



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANA BİLİM DALI**

**LADİK GÖLÜ HAVZASI'NDA (SAMSUN)
AKILLI DOĞAL AFET YÖNETİMİ**

Doktora Tezi

Fatih OCAK

Danışman
Doç. Dr. Muhammet BAHADIR

SAMSUN
2023

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANA BİLİM DALI**



**LADİK GÖLÜ HAVZASI'NDA (SAMSUN)
AKILLI DOĞAL AFET YÖNETİMİ**

Doktora Tezi

Fatih OCAK

Danışman

Doç. Dr. Muhammet BAHADIR

SAMSUN
2023

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

16/06/2023
Fatih OCAK

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: LADİK GÖLÜ HAVZASI'NDA (SAMSUN) AKILLI DOĞAL AFET YÖNETİMİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 02/05/2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 8

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

03/05/2023
Doç. Dr. Muhammet BAHADIR

ÖZET

LADİK GÖLÜ HAVZASI'NDA (SAMSUN) AKILLI DOĞAL AFET YÖNETİMİ

Fatih OCAK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Coğrafya Ana Bilim Dalı

Doktora, Haziran/2023

Danışman: Doç. Dr. Muhammet BAHADIR

İnsanlık var olduğundan bu yana doğal olaylar (deprem, taşkın, heyelan vb.) hep meydana gelmekte ve insanlığa herhangi bir zararı olmadığı müddetçe dikkat çekmemektedir. Ancak doğal olaylar insanlığa zarar verdiğinde doğal bir olay olmaktan çıkıp afet karakterine bürünmektedir. Son birkaç on yıl içerisinde ise doğal afetlerin küresel ölçekte önemli bir problem haline geldiği görülmektedir. Günümüzde ülkeler sadece tek bir doğal afet ile değil, aynı anda birden çok doğal afet ile mücadele etmek zorunda kalmaktadır. Bu yönüyle doğal afetleri tek tek değil, bütüncül olarak ele almak ve afet öncesi, esnası ve sonrasını düşünerek irdelemek gerekir. Her ne kadar insanlığı her daim tehdit eden doğal olayların oluşumunu engellemek mümkün olmasa da afet karakterine bürünmesini engellemek ve verebileceği zararları en aza indirmek mümkündür. Buradan hareketle daha önce deprem, taşkın ve heyelan türünde doğal afetlerin yaşandığı ve en önemli geçim kaynağının tarımsal faaliyetler olması sebebiyle toprak erozyonu ve kuraklık afetlerinin yaşanabileceği Karadeniz Bölgesi, Samsun ilinde yer alan Ladik Gölü Havzası çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bütüncül akıllı doğal afet yönetiminin hedeflendiği çalışmanın ilk aşamasında afet öncesi dönemde karar vericilerin planlama yapabilmeleri için deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık afetleri dikkate alınarak Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ile bahsi geçen afetlere yönelik duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda dikkate alınan doğal afetler arasında en etkili olanların sırasıyla toprak erozyonu (%57,93), kuraklık (%50,71), deprem (%39,68), heyelan (%36,28) ve taşkın (%33,19) olduğu tespit edilmiştir. Yine Ladik Gölü Havzası'nda bu doğal afetlerin etkilerinin aynı anda hangi alanlarda daha fazla olabileceğini gösteren çoklu duyarlılık analizi gerçekleştirilmiş ve bu analize göre de havzanın en duyarlı beş (5) yerleşmesinin sırasıyla; Büyükkızıoğlu, Bolat, Çakırgümüş, Saray ve Cüce mahalleleri olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise doğal afet duyarlılık analizi sonuçları dikkate alınarak afet öncesinde, esnasında ve sonrasında kullanılmak üzere Ladik Gölü Havzası (Samsun) Akıllı Doğal Afet Yönetimi ve Karar Destek Sistemi (LADES) isminde hem web hem mobil cihazlar üzerinden erişilebilen bir sistem tasarlanmıştır. Bu sistem havzada yaşayan vatandaşların afet öncesinde yaşadıkları yapı, tarım arazileri vb. gibi yerlerin risk durumlarını öğrenebilecekleri web uygulamaları, afet esnasında acil yardım çağrısında bulunabilecekleri mobil uygulama, yerel yönetimler için de olası bir doğal afet ve etkilerini yönetebilecekleri afet kriz masasında kullanılmak üzere canlı takip paneli ve sahada acil yardım çağrılarına müdahale edebilecekleri web ve mobil uygulamalardan oluşmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Doğal Afet, Akıllı Doğal Afet Yönetimi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), web CBS, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Kavak, Samsun.

ABSTRACT

SMART NATURAL DISASTER MANAGEMENT IN BASIN OF LAKE LADIK (SAMSUN)

Fatih OCAK

Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Geography
Ph.D., June/2023

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Muhammet BAHADIR

Natural events (earthquakes, floods, landslides, etc.) have been occurring since humanity has existed, and do not attract attention as long as they do not cause any harm to humanity. However, when natural events harm humanity, they cease to be natural events, and take on the character of disasters. In the last few decades, natural disasters have become a major problem on a global scale. Nowadays, countries have to deal not only with a single natural disaster but also with multiple natural disasters at the same time. In this respect, natural disasters should be handled holistically, not individually, and should be analyzed before, during and after the disaster. Although it is not possible to prevent the occurrence of natural events that threaten humanity at all times, it is possible to prevent them from taking on the character of disasters, and minimize damages they may cause. Thus, the Basin of Lake Ladik located in the Black Sea Region, Samsun province, where natural disasters such as earthquakes, floods, and landslides have been experienced before, and where soil erosion and drought disasters may occur due to the fact that the most important source of livelihood is agricultural activities, was determined as the study area. In the first phase of the study, where a holistic smart natural disaster management is targeted, sensitivity analyses for earthquake, flood, landslide, soil erosion and drought disasters were carried out using Analytic Hierarchy Process (AHP) method, Geographical Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) techniques in order to enable decision makers to plan in the pre-disaster period. As a result of these analyses, it was determined that the most effective natural disasters were soil erosion (57.93%), drought (50.71%), earthquake (39.68%), landslide (36.28%), and flood (33.19%). Again, a multiple susceptibility analysis was carried out in the Ladik Lake Basin, showing in which areas the effects of these natural disasters may be higher at the same time, and according to this analysis, it was determined that the five (5) most susceptible settlements of the basin are Büyükkızıoğlu, Bolat, Çakırgümü, Saray, and Cüce neighborhoods, respectively. In the second stage of the study, an application called Basin of Lake Ladik (Samsun) Smart Natural Disaster Management and Decision Support System, which can be accessed via both web and mobile devices, was designed to be used before, during and after the disaster by considering the results of natural disaster susceptibility analysis. This system consists of web and mobile applications where citizens can learn the risk status of the places where they live, call for emergency aid, and local governments can manage the natural disaster process.

Keywords: Natural Disaster, Smart Natural Disaster Management, Geographic Information Systems (GIS), web GIS, Analytic Hierarchy Process (AHP), Kavak, Samsun.

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu anı bir şeyler yazabilmek için çok bekledim, çok hayal ettim ve bu an için çok emek verdim. Sonunda sabrım mutluluğa, hayallerim gerçeğe ve emeklerim ürüne dönüştü. İnanın; bu bölümü yazarken duyduğum heyecanı kelimelere dökmek çok zor. Ama tarihe not düşmek ve hoş bir tebessüm bırakmak için birkaç cümle yazmaya çalışacağım. “*Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) sevmekse, web CBS âşık olmaktır.*” Bu söz mesleğe bakış açımı, aldığım keyfi ve yaşadığım mutluluğu özetlemektedir. Nasıl peki? Biz Coğrafyacılar için CBS, kimimize göre çalışmalarımızda kullandığımız bir araç, kimimize göre bir amaç olmuş ve bu araç/amaç ile yaptığımız çalışmalar da çoğunlukla kendi bilgisayarlarımızda hapsolmuştur. Bu sebeple duyduğumuz haz bir türlü aşka dönüşmemiş ve bir yanı hep eksik kalmıştır. Ama CBS teknolojilerinde gelinen son nokta bu eksikliğin giderilmesini, aşka dönüşmesini sağlamış ve kendi bilgisayarlarımızda hapsolmuş olan CBS’yi dış dünyaya açabilme imkânı getirmiştir. Peki nasıl? Web CBS ismini verdiğimiz bu teknoloji sayesinde kendi bilgisayarlarımızda hapsolmuş CBS’yi kullanımı daha kolay, anlatılması ve anlaşılması daha basit ve sade olan web ve mobil uygulamalar sayesinde özgürlüğüne kavuşturarak. Biraz daha açayım:

Bir Coğrafyacı için mekânı anlamak, yorumlamak ve mekânsal düşünmek çok büyük bir avantajdır. Coğrafyacı, bu avantajı CBS teknolojilerinde birçok probleme çözüm üretmek için kullanır. Çünkü CBS, yaşadığımız çevrenin sorunlarının belirlenmesinde ve bu sorunların çözümünde en sık başvurduğumuz teknikleri bünyesinde barındırmaktadır. Mekânsal düşünme yeteneği ile CBS bütünleştirildiğinde örneğin; doğal afetlerin oluşum mekanizmaları, etki edeceği alanların belirlenmesi, afet öncesi alınacak önlemler için kriz yönetiminin gerçekleştirilebilmesi ve afet sonrası risk yönetiminin daha efektif yönetilebilmesi sağlanmaktadır. Ancak bu çalışmalar klasik CBS olarak adlandırdığımız ve kendi bilgisayarlarımızda gerçekleştirdiğimiz mekânsal problem çözümlerini içermektedir. Peki bu çalışmaların diğer paydaşlar tarafından kullanılması, ekip içindeki üyelerin yapılan çalışmalara katkı verebilmesi ve gerek ofis gerek arazi çalışmaları esnasında anlık olarak üretilen verilere erişebilmesi ihtiyacı nasıl giderilmektedir? İşte tam bu noktada CBS ile gerçekleştirilen bu tür çalışmalar ve mekânsal analizlerin dış paydaşlara açılması ve 7/24 aktif olarak kullanılabilmesi için web CBS bizlere yeni bir pencere açmaktadır. Böylece şahsi olarak gerçekleştirilen tüm mekânsal analizler

vatandaş ve yerel yönetimler ile paylaşılabilmekte, anlık veri üretimine devam edilebilmekte ve gerek ofis gerek araziden istenilen verilere her an erişilebilmektedir. Neticede olası bir afet öncesinde, esnasında ve sonrasında herkesin aynı anda kullanabileceği ve interneti olan herhangi bir cihazdan erişebileceği (web, masaüstü, mobil) her daim güncel, yaşayan sistemleri tasarlamak mümkündür. Bir başka deyişle web CBS sayesinde gerek masaüstü gerek web gerekse mobil cihazlardan erişilebilen bütünleşik bir doğal afet yönetim sisteminden bahsedilebilmektedir.

Evet, burada tarihe not düşmek için bu çalışmanın olgunlaşmasında tecrübelerini ve bilgi birikimini esirgemeyen başta danışman hocam Doç. Dr. Muhammet BAHADIR olmak üzere, çalışmada büyük katkılar sunan değerli jüri üyeleri Prof. Dr. Kemalettin ŞAHİN, Doç. Dr. Mehmet Fatih DÖKER, Prof. Dr. Osman Çepni, Doç. Dr. Faruk AYLAR ve Dr. Öğr. Üyesi Şevki DANACIOĞLU'na ayrı ayrı teşekkür ederim. Yine bu süreçte gerek arazi çalışmalarım esnasında yanımda olan gerek fiziki coğrafya tarafındaki tecrübelerini esirgemeyen ve bana yaren olan sevgili dostum Dr. Öğr. Üyesi Serkan GÜRGÖZE'ye, tasarladığım bütünleşik doğal afet yönetim sistemi için öneri ve yapıcı eleştirilerini paylaşan meslektaşım, dostum Öğr. Gör. Mürşit ŞİRİN ve çok değerli çalışma arkadaşım Öğr. Gör. Fatih TUZLU'ya, desteğini her zaman hissettiren sevgili dostum Dr. Ömer ÜNSAL'a, çalışmanın basımdan önceki son kontrollerini yapan sevgili meslektaşım Dr. Öğr. Üyesi Fatih IŞIK'a, veri temini konusunda yardımcı olan GRiT ve görsel tasarımlar için çalışmalarından çokça yararlandığım <http://www.etkilisunum.com> firmalarına teşekkür ederim.

Son olarak tüm yaşamım boyunca hep yanımda olan annem Dudu OCAK, babam Necip OCAK, ablam Fadime EKİNCİ, eniştem Ramazan EKİNCİ, yeğenim Çınar Efe EKİNCİ, kardeşim Sabri OCAK, yengem Selin Maide OCAK ile henüz adını bilmediğimiz ve yolunu gözlediğimiz biricik evlatlarına ve dahi yıllardır çalışmalarından ötürü istediğim vakti ayıramamış olmama rağmen desteğini bir an olsun esirgemeyen canım eşim Sevcan OCAK ve tatlı kızım Zeynep Sare OCAK'a çok ama çok teşekkür ederim. İyi ki varsınız.

Heyecanımı kelimelere dökmekte zorlanacağımı söylemiştim; sanırım öyle de oldu. Heyecanımı anlatmam bile CBS-Web CBS ekseninde oldu. Sanırım bu teknoloji benim vazgeçilmezim olmuş. İyi ki de olmuş. O zaman şöyle bitireyim:

“Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) sevmekse, web CBS âşık olmaktır.”

Fatih OCAK

2023

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLolar DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Araştırma Sahasının Yeri, Sınırları ve Araştırmanın Kapsamı	5
1.2. Kavramsal Çerçeve	8
1.2.1. Tehlike	9
1.2.2. Risk	10
1.2.3. Zarar Görebilirlik (Duyarlılık)	11
1.2.4. Afet	12
1.2.5. Afet Yönetimi	13
1.2.5.1. Afet Öncesindeki Çalışmalar	14
1.2.5.2. Afet Sırasındaki Çalışmalar	14
1.2.5.3. Afet Sonrasındaki Çalışmalar	15
1.2.6. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)	17
1.3. Literatür Değerlendirmesi	19
2. MATERYAL VE YÖNTEM	35
2.1. Saha Çalışmaları	38
2.2. Veri Üretimi	38
2.2.1. Veri Yapısı	38
2.2.2. Coğrafi Veri Tabanı Tasarımı	41
2.3. Mekânsal Analizler	42
2.3.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)	44
3. HAVZANIN GENEL COĞRAFI ÖZELLİKLERİ	47
3.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri	47
3.1.1. Jeoloji	47
3.1.1.1. Litoloji	47
3.1.1.2. Tektonik	51
3.1.2. Jeomorfoloji	54
3.1.2.1. Morfometrik Özellikler	54
3.1.2.1.1. Yükseklik	54
3.1.2.1.2. Eğim	57
3.1.2.1.3. Bakı	60
3.1.3. İklim	66
3.1.3.1. Sıcaklık	67
3.1.3.2. Yağış	70
3.1.3.3. Rüzgâr	73
3.1.3.4. Nem	76
3.1.4. Hidrografya	77
3.1.4.1. Başlıca Akarsular	77
3.1.4.2. Ladik Gölü	79
3.1.5. Toprak	82
3.1.6. Bitki Örtüsü	85
3.2. Beşeri Coğrafya Özellikleri	86
3.2.1. Nüfus ve Yerleşme	86
3.2.2. Ekonomi	89
3.2.3. Arazi Kullanımı	91

4. DOĞAL AFET DUYARLILIK ANALİZLERİ	97
4.1. Deprem Duyarlılık Analizi.....	97
4.1.1. Giriş	98
4.1.2. Materyal ve Yöntem	101
4.1.2.1. Araştırma Sahasının Depremelliği	101
4.1.2.2. Veri	103
4.1.3. Bulgular ve Tartışma.....	107
4.1.3.1. Duyarlılık Analizinde Kullanılan Coğrafi Faktörler	108
4.1.3.1.1. Eğim	108
4.1.3.1.2. Litoloji	110
4.1.3.1.3. Fay Hatlarına Uzaklık.....	112
4.1.3.1.4. En Büyük Yer İvmesi (g).....	114
4.1.3.1.5. Yeryüzü Şekilleri.....	115
4.1.3.1.6. Zemin Geçirirlik Durumu.....	116
4.1.3.2. Analiz ve Değerlendirme	119
4.2. Taşkın Duyarlılık Analizi	122
4.2.1. Giriş	123
4.2.2. Materyal ve Yöntem	126
4.2.2.1. Araştırma Sahasının Taşkın Özellikleri	126
4.2.2.2. Veri	127
4.2.3. Bulgular ve Tartışma.....	129
4.2.3.1. Duyarlılık Analizinde Kullanılan Coğrafi Faktörler	131
4.2.3.1.1. Eğim	131
4.2.3.1.2. Bakı.....	132
4.2.3.1.3. Litoloji	133
4.2.3.1.4. Toprak.....	134
4.2.3.1.5. Havza Boyutu	135
4.2.3.1.6. Arazi Kullanımı	136
4.2.3.1.7. Yeryüzü Şekilleri.....	137
4.2.3.1.8. Yağış.....	137
4.2.3.1.9. Drenaj Yoğunluğu (D _d).....	138
4.2.3.2. Analiz ve Değerlendirme	141
4.3. Heyelan Duyarlılık Analizi	143
4.3.1. Giriş	144
4.3.2. Materyal ve Yöntem	147
4.3.2.1. Araştırma Sahasının Heyelan Özellikleri.....	147
4.3.2.2. Veri	150
4.3.3. Bulgular ve Tartışma.....	152
4.3.3.1. Duyarlılık Analizinde Kullanılan Coğrafi Faktörler	154
4.3.3.1.1. Eğim	154
4.3.3.1.2. Bakı.....	155
4.3.3.1.3. Litoloji	156
4.3.3.1.4. Toprak.....	157
4.3.3.1.5. Yükseklik.....	158
4.3.3.1.6. Arazi Kullanımı	160
4.3.3.1.7. Akarsulara Uzaklık	161
4.3.3.1.8. Yağış.....	162
4.3.3.1.9. Fay Hatlarına Uzaklık.....	163
4.3.3.1.10. Yamaç Eğriliği (Eğim Şekli).....	164
4.3.3.1.11. Yollara Uzaklık	166
4.3.3.1.12. Topografik Nemlilik İndeksi (TWI).....	168
4.3.3.2. Analiz ve Değerlendirme	171
4.4. Toprak Erozyonu Duyarlılık Analizi	174
4.4.1. Giriş	175
4.4.2. Materyal ve Yöntem	177

4.4.2.1. Veri	178
4.4.3. Bulgular ve Tartışma.....	180
4.4.3.1. Duyarlılık Analizinde Kullanılan Coğrafi Faktörler	181
4.4.3.1.1. Eğim	181
4.4.3.1.2. Toprak Derinliği	182
4.4.3.1.3. Litoloji	183
4.4.3.1.4. Yükseklik.....	185
4.4.3.1.5. Arazi Kullanımı	186
4.4.3.1.6. Drenaj Yoğunluğu (D_d) ve Drenaj Sıklığı (F_s)	187
4.4.3.1.7. Yağış.....	188
4.4.3.2. Analiz ve Değerlendirme	191
4.5. Kuraklık Duyarlılık Analizi	193
4.5.1. Giriş	194
4.5.2. Materyal ve Yöntem	197
4.5.2.1. Veri	197
4.5.3. Bulgular ve Tartışma.....	198
4.5.3.1. Duyarlılık Analizinde Kullanılan Coğrafi Faktörler	200
4.5.3.1.1. Eğim	200
4.5.3.1.2. Bakı.....	201
4.5.3.1.3. Büyük Toprak Grubu (BTG)	202
4.5.3.1.4. Toprak Derinliği	203
4.5.3.1.5. Toprak Erozyonu	204
4.5.3.1.6. Yükseklik.....	205
4.5.3.1.7. Arazi Kullanımı	206
4.5.3.1.8. Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfı	207
4.5.3.1.9. Akarsulara Uzaklık.....	209
4.5.3.1.10. Yağış.....	209
4.5.3.1.11. Sıcaklık.....	210
4.5.3.2. Analiz ve Değerlendirme	213
4.6. Çoklu Doğal Afet Duyarlılık Analizi.....	216
5. AKILLI DOĞAL AFET YÖNETİMİ.....	219
5.1. Türkiye’de Afet Yönetimi.....	219
5.2. Afet Yönetimi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri	222
5.3. Afet Yönetimi ve Web CBS.....	223
5.4. Afet Yönetimi ve Akıllı Şehir.....	226
5.5. Ladik Gölü Havzası Akıllı Doğal Afet Yönetimi ve Karar Destek Sistemi (LADES)	227
5.5.1. Web Katmanları, Web Haritaları, Araçlar ve Web Uygulamaları	229
5.5.2. Akıllı Doğal Afet Yönetiminde Örnek Bir Sistem: LADES.....	231
5.5.2.1. Deprem için Tasarlanan Uygulamalar	234
5.5.2.1.1. Deprem Duyarlılık Analizi Web Uygulaması	234
5.5.2.1.2. Deprem Risk Sorgulama Web Uygulaması.....	234
5.5.2.2. Taşkın için Tasarlanan Uygulamalar	235
5.5.2.2.1. Taşkın Duyarlılık Analizi Web Uygulaması	235
5.5.2.2.2. Taşkın Risk Sorgulama Web Uygulaması.....	236
5.5.2.3. Heyelan için Tasarlanan Uygulamalar.....	237
5.5.2.3.1. Heyelan Duyarlılık Analizi Web Uygulaması	237
5.5.2.3.2. Heyelan Risk Sorgulama Web Uygulaması	238
5.5.2.4. Toprak Erozyonu için Tasarlanan Uygulamalar	239
5.5.2.4.1. Toprak Erozyonu Duyarlılık Analizi Web Uygulaması	239
5.5.2.4.2. Toprak Erozyonu Risk Sorgulama Web Uygulaması.....	240
5.5.2.5. Kuraklık için Tasarlanan Uygulamalar	241
5.5.2.5.1. Kuraklık Duyarlılık Analizi Web Uygulaması	241
5.5.2.5.2. Kuraklık Risk Sorgulama Web Uygulaması.....	242
5.5.2.6. Web ve Mobil Tabanlı Acil Yardım Uygulaması	243

5.5.2.7. Afet ve Acil Durum Kriz Yönetimi Uygulaması	245
5.5.2.8. Afet Sonrası Veri Toplama Uygulaması.....	246
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	248
6.1. Deprem Duyarlılığı	248
6.2. Taşkın Duyarlılığı	249
6.3. Heyelan Duyarlılığı.....	252
6.4. Toprak Erozyonu Duyarlılığı	254
6.5. Kuraklık Duyarlılığı.....	256
KAYNAKLAR	263
ÖZ GEÇMİŞ.....	286



SİMGELER VE KISALTMALAR

ADNKS	: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
AI	: Artificial Intelligence (Yapay Zekâ)
AKK	: Arazi Kullanım Kabiliyet
AYDES	: Afet Yönetim ve Karar Destek Sistemi
B	: Batı
BTG	: Büyük Toprak Grubu
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
D	: Doğu
D _d	: Drenaj Yoğunluğu
DEM	: Digital Elevation Model
EMDAT	: Emergency Events Database
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
g	: En Büyük Yer İvmesi
G	: Güney
GB	: Güneybatı
GD	: Güneydoğu
HGM	: Harita Genel Müdürlüğü
İHA	: İnsansız Hava Aracı
K	: Kuzey
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
KB	: Kuzeybatı
KD	: Kuzeydoğu
KRDAE	: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
M _w	: Moment Büyüklüğü
OKA	: Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı
PC	: Personel Computer
REST	: Representational State Transfer

SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TAD Portal	: Tarım Dışı Yetkilendirme ve Toprak Etüt Portalı
TAMP	: Türkiye Afet Müdahale Planı
TRGM	: Tarım Reformu Genel Müdürlüğü
TUCBS	: Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TWI	: Topografik Nemlilik İndeksi
UA	: Uzaktan Algılama
UNCCD	: Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi
URL	: Uniform Resource Locator
WFS	: Web Feature Services
WMS	: Web Map Services

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Ladik Gölü Havzası lokasyon haritası.	6
Şekil 1.2. Bir heyelanın tehlike (A) ve doğal afet durumundaki görünümü (B), (URL-3;4)...	9
Şekil 1.3. Afet yönetim evreleri.	17
Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan yöntemlerin genel iş akış şeması.	37
Şekil 2.2. Grafiksel veriler (URL-5).	39
Şekil 2.3. Vektör veri modelinde veri yapısı (URL-5).	40
Şekil 2.4. Raster veri modelinin hücrelerle temsili (Ocak vd., 2012).	40
Şekil 2.5. Mekânsal analizlerin web harita ve web uygulamalarında kullanımı için iş akışı (Ocak vd., 2023'ten değiştirilerek).	44
Şekil 3.1. Ladik Gölü Havzası jeoloji haritası.	50
Şekil 3.2. Ladik Gölü Havzası'nın Doğu-Batı yönlü genel görünümü.	51
Şekil 3.3. Akdağ'ın kuzey yamaçlarındaki keskin eğim ve faylanma.	52
Şekil 3.4. Tersakan Çayı'nın Ladik Gölü'nden kaynağını aldığı nokta.	53
Şekil 3.5. Ladik Gölü Havzası'nda yer alan önemli yükselti noktaları.	55
Şekil 3.6. Ladik Gölü Havzası yükselti basamakları haritası.	56
Şekil 3.7. Ladik Gölü Havzası eğim haritası.	59
Şekil 3.8. Ladik Gölü Havzası eğim özelliklerinin alansal dağılımı.	60
Şekil 3.9. Ladik Gölü Havzası bakı haritası.	62
Şekil 3.10. Ladik Gölü Havzası bakı özelliklerinin alansal dağılımı.	63
Şekil 3.11. Ladik Gölü Havzası jeomorfoloji haritası.	64
Şekil 3.12. Ladik Gölü Havzası jeomorfolojik birimlerinin alansal dağılımı.	65
Şekil 3.13. Ladik Gölü Havzası ortalama sıcaklıklarının uzun yıllar ortalaması (1975- 1999).	68
Şekil 3.14. Ladik Gölü Havzası yıllık ortalama sıcaklık değerleri haritası (1975-1999).	70
Şekil 3.15. Ladik Gölü Havzası aylık toplam yağış miktarları (1975-1999).	71
Şekil 3.16. Ladik Gölü Havzası yıllık toplam yağış değerleri haritası (1975-1999).	73
Şekil 3.17. Ladik Gölü Havzası yıllık ortalama hakim rüzgâr yönleri (1975-1999).	74
Şekil 3.18. Ladik Gölü Havzası aylık rüzgâr esme sayıları (1975-1999).	75
Şekil 3.19. Ladik Gölü Havzası hidrografi haritası.	78
Şekil 3.20. Çalışma sahasında yer alan bazı akarsu vadilerinin enine kesitleri.	79
Şekil 3.21. Ladik Gölü'nün batısında 2023 yılı güncel seviye değişimi.	80
Şekil 3.22. Çalışma sahasında yer alan doğal su kaynakları.	81
Şekil 3.23. Ladik Gölü Havzası toprak grupları haritası.	83
Şekil 3.24. Ladik Gölü Havzası toprak gruplarının alansal dağılımı.	84
Şekil 3.25. Ladik Gölü Havzası'ndaki nüfusun yıllara göre dağılımı (2012-2021).	88
Şekil 3.26. Ladik Gölü Havzası'ndaki yerleşmelerin nüfusu ve dağılışı.	89

Şekil 3.27. Ladik Gölü Havzası arazi kullanım sınıfları haritası.	92
Şekil 3.28. Havzanın kuzeyinde yerleşmeler ile iç içe yer alan tarım arazileri.	94
Şekil 3.29. Su seviyesinin azalması sonucu Ladik Gölü çevresinde oluşan mera alanları. ...	95
Şekil 3.30. Ladik Gölü Havzası'ndaki arazi kullanım sınıflarının alansal dağılımı.	96
Şekil 4.1. Ladik Gölü Havzası'nın deprem tehlike haritası (AFAD, 2018a).	102
Şekil 4.2. 26 Kasım 1943 Ladik depreminin Ladik ve çevre yerleşmelere etkileri (URL-10).	103
Şekil 4.3. Deprem duyarlılık analizi iş akış şeması.	106
Şekil 4.4. Araştırma sahasının kuzeyinden geçen Kuzey Anadolu Fayı.	107
Şekil 4.5. Coğrafi faktörler; a) Eğim b) Litoloji c) Fay hatlarına uzaklık d) En büyük yer ivmesi e) Yeryüzü şekilleri f) Zemin geçirimsizlik durumu.	118
Şekil 4.6. Ana coğrafi faktörlerin ağırlık dağılımları ve standart sapmaları.	119
Şekil 4.7. Ladik Gölü Havzası deprem duyarlılık analizi haritası.	121
Şekil 4.8. Deprem duyarlılık sınıflarının dağılım oranları.	122
Şekil 4.9. İlçe merkezinden geçen Değirmen Dere'nin farklı kesimlerindeki kanal yapısı.	127
Şekil 4.10. İlçe merkezinden geçen Değirmen Dere'deki evsel atık ve oluşan sazlıklar.	127
Şekil 4.11. Taşkın duyarlılık analizi iş akış şeması.	128
Şekil 4.12. Havzanın güneyinde dik ve çok dik yamaçlara sahip dağ kütleleri.	131
Şekil 4.13. Coğrafi faktörler; a) Eğim b) Bakı c) Litoloji d) Toprak e) Havza boyutu f) Arazi kullanımı g) Yeryüzü şekilleri h) Yağış i) Drenaj yoğunluğu.	140
Şekil 4.14. Ana coğrafi faktörlerin ağırlık dağılımları ve standart sapmaları.	141
Şekil 4.15. Taşkın duyarlılık sınıflarının dağılım oranları.	142
Şekil 4.16. Ladik Gölü Havzası taşkın duyarlılık analizi haritası.	143
Şekil 4.17. Ladik Gölü Havzası'nda meydana gelmiş olan heyelanlar.	148
Şekil 4.18. Araştırma sahası heyelan örnekleri (Mazlumoğlu Mahallesi doğusu).	149
Şekil 4.19. Araştırma sahası heyelan örnekleri (Aktaş Mahallesi batısı).	149
Şekil 4.20. Heyelan duyarlılık analizi iş akış şeması.	151
Şekil 4.21. Coğrafi faktörler; a) Eğim b) Bakı c) Litoloji d) Toprak e) Yükseklik f) Arazi kullanımı g) Akarsulara uzaklık h) Yağış i) Fay hatlarına uzaklık j) Yamaç eğriselliği k) Yollara uzaklık l) Topografik nemlilik indeksi (TWI).	170
Şekil 4.22. Ana coğrafi faktörlerin ağırlık dağılımları ve standart sapmaları.	172
Şekil 4.23. Ladik Gölü Havzası heyelan duyarlılık analizi haritası.	173
Şekil 4.24. Heyelan duyarlılık sınıflarının dağılım oranları.	174
Şekil 4.25. Toprak erozyonu duyarlılık analizi iş akış şeması.	179
Şekil 4.26. Coğrafi faktörler; a) Eğim b) Toprak derinliği c) Litoloji d) Yükseklik.	190
Şekil 4.27. Ana coğrafi faktörlerin ağırlık dağılımları ve standart sapmaları.	191
Şekil 4.28. Toprak erozyonu duyarlılık sınıflarının dağılım oranları.	192
Şekil 4.29. Ladik Gölü Havzası toprak erozyonu duyarlılık analizi haritası.	193
Şekil 4.30. Kuraklık duyarlılık analizi iş akış şeması.	198

