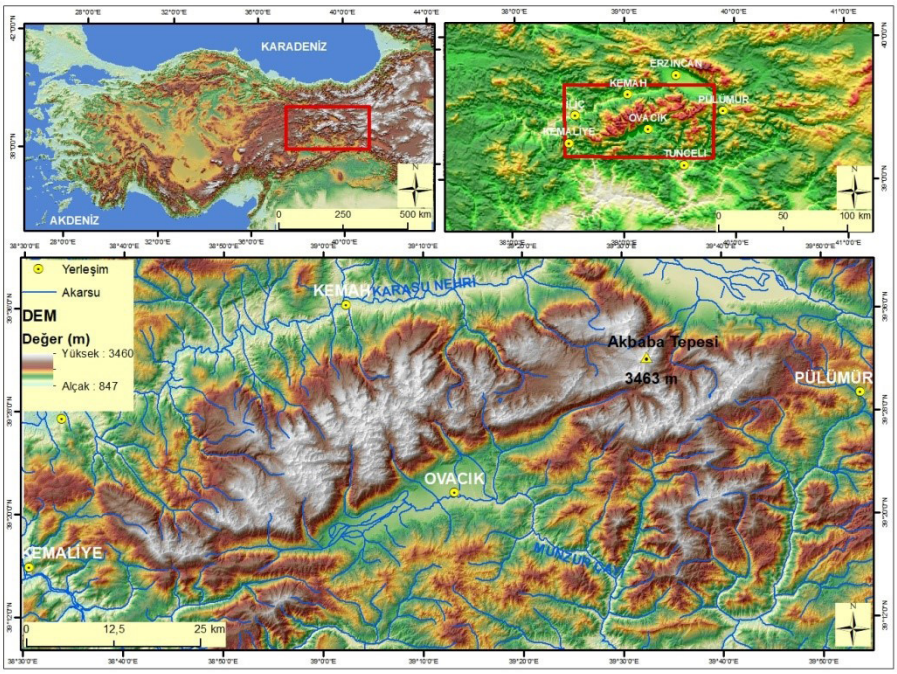
CBS KULLANILARAK MUNZUR DAĞLARININ VE YAKIN ÇEVRESİNİN SICAKLIK VE YAĞIŞ ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Zeynel ÇILĞIN - Munzur Üniversitesi

1. Giriş

1.1. Çalışma Sahasının Konumu, Sınırları ve Genel Özellikleri

Munzur Dağları Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Fırat Bölümünde Tunceli ve Erzincan il sınırları içinde bir sıradağdır. BGB-DKD doğrultusunda uzanan Munzur Dağları ~120 km uzunluğa ve ~25 km genişliğe sahip olup, en yüksek noktası 3463 m ile Akbaba Tepe'dir (Şekil 1). Karasu ve Munzur akarsuları tarafından drene edilen Munzurlar, adı geçen akarsuların akış gösterdiği Ovacık Ovası (1250 m), Erzincan Ovası (~1200m) ve Karasu Vadisi (1000-1100 m) gibi en alçak kesimlerden çok kısa mesafelerden 3000 m yükseltisini geçerek 2000 m'yi geçen relief farkları oluşturur (Bilgin, 1972). Munzur Dağlarının jeomorfolojik gelişiminde birden fazla etken ve sürecin rolü olmuştur. Bu süreçlerin başında karst, buzul, tektonik ve flüvyal gelmektedir (Çılğın, 2013). Bu polijenik görünümde neotektonik etkinliğin ve Kuvaterner'deki iklim değişikliğinin rolü oldukça fazladır (Bilgin, 1972). Yakın tarihlerde yapılan çalışmalarla daha önce varlığı bilinmiyen başta Şahintaşı Buzulu (Bayrakdar vd., 2015) olmak üzere küçük sirk buzullarının keşfi, Munzur Dağlarının iklim özelliklerinin önemini ön plana çıkarmaktadır. Özellikle, buzulların bulunduğu yüksek kesimlerin güncel sıcaklık ve yağış bilgilerinin dolaylı da olsa bilinmesi önem taşımaktadır.



Şekil 1: Munzur Dağlarının Lokasyonu

1.2. Amaç ve Kapsam

Dağlık alanlarda meteorolojik ölçümler, topografik şartların olumsuz olması, kurulacak istasyonların maliyet oluşturması gibi nedenlerle yaygın olarak yapılamamaktadır. Buna karşın, dağlık alanlarda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak başta sıcaklık ve yağış gibi iklim verileri üretmek mümkün olmakta ve rasat verileri eksikliğini önemli ölçüde gidermektedir. Bu çalışmada, Munzur Dağları'nın çevresinde yer alan Erzincan, Kemah, İliç, Kemaliye, Tunceli, Ovacık ve Pülümür Meteoroloji İstasyonlarına ait sıcaklık ve yağış verileri Coğrafi Bilgi Sistemleri (ArcMap 10.2) ortamında, IDW (Inverse Distance Weights), Kriging ve Spline Enterpolasyon teknikleri ayrı ayrı enterpole edilerek sıcaklık ve yağış dağılış haritaları elde edilmiştir. Elde edilen sıcaklık ve yağış dağılışları WorldClim (Web 1) sıcaklık ve yağış datası ile mukayese edilmiştir. Enterpolasyon metotlarının kendi içinde karşılaştırmasının yapılması ve topografyaya uygunluğunun denetlenmesi ile Munzur Dağları için en uygun enterpolasyon yöntemini belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Veri Kaynakları ve Metot

2.1. Materyal

Munzur Dağlarında Erzincan il merkezinin yaklaşık 15 km güneyinde bulunan Ergan Kayak Merkezi (2347 m) dışında meteoroloji istasyonu bulunmamaktadır. 2016 yılında veri almaya başlayan bu meteoroloji istasyonu gerek rasat süresinin kısalığı gerekse de büyük bir dağ kütlesi olan Munzur Dağlarının genelini temsil etmede yetersiz olduğu düşünüldüğünden, dağların iklim özelliklerini yansıtacak uzun yıllar rasat yapan çevredeki meteoroloji istasyonlarına ait verilerin temini yoluna gidilmiştir. Bu çerçevede Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden, Munzur Dağları çevresinde bulunan Erzincan, Kemah, İliç, Kemaliye, Ovacık, Pülümür ve Tunceli meteoroloji istasyonlarına ait rasat veriler temin edilmiştir (Tablo 1)

Tablo 1: Çalışma Sahasının Yakın Çevresinde Yer Alan Meteoroloji İstasyonları ve Bunlara Ait Rasat Tipi, Süresi ve Rasat Verileri (Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmıştır).

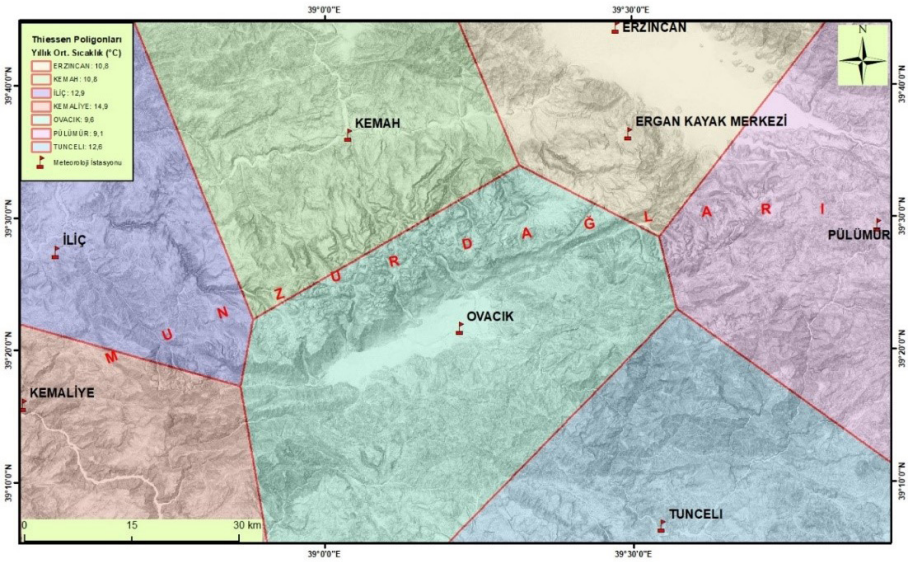
		Rasat Süresi	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**Yıllık**
Erzincan (1216 m)	Sıcaklık	84	-3,1	-1,3	4	10,6	15,4	19,8	23,7	23,9	19,1	12,4	5,6	-0,3	10,8
	Yağış	85	28	31,4	41,7	52,7	53,3	30,7	12,5	6,7	15	41,3	36,1	28,5	378
Kemah (1100 m)	Sıcaklık	29	-4	-2,4	4,6	11,1	15,7	20	23,7	23,5	19,5	12,9	5,1	-0,5	10,8
	Yağış	29	31,6	26,8	34,3	52,8	47,5	27,6	13,6	8,2	11,8	42,3	43,8	32,6	372
İliç (1085 m)	Sıcaklık	3	-2,2	2,1	7,1	12	15,9	21,5	26	27,6	22,8	14,6	6,8	0,2	12,9
	Yağış	3	55	30,2	44,4	49,1	62,6	25,8	2	8,9	12,9	40	20,8	22,4	374
Kemaliye (910 m)	Sıcaklık	4	0,9	4,3	9	13,8	17,8	23,6	28,2	29,6	23,9	15,7	8,3	3,8	14,9
	Yağış	4	114,5	66,6	90	50,3	66,5	20,6	8,8	1,9	15,4	55,2	55,1	38,3	583
Ergan KM (2347 m)	Sıcaklık	2	-8,0	-5,0	-3,9	2,35	7,6	11,7	15,5	16,8	12,4	6,1	1,0	-4,45	4,25
	Yağış	2	77,1	43,2	99,4	132,3	220,4	45,9	8,5	5,6	41,4	38,1	31,0	66,2	809
Ovacık (1280 m)	Sıcaklık	4	-7,0	-4,6	1,9	9,2	13,9	19,6	24,2	25,0	19,6	11,9	4,2	-3,0	9,6
	Yağış	4	121,2	134,9	140,4	111	105,9	17,4	5,9	1,4	23,9	68,9	59	108,1	898
Pülümür (1565 m)	Sıcaklık	26	-4,5	-1,2	2,6	7,8	12	17,3	22,0	23,1	18	10,3	3,5	-1,8	9,1
	Yağış	26	105,1	82,2	103,2	111,6	86,0	34,2	7	6,8	14,5	75,4	105,0	111,9	843
Tunceli (981 m)	Sıcaklık	57	-2,1	-0,4	5,4	11,6	16,8	22,4	27,0	26,7	21,5	14,5	6,8	0,9	12,6
	Yağış	58	130,2	108,5	113,1	107,7	71,6	18,3	5	4,4	17	63,7	104,4	133,2	877

Munzur Dağları ve yakın çevresini kapsayan alanın 1/25 000 ölçekli topografya haritaları kullanılarak 10 m çözünürlükle sayısal yüksek modeli oluşturulmuş (SYM) ve elde edilen bu yükseklik modeli sıcaklık ve yağışın topografik (yükselti ile) değişiminde altlık veri olarak kullanılmıştır. Sayısal modelleme, enterpolasyon ve harita oluşturma işlemleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarından ArcGIS 10.2 kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.2. Metot

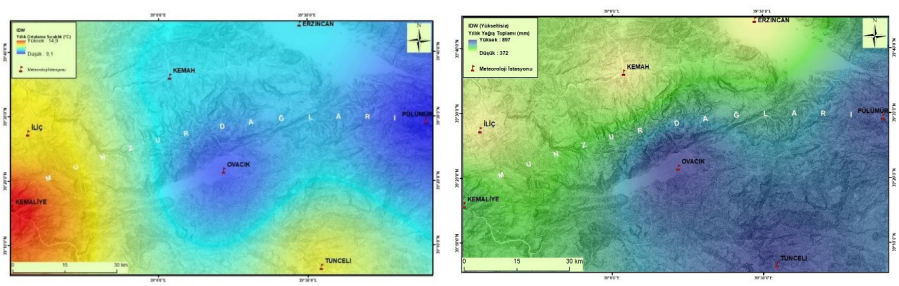
Munzur Dağlarının çevresinde bulunan meteoroloji istasyonlarına ait veriler kullanılarak, öncelikle, CBS ortamında Theissen Poligonlama Tekniği, Inverse Distance Weighted (IDW) (Ters Mesafe Ağırlıklı İnterpolasyon), Kriging ve Spline enterpolasyon teknikleri ile topografik etkilerin dolayısıyla yükseltinin dikkate alınmadığı haritalar oluşturulmuştur.

Haritalama tekniklerinden biri olan Theissen poligonlama tekniğinde yukarıda adı geçen istasyonlara ait uzun yıllar sıcaklık ortalamaları kullanılarak istasyonların etki alanları belirlenmiştir (Şekil 2). Thiessen Poligonları'nda sıcaklık ve yağışı etkileyebilecek diğer parametreler dikkate alınmamaktadır. Bu tekniğin temel esası nokta bazlı vektör verileri kullanılarak yakınlık analizi yapılmasına dayanmaktadır. Thiessen Poligonları, sadece noktalar arası eşit uzaklıklara bağlı olarak oluşturulmuş poligonlardan ibarettir ve istasyon yakınındaki alanların istasyon değeriyle eşdeğer olarak gösterildiği basit bir tekniktir (Thiessen, 1911; Turoğlu, 2008). Elde edilen Theissen poligonlama tekniğinde çalışma alanında birinci derecede etkili olan istasyonların Ovacık, Kemah, Erzincan, Pülümür, İliç ve Kemaliye olduğu görülmüştür (Şekil 2). Ergan kayak merkezi istasyonun Erzincan Meteoroloji istasyonuna yakın olması ve rasat süresinin kısalığı nedeniyle poligonlamaya dahil edilmemiştir. Bunun yerine daha uzun rasat süresine sahip Erzincan Meteoroloji istasyonunu verileri kullanılmıştır.



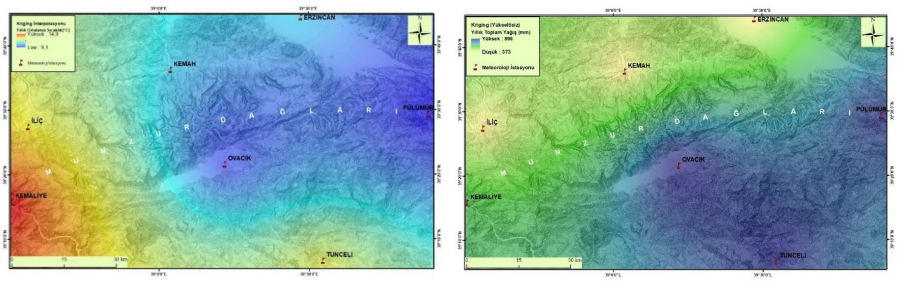
Şekil 2: Çalışma Sahasında Ortalama Sıcaklık Değerlerinin Theissen Poligonlama Yöntemiyle Gösterilmesi.

Bunun yanı sıra istasyonlara ait sıcaklık ve yağış değerleri, Inverse Distance Weighted (IDW) (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon) tekniği kullanılarak dağılışı yapılmıştır (Şekil 3). IDW, enterpole edilecek yüzeyde, yakındaki noktaların uzaktaki noktalardan daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayanır. Enterpolasyon sonucuna yakındaki kontrol noktaları belirleyici rol oynar. Uzaktaki noktaların etki değerleri ise uzaklık mesafesi ile doğru orantılıdır. Bu teknik, enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı azaltır ve örnek noktaların ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapar. Prensip olarak yüzeyin genel trendine bağlı bir sonuç üretildiğinden gerçek bir enterpolasyon değil, bir trend enterpolasyonu olarak kabul edilir (Arslanoğlu ve Özçelik, 2005; Özdemir, 2007; Turoğlu, 2008).



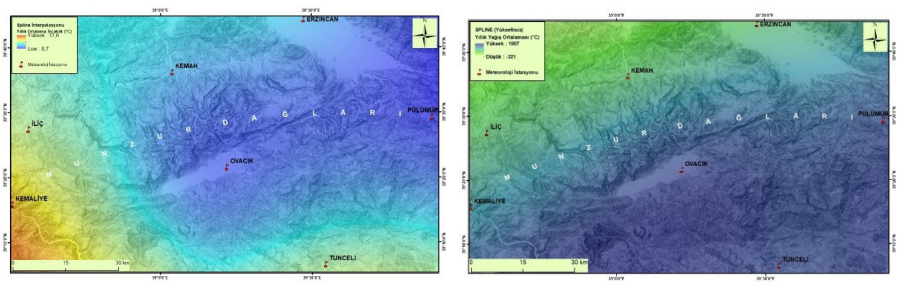
Şekil 3: Çalışma Sahasında Ortalama Sıcaklık (solda) ve Yağış (sağda) Değerlerinin Inverse Distance Weighted (IDW) (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon) Yöntemiyle Gösterilmesi (Yükselti Etkisi Olmaksızın).

İstasyonlara ait sıcaklık ve yağış değerleri kullanılarak Kriging tekniği dağılış haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4). Kriging, örneklem noktaları arasındaki mesafenin veya yönün, yüzeydeki değişimi açıklamak için kullanılabilecek bir uzamsal korelasyonu yansıttığını varsayar. Kriging, her bir konum için çıktı değerini belirlemek üzere, belirlenen sayıda noktaya veya belirli bir yarıçap içindeki tüm noktalara matematiksel bir fonksiyon sağlar. Kriging çok aşamalı bir süreçtir; verilerin keşfedici istatistiksel analizini, variogram modellemeyi, yüzey yaratmayı ve (isteğe bağlı olarak) bir varyans yüzeyini araştırmayı içerir (Web 2).



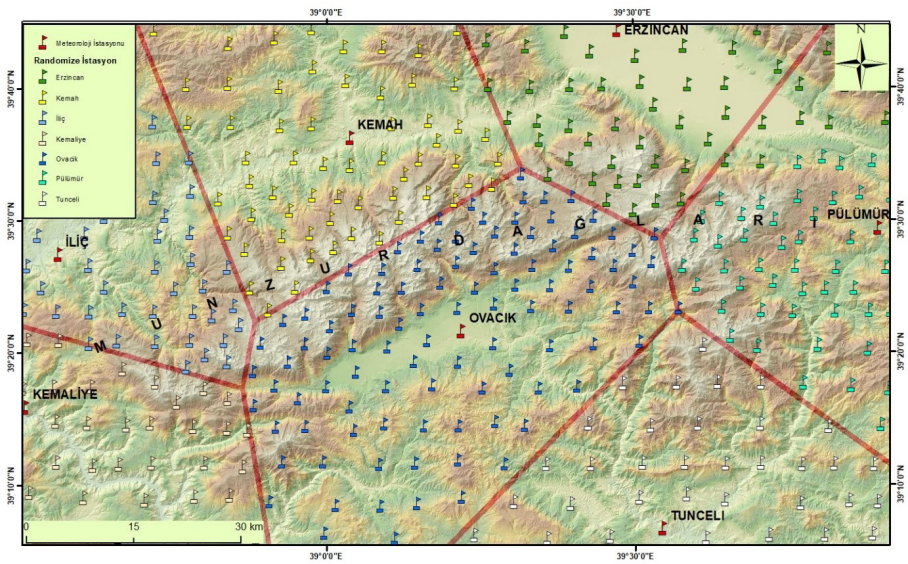
Şekil 4: Çalışma Sahasında Ortalama Sıcaklık (solda) ve Yağışın (sağda) Kriging Yöntemiyle Gösterilmesi (Yükselti Etkisi Olmaksızın).

İstasyonlara ait sıcaklık ve yağış değerleri kullanılarak Spline enterpolasyon yöntemi ile de Munzur Dağları ve yakın çevresinin sıcaklık ve yağış dağılış haritaları oluşturulmuştur (Şekil 5). Spline, genel yüzey eğriliğini en aza indiren matematiksel bir fonksiyon kullanarak değerleri tahmin eder, bu da tam olarak giriş noktalarından geçen pürüzsüz bir yüzey oluşturur. Kavramsal olarak, örneklem noktaların büyüklüklerini yüksekliğine göre çıkarır. Spline, yüzeyin toplam eğriliğini en aza indirirken input noktalarından geçen elastik yüzeyi bükmektedir. Örneklem noktalarından geçerken, belirlenmiş bir sayıda en yakın input noktasına matematiksel bir işlevle uyar (Web 3).



Şekil 5: Çalışma Sahasında Ortalama Sıcaklık (solda) ve Yağış (sağda) değerlerinin Spline Yöntemiyle Gösterilmesi (Yükselti Etkisi Olmaksızın).

Topografik koşulları dikkate almadan sadece meteoroloji istasyonlarının etki alanlarından oluşan Theissen Poligonlama Tekniği, IDW, Kriging ve Spline enterpolasyon yöntemleri ile elde edilen sıcaklık ve yağış haritalarının sahadaki gerçek verileri yansıtmaktan uzak olduğu açıktır. Bu çerçevede yükselti ile sıcaklık ve yağışın değişimini esas olan bir modelleme yapılması yoluna gidilmiştir. Bu kapsamda, öncelikle, Munzur Dağları çevresinde bulunan her bir meteoroloji istasyonun etki alanı Theissen Poligonlama tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Theissen Poligonlama Tekniği ile elde edilen etki alanlarının genel hatları dağın bakı ve su bölümü hatları ile uyumlu olduğu, sadece Erzincan ve Pülümür İstasyonlarının etki alanlarının yükselti ve topografik farklılıklardan dolayı bir miktar düzeltilmesi gerektiği görülmüştür. Belirlenen istasyon etki alanları içine o istasyona ait sıcaklık ve yağış değerlerinin topografik ve yükselti değişimleri dikkate alacak şekilde randomize istasyon noktaları belirlenerek poligonu temsil eden meteoroloji istasyonunun verileri taşınmıştır. Bu çerçevede, Munzur Dağlarında daha yoğun olmak üzere, çalışma alanı ve yakın çevresinde toplamda 370 adet randomize istasyon oluşturulmuştur (Şekil 6).



Şekil 6: Theissen Poligonlama Tekniği ile Meteoroloji İstasyonlarının Etki Alanlarının Belirlenmesi ve Randomize İstasyonların Oluşturulması

Sıcaklığın yükselti ile azalması lapse rate olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada lapse rate oranı, 1216 m yükseltide kurulu olan Erzincan Meteoroloji İstasyonu ile onun hemen 15 km güneyinde Munzur Dağları üzerinde 2347 m yükseltide bulunan Ergan Kayak Merkezindeki meteoroloji İstasyonunu ait aynı dönemi

kapsayan (2016-2017) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanmıştır. İki istasyon arasında sıcaklık değişiminin yükseltinin artışına bağlı olarak 100 m'de 0,69 °C azaldığı belirlenmiştir.

Munzur Dağları ve çevresinde belirlenen randomize istasyonlarına ait tahmini sıcaklık değerleri, en yakın istasyonun verileri esas alınarak ve aşağıdaki formül kullanılarak elde edilmiştir.

$$\text{Tahmini Sıcaklık} = \text{Ölçülen Sıcaklık} - \frac{yf * t}{100}$$

Formülde;

Ölçülen sıcaklık= Baz alınan istasyondaki ölçülen sıcaklık değeri,

yf= İstasyonla sıcaklığı bulunacak nokta arasındaki yükselti farkı,

t= Her 100 m yükselmeye bağlı olarak oluşan ortalama sıcaklık değişim değeri (lapse rate) (0,69 °C) .

Yukarıdaki formül baz alınarak Munzur Dağları ve çevresinde yıllık, Ocak ve Temmuz ayı ortalama sıcaklık verileri oluşturulmuş, bu veriler ArcMap 10.2 yazılımında bulunan ArcToolbox araçlar menüsündeki Spatial Analyst Tool'da yer alan Interpolation metotlarından IDW, Kriging ve Spline kullanılarak sahada sıcaklık dağılış haritaları üretilmiştir.

Yağışın yükselti ile değişiminin belirlenmesi için bazı teknikler kullanılmaktadır. Bu tekniklerden biri, meteoroloji istasyonlara ait ortalama yağış değerlerinin yükseltiye bağlı olarak artışına dayanan ve belirli bir katsayı kullanılarak oluşturulan formüller çerçevesinde tahmini olarak elde edilmesidir. Bu çalışmada, Erinç (1996) tarafından Türkiye için uygun görülen 45 mm'lik katsayının esas alındığı aşağıdaki formül kullanılmıştır;

$$Ph = Po + 45\ h$$

Formülde;

Ph = Yükseltisi bilinen noktanın bulunacak yağış tutarı,

Po = Yükseltisi bilinen ve yağış rasadı yapan mukayese istasyonunun yağış tutarı,

45= Her 100 m yükseldikçe yağışın 45 mm arttığını gösteren katsayı,

h = Baz alınan istasyon ile yağış miktarı bulunacak nokta arasında yükselti farkıdır (hektometre olarak).

Bu teknik uygulanırken Theissen poligonlaması esas alınarak etki alanı belirlenen randomize istasyon noktalarına, yukarıdaki formüle göre hesaplanan yağış tutarları taşınmıştır. Her bir meteoroloji istasyonu etki alanını temsil eden poli-

gonlarda yer alan randomize istasyonlara taşınan yağış değerleri IDW, Kriging, Spline enterpolasyon teknikleri kullanılarak yağış dağılış haritası üretilmiştir.

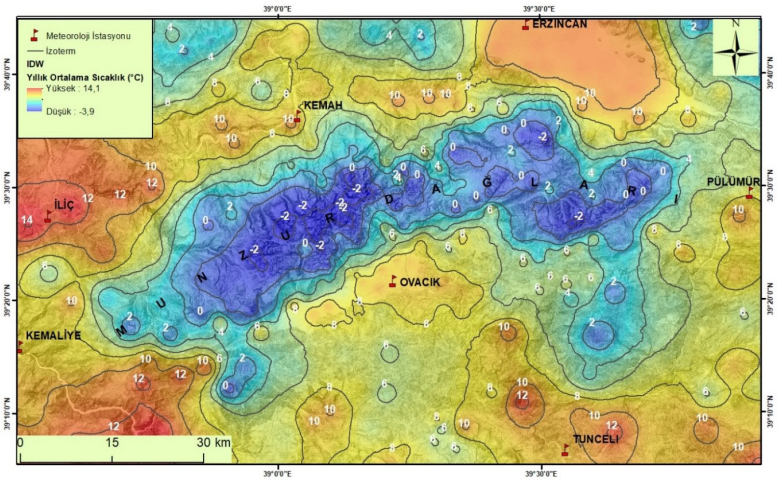
WorldClim verisi ise, (http://worldclim.org/version2) adresinden 30 saniye (~1 km^2) alana denk gelen ve 12 ayı içeren ortalama sıcaklıklar ve yağış toplamı olarak "TIF" dosya formatında indirilmiş (Web 1), CBS ortamında ArcToolbox→Spatial Analyst Tools→Map Algebra→Raster Calculator kullanılarak yıllık ortalama sıcaklık ve yağış raster verisi elde edilerek çalışma sahası için dağılış haritaları oluşturulmuştur.

3. Munzur Dağların'da Sıcaklık ve Yağış Dağılışının CBS Ortamında Farklı Enterpolasyon Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi

3.1. Munzur Dağlarında Sıcaklık Dağılışının Farklı Yöntemlerle Elde Edilmesi

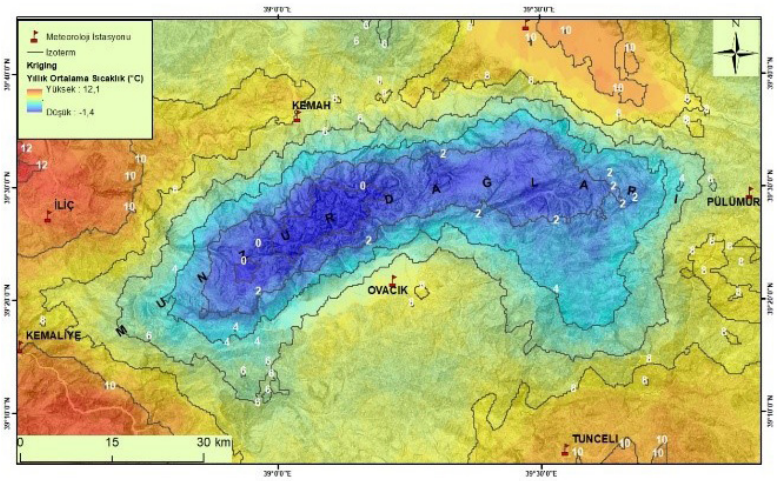
Munzur Dağları ve çevresinde yer alan meteoroloji istasyonlarına ait sıcaklık verileri esas alınarak Bölüm 2.2. 'de sıcaklığın yükselti ile değişimini ortaya koyan formülün uygulanması ile randomize istasyonlardaki sıcaklık değerleri hesaplanmış ve bu değerler kullanılarak CBS ortamında IDW, Kriging ve Spline enterpolasyon yöntemleri ile yıllık, Ocak ayı ve Temmuz ayı sıcaklık dağılış haritaları üretilmiştir.

IDW yöntemi ile elde edilen ortalama sıcaklık dağılış haritasında en yüksek sıcaklığın 14,1 °C, en düşük sıcaklığın -3,9 °C arasında olduğu görülmüştür (Şekil 7). Munzur Dağlarının batı, güneybatı ve güneydoğu bölümünde yer alan yükseltisi 900-1100 m arasında bulunan İliç, Kemaliye ve Tunceli çevresi sıcaklıkların en yüksek olduğu yerlerdir. En düşük sıcaklıklar ise Munzur Dağlarının 3000 m'yi geçen kesimlerinde görülmektedir. Munzur Dağlarının orta bölümünde, düşük sıcaklıkların geniş alanlar kapladığı haritaya yansımıştır. IDW yöntemi ile elde edilen sıcaklık haritasında randomize istasyonlarına karşılık gelen bazı noktalarda izotermlerin küçük konsantrik eğriler oluşturduğu görülmektedir. Sıcaklık dağılışı haritası incelendiğinde, çevredeki meteoroloji istasyonlarına ait verilerin haritaya doğru bir şekilde yansıtıldığı görülmektedir.



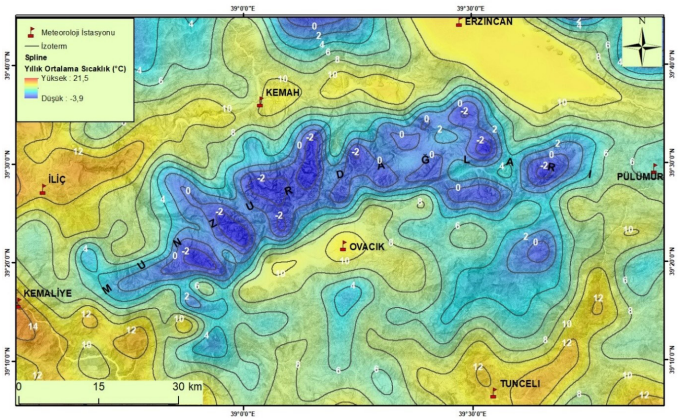
Şekil 7: Çalışma Sahasında Yıllık Ortalama Sıcaklığın IDW Enterpolasyonla Dağılışı

Kriging enterpolasyon yöntemi ile elde edilen ortalama sıcaklık dağılış haritasında ortalama sıcaklığın 12,1 °C ila -1,4 °C arasında olduğu görülmektedir (Şekil 8). Erzincan, İliç, Kemaliye ve Tunceli çevresinde ortalama sıcaklıkların 10 °C üzerinde olduğu; Munzur Dağlarında ise izotermlerin yükseltiye bağlı olarak geniş geniş alanlarda düzenli iç içe eğriler halinde uzandığı görülmektedir. Dağın, yaklaşık 2800 m yükseltisinde 2°C izotermi geçmekte, 3000 m geçen yükseltilerde sıcaklık 0 °C altına inmektedir. En düşük sıcaklıklar Munzur Dağlarının orta bölümünde görülmektedir.



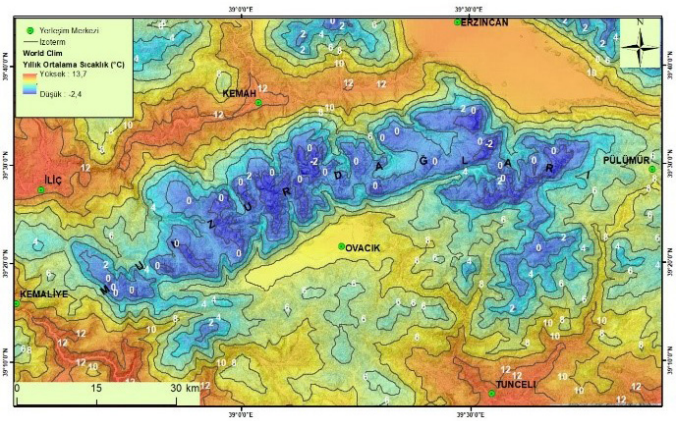
Şekil 8: Çalışma Sahasında Yıllık Ortalama Sıcaklığın Kriging Enterpolasyonla Dağılışı.

Spline enterpolasyon yöntemi ile elde edilen ortalama sıcaklık dağılış haritasında en yüksek sıcaklığın 21,5 °C, en düşük sıcaklığın -3,9 °C arasında olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 9). Ancak, 16 °C ve üzerinde bulunan izotermler dağılış haritasında yer almamaktadır. Spline ortalama sıcaklık dağılış haritasında, önceki tekniklerde olduğu gibi en yüksek sıcaklıklar, İliç, Kemaliye ve Tunceli çevresinde görülmektedir. En düşük sıcaklıkların Munzur Dağlarının yüksek kesimlerinde oluştuğu görülmüştür. Spline enterpolasyon tekniğinde 3000 m'nin üstünde bulunan yükseltilerde sıcaklık 0 °C altına düşmektedir. En düşük sıcaklıklara Munzur Dağlarının orta bölümünde görülmektedir. En düşük sıcaklıkların görüldüğü Munzur Dağlarının yüksek kesimlerinde, izotermlerin geniş alanlar boyunca yükselti kademelerine uyumlu uzanmadığı, yer yer kesintiye uğrayarak yarı dairesel bir görünüme sahip olduğu görülmektedir.



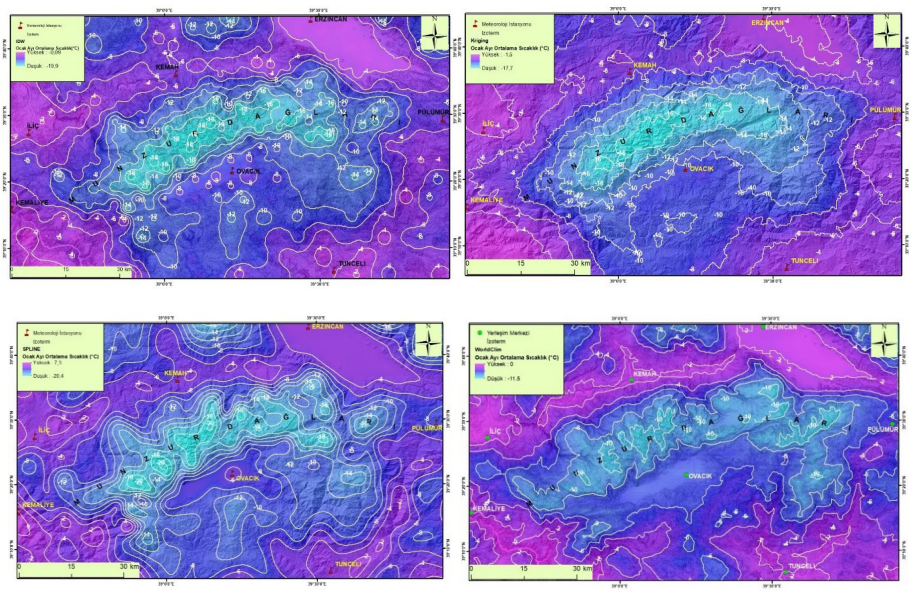
Şekil 9: Çalışma Sahasında Yıllık Ortalama Sıcaklığın Spline Enterpolasyonla Dağılışı.

WorldClim raster data setinden elde edilen yıllık ortalama sıcaklık dağılış haritasında en yüksek sıcaklığın 13,7 °C, en düşük sıcaklığın -2,4 °C olduğu görülmektedir (Şekil 10). En düşük sıcaklıkların görüldüğü yerler, Doğu ve Orta Munzurlarda en yüksek zirvelere karşılık gelen kesimler olmuştur. En yüksek sıcaklıklar Munzur Dağlarının kuzeybatı ve güneydoğusunda nispeten düşük yükseltilere karşılık gelen İliç ve Tunceli çevresi olmuştur. İzotermlerin topografya ile uyumu dikkat çekicidir. Akarsu vadisi ve ovalık kesimlerde izotermlerin topografyayı yansıtacak şekilde uzandığı görülmektedir (Şekil 10).



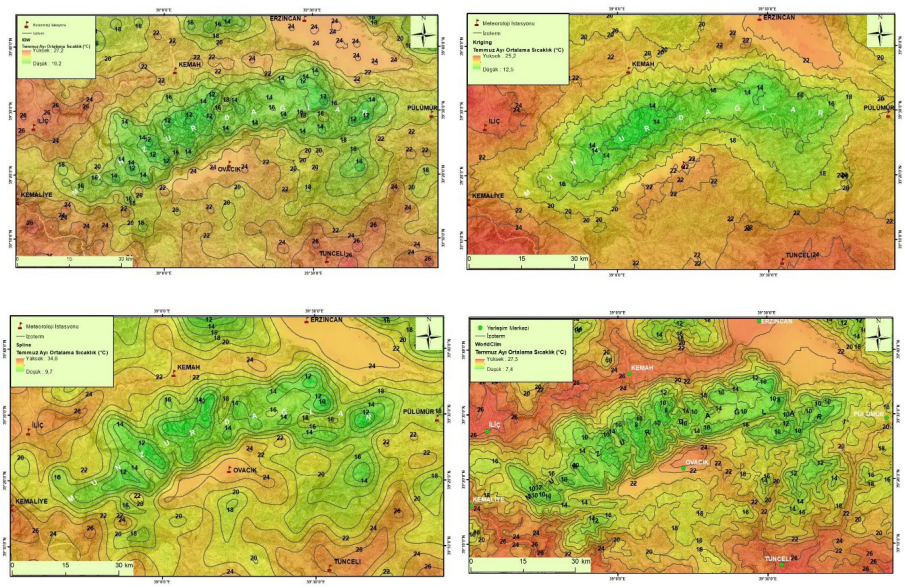
Şekil 10: Çalışma Sahasında Yıllık Ortalama Sıcaklığın WolrldClim Verisi Kullanılarak Oluşturulan Dağılış Haritası

Munzur Dağlarının yıllık ortalama sıcaklıkları dağılış haritaları ile birlikte Ocak ve Temmuz ayları ortalama sıcaklık haritaları da oluşturulmuştur (Şekil 11). Buna göre, Munzur Dağlarında Ocak ayı ortalama sıcaklıklar ele alındığında IDW yöntemiyle en düşük -19,9 °C, Kriging yöntemi ile -17,7 °C, Spline yöntemi ile -20,4 °C değerlerine sahip olduğu görülmüştür. WorldClim Ocak ayı ortalama sıcaklık dağılış haritasında ise en düşük sıcaklık -11,5 °C olarak görülmektedir.



Şekil 11: Çalışma sahasında IDW, Kriging, Spline ve WolrldClim verisi kullanılarak oluşturulan Ocak ayı ortalama sıcaklık haritası.

Munzur Dağları ve çevresini içine alan kesimin IDW, Kriging ve Spline enterpolasyon yöntemleriyle Temmuz ayı sıcaklık dağılış haritaları üretilmiştir (Şekil 12). IDW yöntemi ile sıcaklıkların 10,2 °C ila 27,2 °C, Kriging yöntemi ile 12,5 °C ila 25,2 °C, Spline yöntemi ile 9,7 °C ila 34,8 °C değerleri arasında olduğu görülmektedir. WorldClim Temmuz ayı ortalama sıcaklık dağılış haritasında ise değerlerin 7,4 °C ila 27,3 °C olduğu haritaya yansımaktadır. Munzur Dağları ve çevresinin Temmuz ayı ortalama sıcaklıkları ele alındığında batı, güneybatı ve güneydoğu kesimlerinde sıcaklıkların yüksek, Munzur Dağlarına karşılık yüksek kesimlerinde en düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 12: Çalışma Sahasında IDW, Kriging, Spline ve WolrldClim Verisi Kullanılarak Oluşturulan Temmuz Ayı Ortalama Sıcaklık Haritası

3.2. Sıcaklık Verilerinin Analizi ve Yorumlanması

Munzur Dağları ve yakın çevresinin yıllık, Ocak ve Temmuz ortalama sıcaklık dağılış haritaları incelendiğinde enterpolasyon yöntemleri ve WorldClim verisinin bire bir örtüşmemekle birlikte belirli bir eğilimi yansıttığı söylenebilir. Elde edilen sıcaklık verilerine göre Munzur Dağlarının en yüksek kesimlerinde ortalama sıcaklıkların yaklaşık -4 °C olduğu anlaşılmaktadır. Yüksek kesimlerden yükseltinin azalması ile sıcaklıkların dağ eteği kesiminde ~ 6-8 °C arasında seyrettiği görülmektedir. Ortalama sıcaklıklarda, Dağın en yüksek ve en alçak kesimleri arasında ~10-12 °C sıcaklık farkı mevcuttur. Ocak ayı ortalama sıcaklıkları Mun-

zur Dağlarının zirveler bölgesinde -20 °C civarında iken Temmuz ayı ortalama sıcakları aynı kesimde yaklaşık 10 °C'dir. Munzur Dağlarının en yüksek kesimlerinde, Ocak ve Temmuz ayları ortalama sıcaklık değerleri baz alındığında yıl içinde oluşan sıcaklık farkının IDW, Kriging ve Spline yöntemlerine göre yaklaşık 30 °C, WorldClim verisine göre ise yaklaşık 20°C olduğu görülmektedir (Tablo 2). Çevredeki meteoroloji istasyonlarının Ocak ayı sıcaklık ortalamaları ve yükseltileri dikkate alındığında, WorldClim Ocak ayı ortalaması olan -11,5 °C değerinin dağın en yüksek kesiminde görülen sıcaklık değerlerinin altında kaldığı söylenebilir.

Tablo 2: IDW, Kriging, Spline ve WorldClim Sıcaklık Haritalarından Elde Edilen Yıllık, Ocak ve Temmuz Dönemlerine Ait En Yüksek ve En Düşük Ortalama Sıcaklıklar

		IDW	KRIGING	SPLINE	WORLDCLIM
Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)	Yüksek	14,1	12,1	21,5	13,7
	Düşük	-3,9	-1,4	-3,9	-2,4
Ocak Ayı Ortalaması (°C)	Yüksek	-0,09	-1,5	7,3	0
	Düşük	-19,9	-17,7	-20,4	-11,5
Temmuz Ayı Ortalaması (°C)	Yüksek	27,7	25,2	34,8	27,3
	Düşük	10,2	12,5	9,7	7,4

Munzur Dağları için oluşturulan randomize istasyonlar içinde en düşük ortalama sıcaklık değeri -3,3 °C ile Ovacık Meteoroloji İstasyonu etki alanında yer alan 3152 m yükseltideki bir istasyondan elde edilmiştir. Mevcut değer dikkate alındığında IDW ve Spline yöntemleri ile elde edilen en düşük ortalama sıcaklık değerlerinin (her ikisinde de- 3,9 °C) daha gerçekçi olduğu ileri sürülebilir. Kriging yöntemi ve WorldClim verisinden elde edilen değerler ise sırasıyla -1,4 °C ve -2,4°C'dir. Kriging yönteminin en düşük sıcaklıkları yansıtmada yetersiz kaldığı değerlendirilmektedir. Yine, WorldClim verisi ile oluşturulan haritada en düşük sıcaklıkların beklenen değerlerden 1,5-2 °C daha düşük olduğu görülmektedir.

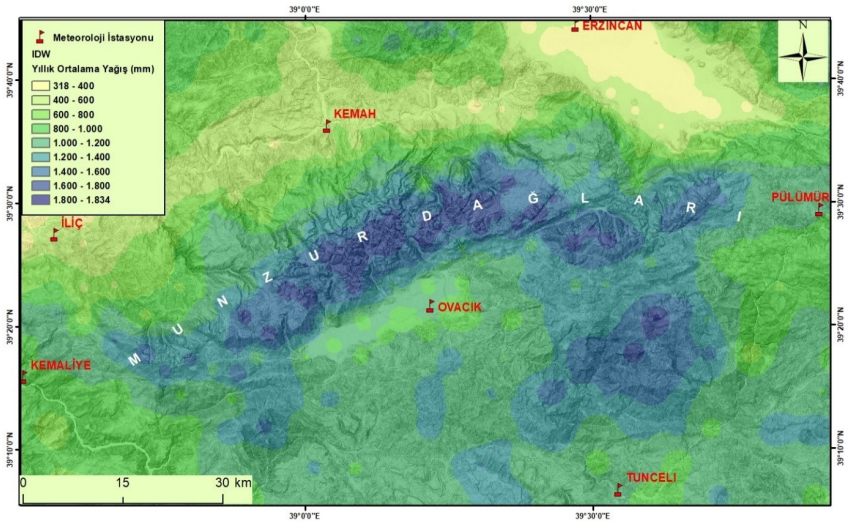
Munzur Dağlarının çevresinde bulunan meteoroloji istasyonlarına ait aylık ve yıllık sıcaklık ortalaması verileri, ortalama sıcaklıkların farklı enterpolasyon yöntemleri ile dağılışını ve WorldClim haritasını karşılaştırma bakımından referans veriler sunmaktadır. Munzur Dağları çevresinde IDW yöntemi ile elde edilen sıcaklık dağılış haritası incelendiğinde en yüksek ortalama sıcaklıkların, alandaki meteoroloji istasyonu verileri ile Kemaliye istasyonu dışında oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. IDW Dağılış haritasında değerler, Kemaliye istasyonun yaklaşık 2,5 °C altında olmuştur. Kriging yöntemi ile en yüksek ortalama sıcaklık değeri 12,1 °C'dir (Tablo 2). Haritadaki dağılış değerleri, sahadaki meteoroloji istasyonu verileri ile mukayese edildiğinde Kriging yönteminin gerçek değerleri yansıtmada yetersiz kaldığı görülmektedir. Özellikle, sahadaki bütün meteoroloji

istasyonlarına ait ortalama sıcaklık değerlerinin Kriging yöntemi ile elde edilen değerlerin üzerinde olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, Kriging yöntemi ile elde edilen dağılış haritasında, sıcaklık değer aralığında (range) bir daralmadan bahsedilebilir (Tablo 2). Spline enterpolasyon yöntemi ile oluşturulan sıcaklık dağılış haritasında düşük sıcaklıkların randomize istasyonlarına ait verilerle uyumlu olmasına karşın, en yüksek sıcaklıkların uyumlu olmadığı görülmüştür. Spline raster data setinden oluşturulan izotermlerin 16°C ulaşmadığı görülmektedir. Buna karşın Munzur Dağları ve yakın çevresinde en yüksek yıllık ortalama sıcaklıkların 21,5 °C ulaşması gerçeği yansıtmamaktadır. Spline isterpolasyon yöntemi, Kriging yöntemi aksine, sıcaklık değer aralığında (range) genişliğin fazla olduğu bir yöntem olmuştur. WorldClim ortalama sıcaklık verilerinin mevcut istasyonlarının sıcaklık değerleriyle Kemah, Kemaliye ve Pülümür istasyonları dışında uyumlu olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte meteoroloji istasyonları ile mukayese edildiğinde en düşük ve en yüksek sıcaklıkların sahanın bazı kesimlerinde 2-3 °C kadar farklı oluştuğu söylenebilir.

3.3. Munzur Dağlarında Yağış Dağılışının Farklı Yöntemlerle Elde Edilmesi

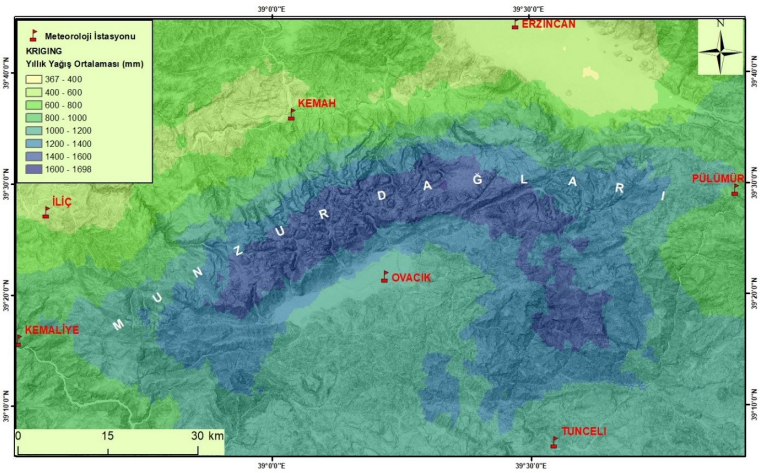
Munzur Dağları çevresinde yer alan meteoroloji istasyonlarına ait yağış verilerinin Bölüm 2.2.'de belirtilen ve yağışın yükselti ile değişimini ortaya koyan formülün kullanılması ile randomize istasyonlarda yağış tutarları hesaplanmış ve elde edilen yağış tutarları kullanılarak CBS ortamında IDW, Kriging ve Spline enterpolasyon yöntemleri ile yıllık yağış dağılış haritaları üretilmiştir.

IDW yöntemi ile oluşturulan yağış dağılış haritasında Munzur Dağları ve çevresini içine alan alanda yağış değerlerinin 318 – 1834 mm olduğu görülmektedir (Şekil 13). Yağışların sahasının kuzey kesiminde yer alan düşük yükseltilerde bulunan Erzincan, Kemah ve İliç çevrelerinde en düşük değere sahip olduğu, Munzur Dağlarının doğu ve orta bölümlerinin yüksek kesimlerinde en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Munzur Dağlarının güney ve kuzey yamaçları arasında yağış dağılışında önemli farklılıklar bulunmakta, yağış güney kesimde daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Dağların güney ve güneydoğusunda yer alan Ovacık ve Tunceli çevrelerinde yağış değerleri 800-1000 mm aralığında bulunmaktadır (Şekil 13).



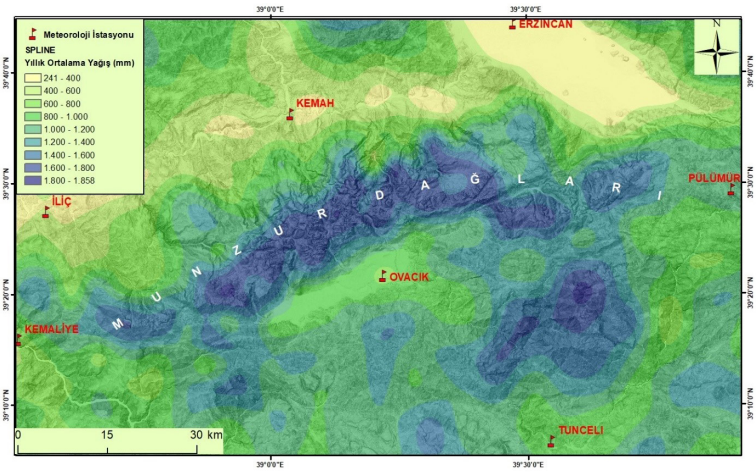
Şekil 13: Çalışma Sahasında Yıllık Ortalama Yağışın IDW Enterpolasyonla Dağılışı

Munzur Dağları ve çevresini içine alan alanda Kriging yöntemi ile oluşturulan yağış dağılış haritasında yağış değerlerinin 367– 1698 mm olduğu görülmektedir (Şekil 14). IDW yönteminde olduğu gibi, yağışların sahasının kuzey kesiminde yer alan düşük yükseltilerde bulunan Erzincan, Kemah ve İliç çevrelerinde en düşük değere sahip olmuştur. Munzur Dağlarının yüksek kesimlerinde özellikle orta ve doğu Munzurlarda en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Yağış dağılışında, Dağların güney ve kuzey kesimleri arasında önemli farklılıklar bulunmakta, yağış güney kesimde genel olarak daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Dağların kuzeyindeki yerleşimlerde (Erzincan, Kemah, İliç) yaklaşık 400 mm olan yağış değerleri, güney kesimdeki yerleşim yerlerinde (Ovacık ve Tunceli) 800-1000 mm aralığında görülmektedir.