Şekil 4.31. Coğrafi faktörler; a) Eğim b) Bakı c) Büyük toprak grubu d) Toprak derinliği	212
Şekil 4.32. Ana coğrafi faktörlerin ağırlık dağılımları ve standart sapmaları.	214
Şekil 4.33. Ladik Gölü Havzası kuraklık analizi haritası.	215
Şekil 4.34. Kuraklığa duyarlı sınıfların dağılım oranları.	216
Şekil 4.35. Çoklu doğal afet duyarlılık sınıflarının dağılım oranları.	217
Şekil 4.36. Ladik Gölü Havzası çoklu doğal afet duyarlılık analizi haritası.	218
Şekil 5.1. Ulusal afet müdahale organizasyon şeması (URL-15).	221
Şekil 5.2. AYDES sistem bileşenleri (URL-16).	222
Şekil 5.3. Web CBS işleyiş mantığı ve platform yapısı (Fu, 2016; Döker ve Ocak, 2020).	225
Şekil 5.4. LADES web ve mobil uygulama ara yüzleri.	228
Şekil 5.5. Akıllı doğal afet yönetimi için geliştirilmiş web CBS yapısı.	228
Şekil 5.6. LADES işleyiş mantığı (Ocak ve Bahadır, 2018'den değiştirilerek).....	230
Şekil 5.7. LADES uygulaması afet özel bölümleri.	232
Şekil 5.8. LADES için hazırlanan vatandaşlar ve yerel yönetimin kullanacağı uygulamalar.	233
Şekil 5.9. Deprem duyarlılık analizi web uygulaması ara yüzü.	234
Şekil 5.10. Deprem risk sorgulama web uygulaması üzerindeki bazı araçlar.	235
Şekil 5.11. Taşkın duyarlılık analizi web uygulaması ara yüzü.	236
Şekil 5.12. Taşkın risk sorgulama web uygulaması üzerindeki bazı araçlar.	237
Şekil 5.13. Heyelan duyarlılık analizi web uygulaması ara yüzü.	238
Şekil 5.14. Heyelan risk sorgulama web uygulaması üzerindeki bazı araçlar.	239
Şekil 5.15. Toprak erozyonu duyarlılık analizi web uygulaması ara yüzü.	240
Şekil 5.16. Toprak erozyonu risk sorgulama web uygulaması üzerindeki bazı araçlar.	241
Şekil 5.17. Kuraklık duyarlılık analizi web uygulaması ara yüzü.	242
Şekil 5.18. Kuraklık risk sorgulama web uygulaması üzerindeki bazı araçlar.	243
Şekil 5.19. Acil yardım mobil uygulama ara yüzleri.	244
Şekil 5.20. Afet ve acil durum kriz yönetimi canlı takip paneli.	246
Şekil 5.21. Afet sonrası veri toplama uygulama ara yüzü.	247
Şekil 6.1. Yerleşme bazlı çoklu doğal afet duyarlılık sayı ve oranları.	260

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) puanlama ölçeği (Saaty, 1989).	45
Tablo 3.1. Ladik Gölü Havzası'ndaki yükselti kademelerinin kapladığı alan ve oranlar.	57
Tablo 3.2. Ladik Gölü Havzası'ndaki eğim sınıflarının kapladığı alan ve oranlar.	58
Tablo 3.3. Ladik Gölü Havzası'ndaki bakı sınıflarının kapladığı alan ve oranlar.	61
Tablo 3.4. Ladik Gölü Havzası'ndaki jeomorfolojik birimlerin kapladığı alan ve oranlar....	65
Tablo 3.5. Ladik Gölü Havzası'ndaki ortalama sıcaklık değerleri (1975-1999).	68
Tablo 3.6. Ladik Gölü Havzası'nda ortalama ve yıllık toplam yağış miktarı (1975-1999)...	71
Tablo 3.7. Ladik Gölü Havzası'ndaki yağışın mevsimler göre dağılışı (1975-1999).....	72
Tablo 3.8. Ladik Gölü Havzası'ndaki yıllık rüzgar esme sayıları ve şiddetleri (1975-1999).	75
Tablo 3.9. Ladik Gölü Havzası'ndaki bağıl nemin gün içerisindeki değişimi (1975-1999)..	76
Tablo 3.10. Ladik Gölü Havzası'ndaki bağıl nemin mevsimlere göre dağılışı (1975-1999).	76
Tablo 3.11. Ladik Gölü Havzası'ndaki toprak gruplarının alansal ve oransal dağılımları. ...	84
Tablo 3.12. Ladik Gölü Havzası'ndaki nüfusun yıllara göre değişim miktar ve oranları.....	87
Tablo 3.13. Ladik Gölü Havzası'ndaki arazi kullanım sınıflarının kapladığı alan ve oranlar.	93
Tablo 4.1. Türkiye'de 2020 yılında gerçekleşen doğa kaynaklı olaylar (AFAD, 2022).....	99
Tablo 4.2. Deprem duyarlılık analizi kapsamında kullanılan veriler ve temin edildiği yerler.	105
Tablo 4.3. Deprem duyarlılık analizinde kullanılan coğrafi faktörler ve sayısal değerleri..	108
Tablo 4.4. Eğim faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	110
Tablo 4.5. Yerel zemin sınıfları (AFAD, 2018b).....	111
Tablo 4.6. Litoloji faktörüne ait zemin sınıflarının ikili karşılaştırma matrisi.....	112
Tablo 4.7. Fay hatlarına uzaklık faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	114
Tablo 4.8. En büyük yer ivmesi faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	114
Tablo 4.9. Yeryüzü şekilleri faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	116
Tablo 4.10. Zemin geçirimsizlik durumu faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	117
Tablo 4.11. Ana coğrafi faktörlere ait ikili karşılaştırma matrisi.	119
Tablo 4.12. Taşkın duyarlılık analizinde kullanılan coğrafi faktörler ve sayısal değerleri..	129
Tablo 4.13. Eğim faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	132
Tablo 4.14. Bakı faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	133
Tablo 4.15. Litoloji faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	133
Tablo 4.16. Toprak faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	134
Tablo 4.17. Havza boyutu faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....	136
Tablo 4.18. Arazi kullanım faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	136
Tablo 4.19. Yeryüzü şekilleri faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	137

Tablo 4.20. Yağış faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....	138
Tablo 4.21. Drenaj yoğunluğu faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	139
Tablo 4.22. Ana coğrafi faktörlere ait ikili karşılaştırma matrisi.....	141
Tablo 4.23. Heyelan duyarlılık analizinde kullanılan coğrafi faktörler ve sayısal değerleri.....	152
Tablo 4.24. Eğim faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	155
Tablo 4.25. Bakı faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	156
Tablo 4.26. Litoloji faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	157
Tablo 4.27. Toprak faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	158
Tablo 4.28. Yükseklik faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....	159
Tablo 4.29. Arazi kullanım faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	161
Tablo 4.30. Akarsulara uzaklık faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	162
Tablo 4.31. Yağış faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....	163
Tablo 4.32. Fay hatlarına uzaklık faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi. ...	164
Tablo 4.33. Yamaç eğriselliği faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....	166
Tablo 4.34. Yol hatlarına uzaklık faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi. ...	167
Tablo 4.35. Topografik nemlilik indeksine ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....	169
Tablo 4.36. Ana coğrafi faktörlere ait ikili karşılaştırma matrisi.....	171
Tablo 4.37. Toprak erozyonu duyarlılık analizinde kullanılan coğrafi faktörler ve sayısal değerleri.....	180
Tablo 4.38. Eğim faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	182
Tablo 4.39. Toprak derinliği faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	183
Tablo 4.40. Litoloji faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	184
Tablo 4.41. Yükseklik faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....	185
Tablo 4.42. Arazi kullanım faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	187
Tablo 4.43. Drenaj yoğunluğu faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	188
Tablo 4.44. Drenaj sıklığı faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	188
Tablo 4.45. Yağış faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....	189
Tablo 4.46. Ana coğrafi faktörlere ait ikili karşılaştırma matrisi.....	191
Tablo 4.47. Kuraklık analizinde kullanılan coğrafi faktörler ve sayısal değerleri.....	198
Tablo 4.48. Eğim faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	201
Tablo 4.49. Bakı faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	202
Tablo 4.50. Büyük toprak grubu faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....	203
Tablo 4.51. Toprak derinliği faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	204
Tablo 4.52. Toprak erozyonu faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....	205
Tablo 4.53. Yükseklik faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....	206
Tablo 4.54. Arazi kullanım faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	207
Tablo 4.55. AKK faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	208

Tablo 4.56. Akarsulara uzaklık faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....	209
Tablo 4.57. Yağış faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....	210
Tablo 4.58. Sıcaklık faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.	211
Tablo 4.59. Ana coğrafi faktörlere ait ikili karşılaştırma matrisi.	213
Tablo 6.1. Ladik Gölü Havzası’ndaki yapıların depremlere karşı duyarlılık durumları.	249
Tablo 6.2. Ladik Gölü Havzası’nda yer alan yapıların taşkınlara karşı duyarlılık durumları.	251
Tablo 6.3. Ladik Gölü Havzası’ndaki yapıların heyelanlara karşı duyarlılık durumları.	254
Tablo 6.4. Ladik Gölü Havzası toprak erozyonu duyarlılık sınıfları alansal dağılımı.	256
Tablo 6.5. Ladik Gölü Havzası kuraklığa duyarlı sınıfların alansal dağılımı.	258
Tablo 6.6. Ladik Gölü Havzası çoklu doğal afet duyarlılık sınıflarının alansal dağılımı.	259
Tablo 6.7. Çoklu doğal afet duyarlılık analizine göre yerleşmelerin duyarlılık seviyeleri. .	259



1. GİRİŞ

Afet, meydana gelmesi engellenemeyen doğal ya da insan kaynaklı olaydır. Afetler deprem ve sel gibi ani olabilir ya da kuraklık, kıtlık gibi yavaş da gelişebilir (Kapur, 2018). Dünyanın birçok yerinde meydana gelen bu afetler insan yaşamında önemli bir yer tutmaktadır. Doğal ya da insan kaynaklı meydana gelen afetler bazen sadece maddi zarara, bazen can kayıplarına ve bazen de hem maddi hem manevi kayıplara yol açmaktadır. Oluşması engellenemeyen bu afetler günümüz dünyasının en önemli problemleri arasında yer almaktadır. Hatta insan etkisi (yanlış yapılaşma, planlama, çevreye karşı duyarsız davranma vb.) ile de daha fazla zarar veren bir role bürünmektedir. Dolayısıyla afetler insan yaşamını günlerce, haftalarca ve belki de yıllarca olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Her ne kadar günümüzde teknolojik imkânlar artmış olsa da afetlerin nerede, ne zaman ve nasıl gerçekleşeceğini tahmin etmek hâlâ oldukça güçtür. Afetlerin oluşumunu engellemek her ne kadar mümkün olmasa da etkilerini azaltmak bir o kadar mümkün olabilmektedir. Bu kapsamda dünya genelinde ulusal, bölgesel, hatta yerel ölçekte müdahale planları hazırlanmakta, güncellenmekte ve erken uyarı sistemleri ile entegre etmek için araştırmalar yapılmaktadır (Yenilmez, 2011; AFAD, 2013; Şentürk ve Aktuğ, 2020). Hatta Türkiye’de 2021 yılı afet yılı olarak kabul edilmiş ve afetlere karşı farkındalığın artırılması için başta afet eğitimleri olmak üzere birçok bilgilendirici faaliyet gerçekleştirilmiştir.

Türkiye gerek topografik gerekse meteorolojik özelliklerinden dolayı meydana gelebilecek doğal afetlerle her zaman karşı karşıya olan bir ülke konumundadır (Ergünay, 2007). Bu nedenle Türkiye doğal afetlere eğilimlidir ve deprem, taşkın, kuraklık, çığ, erozyon ve heyelan gibi afetler ülke içinde hep büyük etkilere sebep olmuştur. 11 Ağustos 2021 tarihinde Kastamonu ili Bozkurt ilçesi ile Sinop ili Ayancık ilçesinde gerçekleşen taşkında, 2021 Temmuz ayı içerisinde Türkiye’de meydana gelen onlarca orman yangınında hem can kayıpları olmuş hem de ciddi boyutta maddi zararlar oluşmuştur. Bu örnekleri farklı doğal afet türleri bazında da arttırmak mümkündür; 24 Ocak 2020’de Elazığ ve 30 Ekim 2020’de İzmir’de, 4-5 Şubat 2020 tarihlerinde Van’da gerçekleşen iki farklı çığ olayı ile 6 Şubat 2023’te Kahramanmaraş merkezli depremlerin afet karakterine büründüğü düşünüldüğünde Türkiye’nin konumu itibarıyla afetler açısından oldukça önemli bir coğrafyada yer aldığı görülmektedir. Yine Türkiye’de kent nüfusunun fazla olması, afete dönüşecek doğal

olayların imar kararları alınırken göz ardı edilmesi gibi nedenlerden dolayı da can ve mal güvenliği arka planda kalmaktadır. Oysaki; afete sebep olacak olayların kökenleri her ne kadar farklı olsa da etkilediği en önemli varlık insandır (Şirin ve Ocak, 2020). Dolayısıyla türü ne olursa olsun afet çalışmalarının insan merkezli olması son derece önemlidir. Bununla birlikte Türkiye’de yukarıda bahsi geçen afetler göstermektedir ki; önemli fay zonları ve taşkın yataklarına kurulmuş olan yerleşmeler doğal afetlerin riski altındadır. Tarihsel süreçlerde meydana gelen doğal afetler de bu riski en net ortaya koyan örnekler olarak karşımıza çıkmaktadır. Hem araştırma sahasında 26 Kasım 1943 yılında meydana gelen Ladik (7,2 Mw) depreminde (Arslan, 2020) hem de 6 Şubat 2023 tarihinde merkez üssü Pazarcık (7,7 Mw) ve Elbistan (7,6 Mw) olan Kahramanmaraş depremlerinde yaşanan can ve mal kayıplarının fazla olması bu riski örneklendirmektedir (URL-1). Doğal ya da insan kaynaklı olayların bu ve buna benzer yıkıcı etkileri nedeniyle afetlerin etkilerini en aza indirmek için afet öncesinin, esnasının ve sonrasının bir bütün olarak ele alınması, afet duyarlılık analizlerinin yapılarak potansiyel afet duyarlılık sınıflarının belirlenmesi ve afet yönetim modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Afetlerle mücadele konusunda gerçekçi sonuçlara ulaşmak için sadece tek bir afet özelinde değil, aynı anda birden çok afetle bir bütün olarak mücadele etmek ve afetlerin hepsini kapsayacak şekilde planlama yapmak önemlidir. Yani bütüncül bir afet yönetimi gerçekleştirmek gerekir. Afet yönetimi ise sadece afet öncesi riskli/duyarlı bölgelerin tespiti ya da afet sonrası kriz yönetimi şeklinde olmamalıdır. Afet yönetimi; afet öncesi, esnası ve sonrası şeklinde birlikte ele alınmalıdır. Çünkü afet yönetimi sadece afetlerin olduğu dönemlerde gerçekleştirilecek bir süreç değildir. Aksine ayrıntılı ve sürekli devam eden bir süreç olup beş (5) aşamadan oluşmaktadır (Şengezer ve Kansu, 2001; Türk, 2009).

1. Risk azaltma
2. Afete karşı hazırlık
3. Kurtarma ve ilk yardım
4. İyileştirme
5. Yeniden inşa

Afet yönetimi bu beş aşama ve afet öncesi, esnası ve sonrası düşünülerek planlanması gereken bir süreç olduğundan karmaşık bir yapıya bürünmektedir. Bu karmaşık yapının en iyi şekilde yönetilebilmesi ise klasik yöntemlerden ziyade bilgi teknolojilerinin kullanımı ile mümkün olmaktadır (Türk, 2009). Dolayısıyla afet

yönetim sürecinde bilgi teknolojilerinin kullanımı önem taşımaktadır. Bilgi teknolojileri sayesinde bugün birçok coğrafi probleme çözüm bulunmaktadır. Afetler de günümüzün en önemli coğrafi problemleri arasında yer almaktadır. Dolayısıyla afet yönetiminde afet öncesindeki, esnasındaki ve sonrasındaki çalışmaların bütüncül olarak ele alınabilmesi için bilgi teknolojilerinden yararlanılmalıdır. Özellikle; afet öncesinde planlama ve analiz, afet anında bilgi akışı ve karar verme, afet sonrasında olaya müdahale ve iyileştirmede karar destek sistemi olarak Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) kullanılması pek çok fayda sağlamaktadır (Türk, 2009).

Afet yönetiminin sağlıklı işlemesi ve koordinasyonun sağlanabilmesi için sahadan düzenli bilgi akışı olmalıdır. Çünkü afet ile etkin bir şekilde mücadele edebilmek için en öncelikli gereksinim bilgidir (Türk, 2009). Sahadan gelen bilgilerin oluşturulacak bir kriz masasında karar vericiler tarafından kullanılmadan önce değerlendirilmesi gerekir. Bu sayede hatalı ve eksik bilgiler tespit edilmiş olur. Tespit edilen doğru bilgiler sayesinde de karar vericiler, ellerindeki imkân ve kaynakları en kısa sürede ve etkin bir şekilde afete müdahale amacıyla kullanabilirler (Türk, 2009). Ayrıca mevcut afet veri tabanlarına yeni bilgilerin eklenmesiyle sistemin geliştirilmesi, güncel tutulması ve sistemi kullananların deneyim kazanmaları sonucunda bir sonraki afette daha başarılı olunması mümkün olabilmektedir (Kadioğlu ve Özdamar, 2008; Türk, 2009).

Yukarıdaki açıklamaların ışığında daha önce deprem, taşkın ve heyelan türünde doğal afetlerin yaşandığı ve en önemli geçim kaynağının tarımsal faaliyetler olması sebebiyle toprak erozyonu ve kuraklık afetlerinin yaşanabileceği Karadeniz Bölgesi, Samsun ilinde yer alan Ladik Gölü Havzası çalışma alanı olarak tercih edilmiştir. Havzada daha önceki dönemlerde akıllı doğal afet yönetimi çalışmalarının ele alınmadığı, bunun yerine Ladik ilçe sınırını dikkate alarak gerçekleştirilen beşeri coğrafya çalışmaları ile sadece Ladik Gölü merkezli çalışmaların olduğu (Coşkun, 1995; Özel, 2016; Kılıç, 2020) görülmektedir. Ayrıca konu ve problemleri bütüncül ele almayı öneren akıllı şehir yaklaşımı mekânı bir bütün olarak ele almakta ve coğrafya bilimiyle de büyük benzerlik göstermektedir. Sonuçta yukarıda bahsedilen sebepler ve yapılan ön hazırlık çalışmalarına göre Ladik Gölü Havzası'nın doğal afetler bakımından hem kısa hem de uzun vadede potansiyel riskler barındırmasından dolayı bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Bütüncül akıllı doğal afet yönetiminin hedeflendiği çalışmanın ilk aşamasında afet öncesi dönemde karar vericilerin planlama

yapabilmeleri için deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık afetleri dikkate alınarak Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ile bahsi geçen afetlere yönelik duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Yine Ladik Gölü Havzası'nda dikkate alınan bu doğal afetlerin etkilerinin aynı anda hangi alanlarda daha fazla olabileceğini gösteren çoklu duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise doğal afet duyarlılık analizi sonuçları dikkate alınarak afet öncesinde, esnasında ve sonrasında kullanılmak üzere Ladik Gölü Havzası Akıllı Doğal Afet Yönetimi ve Karar Destek Sistemi (LADES) isminde hem web hem mobil cihazlar üzerinden erişilebilen bir sistem tasarlanmıştır. Çalışma hem farklı doğal afetlerin bir arada değerlendirilmesi hem de doğal afet duyarlılık analiz sonuçlarının kullanıldığı web ve mobil tabanlı bir sistem tasarımına sahip olması nedeniyle diğer afet yönetimi çalışmalarından ayrılmaktadır. İlerleyen bölümlerde hem duyarlılık analizleri hem de tasarlanan LADES isimli akıllı doğal afet yönetimi sistemi detaylıca açıklanmıştır. Yapılan açıklamalar bağlamında çalışmada hedeflenen amaçlar şu şekildedir:

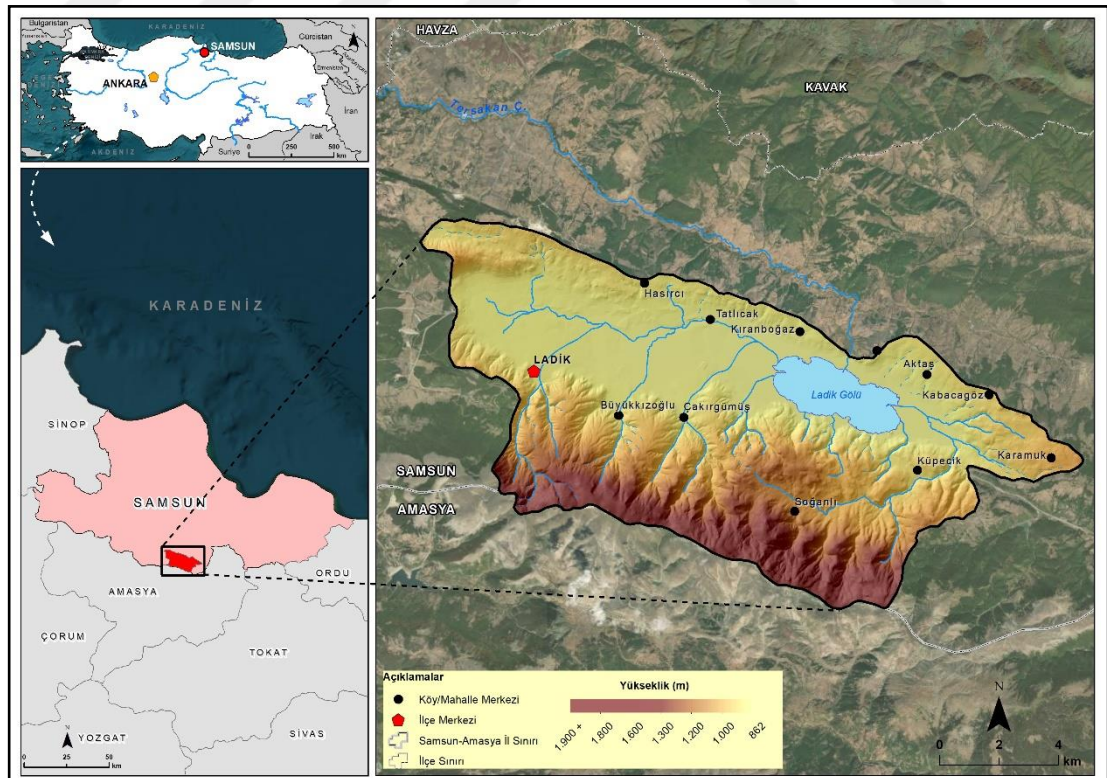
1. Doğal afetler (deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık) için duyarlılık analizlerini gerçekleştirmek ve doğal afetlere karşı potansiyel duyarlılık sınıflarını belirlemek.
2. Duyarlılık analizleri yapılacak olan doğal afetler özelinde havzadaki yerleşmelerin doğal afetlere karşı duyarlılıklarının mekânsal dağılışını haritalamak.
3. Gerçekleştirilecek olan doğal afet duyarlılık sonuçlarına göre havzanın çoklu duyarlılık sınıflarını ve doğal afetlere karşı en duyarlı yerleşim alanlarını belirlemek.
4. Havzaya ait doğal afet veri tabanı oluşturmak.
5. Çalışma kapsamında dikkate alınan doğal afetleri bir bütün olarak değerlendirerek akıllı doğal afet yönetim sistemi oluşturmak. Akıllı doğal afet yönetim sistemi kapsamında ise;
 - a. Vatandaşlar için afet öncesinde, esnasında ve sonrasında kullanabilecekleri web ve mobil uygulamalar tasarlamak. Bu uygulama ile;
 - i. Bölge halkını afet öncesi dönemde gerçekleşme ihtimali olan afetler hakkında 7/24 bilgilendirmek.

- ii. Bölgede yaşayan vatandaşların afet öncesinde yaşadıkları yapı, tarım arazileri vb. gibi yerlerin risk durumlarını öğrenebilmelerini sağlamak.
- iii. Afet esnasında acil yardım çağrılarının tasarlanmış olan mobil uygulama ile hem çevrimiçi hem de çevrimdışı kriz merkezine gönderilebilmelerini sağlamak.
- b. Yerel yönetimler tarafından doğal afetlerin bir bütün olarak ele alınabilmesi ve yönetiminin sağlanabilmesi için web ve mobil afet uygulamaları tasarlamak. Bu uygulamalar ile;
 - i. Afet öncesi dönemde dikkate alınan doğal afetlerin etki alanlarının belirlenmesi ile yerel ölçekte ve tekil afetler özelinde planlamalar yapılmasını sağlamak.
 - ii. Afetlerin mekânsal dağılım haritası ile havzada nerelerin hangi afete karşı ne kadar duyarlı olduğunu tespit etmelerini sağlamak.
 - iii. Yerel yönetimlerin muhtemel bir doğal afetin öncesini, esnasını ve sonrasını bütünleşik olarak yönetebilmelerini sağlamak.
 - iv. Afet sonrası oluşturulacak kriz masasında yardım çağrılarını yönetebilmek ve acil yardım çağrılarının doğrulanabilmesini sağlamak.
 - v. Afet sonrasında afetzedelerin güncel konumlarının tespit edilebilmesini ve en hızlı şekilde afetzedelere yardım gönderilebilmesini sağlamak.
 - vi. Afet sonrasında ihtiyaç sahiplerini en doğru şekilde belirlemek ve onların ihtiyaçları (konaklama, gıda, ekonomik, psikolojik vb.) için çalışmaların koordine edilmesini sağlamak.

1.1. Araştırma Sahasının Yeri, Sınırları ve Araştırmanın Kapsamı

Araştırma sahası Karadeniz Bölgesi'nde Yeşilirmak Havzası'nın kuzeybatı kesiminde yer almaktadır. Saha idari olarak Samsun ve Amasya il sınırları içerisinde kalmaktadır. Araştırma sahası 234836,71- 256831,74 X koordinatları ile 4538295,54-4525388,30 Y koordinatları (40°49'50''K - 40°57'25''K enlemleri ile 35°50'10'' D-

Çalışma sahası olan Ladik Gölü Havzası sınırları içerisinde toplamda 32 adet köy/mahalle yerleşmesi bulunmaktadır. Bu yerleşmelerde toplam 11.917 kişi yaşamaktadır. Çalışma kapsamında Ladik Gölü Havzası içerisinde geçmişte meydana gelmiş olan doğal afetlerin verdiği zararlar ile afet karakterine bürünebilecek doğal olaylarının havza planlanması ve yönetilmesi temel alınarak potansiyel doğal afet duyarlılık analizleri Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Uzaktan Algılama (UA) teknikleriyle değerlendirilmiştir. Bu kapsamda daha önce (1943 yılı, 7,2 Mw) etkileri oldukça fazla olan bir deprem yaşaması nedeniyle “deprem” afeti, son zamanlarda havza ve yerleşim planlamalarında önemli bir yer tutan “taşkın” afeti, sahanın jeolojik yapısı itibarıyla “heyelan” afeti, çalışma sahasında tarımsal faaliyetlerin yoğun olması nedeniyle “toprak erozyonu” ile iklim değişikliğinin etkileri ve su kaynaklarının doğru kullanılmamasına bağlı olarak son yıllarda su kaynaklarının giderek azalması, kuraklıkla mücadele konularının sık sık gündem olması ve sahadaki en önemli tatlı su kaynağının Ladik Gölü olması nedeniyle “kuraklık” afeti dikkate alınmıştır.



6

26 Kasım 1943 tarihinde Ladik ile Tosya arasında, KAFZ'nin (Kuzey Anadolu Fay Zonu) orta kesiminde 7,2 Mw büyüklüğünde yıkıcı bir deprem gerçekleşmiştir (URL-2). Depremin bu denli yıkıcı etkide olması, KAF'nin (Kuzey Anadolu Fayı) havza sınırları içerisinde Ladik Gölü'nün hemen kuzeyinden geçmesi ve yerleşmelere yakın olması nedeniyle hem depreme karşı duyarlı alanları belirlemek hem de analiz sonuçlarını tasarlanan akıllı doğal afet yönetim sisteminde bir girdi olarak kullanabilmek üzere deprem afeti çalışma kapsamında detaylı olarak ele alınan bir afet türü olmuştur.

Son yıllarda birçok yerde olduğu gibi Karadeniz Bölgesi'nde de taşkınlar, özellikle yaz aylarında sayıca artarak tarım ve yerleşme alanlarına ciddi zararlar vermeye başlamıştır. Bu sebeple havza ve yerleşim planlamalarında önemli bir yere sahip olan taşkınlar da hem son yıllardaki meydana geliş sıklıkları nedeniyle hem de havzanın taşkınlara karşı duyarlı alanlarını belirlemek ve analiz sonuçlarını tasarlanan akıllı doğal afet yönetim sisteminde bir girdi olarak kullanabilmek üzere detaylı olarak ele alınan bir başka afet türü olmuştur.

Heyelanlar ise havzanın jeolojik açıdan Neojen dolgulara sahip olmasından dolayı geçmişte oldukça sık meydana gelmiş ve çalışma sahasında oluşma potansiyeli de yüksek bir afet türüdür. Yine KAF'nin havza sınırları içerisinde yer alması nedeniyle oluşabilecek bir büyük depremin heyelanları tetiklemesi de göz önünde bulundurulduğunda heyelan afeti de çalışma sahası için önem arz etmektedir. Heyelanlar, hem havzadaki sahip olduğu bu önem hem de havzanın heyelanlara karşı duyarlı alanlarının tespiti ve analiz sonuçlarını tasarlanan akıllı doğal afet yönetim sisteminde bir girdi olarak kullanabilmek üzere çalışma kapsamında detaylı olarak ele alınan bir diğer afet türü olmuştur.

Akıllı doğal afet yönetim sistemi kapsamında havza sınırlarında ekonomik faaliyet tarım ağırlıklıdır ve nüfus tarımsal faaliyetlere bağlı olarak yaşamını sürdürmektedir. Ayrıca havzadaki yerleşmeler çoğunlukla kırsal yerleşmelerden oluşmaktadır. Dolayısıyla toprak, havza için en önemli doğal unsurlardandır. Havzadaki faaliyetlerin hem tarım ağırlıklı olması hem de havzanın topraklarının erozyona karşı duyarlılık seviyelerinin belirlenmesi ve analiz sonuçlarını tasarlanan akıllı doğal afet yönetim sisteminde bir girdi olarak kullanabilmek üzere çalışma kapsamında detaylı olarak ele alınan bir diğer afet türü de toprak erozyonu olmuştur.

Havza sınırları içerisinde en önemli tatlı su kaynağı Ladik Gölü'dür. Ayrıca havzanın en önemli ekonomik faaliyeti olan tarımsal faaliyetler için en önemli su kaynağı yine Ladik Gölü'dür. Ladik Gölü'nün havzadaki bu önemi, son birkaç on yıldır kuraklığın etkilerinin daha çok hissedilmesi ve su kaynaklarının doğru kullanılmaması gibi sebeplerden ötürü kuraklık da dikkate alınan bir diğer afet türü olmuştur. Su kaynakları ve tarımsal faaliyetlerin havza için oldukça önemli olması nedeniyle hem havzanın kuraklık için duyarlı alanlarını belirlemek hem de analiz sonuçlarını tasarlanan akıllı doğal afet yönetim sisteminde bir girdi olarak kullanabilmek üzere çalışma kapsamında detaylı olarak ele alınan bir diğer afet türü de kuraklık olmuştur.