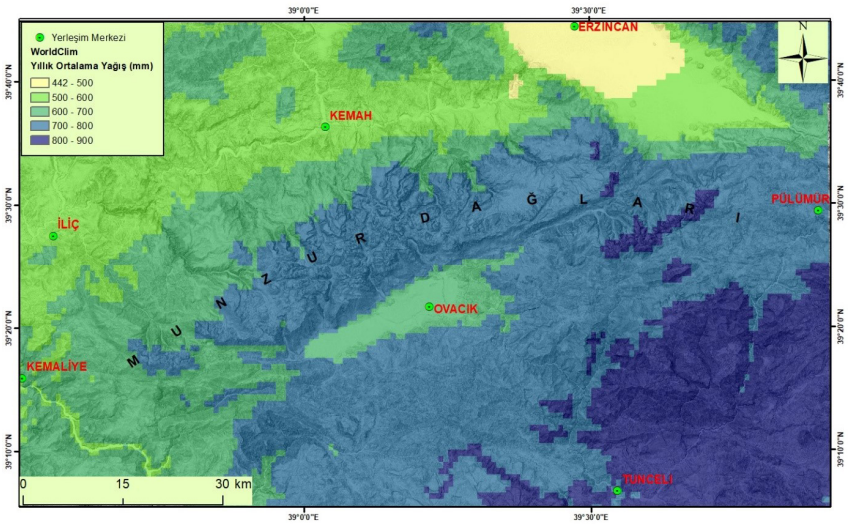
Şekil 14: Çalışma Sahasında Yıllık Ortalama Yağışın Kriging Enterpolasyonla Dağılışı

Munzur Dağları ve çevresini içine alan alanda Spline enterpolasyon yöntemi ile oluşturulan yağış dağılış haritasında yağış değerleri 241–1858 mm değerleri arasındadır (Şekil 15). Diğer iki enterpolasyon yönteminde olduğu gibi, yağışların sahasının kuzey kesiminde yer alan düşük yükseltilerde bulunan Erzincan Ovası ve Karasu Vadisi çevresinde en düşük değere sahip olmuştur. Munzur Dağlarının yüksek kesimlerinde ise en yüksek değerlere sahiptir. Yağışların dağın genelindeki dağılışında ise, yağış fazlalığının güney kesimlerde daha geniş bir alana yayıldığı görülmektedir. Dağ eteğinden itibaren yağışların güney kesimde 1000-1200 mm ile başlayıp yüksek zirvelerde 1850 mm değerlerine ulaşmaktadır.



Şekil 15: Çalışma Sahasında Yıllık Ortalama Yağışın Spline Enterpolasyonla Dağılışı

WorldClim raster data setinden elde edilen yıllık ortalama yağış tutarı dağılış haritasında, Munzur Dağları ve çevresinde yağış değerleri 442– 900 mm değerleri arasındadır (Şekil 16). En düşük yağış değerleri Erzincan Ovasında gerçekleşirken, Tunceli'nin doğusunda bulunan alanda ise en fazla yağış değerlerine ulaşılır. WorldClim yağış dağılış haritasında dikkat çeken bir durum ise üç faklı enterpolasyon yöntemi ile elde edilen yağış dağılış haritasında farklı olarak en yüksek yağış değerleri Munzur Dağlarında değil, Tunceli şehir merkezinin doğusunda görülmesidir. Bu haritada, Munzur Dağlarının büyük bölümünde yağış değerleri 700-800 mm aralığındadır.



Şekil 16: Çalışma Sahasında Yıllık Ortalama Yağışın WolrldClim Verisi Kullanılarak Oluşturulan Dağılış Haritası"

3.4.Yağış Verilerin Analizi ve Yorumlanması

Munzur Dağları ve yakın çevresinin yıllık ortalama yağış dağılış haritaları incelendiğinde, IDW, Kriging ve Spline enterpolasyon yöntemlerinin önemli ölçüde tutarlılık ortaya koymasına rağmen, WorldClim verisinin daha düşük yağış değerler sergilediği görülmektedir. IDW, Kriging ve Spline enterpolasyon yöntemlerine göre Munzur Dağlarının en yüksek kesiminde yağış değerleri ~1700-1850 mm aralığında olduğu görülmektedir (Tablo 3). Dağ eteğindeki yağış değerleri ise güney kesimde 1000-1200 mm iken, kuzey kesimde 600-800 mm aralığında bulunmaktadır. Bu değerler dağın kuzey ve güney kesimleri arasında önemli bir yağış asimetrisi olduğunu ortaya koymaktadır. Mevcut durum sahadaki meteoroloji istasyonları için de geçerlidir. Örneğin, Erzincan, Kemah ve İliç'te yağış değerleri yaklaşık 370 mm iken güney kesimde yer alan Ovacık'ta 898 mm yağış görülmektedir.

Tablo 3: IDW, Kriging, Spline ve WorldClim Yağış Haritalarından Elde Edilen Yıllık En Yüksek ve En Düşük Ortalama Yağışlar

		IDW	KRIGING	SPLINE	WORLDCLIM
Yıllık Ortalama Yağış (mm)	Yüksek	1834	1698	1858	900
	Düşük	318	367	241	442

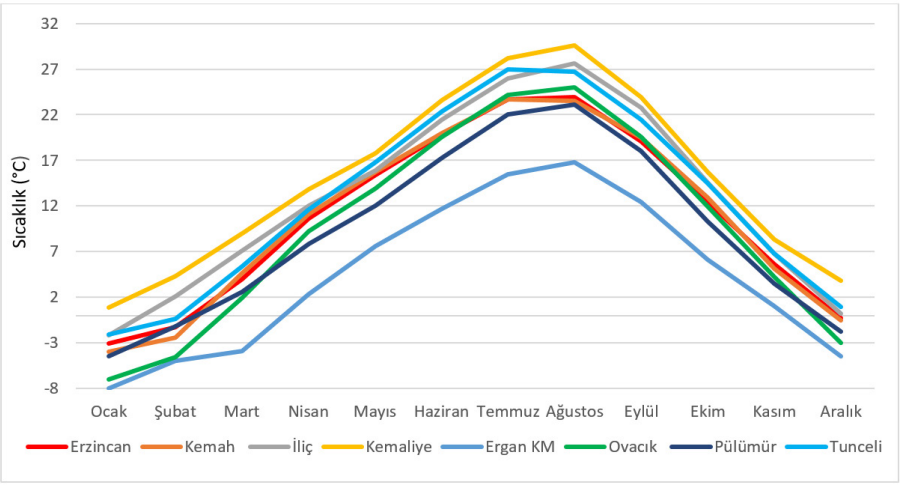
Munzur Dağlarının çevresinde bulunan meteoroloji istasyonlarına ait yıllık yağış ortalaması verileri, ortalama sıcaklıklar da olduğu gibi farklı enterpolasyon yöntemleri ile dağılışını ve WorldClim haritasını karşılaştırma açısından referans veriler sunmaktadır. Munzur Dağları çevresinde IDW yöntemi ile elde edilen yağış dağılış haritası incelendiğinde alandaki mevcut meteoroloji istasyonu verileri ile büyük ölçüde uyumlu olduğu, Kemah ve İliç çevresinde 400 mm üzerine çıkarak mevcut ortalama yağış değerlerini bir miktar geçtiği görülmektedir. Bununla birlikte yağış dağılışı büyük ölçüde gerçek değerlerle uyumludur. Kriging yöntemi ile elde edilen yağış dağılış haritasındaki değerler ile sahadaki meteoroloji istasyonu değerleri karşılaştırıldığında, Kriging haritasındaki yağış değerlerinin istasyon ortalamalarından 100-200 mm daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu bakımdan gerçek değerleri yansıtmakta yetersiz kaldığı söylenebilir. Bunun dışında, Kriging yöntemi ile elde edilen dağılış haritasında, yağış değer aralığında (range) diğer yöntemlere nazaran bir sıkışma göze çarpmaktadır. Spline enterpolasyon yöntemi ile elde edilen yağış dağılış haritasındaki değerlerin meteoroloji istasyonu verileri büyük ölçüde uyumlu olduğu görülmektedir. Ancak, Spline enterpolasyon yöntemi, yağış değer aralığının (range) fazla olduğu bir yöntem olmuştur. Spline enterpolasyon haritasında, Erzincan çevresinde yağış değeri 241-400 mm olarak gerçekleşmiştir. Bu aralıkta yer alan 241 mm tutarı gerçeği yansıtmaktan uzaktır. Ayrıca, sahadaki meteoroloji istasyonlarının yağış tutarı 370 mm'nin altına inmemesi bu durumu teyit etmektedir. WorldClim yağış dağılış haritası ise gerçek değerleri yansıtmaktan oldukça uzak görünmektedir. Örneğin, ortalama yağış tutarı 898 mm olan Ovacık meteoroloji istasyonun bulunduğu kesimde, yağış tutarı 600-700 mm olarak gösterilmiş, yine Munzur Dağlarının neredeyse tamamı 700-800 mm aralığında gösterilmiştir. Oysaki, Munzur Dağlarında 2347 m yükseltide kurulu olan Ergan Kayak Merkezindeki istasyonda 809 mm yağış gerçekleşmektedir. Bundan dolayı, WorldClim yağış dağılış haritası gerçek değerler yansıtmaktan bir hayli uzaktır.

3.5.Munzur Dağlarının İklim Sınıflandırması

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) (Web 4), Türkeş (2010) ve Türkeş ve Tatlı (2011) tarafından yapılan iklim sınıflandırması çalışmaları ile Munzur Dağ-

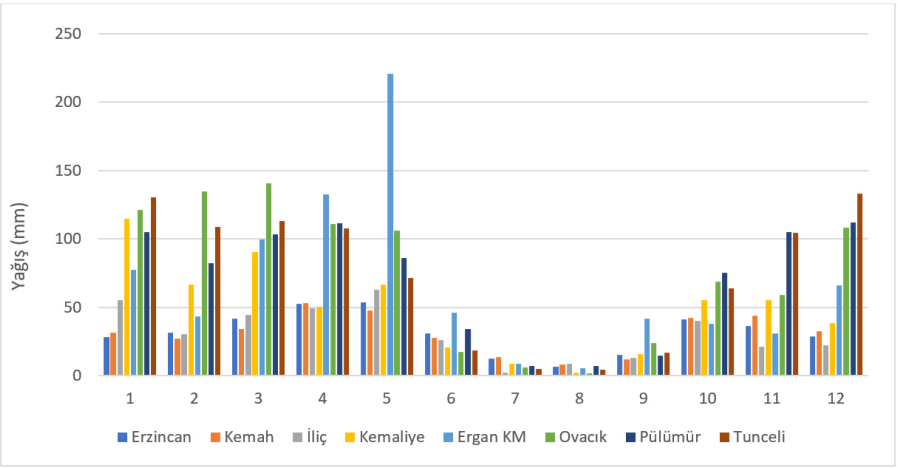
ları ve çevresinin iklim tipi hakkında bilgiler elde edilmiştir. Buna göre, MGM iklim sınıflandırmalarına göre Munzur Dağları yöresi alansal olarak, yarı nemli iklim tipine girer (Thorntwate, Erinç ve De Martonne yöntemleri ile hazırlanmış haritalara göre). Bu yöntemlerin dayanak noktasını yağış elemanı oluşturmaktadır. Türkeş (2010) tarafından Köppen-Geiger yöntemini baz alarak oluşturulan ve sıcaklık ile yağışı birlikte değerlendiren Türkiye iklim sınıflandırmasına göre ise Nemli Karasal (D) İklim tipine dahil edilebilir. Bu iklim tipi, genel olarak nemli, en soğuk ay ortalamasının 0˚C veya altında olduğu en sıcak ay ortalamasının 10˚C'nin altında olduğu kışları şiddetli ve çok soğuk bir iklimle karakterize olur (Türkeş, 2010). Çalışma sahası, Türkeş ve Tatlı'nın (2011) yağış rejim sınıflandırmasına göre ise karasal, çoğunlukla kuzeyli hava sistemlerinin değişkenlikleri, ayrıca konvektif kararsızlık olayları ve kış mevsiminde egemen kar yağışları ile kendine gösteren iklim sınıflandırmasına girer.

Munzur Dağları çevresinde yer alan meteoroloji istasyonlarına ait sıcaklık grafiği incelendiğinde, bütün meteoroloji istasyonlarının sıcaklık rejiminin benzerlik gösterdiği görülmektedir. Kemaliye dışında bütün meteoroloji istasyonların Ocak ayı sıcaklık ortalamaları 0˚C altına inmektedir. En düşük sıcaklık değerlerinin görüldüğü Ocak ayından sonra, sıcaklıklar Temmuz-Ağustos aylarına kadar artış eğilimine girmekte, Ağustos ayından itibaren ise azalmaya başlamaktadır (Şekil 17). Ergan Kayak Merkezi İstasyonu dışında tüm istasyonlarda Temmuz ve Ağustos ayı ortalamaları 20˚C'yi geçmektedir. Sıcaklık amplitüdü yaklaşık 25-30˚C arasındadır. Sıcaklık rejimi olarak ise, sıcaklığın hızlı yükselip, hızla alçaldığı Orta Kuşak kara tesirli (kontinental) (Dönmez, 1979) sıcaklık rejimine sahiptir.



Şekil 17: Munzur Dağları Çevresinde Bulunan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Aylık Ortalama Sıcaklık Grafiği

Meteoroloji istasyonlarına ait yağış grafiğinde ise, yağışların istasyonlara göre farklılık gösterdiği, bununla birlikte, bütün istasyonlarda en düşük yağış tutarının Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 18). Sahanın kuzeyinde bulunan istasyonlarda yağış fazlalığının Nisan ve Mayıs aylarına denk gelmektedir. Kış aylarındaki yağış ise bahar aylarından düşük olmuştur. Bu istasyonların yağış rejimi, geciken frontal süreçlerden kaynaklanan yağış azamisinin ilkbahar veya ilk yaza rastladığı, kışın, kutbi hava kütlelerinin işgali ve yüksek basınç altında yağışların az görüldüğü kontinental yağış tipine (Dönmez, 1979) benzerlik göstermektedir. Ovacık, Tunceli ve Pülümür istasyonlarında ise, yağışlar kış ve bahar aylarında fazla, yaz aylarında ise azdır. Bu haliyle, yağış maksimumunun kışın, yağış minimumunun yaza denk gelmesi ile beraber (Akdeniz etkisi), yaz kuraklığının daha hafif ve ilkbahar yağışlarının Akdeniz kıyılarından daha kuvvetli olduğu (karasallık etkisi) İç Anadolu geçiş tipi (Erinç, 1996) içinde değerlendirilebilir.



Şekil 18: Munzur Dağları Çevresinde Bulunan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Aylık Ortalama Yağış Grafiği

Sonuç

Munzur Dağları yakın çevresinde bulunan meteoroloji istasyonlarına ait veriler kullanılarak, CBS ortamında IDW, Kriging ve Spline enterpolasyon yöntemleri ile sıcaklık ve yağış dağılış haritaları üretilmiştir. Ayrıca, WorldClim verilerinden yararlanılarak çalışma sahası için oluşturulan sıcaklık ve yağış haritaları incelenmiş ve enterpolasyon yöntemleri ile karşılaştırılmıştır.

Dağılış haritalarından elde edilen değerlere göre, Munzur Dağlarının en yüksek kesimlerinde ortalama sıcaklıklar -4 °C kadar inmektedir. Yükseltinin azalması ile, sıcaklıklar dağ eteği kesiminde ~ 6-8 °C ulaşmaktadır. Ortalama sıcaklıklarda, Dağın en yüksek ve en alçak kesimleri arasında ~10-12 °C sıcaklık farkı mevcuttur. Ocak ayı ortalama sıcaklıkları Munzur Dağlarının zirveler bölgesinde -20 °C civarındayken Temmuz ayı ortalama sıcakları aynı kesimde yaklaşık 10 °C'dir. Munzur Dağlarının en yüksek kesimlerinde, Ocak ve Temmuz ayları ortalama sıcaklık değerleri baz alındığında yıl içinde oluşan sıcaklık farkı IDW, Kriging ve Spline yöntemlerine göre yaklaşık 30 °C, WorldClim verisine göre ise yaklaşık 20°C'dir. Kullanılan enterpolasyon yöntemleri içinde, IDW yönteminin, gerek sıcaklığı bilinen meteoroloji istasyonları, gerekse randomize istasyon değerleriyle uyumu nedeniyle diğer yöntemlere oranla daha uygun bir enterpolasyon yöntemi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

IDW, Kriging ve Spline yöntemlerine göre Munzur Dağlarının en yüksek kesiminde yağış tutarı 1650-1850 mm arasındadır. Dağ eteğindeki yağış değerleri ise güney kesimde 1000-1200 mm iken, kuzey kesimde 600-800 mm aralığında gerçekleşmektedir. Dağın kuzey ve güney kesimleri arasında önemli bir yağış asimetrisi mevcuttur. Güney kesim, kuzey kesime göre iki katı geçen oranda daha fazla yağış almaktadır. Kuzeyde bulunan Erzincan, Kemah ve İliç istasyonlarında yıllık yağış ortalamaları yaklaşık 370 mm iken güney kesimde bulunan Ovacık istasyonunda 898 mm, Tunceli istasyonunda 877 mm olarak gerçekleşmedir. WorldClim dataseti ise, sahadaki yağış dağılışını, yıllık yağış ortalaması bilinen meteoroloji istasyonları ile karşılaştırıldığında hatalı vermektedir. IDW enterpolasyon yönteminin, yağış tutarı bilinen meteoroloji istasyonlarının bulunduğu alanlardaki yağış değerlerini daha gerçekçi yansıtması nedeniyle saha için en uygun enterpolasyon yöntemi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Munzur Dağları, kışı çok soğuk ve kar yağışlı, en sıcak ay ortalamasının 10˚C civarında olduğu iklim özelliklerini yansıtmaktadır. Dağlar, sıcaklığın hızlı yükselip, hızla alçaldığı Orta Kuşak kara tesirli (kontinental) sıcaklık rejimine sahiptir. Yağış rejimi olarak ise, kuzey kesim kontinental yağış tipi, güney kesim İç Anadolu geçiş tipi özelliklerine sahiptir.

Kaynaklar

Arslanoğlu, M., Özçelik, M. (2005). Sayısal Arazi Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi. 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart-1 nisan 2005 . Ankara

Bilgin, T. (1972). Munzur Dağları Doğu Kısmının Glasiyal ve Periglasiyal Morfolojisi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları No:1757, Coğrafya Esntitüsü Yayınları No:69.

Bayrakdar, C., Çılğın, Z., Döker, M.F. & Canpolat, E. (2015). Evidence of an active glacier in the Munzur Mountains, eastern Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 24, 56-71.

Bilgin, T. (1972). Munzur Dagları Dogu Kısmının Glasiyal ve Periglasiyal Morfolojisi. İstanbul Üniversitesi Yayınları No:1757, Cografya Enstitüsü Yayınları No: 69.

Çılğın, Z., (2013). Ovacık Ovası (Tunceli) ve Munzur Dağlarının Güneybatı Aklanının Jeomorfolojisinde Buzullaşmaların Etkisi. Kilis Universitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 3 (6), 103-121.

Dönmez, Y. (1979). Umumi Kllimatoloji ve İklim Çalışmaları. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayın No.2506, Coğrafya Enstitüsü Yayın No.102.

Erinç, S. (1996). Klimatoloji ve Metodları. İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım.

Özdemir, H. (2007). Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi. Basılmamış Doktora Tezi, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul.

Thiessen, A. (1911). Precipitation avarages for large areas. Mon. Wea. Rev., Vol.39 : 1082 – 1084.

Turoğlu, H. (2008). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları (Genişletilmiş 2. Baskı). Çantay Kitabevi, İstanbul.

Türkeş, M (2010). Klimatoloji ve meteoroloji.İstanbul, Turkey:Kriter Yayınevi (in Turkish).

Türkeş, M. ve Tatlı, H. (2011). Türkiye yağış bölgelerinin spektral kümeleme tekniğiyle belirlenmesi. In: Proceedings of the National Geographical Congress with International Participation, İstanbul, Turkey (CD-ROM).

Web 1: http://worldclim.org/version2 (25 Nisan 2019 tarihinde ulaşılmıştır).

Web 2: http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm (27 Nisan 2019 tarihinde ulaşılmıştır)

Web 3: http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/3d-analyst-toolbox/how-spline-works.htm (27 Nisan 2019 tarihinde ulaşılmıştır)

Web 4: Website https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx (27 Mayıs 2019 tarihinde ulaşılmıştır).

14. BÖLÜM

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) VE UZAKTAN ALGILAMA (UA) İLE VOLKANİK VE GAZ RİSK MODELLEMELERİNİN OLUŞTURULMASI YAKAÖREN (ISPARTA) ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Ergin CANPOLAT - Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

1. Giriş

Volkanizmanın gerçekleşmiş olduğu, gerçekleşiyor olduğu veya gerçekleşebilme ihtimalinin olduğu bölgelerde volkanik aktivite takibi yapılması hayati önem taşımaktadır. Fakat buradaki başlıca olgu volkanik aktivite gerçekleştiren sahanın nüfus ve yerleşme bölgelerine veya beşeri aktivitelerin yapıldığı yerlere yakınlığı veya uzaklığıdır. Yerleşim yerlerine yakın, nüfus barındıran bölgelerdeki volkanların takibi, olabilecek kayıpların önlenmesi açısından daha büyük önem taşımaktadır. Bazı durumlarda ise yerleşim alanlarına binlerce km mesafedeki volkanlar dahi tsunami, atmosferik kirlenme, oluşturabilmektedir. Büyük çaplı volkanik patlamalar özellikle hava ulaşımında aksamalara yol açmaktadır. Bu bakımdan yerleşimin olduğu bölgelerdeki volkanik takip kadar, yerleşimden uzak olan bölgelerdeki volkanik faaliyetlerin de izlenmesi veya takip edilmesi gerekmektedir. Volkanik faaliyetlerin öngörülebilirliği mümkündür. Ancak bu birbirinden farklı bir dizi takip metodu kullanılarak saptanabilmektedir. Üzerinde hassasiyetle durulması gereken bu metotlar şunlardır:

Temel Gözlem Metotları

- Sismik takip
- Yer şekillerindeki ve yer kabuğundaki bozulmaların takibi (tiltmetre gibi)

Destekleyici metotlar

- Yerçekimi, elektriksel ve manyetik çalışmalar
- Jeokimya (gaz ölçümü ve su takibi)
- Uydulardan yararlanılarak yapılan takip

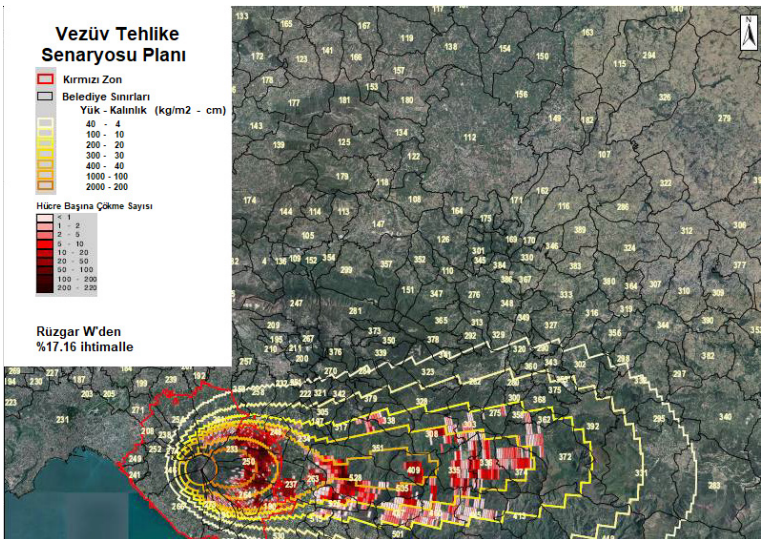
- GPS
- Radar interferometre,
- Isı takibi
- Lidar ile takip (Lazer destekli hassas yüzey ölçümü)

Volkanik sahada geçmiş dönemlerde meydana gelmiş aktivitelerin jeoloji ve jeomorfoloji çalışmalarıyla tespiti ile yukarıda belirtilen gözlem ve takip metodlarının uygulanması sonucu volkanik aktivite nitelikleri saptanır. Volkanın aktivite karakteri ortaya çıkarılır. Böylece nüfus, beşeri ortam ve faaliyetler ile ekolojik ortam göz önünde bulundurularak tehlike ve risk modellemeleri yapılır. Lav akmaları, piroklastik akma ve düşmeler, kül düşmeleri, kül düşmelerine bağlı bina çökmeleri, lahar akmaları, orman yangınları, tsunami, taşkın gibi tehlike durumlarının dereceli risk modellemeleri üretilir. Yine gaz çıkışı özellikleri, topoğrafik veriler ile hakim rüzgar hız ve yönü göz önünde bulundurularak risk modellemeleri yapılır. Volkanik gözlem metodlarından yararlanılarak erken uyarı sistemleri de geliştirilir.

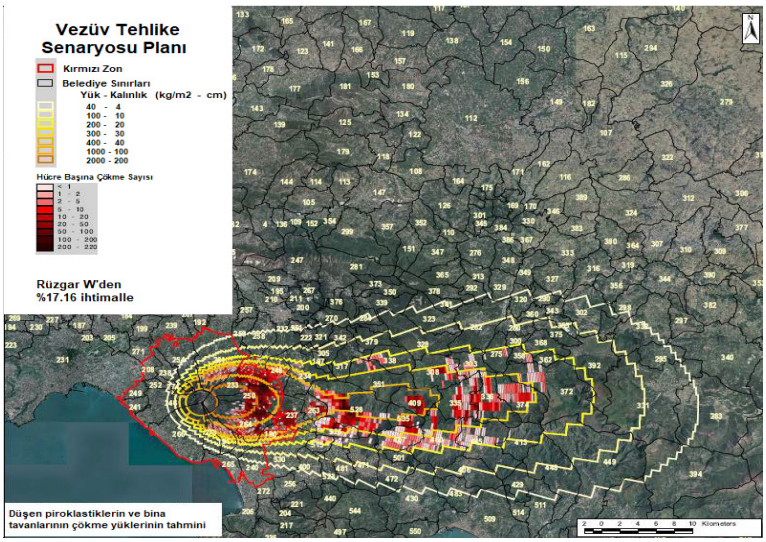
Aktif volkanik alanlarda, CBS ve UA kullanılarak yapılan volkanik risk analizlerine çok sayıda örnek verilebilir. Aşağıda İtalya'daki Vezüv volkanı ile ABD'de Washington Eyaleti'ndeki Mount Rainier volkanı için oluşturulan risk modellemelerine değinilmiştir. Bu çalışmalardan da anlaşılacağı üzere, veri kaynaklarına göre tehlike zonlarının belirlenmesi volkanik risk modelleme çalışmalarında başlıca yaklaşımıdır.

İtalya'da Napoli körfezi yakınında yer alan Vezüv yanardağı, üzerinde en çok durulan ve volkanik aktivitesi gözlemlenen, hali hazırda turistlerin uğrak noktası olan bir volkandır. Volkanizmanın özelliklerinin tespiti için jeolojik ve jeomorfolojik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Böylece volkanizmanın gerçekleşme periyodu ve aktivite anında etkili olduğu alanlar haritalanmıştır. Buna göre Vezüv dağının olduğu bölgede 30000-20000 yıl önce Mt. Somma yerleşmiştir. 18000 yıl önceden M.S. 79'a kadar 4 ana phreatik patlama yaşanmıştır. Bunların herbirinde ara dönem volkanizmaları gerçekleşmiştir. M.S. 79'dan 1944'e kadar güncel koni şekillenmiştir. Özellikle 472 ve 1631 aktiviteleri Sub-Plinian karakterde gerçekleşmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda her evre için Volkanik Patlama İndisi (VPİ) oluşturulmuş, patlamanın etki alanı ve çıkan materyal hesaplanmıştır.

Risk analizi ve modelleme için 1631'de yaşanan aktiviteye yakın öngörülen Sub-Plinian tip seçilmiştir. Faaliyet gerçekleşme ihtimali açısından 60 ile 200 yıl arası sakin dönemler olduğu öngörülmüştür. Strombolian VPİ=3 yaşanması ihtimali %72, Sub-Plinian VPİ=4 gerçekleşme ihtimali %27, Plinian VPİ=5 gerçekleşme ihtimali %1 olduğundan (Marzocchi vd., 2004) tehlike senaryosu Sub-Plinian VPİ=4 için oluşturulmuştur (Macedonio ve Martini, 2010) (Şekil 1, 2, 3).

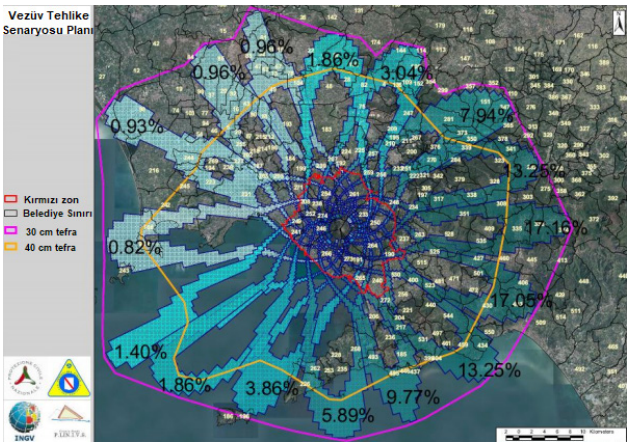


Şekil 1: Sub-Plinian (VPİ 4) Bir Patlamada Meydana Gelebilecek Bina Çökmesi Senaryosu. Kaynak: Mecedonio ve Martini, 2010)



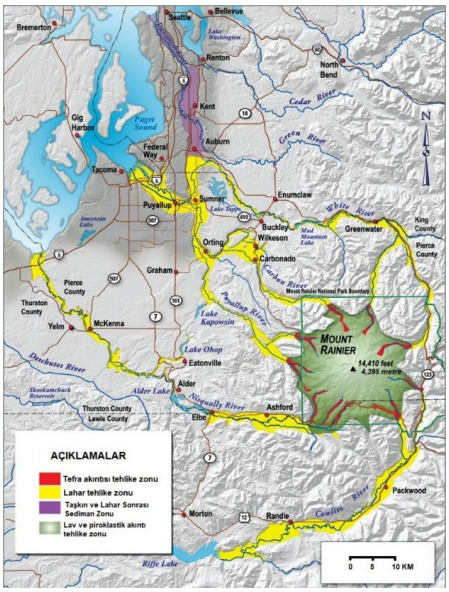
Şekil 2: Olası Bir Sub Plinian Patlaması Renkler Beklenen Kül Yüklerini ve tahmini Çatı Çökmelerini Gösterir. Rüzgâr W yönden. (Kaynak: https://www.unige.ch/sciences/terre/CERG-C/files/3614/7732/2217/CERG_4Nov11_Barberi.pdf).

2016'nın Vezüv acil durum planında belirtildiği gibi: Kırmızı bölge sınırları piroklastik akış riskine ve ciddi tephra riskine maruz bölgedir. Mavi daire kül düşme sınırını gösterir. 300 kg / m2.



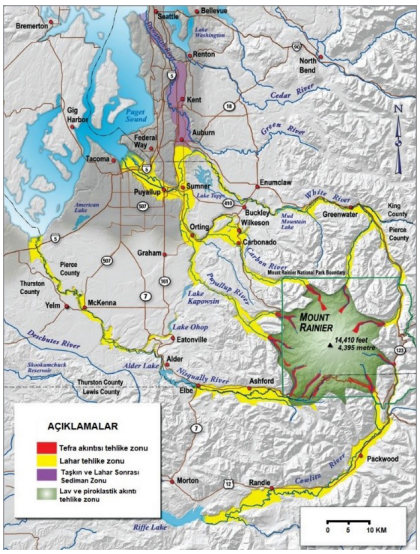
Şekil 3: Piroklastik Akma İçin Tehlike Değerlendirmesi, Referams Alınan Patlama tipi: Sub- Plinian (VPİ = 4), Patlama Sütun Yüksekliği 18 km, Toplam Püskürtülen Malzeme $5x10^{11}$kg. (Rüzgar verisi Napoli: 1991-2010) Kaynak: Mecedonio ve Martini, 2010)

ABD'de Washington Eyaleti'nin Seattle ve Tacoma şehirlerine yakın olan volkanik Mount Rainier dağı, deniz seviyesinden 4395 m yüksektedir. Üzerinde buzulların yer aldığı dağlık alan her yıl yaklaşık iki milyon ziyaretçi tarafından ziyaret edilmektedir. ABD Jeolojik Araştırmaları (USGS) dairesi, Mount Rainer'i ülkenin en tehlikeli yanardağlarından biri olduğunu vurgulamaktadır. Zirveden eteklere doğru olan vadilerde şimdileri yoğun nüfuslu olan alanları lahar ve piroklastikler ile örten çok sayıda volkanik faaliyet olmuştur.



Şekil 4: Mont Rainer İçin Volkanik Tehlike Haritası Harita, ABD USGS Açık Dosya Raporu 98-428'den basitleştirilmiştir.

USGS'in bilim adamları volkanik saha için risk değerlendirmeleri gerçekleştirmektedir. İlk olarak, önceki dönemlerde meydana gelen volkanik aktivitelerin, tefra akışlarından, laharlarından, lavlarından piroklastik akışlarından etkilenen alanlar tespit edilmiştir. Yapılan tespitlerden sonra tehlike zonları haritası üretilmiştir. Örneğin, toprak kaymalarının oluşturduğu patlamalardan kaynaklanan en büyük tehlike, volkanın batı tarafındadır çünkü burası çok miktarda piroklastik materyal içerir. Birkaç nehirdeki baraj ve rezervuarlar, akışın tamamını veya bir kısmını kapatarak gelecekteki felaketlerin seviyesini azaltabilir. Ancak barajlar laharın etkisini de arttırabilir (Şekil 4).



Şekil 4: Mont Rainer İçin Volkanik Tehlike Haritası Harita, ABD USGS Açık Dosya Raporu 98-428'den basitleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metod

Çalışma sahası olan Isparta Yakaörendeki gaz kuyusunda, ilk gaz ölçümleri TPAO (Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı) tarafından yapılmıştır. Ölçümler ile hem kuyudan çıkan gazın basıncı hem de kimyasal bileşimi tespit edilmiştir.

Tarafımızdan yapılan çalışmada ise sahadan gaz numunesi alımı için 30 cm çapında çelik huniye bağlı çift taraflı pompadan yararlanılmıştır. Kuyudan çıkan gazın atmosferik gaz ile karışmaması için killi toprak çamuru ile huninin ağız kısmı sıvanmıştır. Huniden gelen gaz çift taraflı pompa ile plastik kapaklı serum şişelerine enjekte edilmiştir. Gaz verisinin teyidi için pompa kullanılmadan doğrudan zemine oturtulmuş huninden gelen gaz serum hortumu ve iğneleri kullanılarak serum şişelerine enjekte edilmiştir. Şişelere enjekte edilen gazın korunması için şişe ağızları muntazam olarak kapatılmış, güneş görmeyecek şekilde laboratuvar ortamına taşınmıştır. Gaz kimyasal analizleri İstanbul Üniversitesi Petrol ve Doğal Gaz Laboratuvarında yapılmıştır.

Gaz kuyusunun olduğu vadiye Dawis Vantage Vue meteoroloji cihazı yerleştirilerek bir yıl boyunca meteorolojik veri sağlanmıştır. Elde edilen rüzgâr verileri gaz dağılım modellemesinde kullanılmıştır.

Gaz dağılım özelliklerinin tespiti için sorguç veya kuyuya bağlı gaz dağılım modellemesi üretebilen ALOHA 5.4.7 yazılımından yararlanılmıştır. CO_2, H_2S gazlarının dağılım özelliklerinin saptanması için öncelikle mevcut ölçülen gaz verileri, meteorolojik veri, yükselti verisi yazılımın ara yüzüne girilmiştir. Yazılım

çalıştırılarak her bir gaz için ayrı ayrı tehlike zonları tespit edilmiştir. Topoğrafik koşullardan bağımsız olan bu tehlikle zonları, ArcMap yazılımı Buffer Analiz özelliği kullanılarak kuyudan uzaklığa ve yükseltiye bağlı oluşturulan zonlar ile Raster Calculation'a tabi tutulmuş ve tehlike zonlarına dönüştürülmüştür. Bu işlem mevcut gaz çıkış miktarlarının artma ihtimalleri düşünülerek 10, 100, 1000 misli artışlarda tehlike zonlarının tespiti için de yapılmıştır.

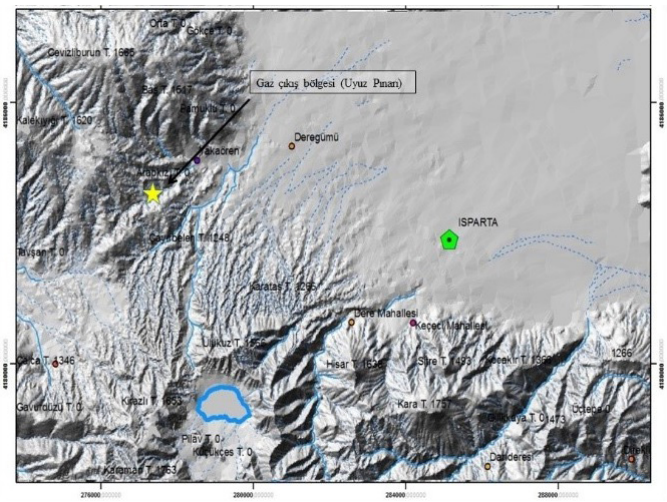
Çalışma sahasının arazi kullanımı tespiti için LandSat 4-5 TM 2008 yılı uydu görüntüsünden yararlanılmıştır. Bu uydu görüntüsüne 3,2,1 band kombinasyonu uygulanarak arazi kullanım sınıflaması yapılmıştır. Ayrıca Google Earth görüntüleri ile, 1/25 000 ölçekli topoğrafya haritasından yararlanılmıştır. Farklı tarihlerde yapılan arazi çalışmalarıyla veriler yerinde değerlendirilmiştir.

Çalışma sahasının beşeri coğrafi özellikleri, nüfus, yerleşme, arazi kullanımı, ulaşım, ekonomik faaliyetler açısından incelenmiş, farklı miktarlarda çıkacak gazın oluşturabileceği tehlikeler analiz edilerek risk modelleme haritaları üretilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Yakaören Gaz Çıkışı ve Özellikleri

Yakaören Köyü GB'sında vadi içinde Uyuz Pınarı adı verilen mevkiinde (37º 46′ 19.62′′ K – 30º 28′ 09.95′′ D) 1247 metre rakımda; 2008 yılında sondajla termal amaçlı kullanmak üzere sıcak su arama çalışmaları sürecinde 620 metre derinliğe inildiğinde gaz basıncından kaynaklanan bir patlama yaşanmıştır. Vadi uzanışının bir sonucu olarak bu ilk gaz çıkışıyla birlikte etrafa özellikle Yakaören Köyü ve Isparta şehir merkezi kuzey kesimlerine doğru insanları rahatsız eden bir koku yayılmıştır (Şekil 5, Fotoğraf 1). (Şekil 5, Fotoğraf 1).



Şekil 5: Yakaören Gaz Çıkış Noktası



Fotoğraf 1: Kuyudan Çıkan Gazın Bir Kısmının Tahliye Edildiği Havuz ve Etrafında Gaz Kaçağını Önlemek İçin Yapılan Betonlama Çalışması

Temmuz 2008'de TPAO uzmanları kuyuda H_2S değerini 5000 ppm olarak ölçmüştür. Bu gazın tehlike sınırı ise 20 ppm'dir. Kuyudan çıkan CO_2 oranı %94-96 olduğundan kuyunun CO_2 kuyusu özelliğinde olduğunu vurgulamışlardır. TPAO uzmanları CO_2'nin boğucu gaz özelliğinde olmasının sıkıntılar yaratabileceğini belirtmişlerdir. CO_2'nin vadi içinde yayıldığında düşük kotlu çukur yerlerde birikerek buradaki canlıların nefes almasını engelleyeceği, gerekli bilgilendirme ve tedbirlerin alınması gerektiğini ifade etmişlerdir. Hava akımından dolayı H_2S oranının kuyudan uzaklaştıkça düştüğünü ve tehlike sınırının altında olduğunu gözlemlediklerini de eklemişlerdir.

Ocak 2010'da tarafımızdan kuyu başından 7 metre mesafeden değişik noktalardan çift yönlü pompa kullanarak 6 adet gaz numunesi alınmıştır (Tablo 1). Bu gaz numuneleri İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Petrol ve Doğalgaz laboratuarında kimyasal analize tabi tutulmuştur. Analiz sonuçlarının H_2S oranı %0.2-0,3, CO_2 ise ortalama % 5.7 olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlara ek olarak Mart 2010'da TPAO uzman ekibince ikinci defa sahada inceleme ve ölçümler yapılmıştır. Kuyu başı mahallinde yapılan ölçümlerde havadaki H_2S oranı 0-19 ppm arasında değişim göstermiştir.

Tablo 1: Ocak 2010'da Kuyudan 7 Metre Mesafeden Alınan Numune Analiz Sonuçları

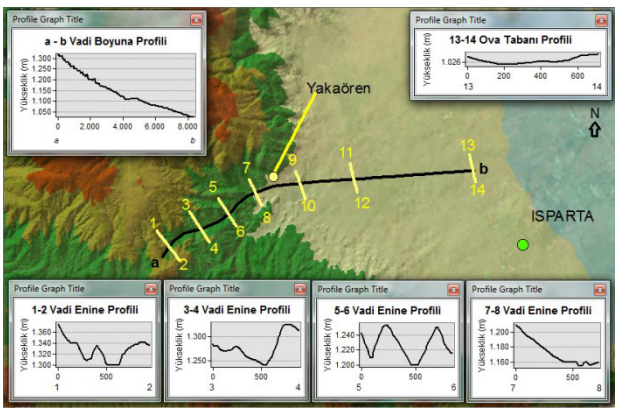
Numune Adı	CO2	N2
1	5,65	94,35
2	5,71	94,29
3	5,9	94,09
4	5,54	94,46
5	5,57	94,42
6	5,87	94,13
H2S Oranı %0,2-0,3 değerindedir.		
Not: Değerler % Konsantrasyon olarak ifade edilmiştir.		

Şubat 2011'de TPAO'nun Gaz ölçüm cihazı ile kuyu başından itibaren yaklaşık 10m yarıçaplı alan içerisinde muhtelif noktalarda gaz ölçümü yapılmıştır. Bu değerlendirmeye göre; en yüksek H_2S konsantrasyonu 98 ppm, en yüksek CO_2 konsantrasyonu ise 62000 ppm olarak ölçülmüştür. En yüksek gaz değerleri kuyu başı çevresinde meydana gelmiş olan çimento ile kaplanmış alanın çatlaklarında ölçülmüştür. Kuyu başında bulunan basınç göstergesinde kuyubaşı basıncının 4,9 bar olduğu gözlenmiştir. Kuyu başından yaklaşık 10 m. mesafeden sonra herhangi bir gaz değerine rastlanmamıştır.

Tüm bu çalışma süreci devam ederken Nisan 2011'de gaz kuyusu, Isparta Valiliği tarafından çimento enjekte etmek suretiyle kapatılmıştır. Bu noktadaki güvenlik tedbiri amaçlı havuz kapatılmış, gaz çıkışının yoğun olduğu bölgedeki tel örgü kaldırılmış, beton zemin topoğrafik görüntüye uydurularak, ilksel görüntüsüne kavuşturulmaya çalışılmış, sondaj kuyusuyla alakalı izler tamamıyla yok edilmiştir.

3.2. Yakaören ve Çevresi Fiziki Coğrafya Özellikleri

Yakaören batısında bulunan ve gaz çıkışının gerçekleştiği, sondaj kuyusunun yer aldığı Büyükkükürt vadisi litolojik olarak volkanik kayaçların hakim olduğu bir sahadır. Büyükkükürt vadisinin boyuna ve enine topoğrafik profilleri üretilmiştir (Şekil 6). Bu işlem sonucunda vadinin uzanış doğrultusu ve eğim özellikleri irdelenmiştir. Vadinin gaz dağılışı üzerindeki tesirinin özellikle ana rüzgâr yönünün vadiye paralel olduğu dönemlerde Yakaören Köyü ve Isparta için önemli tehlikeler oluşturabileceği sonucuna ulaşılmıştır.



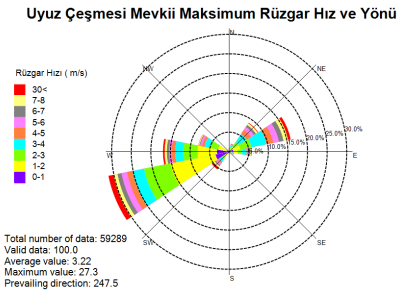
Şekil 6: Uyuz Pınarı Mevkii Büyükkükürt Vadisi (gaz çıkışının olduğu vadi) Profil Serileri

İnceleme alanı, Akdeniz iklimi ile Orta Anadolu iklimi arasındaki geçiş bölgesinde yer almaktadır. Saha içerisinde alçak alanlarda 400-500 mm arasında görülen yağış değerleri yüksek alanlarda 500 mm'nin üzerine çıkar. Alt kesimlerde 10-13 °C olan yıllık ortalama sıcaklık 2000 m'ler dolayında 5-8°C'ye düşer. Kış aylarında alçak alanlarda 0 C'nin üzerinde olan sıcaklık yükseklerde -5°C'nin altına iner. Alçak alanlarda Temmuzda 25°C'nin üzerine yükselen sıcaklık, Ocak ayında daima 0°C'nin üzerindedir (Atalay, 2010).

Çalışma alanında Yakaören'deki gaz çıkışı risk faktörünün mikroklimatik koşullardan etkilenme durumu düşünülerek, gaz çıkışının olduğu vadiye otomatik seyyar meteoroloji İstasyonu Dawis Vantage Vue kurulmuştur (Foto 2). Çalışma alanının bu kesiminde otomatik meteoroloji istasyonundan yıl boyunca 10'ar dakikalık ve bazı zamanlarda 1'er saat ortalama ile sıcaklık, basınç, rüzgâr hız ve yönü (Şekil 7), yağış verileri elde edilmiştir.

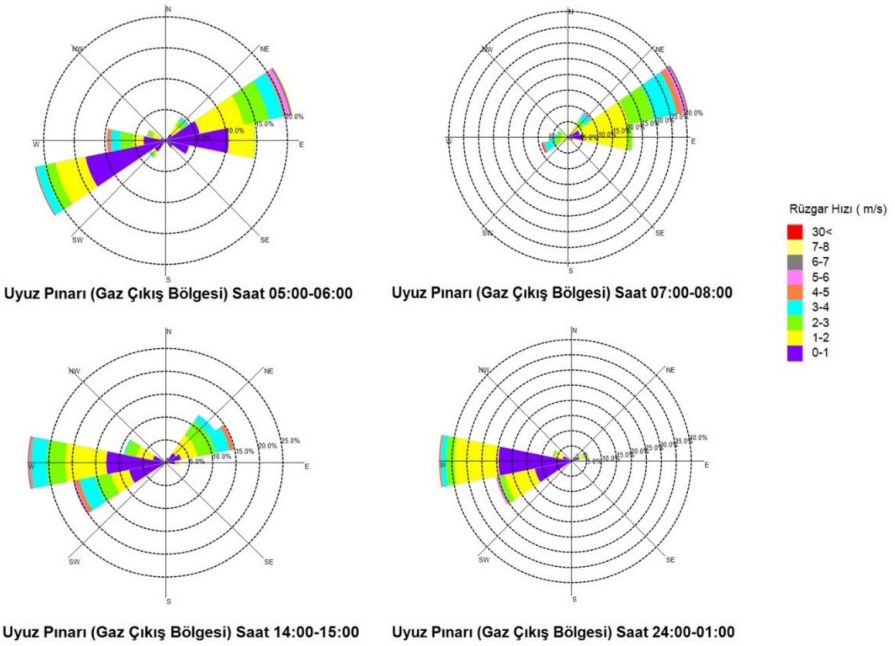


Fotoğraf: 2: Gaz Çıkış Noktası Yakın Kurulan Seyyar Meteoroloji İstasyonu



Şekil 7: Uyuz Pınarı Mevkii Maksimum Rüzgar Hız ve Yönü Diyagramı

Gaz çıkış alanının yer aldığı Uyuz Pınarı Mevkii'nde ölçülen rüzgâr özelliklerine göre hakim rüzgar yönü W (Batı), ardından WSW (Batı Güneybatı) şeklindedir. Rüzgâr frekans gülleri incelendiğinde en çok esen rüzgârların %50'nin W sektörlü olduğu yine yaklaşık % 20'sinin NE (Kuzeydoğu) ve E (Doğu) sektörlü olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan bu sonuçlar üzerinde topoğrafik etkiler olan vadinin uzanışı ve yamaç eğimlerinin etkisinin olduğu da söylenebilir. Uyuz Pınarı bölgesinde öğleden sonra saat 14:00'dan saat 04:00'a kadar günün önemli bir bölümünde hakim rüzgâr yönü W, WSW olarak karşımıza çıkmaktadır. Saat 04:00-06:00 arasında yamaçlardan vadiye doğru esen rüzgârlar; vadinin içerisinde hava yoğunluğunu arttırılar. Saat 07:00'dan 12:00'a kadar hakim rüzgâr yönü ENE (Doğu Kuzeydoğu) şeklinde olmaktadır ki bu da hava kirliliğinin başta yakaören ardından da Isparta şehir merkezine taşınması açısından önemlidir. 12:00'dan 14:00 'a kadar W ve WSW yön rüzgârı hakim rüzgâr özelliği kazanmaktadır. Uyuz Pınarında ortalama rüzgâr hızı 1-2 m/sn olurken, değerlerin W, WSW sektörde 11,6 m/sn hıza ulaşmakta olduğu gözlenir (Şekil 8).