Doğal afet duyarlılık analizlerinin gerçekleştirilmesinin yanı sıra Ladik Gölü Havzası'nda doğal afetler ve etkilerini bir bütün olarak ele almak için akıllı doğal afet yönetimi ve planlaması da yapılmıştır. Bu kapsamda ilk olarak havzanın genel fiziki ve beşerî coğrafya özellikleri ele alınmış, sonrasında çalışmadaki amaçlar ve hedefler doğrultusunda doğal afetlere karşı duyarlılığı etkileyen coğrafi faktörler belirlenmiş ve alt sınıflara ayrılmıştır. Ayrıca doğal afetlerin havzadaki potansiyel etki alanlarını belirlemek üzere her bir doğal afet için duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Yine dikkate alınan bu beş (5) doğal afet için gerçekleştirilen duyarlılık analizi sonuçları birlikte değerlendirilerek havzanın çoklu duyarlılık analizi de yapılmıştır. Böylece havzada doğal afetlere en çok duyarlı olan yerleşmeler tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen doğal afet duyarlılık analizleri havza bazında ele alındığı için haritalamalarda 1/25.000 ölçek yeterli görülmüştür. Çalışmanın son aşamasında ilgili afetlere yönelik belirlenen potansiyel duyarlı alanlar dikkate alınarak hem bölge halkının hem de yerel yönetimlerin afet yönetiminde birlikte hareket edebilecekleri, sürdürülebilir, her zaman güncel ve yaşayan bir sistem olan "Ladik Gölü Havzası (Samsun) Akıllı Doğal Afet Yönetim ve Karar Destek Sistemi (LADES)" isimli sistem tasarlanarak çalışmalar tamamlanmıştır.

1.2. Kavramsal Çerçeve

Bu bölümde kavramsal olarak karıştırılan tehlike, risk, zarar görülebilirlik (duyarlılık) ve afet terimleri ile afet yönetimi kavramları açıklanmıştır. Bu kavramların açıklanmasının haricinde afet yönetimi için önemli olan afet öncesinde, esnasında ve sonrasında hem bireysel hem de kurumsal olarak neler yapılması gerektiğine de kısaca yer verilmiştir. Ayrıca çalışmanın temelinde önemli bir yere sahip olduğu için CBS

kavramı bu çerçevede ele alınmıştır. Çalışmanın sonuç ürünü olan web CBS ve akıllı doğal afet yönetimi gibi kavramlara ise tasarlanan LADES isimli bütünleşik doğal afet yönetim sistemi ile bir bütünlük oluşturmaları nedeniyle çalışmanın son bölümünde yer verilmiştir.

1.2.1. Tehlike

“Ne olabilir?” sorusuna bir cevaptır; bu nedenle tehlike, başta can ve mal kayıplarına sebep olarak toplumun sosyal ve ekonomik faaliyetlerine, doğal çevre, tarihi ve kültürel kaynaklara zarar verme potansiyeline sahip, insan ve teknolojik kökenli olay ya da olaylar silsilesidir (Kadıoğlu, 2011). Bir başka ifadeyle doğada her zaman meydana gelme ihtimali olan olaylardır. Aslında günlük hayatı kesintiye uğratabilecek potansiyele sahip her türlü olay bir tehlikedir. Yani bir bakıma her türlü doğal ya da beşerî kökenli olayların günlük yaşamı tehdit etmesi durumudur. Bu tehditten ötürü tehlike potansiyeline sahip her olayın insanlara zarar verme olasılığı vardır. Ancak tehlike potansiyeline sahip her olay, afet karakterine bürünmeyebilir. Özellikle insanları ve insan faaliyetlerini etkileme potansiyeli olmayanlar tehlike olmaktan çıkmakta, doğal olay olarak isimlendirilmektedir (Özdemir, 2016). Örneğin, bir heyelan insan yaşamına ya da herhangi bir beşerî faaliyete olumsuz bir etkide bulunmuyor ya da beşerî faaliyetlerin olduğu yerde gerçekleşmiyorsa bir tehlike yok demektir ve gerçekleşen bu durum doğal bir olay olarak kabul edilmektedir. Ancak gerçekleşen bir heyelan insan yaşamı ve faaliyetlerine etki ediyorsa doğal bir olay olmaktan çıkmakta ve doğal bir afete dönüşmektedir (Şekil 1.2). Ayrıca herhangi bir doğal ya da beşerî kaynaklı bir olay insan hayatını tehdit etmiyorsa bu olayların afete dönüşmesinden de bahsetmek doğru olmayacaktır.



Şekil 1.2. Bir heyelanın tehlike (A) ve doğal afet durumundaki görünümü (B), (URL-3;4).

Tehlike oluşturan her olay kendi içerisinde ele alınmalıdır. Çünkü tehlike oluşturan olaylar coğrafi konumu, muhtemel etki alanları, büyüklükleri, tekrarlanma sıklıkları, meydana gelme olasılıkları vb. gibi durumlar açısından farklılık gösterebilir. Buradan hareketle afet risk analizinde ve dolayısıyla afet yönetiminde ilk adım olarak “Ne tür bir tehlike? Ne sıklıkla? Ne büyüklükte? Ne kadar kötü?” vb. sorulara tehlike analizi çerçevesinde cevap aranmalıdır (Kadıoğlu, 2011). Bu sorulara verilecek cevaplar ve belirlenen herhangi bir tehlikeye ait özellikler tehlikenin boyutunu ortaya çıkarmak için önem arz etmektedir.

1.2.2. Risk

Beşerî faaliyetlerin yapıldığı yerlerde doğal afetler, önemli risk potansiyeline sahiptir. Risk, bir tehlikenin belli bir zaman ve mekânda gerçekleşmesi durumunda tehdit altında olan unsurların alacağı hasarın düzeyine bağlı olarak oluşacak potansiyel kayıplardır (Kadıoğlu, 2011). Buradan hareketle risk, tehlikeye bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Örneğin, bir taşkın olayı herhangi bir yer için potansiyel bir tehlike iken, taşkın sonucu bir kişinin hayatını kaybetme, yaralanma, alt yapının hasar görmesi, mal kaybı vb. gibi durumlar potansiyel birer risktir. Dolayısıyla riskin tehlikeye bağlı olarak oluştuğunu söylemek mümkündür.

Çalışmanın konusu afet ve afet yönetimi olduğu için burada kullanılan risk kavramı yerini afet riski kavramına bırakmaktadır. Afet riskinin daha iyi ifade edilebilmesi ve anlaşılabilir olması adına çeşitli matematiksel ifadeler oluşturulmuştur (Kadıoğlu, 2011):

$$\begin{aligned}\text{Risk} &= \text{Tehlike Olasılığı} * \text{Zarar Görebilirlik} \\ \text{Risk} &= (\text{Tehlike Olasılığı} * \text{Zarar Görebilirlik}) / \text{Yönetebilirlik} \\ \text{Risk} &= \text{Tehlike Olasılığı} * (\text{Zarar Görebilirlik} - \text{Yönetebilirlik})\end{aligned}$$

Yukarıdaki matematiksel ifadeler ışığında bir yere ait risk analizini; tehlike olasılığı, zarar görebilirlik ve yönetebilirlik gibi çeşitli faktörlere ait özelliklerin tespit edilmesiyle anlamak ve ortaya koymak mümkündür. Bu özelliklerin belirlenmesi ile önce tehlikelerin tekrarlanma sıklıklarının azaltılması, beraberinde riskin azaltılması ve dolayısıyla doğru tedbirlerin alınarak yönetilebilirliğin sağlanması gerçekleştirilmiş olur. Sonuçta tehlike ve afet riski kavramları birbirlerinden farklıdır. Örneğin, tehlike için yapılan haritalar herhangi bir afetin meydana gelme olasılığının yüksek ya da düşük olduğunu gösterirken, afet riski için yapılan haritalar bir afetin gerçekleştiği yere ait toplumsal etkilerini anlamaya yardımcı olmaktadır.

1.2.3. Zarar Görebilirlik (Duyarlılık)

Bir tehlikenin afet riskine neden olması tehlikenin büyüklüğünden çok zarar görebilirliğin büyüklüğüne bağlıdır (Ergünay, 2009). Başka bir ifadeyle bir yerin veya sistemin kendi içinde tehlike oluşturan bir duruma, bir tehlikeye karşı zayıflık göstermesi şeklinde de tanımlanabilir (Hochrainer, 2006). Herhangi bir afet riskinin etkisine göre meydana gelebilecek kayıplara karşı gösterilen direnç ya da hassasiyet önem arz etmektedir. Dolayısıyla afetlere karşı toplumun fiziksel ya da ruhsal direnci zarar görebilirliği ya da duyarlılığı oluşturmaktadır.

Zarar görebilirlik kavramı kimi kaynaklarda (Ergünay, 2009) üç, kimi kaynaklarda ise (Hochrainer, 2006) dört farklı türde ele alınmıştır. Bunlar; fiziki zarar görebilirlik, sosyal zarar görebilirlik, kamu zarar görebilirliği ve ekonomik zarar görebilirliktir (Hochrainer, 2006; Ergünay, 2009).

Fiziki zarar görebilirlik: Bir tehlikenin insanlar, yapılar, çevre ve ekonomi üzerinde meydana getirebileceği hasar ve kayıpları ifade etmek için kullanılan terimdir (Ergünay, 2009). Bir başka deyişle bu zarar görebilirlik türü çoğunlukla ölçülebilen kayıplar için kullanılmaktadır. Fiziksel zarar görebilirlik herhangi bir afetin meydana gelmesi durumunda binalarda, altyapı tesislerinde, sanayide vb. gibi unsurların zarar görmesi ile ilgilidir. Fiziksel zarar görebilirlik, ölçülebilen zararlarda zarar boyutunu ortaya koymak için de kullanılmaktadır.

Sosyal zarar görebilirlik: Bir bireyin ya da toplumun afetle başa çıkma, mücadele etme yeteneğini gösterir (Ergünay, 2009). Nitel değerleri gösterdiği için ölçülebilmesi ya da sayısal olarak ifade edilmesi güçtür. Bu sebeple sosyal zarar görebilirliği ifade edebilmek için çoktan az düzeyine doğru sayısal olmayan açıklamalar ile gruplandırmalar yapılmaktadır. Kişiden kişiye, toplumdan topluma değişen sosyal zarar görebilirlik daha çok toplumun eğitim seviyesi, hakları, cinsiyet dağılımı, yaş dağılımı, yoğunluğu vb. unsurla ilgilidir. Her kişi ya da toplumun yaşadığı afet sonrası rehabilitasyon süreci ve süresi değişiklik gösterebilmektedir. Hatta aynı toplum içerisinde çocuk, yaşlı, engelli ve yetişkin bireylerin dahi bu süreci farklıdır. Çünkü çocuklar, yaşlılar ve engelliler afete karşı daha kırılgan bir durumdadır ve dolayısıyla afetle başa çıkma kapasiteleri sağlıklı yetişkin bireylere göre daha düşüktür.

Kurumsal zarar görebilirlik: Afetlerle mücadele içerisinde nasıl bireysel olarak bir zarar görebilirlikten bahsediliyorsa kurumların da zarar görebilirliğinden bahsetmek

mümkündür. Kurumsal zarar görebilirlik bir kurumun afetle başa çıkma, mücadele etme ve afete tepki süresi gibi çeşitli özelliklerini gösterir (Değerliyurt, 2013a). Yine kurumsal zarar görebilirlik de sosyal zarar görebilirlikte olduğu gibi kurumdan kuruma değişiklik göstermektedir. Örneğin, afetlerle mücadele konusunda daha önce çokça afetlere maruz kalmış ve tekrar aynı maruziyeti yaşamamak için tedbirler almış, projeler üretmiş, eğitimler gerçekleştirmiş bir kurum ile bu maruziyeti yaşamadığı için alınacak tedbirleri öngörememiş bir kurumun olası bir afete karşı göstereceği direnç ve afetle başa çıkma kapasitesi de birbirinden farklı olacaktır.

Ekonomik zarar görebilirlik: İsminden de anlaşılacağı üzere ekonomik durum, kaynaklara ulaşım, ar-ge çalışmaları, yoksulluk, milli hâsıla vb. unsurlar ile ilgilidir. Afete maruz kalmış kişilerin ya da kurumların afetin etkilerini ortadan kaldırmak için ortaya koyduğu finansal çalışmalarıdır.

1.2.4. Afet

İnsanlar için ekonomik, sosyal, kültürel, doğal, fiziksel ve çevresel kayıplar doğuran, normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak toplulukları etkileyen, etkilenen topluluğun yerel imkân ve kaynaklarını kullanarak baş edemeyeceği, kriz yönetimi gerektiren doğa veya insan kökenli olay ve/veya olayların sonuçlarına verilen genel bir addır (Kadıoğlu, 2011). Tanımdan anlaşılacağı üzere bir olayın afet karakterine bürünmesi ya da bir olaya afet denilebilmesi için günlük yaşantıyı kesintiye uğratması, maddi ve manevi kayıplara sebep olması, yerel yönetimlerin bu olayla mücadelede zorlanması ile yerleşim birimlerinde zararlara sebep olması gerekmektedir. Afetlerin daha iyi anlaşılması için afetler çeşitli özelliklerine göre gruplandırılmıştır; doğal, teknolojik ve insan kaynaklı (Kadıoğlu, 2011). Ancak son yıllarda afetlerin doğal ve insan kaynaklı afetler şeklinde ele alındığı da görülmektedir. Bu gruplamaya rağmen günümüzde afet denilince akla ilk gelen her zaman doğal afetler olmaktadır. Ancak afetler sadece doğal yollarla değil, insan kaynaklı da olabilmektedir. İnsanların etkisinin ya da herhangi bir müdahalesinin olmadığı afetlere en genel ifadeyle “doğal afet” adı verilmektedir. Deprem, taşkın, heyelan, kaya düşmesi, çığ, kuraklık, hortum, salgın hastalıklar, sis, buzlanma, don, dolu, çekirge istilaları vb. doğal afetlere örnek olarak verilebilir. İnsanların etkisinin olduğu ya da insanların sebep olduğu afet türü ise “insan kaynaklı afetler” olarak adlandırılmaktadır. Bu afet çeşidinde insanlar bilinçli veya bilinçsiz olarak afetlere yol açan sosyal, politik ve ekonomik koşulları meydana getirirler (Özdemir, 2016). İnsan

kaynaklı afet türüne yangınlar, nükleer kazalar, baraj yıkılmaları, erozyon, küresel iklim değişimleri, asit yağmurları, büyük çapta meydana gelen iş ve maden kazaları örnek olarak verilebilir. Kaynağı ya da türü ne olursa olsun afetlerin en büyük ortak özelliği can ve mal kayıplarına sebep olmalarıdır.

1.2.5. Afet Yönetimi

Doğal olayların gerçekleşmesini engellemek mümkün değildir. Ancak doğal olayların afet karakterine bürünmesini ve sonraki etkilerini azaltmak mümkündür. Yine afetlerin ne zaman gerçekleşeceğinin belirli olmaması da her zaman hazırlıklı olunmasını gerektirmektedir (Değerliyurt, 2013a). Dolayısıyla olası bir afetin etkilerini en aza indirmek için doğru planlama yapılması son derece önemlidir. Bu durumun gerçekleşebilmesi ise afetlerle mücadelenin doğru ve etkin yapıldığı; afet öncesini, esnasını ve sonrasını bir bütün olarak kapsayan afet yönetimine bağlıdır (Kadioğlu, 2011). Aksi takdirde sadece bir aşamayı kapsayan afet planlamasının etkinliği sınırlı olacaktır (Kreimer et al., 1990).

Afet yönetimi, literatürde birçok kişi tarafından farklı kelimelerle tanımlanmış olmakla beraber özünde aynı kapsamı vermektedir. Afet yönetimi; afetlerin önlenmesi ve zararların azaltılması amacı ile bir afet olayında zarar azaltma, önceden hazırlık, kurtarma ve ilk yardım, iyileştirme ve yeniden inşa safhasında yapılması gereken tüm çalışmaların yönlendirilmesi, koordine edilmesi ve uygulanabilmesi için toplumun tüm kurum ve kuruluşları ile kaynakların bu amaç doğrultusunda yönlendirilmesini gerektiren çok boyutlu bir kavramdır (Erkoç, 2001). Dolayısıyla afet yönetiminde temel hedef, afetlerin olası tüm olumsuz etkilerini minimum seviyede tutmaktır. Kadioğlu (2011)'e göre bu temel hedef ve amaçlar şöyle özetlenmiştir:

1. Can ve mal kaybına yol açabilecek riskleri minimum seviyeye indirerek olası kayıpları ve riskleri önlemek.
2. Afetlerden birinci derecede zarar görenleri kurtarmak.
3. Mal-mülk, doğal çevre, kültür ve tabiat varlıklarını korumak.
4. Afet sonrasında hayatı normalinden daha iyi bir şekle dönüştürmek.
5. İş sürekliliğini, hizmetlerin devamını ve sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak.

Afet yönetimindeki temel hedef ve amaçlar detaylıca incelendiğinde afet yönetimi çalışmalarının sadece afet öncesinde ve afet sonrasında yapılacak müdahalelerden ibaret olmadığını, afetin gerçekleşme anının da afet yönetimine dahil etmek gerektiğini söylemek mümkündür. Hem afetlere yönelik temel hedef ve amaçlar doğrultusunda hem de afet yönetimi çalışmalarının bir bütün olması gerektiği durumu

da göz önünde bulundurarak afet yönetimi çalışmalarını “afet öncesindeki çalışmalar, afet sırasındaki çalışmalar ve afet sonrasındaki çalışmalar” olarak gruplandırmak yerinde olacaktır.

1.2.5.1. Afet Öncesindeki Çalışmalar

Afet öncesi bu dönem hem kişiler hem de yerel yönetimlerin tedbir almaları için gerekli zamanın olduğu dönemdir. Bu dönem afet henüz gerçekleşmemişken yerinde planların yapılması, gerekli tedbirlerin belirlenmesi ve alınması, afete duyarlı alanların belirlenerek olası bir afete hazırlık sürecini kapsar. Aslında bu dönem afetin olası olumsuz etkilerine karşın yapılacak tüm faaliyetler için gerekli olan hazırlık aşamasıdır. Bu dönemde olası bir afete maruz kalacak yörede yaşayan insanların ve yerel yönetimlerin alarm sürecini oluşturmaları gerekir. Afet öncesi dönem henüz afetin gerçekleşmediği sessiz ve alarm dönemini ifade eder (Özdemir, 2016). Buradaki sessiz dönem kavramıyla anlatılmak istenen, bu dönem bir afetin bir yerleşim birimi veya ülke için birbirini izleyen iki oluşum arasındaki süreyi, başka bir anlatımla afetin görülmediği dönemi ifade eder (Akdur, 2001). Alarm dönemi ise afete neden olan olaydan haber alınması ile olayın başlaması anına dek geçen süreye denir (Özdemir, 2016). Özetle bu dönem; afetin henüz gerçekleşmediği ama beklendiği süreci kapsayan ve olası bir afete karşı tüm tedbirlerin alındığı afet yönetiminin ilk dönemidir. Aynı zamanda bu dönemde yapılan tüm faaliyetler ile afetlerin olumsuz etkisini minimum seviyede tutmak amaçlandığı için bu döneme “afet risk yönetimi” demek de doğru olacaktır.

1.2.5.2. Afet Sırasındaki Çalışmalar

Bu dönem afetin gerçekleştiği, ne kadar sürdüğü, yöredeki günlük yaşamı ne kadar etkilediği ve insanların afet şokunu üzerlerinden attıkları ana kadar olan zamanı kapsar. Afetin gerçekleşme süresi yine afetin olduğu yerdeki zarar görülebilirlik direncine göre farklılık göstermektedir. Şayet afetin meydana geldiği yerde, afet öncesi dönemde gerekli çalışmalar yapılmamış ya da yeterli düzeyde organize olunmamışsa afetin gerçekleştiği bu dönem, bu yerde yaşayan halk ve yerel yönetimler için zorlu geçmektedir. Aksine afet öncesi dönemde olası bir afetin olumsuz etkilerini minimum seviyede tutmak için hazırlık yapılan yerlerde ise bu dönemi daha hafif atlama ihtimali yüksektir. Yine afet sırasında afet şokuna maruz kalınan bölgede özellikle yerel yönetimlerin bu şoku en kısa sürede atlattıkları gerekir. Zira bu şok durumu uzun sürerse afetin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için anında ya da en kısa sürede

müdahale durumu olamayacaktır. Her ne kadar hazırlıklı olunursa olunsun, afete neden olan olayın başlaması ile bir panik, kaos ve şok durumu yaşanacaktır (Özdemir, 2016). Gerek yönetim kademesinde gerekse bir vatandaş olarak bu durumun yaşanması insani bir durumdur. Belirli bir süre bu kaos, panik ve şok durumu tamamen ortadan kaldırmak mümkün olmamakla birlikte önemli olan bu doğal durumları afetin olumsuz etkilerini en aza indirebilmek için en kısa sürede bertaraf etmeye çalışmaktır. Bir başka deyişle önemli olan, daha önce toplumu hazırlamak suretiyle bu süreyi kısaltmaktır (Özdemir, 2016). Yine bu dönem bireysel olarak; kendini, ailesini ve yakın çevresini kurtarma, olayla ilgili bilgi alma ve varsa afet yönetimi içinde sahadan bilgi akışını sağlama gibi çalışmalardan oluşmaktadır. Ayrıca bu dönem kurumsal olarak; afetzedelere en kısa sürede yardım etmek, maddi hasarı ortadan kaldırmak için çalışmalara başlamak, halkın geçici konaklama, yiyecek, gıda vb. ihtiyaçlarını karşılamak, varsa afet yönetim sistemi içerisinde kriz yönetimini takip etmek ve sahadan gelen bilgilerin doğruluğunu teyit ederek olaya en kısa sürede müdahale etmek gibi çalışmaları kapsamaktadır.

1.2.5.3. Afet Sonrasındaki Çalışmalar

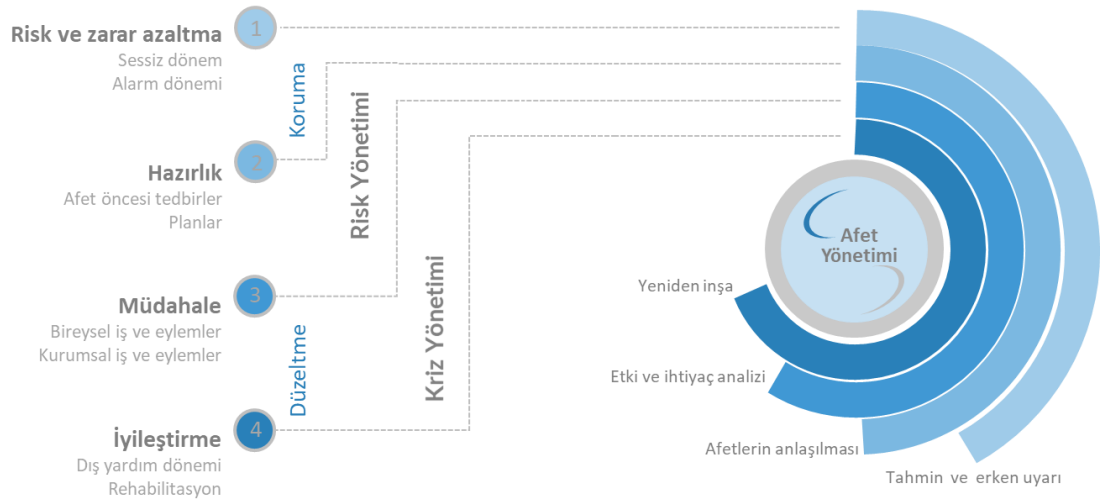
Bu dönem afetin olumsuz etkilerinin ve günlük yaşamın normale başladığı dönemdir. Dış yardım ve rehabilitasyon dönemlerini kapsayan afet sonrası çalışmalar, olaydan dış kaynakların haberdar olmasından başlar, afet yerindeki enkazın tamamen ortadan kaldırılması ve toplumun afet öncesi duruma, normal yaşamına getirilmesine kadar sürer (Özdemir, 2016). Afet öncesindeki ve afet esnasındaki dönemler kadar kısa olmayıp daha uzun bir süreci kapsar. İyileştirme olarak da adlandırılan bu dönem, sadece enkazın kaldırılması ve oluşan kirliliğin temizlenmesi ile sınırlı değildir (Özdemir, 2016). Tüm insani ve fiziksel bileşenlerin tekrar yapılandırılarak afet öncesi durumlarına getirilmesi için gerekli tüm adımları kapsayan uzun bir süreçtir (Ünlü, 2002). Yine bu dönem şartlar uygunsa geçici yeni yerleşim yerlerinin tesis edilmesi, mevcut durumun tespit edilmesi, afet öncesi planlanan senaryolara göre çalışmaların yapılması, dış yardımların gerçekleştiği, kurtarma, ilk yardım ve detaylı rehabilitasyon çalışmalarını kapsamaktadır.

Afet yönetimindeki temel hedef ve amaçlara yönelik hazırlanacak olan afet yönetim planının yaşayan bir sistem olması ve farklı senaryolar hazırlanarak güncel tutulması önemlidir. Afet yönetimi için yapılan çalışmalar uygulamaya taşınarak yörede yaşayan halk ve yerel yönetimler arasında gerekli koordinasyonun

sağlanabilmesi için pratiğin kazandırılması da gerekir. Her zaman pratik, teoriden farklı özellikler arz ettiği için belirli aralıklarla gerçekleştirilecek tatbikatlarla planların pratiğe uygunluğu da test edilmelidir (Yılmaz, 2003). Aynı zamanda bu dönemde gerçekleştirilen tüm faaliyetlerin afet öncesi dönemde yapılan planlara ve sorumluluklara göre yürütülmesi söz konusu olduğu için bu döneme “afet kriz yönetimi” demek de doğru olacaktır.

Afet yönetim yaklaşımı bütünü kapsayacak şekilde olmalıdır. Ulusal düzeydeki en büyük idari birimden en küçük idari birime kadar plan çerçevesini geniş tutmak ve hatta bireyleri de afet yönetimi kapsamında değerlendirmek gerekir. Aynı zamanda sadece afetten etkilenen bir pozisyonda olmaması için vatandaş da afet yönetimi içerisinde rol almalıdır. Gerçekleştirilecek olan bir afet yönetim sisteminde; afet öncesinde yaşadığı yerde gerçekleşmesi muhtemel bir afetin olası etkilerini görmesi, afet sırasında ve sonrasında sahadan veri ve bilgi akışının sağlanması adına vatandaş da bu modern yaklaşımın içine dahil etmek faydalı olacaktır. Yine afetin gerçekleştiği yöredeki bir yerel yönetim için oluşturulacak afet yönetim sistemi diğer kurumların da afet yönetim organizasyonuna dahil olmasını sağlar. Bu şekildeki bir afet yönetimi sisteminin oluşturulması bu organizasyonun da işlemesine katkı sağlar.

Günümüzde afet yönetimi; “risk ve zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme” gibi dört (4) ana evreden (Kadıoğlu, 2011) oluşur (Şekil 1.3). Ancak bu evreleri tek başına değil, burada yapılan çalışmaları da düşünerek ele almak gerekmektedir. Dolayısıyla bu evreler; tahmin ve erken uyarı, afetlerin anlaşılması, etki ve ihtiyaç analizi ile yeniden yapılanma gibi alt evreleri de kapsamaktadır (Kadıoğlu, 2011). Yine afet öncesi çalışmaları koruma, afet sonrası çalışmaları da düzenleme çalışmaları olarak ayırmak gerekir. Nitekim afet öncesi risk yönetimi yapılırken gerçekleştirilen çalışmalar ile afet sonrası kriz yönetimini sağlayabilmek için gerçekleştirilen çalışmalar birbirinden farklıdır. Afet yönetiminin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için bu dört (4) aşamadaki işlerin düzenli, doğru ve aksamadan gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Ancak bu şekilde başarılı bir afet yönetiminden bahsetmek mümkün olur.



Şekil 1.3. Afet yönetim evreleri.

Sonuç olarak afet yönetimi; afet öncesi, afet esnası ve afet sonrası çalışmaları kapsayacak şekilde ele alınmalıdır. Afet yönetimin en başı olan ve afet öncesi çalışmaları kapsayan risk yönetimi sadece bu dönemde düşünülmemeli, aksine afet yönetim evrelerinin her aşamasında değerlendirilmelidir. Yine afet sonrası çalışmaları kapsayan kriz yönetimi ise afete ne kadar hazırlıklı olunduğunun bir sonucu olarak karşılık verir. Risk yönetimi ne kadar iyi yapılmışsa kriz yönetimi de o denli doğru gerçekleştirilir ve yönetilir. Dolayısıyla afet risk yönetimi ile afet kriz yönetimini birlikte ele almak gerekir. Aksi takdirde tek başına uygulanmaya çalışılan kriz yönetimi olası bir afet anındaki kaos, karmaşa ve şok durumlarının hızlı atlatılmasını engelleyebilir. Afet yönetiminin sağlıklı işlemesi, afet anında gerçekçi ve olumlu sonuçlar vermesi için afet yönetim evrelerinin her zaman güncelliğinin sağlanması gerekmektedir. Bu durum sağlandığı sürece sürdürülebilir bir afet yönetim sisteminden bahsetmek mümkün olur.

1.2.6. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Yeryüzünde gerçekleşen her olayın, yaşayan her canlının, her nesnenin, hatta hareketin -kısacası her şeyin- bir coğrafi konumu vardır. Yaşanan herhangi bir doğal afette afetzedelere erişmek için, trafik yoğunluğunu tespit etmek ve görmek için, suçluların yakalanmasında adres tespiti yapabilmek için vb. coğrafi problemin çözümünde konum bilgisi birçok avantaj sunar. Aynı zamanda herhangi bir faaliyet esnasında sahip olunan konum bilgisi birçok alanda tasarruf sağlanmasına ve faaliyetlerin hızlı yürütülmesine yardımcı olmaktadır. Örneğin; doğal afet çalışmalarında olaya en hızlı şekilde müdahale edilmesi, tarımda verimin artırılması

ve rekolte tahminlerinin alan bazlı yapılabilmesi, trafik kazalarının yaşandığı yere en hızlı sürede ulaşılması ya da daha farklı birçok coğrafi problemde karar verme ve harekete geçme durumunun en hızlı ve en doğru şekilde gerçekleştirilmesinde konum bilgisinin bilinmesi son derece önemlidir. Coğrafi konumun sağladığı bu tür avantajlar, olaylara münferiden değil bütüncül yaklaşıldığında stratejik karar ve planlamaların daha doğru ve sağlıklı yapılabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla coğrafi konum yeryüzündeki coğrafi problemlerin çözümünde ilk çıkış noktası olarak düşünülebilir.

Coğrafi problemler aslında hayatın her alanında karşımıza çıkmaktadır. Coğrafi problemlere çözüm getirebilmek için en önemli unsur konumun gücünden yararlanmaktır (Longley et al., 2005). Bu ise ancak yaşanan çevreyi doğru algılama, dünya üzerindeki objeler arasında bağlantı kurabilme, yine yaşanan çevredeki faaliyetleri ve olayları akılda resmedebilme ve haritalandırma ile yani mekânsal düşünme ve coğrafi sorgulama ile olabilmektedir. Dünya üzerindeki tüm olayların, faaliyetlerin, nesnelerin daha anlamlı hale gelmesi, daha bütüncül olarak ele alınabilmesi ve akılda haritalandırılabilmesi ise bu detayların yönetimi ile olabilmektedir. Coğrafi problemleri çözmek için ise bilgi sistemleri arasında konumun gücünden yararlanması ve temelinde konumsal uygulamaları barındırması nedeniyle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tercih edilmektedir (Longley et al., 2005). Buradan hareketle yeryüzünde gerçekleşen ve belirli bir konuma sahip coğrafi problemler ile etrafındaki diğer nesneler arasında mekânsal bir ilişki kurulabilmesi, o coğrafi konuma ait yaşanan doğal ya da beşeri olaylar için özel tedbirler alınması, planlamalar yapılabilmesi, geçmişe yönelik konum bazlı kayıtlarının tutulabilmesi, sürdürülebilirlik açısından dün, bugün ve yarın kapsayan canlı bir sistemin hayata geçirilebilmesi ve en önemlisi bu coğrafi problemlere çözüm üretilbilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) günümüzde vazgeçilmez ve birçok avantaj sağlayan bütüncül bir platform yapısı sunmaktadır. Birçok farklı tanımı olmakla birlikte CBS, Turoğlu (2011) tarafından coğrafya alanı özelinde fiziki ve beşerî coğrafyaya ait verilerin toplanması, depolanması ve analizinde kullanılan bir metot olarak tanımlanmıştır (Turoğlu, 2011).

Coğrafi Bilgi Sistemleri, coğrafi problemlerin çözümünde kullanılmasının yanı sıra sahip olduğu platform yapısı (masaüstü, sunucu, web ve mobil) sayesinde daha önceleri çokça vakit ayrılan saha ve ofis çalışmalarının birleştirilmesine, iş yükünün

azaltılmasına, zamandan önemli ölçüde tasarruf sağlanmasına ve veri bütünlüğünün korunarak üretilen her türlü coğrafi verinin tek bir merkezde yönetiminin gerçekleşmesine imkân vermektedir. Söz konusu coğrafi veri ve coğrafi problemler afet yönetimi çalışmalarında en önemli girdiler arasında yer almaktadır. Dolayısıyla CBS sahip olduğu platform yapısı ile afet yönetimi çalışmalarında afet öncesinde, afet esnasında ve afet sonrasında karşılaşılan her türlü coğrafi problemin çözümünde kullanılabilmektedir. Afet yönetimi çalışmalarında CBS'nin kullanılabilirliğini ifade edebilmek için “web CBS, akıllı şehir ve akıllı doğal afet yönetimi” kavramlarının da bilinmesi gerekmektedir. Ancak bu kavramların tasarlanan LADES isimli akıllı doğal afet yönetim sistemi ile bütünlük arz etmesi sebebiyle çalışmanın son bölümünde açıklanmasının daha yararlı olacağı düşünülmüş ve ilgili kavramlara burada yer verilmemiştir.

1.3. Literatür Değerlendirmesi

Bu bölümde araştırma sahasına yönelik geçmiş dönemlerde yapılan çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir. Ancak literatür taraması sırasında araştırma alanının tamamını ve araştırma konusunu kapsayan benzer bir esere rastlanmamıştır. Buna karşın araştırma sahasının bazı kesimlerini konu alan çeşitli bilimsel çalışmalar bulunmaktadır. Bu bakımdan literatür hem araştırma sahasında daha önce yapılan çalışmalar hem de araştırma sahasında uygulanması düşünülen yöntemler ile konu bakımından yapılan çalışmalar olmak üzere iki farklı başlık altında değerlendirilmiştir. Bu çalışmalar arasında öne çıkan bazı eserler şunlardır:

Araştırma Sahasında Yapılan Önceki Çalışmalar

Blumenthal (1945), “Ladik Deprem Hattı” adlı çalışmasında Lâdik-Havza ve Vezirköprü Neojen havzalarının jeolojik birimlerinin çoğunlukla göl ve lagün (Vezirköprü Neojeninde jips vardır) kökenli olduğunu belirtmiştir. Ayrıca Vezirköprü neojeni bünyesinde jipslerin de olduğunu ifade etmiştir.

Öztürk (1980), “Ladik-Destek Yöresinin Tektoniği” adlı araştırma makalesinde bu alanda birbirinden farklı fasiyeslerde oluşmuş çeşitli kayaç türlerinin yüzeylendiğini ifade etmiştir.

Barka (1985), “Kuzey Anadolu Fay Zonu’ndaki Bazı Neojen-Kuvaterner Havzaların Jeolojisi ve Tektonik Evrimi” isimli çalışmasında Ladik Gölü Havzasını da içine alan araştırma sahasıyla ilgili çeşitli jeolojik bilgiler vermiştir.

Coşkun (1995), “Ladik ve Çevresinin Bitki Örtüsü” adlı yüksek lisans çalışmasında Ladik ve yakın çevresinin bitki örtüsünü incelemiştir. Ayrıca bitki örtüsünün dağılışı ile fiziki coğrafya faktörleri olan toprak, iklim ve jeomorfolojik özellikler arasındaki ilişkiyi açıklamıştır.

Şengör vd. (2005), “The North Anatolian Fault: A New Look” adlı çalışmalarında Ladik Gölü Havzasını da içine alan sahada KAF’nin yaşının Geç Miyosen ortalarına kadar uzandığını ve yine buradaki atımının yer yer 50-100 km arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Erturaç (2009), “Amasya ve Çevresinin Morfotektonik Evrimi” başlıklı doktora çalışmasında araştırma sahası ve yakın çevresiyle ilgili hem jeolojik hem de tektonik bilgiler vermiştir.

Fraser et al. (2009), “A 3000-Year Record of Ground-Rupturing Earthquakes along the Central North Anatolian Fault near Lake Ladik, Turkey” isimli araştırma makalesinde Ladik Gölü Havzasına komşu olan Destek’te, KAFZ’nin bir uzantısı boyunca paleosismik bir alanda açığa çıkan çökellerin stratigrafisini ve kronolojisini değerlendirmişler ve bölgedeki faylanmalar hakkında bilgiler vermişlerdir.

Özel (2016), “Ladik Yöresi (Samsun) Turizm Coğrafyası” adlı yüksek lisans çalışmasında Ladik yöresindeki hem doğal hem kültürel turizme kaynak oluşturabilecek turistik unsurları değerlendirilmiş ve bu unsurlar üzerinden yöredeki turizm faaliyetlerinin geliştirilmesi için önerilerde bulunmuştur.

Kılıç (2020), “Ladik Gölü’nün (Samsun) Yüzeysel Alanının Zamansal ve Mekânsal Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama ile Belirlenmesi” adlı yüksek lisans çalışmasında Ladik Gölü’nde 1999-2019 yılları arasında göl alanında meydana gelen yüzeysel değişimlerin seviyesini CBS ve UA kullanarak belirlemiştir.

Arslan (2020), “1943 Ladik Depremi” isimli derleme makalesinde 27 Kasım 1943 yılında gerçekleşen Ladik depreminin meydana gelişini, deprem sonrası enkaz kaldırma çalışmaları ile depremzedelere yardımlarının nasıl gerçekleştiğini açıklamıştır.

Bahadır ve Uzun (2021), “Ladik Gölü Havzası’nda Arazi Kullanımı (Samsun)” isimli araştırma makalesinde Ladik Gölü su toplama havzası sınırları içindeki arazi kullanım durumunu ve dört farklı yıla (1987, 2000, 2010 ve 2017) göre arazi

kullanımındaki değişimi incelemişlerdir. 30 yıllık bu süreçte orman alanlarında, tarım arazilerinde, boş arazilerde ve kısmen de olsa yerleşim alanlarında artışın, fundalık alanlar ve göl alanında ise azalmaların olduğunu ifade etmişlerdir.

Yöntem ve Konu Bakımından Gerçekleştirilen Çalışmalar

Yapılan doktora tez çalışmasında bütüncül bir akıllı doğal afet yönetimi hedeflendiği için çalışma kapsamında ele alınan afet türleri literatür değerlendirmesinde konu bazlı ele alınmıştır.

1. Afet Bilgi ve Yönetim Sistemi Konulu Çalışmalar

Karaman (2003), “İTÜ Kampüsü Afet Bilgi Sistemi, Afet Yönetimi Obje Modelinin Oluşturulması ve İlişkili Sorgulamaların Yapılandırılması” isimli yüksek lisans çalışmasında İstanbul ili için olası herhangi bir afet karşısında İTÜ Ayazağa yerleşkesinde oluşabilecek can ve mal kayıplarını en az seviyede tutabilmek için bir model geliştirmiştir. Aynı zamanda bu model ile kampüs afet bilgi sistemi için bir veri altlığı oluşturmuştur.

Özdemir (2004), “Afetlere Hazırlık Çalışmalarında Geçici İskân Alanlarının Belirlenmesi” adlı araştırma makalesinde afet sonrası insanların güvenli ortamlar oluşturuluncaya kadar konaklayacakları yerlerde rutin hayatlarına devam edebilmeleri için geçici yerleşim yerlerinin belirlenmesinde coğrafi parametrelerin önemli olduğunu açıklamıştır.

Özdilek (2007), “Gerçek Zamanlı CBS ile Afet Yönetimi Uygulama: Marmara Denizi için Gerçek Zamanlı Tsunami Uyarı Sistemi Değerlendirilmesi” isimli yüksek lisans çalışmasında Marmara Denizi’nde olası bir depreme bağlı olarak meydana gelebilecek bir tsunami afetinin olası etki alanlarını ve tsunami dalgalarının yerleşim yerlerine ne kadar sürede ulaşabileceğini ortaya koymak için erken uyarı sistemi modeli geliştirmiştir.

Türk (2009), “Sürdürülebilir Afet Bilgi Sistemi Altyapısının Oluşturulması ve Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) Üzerinde Uygulanması” adlı doktora çalışmasında doğal afetlerden kaynaklanan sorunların azaltılmasının veya ortadan kaldırılmasının ancak etkin ve sürdürülebilir bir Afet Bilgi Sistemi’nin oluşturulması ile mümkün olacağını belirtmiştir.

Kadıoğlu (2011), “Afet Yönetimi: Beklenilmeyeni Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek” adlı çalışmasında afet yönetiminin önemine değinmiş ve afetleri tek tek değil bir bütün olarak ele almanın gerekliliğinden bahsetmiştir. Ayrıca afet yönetimin toplum tabanlı olması gerektiğini vurgulamıştır. Yine Türkiye’de afet yönetiminin komple bir sistem olarak uygulandığı il/ilçe belediyesi olmadığını, bunun yerine tecrübelerin yıkım ve yara sarma üzerine olduğunu belirtmiştir.

Değerliyurt (2013), “Antakya’da Doğal Afet Risk Analizi ve Yönetimi” adlı doktora çalışmasında Akdeniz Bölgesi’nin doğusunda yer alan ve Hatay ilinin merkez ilçesi Antakya’da etkili olan erozyon, zemin hareketleri, deprem ve su taşkınları gibi belli başlı doğal afetlere yönelik CBS tekniklerini kullanarak duyarlılık ve risk analizleri gerçekleştirmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında gerçekleştirdiği analizlere göre afetlerin kendi içinde risk kategorilerini belirlemiş ve mekânsal dağılımlarını ortaya koymuştur.

Yılmaz (2015), “Afet Yönetiminde Bilginin 3B Sanal Kentsel Ortamlarda Görsellenmesi için Bir Çerçeve Geliştirilmesi” isimli doktora çalışmasında afet yönetimi süreçlerinde karar vericilerin karar verme sürecinin daha hızlı ve etkin olabilmesi için efektif görseller hazırlanmasında çeşitli öneriler sunmuş ve kullanıcı odaklı bir çerçeve oluşturmaya çalışmıştır.

Gülnerman (2015), “Afet Kriz Yönetimine Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin Katkısı ve Hayat Kurtaran Büfe Önerisi” isimli yüksek lisans çalışmasında dünyada en fazla can ve mal kaybına neden olan depremlerin özellikle Türkiye, Çin ve Japonya özelinde CBS merkezli bir kriz yönetim sistemi ve model önerisi geliştirmeye çalışmıştır.

Tün vd. (2017), “Afet ve Acil Durum Bildirimlerinde Kitle-Kaynak Yönetim Uygulaması Eskişehir Örneği” isimli çalışmalarında Eskişehir ili özelinde afet ve acil durum veri modeli tasarlamışlardır. Aynı zamanda afet ve acil durumların veri sınıflarına katılan olay tiplerini belirleyerek bu verilerin hem mobil hem de web uygulamaları üzerinden kullanılmasına ve yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirmişlerdir.

Gerdan (2018), “GIS-Based Decision-Support System Applications in Disaster Management” isimli araştırma makalesinde afet yönetiminde etkin karar verme mekanizmasının CBS gibi yeni araçlara ihtiyaç duyduğunu belirtmiş, afet yönetimi

organizasyonlarında CBS araçlarının nasıl kullanılacağını ve CBS tabanlı karar destek sistemine sahip olup olmadıklarını incelemiştir.

Asri (2019), “Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulaması: Kırım Kongo Kanamalı Ateş Hastalığı Örneği” isimli doktora çalışmasında Gümüşhane ilinde 2004-2014 yılları arasında görülen Kırım Kongo Kanamalı ateş hastalığına ait verileri CBS teknikleri ile analize tabi tutmuş, vakaların yoğun olduğu yerleri tespit etmiş ve alınması gereken bir dizi önlemleri açıklamıştır.

Petrovski et al. (2020), “GIS in Crises Management Use of Smart Phone GIS Application in the Event of Natural Disaster” isimli çalışmalarında CBS’nin kriz yönetimi sırasında riski azaltmak için yararlı bir sistem olarak kabul edilmesi gerçeğini benimseyerek kriz yönetimi kapsamında pratik ve uygulanabilir bir CBS yöntemine sahip yeni bir model geliştirme fikrini ortaya koymuşlardır. Çalışmada akıllı telefonlardan erişilebilecek ve olası bir afet anında devreye girecek mobil uygulamalardan bahsetmişlerdir.

Sharma et al. (2020), “The Role of GIS-Enabled Mobile Applications in Disaster Management: A Case Analysis of Cyclone Gaja in India” isimli çalışmalarında 2018 yılında Tamil Nadu’da meydana gelen Gaja siklonu sonrası saha çalışmalarında kullanılmak üzere CBS tabanlı mobil uygulama özelliklerinden bahsetmişlerdir. Mobil uygulama sayesinde karar vericilerin, orta düzey yöneticilerin/denetçilerin ve saha çalışanlarının daha hızlı restorasyon gerçekleştirmelerine ve afet sonrası daha verimli bir acil durum müdahalesi sunmalarına yardımcı olduğunu belirtmişlerdir.

Alblooshi and Yahya (2021), “Influence of Geographic Information System on Natural Disaster Management in the United Arab Emirate” isimli çalışmalarında Birleşik Arap Emirlikleri (BAE) sınırları içerisinde CBS’nin afet yönetimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir.

Abid et al. (2021), “Building Resilient Future: Information Technology and Disaster Management-A Malaysian Perspective” isimli çalışmalarında doğal olayların tamamen engellenmese de muhtemel olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi için afet yönetiminin bilgi teknolojileri (CBS, drone, uzaktan algılama, mobil uygulamalar) ile gerçekleştirilmesini vurgulamışlardır.

Meilani et al. (2021), “Geographical Information System for Disaster Relief Distribution on Natural Disaster Response” isimli çalışmalarında Endonezya’da yer

alan Padang şehrindeki deprem ve tsunami afetleri sonrası gerçekleştirilen afet yardımlarının ilgili ihtiyaç sahiplerine doğru bir şekilde iletilememesini ifade etmişlerdir. Bu kapsamda afet yardımlarının doğru bir şekilde iletebilmesi için CBS teknikleri ile doğru afet yardım güzergahlarının tespitini gerçekleştirmişlerdir.

2. Deprem Konulu Çalışmalar

Öncel ve Alptekin (1999), “Effect of Aftershocks on Earthquake Hazard Estimation: An Example from the North Anatolian Fault Zone” isimli çalışmalarında KAFZ üzerinde artçı şokların deprem tehlike tahminine etkisini araştırmak için maksimum olabilirlik yöntemini kullanmışlar ve artçı şokların deprem tehlikesine etki ettiklerini ifade etmişlerdir.

Tağl (2004), “Balıkesir Ovası ve Yakın Çevresinin Neotektonik Özellikleri ve Depremselliği” isimli araştırma makalesinde çalışma sahasının neotektonik özellikleri ve depremselliğini incelemiştir. Çalışma sahası ve çevresindeki deprem üreten diri fayların neotektonik özelliklerini belirten yazar 1900-2000 yılları arasındaki depremleri baz alarak sahadaki depremlerin gelecekte ne kadar sıklıkla tekrarlanacaklarını ve gerçekleşme olasılıklarını Poisson modeli kullanarak hesaplamıştır.

Yenilmez (2011), “Japonya’daki Deprem ve Tsunami Erken Uyarı Sistemleri ve 11 Mart 2011 Büyük Doğu Japonya Afetindeki Performansları” isimli çalışmasında Japonya’daki deprem ve tsunami erken uyarı sistemlerini incelemiş ve tanıtmıştır. Ayrıca erken uyarı sisteminin 11 Mart 2011 tarihli depremde sergilediği performansı değerlendirmiş ve sistemin başarılı bir şekilde çalıştığını ifade etmiştir.

Sönmez (2011), “Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Deprem Hasar Riski Analizi: Zeytinburnu (İstanbul) Örneği” isimli araştırma makalesinde ilçenin jeolojik yapısı, topografik özellikleri, fay hatlarına uzaklık ve yükseklik parametrelerini kullanarak ilçeye ait deprem hasar riski haritasını oluşturmuş, yerleşmeye uygun olan ve olmayan alanları tespit ederek alınabilecek önlemleri belirtmiştir.

Özşahin (2014), “Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Kullanılarak Tekirdağ İlinde Deprem Hasar Riski Analizi” isimli araştırma makalesinde CBS tabanlı AHP yöntemini kullanarak deprem risk analizi gerçekleştirmiştir.

Güven (2019), “Değirmendere'nin Yer Bilimleri ve Yapı Özelliklerine Göre CBS Tabanlı Deprem Risk Analizi” isimli doktora çalışmasında CBS teknikleri ile depremlere yönelik afet yönetimi ve zarar azaltma çalışmaları için bir sistem geliştirmiştir. Bu sistem kapsamında deprem riski için çeşitli parametreler belirlemiş, bu parametreleri alt kategorilere ayırarak birbirlerine göre etki oranlarını hesaplamış ve AHP ile çalışma sahasının depreme karşı duyarlı alanlarını tespit etmiştir. Yine depreme karşı duyarlı alanların alansal büyüklüklerine ve üzerinde bulunan yapılara göre de yapıların risk durumlarını ortaya koymuştur. Aynı zamanda bu alanlarda ne kadar kişinin olası bir depremden etkileneceğini de sayısal olarak ifade etmiştir.

İnce ve Yılmazoğlu (2019), “Muğla İlinin Olasılıksal Deprem Tehlike Analizi” isimli çalışmalarında Muğla İli için olasılıksal yaklaşım tekniği ile deprem tehlikesini ortaya koymuşlardır. Bunun için sismik tehlike analizi gerçekleştirmişler ve yer hareketi değişkenliğini modellemişlerdir.

Doğruyol (2020), “Bingöl İli Deprem Risk Analizi” adlı araştırma makalesinde Bingöl ili ve civarının depremselliğini incelemiştir. Çalışma kapsamında sahaya ait 1903-2019 yılları arası deprem momenti 4 ve üzeri olan kayıtları kullanmıştır. Bu kayıtlar ile magnitüd frekans dağılımı için Gutenberg ve Richter eşitliklerini kullanarak bölgenin deprem riskini tespit etmiştir.

3. Taşkın Konulu Çalışmalar

Turoğlu ve Özdemir (2005), “Bartın’da Sel ve Taşkınlar: Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri” isimli çalışmalarında Bartın’daki sel ve taşkınlara sebep olan coğrafi faktörleri incelemişlerdir. Ayrıca sel ve taşkınlara ait risk analizlerini gerçekleştirmişlerdir.

Kadioğlu (2007), “Sel, Heyelan ve Çığ Risk Yönetimi” isimli araştırma makalesinde bütünleşik bir afet risk yönetimi yaklaşımlarının geliştirilmesi amacıyla sel, heyelan ve çığlar için risk yönetimi kapsamında neler yapılması gerektiğini açıklamıştır.

Özdemir (2007), “Havran Çayı Havzasının Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Riski Analizi” adlı doktora tezinde Türkiye’de yaşanan afetlerden taşkın ve heyelanlara ait risk analizlerini gerçekleştirmiştir. Yine afet yönetiminde önem teşkil eden risk analizi çalışmalarının

gerekliliğini ifade ederek bu çalışmalarda CBS ve UA tekniklerinin kullanılmasının önemini belirtmiştir.

Öztürk (2009), “CBS Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemleri ile Sel ve Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi: Güney Marmara Havzası Örneği” adlı doktora çalışmasında Ulusal Konumsal Veri Altyapısı (UKVA) kapsamında Çok Ölçütlü Karar Analizini (ÇÖKA) temel alarak küçük ve orta ölçekli sel ve taşkın duyarlılık analizlerini gerçekleştirmiştir.

Di Baldassarre et al. (2009), “Probability-Weighted Hazard Maps for Comparing Different Flood Risk Management Strategies: A Case Study” adlı çalışmada diğer dolay olaylar gibi sellerin de engellenmesi mümkün olmayan doğal olaylardan olduğunu belirtmişler ve bu olayların oluşumunda beşerî faaliyetlerin de olumsuz etkilerinin olduğu ifade etmişlerdir.

Myronidis et al. (2009), “Integrated Flood Hazard Mapping in The Framework of the E.U. Directive on The Assessment and Management of Flood Risks” isimli çalışmalarında sel risklerinin değerlendirilmesi ve yönetimine ilişkin yeni Avrupa Birliği direktifi çerçevesinde bir yöntem geliştirmişler ve kuzey Yunanistan'daki bir havzanın mansap kısmında bu yöntemi uygulamışlardır. Bu yöntem ile hidrolojik ve hidrolik modelleri sayısal arazi modeliyle bütünleştirmişler ve olasılık senaryolarına göre sahanın taşkın tehlike haritalarını üretmişlerdir.

Zeybek vd. (2013), “4 Temmuz 2012 Samsun Şehir Seli” isimli çalışmalarında Samsun ilinde meydana gelen sel olayını coğrafi açıdan değerlendirmişlerdir. Bu bakış açısıyla selin meydana geldiği sahada akarsu yataklarının üzerinin kapatılarak yerleşim alanlarına dönüştürülmesi, yağış sularının denize kadar ulaşmasını engelleyen menfez, köprü gibi çeşitli mühendislik hataları ve plansız yapılaşmaları tespit etmişlerdir.

Özşahin (2016), “Arnavutluk'ta Taşkın Risk Analizi” adlı çalışmasında Arnavutluk'taki taşkınları CBS yardımıyla analiz etmiş ve taşkın risk sınıflaması gerçekleştirmiştir. Ayrıca taşkın afet risk sonuçlarını önceki çalışmalarla karşılaştırarak ülkenin taşkına duyarlı alanlarını haritalandırmıştır.

Oğuz vd. (2016), “Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Taşkın Risk Alanlarının Belirlenmesi: Artvin İli Örneği” isimli çalışmalarında çok kriterli karar verme yöntemi ile CBS ortamında Artvin iline ait taşkın risk alanlarını belirlemişlerdir.

Özcan (2017), “Taşkın Tespitinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi: Ayamama Deresi Örneği” isimli çalışmasında taşkın analizinde en çok kullanılan; Çok Kriterli Karar Verme, Hidrolik Modelleme, Bilgi Difüzyon Teorisi ve Eğri Numarası yöntemlerini değerlendirmiş, çalışma sahasına uyarlamış ve karşılaştırmalarını gerçekleştirmiştir.

Uslu (2017), “Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknolojileri ile Taşkın Tehlikesi Taşıyan Alanların Belirlenmesi” adlı doktora çalışmasında Samsun’da yer alan Mert Irmağı ve yan kolu olan Yılanlıdere için taşkın risk analizi gerçekleştirmiştir. Ayrıca çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında Hec-RAS ve Hec-GeoRAS programlarını kullanarak havzaya ait taşkın tekerrür debilerine göre taşkın risk haritalarını üretmiştir.

Utlu (2019), “Farklı Çözünürlüklü Veri Kaynaklarına Bağlı Taşkın Tehlike Analizi: Biga Çayı Havzası Örneği” adlı doktora çalışmasında Biga Çayı Havzası’nda meydana gelen taşkınları farklı çözünürlükte yüzey modellerine ve arazi kullanım türlerine göre değerlendirmiştir. Çalışma sahasındaki taşkınları modellemek için Gumbel EV I yöntemini kullanmıştır.

Ogata et al. (2020), “Geographic Information System (GIS)-Based Multicriteria Analysis of Flooding Hazard and Risk in Ambo Town and Its Watershed, Westshoa Zone, Oromia Regional State, Ethiopia” isimli çalışmalarında hem taşkın tehlikesi hem de taşkın riski için kriter haritasının birleştirilmesi sürecinde ağırlıklı doğrusal kombinasyon (Weighted Linear Combination-WLC) yöntemini kullanmışlardır. Sonuç olarak havzanın önemli bir kısmının yüksek ve çok yüksek taşkın tehlikesi (%60,58) altında olduğunu ortaya koymuşlardır.

Tüzgen ve Karaca (2021), “Çerçi ve Murt Deresi (Fethiye-Muğla) Taşkın Duyarlılık Alanlarının CBS ile Çok Kriterli Karar Verme Analizi Kullanılarak Haritalanması” isimli çalışmalarında çok kriterli karar verme yöntemi ile çalışma sahasına ait taşkına duyarlı alanları tespit etmişlerdir.

Ocak vd. (2021), “Atakum İlçesi Kıyı Kuşağının Taşkın Duyarlılık Analizi, Samsun/Türkiye” isimli çalışmalarında çalışma sahasına ait 13 farklı parametreyi dikkate alarak CBS ortamında sahanın taşkına duyarlı alanlarını tespit etmişlerdir.

Ocak ve Bahadır (2021), “Taşkın Bilgi ve Yönetim Sisteminin Oluşturulmasında Web CBS Teknolojisi Kullanımı: Ordu-Ünye Şehir Selleri Örneği” isimli çalışmalarında afet yönetiminde tahmin ve risk analizleri gerçekleştirmişlerdir.

Çalışmanın ilk aşamasında ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile taşkın risk analizlerini gerçekleştirmişler, ikinci aşamasında analiz sonuçlarını web ortamına aktarmışlar ve son aşamada ise olası bir taşkında vatandaş ve yerel yönetimlerin iletişimini kuvvetlendirmek için web ve mobil uygulamalar tasarlamışlardır.

Ocak ve Bahadır (2021), “Bakacak Deresi Havzası’nın (Samsun) Coğrafi Analizi ve Taşkın Duyarlılığı” isimli çalışmalarında CBS teknikleri ile ağırlıklı çakıştırma yöntemini birleştirerek iki farklı dönem için (kanal öncesi ve sonrası) çalışma sahasına ait taşkına duyarlı alanları tespit etmişler ve bu alanları düşük, orta, yüksek ve çok yüksek duyarlı şeklinde gruplandırmışlardır. Ayrıca belirlenen iki farklı dönemde bu duyarlı alanlarda ne kadar bir nüfusun yaşadığı ve kaç adet yapının olası bir taşkından etkileneceğini istatistiksel olarak ifade etmişlerdir.

Feizizadeh et al. (2020), “An Integrated Approach of GIS and Hybrid Intelligence Techniques Applied for Flood Risk Modeling” isimli çalışmalarında taşkın duyarlılığını değerlendirmek için Entropi İndeksi (IOE), Bulanık Üyelik Değeri (FMV), Frekans Oranı (FR) ve Bilgi Değeri (Information Value-IV) tabanlı yeni bir hibrit model geliştirmişlerdir. Bu kapsamda 78 farklı taşkını değerlendirmişler ve FMV ile IOE modellerinin taşkın tahminlerinde daha iyi sonuç verdiğini ifade etmişlerdir.

Arya and Singh (2021), “Multi Criteria Analysis for Flood Hazard Mapping using GIS Techniques” isimli çalışmalarında Hindistan’ın Uttar Pradesh’de yer alan Ghaghara havzasında farklı kriterler ile CBS ve UA teknikleri kullanarak taşkına duyarlı alanları tespit etmişlerdir.

4. Heyelan Konulu Çalışmalar

Görüm (2006), “Coğrafi Bilgi Sistemi ve İstatistiksel Yöntemler Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Analizi: Melen Boğazı ve Yakın Çevresi” isimli yüksek lisans çalışmasında jeomorfoloji, jeoloji, arazi kullanım, yükseklik, eğim, bakı, plan yamaç eğriselliği, profil yamaç eğriselliği, diferansiyel yamaç eğriselliği, akarsu aşındırma gücü endeksi ve topografik nemlilik parametrelerini kullanarak Melen Boğazı ve yakın çevresinde heyelana karşı duyarlı alanları tespit etmiştir. Ayrıca verilerin CBS teknikleri ile üretildiği çalışmada heyelan duyarlılığı kapsamında gerçekleştirilen analizleri mantıksal regresyon yöntemi ile değerlendirmiştir.

Chuan et al. (2009), “Emergency Assessment of Seismic Landslide Susceptibility: A Case Study of The 2008 Wenchuan Earthquake Affected Area” isimli çalışmada Çin’in Wenchuan isimli yerleşmesinde meydana gelen 8,0 büyüklüğündeki depremin dağlık alanlarda büyük çaplı heyelanları tetiklediğini belirtmişlerdir. Ayrıca çalışma kapsamında sahadaki heyelan duyarlılığının seviyelerini ortaya koymak için heyelan duyarlılık haritalarını üretmişlerdir.

Menteşe vd. (2009), “Rize İli Geneline Heyelan Tehlikesi Altında Bulunan Bölgelerin Kullanım Türlerinin Belirlenmesi” adlı çalışmada Rize ili için heyelan oluşturma potansiyeli olan sahaları CBS, UA ve çeşitli jeolojik yöntemler aracılığıyla belirlemişlerdir.

Ekinci vd. (2010), “Kütle Hareketleri Duyarlılık Haritalarının Oluşturulmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknolojilerinin Kullanımı” isimli çalışmalarında CBS ve UA teknolojilerinin etkinliğini göstermek amacıyla Zonguldak ve Hisarönü arasında kalan sahada kütle hareketlerinin bir tipi olan heyelanlar için duyarlılık analizi gerçekleştirmiş ve sahanın heyelan duyarlılık haritasını üretmişlerdir.

Gemitzi et al. (2010), “Evaluating Landslide Susceptibility Using Environmental Factors, Fuzzy Membership Functions and GIS” isimli çalışmalarında Yunanistan’ın kuzeyinde yer alan Xanthi şehrinin dağlık kesimlerindeki kütle hareketlerine duyarlı alanları belirlemek amacıyla bulanık mantık fonksiyonlarını ve Coğrafi Bilgi Sistemleri tekniklerini kullanmışlardır. Çalışmada; eğim açısı, eğim yönü, arazi kullanımı, jeoloji haritaları ve yükseklik gibi parametreleri kullanarak heyelana duyarlı sahaları tespit etmişlerdir.

Demir (2011), “Kuzey Anadolu Fayı Üzerinde Niksar-Suşehri Arasındaki Alanın CBS Tabanlı Heyelan Duyarlılık Analizi” isimli doktora çalışmasında 1.445 km²’lik bölgenin istatistiksel yöntemlerle heyelan duyarlılığını gerçekleştirmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında heyelan duyarlılıklarını mantıksal regresyon analizi ile değerlendirilmiştir.

Çellek (2013), “Sinop-Gerze Yöresinin Heyelan Duyarlılık Analizi” isimli doktora çalışmasında CBS ve UA teknikleri ile farklı kaynaklardan verileri toplamış, değerlendirmiş, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile de heyelan duyarlılık haritası üretmiştir. Çalışmada parametre ağırlıklarını belirlemek için heyelan yoğunlukları

değerinden yararlanmıştır. Ayrıca heyelan duyarlılık derecelerinin alan ve yüzde dağılımlarını hesaplamış ve çalışma alanının yaklaşık %26'sının heyelanlar tarafından tehdit edildiğini tespit etmiştir.