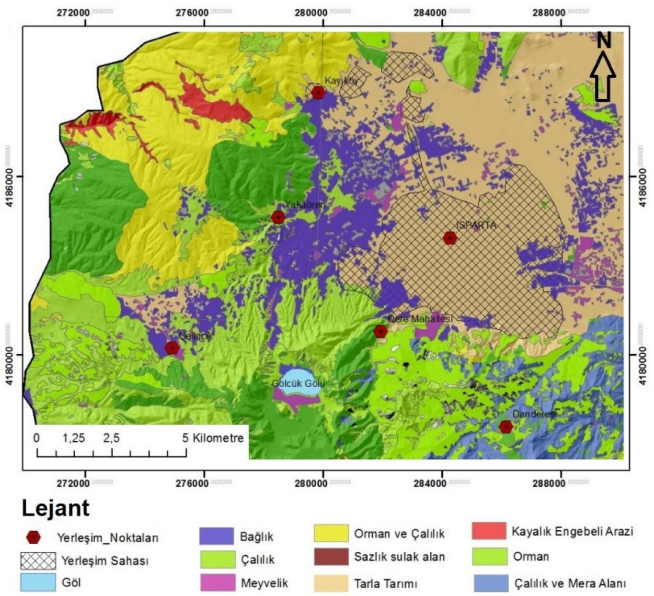
Şekil 8: Günün Farklı Saatlerinde Uyuz Pınarı Mevkii Hakim Rüzgar Yön ve Hızları Diyagramı

Rüzgârın Hava kirliliğini ve dağılışı üzerindeki etkisi iki yolla olur. I. Yol karışma, II. Yol taşımadır. Rüzgâr hızları kirliliğin hafifletilmesinde önemli bir rol oynar. Taşıma kirletici madde ve gazların rüzgâr hareketiyle kaynağından çevreye hatta uzak bölgeye taşınmasıdır. Taşınma kirleticinin uzaklaştırılmasını sağladığı için kaynak bölgesine yararlı olabilmesine karşın, kaynak bölgesinden taşınan kirleticinin etki alanında kalan uzak bölgelerde önemli bir sorun olabilir (Türkeş, 2010).

3.3. Yakaören ve Çevresi Beşeri Coğrafya Özellikleri

Isparta ve yakın çevresinde beşeri ve ekonomik faaliyetler amacıyla araziden yoğun bir şekilde yararlanılmaktadır. Özellikle Isparta ovası başta tarım olmak üzere, yerleşim ve sanayi amaçlı kullanılmaktadır. Arazi kullanım özelliklerinin tespiti için LandSat 4-5 TM 2008 yılı uydu görüntüsünün 3,2,1 bant kombinasyonu, Google Earth görüntüleri, 1/25 000 ölçekli topoğrafya haritası verilerinden yararlanılmıştır. Bu veriler sahaya yapılan arazi çalışmalarıyla yerinde değerlendirilerek güncellenmiştir (Şekil 9).

Gaz çıkışının yaşandığı Yakaören çevresinde çalılık alanlar, bağlık ve bahçelik alanlar ve ormalık alanlar izlenmektedir. Bu kesimde de çalılık alanlar fazla yer kaplamaktadır. Yakaören batısında ovalık alanda bağ ve bahçe alanları daha fazla gözlenmektedir.



Şekil 9: Çalışma Sahası Arazi Kullanım Haritası

a. Nüfus ve Yerleşme

TUİK (2012) verilerine göre Isparta şehir merkezi 2012 yılında 198 385 kişi nüfus varlığına sahiptir. Isparta şehir merkezinin belde ve köyleriyle toplam nüfusu 219 904'tür. Şehir yerleşmesi (Fotoğraf 3), Isparta Ovasında belirli bir bölgede yoğunlaşmışken son yıllarda, Süleyman Demirel Üniversitesi'ne doğru, Hisartepe'ye ve Eğirdir yoluna doğru büyüme göstermektedir. Tüm bu yerleşmeler genel olarak; Gölcük volkanizmasının aktif dönemlerde tesir ettiği bölgedir. Gaz kuyusunun Isparta şehir merkezine ortalama uzaklığı 7,5 km'dir. Özellikle şehrin kuzey yarısının, gaz değerlerinin yükselmesi durumunda risk de artacaktır.



Fotoğraf 3: Dere Vadisi'nin Ovaya Açıldığı Kesimdeki Yerleşim ve Kamu Binalarına Ait Görüntü

Gaz kuyusunun olduğu Yakaören Köyü'nün ise 1.792 nüfusu bulunmaktadır. Kuyunun yeniden hareketlenmesi, patlama yaşanması veya patlama karakterli Gölcük volkanizmasının tekrar hareketlenmesi durumunda olumsuz sonuçlar yaşanabilir. Zira mahalle ve köyleriyle birlikte 225.000 kişilik nüfusu barındıran ve adeta bir çanak gibi çevreye doğru yükseltinin genel olarak arttığı Isparta ovasının bu jeomorfolojik özelliği tehlikeden zarar görebilirliği arttıracaktır. Ayrıca şehir merkezinde gaz çıkışı tehlikesinden en fazla etkilenebilecek 60 yaş ve üzeri nüfus 23.277 kişi olarak hesaplanmıştır. Isparta ilinde genç nüfus oranı dikkat çekicidir. 2012 yılında il nüfusunun %37'si 25 yaş altındadır. 25-65 yaş arası nüfus, toplam nüfusun %52'sini, 65 yaş üstü nüfus, toplam nüfusun %11'ini oluşturmaktadır.

b. Ekonomik Faaliyetler ve Çeşitleri

Tarım ve Hayvancılık

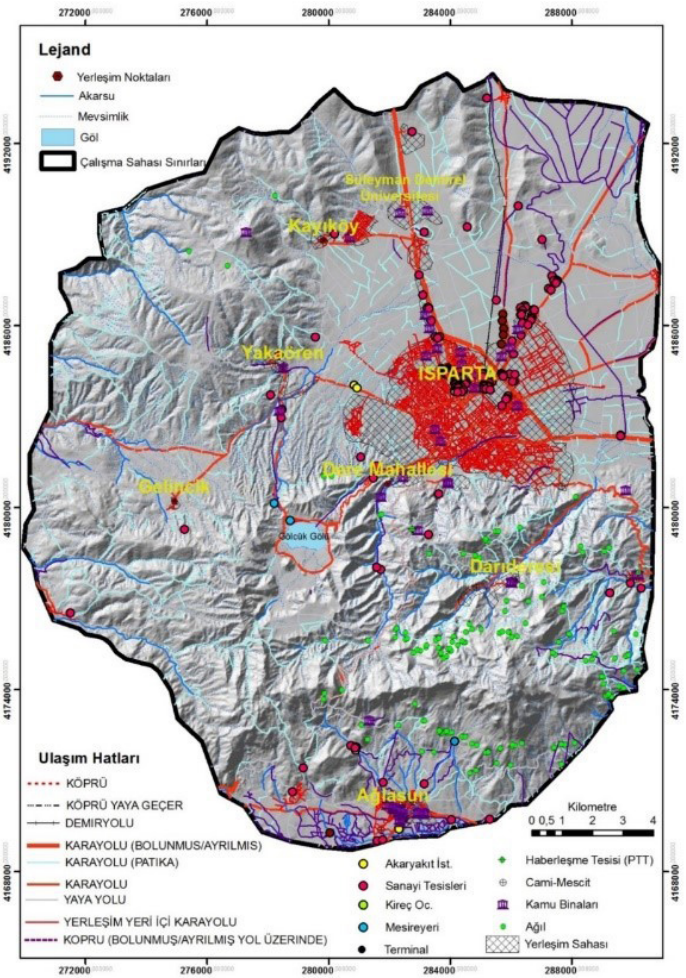
Volkanik gazdan zarar görebilecek bir diğer unsur hayvanlardır. Ekonomisi genel olarak tarım ve hayvancılığa dayanan Isparta'da besi hayvancılığı yaygındır. Isparta Şehir merkezinde yapılan hayvancılık faaliyetleri kapsamında bulunan hayvan sayıları TUİK 2013 verilerine göre 39.000 küçükbaş, 8000 büyükbaş ve 85.000 kümes hayvanı yaşamaktadır. Sayısal olarak en yaygın türü kıl keçisi oluşturmaktadır. İkinci sırayı yerli koyun almaktadır. Gaz çıkışının Isparta şehir merkezi ne ulaşması durumunda bu hayvanların ve doğal ortamda yaşayan diğer hayvanların zarar görebileceği ifade edilebilir.

Doğal bitki örtüsü ve tarımsal faaliyet kökenli bitki örtüsü gaz çıkışından etkilenebilecek bir diğer unsurdur. Çalışma sahasında başta Isparta Ovası olmak üzere çok sayıda gül, meyve ve sebze bahçeleri bulunmaktadır. Gül yetiştiriciliği ve sebze yetiştiriciliği açısından Isparta Ovası Isparta'ya bağlı diğer yerleşim birimleri açısından ön sırada yer almaktadır.

Sanayi ve Ulaşım Sistemleri

Sanayi tesisleri şehir merkezi çevresinde yoğunlaşmaktadır. Ancak çalışma sahasının genelinde şehir merkezi dışında değişik lokasyonlarda irili ufaklı sanayi tesislerine rastlanmaktadır.

Gaz çıkış sahasına yakın olan bölgelerde ulaşım hatlarının bulunması yaşamın tehlikeden zarar görebilme ihtimalini arttırabilecek bir etkendir. Gölcük Kalderası ile Yakaören'deki gaz çıkışı sahasına en yakın karayolu Isparta ve Burdur'u bir birine bağlayan karayoludur (Şekil 10). Bu yol fazla kullanılmamasına karşılık yine de yakın mesafeden dolayı tercih edilen bir karayoludur. Gaz çıkış noktasının Burdur-Afyon karayoluna olan kuş uçuşu uzaklığı en yakın mesafede 8,2 km olurken Isparta-Afyon karayoluna uzaklığı 6 km kadardır.



Şekil 10: Çalışma Sahasında Ulaşım Hatları, Sanayi Tesisleri ve Yerleşimin Dağılışı

Sosyal ve Kültürel Özellikler

Isparta kentine çok yakın (13 km) mesafede bulunan Gölcük Tabiat Parkı, halkın günübirlik dinlenme ve eğlenme ihtiyaçlarına cevap veren ve en çok gidilen doğal alan niteliğini taşımaktadır (Gül vd., 2002, 2004). Genç ve arkadaşları (2000)'e göre Isparta kent insanının %20 si rekreasyonel ihtiyaçları için Gölcük Tabiat Parkını tercih etmektedir. Piknik alanlarından en büyüğünün yer aldığı kuzey kesimdekini iki katlı restorant yakınlarında ayrıca küçük çocuk oyun alanı da mevcuttur. Piknik alanı içinde ise 125 adet kagir piknik ocağı, 58 adet ahşap piknik masası, 7 adet örtülü piknik masası, ve 4 adet WC bulunmaktadır. (Gül vd., 2002) (Fotoğraf 4).



Fotoğraf: 4. Gölcük Tabiat Parkı İçinde Piknik Yeri ve Çocuk Oyun Alanı

3.4. Mevcut Gaz Verilerine Göre Yakaören Gaz Risk Analizi ve Modelleme Yöntemi

Atmosferik dispersiyon modeli, gerçeğin basitleştirilmiş bir resmidir. Modelleme, eldeki verilere bağlı olarak geleceğe yönelik tasarım yapma işlemidir (Alkış, 1996). Modelleme gerçek sistemin bütün özelliklerini barındırmaz ancak ilişkili olan özellikleri konuları yönetimsel konuları ve çözülmesini umduğumuz bilimsel problemi içerir. Çevresel problemleri tahmin ve çözmek en iyi çözüm yollarını geliştirmek için kullanılar. Elde edilen verilerle gelişim projelendirilir (Turoğlu, 2011 a). Süreç; data girişi, dispersiyon hesaplamaları, gaz konsantrasyolarının çıkarımı ve analiz gibi işlemlerden oluşmaktadır. Günümüzde en fazla kullanılan dispersiyon modellerinin başında Gaussian- Sorguç modelleridir. Bunlar sorgucun niteliğini yaklaşık matematiksel verilerle ortaya koymaya çalışan modellerdir (Good Practise Guide, 2004).

Dispersiyon modelinde meteoroloji başta gelen bir öğedir; çünkü havadaki kirleticinin etkisini azaltan ilksel faktördür. Bundan dolayı modellemeden önce meteorolojik verinin dikkatli bir şekilde ele alınması gerekir (Good Practise Guide, 2004). Rüzgâr, basınç, sıcaklık bu öğenin etkisini oluşturan en önemli unsurlardır.

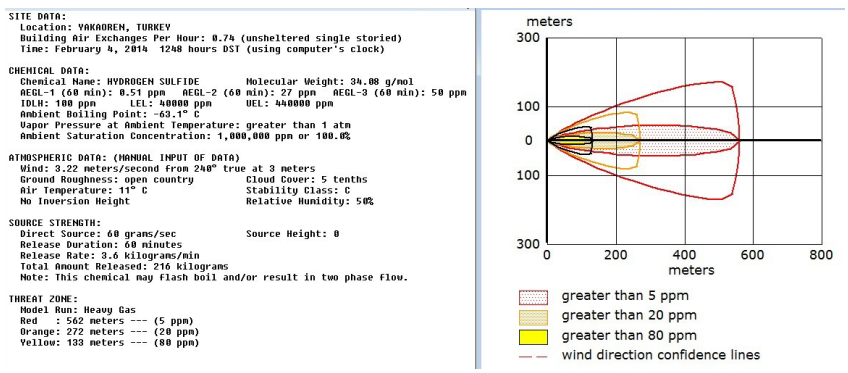
Atmosfer disperisyonunda kullanılan modelleme yazılımları şunlardır; AERMOD Modeling System, ALOHA, CALPUFF Modeling System, BLP, CALINE3, CAL3QHC/CAL3QHCR, CTDMPLUS, SCREEN and OCD.

ALOHA 5.4.7. yazılım programı kullanılarak gaz dağılım modellemeleri yapılmıştır. Bu modellemede topoğrafik veriler kullanılamamaktadır. Kuyuya ait gazın çıkış basıncı veya gaz miktarı, gaz kuyusunun zeminden yüksekliği, sıcaklık, rüz-

gar yön ve hızı, gaz kuyusunun koordinatları, gaz kuyusu rakım değeri, söz konusu gaz için belirlenmiş olan gaz ppm değer ölçütleri gibi veriler yazılıma girilmektedir. Bu veri girişi işleminden sonra yazılım çalıştırılmaktadır. Yazılıma işlenen veri sol eksende kalmak suretiyle istenilen ppm değerlerine göre gaz dağılımı modellemesi yapılmaktadır. Gaz dağılım zonları veri girişi yapılırken belilenmiş olan ppm dercelerine göre ortaya çıkmaktadır. Sonuç şekli istenirse Google Earth ve ArcGIS yazılımlarında kullanılabilcek .kml uzantılı dosya türüne dönüştürülebilmektedir.

Ortalama olarak 11 °C civarında olan yıllık sıcaklık koşullarında H_2S (Hidrojen Sülfür) gazının gaz kuyusundan çıkışının Temmuz 2008 verilerine göre 12 bar kuyu basıncıyla % 0.5 konsantrasyon değeri ve taşıdığı anda bir saatlik gaz çıkışı sonucu modellemiştir (Şekil 11).

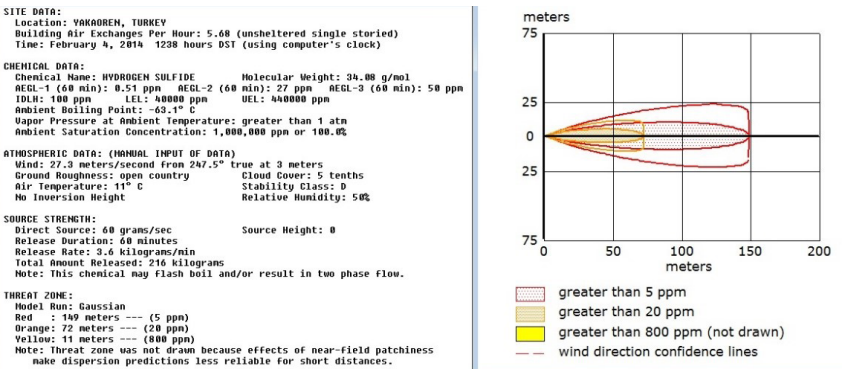
Bu modellemede rüzgâr yönü esiş sıklığı ortalama değerlerinin yüksek olduğu 240º olarak ve rüzgâr hızı 3.22 m/sn olarak düşünülmüştür. Zehirleyici olan H_2S gazının tehlike sınırı 4,6 ppm'dir. Buna bağlı olarak H_2S dağılımında 5 ppm ve üzeri 20 ppm üzeri ve 80 ppm üzeri olan noktaların tespiti yapılmaya çalışılmıştır. 2008 yılı verilerine göre kuyudan 500 metre yarıçaplı yerler için sınır değeri aşılmıştır. Büyükkükürt deresinde vadi uzanış doğrultusu dikkate alınmadan yapılan modellemede hareket yönü NE şeklindedir. Gaz kuyusundan 100 metre mesafedeki saha için tehlike değerleri çok yüksektir.



Şekil 11: Yıllık Ortalama Meteorolojik Verilere Göre ve 2008 Yılı Gaz Ölçüm Sonuçlarına Göre H_2S Gazının Dağılımı, Rüzgârın 240°'den estiği Kabul Edilmiştir

Gün içerisinde farklı saatlerde vadi içerisindeki rüzgâr hız ve esiş yönünde de değişiklikler meydana gelmektedir. Seyyar meteoroloji cihazı kullanılarak toplanan meteorolojik veriler değerlendirildiğinde 04-07 saatleri arasında vadide gaz çıkış merkezine doğru karşılıklı rüzgârların estiği yani dağ meltemi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu özellik gazın birikmesini tetikleyen bir durum olarak değerlendirilebilir. 07-08 arasında NE'dan 10-11 saatleri arasında yine NE-SW yönlerinde vadi merkezine doğru karşılıklı rüzgârlar etkili olmaktadır. Saat 12:00'den sonra ise W'dan E yönüne doğru esen rüzgârlar etkili olmaktadır. Bu daha önceki saatlerde

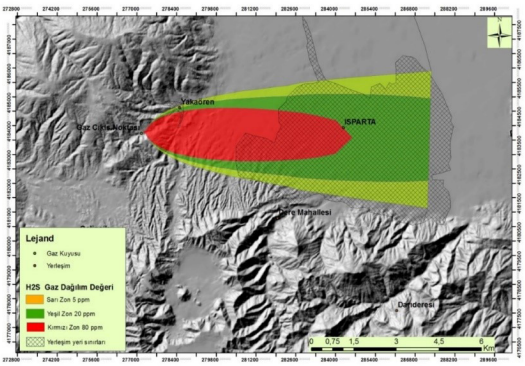
vadi tabanında biriken gazın başta Yakaören ardından Isparta şehir merkezine doğru yönelmesine neden olmaktadır. Yıllık maksimumum rüzgârın 247.5°'den 27.3 m/sn hız ile esmesi sonucuna göre gaz daha hızlı dağıldığından 5 ppm H_2S değerine kuyudan 150 metre ve daha yakın mesafelerden ulaşılmaktadır (Şekil 12).



Şekil 12: 2008 Yılı Gaz Ölçüm Sonuçlarına Göre ve Yıllık Ortalama Maksimum Rüzgâra Göre H_2S Dağılımı

3.5. Muhtemel Gaz Artışlarına Bağlı Olabilecek Gaz Risklerinin Modellenmesi

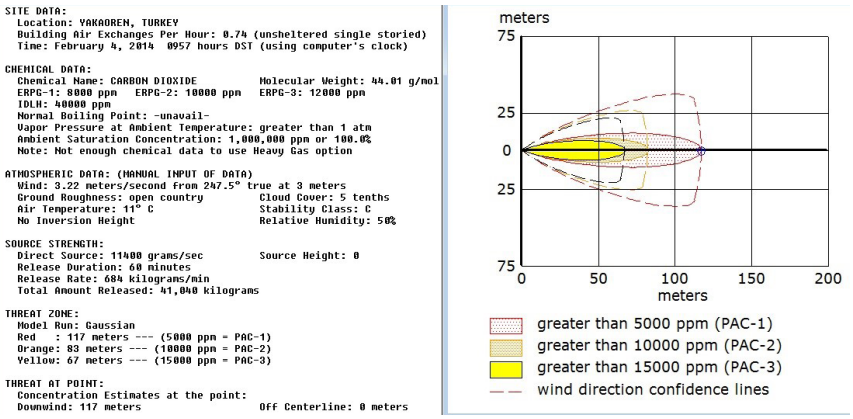
H_2S gazının kuyudan çıkış miktarının 1000 kat artması durumunda günlük minimum rüzgâr hızı (1.16 m/sn) ve ortalama yön (270°) verilerine göre 5 ppm değerin kuyudan 9 km mesafeye kadar aşılabileceği, kuyudan 5 km metre mesafe içerisinde 80 ppm değerinin aşılacağı sonucuna varılmıştır (Şekil 13). Böyle bir ihtimalin gerçekleşmesi durumunda Yakaören köyünün tamamı ve Isparta şehir merkezinin tamamına yakını büyük risk ile kaşı karşıya kalacaktır.



Şekil 13: H_2S Gazının 2008 Ölçüm Sonuçlarından 1000 Kat Artması Durumunda Günlük Minimum Rüzgâr Hızı ve Ortalama Yöne Göre Dağılımı Modeli

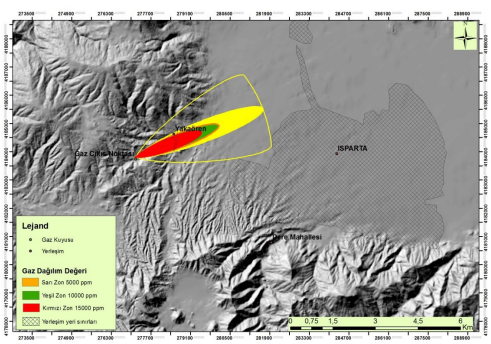
2008 yılında yapılan gaz ölçümü sounçlarına göre CO2 gazının aynı anda kuyudan ölçülen miktarı % 95 konsantrasyon olarak ölçülmüştür. Bu gazın dağılım özellikleri yıllık ortalama meteorolojik veriler kullanılarak hesaplattırılmıştır (Şekil 14).

CO_2'nin tehlike sınırı 5000 ppm'dir. Yapılmış olan modelleme sonucunda kuyudan 120 metre yarıçapı uzaklığındaki bölgelerin tehdit altında altında olduğu saptanmıştır. CO_2 ağır bir gaz olduğundan özellikle dağ meltemi veya aşırı durgun hava neticesinde vadi içinde birikimden sonra yüksek hızlı rüzgârla daha uzun mesafelerde hareket edebilir ve özellikle vadi çıkış noktasında bulunan Yakaören için beklenmeyen sonuçlar ortaya çıkarabilir.



Şekil 14: Yıllık Ortalama Meteorolojik Verilere ve 2008 Yılı Gaz Ölçümüne Göre CO_2'nin Dağılımı

Yıllık ortalama rüzgâr hız ve yön değerleri kullanıldığında; CO_2 gazının 2008 ölçüm sonuçlarından 1000 misli daha fazla çıkması durumunda 5000 ppm değeri ve üzerine kuyu merkezde kalmak üzere 4 km çapındaki alanda ulaşılmaktadır. Yakaören Köyü'nün tamamı ve Isparta şehir merkezinin kuzeyinde tehlikeden zarar görme olasılığı artacaktır (Şekil 15).



Şekil 15: Yıllık Ortalama Rüzgar Hız ve Yönüne Göre CO_2 Gazının 2008 Ölçüm Sonuçlarından 1000 Misli Artması Sonucu Gaz Dağılımı

3.6. Volkanik Kökenli Gaz İçin Risk Analizi

Doğal afetle mücadelede; insanların tehlikeyi yorumlama biçimleri, zararı azaltma çabaları, serbest piyasanın hareket şekli gibi sosyal faktörler, hangi aşamaların gerçekleştiğini, hangilerinin gözden kaçırıldığını, gelecek afetlerde kayıpların kapsamını belirlemede kesin bir rol oynamaktadır (Mileti, 1999).

Bu çalışma kapsamında doğal afet riskini, tehlikenin boyutu ve özelliklerini ifade etme temel hedef olmuştur. Gaz çıkışı ve özellikleri, klimatik özellikler, jeomorfolojik özellikler, nüfus ve beşeri özellikler gibi birçok girdiyi risk analizinde değerlendirmek gerekmektedir.

Çalışmada ALOHA yazılımı kullanılarak elde edilmiş olan tehlike zonları ile yükselti ve kuyuya olan mesafe raster veritabanı katmanları çakıştırılmıştır. Çakıştırma sonucu, üzerine etkilerini temsil eden değer atamaları ile matematiksel işlemler yapmak suretiyle raster hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Raster veri değer girişi işleme alınacak faktörün ağırlığı veya etkisine göre belirlenmiştir. Etkisizden en yüksek etki değeri aralığına kadar, değer ataması niteliğindeki etki tanımlaması için 1-5 arasındaki bir rakam verilir. Her bir faktör kendi içerisindeki bileşenleri ve bunların ağırlığı nispetinde hesaba katılarak diğer faktörler ile çakıştırılmıştır (Turoğlu, 2011 b).

Gaz risk analizinde ALOHA yazılımı topoğrafik faktörleri işlemediği için ayrıca topoğrafik veri rater verileri ile kuyuya olan mesafe raster verileri çakıştırılmıştır. Böylece gaz çıkışı, topoğrafik etkiler ve meteorolojik etkiler göz önünde bulundurularak dispersiyon (dağılım) modellemeleri yapılmıştır. Topoğrafyanın temel özelliklerinden olan yükselti faktörü ve kuyudan uzaklık mesafe analizleri sonucunda oluşturulan raster haritalar, birlikte değerlendirilerek ArcMap 10.5 yazılında Spatial Analyst uzantısında Raster Calculation'a tabi tutulmuştur. Risk zonlaması yapılırken çalışma sahası genelinde yükselti 5 kademe olarak değerlendirilmiştir. Aynı şekilde kuyudan uzaklaştıkça 3'er km mesafede iç içe halkalar oluşturacak şekilde 5 kademe mesafe analizi rasteri oluşturulmuştur.