Uzun vd. (2016), “Yeniköy Heyelanı, Perşembe/Ordu” isimli araştırma makalesinde Ordu ili Perşembe ilçesinde 19 Ağustos 2011 tarihinde meydana gelen heyelanı incelemişlerdir.

Aghlmand et al. (2020), “Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı” isimli araştırma makalesinde çeşitli parametrelere ağırlıklar tanımlamış ve İran'ın Ardabil (Erdebil) bölgesindeki Saqezchi'in heyelan duyarlılık haritasını CBS teknikleri ile üretmişlerdir.

Roccati et al. (2021), “GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping for Land Use Planning and Risk Assessment” isimli araştırma makalesinde genellikle sığ heyelanları tetikleyen yoğun yağmur olaylarının periyodik olarak vurduğu bir Akdeniz Bölgesi olan Portofino burnundaki heyelan duyarlılığını haritalamak için CBS tabanlı bir yaklaşım önermişlerdir. 110 yılı aşkın heyelan envanteri ve uzmanların görüşlerine dayanarak hem doğal hem de antropojenik unsurları içeren dokuz (9) farklı parametreyi ele alarak heyelan duyarlılığını tespit etmek için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemini uygulamışlardır.

Tan et al. (2021), “Geological Hazard Risk Assessment of Line Landslide Based on Remotely Sensed Data and GIS” adlı çalışmalarında UA ve CBS'ye dayalı olarak çizgisel heyelanın jeolojik tehlikelerinin risk değerlendirmesini gerçekleştirmişlerdir.

Öz ve Günek (2021), “Solaklı Havzası'nın (Trabzon) Heyelan Duyarlılığı ve Yerleşim Yeri Risk Analizi” adlı araştırma makalesinde Solaklı Havzası'nda heyelana neden olan parametrelerin etki oranlarını belirlemiş ve heyelan duyarlılık analizi gerçekleştirmişlerdir.

Hatipoğlu vd. (2021), “Sağlık District Landslide (Ordu, Turkey)” isimli araştırma makalesinde Ordu ilinde yer alan Sağlık Mahallesi'nde 15 Mayıs 2019 tarihinde gerçekleşen heyelanın oluşumunu araştırmışlar ve hasarı en aza indirmek için alınabilecek önlemleri tartışmışlardır.

5. Erozyon Konulu Çalışmalar

Ekinci (2005), “CBS Tabanlı Uyarlanmış RUSLE Yöntemi ile Kozlu Deresi Havzası'nda Erozyon Analizi” isimli çalışmasında eğim, zemin örtüsü ve toprak tekstür özelliklerine göre sahanın RUSLE yöntemi ile erozyona duyarlı alanları tespit etmiştir.

Yıldırım (2011), “Assessment of Soil Erosion at the Değirmen Creek Watershed Area, Afyonkarahisar, Turkey” isimli çalışmasında Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (Universal Soil Loss Equation-USLE) ile Değirmen Çayı Havzası'ndaki potansiyel toprak kaybını tahmin etmek ve toprak kaybını en aza indirmek için Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında erozyon analizi gerçekleştirmiştir.

Sönmez ve Çelik (2013), “Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Kilis Merkez İlçesinin Erozyon Risk Alanlarının Belirlenmesi” isimli çalışmalarında çok kriterli karar verme yöntemi ile Kilis'te erozyon riskinin dikkate alınması amacıyla sahanın erozyon risk haritasını oluşturmuşlardır.

İmamoğlu (2016), “Alaca Havzası'nda Erozyon Risk Değerlendirmesi ve Planlaması” isimli doktora çalışmasında temel olarak RUSLE yöntemini kullanmakla birlikte farklı disiplinlerin tercih ettiği erozyon risk modelleri ve yöntemlerinden yararlanarak çalışma sahasına ait erozyon risk analizi gerçekleştirmiş ve sahanın erozyon dağılışı haritasını oluşturmuştur.

Güney (2017), “Selendi Çayı Havzası (Manisa) Erozyon Duyarlılık Analizi ve İklim Değişikliğinin Erozyon Duyarlılığına Etkilerinin Modellenmesi” isimli doktora çalışmasında CBS ve UA teknikleri ile havzanın erozyon duyarlılık analizini gerçekleştirmiştir. Ayrıca iklim değişikliğinin bölgesel sonuçlarının ne olduğu ve bu değişikliklerin erozyon duyarlılığını nasıl etkilediğini de açıklamıştır.

Tağl ve Danacıoğlu (2017), “Bakırçay Havzası'nda Rusle Modeli Kullanarak Erozyon Riskinin Değerlendirmesi” isimli çalışmalarında havzada su kaynaklı toprak kaybı oranını belirlemiş ve havzanın erozyon risk durumunu ortaya koymuşlardır.

Gündüzoğlu (2019), “Kıyı Ege Bölümü'nde Erozyon Risk Modeli Tasarımına Coğrafi Yaklaşım” isimli doktora çalışmasında doğal ortam özelliklerinin erozyon riskine etkisinin belirlenmesi için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), sahanın erozyon riskini haritalamak için de CBS ve UA tekniklerini kullanmıştır.

Hatipoğlu ve Uzun (2020), “Melet Irmağı Havzası’nda Erozyon Riskinin Micon Modeli ile Değerlendirilmesi” adlı araştırma makalesinde Melet Irmağı Havzası’nın erozyon riskini incelemişlerdir.

İkiel vd. (2020), “Trakya Yarımadası’nda Erozyon Duyarlılık Analizi” adlı çalışmalarında Trakya Yarımadası’nda CBS teknikleriyle erozyon duyarlılık alanlarını belirlemiş, haritalandırmış ve güncel arazi örtüsü ile arasındaki ilişkiyi değerlendirmişlerdir.

Alparslan ve Küçükönder (2021), “Kaman Deresi Alt Havzasının Erozyon Duyarlılığı” isimli çalışmalarında su erozyonunun fazla yaşandığı Fırat Havzası alt havzalarından biri olan Kaman Deresi alt havzasında RUSLE (Revize Edilmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği) tekniğini kullanarak erozyon duyarlılığını tespit etmişlerdir.

Ahmed et al. (2021), “Influence of Determinant Factors Towards Soil Erosion Using Ordinary Least Squared Regression in GIS Domain” isimli çalışmalarında Etiyopya, Denbie Woreda’da CBS ortamındaki ağırlıklı karşılaştırma tekniği ile beş (5) farklı parametreyi dikkate alarak toprak erozyonunun yayılımını analiz etmişlerdir.

6. Kuraklık Konulu Çalışmalar

Belal et al. (2014), “Drought Risk Assessment Using Remote Sensing and GIS Techniques” isimli çalışmalarında kuraklığın temel kavramları, kuraklıkların sınıflandırılması, kuraklık endeksleri ve kuraklık değerlendirmesi için Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin rolü hakkında bir değerlendirme gerçekleştirmişlerdir.

Keskiner vd. (2016), “Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Standardize Yağış İndeksi Yöntemiyle Olasılıklı Meteorolojik Kuraklık Analizi: Seyhan Havzası Örneği” isimli araştırma makalesinde Standardize Yağış İndeksi (SYİ) yöntemini kullanarak 2 ve 10 yıllık frekans aralığındaki kuraklık haritalarını üretmişler ve kuraklık riski olan bölgeleri belirlemişlerdir.

Palchaudhuri and Biswas (2016), “Application of AHP with GIS in Drought Risk Assessment for Puruliya District, India” isimli araştırma makalesinde Hindistan, Batı Bengal’de yer alan Puruliya bölgesi için AHP ve CBS teknikleri ile kuraklığın mekânsal analizini gerçekleştirmişlerdir.

Türkeş (2017), “Türkiye’nin İklimsel Değişkenlik ve Sosyo-Ekolojik Göstergeler Açısından Kuraklıktan Etkilenebilirlik ve Risk Çözümlemesi” isimli çalışmasında gözlenen kuraklık için etkilenebilirlik ve risk çözümlemesini değerlendirmiştir. Türkiye’nin potansiyel kuraklık afet ve felaketinden etkilenme riskini saptamak için birçok gelişmiş ülke tarafından kullanılan Sosyal Etkilenebilirlik İndisi’ni (SEİ) kullanmıştır.

Partigöç ve Soğancı (2019), “Küresel İklim Değişikliğinin Kaçınılmaz Sonucu: Kuraklık” isimli çalışmalarında olası bir kuraklık sonucunda etkilenecek bölgelerin önceden tespit edilmesi ve tedbirlerin alınabilmesi için CBS ve UA tekniklerinden yararlanılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Dabanlı (2019), “Kuraklık Riskinin bulanık Mantık Yardımıyla Türkiye Geneline Değerlendirilmesi” isimli araştırma makalesinde meteorolojik ve sosyo-ekonomik verileri kullanarak elde edilen kuraklık afet ve hassasiyet göstergeleri yardımıyla Türkiye geneline kuraklık riskini bulanık mantık çıkarımı (BMÇ) yaklaşımıyla bütüncül olarak değerlendirmiştir. Ayrıca kuraklığın görülme ihtimaline dayanan standart yağış göstergesi (Standardized Precipitation Index-SPI) yöntemini kullanarak kuraklık kavramının daha iyi anlaşılmasını kolaylaştırmak için Kuraklık Afet Göstergesini (KAG) hesaplamıştır.

Dikici (2019), “Asi Havzası’nda (Türkiye) Kuraklık Analizi” isimli araştırma makalesinde Asi Havzası için bir kuraklık eğilimi olup olmadığını incelemiştir. Bu amaçla 1970-2016 yılları arası meteorolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik verileri dikkate almıştır. Havzanın kuraklık riskini belirleyebilmek için Mann-Kendall testi ile havzadaki kuraklık eğilimini tespit etmiştir.

Yüce ve Eşit (2020), “Ceyhan Havzasının Kuraklık Risk Haritasının SPI ve SPEI Metotları ile Belirlenmesi” adlı çalışmalarında SPI (Standartlaştırılmış Yağış İndeksi) ve SPEI (Normalleştirilmiş Yağış-Buharlaşma İndeksi) yöntemleri ile meteorolojik verileri kullanarak havzanın kuraklık riskini hesaplamışlardır.

Katipoğlu ve Acar (2021), “Fırat Havzası’ndaki Meteorolojik ve Hidrolojik Kuraklık Haritalarının Çeşitli Enterpolasyon Metotları ile Belirlenmesi” isimli çalışmalarında Fırat Havzası’ndaki çeşitli meteorolojik ve hidrolojik kuraklıkların Kriging, Radyal Tabanlı Fonksiyon (RTF) ve Ters Mesafe Ağırlıklandırma (TMA)

interpolasyon teknikleri ile zamansal ve mekânsal değişimlerini haritalandırmışlar ve havzadaki kuraklık risk durumunu değerlendirmişlerdir.

Boyacı ve Küçükönder (2021), “Assessment of Drought Process with Integrated Multi-Criteria Decision-Making Methods” isimli çalışmalarında tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından kuraklık üzerinde etkili olan faktörleri önceliklendirmiş ve kurak dönemlerin şiddetine göre bu faktörleri sınıflandırmışlardır. Bu bağlamda çalışmada çok kriterli karar verme tekniklerinden Entropi, TOPSIS ve MAUT yöntemlerine dayalı bütüncül bir karar modeli oluşturmuşlardır.

Keskiner ve Akın (2021), “Meteorolojik Kuraklığın Alansal ve Zamansal Gidişinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Ortamında Haritalanması: Şanlıurfa Örneği” isimli çalışmalarında Şanlıurfa ili kapsamında meteorolojik kuraklığın alansal ve zamansal olarak nasıl bir gidişat gösterdiğini belirlemeye çalışmışlardır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

“Ladik Gölü Havzası’nda (Samsun) Akıllı Doğal Afet Yönetimi” isimli bu çalışma kapsamında sahanın genel coğrafi özellikleri açıklanmış, beş (5) farklı doğal afete yönelik duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiş ve doğal afet yönetimi için web CBS alt yapısını kullanan web ve mobil uygulamalar tasarlanmıştır. Dolayısıyla çalışmada birden fazla yöntem kullanılmıştır. Ancak yapılan bu çalışmayı genel olarak saha çalışmaları, veri üretimi, mekânsal analizler ve akıllı doğal afet yönetim sisteminin tasarlanması şeklinde dört (4) farklı başlık altında toplamak mümkündür (Şekil 2.1).

Ladik Gölü Havzası’nın tarihsel süreçte (1943) büyük bir deprem (7,2 Mw) yaşamış olması, havzanın KAFZ’de yer alması ve KAF’nin hemen havzanın kuzey sınırından geçmesinden ötürü deprem, şehir merkezinden geçen Değirmen Dere’de geçmiş dönemlerde taşkın meydana gelmesinden ötürü taşkın, havzanın deprem üretme potansiyeli yüksek diri faylara sahip olması ve bu durumun olası kütle hareketlerini tetikleyebilecek olması, geçmiş dönemlerde havzada heyelanların çokça meydana gelmiş olması ve havzanın çoğunlukla Neojen dolgu sahalarından oluşması nedeniyle heyelan, havzadaki nüfusun ağırlıklı olarak ekonomik faaliyetlerini tarıma dayalı sürdürmesi nedeniyle toprak erozyonu ve havzanın en önemli ve en büyük tatlı su kaynağının Ladik Gölü olması nedeniyle kuraklık çalışma kapsamında dikkate alınan beş (5) farklı doğal afet türü olmuştur. Ayrıca çalışma kapsamında örnek bir akıllı doğal afet yönetim sistemi tasarlanması amaçlanmıştır. Bunun için hedeflenen akıllı doğal afet yönetim sisteminin sağlıklı bir şekilde hayata geçirilebilmesi ve sürdürülebilir olması için bu doğal afet türleri hem ayrı ayrı hem de birlikte değerlendirilmiştir. Dikkate alınan doğal afetlerin duyarlılık analiz sonuçlarında bütünlük sağlanması amacıyla AHP yöntemi ile CBS ve UA teknikleri tercih edilmiştir. Kullanılan yöntem ve tekniklerin ana hatları duyarlılık analizleri bölümünde tekrara düşmemek adına bu başlık altında detaylandırılmıştır. Ancak duyarlılık analizi kapsamında kullanılan materyallerin çeşitlilik göstermesi ve her afetin kendi özelinde değerlendirilmiş olmasından dolayı kullanılan materyaller her doğal afetin ayrı ayrı ele alındığı duyarlılık analizi bölümünde detaylıca açıklanmış ve her afet için detaylı iş akış şemaları oluşturulmuştur.

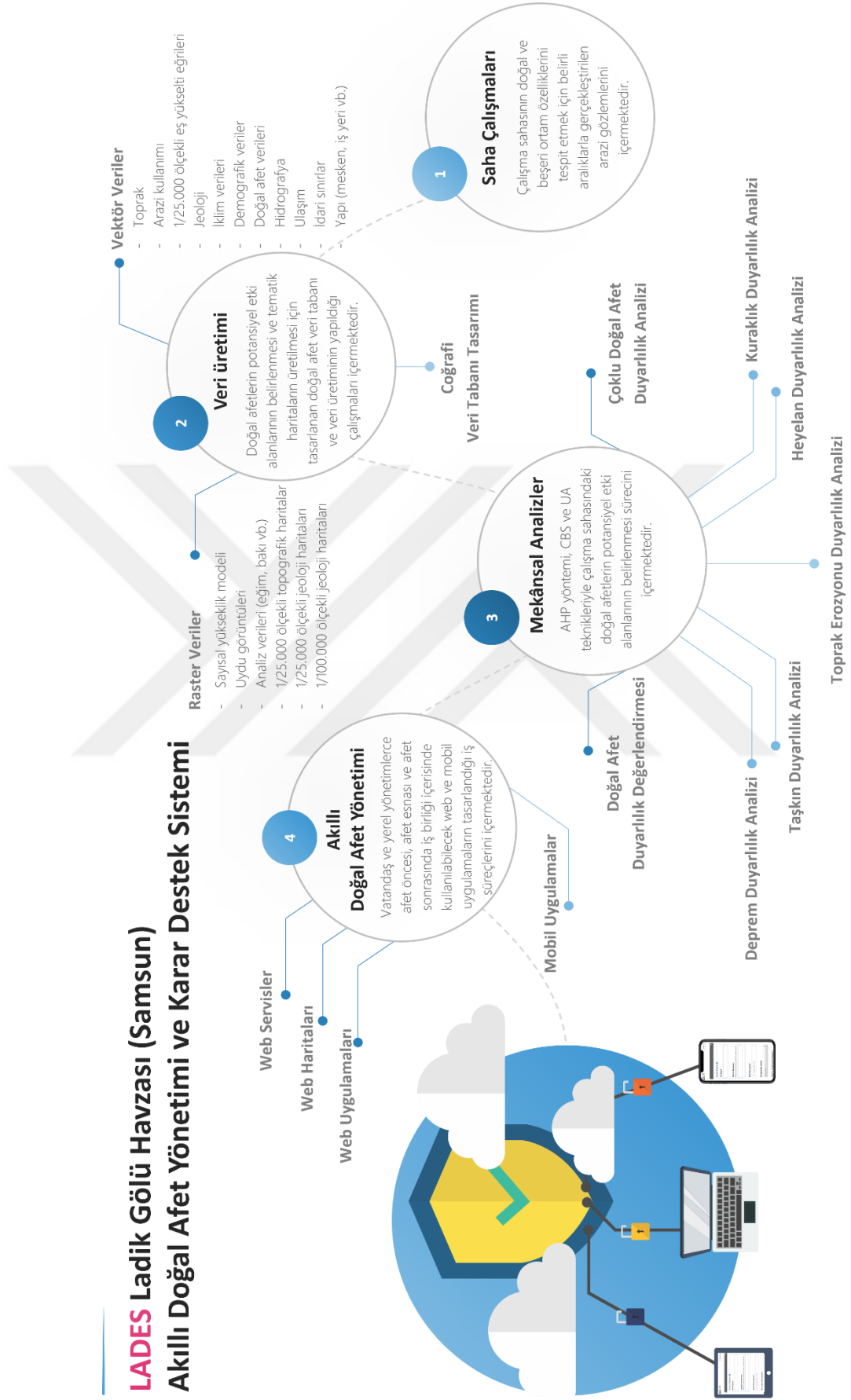
Tematik haritaların üretiminde genel altlık olarak kullanılan 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları Harita Genel Müdürlüğü’nden (HGM, 2021), 1/25.000 ve

1/100.000 ölçekli jeoloji haritaları Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden (MTA, 2021) temin edilmiştir. Yine tematik haritaların üretiminde kullanılan iklim verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM, 2021), toprak verileri T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı ile Tarım Reformu Genel Müdürlüğü'nden (TRGM), (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021) temin edilmiştir. Ayrıca Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK, 2022) çeşitli istatistiksel veriler, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nden (KRDAE) deprem kayıtları (URL-9), Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'ndan (AFAD, 2018a) afet verileri temin edilmiş ve arazi gözlemlerinden yararlanılmıştır.

Gerçekleştirilen her türlü veri üretim ve analiz işlemlerinde CBS ve web CBS teknolojisi ağırlıklı olmak üzere Uzaktan Algılama (UA) tekniklerinden önemli ölçüde yararlanılmıştır. Tematik haritaların (topografya, yükselti basamakları, iklim, hidrografya, toprak vb.) üretiminde kullanılan verilerin sayısal ortama aktarılması, tasarlanan coğrafi veri tabanında depolanması ve doğal afetlerin potansiyel etki alanların belirlenmesi için ArcGIS for Desktop Advanced 10.x yazılımı kullanılmıştır. Akıllı doğal afet yönetim sistemi kapsamındaki web ve mobil uygulamalar ise ArcGIS Online kullanılarak tasarlanmıştır.

“Ladik Gölü Havzası'nda (Samsun) Akıllı Doğal Afet Yönetimi” isimli gerçekleştirilen bu çalışma yukarıda da belirtildiği gibi saha çalışmaları, veri üretimi, mekânsal analizler ve doğal afet yönetim sisteminin tasarlanması şeklinde dört (4) farklı başlık altında ele alınmıştır. Her ne kadar doğal afetlere yönelik gerçekleştirilen duyarlılık analizleri ve kullanılan yöntemler ilerleyen bölümlerde etraflıca ele alınmış olsa da çalışmanın ana fikrini oluşturan saha çalışmaları, veri yapısı, coğrafi veri tabanı tasarımı, mekânsal analizler ve AHP yöntemi ile CBS birlikteliğinin burada açıklanmasının yararlı olacağı düşünülmüştür. Akıllı doğal afet yönetimi ise tasarlanan LADES isimli sistemle bir bütün olarak ele alınacağı ve sistemin işleyişinin daha iyi ifade edilebileceği düşüncesiyle bu başlık altında açıklanmamış, akıllı doğal afet yönetim sistemi için izlenen iş akışı ve kullanılan yöntemler çalışmanın son bölümünde detaylandırılmıştır. Özetle çalışmanın bu bölümünde yöntem ve teknikler detaylı bir şekilde, materyaller ise sadece genel hatlarıyla açıklanmıştır (Şekil 2.1).

LADES Ladik Gölü Havzası (Samsun) Akıllı Doğal Afet Yönetimi ve Karar Destek Sistemi



Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan yöntemlerin genel iş akış şeması.

2.1. Saha Çalışmaları

2021-2023 yılları arasında çeşitli aralıklarla çalışma sahasına gidilmiş ve sahanın doğal ve beşerî ortam özellikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Doğal afet duyarlılık analizleri gerçekleştirildikten sonra elde edilen doğal afetlerin potansiyel duyarlılık sınıflarına göre arazide incelemeler yapılmış ve gözlemlerde bulunulmuştur. Yapılan analizlerle arazi gözlemleri karşılaştırılmış ve analizlerin doğruluğu test edilmiştir. Böylece gerçekleştirilen analizlerin güvenilirlik kat sayısı artırılmıştır. Yine arazi çalışmaları esnasında sahanın farklı kesimlerinden hem insansız hava aracı (İHA) hem de çözünürlüğü yüksek fotoğraf makinesi ile fotoğraflar çekilmiştir.

2.2. Veri Üretimi

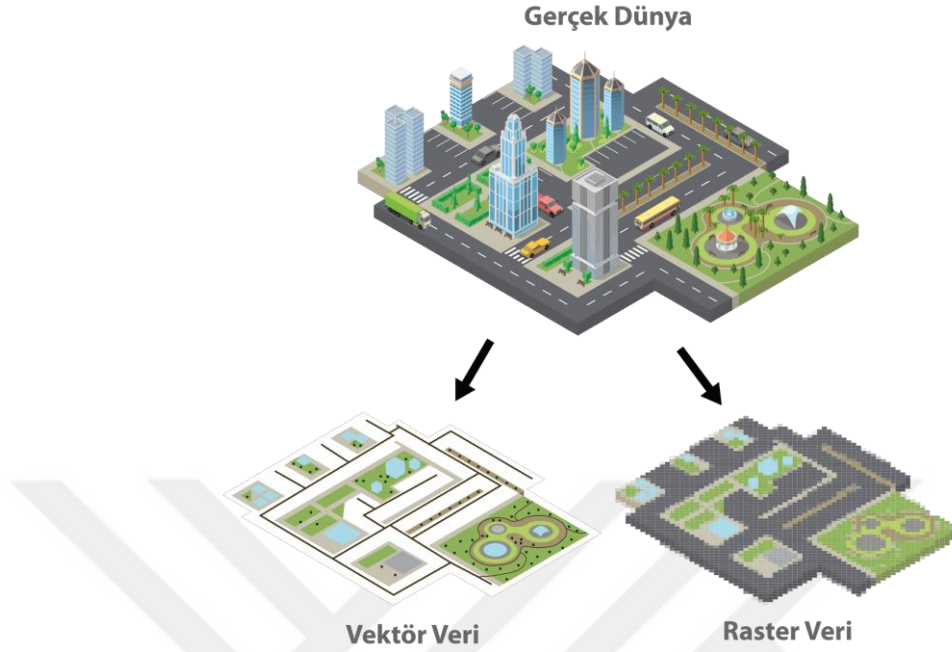
Saha gözlemleri ile eşzamanlı yürütülen veri üretimi aşamasında yoğun bir masa başı çalışması gerçekleştirilmiştir. Tematik haritalara, mekânsal analizlere ve akıllı doğal afet yönetim sisteminin gerçekleştirilmesine altyapı oluşturan veri üretim aşaması, veri yapısı ve coğrafi veri tabanı tasarımı aşamalarından oluşmaktadır.

2.2.1. Veri Yapısı

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin beş (5) bileşeni arasında yer alan veri; gerçekleştirilen projelerde, üretilen haritalarda, tasarlanan web ve mobil uygulamalarda, yapılan doğal afet duyarlılık analizlerinde ve daha birçok mekâna bağlı coğrafi problemlerin çözümündeki en önemli girdidir. CBS’de bu denli önemli bir yere sahip olan veri, dünya üzerinde coğrafi konumla ifade edilebilen her şeydir; ağaç, akarsu, göl, elektrik direği, bina vb. Başka bir ifadeyle veri, yeryüzündeki somut ve soyut her türlü ve belli bir anlama sahip olan objeleri ifade eder (Ocak, 2018). Veri kavramı yerine, verinin mekânla ve mekâna ait her türlü objelerle ilişkisinden dolayı coğrafi veri kavramını kullanmak yanlış olmayacak; hatta daha doğru bir kullanımı, yani daha coğrafi bir kullanımı ifade edecektir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen tüm veri aşamalarını daha net bir şekilde ifade edebilmek ve bu aşamaların daha anlaşılabilir olması adına CBS’de coğrafi veri yapısı detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

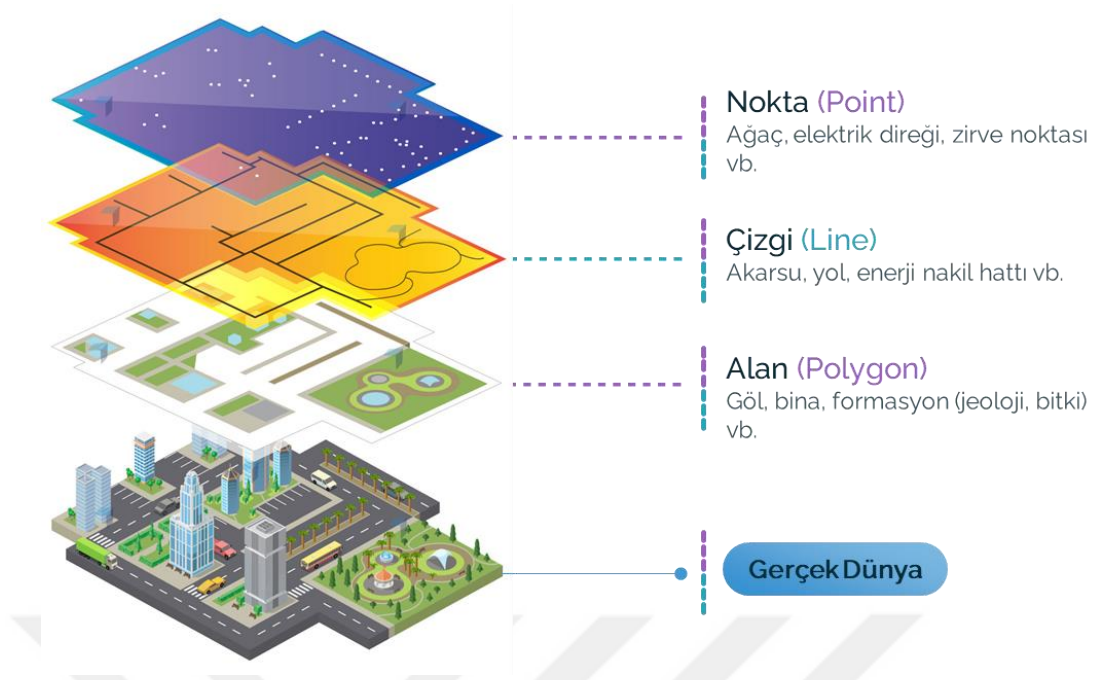
Coğrafi problemlerin çözümünde etkin bir rol oynayan CBS’de coğrafi veri, “grafiksel (konumsal, mekânsal)” ve “sözel (mekânsal olmayan, tablosal, metinsel)” veri olmak üzere ikiye ayrılır. Grafiksel veriler, herhangi bir coğrafi verinin belli bir referans sistemine göre hem konumunu hem de geometrisini belirten verilerdir (Ocak, 2018). Bu tür veriler, bilgisayar ortamında belirli bir veri tabanı ya da dosya yapısı

içerisinde muhafaza edilirler. Grafikselsel verileri vektör ve raster veri olmak üzere iki farklı şekilde depolamak mümkündür (Şekil 2.2).



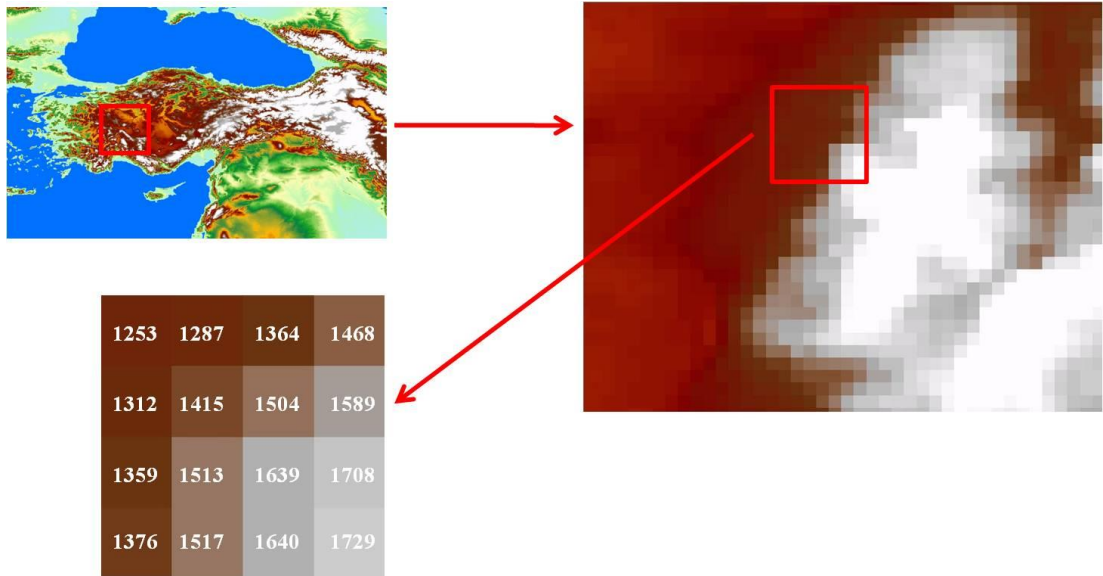
Şekil 2.2. Grafikselsel veriler (URL-5).

Vektör veri modeli; nokta, çizgi ve alanlardan oluşan objeleri belli bir koordinat sistemine göre x ve y değerleri ile depolar (Tecim, 2008), (Şekil 2.3). “Nokta” geometrisine sahip olan vektörel verilerin belirli bir hacmi, alanı ve uzunluğu yoktur. Ancak “çizgisel” geometride tutulan vektörel veriler belirli bir uzunluğa sahiptirler. Çünkü bu tip coğrafi veriler birden fazla koordinat çiftinin (x ve y) birleştirilmesiyle elde edilmektedir. Başlangıç ve bitiş noktalarında kapalı alanlar oluşturmak için aynı koordinat çifti (x ve y) ile temsil edilen vektörel veriler ise “alansal” geometriye sahiptirler. Hem uzunluk hem de alan bilgisini aynı anda bünyesinde barındırmaktadırlar. Vektör veri modelinde koordinat bilgileri ile depolanan bu veriler (nokta, çizgi, alan) ile coğrafi nesnelerin konumlandırılması ve sorgulanması oldukça kolaydır.