Yükselti ve mesafe kademeleri oluşturulurken özellikle H_2S ve CO_2 gazlarının değişik miktarlardaki çıkış oranları ve hakim rüzgâr yönüne göre dağılımları göz önüne alınmıştır. Yükseltisi düşük olan yerlerde gaz birikimi olacağı düşünülmüş, yüksek arazilerde ise rüzgârlara açık olma bu sayede gazların daha çabuk dağılacağı göz önünde bulundurulmuştur. Buna göre çalışma sahası yükselti zonları ve tehlike oranları Tablo 2'deki gibi oluşturulmuştur.

Tablo 2: Yükseltiye Göre Tehlike Zonları

Yükselti Zonu	Yükselti aralığı (metre)	Tehlike Zonu
1	920-1190	Çok Tehlikeli
2	1191-1460	Telikeli
3	1461-1730	Orta Tehlikeli
4	1731-2000	Az Tehlikeli
5	2001-2270	Çok Az Tehlikeli

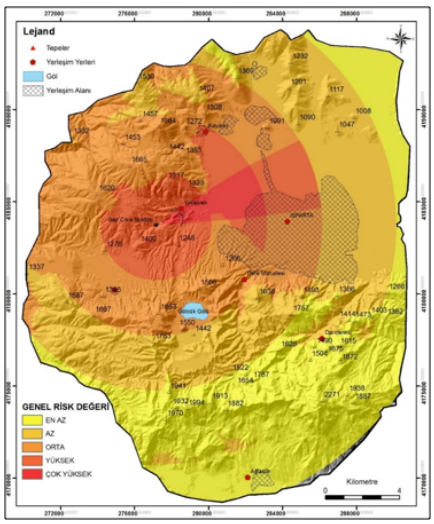
Mesafe kademeleri gaz kuyusunu merkezde bırakacak iç içe halkalar oluşturacak şekilde 3 km, 6 km, 9 km, 13 km ve 17 km yarıçaplı halkalar oluşturacak şekilde düzenlenmiştir. Kuyuya yakınlığına göre mesafe zonları ve tehlike kademeleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3: Kuyuya Uzaklıklarına Göre Tehlike Zonları

Uzaklık Zonu	Kuyuya Uzaklık (Km)	Tehlike Zonu
1	0-3	Çok Tehlikeli
2	3-6	Telikeli
3	6-9	Orta Tehlikeli
4	9-13	Az Tehlikeli
5	13-17	Çok Az Tehlikeli

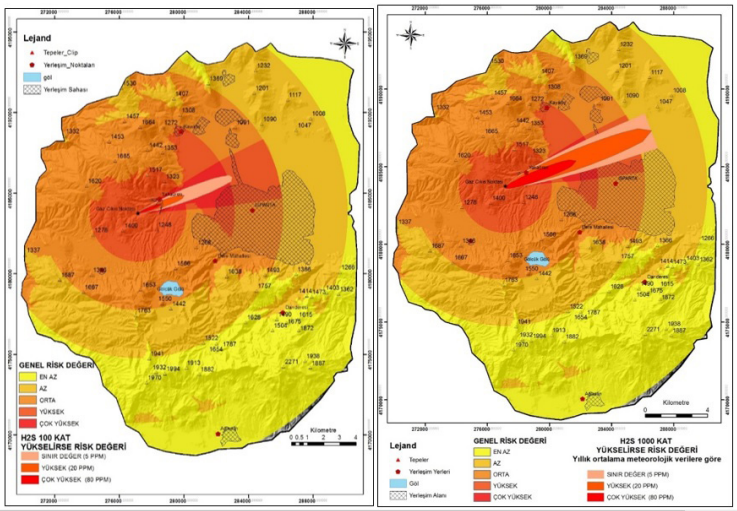
Sayısal veri tabanı 1/25000 ölçekli topoğrafya haritası kullanılarak oluşturulmuştur. 1/25 000 ölçekli topoğrafya haritasında sayısal yükselti modeli üretilmiş, yükselti kademeleri 5 alt grup olacak şekilde tanımlanmıştır. Mesafe analizi için iç içe halkalar oluşturacak zonlar; Analysis uzantısındaki Proximity alt başlığındaki Multiple Ring Buffer aracı kullanılarak oluşturulmuştur. Elde edilen harita vektör veriden raster veriye dönüştürülmüştür.

Yükselti ve mesafe analizi sonucu oluşturulan 10*10 hücre bazlı raster verileri ArcMap 10.1 yazılım programındaki Spatial Analyst uzantısının Raster Calculator modülü kullanılarak yeni bir rastere dönüştürülmüştür. Ayrıca hakim rüzgâr yönü etkisi de bu katman üzerine bindirilerek risk kademeleri oluşturulmuştur. Bu risk kademeleri beşeri faktörlere bakılmaksızın sadece dispersiyon modellemeleri göz önünde bulundurularak; genel risk değeri 5 (beş) kademe olarak yorumlanmıştır. Bunlardan 1.'si En az etkilenecek saha, 2.'si az etkilenecek saha, 3.'sü orta dercede etkilenecek saha, 4.'sü yüksek dercede etkilenecek saha, 5.'si çok yüksek derecede etkilenecek saha olarak nitelendirilmiştir (Şekil 16).

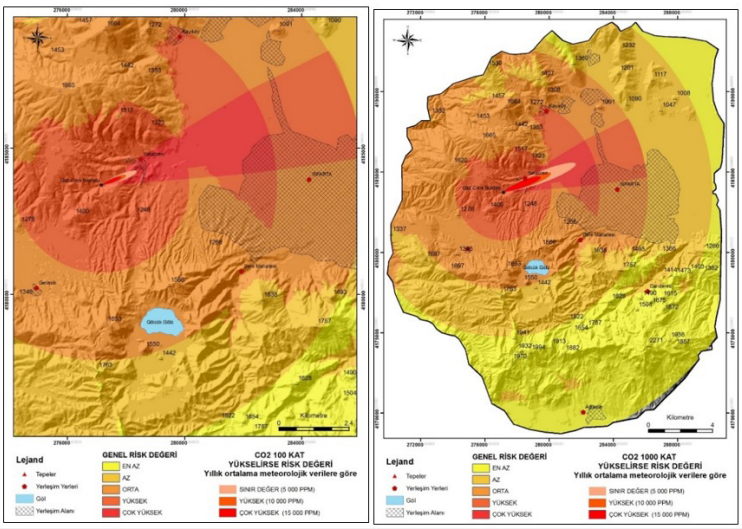


Şekil 16: Risk Zonları Haritası, Uzaklık Analizi ve Yükselti Parametreleri ile Yıllık Ortalama Rüzgâr Yünü Kullanılarak Üretilmiştir

Çalışma kapsamında üretilmiş olan risk zonları haritası üzerine, ALOHA yazılımı kullanılarak üretilmiş olan H_2S gazının 100 kat ve 1000 kat (Şekil 17), CO_2 gazının 100 kat ve 1000 kat (Şekil 18) yükselmesi koşulu göz önünde bulundurularak, yıllık ortalama rüzgâr ve sıcaklık koşulları altında oluşabilecek gaz miktar zonları verileri işlenmiştir.



Şekil 17: Genel Risk Değeri ve Yıllık Meteorolojik Verilere Göre H_2S Gazı Değerinin 100 ve 1000 Kat Artması Halinde Risk Değeri Haritası



Şekil 18: Genel Risk Değeri ve Yıllık Meteorolojik Verilere Göre CO_2 Gazı Değerinin 100-1000 Kat Artması Halinde Risk Değeri Haritası

Gaz miktarına göre beşeri özelliklerin etkilenme dereceleri Tablo 4'te verilmiştir. Mevcut şartlarda kuyuyu merkezde bırakacak şekilde yarıçapı 250m olan bir daire alanı kadar bölgede çok yüksek risk söz konusudur. H2S, CO2 gaz çıkış oranlarının 1000 kat artması durumunda 10 km yarıçapında bir alan çok yüksek riskli alan statüsü kazanacaktır.

Tablo 4: Gaz Çıkış Miktarlarına Göre Beşeri Özelliklerin Etkilenme Dereceleri

	Arazi Kullanımı	**Nüfus (Kişi Sayısı)**	**Tarım**	**Hayvancılık**	**Sanayi**	**Ulaşım**	**Sosyal ve Kültürel Varlıklar**
CO_2 gazı tehlikesi altındaki bölgeler 120 metre etki alanı	Çalı ve Ot Formasyonu	-------	120 Metre Çapındaki Alan Tarıma Kapalı	120 Metre Çapındaki Alan Hayvancılığa Kapalı	-------	Yakaören Yayla Yolu	--------
H_2S gazı tehlikesi altındaki bölgeler 250 metre etki alanı	Çalı ve Ot Formasyonu, Kültür Bitkileri, Mera Alanı	---------	250 Metre Çapındaki Alan Tarıma Kapalı	250Metre Çapındaki Alan Hayvancılığa Kapalı	---------	Yakaören Yayla Yolu	--------
H_2S 100 Kat Artarsa 3 km etki alanı çok yüksek risk	Çalı ve Ot Formasyonu, Ağaç Formasyonu, Kültür Bitkileri, Mera Alanı	1,792	3 km Çapındaki Alan Tarıma Kapalı	3 km Çapındaki Alan Hayvancılığa Kapalı	Kısmen	Isparta- Burdur Karayolu, Yakaören- Isparta Karayolu	Yakaören Kamu Binaları ve Köy Ortak Kullanım Alanları
H_2S 1000 Kat Artarsa 10 km etki alanı çok yüksek risk	Çalı ve Ot Formasyonu, Ağaç Formasyonu, Kültür Bitkileri, Mera Alanı, Yerleşim Alanı, Sanayi Alanı,	198,385	10 km Çapındaki Alan Tarıma Kapalı	10 km Çapındaki Alan Hayvancılığa Kapalı	Isparta Şehir Sanayi, Pomza Ocakları	Isparta- Burdur Karayolu, Yakaören- Isparta Karayolu, Gölcük-Isparta Karayolu	Isparta Kamu Binaları ve Şehir Ortak Kullanım Alanları
CO_2 100 Kat Artarsa 1,2 km etki alanı çok yüksek risk	Çalı ve Ot Formasyonu, Ağaç Formasyonu, Kültür Bitkileri, Mera Alanı, Yerleşim Alanı,	1,792	1,2 km Çapındaki Alan Tarıma Kapalı	1,2 km Çapındaki Alan Hayvancılığa Kapalı	--------	Yakaören-Yayla Karayolu	Yakaören Kamu Binaları ve Köy Ortak Kullanım Alanları Kısmen
CO_2 1000 Kat Artarsa 6 km km etki alanı çok yüksek risk	Çalı ve Ot Formasyonu, Ağaç Formasyonu, Kültür Bitkileri, Mera Alanı, Yerleşim Alanı, Sanayi Alanı	70,000	6 km Çapındaki Alan Tarıma Kapalı	6 km Çapındaki Alan Hayvancılığa Kapalı	Pomza Ocakları	Isparta- Burdur Karayolu, Yakören- Isparta Karayolu, Gölcük-Isparta Karayolu	Isparta O Kamu Binaları ve Şehir Ortak Kullanım Alanları Kısmen

4. Sonuç ve Öneriler

Volkanik aktiviteler insan yaşamı ve faaliyetleri için çok sayıda tehlike üretmektedir. Deprem, lav ve piroklastik akmalar, kaya düşmeleri, kül ve tefra düşmesi, laharlar, gaz çıkışları, tsunami, kütle hareketleri, taşkınlara sebep olma, yangınlar volkanizmanın oluşturabileceği başlıca tehlikelerdir. Yapılan çalışmalar ile bu tehlikelerin değerlendirilmesi, CBS yazılımlarından destek alarak risk modellemelerinin yapılarak olabilecek olumsulukları azaltmak mümkündür. CBS yazılımları ve kaynakları ayrıca volkanik aktivite gözlem çalışmalarında da kullnılmaktadır. Günümüzde bu çalışmaların dışa yansıyan en somut örnekleri bu çalışma kapsamında da verdiğimiz tehlike ve risk modelleme haritalarıdır.

2008 yılında Yakaören Köyü yakınlarında açılan sondaj kuyusunde gaz basıncı ile yaşanan patlama ardından çevreye yayılan gazların içeriğinde fazla miktarlara ulaşması halinde zehirleyici etkisi olan CO_2 ve H_2S gazlarının yüzeylendiği yapılan anlizlerle ortaya çıkarılmıştır. Bu gazların çıkışının 2008 yılında başlamasına rağmen aynı gazların benzer miktarlarda 2010 yılı boyunca da çıktığı yapılan analizlerle anlaşılmıştır. 2012 yılında yapılan arazi çalışmasında herhangi bir ölçüm aracı kullanılmadığı halde gaz kokusunun arazide hissedilmesi, 2011 yılında kuyunun kapatılmış olmasına rağmen gaz çıkışının devam ettiğinin götergesi olarak kabul edilmiştir.

Sondaj ile açılan kuyudan çevreye yayılan gazın özellikle Yakaören Köyü için tehdit oluşturduğu, büyük bir gaz çıkışı ile Isparta Şehir merkezinin özellikle kuzey kesimlerinin etkilenebileceği, meteorolojik gözlem sonuçları kulanılarak yapılmış olan gaz dispersiyon analizleri ile anlaşılmıştır.

Kuyu yakın çevresinde gaz sızıntısının hayvanlara zarar verdiği gözlenmiştir. CO_2 ve H_2S gazlarının çıkış miktarlarının artması halinde bu gazların kalabalık nüfuslu yerleşim yerleri, tarım alanları ve doğal bitki örtüsü sahalarına yayılacağını, hem insan, hem de hayvan ve bitki yaşamı üzerinde olumsuz sonuçlar doğuracağı, toplu ölümlere neden olabileceğini sonuçlarına ulaşılmıştır.

Gaz çıkışının olduğu bölgenin bir vadi olması sonucu, bazı saatlerde meltem rüzgârı gibi karşılıklı rüzgâr hareketine maruz kalması veya durguna yakın hava koşullarının hüküm sürmesiyle zehirli gaz birikimi kolaylaşmaktadır. Vadi uzanış hattına bağlı olarak çogunlukla E yönüne veya NE yönüne doğru olan hava hareketi ile vadi içinde birikmiş olan gaz vadinin Isparta ovasına açıldığı bölgede bulunan Yakaören için önemli bir tehlike oluşturmaktadır.

Yapılmış olan sondaj çalışması sonucu yaşanan gaz çıkışı düşünüldüğünde bölgede bu tip çalışmaların özel izin ve özel tedbirlerle yapılması grektiği sonucu-

nuna ulaşılmıştır. Zira yaşanmış olan bu olay sonucu bölge halkında ciddi sağlık endişeleri ve moral bozuklukları yaşanmıştır.

Kuyu yakın çevresinde yapılaşmaya ve arazi kullanımına müsaade edilmemelidir. Kuyunun kapatılma işlemi tekrar gözden geçirilmeli ve yöre halkı için bilgilendirme ve acil eylem planları hazırlanmalıdır. Gölcük Volkanı için volkanik aktivite gözlem çalışmaları başlatılmalıdır.

Kaynaklar

Alkış, Z. (1996). Yönetimlerde karar destek sistemi olarak Coğrafi Bilgi Sistemlerinin önemi. *CBS Sempozyumu, Bildiri Kitabı*, (s. 71-75). İstanbul.

Atalay, İ. (2010). *Uygulamalı Klimatoloji.* İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.

Avcı, M. (1996). Göller Yöresi Batı Kesiminde Bitki Toplulukları Ve Dağılışları . *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, S. 4, S.227-264.

Canpolat, E. (2014). *Gölcük (Isparta) Volkanizması ve Volkanik Gaz Risk Analizi.* İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınlanmamış Doktora Tezi.

Canpolat, E., & Hoşgöremez, H. (2017). Yakaören Köyü (Isparta) Gaz Çıkışına Ait Risk Analizi ve Modellemeleri. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi Sayı 34*, 39-61.

Chouet, B. (2003). Volcano Seismology. *Pure and Applied Geophysics 160*, 739-788.

Çiçek, İ. (1992). Gölcük Kalderası (Isparta). *Türkiye Coğrafyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi Sayı 2*, 137-150.

Delmelle, P., Stix, J., Baxter, P., Garcia, j., & Alvarez, j. B. (2002). Atmospheric dispersion, environmental effects and potential health hazard associated with the low-altitude gas plume of Masaya Volcano, Nicaragua. *Bulletin Of Volcanology*, 64: 423-434.

DMİ, D. M. (2011). *Zirai Meteoroloji ve İklim Rasatları Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Kayıtlan.* Ankara.

Erinç, S. (1971). *Jeomorfoloji II Genişletilmiş 2. Baskı* . İstanbul: İ.Ü. Edebiyat Fak. Coğ. Enst. Yayınları, No:23.

Erinç, S. (2000). *Jeomorfoloji I.* İstanbul: Der Yayınevi.

Good Practise Guide for Atmosphere Dispersion Modelling. (2004). Wellington, New Zealand: Prepared by the National Institute of Water and Atmospheric Research, Aurora Pacific Limited and Earth Tech Incorporated for the Ministry for the Environment.

Hoşgören, M. Y. (2015). *Jeomorfolojinin Ana Çizgileri I.* İstanbul: Çantay Kitabevi.

Jones., G., & Rymer, H. (2000). *Hazards of Volcanic gases.* San Diego: Ansiclopedia of Volcanoes.

Lino, N., Kinoshita, K., Yano, T., & Torii, S. (2004). Dispersion of Volcanic Clouds And Sulfur Dioxide Concentrations At Miyakejima. *The 1st Inernational Symposium on Micro & Nano Technology, 14-17 March.* Honolulu Hawaii USA.

Macedonio, G., & Martini, M. (2010). *Scenari Eruttivi e Livelli di Allerta per il Vesuvio.* Roma: Instituto Nasionale di Geofisica e Vulcanologia.

Maryanto, S., Iguchi, M., & Tameguri, T. (2008). Constraints on the source mechanism of harmonic tremors based on seismological, ground deformation, and visual observations at Sakurajima volcano, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research 170*, 98–217.

Mileti, D. (1999). *Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States.* Washington DC.: Joseph Henry Press.

Naoko, L., Kisei, K., Megumi, K., Chikara, K., & Akihko, T. (2003). Analysis of High Volcanic Gas Concentrations at the Foot of Miyakejima Volcano, Japan. *Journal of Natural Disaster Science Volume 25, Number 2*, 85-91.

Newhall, C., & Self, S. (1982). The Volcanic Explosivity Index (VEI):an estimate of explosive magnitude for historical volcanism. *Journal of Geophysical Research 87,*, 1231-1238.

Özdemir, H. (2007). *Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Aygılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi.* İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı (Basılmamış Doktora Tezi).

Platevoet, B., Scaillet, S., Guillou, H., Blamart, D., Nomade, S., Massault, M., . . . Yılmaz, K. (2008). Pleistocene Eruptive Chronology Of The Gölcük Volcano, Isparta Angle, Turkey. *Quaternaire, 19, 2*, 147-156.

Pritchard, J. (2009, 03 26). *Sulphuric acid general information*. 01 10, 2014 tarihinde http://www.hpa.org.uk: http://www.hpa.org.uk/webc/hpawebfile/hpaweb_c/1202115622321 Riley, C. (2019, Haziran 10). *Volcanic eartquakes*. http://www.geo.mtu.edu/volcanoes/hazards/primer/ adresinden alındı

Selene, H. C. (2003). *Hydrogen Sulfide: Human Health Aspects "Concise International Chemical Assessment Document 53"*. Geneva: World Health Organization.

Smith, S. (1992). Ecological and health effects of chemical pollution. In: Harrison, R.M. (ed.) . *Understanding Our Environment: An introduction to Environmental Chemistry and Pollution,*, 245-296.

Sparks, R., Aspinall, W., Crosweller, H., & Hincks, T. (2013). Risk and uncertainty assessment of volcanic hazards. J. S. Rougier içinde, *Risk and uncertainty assessment for Natural Hazards* (s. 588). Cambridge: Cambridge University Press.

Sür, A., Ö., S., & Yiğitbaşıoğlu, H. (2002). *Volkanlar, Türkiye'nin Volkanik Yöreleri ve Depremler.* Ankara: Bilim Yayınları.

T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları No:32. (1994). *Isparta İli Arazi Varlığı.* Ankara.

TUİK, (. İ. (2013). *Seçilmiş Göstergelerle Isparta.* Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, Ankara.

Turoğlu, H. (2011 a). *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları.* İstanbul: Çantay Kitapevi.

Turoğlu, H. ve Özdemir, H. (2005). *Bartın'da Sel ve Taşkınlar: Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri* . Çantay Kitabevi: İstanbul.

Türkeş, M. (2010). *Klimatoloji ve Meteoroloji.* İstanbul: Kriter Yayınevi.

USGS, U. S. (2010, Haziran 11). *Volcano Hazards Program*. Ocak 14, 2014 tarihinde http://volcanoes.usgs.gov/hazards/gas/: http://volcanoes.usgs.gov/hazards/gas/ adresinden alındı

Yiğitbaşıoğlu, H. (2000). *Volkanlar, Oluşumları, Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikleri ile Dünyadaki Dağılışları* . Ankara: Bilim Yayınevi.

Web Kaynakları

Web 1., (2009). **USGS** (United States Geologic Survey) www.usgs.gov. Ocak 10, 2014 tarihinde http://volcanoes.usgs.gov/about/hazard/gas/index.php. adresinden alınmıştır.

Web 2., (2014). Pritchard, J. (2009, 03 26). Sulphuric acid general information. 01 10, 2014 http://www.hpa.org.uk/webc/hpawebfile/hpaweb_c/1202115622321 adresinden alınmıştır.

15. BÖLÜM

BÖLGESEL ÇALIŞMALARDA COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE KÜMELEME ANALİZLERİNİN BİRLİKTE KULLANIMI: DOĞU KARADENİZ HAVZASI ÖRNEĞİ

Arş.Gör. Emre ELBAŞI - İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR - Bursa Uludağ Üniversitesi

Günümüzde teknolojik gelişmeler ile birlikte büyük verilere ve bilgiye ulaşım geçmişe nazaran daha kolay hale gelmiştir. Bu verileri işleyebilecek bilgisayar gücünün de artmasıyla, daha büyük alanları kapsayan bilimsel çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Dünyanın herhangi bir noktasına ait topografya, iklim, hidroloji, nüfus, bitki örtüsü, toprak, ekolojik özellikler gibi veriler kurumlar veya araştırma merkezleri tarafından toplanmakta ve ücretsiz olarak insanlığın kullanımına sunulmaktadır. Bu verileri işlemek, analiz etmek, bilimsel çalışmanın konusuna ve kapsamına uygun hale getirmek için farklı aşamalar ve yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerin arasında istatistiksel yöntemler büyük veri gruplarını analiz etmek ve yorumlamak için önem arz etmektedir.

Büyük alanları kapsayan (bölgesel, kıtasal veya küresel ölçekte) hidroloji çalışmalarında yapılan analizler noktasal çalışmalara göre farklılık göstermektedir. Yeterli ölçümün olmadığı veya veri kalitesinin düşük olduğu durumlarda bölgesel analizler tercih edilmektedir. Bölgesel analizler bir havza veya bölge içerisinde akım gözlem istasyonu olmayan veya yeterli veri bulunmayan istasyonlara ait debilerin tahmin edilebilmesi için gereklidir. Bölgesel analiz, homojen bir bölge içerisinde ölçümleri mevcut olan akım gözlem istasyonlarından akım gözlem istasyonu olmayan veya çok az veriye sahip istasyonlara hidrolojik bilginin istatistiksel yöntemlerle aktarılmasına dayanır. Yapılan çalışmalar, bölge tam anlamıyla homojen olmasa dahi bölgesel analizlerin noktasal analizlerden daha güvenilir sonuçlar verdiği ortaya koymuştur (Hosking, Wallis, & Wood, 1985; Lettenmaier & Potter, 1985; Lettenmaier, Wallis, & Wood, 1987; Saf, 2011)

Bölgesel çalışmalarda homojen bölgelerin belirlenmesi, en güç ve kişisel yargılara en açık olan aşamadır. Bu nedenle homojen bölgelerin belirlenmesi için araştırmacılar farklı yöntemler ortaya koymuşlardır (Burn, 1990; Burn & Goel, 2000; Burn, Zrinji, & Kowalchuk, 1997; Pandey & Nguyen, 1999). Bunlardan birisi kümeleme yöntemidir. Kümeleme yöntemleri kendi içerisinde hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır ve ayrıca yöntemler kendi içerisinde farklı yaklaşımlar barındırmaktadır. Bu yöntemler farklı yaklaşımları ele alsalar da araştırmacılar bölgelerin belirlenmesinde havzanın ve istasyonun istatiksel değerlerinin yerine fiziki özelliklerinin kullanılması gerektiği konusunda hemfikirlerdir (Bayazıt & Önöz, 2008; Ramachandra Rao & Srinivas, 2006).

Bu çalışmada Doğu Karadeniz akarsu havzalarına hiyerarşik Ward ve hiyerarşik olmayan K-ortalamalar kümeleme yöntemleri kullanılarak bölgesellik analizleri uygulanmıştır. Bölgesellik analizleri Doğu Karadeniz gibi farklı fiziksel özelliklere (eğim, havza uzunluğu, havza şekli vb.) sahip havzaların bulunduğu alanlarda yapılacak çalışmalarda, havzanın bir bütün olarak ele alınıp alınmayacağını ortaya koyması açısından önem arz etmektedir.