Şekil 2.3. Vektör veri modelinde veri yapısı (URL-5).

Raster veri modeli; görüntülerin küçük parçalara ayrılıp birbirine komşu hücrelerin gruplanarak bir araya gelmesi ile oluşur (Tecim, 2008), (Şekil 2.4). Hücrelerden oluşmaktadırlar ve aslında fotoğraf özelliği gösteren coğrafi verilerdir. Fotoğraflarda nasıl ki çözünürlük hücrelerin boyutuna bağlı ise raster verilerde de durum böyledir. Yani raster verileri oluşturan hücrelerin boyutu aynı zamanda raster verideki görüntü kalitesini belirlemektedir. Hücre boyutunun küçük olduğu raster veride görüntü kalitesi (çözünürlük) artmaktayken, hücre boyutunun büyük olduğu raster verilerde görüntü kalitesi de (çözünürlük) o denli düşmektedir.



Şekil 2.4. Raster veri modelinin hücrelerle temsili (Ocak vd., 2012).

Vektör ve raster veri modellerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları vardır. Vektör veriler depolandıkları alanda çok fazla yer kaplamaz iken, raster veriler görüntü kalitesi önemli olduğu için çok büyük boyutta olabilmekte ve depolandığı ortamda çok fazla yer kaplayabilmektedir. Yine mekânsal analizlerde raster veriler daha sağlıklı sonuçlar vermesinden dolayı tercih edilirken, kartografik işlemlerde ise vektör veriler daha estetik ve daha kaliteli çıktılar (harita, grafik vb.) alınmasını sağlamaktadır.

Grafiksel (konumsal) verilerin dışında daha çok coğrafi verilerin özelliklerini içeren ve belirli bir geometri ile ifade edilemeyen coğrafi veriler de vardır. Bu veriler sözel veri (mekânsal olmayan, tablosal, metinsel) olarak ifade edilmektedir (Ocak vd., 2012). Bu veriler doğrudan konumsal verilere bağlıdırlar ve coğrafi verinin adı, genişliği, uzunluğu vb. gibi detayları tanıtmakta kullanırlar. Örneğin, bir akarsu çizgisel bir geometriye sahip konumsal veridir. Ancak bu akarsuyun uzunluk bilgisi, debisi, adı vb. gibi detaylar ise o akarsuyu tanıtan özellikleri, yani sözel verileridir. Başka bir ifadeyle nokta, çizgi, alan geometrisinde çizilip bilgisayar ortamında belirli bir dosya ya da veri tabanında depolanan her türlü coğrafi veri konumsal veri iken, herhangi bir geometride çizilemeyip sadece tanıtıcı bilgiler sunan tablosal nitelikteki veriler ise sözel veri olarak ifade edilmektedir.

2.2.2. Coğrafi Veri Tabanı Tasarımı

Coğrafi veri tabanı tasarımı, yapılan çalışmanın çekirdeğini oluşturması nedeniyle son derece önem arz etmektedir. Çünkü üretilen her türlü veri, yapılan her türlü mekânsal analiz ve sonrasında web ve mobil uygulamalarda kullanılmak üzere oluşturulan web servislerinin kaynağı coğrafi veri tabanıdır. Mekânsal çalışmalarda kullanılan tüm veri türleri tasarlanan bu coğrafi veri tabanında depolanmaktadır. Aynı zamanda doğal afet yönetiminin hem sürdürülebilir olması hem de sürekli güncel tutulabilmesi için coğrafi veri tabanının varlığı ve içinde barındırdığı veriler arasındaki ilişkisel yönetim mantığı önemlidir. Coğrafi veri tabanı öncelikle konumsal verileri depolamak, sorgulamak ve işlemek için kullanılan, sonrasında mekânsal verilere ait geometrik özellikleri, mekânsal referans sistemini, sözel verileri ve barındırdığı tüm veriler için davranış kurallarını veri tabanı veya dosya yapısı içinde tutan bir veri tabanı türü olarak açıklanabilir (URL-6).

Çalışma kapsamında tasarlanan coğrafi veri tabanı veri üretiminden mekânsal analizlere, hatta web servislerinin oluşturulmasına kadar yapılan tüm iş adımlarını

içeren detaylı ve çalışmaya özgü bir veri tabanı olarak düşünülmüştür. Coğrafi veri tabanı içerisinde çalışmanın tüm aşamalarında birbirleri ile bir bütünlük oluşturan, hiyerarşik olarak birbirlerine bağlı ve aralarında anlam bütünlüğü olan konumsal ve sözel veriler arasında fiziksel ilişkiler de (relationship) kurulmuştur. Aynı zamanda coğrafi veri tabanı içerisinde yer alan tüm verilere ait öznitelik tabloları ve alanları (sütun), farklı katmanların tabloları arasındaki ilişki ve referanslar, konumsal verilerin web uygulamalarında yapılan mekânsal sorgulamalara hızlı cevap verebilmesi için mekânsal dizinler (spatial index) ile mekânsal veri temaları, konumsal verilerde geometrik hataları tespit etmek ve düzeltmek için topolojiler ile meta veri bilgileri tanımlanmıştır.

Coğrafi veri tabanı oluşturulurken çalışmanın kapsamına göre olabildiğince normalize, basit, özgün ve detaylı bir veri tabanı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Veri tabanı tasarımı yapılırken herhangi bir donanım veya yazılım geliştirme aracına ait özel yapılar kullanılmamış ve böylece veri tabanının her türlü ortak katmana hizmet vermesi sağlanmıştır (Ocak, 2018). Yine veri tabanında oluşabilecek en küçük tutarsızlığın önüne geçmek amacıyla verilere ait olan gerekli tüm öznitelik tabloları arasında birincil (primary key) ve yabancı anahtarlar (foreign key) oluşturulmuştur. Coğrafi veri tabanı tasarımı aşamasında yapılan bütün bu işlemler ArcGIS for Desktop 10.x yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

Özetle çalışma kapsamında üretilen her türlü veri, harita, gerçekleştirilen her türlü mekânsal analiz ve akıllı doğal afet yönetimi için oluşturulan web servisleri bütünüyle tasarlanan bu coğrafi veri tabanı içerisinde depolanmaktadır.

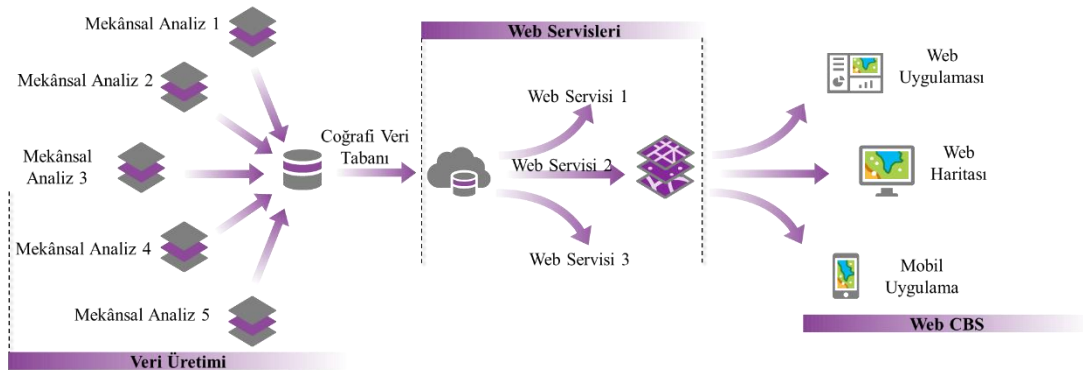
2.3. Mekânsal Analizler

Coğrafya beşerî ve doğal ortamı kapsayan, aynı zamanda bu ortam ile ilgili veriler ya da verilere bağlı özelliklerin hem kendi içinde hem de birbirleriyle olan ilişkilerini dört prensip çerçevesinde (dağılım, ilişki, karşılaştırma ve nedensellik) araştıran, analiz eden bir bilim dalıdır (Eyyuboğlu ve Aktaş, 2016). Coğrafi olayların açıklanması, konumunun belirlenmesi, problem ya da çözümün anlaşılması ve hatta neden sorusuna cevap bulunması bu ilkeler aracılığıyla olur. Bu ilkeler insanlarda mekân algısı oluşturmakta ve insanlar gerçekleşen coğrafi olayları zihinlerinde mekânsal haritalarla canlandırabilmektedir. Bu ilkeleri coğrafya bilimi için özel kılan ise ilkelerin “mekâna” dayalı bilgileri/verileri kapsamasıdır (Eyyuboğlu ve Aktaş, 2016). Bu sebeple yeryüzündeki herhangi bir coğrafi olayı mekândan bağımsız tutmak

birçok sorunu da beraberinde getirebilmektedir. Bu ilkeler, verilerin analizi aşamasında kullanılacak niceliksel veya niteliksel yöntemlerde dikkate alınmazlarsa “sorunlu” sonuçlara yol açabilmektedirler (Eyyuboğlu ve Aktaş, 2016). Bir afetin sonuçlarının yanlış değerlendirilmesi, imara açılan yerlerin akarsu taşkın yatağı üzerinde olması, depremlere dayanıksız binaların inşa edilmesi, tarım topraklarının korunması için erozyona karşı gerekli önlemlerin alınmaması vb. bu ilkelerin göz ardı edilmesine, bu ilkeler aracılığıyla üretilen veri/bilgilerin yanlış yorumlanması ya da mekân ile ilişki kurulmadan yapılmasına örnek olarak verilebilir. Buradan hareketle CBS, coğrafya ilkelerini temel alan mekânsal analiz yöntemlerini işlevsel hale getirebilmesi açısından önem arz etmektedir (Eyyuboğlu ve Aktaş, 2016).

Coğrafyanın temel ilkelerinin mekânsal bir bakış açısıyla CBS teknikleri ile kullanılması yeryüzüne ait verilerin analizini ve bu verilerin bilgiye dönüştürülmesini, veri ile mekân arasında ilişki kurulabilmesini kolaylaştırır. Dolayısıyla her türlü coğrafi verinin CBS teknikleri ile yapılan mekânsal boyutlu analizleri doğru bilgiyi üretmeye yardımcı olmaktadır. Doğru üretilen bilgiler ışığında mekânsal analizler ile örneğin; hangi afete karşı ne tür tedbirler alınması gerektiği, afet öncesinde risk planlaması ile zararın en düşük seviyede tutulabilmesi, afet sonrasında kriz yönetiminin daha doğru planlanabilmesi ve yönetilebilmesi sağlanmaktadır.

Çalışmanın veri üretimi ve veri tabanı tasarlandıktan sonraki bölümlerini kapsayan mekânsal analizleri ile beş farklı doğal afete (deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık) yönelik duyarlılık analizi gerçekleştirilmiş ve potansiyel etki alanlarının tespiti sağlanarak sonuçları tasarlanan akıllı doğal afet yönetim sistemine aktarılmıştır (Şekil 2.5). Bu kapsamda “deprem duyarlılık analizi, taşkın duyarlılık analizi, heyelan duyarlılık analizi, toprak erozyonu duyarlılık analizi ve kuraklık duyarlılık analizi” gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen mekânsal analizlerde standart sağlayabilmek üzere her afet türü için tek bir yöntem tercih edilmiştir. Bu yöntem detayları aşağıda açıklanan Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi olmuştur. Ayrıca bu yöntemin sonuçlarının mekânsal olarak ortaya konulabilmesi için de CBS teknikleri fazlasıyla kullanılmıştır. Tüm afetlere ait gerçekleştirilen mekânsal analiz sonuçları düşük, orta, yüksek ve çok yüksek şeklinde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır. Ayrıca Ladik Gölü Havzası’nda gerçekleştirilen duyarlılık analizleri sonucunda sahada bu afetlere maruz kalabilecek yapı, yerleşme ve nüfusa yer verilmiş olup bu parametrelerin de afetlerden etkilenme durumları sayısal olarak ifade edilmiştir.



Şekil 2.5. Mekânsal analizlerin web harita ve web uygulamalarında kullanımı için iş akışı (Ocak vd., 2023'ten değiştirilerek).

2.3.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

AHP, hiyerarşik olarak kullanılan faktörlerin ikili karşılaştırılmasına dayanan çok kriterli karar verme yöntemidir (Saaty, 1989). AHP, olası sorunların hiyerarşik bir yapı içerisinde değerlendirilmesine ve bu değerlendirme esnasında karar vericilerin ya da uzmanların görüşlerine yer verilmesine imkân tanır (Palchaudhuri and Biswas, 2016). Böylece AHP ile sorunların çözümünde dikkate alınan faktörlerin çözüm yollarını ortaya koyabilmek için ne kadar tutarlı olup olmadığı belirlenmiş olur.

AHP'de hiyerarşinin en üstünde genel amaç yer almaktadır. Bu amaca ulaşmak için kullanılan ana faktör ve alt kategoriler arasında hiyerarşinin her seviyesinde ikili karşılaştırma matrisleri kurulur. İkili karşılaştırma matrisleri ile hem ana faktörler hem de alt kategoriler kendi aralarında önem ve etki durumlarına göre bir sıraya konulur. Bu önem sıralaması ise Saaty (1989)'nin geliştirdiği ve faktörlerin kendi aralarında ikili olarak karşılaştırılabilmesi için 1-9 arasında değişen bir önem ölçeği ile sağlanmaktadır (Saaty, 1989; Tablo 2.1). Bu ölçekte önem sıralamasında 1 değeri daha az etkili, 9 değeri ise daha çok etkili olan değerdir. Birbirleri arasında önem puanları verilen her kriter için bir ağırlık ve tutarlılık oranı hesaplanır. Ağırlık oranı, çalışmalarda kullanılan faktörlerin gerçekleştirilecek olan analizde ne kadar etki edeceğini ifade etmektedir. Ancak hesaplanan tutarlılık oranı $\leq 10\%$ (Saaty, 1989) olmalıdır ki; karar hiyerarşisi gerçekleştirilecek olan analizde kullanılabilirsin. Özetle AHP, (i) karar hiyerarşisinin oluşturulması, (ii) ikili karşılaştırma matrislerinin kurulması ve (iii) tüm faktörlere ait ağırlık ve tutarlılık oranlarının hesaplanmasından oluşmaktadır (Intarawichian and Dasananda, 2010; Küçüker and Giraldo, 2022). Hem bahsedilen avantajlarından hem kullanımının kolay ve anlaşılır olmasından hem dikkate alınan tüm afet türleri için yöntem bakımından belirli bir standart sağlanması

hem de sonuçlarının CBS ile entegre edilebilmesinden ötürü Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen tüm duyarlılık analizlerinde AHP yöntemi tercih edilmiştir. Dikkate alınan tüm afet türleri kapsamında belirlenen coğrafi faktörler arasında AHP ile öncelikle bir karar hiyerarşisi oluşturulmuş ve tüm ana ve alt faktörler arasında ikili karşılaştırma matrisleri kurulmuştur. Gerçekleştirilen ikili karşılaştırma matrisleri ile her bir ana ve alt kategori için duyarlı alanların tespitinde kullanılmak üzere ağırlık ve tutarlılık oranları hesaplanmıştır. Ayrıca deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık afetleri için gerçekleştirilen duyarlılık analizlerinde kullanılan coğrafi faktörlerin ağırlık ve tutarlılık oranlarının hesaplanmasında K. D. Goepel tarafından tasarlanan programın 15.09.2018 tarihli versiyonu kullanılmıştır (Goepel, 2013).

Tablo 2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) puanlama ölçeği (Saaty, 1989).

Önem Derecesi	Tanım	Önem Derecesi
1	Eşit derecede önemli	1
3	Orta derecede daha önemli	1/3
5	Güçlü derecede daha önemli	1/5
7	Çok güçlü derecede daha önemli	1/7
9	Son derece daha önemli	1/9
2, 4, 6, 8	Ara değerler	1/2, 1/4, 1/6, 1/8

AHP bir probleme çözüm üretmede kullanılan faktörlerin ağırlık ve tutarlılık oranlarının hesaplanmasında kullanılan bir yöntem iken, hesaplanan bu oranların mekânsal olarak ifade edilmesinde eksik kalmaktadır. Bir başka ifadeyle ağırlık değeri verilen her kriter ve olası alt kriter için AHP, farklı kriterleri değerlendirmede birçok avantaj sağlamasına rağmen hem kriterlerin hem de ortaya çıkan sonuçların mekânsal olarak dağılımını göstermede yetersiz kalmaktadır (Ersayın, 2016). Tam bu noktada CBS, AHP'nin mekânsal eksikliğini sağladığı güçlü mekânsal analiz yetenekleriyle tamamlamakta ve çok kriterli karar verme yöntemi olan AHP'nin bu eksikliğine mekânsal bir boyut kazandırmaktadır. Bu yönüyle AHP mekânsal çok kriterli karar verme olarak tanımlanmaktadır (Palchaudhuri and Biswas, 2016). AHP ile kriterlerin ağırlık oranları belirlendikten sonra bu oranlar CBS tarafında mekâna ait sayısal veriler ile onların tablosal özelliklerine uygulanarak duyarlılık sınıfları belirlenmektedir. AHP, CBS teknikleriyle kullanıldığında mekânsal analizlerin gerçekleştirilmesi, analiz sonuçlarının yorumlanması ve karar vericiler için model ön bilgiler sunması bakımında da değerlidir. CBS'deki mekânsal ve AHP'deki istatistiksel/matematiksel

özellikler, mekân ve matematik arasında etkileşimi gerçekleştirmekte ve böylece CBS ile AHP'nin mükemmel ve avantajlı olmasını sağlamaktadır (Cai et al., 2011).

Sonuçta CBS ile mekânsal bir kimliğe bürünen AHP, coğrafi verilerin karar vermede kullanıldığı bir sürece dönüşmektedir. AHP'nin CBS ile entegre olması sayesinde karar hiyerarşisindeki karmaşık yapı önemli ölçüde ortadan kalkmakta ve kullanılan tüm faktörlerin sahadaki dağılışı izlenebilmektedir. CBS bu yönüyle, kullanılan tüm ana ve alt kriterlerin bir bütün olarak değerlendirilmesine, karar vericilerin problemlere çözüm üretmesinde mekânsal bir yaklaşımda bulunmalarını ve yerel düzeyde planlamalar yapmalarını sağlamaktadır.



3. HAVZANIN GENEL COĞRAFI ÖZELLİKLERİ

Coğrafi faktörler; doğal afetlerin meydana gelmesinde, birçok doğal olayın afet karakterine bürünmesinde, afetlerin etkilerinin az ya da çok olmasında, afetlerin meydana geliş sıklıkları ve şiddetleri üzerinde etkilidir (Turoğlu ve Özdemir, 2005). Bu sebeple, çalışma sahasında gerçekleştirilen doğal afet duyarlılık analiz sonuçlarının daha iyi anlaşılması, çalışmanın mekânsal bir bakış açısıyla ele alınarak mekânsal bir temele dayandırılması ve ele alınan afet türlerinin insan hayatındaki etkilerinin sebep sonuç ekseninde açıklanabilmesi için bu bölümde sahanın genel coğrafi özellikleri değerlendirilmiştir.

3.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri

Ladik Gölü Havzası'nın fiziki coğrafya özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla jeoloji, jeomorfoloji, iklim, hidroğrafya, toprak ve bitki örtüsü özelliklerine kısaca değinilmiştir.

3.1.1. Jeoloji

Jeolojik yapı deprem, heyelan ve taşkın gibi doğal afetlerin oluşmasında son derece önemlidir. Jeolojik özellikler, bu doğal afetlerin oluşumuna ya doğrudan ya da dolaylı olarak etki etmektedir. Aynı zamanda doğal afetlerin şiddetleri üzerinde litolojik içeriğe göre riski arttırıcı ya da azaltıcı etkiye de sahiptir. Dolayısıyla jeolojik yapı sahadaki doğal afetlerin karakterini belirlemek, verebileceği zararları tahmin ve analiz edebilmek için önemli bilgiler sağlamaktadır. Çalışma kapsamında deprem, taşkın ve heyelan gibi doğal afetlerin ele alınmış olmasından dolayı jeolojik özellikler afetlere karşı duyarlı alanların belirlenmesinde kullanılan önemli bir coğrafi faktör olmuştur.

3.1.1.1. Litoloji

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) içerisinde yer alan Ladik Gölü Havzası'nda Paleozoyik'in son devri olan Permien'den Kuvaterner'e kadarki zaman aralığında çeşitli litolojik birimler bulunmaktadır (Şekil 3.1). Çalışmanın ana teması doğal afet ve yönetimi olduğu için havzanın gelişiminde önemli etkileri olan bu birimler, zaman bazlı ele alınmış ve bu terimlere ait öz bilgiler verilmiştir.

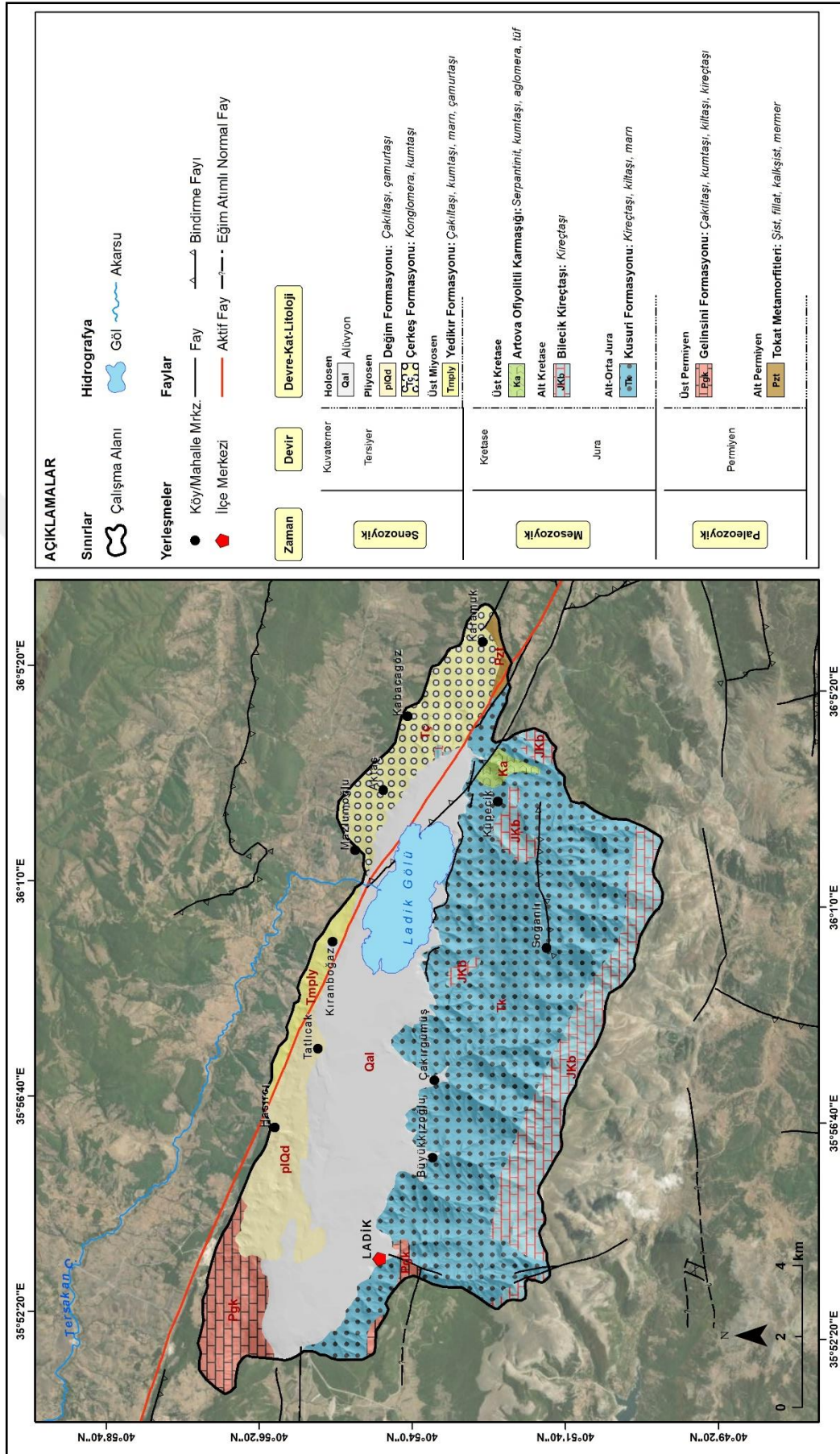
Paleozoyik: Havza sınırları içerisindeki en yaşlı birimleri havzanın kuzeydoğusunda yer alan Tokat Metamorfikleri (Pzt) oluşturmaktadır (Şekil 3.1). Çalışma sahasında

oldukça az alan kaplayan bu birim çoğunlukla metamorfik kayalardan oluşmaktadır. Birim; killi, kumlu, karbonatlı ve volkanik kayaların bölgesel metamorfizma geçirmesi ile oluşmuştur (Sevin ve Uğuz, 2013). Havzada kuzeydoğu-güneybatı yönlü yayılış gösteren birimin içerisinde çoğunlukla kireçtaşları mevcuttur. Öztürk (1979) birim içerisinde yer alan bu kireçtaşlarını Permiyen olarak yaşlandırmıştır (Öztürk, 1979; Sevin ve Uğuz, 2013). Çalışma sahasının kuzeybatısı ve batısında yaklaşık 7 km²'lik bir alan kaplayan Paleozoyik'e ait olan bir başka yaşlı formasyon da Gelinsini Formasyonudur (Pgk) (Şekil 3.1). Kırıntılı ve karbonatlardan oluşan bu birim sadece Karlı Üyesi ile temsil edilmektedir. Genç vd. (1991) birimin kumtaşı ve kireçtaşlarından çeşitli fosilleri tespit edip, birime Erken-Geç Permiyen yaşını vermişlerdir (Genç vd., 1991; Sevin ve Uğuz, 2013). Yine birimin Karlık Üyesi de sert, kırıklı-çatlaklı olup 150 m kadar kalınlığa sahiptir (Sevin ve Uğuz, 2013).

Mesozoyik: Havzada en fazla yer kaplayan (60 km²) Mesozoyik yaşlı birim Kusuri (Hamurkesen) Formasyonudur (Tk). 200-800 m kalınlığa sahip olan birim kireçtaşı ve kilaşı ara tabakalı marnlardan oluşmaktadır (Aktimur vd., 1990). Bu birim Bilecik Kireçtaşı Formasyonunun hemen kuzeyinden başlayarak Ladik Gölü güneyi ile sınırlanırken, havzanın batısından doğusuna kadar uzanmaktadır (Şekil 3.1). Havzada yer alan Mesozoyik zamanına ait bir başka birim de Bilecik Kireçtaşıdır (JKb). Şelf karakterli kireçtaşlarından oluşan birim çoğunlukla sahanın güneyinde doğu batı yönlü, kısmen de Ladik Gölü güneyi ile Destek Boğazı ve batısında yayılım göstermektedir (Şekil 3.1). Alt katmanlarında açısız uyumsuzlukların görüldüğü birim, üstten ise daha genç birimlerle uyumsuz bir şekilde üzerlenir (Sevin ve Uğuz, 2013). Bilecik Formasyonunun oluşturduğu kireçtaşları çalışma sahasında yaklaşık 15 km²'lik bir alan kaplamaktadır. Özcan vd. (1980) tarafından tanımlanan ve Mesozoyik'e ait bir başka birim de Artova Ofiyolitli Karışığıdır (Ka) (Özcan vd., 1980; Sevin ve Uğuz, 2013). Birim çalışma sahasının doğusunda yaklaşık 1 km²'lik bir alan kaplamakta ve serpantin, yer yer kumtaşı, aglomera ve tüften oluşmaktadır (Şekil 3.1).

Senozoyik: Havza içerisinde Senozoyik'e ait en yaşlı birimi Yedikir Formasyonu (Tmply) oluşturmaktadır. Birim havzanın kuzeyinde KAFZ boyunca doğu batı yönlü yaklaşık 3 km²'lik bir alanda yayılım göstermektedir (Şekil 3.1). Birim daha çok kumtaşı, silttaşı ve marnlardan oluşmaktadır (Sevin ve Uğuz, 2013). Birim içerisinde bulunan fosiller ve stratigrafik konumu göz önüne alınarak Üst Miyosen-Pliyosen

olarak yaşlandırılmıştır (Genç vd., 1991; Sevin ve Uğuz, 2013). Araştırma sahasının kuzeydoğusunda yer alan ve yaklaşık 10 km²'lik bir alan kaplayan Senozoyik'e ait bir başka birim de erkeş (Zöhrep) Formasyonudur (T) (şekil 3.1). KAFZ boyunca oluşan çukurluklara ve karasal ortam koşullarında çökelen bir özelliğē sahiptir (Aktimur vd., 1990). Konglomera ve kumtaşı ar dalanmasından oluşan birim killi ve kireçli bazı düzeylere sahip olmakla birlikte yaklaşık 500 m kalınlığā sahiptir (Aktimur vd., 1990). Pliyosen yaşlı olan bu birimin üzeri özellikle göle yakın olan yerlerde alüvyonlar ile örtölmüştür. Senozoyik zamanına ait bir başka birim havzada yaklaşık 9 km²'lik bir alan kaplayan ve KAFZ boyunca çalışma sahasının batısına doğru yayılım gösteren Değim Formasyonudur (plQd) (şekil 3.1). Değim Formasyonu daha çok çakıltaşı ve çamurtaşlarından oluşmaktadır (Sevin ve Uğuz, 2013). Formasyon altta daha yaşlı birimlerle, üstten de Kuvaterner yaşlı çökellerle ilişkilidir; ayrıca diskordanslı ve formasyonun kalınlığı yaklaşık 300 m'dir (Sevin ve Uğuz, 2013). Formasyonun stratigrafik konumuna göre Üst Pliyosen-Alt Pleyistosen yaşlı olduğu söylenebilir. Havzada eski göl tabanına karşılık gelen ve neredeyse 43 km²'lik bir alanda ise Kuvaterner yaşlı alüvyonları (Qal) görmek mümkündür (şekil 3.1). Çalışma sahasında çeşitli çökeller ile temsil edilen bu birimlerin daha yaşlı birimlerin üzerini örttüğü de görölmektedir. Ayrıca havza tabanının alüvyonlardan oluşması ve Ladik Gölü'nün hemen kuzeyindeki KAFZ'nin varlığı özellikle havza tabanındaki yerleşmelerin yüksek derece deprem duyarlılığı taşımaya sebep olmaktadır.



Şekil 3.1. Ladik Gölü Havzası jeoloji haritası.

3.1.1.2. Tektonik

İnceleme alanının ve hatta bölgenin en önemli tektonik ürünü Kuzey Anadolu Fayı'dır (KAF). KAF'nin önemi Anadolu'yu doğu batı yönünde kat etmesi, Türkiye'nin kuzeyi boyunca uzanması ve sık aralıklarla çoğu yıkıcı olan depremler üretmesinden gelir (Sevin ve Uğuz, 2013). KAF bilindiği üzere birçok faydan oluştuğu için Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) olarak ifade edilmektedir. KAFZ bünyesindeki bu fayların çoğu da birbirini kesmektedir. Birbirini kesen bu fayların oluşturduğu alanlarda ise çeşitli doğal oluşumlar meydana gelmiştir. Ladik Gölü de KAFZ içinde oluşmuştur. Havzanın çevresi yüksek dağlarla çevrilmiş (Akdağ, Karaömer Dağı), tabanı ise Neojen ve Kuvaterner yaşlı gevşek, tortul malzeme ile dolmuş bir depresyon sahasından oluşmaktadır (Bahadır ve Uzun, 2021). Bu gibi sahaların en önemli özelliklerinden biri ise çalışma sahasında olduğu gibi tabanın yavaş çökmesi, etrafının ise epirojenik olarak yükselmesidir (Ketin, 1969; Bahadır ve Uzun, 2021). Dolayısıyla havza tabanı bir grabene karşılık gelirken, etrafında yükselen kütleler (Akdağ, Karaömer Dağı) ise horst özelliği göstermektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Ladik Gölü Havzası'nın Doğu-Batı yönlü genel görünümü.

KAFZ'de etkili olan kuzey-güney yönlü sıkışmalar sürüklenimlere neden olmakta ve KAFZ içerisinde yer alan inceleme sahasında da bütüncül olarak yükselme

devam etmektedir. Akdağ ve Karaömer Dağı'nın kuzey yamaçları keskin bir eğimle yükselmiş ve kuzey kenarları faylanmış (Bahadır ve Uzun, 2021), (Şekil 3.3). Özellikle Ladik Gölü'nün kuzeyinde yer yer doğrultu atımlı fayları görmek mümkündür. Yine gölün kuzey ve kuzeybatı kesimlerinde Ayvalı ile Ladik Gölü arasında tektonik hareketlere bağlı olarak çok sayıda atım sırtı oluşmuştur (Arpat ve Şaroğlu, 1973; Bahadır ve Uzun, 2021).



Şekil 3.3. Akdağ'ın kuzey yamaçlarındaki keskin eğim ve faylanma.

Ladik Gölü'nün oluşumu incelendiğinde gölün Ladik depresyonunun en alçak kısmına yerleştiği görülmektedir. Lahn (1948)'a göre Ladik Gölü tektonik hareketlere bağlı olarak oluşmuştur (Lahn, 1948; Bahadır ve Uzun, 2021). Yine gölün hemen kıyısında yer alan gölsel taraçalar gölün geçmişte daha geniş bir alana yayıldığını göstermektedir. Her geçen gün göl seviyesinde meydana gelen değişikliklerden sonra Ladik Gölü günümüzde yaklaşık 6,5 km²'lik bir alan kaplamaktadır. Göl seviyesinin değişiminde birçok faktörün (sulama, kuraklık vb.) etkili olmasının yanı sıra en etkili faktörlerden birisinin de göl sularının Tersakan Çayı tarafından kapılması gösterilmektedir (Lahn, 1948). Ladik Gölü'nün kuzeyinde Kıranboğazı Eşiği üzerinden kaynağını Ladik Gölü'nden alan Tersakan Çayı gölün sularını drene eden en önemli doğal unsurdur (Şekil 3.4)



Şekil 3.4. Tersakan Çayı'nın Ladik Gölü'nden kaynağını aldığı nokta.

İnceleme sahasındaki kuzey-güney yönlü sıkışmanın etkisiyle gölün hemen kuzeyinde basınç sırtları oluşmuştur. Öyle ki gölün tarihsel süreç içerisinde var olan fazla suları Kıranboğaz ve Mazlumoğlu köylerinin arasındaki basınç sırtlarını yarmış ve Tersakan Çayına drene olmuştur. Bu sırtların yarılması ise kolay aşınabilen ve aşınmaya karşı neredeyse hiç direnç göstermeyen Pliyosen depolarından kaynaklanmıştır (Bahadır ve Uzun, 2021). Zamanla bu aşınım devam etmiş ve gölün seviyesi alçalarak günümüzdeki seviyesine gerilemiştir.

KAFZ'nin önemli bir bölümünü içerisine alan inceleme sahası ileri derece kırıklı bir yapıya sahiptir (Öztürk, 1979). Tektonik aktivitelerin en önemli göstergesi olan faylar inceleme sahasında kuzey ve güney yöndeki faylar olmak üzere iki grupta toplanabilir (Şekil 3.1). Çalışma sahasının kuzeyinde ve sadece havzanın değil Türkiye'nin en önemli faylarından olan Kuzey Anadolu Fay (KAF) hattı yer almaktadır. KAF ve ona bağlı birçok fay havzanın kuzeyinde irili, ufaklı depremleri tetiklemeye devam etmektedir. Yine inceleme sahasının bir diğer fay grubu ise havzanın güneyindeki faylardır. Bu faylar aslında yine KAFZ'ye bağlı birbirini kesen faylardır.

İnceleme sahasında tarihsel süreç içerisinde meydana gelmiş en büyük deprem 27 Kasım 1943 tarihli magnitüd büyüklüğü 7,2 olan Tosya-Ladik depremidir. Bu deprem sonucunda 4.000'in üzerinde vatandaşımız hayatını kaybetmiştir. Ancak bu depremden sonra inceleme sahasındaki tarihsel deprem kayıtlarına bakıldığında önemli sayılabilecek ya da rutin hayatı olumsuz etkileyebilecek bir deprem daha meydana gelmemiştir. Meydana gelen depremler daha çok insanların hissedemeyeceği büyüklükte gerçekleşmiştir. Ancak büyüklüğü her ne kadar küçük olursa olsun depremler çalışma sahasında devam etmekte ve tarihsel süreç içerisinde magnitüd büyüklüğü 7,2 gibi olan bir depremin yine bu sahada meydana gelmiş olması tektonik aktivitenin devam ettiğini göstermektedir.

3.1.2. Jeomorfoloji

Ladik Gölü Havzası'nda doğal afet yönetimi üzerine gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında jeomorfolojik özellikler; başlıca yer şekillerinin tanıtılması, oluşum ve gelişim süreci ile morfometrik analizler (yükseklik, eğim ve bakı analizi) şeklinde ele alınmıştır. Sahanın jeomorfolojik özellikleri belirli dönemlerde gerçekleştirilen arazi çalışmaları, çeşitli tematik haritalar (jeoloji, topografya), uydu görüntüleri ve CBS'deki mekânsal analiz yetenekleri ile tespit edilmiştir.

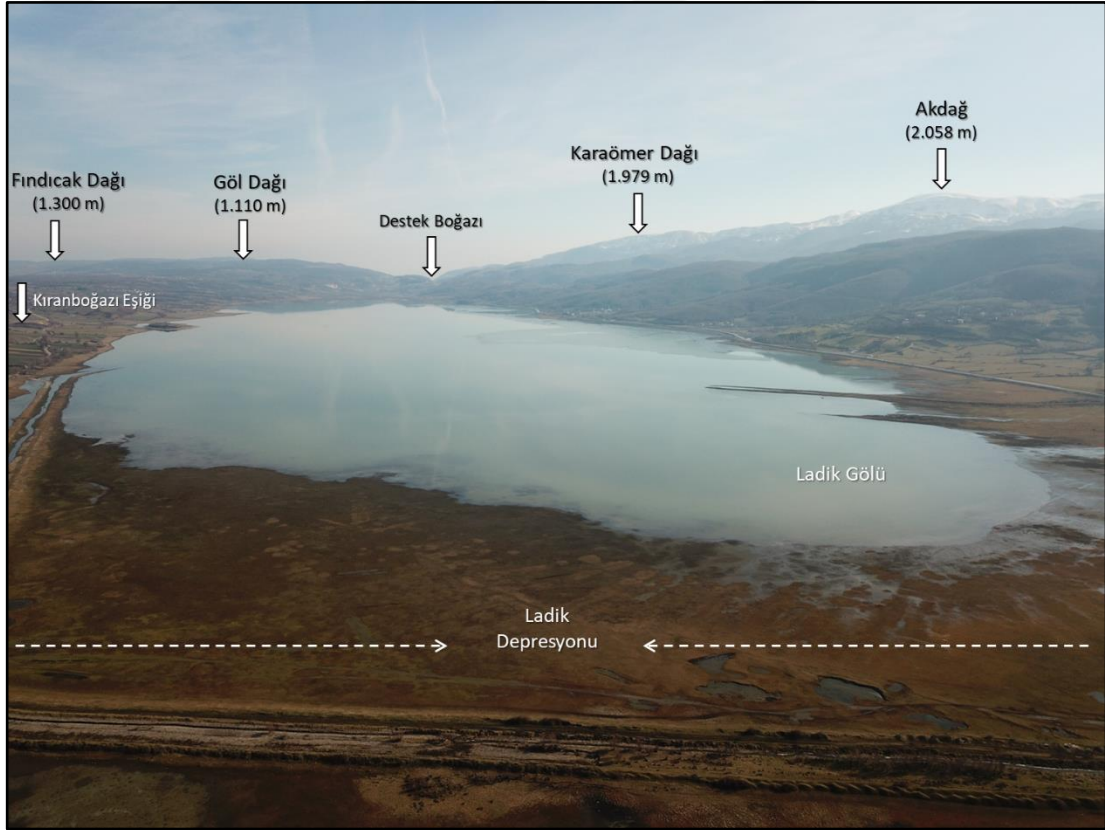
3.1.2.1. Morfometrik Özellikler

Doğal afet yönetiminin gerçekleştirilebilmesi ve doğru yönetim modelinin ortaya konulabilmesi için arazinin morfometrik olarak iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Morfometri, arazinin sayısal olarak ifade edilmesidir (Özdemir, 2007). Bir başka ifadeyle morfometri; yüzey şekillerinin yükseklik, eğim, bakı vb. özellikleriyle ele alınmasıdır. Arazi hakkında daha sağlıklı bilgiler elde edebilmek için araziye ait ölçümler, sahadaki çeşitli arazi şekillerinin karşılaştırılmalı olarak ele alınması ve mekânsal analizlerinin yapılması da gerekmektedir. Çalışma sahasında bahsi geçen morfometrik analizlerin sayısal ölçüm ve analizleri tamamıyla CBS teknikleri ile gerçekleştirilmiştir. Böylece çalışma sahasında ortaya konan morfometrik özellikler ile ele alınan doğal afetlerin havzanın şekillenmesinde nasıl rol oynadığı, ne kadar etki ettiği tespit edilmeye çalışılmıştır.

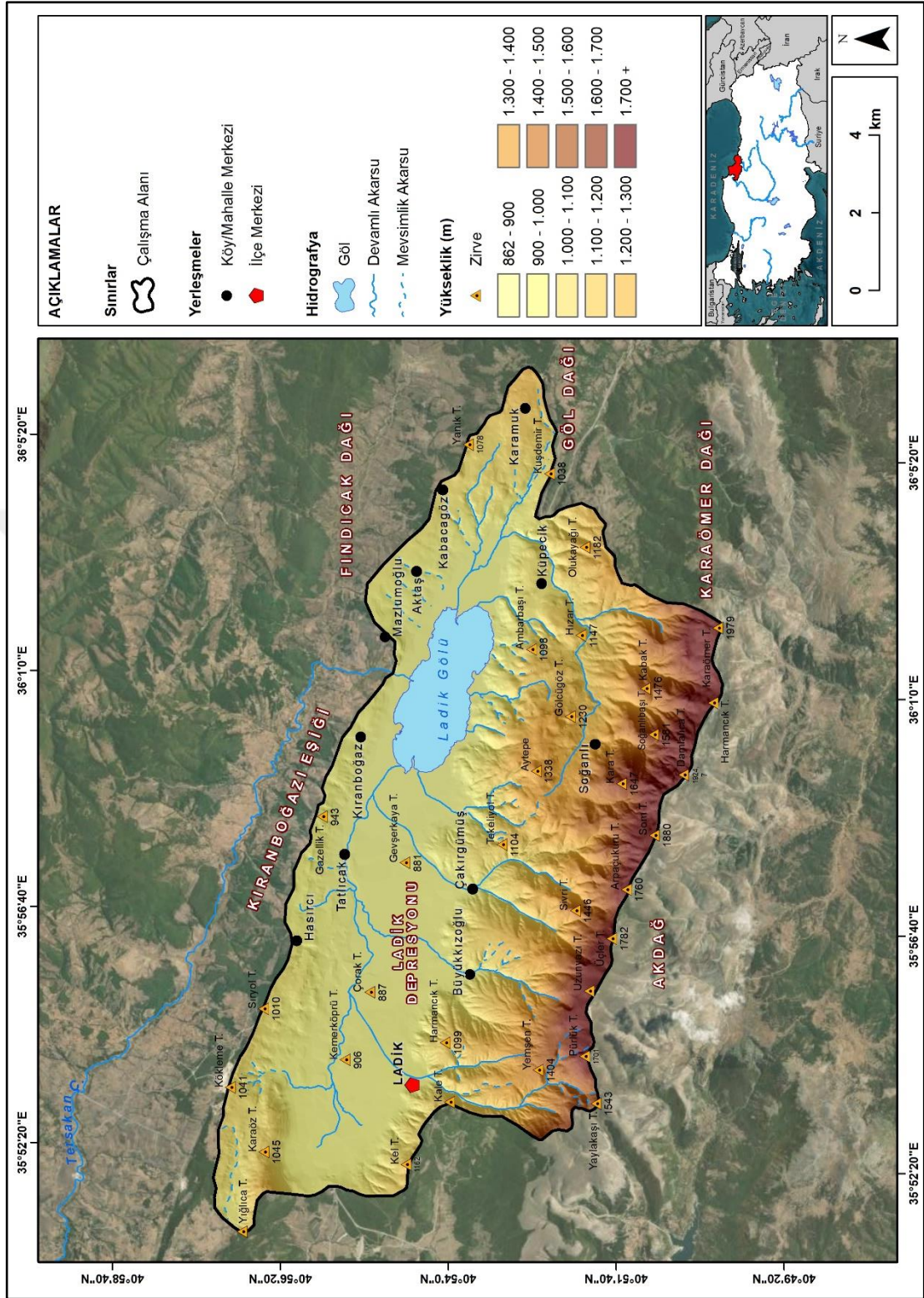
3.1.2.1.1. Yükseklik

Araştırma sahası bir depresyon alanıdır ve etrafı yüksek dağlık alanlarla çevrilidir (Şekil 3.5; 3.6). Havzanın etrafındaki yüksek alanlar bir at nalını andırır

şekilde güney, doğu ve kuzeyinde dikkati çekmektedir. Havzanın tabanı ile dağlık alanlar arasındaki yükselti farkı genellikle fazladır. Sahadaki yükselti farkı 1.112 m, ortalama yükselti ise 1.085 m'dir. Havzanın güneyindeki Akdağ (2.058 m) ve havzanın doğusundaki Karaömer Dağı (1.979 m) en önemli dağlık alanları oluşturmaktadır. Çalışma sahasındaki faylanmaların etkisiyle her iki dağlık alanın da oldukça dik yamaçlara sahip olduğu görülmektedir. Yine havzanın kuzeyinde Kıranboğazı Eşiği yer almaktadır. Havzanın bu bölümünde ortalama yükselti 800-1.200 m arasında değişmektedir. Bu alan havza tabanına yakın olması ve neojen birimlerden oluşması nedeniyle nispeten az eğimlidir. Havzanın doğusunda ortalama yükseltisi 1.100-1.300 m arasında değişen Göl Dağı ile kuzeydoğusunda ortalama yükseltisi 1.300-1.600 m arasında değişen Fındıcak Dağı bulunmaktadır. Araştırma sahasının en alçak kesimi ise Ladik Depresyonu'dur (862 m).



Şekil 3.5. Ladik Gölü Havzası'nda yer alan önemli yükselti noktaları.



Şekil 3.6. Ladik Gölü Havzası yükselti basamakları haritası.

Araştırma sahasının genel yükseltisi hakkında daha sağlıklı yorum yapabilmek için yükselti basamaklarını incelemek gerekir. Ladik Gölü Havzası'nda yükseltinin alansal ve oransal olarak kapladığı alanı hesaplamak için yükselti 100 m aralıklarla 10 sınıfa ayrılmıştır (Tablo 3.1). Yükselti basamakları arasında en geniş alanı 38,75 km²

ve %26,22'lik oranla 900-1.000 m kademesi oluşturmaktadır. Havza'daki en az yer kaplayan yüksekli kademesi ise 3,66 km² ve %2,48'lik oranla 1.600-1.700 m kademesidir.

Tablo 3.1. Ladik Gölü Havzası'ndaki yükselti kademelerinin kapladığı alan ve oranlar.

Yükselti (m)	Alan (km ²)	Toplam Alana Oranı (%)
862-900	37,20	25,17
900-1.000	38,75	26,22
1.000-1.100	20,10	13,60
1.100-1.200	15,05	10,18
1.200-1.300	11,10	7,51
1.300-1.400	7,07	4,78
1.400-1.500	5,82	3,94
1.500-1.600	4,28	2,90
1.600-1.700	3,66	2,48
1700 +	4,77	3,23
TOPLAM	147,80	100

3.1.2.1.2. Eğim

Ladik Gölü Havzası'nın morfometrik özelliklerinin başında gelen eğim faktörü, ele alınan doğal afetlerden deprem, taşkın, heyelan ve toprak erozyonu özelinde önemli bir yere ve etkiye sahiptir. Eğim faktörü depremler için dik yamaçlardaki yapıların yıkılmasına, taşkınlar için yüzeysel akışa, heyelanlar için kütle hareketlerinin oluşumuna ve erozyonlar için malzeme taşınımına etki etmektedir. Doğal afet duyarlılık analizlerinde dik yamaçlar deprem zamanında yapıların ayakta kalmasını zorlaştırmakta, taşkınlar için yüksek eğim değerleri yüzeysel akışa geçen su miktarını hızlandırmakta ve az eğimli alanlarda bu suların toplanmasına neden olmaktadır. Yine eğimin fazla olduğu yamaçlarda diğer şartların da uygun olmasıyla kütle hareketlerinin oluşması kolaylaşmaktadır. Bitki örtüsünden yoksun ya da bitki örtüsünün az olduğu sahalarda ise erozyon faaliyetinin başladığı, hatta artış göstermesi eğim faktörünün doğal afet çalışmalarında kilit bir noktada yer aldığını göstermektedir.

Araştırma sahasında değişik eğim değerleri görülmekle birlikte eğim; genel bir çerçeve çizilmesi, jeomorfolojik kriterlere uygun olması ve doğal afet duyarlılık analizlerinde kullanılmak üzere beş (5) farklı sınıfa ayrılmıştır. Bunlar düz ve düze yakın (0°-2°), hafif eğimli yamaçlar (2°-5°), eğimli yamaçlar (5°-15°), orta dereceli dik yamaçlar (15°-35°), çok dik yamaçlar (35° +) şeklindedir (Tablo 3.2).

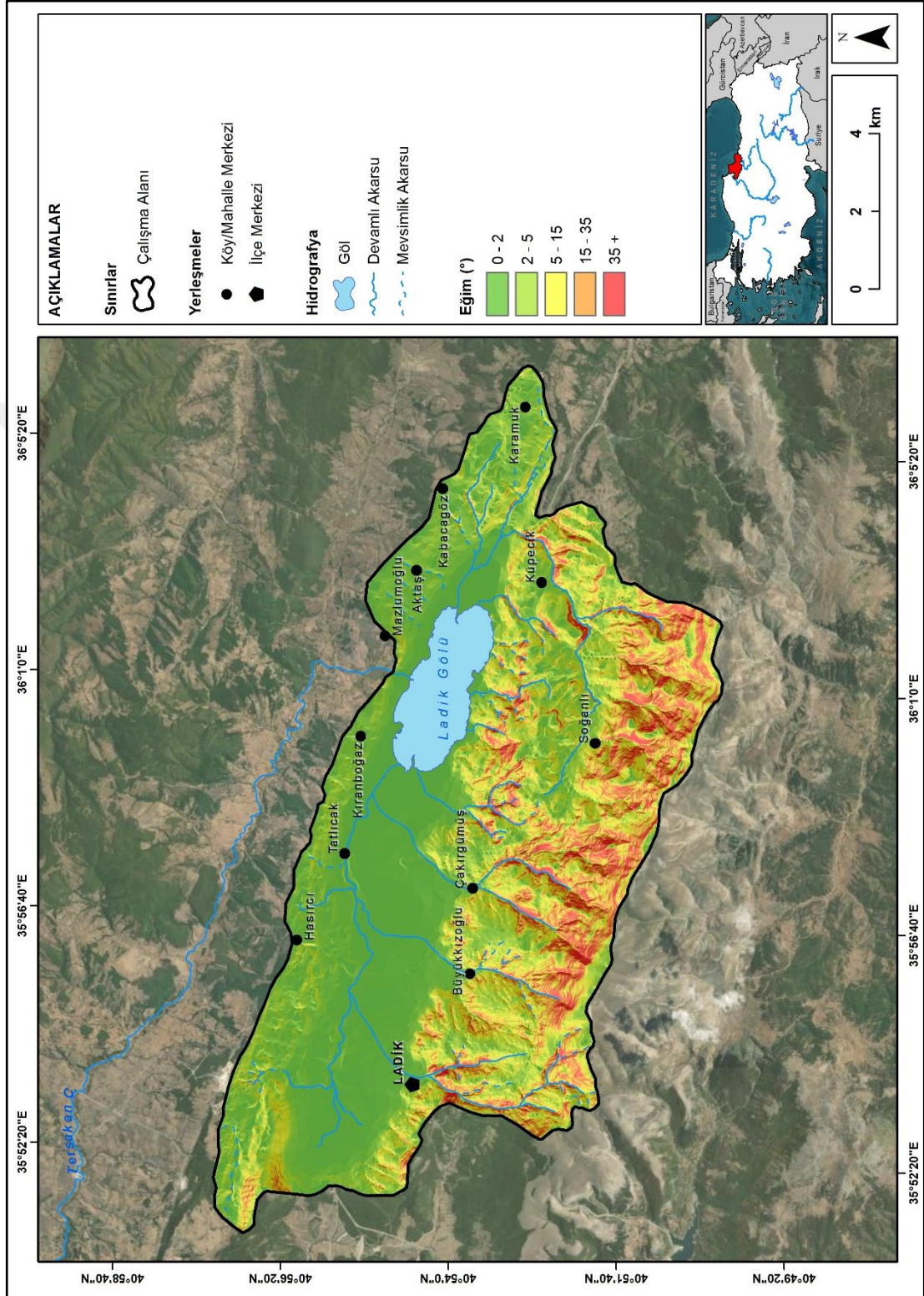
Tablo 3.2. Ladik Gölü Havzası'ndaki eğim sınıflarının kapladığı alan ve oranlar.

Eğim Grupları (°)	Morfolojik Tanım	Alan (km ²)	Toplam Alana Oranı (%)
0-2	Düz ve düze yakın	39,87	26,98
2-5	Hafif eğimli yamaçlar	18,56	12,56
5-15	Eğimli yamaçlar	43,45	29,40
15-35	Orta dereceli dik yamaçlar	44,16	29,88
35+	Çok dik yamaçlar	1,76	1,19
TOPLAM		147,80	100

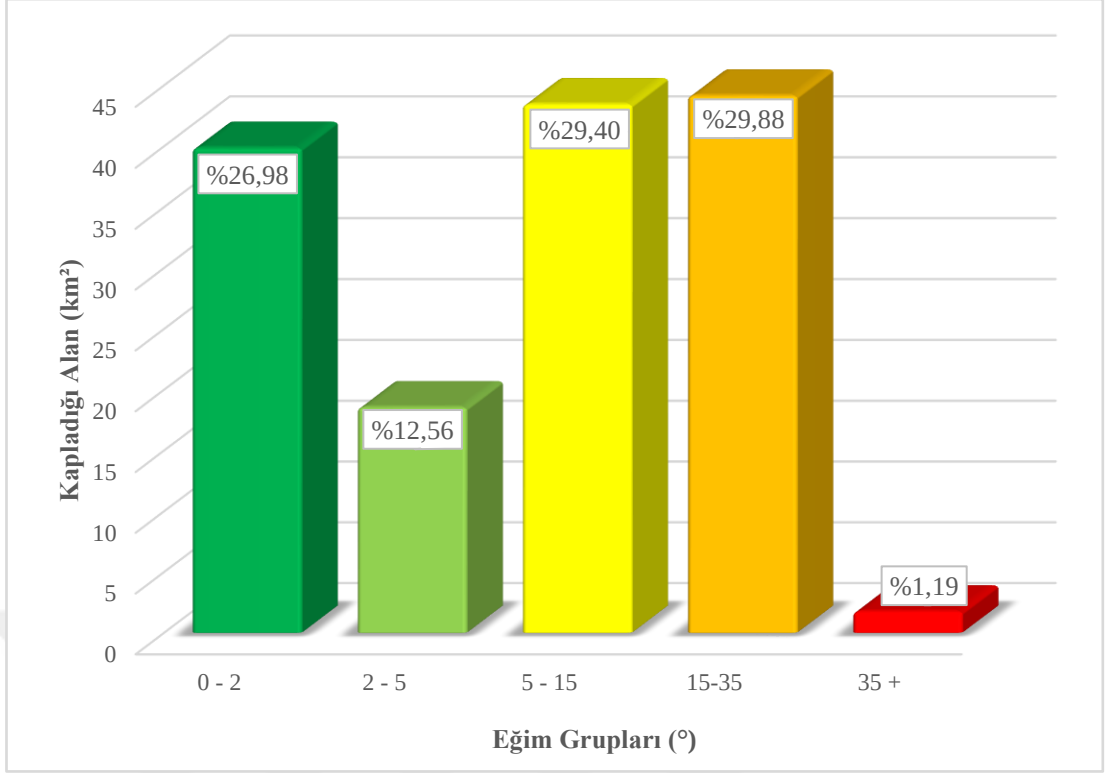
Ladik Gölü Havzası eğim değerleri incelendiğinde havzanın kuzeyi ve güneyi arasında önemli değer farklarının olduğu görülmektedir (Şekil 3.7). Havzanın güneyinde yer alan Akdağ ve Karaömer Dağı kütlelerinin olduğu yerlerde eğimin yüksek, Ladik Depresyonu ve Kıranboğazı Eşiğinin yer aldığı havzanın merkezinde ve kuzeyinde eğim değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Ladik Gölü Havzası güney yamaçlarında horst özelliği göstermesi nedeniyle oldukça dik yamaçlara sahiptir. Özellikle güneydeki yüksek yerlerden kaynağını alan derelerin (Kösürelilik, Çetenlik, Çatalca vb.) oluşturduğu vadilerdeki yamaçların oldukça eğimli olduğu görülmektedir. Buradaki yamaçlar orta dereceli ve çok diktir. Buna karşılık havzanın kuzeyindeki yamaçlar hafif eğimli iken, havza tabanında eğim düz ve düze yakın olarak tanımlanan morfolojik karakterdedir. Bundaki en büyük etken ise kuzeyde KAF etkisine bağlı olarak oluşan basınç sırtları üzerindeki Neojen dolguları ve havzanın tabanında yer alan Kuvaterner yaşlı litolojik birimlerdir. Havzanın batısında ve doğusundaki yamaçlar ise eğimli yamaçlar olarak tanımlanabilmektedir.

Araştırma sahasındaki eğim özellikleri incelendiğinde havzanın eğim değerlerinin homojen dağılmadığı ve 0°-58° arasında değiştiği görülmektedir. Havzanın ortalama eğim değeri 10,68°, eğim değerlerinin standart sapması ise 9,87°'dir. Eğim değerindeki bu sapma havzanın akarsular tarafından aşındırıldığını göstermektedir (Goudie, 2004; Özdemir, 2007). Havzanın güneyinde yer alan Akdağ ve güneybatısında yer alan Karaömer kütlelerinin kuzeye bakan yamaçlarındaki eğim değerlerinin fazla olması da bu durumu doğrulamaktadır. Araştırma sahasında homojen dağılmayan eğim grupları arasında ilk sırayı %29,88 ile orta dereceli dik yamaçlar almaktadır. Bu eğim grubunu neredeyse aynı alana sahip %29,40'lık bir orana sahip eğimli yamaçlar takip etmektedir. Havza tabanının tamamen bir depresyon özelliği sunması nedeniyle düz ve düze yakın eğim grubu bu depresyon alanında yer almakta ve azımsanmayacak bir oranda %26,98'lik bir yer kaplamaktadır. Havzanın hemen her tarafında küçük alanlardan oluşan hafif eğimli yamaçlar ise %12,56'lık bir

orana sahiptir. Havzada en az yer kaplayan eğim grubu ise %1,19'luk oranla çok dik yamaçlardır (Şekil 3.8).



Şekil 3.7. Ladik Gölü Havzası eğim haritası.



Şekil 3.8. Ladik Gölü Havzası eğim özelliklerinin alansal dağılımı.

3.1.2.1.3. Bakı

Türkiye'nin bulunduğu matematiksel konum itibarıyla güneş ışınlarını dike yakın alan yamaçların çoğunlukla güney yamaçlar olduğunu söylemek mümkündür. Dolayısıyla kuzey, batı ve doğu yamaçlar güneş ışınlarını daha eğik açılarla almaktadır. Ancak bakı konusu özel bir çalışma alanında değerlendirildiğinde tüm yamaçların güneş ışınlarına maruz kalma süresi daha detaylı ele alınmalıdır. Aynı zamanda bakı özelliklerinin bilinmesi taşkın, heyelan ve erozyon gibi afetlere ait olası etkilerin tespitinde önemli rol oynamaktadır (Değerliyurt, 2013a).

Bakının etkisi ile özellikle kuzey ve güney yamaçlarda jeomorfik süreç üzerinde çeşitli farklılıklar meydana gelmektedir (Özdemir, 2007). Güneye bakan yamaçlar güneş ışınlarına daha fazla maruz kaldıklarından bu yamaçlarda buharlaşma kuzey yamaçlara göre daha hızlı gerçekleşir ve bitki örtüsünü etkiler. Buharlaşmanın fazla olduğu bu yamaçlarda kuraklığa dayanıklı ve seyrek bitki örtüsü kendisini gösterir (Özdemir, 2007). Özellikle tarım yapılan topraklarda bitki örtüsünün seyrek olması toprakta erozyonuna sebep olabilmektedir. Buna karşılık kuzeye bakan yamaçlarda yağışın daha fazla olması, bu yamaçların güneş ışınlarına daha az maruz kalması ya da güneş ışınlarını daha eğik açılarla alması buradaki buharlaşmayı azaltmaktadır. Böyle bir durumda toprak uzun bir süre nemli kalır ve bu yamaçlarda yağışı seven bitki örtüsü

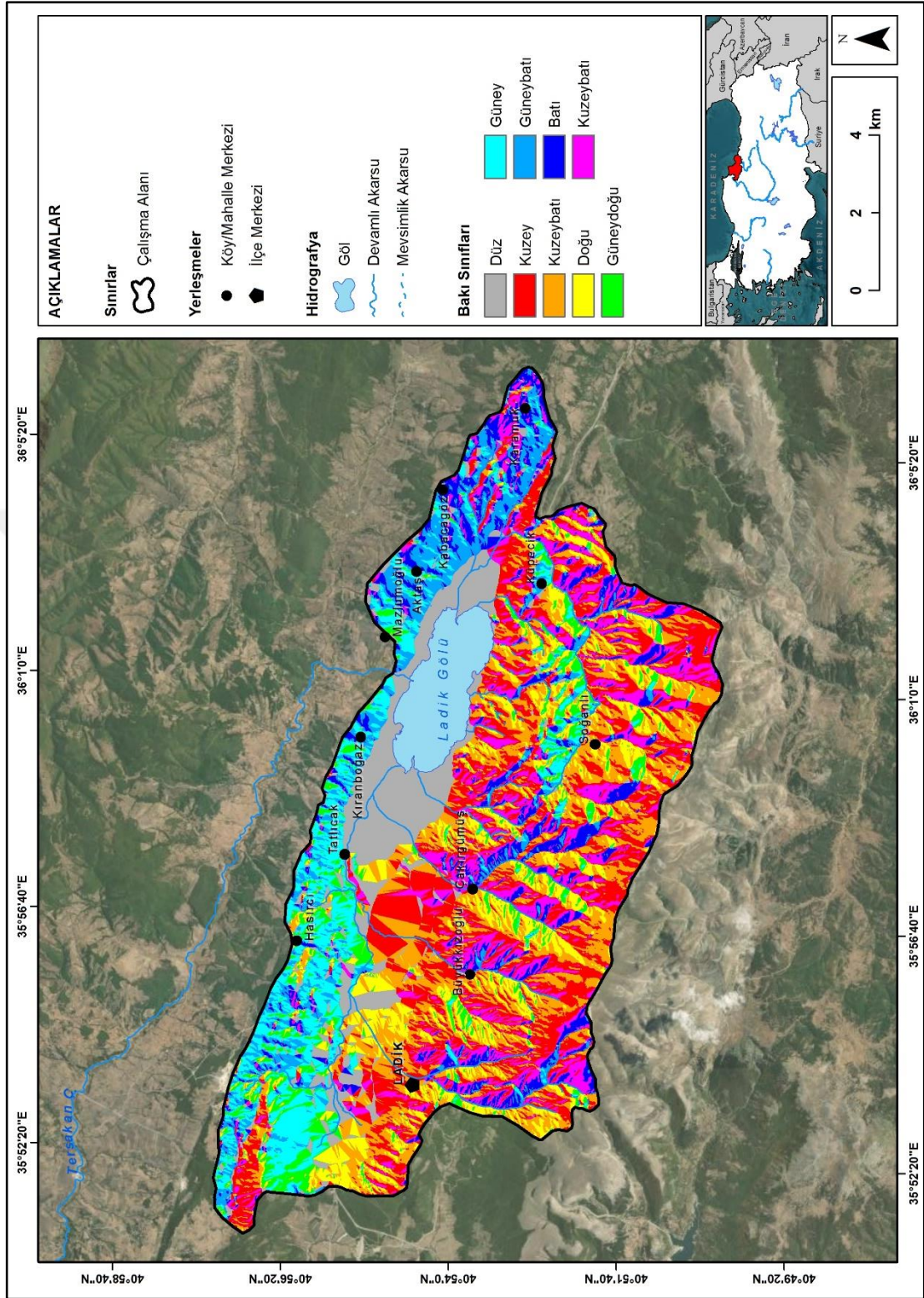
kendini gösterir (Özdemir, 2007). Bu yamaçlarda bitki örtüsünün varlığından dolayı erozif faaliyetler güney yamaçlara göre daha azdır ve toprak oluşumu sürekli olarak devam etmektedir. Ancak bu özellikle her ne kadar erozyon açısından önemli olsa da toprağın suya doygun olması taşkın ve heyelan afetlerini tetikleyebilmektedir. Bu özellikler gerçekleştirilen çalışmada son derece önemli detaylar olmuştur ve ilgili her afet özelinde etraflıca irdelenmiştir.