Kümeleme Analizleri

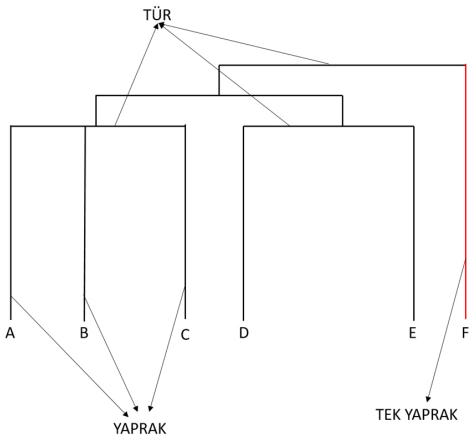
Bölgesel analizde bölgelerin belirlenmesi amacıyla kullanılan kümeleme analizleri hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Hiyerarşik yöntemler benzer özellik taşıyan küçük parçaların birbirilerine eklenerek büyük ortak kümelere ulaşmayı amaçlar. Tekli bağlantı, eksiksiz bağlantı gibi farklı algoritmalara sahip olan hiyerarşik kümeleme yönteminin bölgesel analizlerde en sık kullanılanı Ward (1963) yöntemidir.

Basit anlamıyla Ward metodu, bir ağacın yapraklarından başlayarak gövdesine doğru giden bir ilişkiler ağı kurma yöntemidir. Bu ilişkiler diğer hiyerarşik yöntemlerden farklı olarak bir doğrultu üzerinde değil, dairesel gruplandırma şeklindedir. Yöntem, her bir yaprağı 1 küme olarak kabul ederek başlar. Hiyerarşik ilişkiler ile yapraklardan dallara, dallardan gövdeye doğru gitmeyi amaçlar ve sonuçta tüm yapraklar tek bir kümede (türde) birleşinceye dek süreç tekrarlanır. Sonuç bir dendogram aracılığıyla gösterilir (Ward, 1963).

Bu yöntemde oluşturulan kümelerin grup içi karelerinin toplamı en aza indirgenmiştir. Her kümeleme adımında iki küme bir araya gelir, oluşan yeni kümedeki karelerin toplamı bir önceki toplama göre en az artışa neden olur. Bu yöntem eldeki verileri bir araya getirerek anlamlı kümeler oluşturmaktadır. Oluşturulan kümelerin merkeze uzaklığı, kümelerin birbirinden bağımsızlık derecelerini ortaya koymaktadır. Bu sebeple Ward yöntemi havzaların veya istasyonların kümelen-

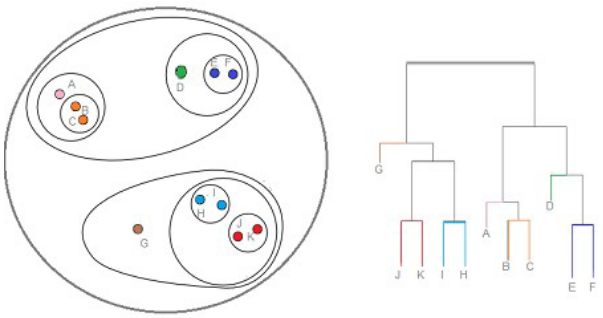
mesi konusunda başarılı sonuçlar vermektedir. Ward yönteminde kümeler arasındaki mesafenin Öklidyen olması gerekmektedir.

Ward yönteminin çıktıları bir dendogram şeklinde gösterilmektedir. Dendogram, benzer veri kümeleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir ağaç diyagramıdır (Şekil 1). Biyolojide sıklıkla genler veya örnekler arasındaki kümelemeyi göstermek için kullanılırlar ancak herhangi bir gruplanmış veriyi de temsil edebilirler.



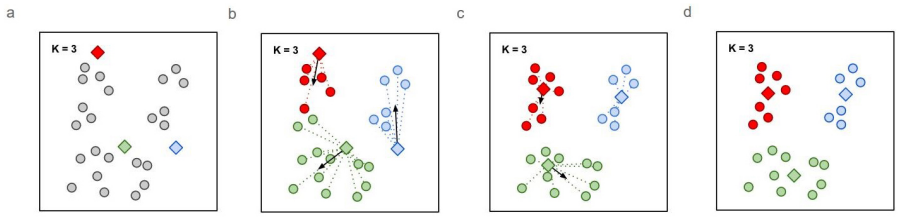
Şekil 1: Bir Dendogramın Parçaları

Dendogramlar genellikle Şekil 1'de görüldüğü gibi sütün grafiklerin bir araya gelmesiyle oluşurlar ve bazı parçalardan meydana gelirler. Her tür bir sınıfı (kümeyi) temsil eder. Tür kendi içerisinde yapraklara ayrılır. Türler tek yapraklı (*simplicifolious*), çift yapraklı (bifolius), üç yapraklı (*trifolious*) olabilirler. Teorik olarak bir türde sonsuz sayıda yaprak bulunabilir fakat yaprak sayısı arttıkça dendogramın okunabilirliği azalabilir. Dendogramlar okunurken türleri oluşturan sütunların uzunluklarına ve birbirlerine olan mesafelerine bakılır. Benzer uzunlukta ve birbirine yakın yerlerde yer alan yapraklara ait veriler en yüksek benzerliği temsil ederken, mesafenin artması ve çubukların uzaması benzerliğin azalmasını ifade eder. Şekil 1'de yer alan A, B ve C verileri bir grup oluştururken D ve E verileri ise başka bir grup oluşturmuştur. F verisi ise en dışarıda ve en uzun sütuna sahip veri olarak görülmektedir. Bu durum F'ye ait verinin diğer verilerden oldukça farklı olduğu anlamını taşımaktadır. Dendogramların farklı kümelere ait verileri nasıl temsil ettiği Şekil 2'de görülebilmektedir.



Şekil 2: Sağdaki Dendogram Soldaki Kümeleri İfade Etmektedir (Kaynak: staticshowto.com)

Hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemleri arasında en absit ve en sık kullanılanlardan birisi K-ortalamalar yöntemidir. Bu yöntem her bir özellik vektörü ile ona en yakın küme merkezi arasındaki Öklit mesafesinin toplamını en küçükleyerek veri setini kümelere ayırmaktadır (Fırat, Dikbaş, Koç, & Güngör, 2012). MacQueen tarafından ilk defa 1967'de ortaya konan K-ortalamalar yöntemi bir X veri setine ait y adet değişkeni ve N adet özellik vektörünü belirlenen sayıda kümeye ayırma ve sınıflandırmayı amaçlar. Yöntem aşama olarak öncelikle belirlenen sayıdaki kümelere ait küme merkezlerinin bulunmasıyla başlar. Sonrasında değişkenler benzerlikleri doğrultusunda en yakın kümeye atanır. Her bir değişkenin bir kümeye atanmasından sonra kümelerin merkezleri yeniden hesaplanarak değişkenler yeni küme merkezlerine bağlı olarak tekrar atanır (Jain, 2010). Bu işlem küme üyelerinde ve merkezlerinde bir değişiklik kalmayıncaya dek devam eder (Şekil 3). Böylece eldeki verilere uygun kümeler oluşturulmuştur olur.



Şekil 3: K-Ortalamalar Yöntemi Şeması

Hiyerarşik olmayan kümeleme analizleri objelerin belirlenen ölçütlerinin maksimum veya minimum benzerlikte olmasına dikkat ederek kümeler oluşturur. Bu yöntemde objelerin (istasyon/havza) değerleri arasında hiyerarşik bir ilişki aranmaz. Bu çalışmada, belirlenen fiziksel özellikler üzerinde hiyerarşik Ward yöntemi ve hiyerarşik olmayan K-ortalamalar yöntemi uygulanmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

Fiziksel Veriler

Büyük ölçekli çalışmalarda çalışılacak bölgenin homojen olması gerekliliği daha önce bahsedilmişti. Homojen bölgelerin belirlenmesinde istatistiksel veriler yerine bölgeyi temsil eden fiziksel verilerin kullanılması sonuçların daha doğru olmasına olanak sağlamaktadır. Daha önce literatürde yer alan çalışmalarda kullanılan fiziksel verilerin bazıları aşağıda listelenmiştir.

a. Fiziksel (Topografya ile ilişkili) karakteristikler
   - Havza alanı
   - En uzun akarsuyun uzunluğu
   - Ana akarsu kolu eğimi
   - Ortalama havza eğimi
   - Havza ağırlık merkezi

b. İstasyon (akım gözlem, meteoroloji vb.) karakteristikleri
   - İstasyonun lokasyonu
   - İstasyon yüksekliği

c. Toprak özellikleri
   - Sızma potansiyeli
   - Akış katsayısı

d. Arazi kullanımı karakteristikleri
   - Tarım alanları
   - Orman alanları
   - Şehir alanları (Ramachandra Rao & Srinivas, 2006)

Bu özelliklere ait veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yöntemleri ile kolaylıkla elde edilebilmektedir. CBS yöntemleri yardımıyla Sayısal Yükselti Modelleri (SYM) üzerinde yapılan hidrolojik analizler sonucunda havza alanı, en uzun akarsu kolunun uzunluğu, ana akarsu kolunun eğimi, ortalama havza eğimi, havza ağırlık merkezi belirlenmiş ve çalışmada kullanılmıştır.

Bulgular

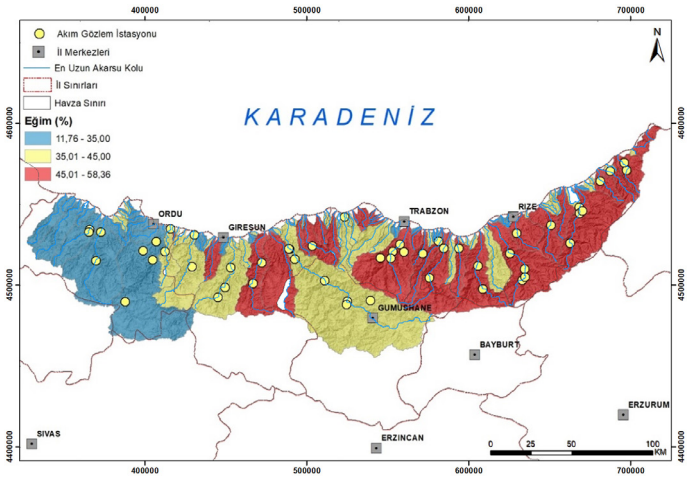
Örnek saha olarak seçilen Doğu Karadeniz Havzası farklı büyüklüklere ve fiziksel özelliklere sahip alt havzalara sahiptir. Bu durum havzanın tamamının aynı iklim kuşağında olmasına rağmen, havzanın tamamının bir bölge olarak ele alınmaması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Homojen bölgelerin birbirine coğrafi olarak yakın istasyonlardan veya havzalardan oluşması gerektiği düşünülebilirse de bu her zaman doğru olmayabilir. Bitişik iki havzada bile havza karakteristikleri çok farklı olabileceği için lokasyon özelliklerinin yanında diğer fiziksel özelliklerin de ele alınması gerekmektedir. Ayrıca, istasyonları birbirine çok yakın bölgelerin homojen olarak belirlenmesi durumunda istasyonlar arasındaki korelasyon yüksek olacağı için bölgesel analizde sağlanan bilgide artış gözlenmesi beklenemez (Bayazıt & Önöz, 2008).

Çalışma alanı içerisinde yer alan havzaların fiziksel özellikleri CBS yöntemleri ile elde edilmiştir. Bu özellikler incelendiğinde havzalarda büyük farklılıklar olduğu göze çarpmaktadır. En büyük havza 3309 km^2 alanıyla Doğankent Çayı havzasıdır. Ortalama havza alanının 197 km^2 olduğu sahanın toplam alanı yaklaşık 22 bin km^2'dir. En uzun ana akarsu koluna sahip havza da yine Doğankent Çayı havzasıdır. Ortalama ana akarsu kolu uzunluğu 27 km iken, Doğançay'ın ana kolunun uzunluğu 160 km'dir. Ana akarsu kolunun eğimi göz önüne alındığında çalışma sahası genelinde eğim ortalama %10 iken, en yüksek eğim %20, en düşük eğim %4'tür. Ekstrem yüksek eğimler çalışma sahasının doğusundaki küçük havzalarda gözlenirken, ekstrem düşük eğimler çalışma sahasının batısındaki küçük havzalarda gözlenmektedir. Benzer durum ortalama havza eğimlerinde de göze çarpmaktadır. En düşük ortalama havza eğiminin %11 olduğu çalışma alanında en yüksek eğim %58, ortalama eğim ise %39'dur (Şekil 4). Bu durum çalışma sahasındaki havzaların eğimlerinin oldukça yüksek olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 1).

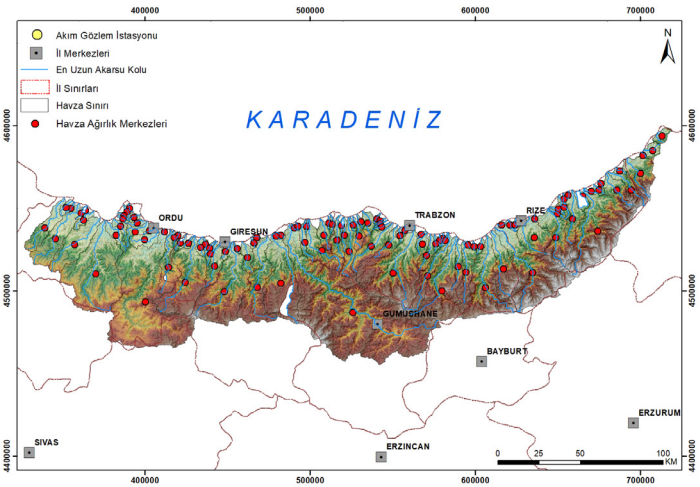
Tablo 1: Havza Karakteristikleri

Havza Karakteristikleri					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Alan	111	7,17	3309,47	197,35	435,53
En Uzun Akarsu	111	4,65	168,76	27,74	28,90
Akarsu Eğimi	111	4,60	20,04	10,36	2,56
Havza Eğimi	111	11,76	58,36	39,57	8,84
Havza Merkezi Yükseltisi	111	26,00	2178,00	491,86	424,03
İstasyon Yükseltisi	111	47,00	1913,00	622,49	450,64



Şekil 4: Havzaların Ortalama Eğimleri

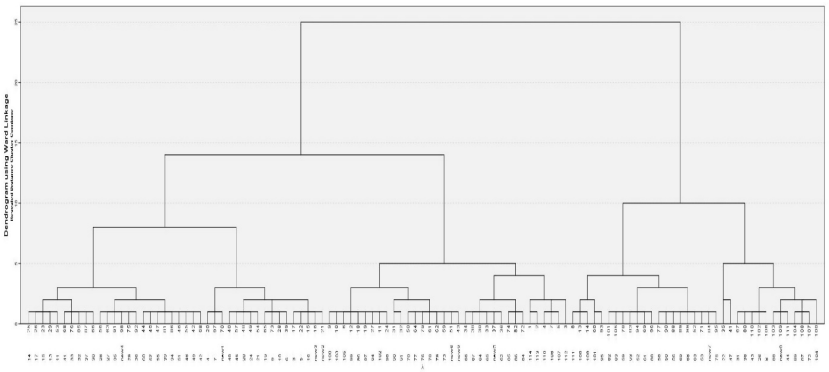
Havzaların ağırlık merkezlerine bakıldığında ise yine havzalar iki gruba ayrılmaktadır (Şekil 5). Büyük alanlı havzaların ağırlık merkezleri daha güneyde iç kesimlerde yer alırken daha küçük alanlara sahip havzaların ağırlık merkezleri daha kuzeyde yer almaktadır.



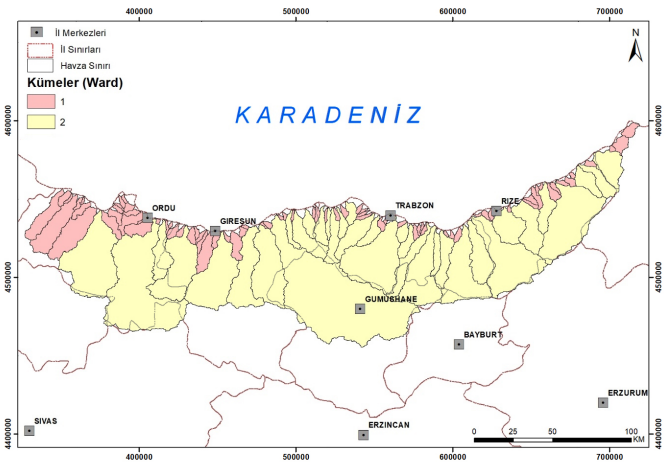
Şekil 5: Havzaların Ağırlık Merkezleri

Çalışma alanında yer alan 111 havzanın sadece 23 tanesinde akım gözlem istasyonu mevcuttur. Ortalama veri uzunluğunun 22 yıl olduğu bu istasyonların en yüksekte yer alanı 1397 metre yüksekliğe sahipken, en alçaktaki istasyon 47 metre kotundadır. İstasyonların ortalama kotu ise 556 metredir.

Çalışma sahasındaki havzaların ve istasyonların karakteristik özellikleri hiyerarşik Ward kümeleme analizi ile incelendiğinde aşağıdaki dendogram elde edilmektedir.

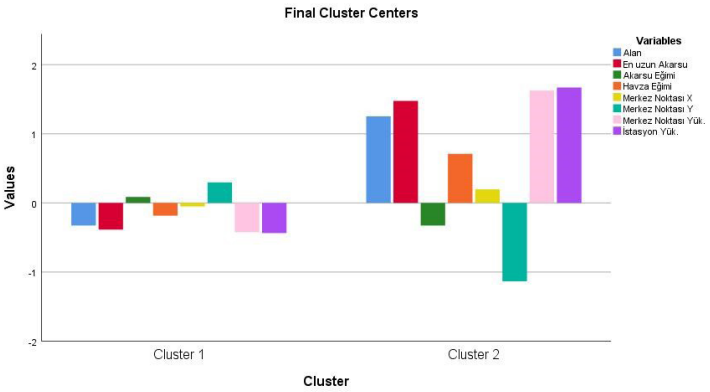


Dendogram incelendiğinde, çalışma sahasının 2 alt bölgeye ayrılması uygun görülmektedir. 2 grup olarak düşünüldüğünde 1. Küme 36 havzaya sahipken, 2. Küme 75 havzaya sahiptir. Kümeler haritalandığında ise hiyerarşik yöntemin havzaları büyük alanlı, uzun akarsu ağına sahip havzalar ile küçük alanlı ve kısa akarsu ağına sahip havzalar olarak ayrıldığı görülmektedir (Şekil 6).



Şekil 6: Ward Yöntemine Göre Kümeleme Analizi Sonuçları

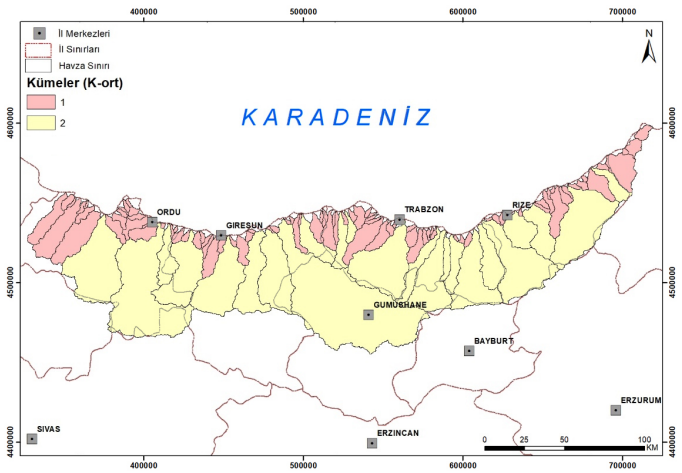
Çalışma alanındaki havzaların karakteristikleri hiyerarşik K-Ortalamalar yöntemi ile analiz edildiğinde sonuç küme merkezleri Şekil 7'teki gibi olmaktadır.



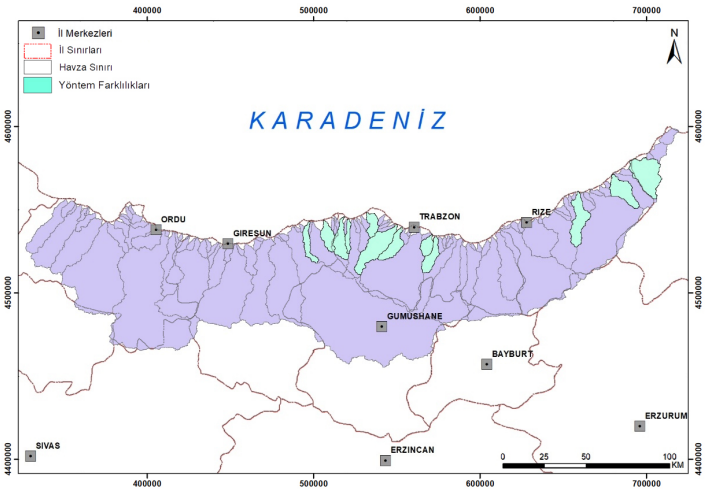
Şekil 7: K-Ortalamalar Yöntemine Göre Sonuç Küme Merkezleri

İdeal bir kümelemede küme merkezlerinin birbirlerine en uzak mesafede olması beklenmektedir. Şekil incelendiğinde belirlenen 2 kümenin merkezlerinin birbirlerine olan uzaklığı göze çarpmaktadır. Bu durum, küme içerisindeki değişkenlerin birbirine en yakın, küme merkezlerinin ise birbirlerine en uzak olduğu sonucunu ve böylece kümeleme işleminin başarılı olduğunu ortaya koymaktadır.

K-ortalamalar yöntemine göre çalışma alanındaki havzalar 23'ü bir kümede, 88'i diğer kümede olacak şekilde kümelenmişlerdir. Yöntem, rakamsal olarak Ward metoduna göre farklılık gösterse de; havzalar genellikle Ward yönteminde olduğu gibi büyüklüklerine göre sınıflanmışlardır (Şekil 8). İki yöntem bir arada değerlendirildiğinde yöntemler arasındaki farkların genellikle küçük alanlı ve kısa boylu havzalardan kaynaklandığı görülmektedir (Şekil 9).



Şekil 8: K-Ortalamalar Yöntemine Göre Kümeleme Analizi Sonuçları



Şekil 9: K-Ortalamalar ve Ward Yöntemine Göre Yapılan Kümeleme Analizlerinin Farkları

Sonuç

Çalışmada Doğu Karadeniz Havzası'nın homojen bir bölge olup olmadığı konusu iki farklı istatistiksel yöntem ile ele alınmıştır. CBS yöntemleri ile elde edilen veriler K-ortalamalar ve Ward kümeleme yöntemleri ile analiz edilmiştir. Ward kümeleme analizi CBS yazılımı yardımıyla, K-ortalamalar kümeleme analizi ise SPSS istatistik yazılımıyla yapılmıştır. Doğu Karadeniz Havzası'nın alt havzaları iki kümeleme yönteminde de farklı sonuçlar gösterse de sonuç olarak bölgenin tamamının fiziksel olarak tek bir bölge olarak ele alınmayacağı ortaya konmuştur. En az iki alt bölgede değerlendirilebilecek olan Doğu Karadeniz Havzası'nda farklılığı oluşturulan temel neden havza alanlarıdır. Görece küçük alanlara sahip havzaların topografik rölyefi, ana akarsu kolu uzunluğu ve havza eğimi de büyük havzalara oranla düşüktür. Ayrıca küçük alanlı havzaların ağırlık merkezleri büyük havzalara göre kıyıya daha yakında yer almaktadır. Küçük alanlı havzalar diğer fiziksel özellikleri ile de büyük alanlı havzalardan ayrılmakta, iki farklı küme oluşturmaktadır. Çalışmanın devamında, belirlenen alt bölgelerin homojenlik dereceleri gözlem verilerine ait istatistiksel özellikler kullanılarak kontrol edilecektir.

Kaynaklar

Bayazıt, M., & Önöz, B. (2008). *Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.

Burn, D. H. (1990). Evaluation of regional flood frequency analysis with a region of influence approach. *Water Resources Research*, *26*(10), 2257–2265. https://doi.org/10.1029/WR026i010p02257

Burn, D. H., & Goel, N. K. (2000). The formation of groups for regional flood frequency analysis. *Hydrological Sciences Journal*, *45*(1), 97–112. https://doi.org/10.1080/02626660009492308

Burn, D. H., Zrinji, Z., & Kowalchuk, M. (1997). Regionalization of Catchments for Regional Flood Frequency Analysis. *Journal of Hydrologic Engineering*, *2*(2), 76–82. https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(1997)2:2(76)

Fırat, M., Dikbaş, F., Koç, A. C., & Güngör, M. (2012). K-Ortalamalar Yöntemi ile Yıllık Yağışların Sınıflandırılması ve Homojen Bölgelerin Belirlenmesi. *İMO Teknik Dergi*, *383*, 6037–6050.

Hosking, J. R. M., Wallis, J. R., & Wood, E. F. (1985). Estimation of the generalized extreme-value distribution by the method of probability-weighted moments. *Technometrics*, *27*(3), 251–261. https://doi.org/10.1080/00401706.1985.10488049

Jain, A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters*, *31*(8), 651–666. https://doi.org/10.1016/J.PATREC.2009.09.011

Lettenmaier, D. P., & Potter, K. W. (1985). Testing Flood Frequency Estimation Methods Using a Regional Flood Generation Model. *Water Resources Research*, *21*(12), 1903–1914. https://doi.org/10.1029/WR021i012p01903

Lettenmaier, D. P., Wallis, J. R., & Wood, E. F. (1987). Effect of regional heterogeneity on flood frequency estimation. *Water Resources Research*, *23*(2), 313–323. https://doi.org/10.1029/WR023i002p00313

Pandey, G. R., & Nguyen, V.-T.-V. (1999). A comparative study of regression based methods in regional flood frequency analysis. *Journal of Hydrology*, *225*(1–2), 92–101. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(99)00135-3

Ramachandra Rao, A., & Srinivas, V. V. (2006). Regionalization of watersheds by hybrid-cluster analysis. *Journal of Hydrology*, *318*(1–4), 37–56. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.06.003

Saf, B. (2011). Batı Akdeniz Bölgesi Taşkın Tahminlerinde Homojenlik İrdelemesi. *İMO Teknik Dergi*, *360*, 5587–5611.

Ward, J. H. (1963). Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association*, *58*(301), 236–244. https://doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845

YAZARLAR HAKKINDA

Prof. Dr. Ali Fuat DOĞU

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Coğrafya Bölümü'nde Fiziksel Coğrafya Profesörüdür. Araştırma ilgi alanları ağırlıklı olarak Flüvyal Jeomoforloji, Buzul ve karstik jeomorfolojiye odaklanmış, çok sayıda ulusal ve uluslararası araştırma projesinden sorumlu olmuştur. 80'den fazla bildiri yayınlamıştır. Ankara Üniversitesi ve Van Yüzüncü Yıl'da birçok idari görev aldı.

Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK

İlk, orta ve lise öğrenimini Çorlu'da tamamladı. Ankara Üniversitesi, Dilve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Fiziki Coğrafya ve Jeoloji kürsüsünden 1983 yılında mezun oldu. 1985-1987 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fatih Eğitim Fakültesi'nde araştırma görevlisi olarak çalıştı. 1987 yılında Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Fiziki Coğrafya Fakültesi'nde araştırma görevliliğine başladı. 1992 yılında Ankara Üniversitesi, Coğrafya Anabilim Dalı, Fiziki Coğrafya Bilim Dalı'nda doktorasını tamamladı. 1992 yılında yardımcı doçentlik, 2005 yılında doçentlik, 2010 yılında Profesörlük kadrosuna atandı. 1993-199 yılları arasında Coğrafya Bölümü Başkan yardımcılığı, 2011-2017 yıları arasında Coğrafya Bölümü Başkanlığı yaptı. Pek çok uluslararası ve ulusal mesleki kuruluş üyesidir. Alanıyla ilgili yayınlanan uluslararası ve ulusal kitap bölümleri, yabancı dilde yayınlanmış makaleler olmak üzere birçok makalesi bulunmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.

Prof. Dr. Sevil SARGIN

İstanbul'da doğdu. 1985 yılında Marmara Üniversitesi Eğitim Fakültesi Coğrafya Bölümünden mezun oldu. Yüksek lisans ve doktorasını İstanbul Üniversitesinde tamamladı. Milli Eğitim Bakanlığında coğrafya öğretmeni olarak görev yaptı. 1998 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesine asistan, 1999 yılında Süleyman Demirel Üniversitesine yardımcı doçent olarak atandı. Aynı üniversitede 2006 yılında doçent oldu. 2005-2011 yılları arasında Fen Edebiyat Fakültesinde Coğrafya Bölüm Başkanlığı görevini yürüttü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdür Yardımcılığı, Beşeri ve İktisadi Coğrafya Anabilim Dalı Başkanlığı, Fakülte Yönetim Kurulu ve Enstitü Yönetim Kurulu üyeliği gibi idari görevleri yanında, üniversitenin akademik kurullarında görev aldı. 2011 yılında ABD Michigan State Üniversitesinde misafir öğretim üyesi olarak bulundu. 2011 yılından itibaren Marmara Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümünde görev yapan Prof. Dr. Sevil Sargın'ın "Üniversitelerin Şehirleşmeye Etkileri" ve "Türkiye'nin Suç Coğrafyası" konularında iki kitabı, şehirleşme, turizm, kent kimliği, kentsel koruma, kültür coğrafyası gibi konularda yazılmış ve hakemli dergilerde yayınlanmış çok sayıda makalesi, uluslararası sempozyumlarda sunulmuş bildirileri ve yönetiminde tamamlanmış projeleri bulunmaktadır. Halen Marmara Üniversitesi Coğrafya Bölümü'nde görev yapmakta olan Prof. Dr. Sevil Sargın yerleşme coğrafyası, kent kimliği, kültür coğrafyası, kentsel koruma, kentin mekansal gelişimi, turizm, sürdürülebilir turizm, inanç turizmi gibi konular üzerinde çalışmalarını sürdürmektedir.

Prof. Dr. Hüseyin TUROĞLU

1982 yılında İ.Ü Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü (Yapısal jeomorfoloji anabilim dalı) Lisans, 1986 yılında İ.Ü Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Jeomorfoloji Anabilim dalında Yüksek Lisans, 1993 yılında da İ.Ü Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Jeomorfoloji Anabilim dalında Doktora Anabilim dalında 1999 yılında Yardımcı Doçent, 2005 yılında da Doçent oldu. 1984-1992 yılları arasında madencilik, Otoyol inşaatı, Toplu konut inşaatı ve çevre düzenlemeleri ile ilgili özel sektör kuruluşlarında Jeomorfolog olarak görev yaptı. 1992 yılında İstanbul Üniversitesinde akademisyen oldu. İlgi alanları; Uygulamalı Jeomorfoloji, Afetler ve Afet Yönetimi, Arazi potansiyeli ve Fiziksel planlama, Arkeo-Coğrafya, Coğrafi Bilgi Sistemleri konularıdır. Ulusal ve uluslararası yayın organlarında bireysel veya çok isimli 50'den fazla makalesi, 4 adet kitabı yayınlanmıştır. Tamamlanmış 2 adet Araştırma projesi(TÜBİTAK ve İÜ BAP) yürütücülüğü olup, 9 araştırma projesinde de yardımcı araştırmacı olarak çalışmıştır. Halen, İ.Ü. Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Fiziki Coğrafya Anabilim dalı öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.

Prof. Dr. Faruk ALAEDDİNOĞLU

1998 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümünde göreve başlayan Alaeddinoğlu, 1999 yılında Atatürk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesinde Yüksek Lisans ve 2006 yılında Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesinde Doktora öğrenimini tamamladı. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümünde görev yapan araştırmacı, aynı zamanda Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Turizm ve Otel İşletmeciliği Yüksekokul Müdürlüğü görevini de yürütmektedir. Çalışma konuları arasında, Turizm Araştırmaları, Kırsal Kalkınma, CBS, Göç ve Kent coğrafyası yer almaktadır. Ulusal ve uluslararası organizasyonlar düzenleyen araştırmacı aynı zamanda benzer organizasyonlarda görevler almakta, dergi ve projelerde hakemlikler ve kurul üyelikleri yapmaktadır. Halen, on sekiz kitap ve kitapta bölümü, otuz altı uluslararası ve ulusal dergilerde yayınlanmış makale, elli altı uluslararası ve ulusal kongre/sempozyumlarda tam/özet metni yayımlanmış bildiri ve şu ana kadar on biri tamamlanmış beşi devam eden projede yürütücü ve araştırmacı olarak görev almıştır.

Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR

Lisansını 2000 yılında İstanbul Üniversitesi Coğrafya Bölümünde, Yüksek Lisansını 2002 yılında İstanbul Üniversitesi Fiziki Coğrafyada, Doktorasını da 2007 yılında yine İstanbul Üniversitesi Fiziki Coğrafyada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizleri üzerine tamamlamıştır. Özdemir ayrıca 2009 yılında Faculty of Science of Geneva University de heyelan risk analizi üzerine master, 2012 yılında da yüksek çözünürlüklü DEM verileri (Yersel Lidar) kullanılarak yüzey sürtünme katsayısının çok düşük değerler gösterdiği şehir ortamlarında taşkınlarının modellenmesi üzerine School of Geographical Sciences of Bristol University'de postdoktora yapmıştır. 2009 yılında İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı'nda Yardımcı Doçent olan Dr. Özdemir, 2013 yılında Fiziki Coğrafya Doçenti olmuş ve aynı üniversitede görevine devam etmiştir. 2018 yılında Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya bölümü, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı'na Profesör olarak atanmıştır. Genel olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Uzaktan algılama (UA), jeomorfometri, hidrolojik ve hidrolik analizler ile sel-taşkın modellemeleri

ana odak noktası sel ve taşkınların oluşumunda etkili olan, iklim, havza morfometrisi, arazi kullanımı ve yapıların etkilerinin araştırılması, buna bağlı sel ve taşkınların anlaşılması ve modellenmesi ve buna bağlı risk analizi çalışmalarının değişik ölçeklerde gerçekleştirilmesidir.

Doç. Dr. Cihan BAYRAKDAR

1980 yılında Kütahya Tavşanlı'da doğumludur. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamlamıştır. Lisansını 2002 yılında İstanbul Üniversitesi Coğrafya Bölümünde, Yüksek Lisansını 2006 yılında İstanbul Üniversitesi Fiziki Coğrafyada, Doktorasını da 2012 yılında yine İstanbul Üniversitesi Fiziki Coğrafyada "Akdağ Kütlesi'nde (Batı Toroslar) Karstlaşma -Buzul İlişkisinin Jeomorfolojik Analizi" üzerine tamamlamıştır. Bayrakdar ayrıca 2014 yılında İsviçre'de Bern Üniversitesi Jeoloji Enstitüsünde "Kozmojenik Tarihlendirme" konusunda post-doktora yapmıştır. 2014 yılında İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı'nda Yardımcı Doçent olan Dr. Bayrakdar, 2019 yılında Fiziki Coğrafya Doçenti olmuş ve aynı üniversitede görevine devam etmektedir. Genel olarak Jeomorfoloji konularında çalışmaları olup Buzul Jeomorfolojisi, Glacio-Karst ve Uygulamalı Jeomorfoloji konularında çalışmaktadır. Jeomorfoloji Derneği ve Türk Coğrafya Kurumu üyesidir.

Doç. Dr. Ebru AKKÖPRÜ

1978 yılında Van doğumlu. İlk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamlayan Akköprü, Van Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümün'de lisans ve yüksek lisans derecesi aldı. İstanbul Üniversitesi ve Paris I Panthéon Sorbonne Üniversitesinde imzalanan ortak doktora (Co-tutelle) programı kapsamında 2011 yılında doktorasını tamamladı. Başlıca çalışma alanları Fiziki Coğrafya, Jeomorfoloji, Jeoarkeoloji ve Coğrafi Bilgi Sistemleri olan yazar iki ulusal projede yürütücü, iki uluslararası ve iki ulusal projede araştırmacı olarak görev almıştır. Yazarın iki ulusal kitapta bölüm yazarlığının yanısıra dört uluslararası, dört ulusal makalesi ve yirmiyi aşkın bildirisi bulunmaktadır Halen Yüzüncü Yıl Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümünde Öğretim Üyesi olan Dr. Ebru AKKÖPRÜ, İngilizce ve Fransızca bilmektedir.

Doç. Dr. Mehmet Fatih DÖKER

1981 yılında Manisa'da doğmuştur. İlk, orta ve lise eğitimini Manisa'da tamamladıktan sonra, lisans eğitimine İstanbul Üniversitesi Coğrafya Bölümü'nde başlamıştır. 2003 yılında lisans eğitimini tamamladıktan sonra, Orta Öğretim Alan Öğretmenliği alanında tezsiz yüksek lisans yapmıştır. "İstanbul İli Marmara Denizi kıyı dolgu alanlarının tespiti ve bu alanlarda arazi kullanımı" başlıklı yüksek lisans çalışmasını 2006 yılında İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde tamamlamıştır. Aynı enstitüde başladığı doktora çalışmasında "İstanbul kentsel büyüme sürecinin belirlenmesi, izlenmesi ve modellenmesi" konusunu çalışarak, eğitimini 2012 yılında başarı ile tamamlayarak Dr. ünvanını almıştır. 2004-2007 yılları arasında İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nde Coğrafi Bilgi Sistemleri uzmanı olarak görev yapmış, 2007-2009 yılları arasında özel sektörde 3 boyutlu şehir modelleri konusunda proje yöneticilik görevlerini tamamlamış, 2009-2013 yılları arasında İstanbul Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Türkiye Coğrafyası Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak görev yapmıştır. 2013 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Beşeri Coğrafya Anabilim Dalı'na öğretim üyesi olarak atanmış ve halen aynı kurumda görev yapmaktadır. İngilizce bilen Dr. Mehmet Fatih DÖKER, evli ve 1 çocuk babasıdır.

Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Beşeri Coğrafya Anabilim Dalı'na öğretim üyesi olarak atanmış ve halen aynı kurumda görev yapmaktadır. İngilizce bilen Dr. Mehmet Fatih DÖKER, evli ve 1 çocuk babasıdır.

Dr. Öğr. Üyesi Erkan YILMAZ

1983 Kağızman doğumludur. İlk ve ortaokulu Kars ve Ankara'da, lise eğitimini Bolu'da tamamlamıştır. 2000-2004 yılları arasında Ankara Üniversitesi Coğrafya bölümünde lisans, 2004-2006 yılları arasında yüksek lisans ve 2007-2013 yılları arasında ise aynı üniversitede doktora eğitimini tamamlamıştır. 2005-2008 yılları arasında, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Coğrafya Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmış, 2009 yılında Ankara Üniversite Coğrafya Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başlamıştır. Halen bu bölümde Dr. Öğr. Üyesi olarak görev yapmaktadır. Yılmaz, Kartografya, Klimatoloji ve Jeomorfoloji konularıyla ilgili dersler vermekte, iklim ile ilgili araştırma faaliyetleri yürütmektedir.

Dr. Öğr. Üyesi Zeynel ÇILĞIN

Üniversite eğitimime İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümünde 1994 yılında başladım ve 1998 yılında aynı üniversitede eğitimimi tamamlayarak mezun oldum. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde 2006 yılında yüksek lisansımı; 2012 yılında ise doktora eğitimimi tamamladım. Milli Eğitim Bakanlığı bünyesinde 2007-2015 yılları arasında coğrafya öğretmeni olarak görev yaptım. 2015 yılında Munzur Üniversitesi'nde yardımcı doçent doktor olarak çalışmaya başladım Halen, Munzur Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümünde doktor öğretim üyesi olarak çalışmaya devam etmekteyim. Coğrafya bilimi ile ilgili çalışmalarımı jeomorfoloji alanına (özellikle buzul, karst ve fluviyal jeomorfolojisi) odaklanarak sürdürmekteyim.

Dr. Öğr. Üyesi Ergin CANPOLAT

1978 yılında Sivas'ta doğmuştur. Lisans öğrenimini 2000 yılında İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümünde tamamlamıştır. 2005 yılında aynı bölümde Karacadağ (Diyarbakır) Volkanı Jeomorfolojisi başlıklı tezi ile yüksek lisansı tamamlamıştır. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümünde başladığı doktora programında, 2014 yılında Gölcük (Isparta) Volkanizması ve Volkanik Gaz Risk Analizi başlıklı tezi savunarak doktor ünvanı almıştır. 2000 yılında Mardin Midyat Yolbaşı Köyü İlköğretim Okulu'na Sosyal Bilgiler Öğretmeni olarak atanmıştır. 2002-2004 yıları arasında Fatih-Atikali İlköğretim Okulu'nda sosyal bilgiler öğretmeni olarak, 2004-2007 yılları arasında Şişli–Maçka Akif Tunçel Anadolu Teknik Lisesi'nde, 2007-2010 yılları arasında Nişantaşı Nuri Akın Anadolu Lisesi'nde coğrafya öğretmeni olarak, 2010-2015 yılları arasında Şişli Mahmut Şevket Paşa Ortaokulu'nda idareci olarak, 2015-2018 yılları arasında ise Kağıthane Cengizhan Anadolu Lisesi'nde coğrafya öğretmeni olarak görev yapmıştır. Nisan 2018 itibarıyla Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı'nda Dr. Öğr. Üyesi olarak çalışmalarını sürdürmektedir. Temel çalışma alanları; jeomorfoloji, volkanizma ve volkan jeomorfolojsi, iklim, coğrafi bilgi sistemleri, doğal kaynak turizm ilişkisi, jeosit ve jeomorfositler vb.'dir.

Dr. Öğr. Üyesi Faize SARIŞ

1982 yılı Lefkoşa doğumludur. İlk, orta ve lise eğitimini Girne'de tamamlamıştır. Lisansını 2003 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Coğrafya Bölümünde, Yüksek Lisansını 2006 yılında ÇOMÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim dalında ve Doktorasını da 2011 yılında "Regional hydroclimatic variability in northeast Turkey: identifying climate and river flow dynamics" isimli tez ile Birmingham Üniversitesi Coğrafya, Yer ve Çevre Bilimleri Okulunda tamamlamıştır. 2012 yılından bu yana ÇOMÜ Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı'nda öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Genel olarak Hidroklimatoloji, özel olarak da iklimsel değişkenlik, hidrolojik ekstremler, biyoiklim konularında çalışmaktadır.

Dr. Öğr. Üyesi Muhammet KAÇMAZ

1979 Sakarya doğumlu, ilk orta ve lise eğitimini Sakarya'da, lisans eğitimini Selçuk Üniversitesi Eğitim Fakültesi Coğrafya Öğretmenliği (2001), yüksek lisans eğitimini Sakarya Üniversitesi Coğrafya (2005), doktora eğitimini ise İstanbul Üniversitesi Coğrafya (2010) bölümlerinde tamamlamıştır. Beşeri ve Ekonomik Coğrafya alanlarında çalışmalar yapmakta; turizm coğrafyası ile siyasi coğrafya akademik ilgi alanlarını oluşturmaktadır. 2001 yılında Sait Faik Abasıyanık İlköğretim okuluna Sosyal Bilgiler Öğretmeni olarak atanmış, 2005-2010 yılları arasında İstanbul Üniversitesi Coğrafya bölümünde doktora sürecinde görev yapmış, halen ise 2002 yılında araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladığı Sakarya Üniversitesi Coğrafya Bölümü'nde Dr. Öğretim Üyesi olarak görev almaktadır.

Dr. Öğr. Üyesi Reşat GEÇEN

1977 yılında Elazığ'da doğmuştur. Lisans öğrenimini 2002 yılında Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümünde tamamlamıştır. 2003-2011 yılları arasında Ortadoğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ), Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalında yüksek lisans ve doktora eğitimini bütünleşik olarak yapmış, "Evaluation of Glaciation and Glacial Shapes Using Geographic Information Systems and Remote Sensing (Eastern Black Sea)" adlı tez çalışmasıyla eğitimini tamamlamıştır. Aynı yıllar arasında ODTÜ'de Arş. Gör. olarak çalışmıştır. 2009-2010 yılları arasında University of Memphis, Tennessee, USA'de Misafir Araştırmacı olarak çalışmıştır. 2012 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, İnşaat Mühendisliğinde Dr. Arş. Gör olarak çalışmış, Nisan 2012 tarihinden itibaren Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Türkiye Coğrafyası Anabilim Dalı'nda Dr. Öğr. Üyesi olarak çalışmalarını sürdürmektedir. Temel çalışma alanları; Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama, İstatistik, Mekânsal veri Analizi'dir.

Dr. Öğr. Üyesi Olgu AYDIN

1979 yılı Niğde doğumludur. İlk, orta eğitimini Konya, Seydişehir'de, lise eğitimini Ankara'da tamamlamıştır. 2002 yılında Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden mezun oluştur. Yüksek Lisans eğitimini 2009 yılında, Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü'nde tamamlamıştır. 2006–2007 eğitim-öğretim yılı güz döneminde Socrates/Erasmus Programı kapsamında, Almanya, Ludwing Maximilian Üniversitesi, Coğrafya Bölümü'de öğrenci olarak, 2007–2008 eğitim-

öğretim döneminde Amerika, Harvard Üniversitesi, Coğrafya Analiz Merkezi'nde (Centre for Geography Analysis) araştırmacı olarak bulunmuştur. 2014 yılında "Türkiye'de Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Kriging Yöntemiyle Belirlenmesi" başlıklı tez ile Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü'nde doktora ünvanını almıştır. 2006–2015 yılları arasında Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü'nde araştırma görevlisi, 2015 yılından bu yana aynı bölüm, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı'nda öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Klimatoloji, doğal afetler, mekânsal veri analizi, mekânsal analiz ve modelleme, klimatoloji, doğal afetler ve kent araştırmalarında coğrafi bilgi teknolojileri ve mekânsal veri analizi yöntemlerinin kullanılması konularında çalışmaktadır.

Arş. Gör. Selin YILDIZ GÖRENTAŞ

1991 yılında Muğla'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Kocaeli'de tamamladı. Lisans ve Yüksek Lisans eğitimini Sakarya Üniversitesi'nde bitirdi. Marmara Üniversitesi Coğrafya Ana Bilim Dalında Doktora eğitimine devam etmektedir. 2014 yılında Sakarya Üniversitesi'nde, 2016 yılından itibaren de Kilis 7 Aralık Üniversitesi Coğrafya Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. Araştırma alanları Uzaktan Algılama, CBS, şehir coğrafyası, arazi örtüsü/kullanımıdır.

Arş. Gör. Hasan SAYIN

Hasan Sayın, 1992 Ağrı doğumludur. İlk ve orta öğrenimini Ağrı'da, lise öğrenimini ise Bursa'da tamamlamıştır. 2010 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Coğrafya Bölümünde başladığı lisans eğitimini 2014 yılında tamamlamıştır. 2016 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamış ve "Van Gölü Havzası Doğusunda Heyelan Duyarlılık Analizi" başlıklı tez araştırması devam etmektedir. Fiziki Coğrafya, Uygulamalı Jeomorfoloji, Doğal Afetler ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ilgi alanlarıdır.

Esra Erşahin

05.12.1991 Malatya doğumludur. İlk ve orta öğretimini İstanbul-Bağcılar Sancak Tepe ilk öğretim okulunda, lise öğrenimini Esenler Çok Programlı lisesinde tamamlamıştır. 2015 yılında Sakarya Üniversitesi Coğrafya bölümünü bitirmiş. 2014 yılında İstYA projesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri üzerine çalışmalar yapmıştır ve hala aktif olarak çalışmaktadır. Şuanda Bilecik Şeyh Edabali Üniversitesinde Yüksek Lisans yapmaktadır.

Araş.Gör. Emre ELBAŞI

1990 yılında İstanbul Bakırköy'de dünyaya gelen Emre ELBAŞI ilk ve orta öğretimini İstanbul'da tamamlamıştır. 2012'de İstanbul Üniversitesi Coğrafya Bölümü'nden lisans diplomasını, 2015 yılında aynı üniversiteden Yüksek Lisans derecesini almıştır. Doktora çalışmalarına devam etmektedir. 2014-2018 yılları arasında Türkiye Su Enstitüsü'nde CBS uzmanı olarak çalışmış olup, 2018 yılından beri İstanbul Üniversitesi Coğrafya Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev almaktadır. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi'nde Yardımcı Editörlük, Türk Coğrafya Dergisi'nde Mizanpaj Editörlüğü yapmaktadır. Türk Coğrafya Derneği üyesi olup çalışma konularının başında Hidrodinamik Modelleme, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Havza Morfometrisi gelmektedir.

Arş. Gör. Dr. Abdullah AKBAŞ

1988 yılında Elazığ'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'ne 2007 yılında giriş yaptı ve 2011 yılında lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nde yüksek lisans eğitimini başladı ve 2013 yılında "Türkiye'de Palmer Kuraklık İndisine Göre Kuraklığın Alansal ve Zamansal Değişiminin İncelenmesi" adlı tezi savunup başarılı olarak mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı. Doktora eğitimi sırasında iklimsel ve yersel afetlerde eğitim almak için 2016 yılında Cenevre Üniversitesi CERG-C (Specialization certificate for the assessment and management of geological and climate related risk) eğitim programına katıldı. Daha sonra doktora çalışmalarının bir kısmını yapmak için TÜBİTAK 2214-A doktora sırası yurtdışı bursundan faydalanarak Prof. Paul Bates danışmanlığında Bristol Üniversitesi Coğrafya Bölümünün Hidroloji grubuna 2017 yılında research collobrater olarak katıldı. 2018 yılının Aralık ayında "Marmara Denizi Drenaj Havzasında Yağış-Akış İlişkileri" adlı doktora tezini başarılı bir şekilde savunarak doktoradan mezun olmuştur. Ardahan Üniversitesi'nde halen Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Bunun yanı sıra Boğaziçi Üniversitesi İklim Değişikliği ve Politikaları Uygulama ve Araştırma Merkezi-İklim üyesidir. Son dönemlerde çalışmaları yağış-akış ve hidrolojik modellemeler, iklim modellemeleri, iklim değişikliği etki çalışmaları, doğal afetler, taşkın-kuraklık ve su yönetimi üzerinde odaklanmıştır.

Onur ALTINAY

1990 yılında İstanbul'un Bakırköy ilçesinde doğmuştur. İlköğretim ve lise eğitimini İstanbul'da tamamlamıştır. Lisans eğitimini 2016 yılında İstanbul Üniversitesi Coğrafya Bölümü'nde tamamlamış ve şu anda yüksek lisans eğitimini yine İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Ana Bilim Dalı'nda sürdürmektedir. "Karadağ'ın Buzul Jeomorfolojisi" isimli yüksek lisans tezi, 1001 – Bilimsel Ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı ve İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmektedir. "Kozmojenik 36Cl Yüzey Yaşlandırması ile Jeomorfolojik ve İklimsel Analizler Işığında Karadağ'da (Batı Toroslar) Pleistosen Buzullaşmaları" başlıklı TÜBİTAK projesinde bursiyer olarak yer almaktadır. Mayıs 2018'de INQUA finansal desteği ile Hırvatistan'ın Krk Adası'nda yer alan Baška şehrindeki DIG – 4th Workshop on Dinaric Glaciation: Early/Middle Pleistocene glaciations of NE Mediterranean – filling the gaps in reconstructing its geological history and climate change Focus on glaciogenic sedimentary palaeoenvironments of Krk Island" adlı çalıştaya katılmıştır. Genel anlamda buzul jeomorfolojisi çalışmakta olup, bununla birlikte Morfometrik Analizler, CBS ve Uzaktan Algılama diğer ilgi alanlarıdır. Jeomorfoloji Derneği üyesidir.

Onur YASAN

1989 yılında İstanbul Fatih doğumludur. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamlamıştır. Lisansını 2012 yılında İstanbul Üniversitesi Coğrafya Bölümünde tamamlamıştır. Yüksek Lisansına 2016 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalında başlamış, "Teke Yarımadası'nda Kuvaterner Buzullaşmalarının Seyri ve Alansal Dağılışında İklimin Etkisi" başlıklı tez konusu devam etmektedir. Fiziki Coğrafya, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama konuları ilgi alanlarıdır.