Çalışma sahasında özellikle yüksek eğim değerlerine sahip yerlerde bakı yönlerinin kısa mesafede değiştiği, buna karşılık eğimin az olduğu yerlerde ise bu değişikliğin ya hiç olmadığı ya da az olduğu görülmektedir. Havzada eğimin fazla olduğu güney kesimler aynı zamanda bakı yönlerinin de çoğunlukta olduğu grubu oluşturmaktadır (Şekil 3.9).

Araştırma sahasında bütünleşik doğal afet yönetimi planlanmış olması nedeniyle bakı için tüm ana ve ara yönler ayrı ayrı olarak ele alınmıştır. Havzanın bakı özellikleri incelendiğinde, ilk olarak kuzey yönlü yamaçların yoğunlukta olması dikkati çekmektedir. Bu durum havzanın tektonik anlamda bir yandan yükselirken bir yandan da çöktüğünü, yani horst-graben yapısını göstermektedir. Böylece havzanın güneyinde duvar gibi yükselen bir silsile oluşmuştur. Çalışma sahasının tektonik olarak oldukça faal olması ve KAFZ içindeki aktif fayların hala varlığını sürdürmesi çalışma sahasında orta ve dik eğimli yamaçların fazla olmasına neden olmaktadır. Bu durum ise bakı yönlerinde önemli sayılabilecek farklılıklar ortaya koymaktadır. Nitekim havzada her ne kadar kuzey yönlü yamaçlar ağırlıkta olsa da düz alanların ve doğu yönlü yamaçların da önemli sayılabilecek bir ağırlığı vardır (Tablo 3.3).

Tablo 3.3. Ladik Gölü Havzası'ndaki bakı sınıflarının kapladığı alan ve oranlar.

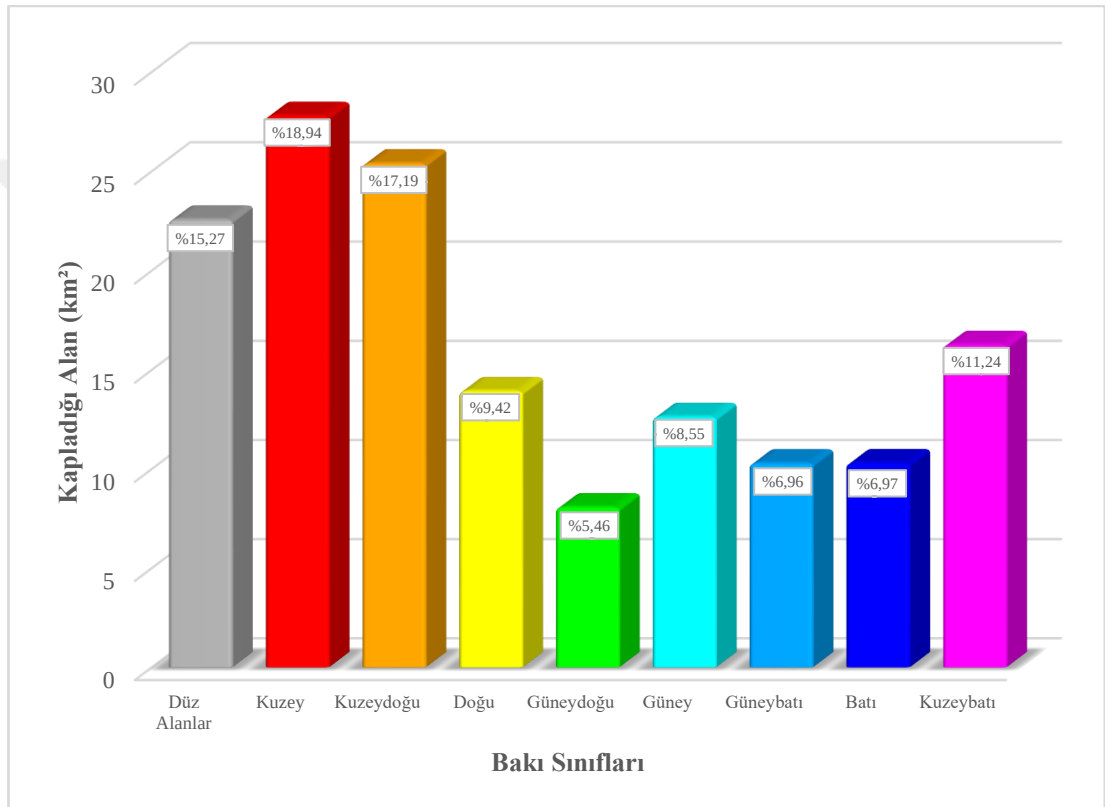
Bakı Sınıfları	Alan (km ²)	Toplam Alana Oranı (%)
Düz Alanlar	22,57	15,27
Kuzey	27,99	18,94
Kuzeydoğu	25,40	17,19
Doğu	13,93	9,42
Güneydoğu	8,07	5,46
Güney	12,63	8,55
Güneybatı	10,29	6,96
Batı	10,30	6,97
Kuzeybatı	16,62	11,24
TOPLAM	147,80	100



Şekil 3.9. Ladik Gölü Havzası bakı haritası.

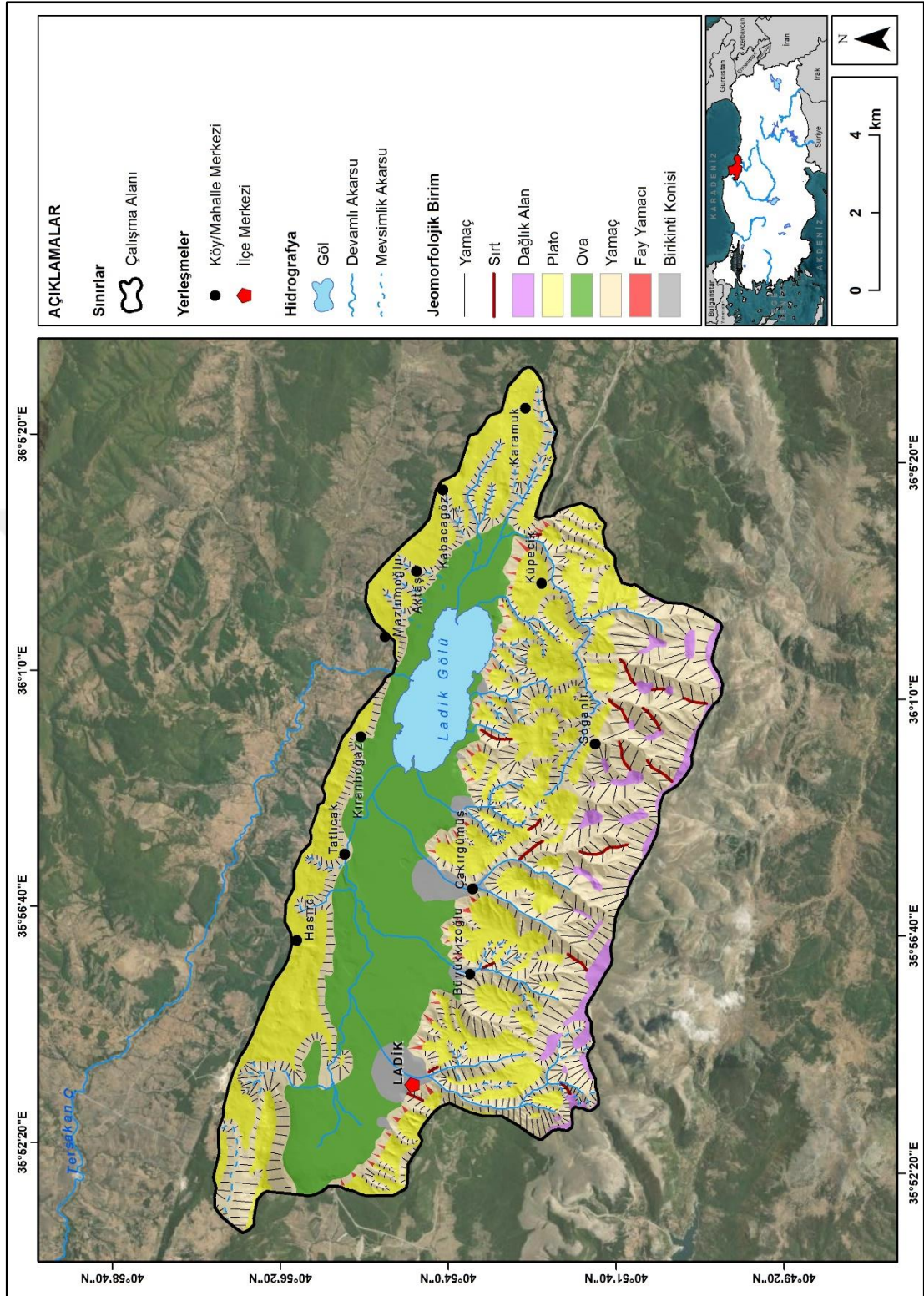
Araştırma sahasının bakı özellikleri incelendiğinde kuzey yamaçların %18,94, kuzeydoğu yamaçların %17,9, kuzeybatı yamaçların ise %11,24 oranında yer kapladığı görülmektedir. Kuzey yönlü yamaçlar tek bir sektör olarak düşünüldüğünde havzanın neredeyse yarısını kaplamaktadır. Kuzey yönlü bu yamaçlar, havzanın

çoğunlukla güneyindeki dağlık kesimlerde yer almakla birlikte havzanın birçok yerine dağılmıştır. Havzada önemli paya sahip bir diğer bakı sınıfı ise %15,27 ile düz alanlardır. Düz alanlar, Ladik Depresyonu'nun tamamı ve Ladik şehir merkezinin kuzeydoğusunda yer almaktadır. Havzada güney sektörlü (güney, güneydoğu, güneybatı) yamaçların toplam oranı ise %20,97'dir. Bu yamaçların neredeyse tamamı havzanın kuzeyinde yer almaktadır. Çalışma sahasının farklı alanlarında yayılım gösteren batı yamaçlar %6,97, doğu yamaçlar ise %9,42'lik bir orana sahiptir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Ladik Gölü Havzası bakı özelliklerinin alansal dağılımı.

Çalışma sahasında KAFZ'nin etkisiyle oluşmuş birçok irili ufaklı diri fay bulunmaktadır. Bu faylar özellikle Ladik Gölü'nü kuzeyden ve güneyden sınırlandırarak havzanın tektonik açıdan oldukça hareketli olmasına sebep olmuştur. Tektonik etkiler nedeniyle yükselmeye devam eden havzada dağ, ova, plato, fay yamaçları, birikinti konisi gibi farklı morfolojik birimleri görmek mümkündür (Şekil 3.11).



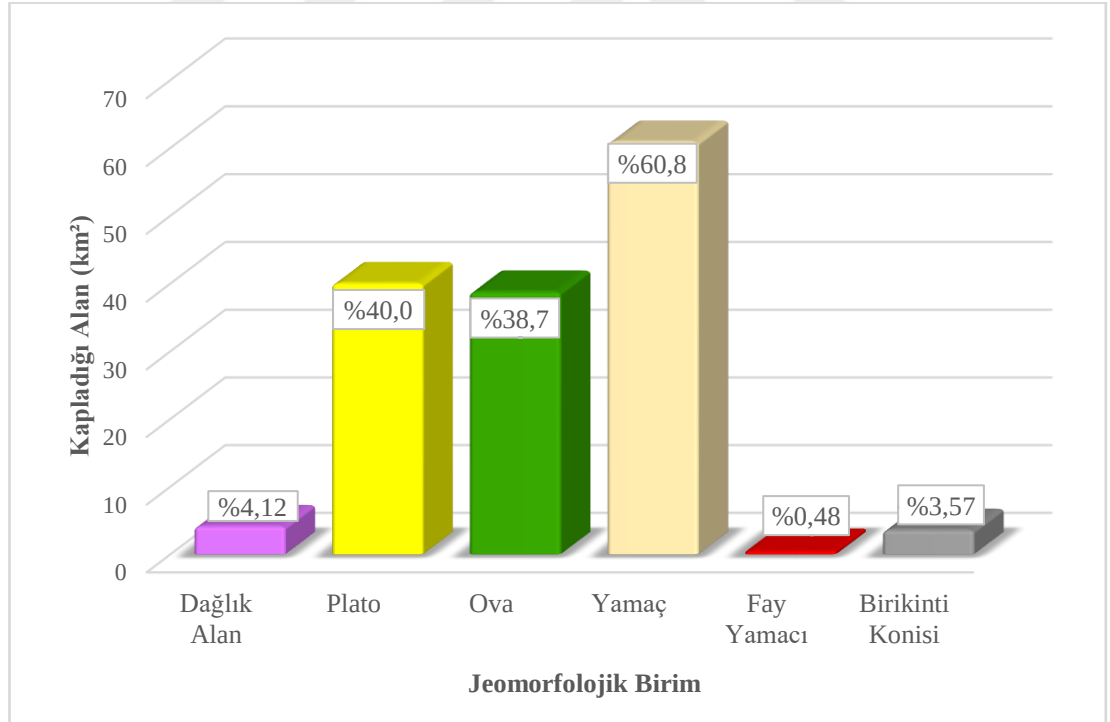
Şekil 3.11. Ladik Gölü Havzası jeomorfoloji haritası.

Çalışma sahasında en çok yer kaplayan morfolojik birim 60,86 km² ile yamaçlardır. Platolar ise havza için de 900-1.200 m yüksekliklerinde yer almakta ve 40,01 km²'lik bir alan kaplamaktadır. Yine çalışma sahasında graben alanını oluşturan göl tabanı ise sahadaki ovalık alana karşılık gelmekte ve morfolojik birimler arasında

platolardan sonra 38,76 km² ile en çok yer kaplayan üçüncü olarak yer almaktadır. Çalışma sahasının yüksek kesimlerinde (>1.500 m) ise dağlık alanları görmek mümkündür ve bu birim 4,12 km²'lik bir alana sahiptir. Ayrıca çalışma sahasında faylanmanın etkisiyle özellikle Ladik Gölü'nün güneyindeki yamaçlarda fay yamaçlarını da görmek mümkündür. Fay yamaçları çalışma sahasında 0,48 km²'lik bir alana sahiptir. Yine Ladik Gölü güneyindeki yamaç eteklerinde birikinti konilerini de seçmek mümkündür. Birikinti konileri ise çalışma sahasında 3,57 km²'lik bir alana sahiptir (Tablo 3.4; Şekil 3.12).

Tablo 3.4. Ladik Gölü Havzası'ndaki jeomorfolojik birimlerin kapladığı alan ve oranlar.

Jeomorfolojik Birim	Kapladığı Alan (km ²)	Çalışma Alanı İçindeki Oranı (%)
Dağlık Alan	4,12	2,79
Plato	40,01	27,07
Ova	38,76	26,22
Yamaç	60,86	41,18
Fay Yamacı	0,48	0,32
Birikinti Konisi	3,57	2,42
TOPLAM	147,80	100



Şekil 3.12. Ladik Gölü Havzası jeomorfolojik birimlerinin alansal dağılımı.

Morfometrik analizler kapsamında havzanın jeomorfolojik gelişimine yer vermekte fayda vardır. KAF, çalışma sahası olan Ladik Gölü Havzası'nın hemen kuzeyinde bulunmaktadır. Dolayısıyla havzanın oluşumu üzerinde son derece etkili

olmuştur. Yine araştırma sahanın da içerisinde yer aldığı KAFZ sahip olduğu özellik bakımından tek bir faydan oluşmayıp birbirini kesen birden çok faydan oluşan bir zon şeklindedir (Bahadır ve Uzun, 2021). Ketin (1969)'e göre diri fayların etrafında olan sahaların tabanlarında yer alan Neojen ile Kuvaterner yaşlı gevşek ve tortullardan oluşan malzemeler yavaşça çöker ve etrafı epirojenik olarak yükselir (Ketin, 1969). Bu açıklamaya göre havzanın tabanı graben, güneyde kalan Akdağ ve Karaömer Dağı'nın olduğu alan ise horst özelliği sergiler. Dolayısıyla çalışma sahası tektonik hareketler sonucunda KAFZ'nin etkisiyle oluşmuş tektonik bir göl havzasıdır. Kuzeyinde yer alan KAF ve havzanın güneyindeki diğer fayların etkisiyle Ladik Gölü Havzası hem kuzey hem güneyde yükselime uğramıştır. Özellikle güneyde yer alan Akdağ ve Karaömer Dağı'nın kuzey yamaçları şiddetli bir şekilde yükselmiş, yamaç eğimi artmış ve kuzey yamaçlar faylanmış (Bahadır ve Uzun, 2021), (Şekil 3.3). Havzada yer alan Ladik Gölü ise havzanın en alçak kısmına yerleşmiştir (Lahn, 1948). Lahn (1948), Ladik Gölü'nün tektonik hareketlere bağlı olarak meydana geldiğini ve kıyısında yer alan göl taraçalarını kanıt göstererek gölün tarihsel dönemlerde daha fazla alan kapladığını belirtmektedir (Lahn, 1948). Ancak günümüzde yaşanan iklim değişikliği ve çeşitli antropojenik etkiler nedeniyle gölün bugünkü alanı yaklaşık olarak 6,52 km²'dir. Göldeki su seviyesinin azalmasında gölün kuzeyinde yer alan Tersakan Çayı'nın göl sularını drene etmesi de etkili olmuştur (Bahadır ve Uzun, 2021). Ayrıca bu kesimde yer alan litolojik birimlerin Pliyosen depolarından oluşması ve bu depoların kolay aşınabilir özelliğinden dolayı aşınmaya karşı direnç gösterememesine neden olmuştur. Böylece gölün fazla suları hızlı bir şekilde drene olmaya başlamıştır. Ayrıca meydana gelen aşınmanın etkisiyle burada bir taşma boğazı olduğu düşünülmektedir (Bahadır ve Uzun, 2021) şeklinde açıklamışlardır.

3.1.3. İklim

İklim yeryüzü şekillerinin oluşum ve gelişim sürecindeki en önemli faktörlerden biridir. İklimin bu etkisini uzun vadede sıcaklık değişimleri, yağışın şekli, rüzgârın şiddeti ve sürekliliği, donma, çözülme vb. gibi faktörler üzerinden görmek mümkündür. Yine iklim birçok doğal afetin oluşumunda da doğrudan etkilidir. Taşkında yağışın şekli, heyelanda ani kar erimeleri, erozyonda rüzgâr, kuraklıkta ise sıcaklık ve yağış ile kendini hissettirmektedir. Doğal afetler üzerindeki bu yönüyle de iklim insanların yaşamına etki etmektedir. Özetle iklim hem insanların yaşadığı mekân

hem de insanların bu mekândaki her türlü faaliyetine etki eden önemli bir coğrafi unsurdur.

İklim, ele alınan beş (5) doğal afetten (deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık) dört tanesini (taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık) doğrudan etkilemektedir. Ancak deprem üzerinde ise dolaylı bir etkisi vardır. Bu etki özellikle afetin meydana geldiği dönemdeki hava şartlarıyla kendisini hissettirmektedir. İklimin ele alınan doğal afetler üzerindeki doğrudan ve dolaylı rolünü anlayabilmek, etkisini açıklayabilmek için bu bölümde havzanın iklim özellikleri hakkında temel bilgiler verilmiştir. Ancak iklimin doğal afetlerle arasındaki neden-sonuç ilişkisi ilerleyen bölümlerde, çalışma kapsamında ele alınan doğal afetlerin duyarlılık analizleri özelinde detaylandırılmıştır.

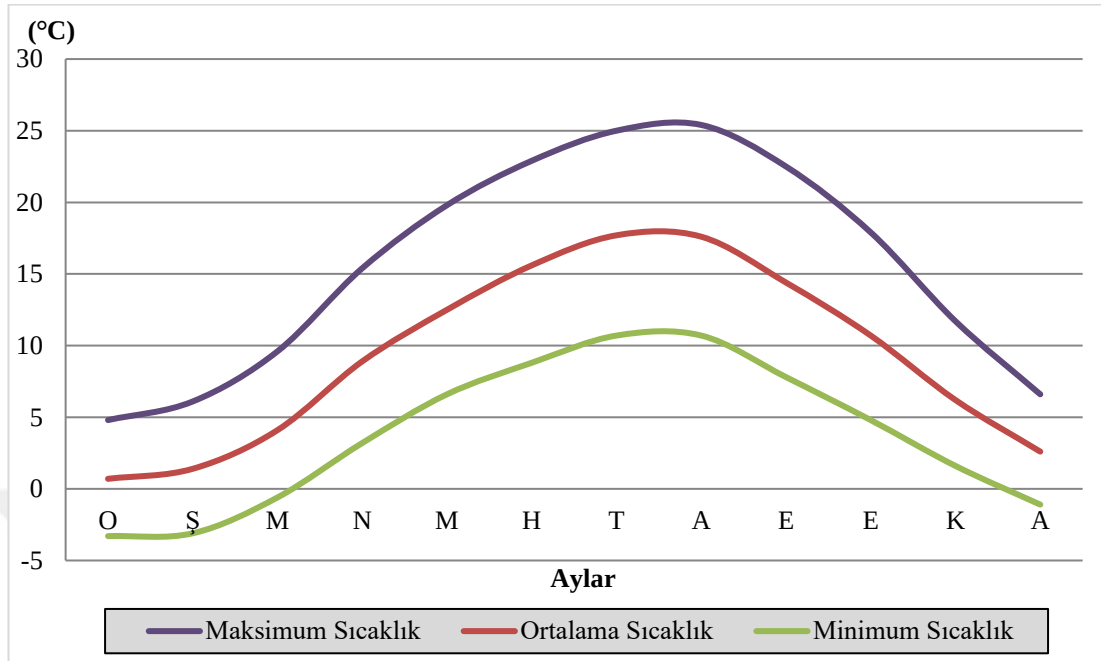
Çalışma sahasında 1975-1999 yılları arasında gözlem yapan Ladik Meteoroloji İstasyonuna ait veriler kullanılmıştır. Ancak sahadaki meteorolojik verilerin yetersiz olması iklim elemanlarının (sıcaklık, yağış, nem ve basınç) değerlendirilmesini zorlaştırmıştır. Bu sebeple özellikle sıcaklık ve yağış tahminleri için çeşitli enterpolasyon teknikleri kullanılmıştır.

3.1.3.1. Sıcaklık

Sıcaklık bir sahadaki en etkin ve en dinamik iklim elemanıdır. Yağışın oluşumu ve tipi, tarımsal faaliyetlerin çeşitliliği, bitki örtüsü, canlı yaşamı ve beşerî faaliyetlerin hepsinde ya doğrudan ya da dolaylı olarak etkilidir. Yani, sıcaklık bir sahadaki tüm coğrafi şartlar ile yaşamsal faaliyetleri en yakından kontrol eden en etkin iklim elemanıdır (Erol, 1993; Değerliyurt, 2013a). Çalışma kapsamında ele alınan doğal afetler özelinde düşünüldüğünde artan sıcaklık özellikle ani kar erimelerine yol açması nedeniyle heyelanlar, buharlaşmanın şiddetli olmasını tetikleyebilmesi ile kuraklık üzerinde doğrudan etkili iken, meydana geldiği/geleceği mevsime göre deprem ve taşkın sonrası kriz yönetimi, erozyon sonucu taşınan topraklar üzerindeki don etkisi ile de tarımsal faaliyetlerin temeli olan toprak yapısında dolaylı olarak etkilidir. Sıcaklığın doğal afetler üzerindeki etkileri ileriki bölümlerde daha detaylı açıklandığı için bu bölümde havzaya ait genel sıcaklık bilgilerine yer verilmiştir.

Çalışma sahasında kış aylarının soğuk ve kar yağışlı, yaz aylarının ise sıcak ve kurak geçtiği görülmektedir. Havzadaki sıcaklıklar özellikle yaz aylarında (haziran,

temmuz, ağustos) en yüksek ortalama sıcaklığa erişirken, kış aylarında (aralık, ocak, şubat) en düşük sıcaklıklara düşmektedir (Şekil 3.13).



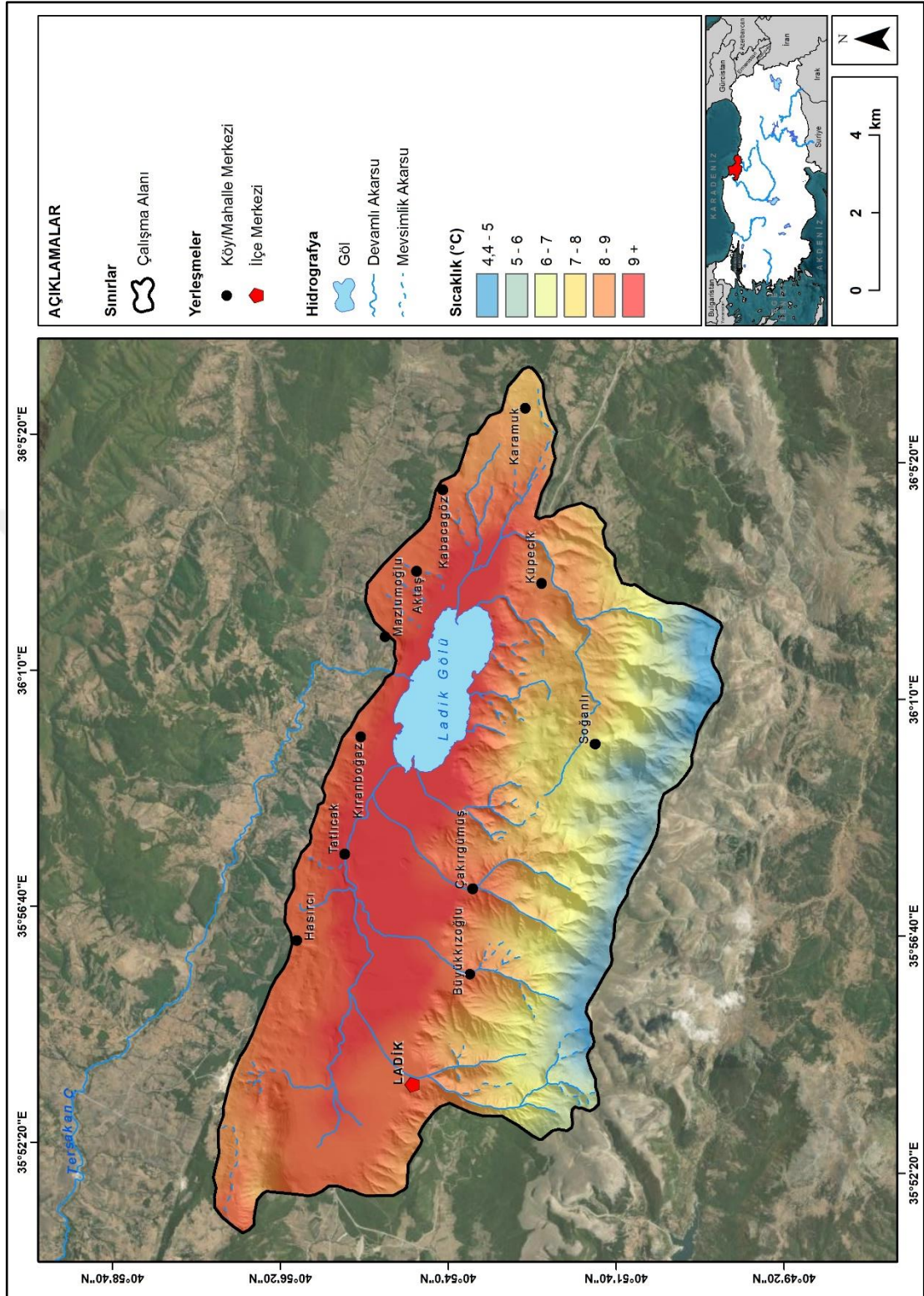
Şekil 3.13. Ladik Gölü Havzası ortalama sıcaklıklarının uzun yıllar ortalaması (1975-1999).

Çalışma sahasındaki yıllık maksimum ortalama sıcaklık 15,6 °C, yıllık ortalama sıcaklık 9,4 °C, minimum sıcaklık ise 3,8 °C'dir (Tablo 3.5). Yaz aylarında ortalama sıcaklık 17 °C, maksimum sıcaklık 24,4 °C, minimum sıcaklık ise 10,1 °C'dir. Havzanın kış ayları ortalama sıcaklığı 1,6 °C, maksimum sıcaklığı 5,8 °C, minimum sıcaklık ise -2,5 °C'dir. Havzadaki maksimum sıcaklık 25,4 °C ile ağustos ayında, minimum sıcaklık ise -3,3 °C ile ocak ayında görülmektedir.

Tablo 3.5. Ladik Gölü Havzası'ndaki ortalama sıcaklık değerleri (1975-1999).

Aylar	İstasyon Adı ve Sıcaklık Değerleri (°C)		
	Ladik		
	Maksimum Sıcaklık	Ortalama Sıcaklık	Minimum Sıcaklık
Ocak	4,8	0,7	-3,3
Şubat	6,1	1,4	-3,1
Mart	9,6	4,1	-0,6
Nisan	15,4	8,9	3,2
Mayıs	19,8	12,5	6,6
Haziran	22,9	15,6	8,8
Temmuz	25,0	17,7	10,7
Ağustos	25,4	17,6	10,7
Eylül	22,5	14,4	7,8
Ekim	17,9	10,7	4,8
Kasım	11,7	6,2	1,6
Aralık	6,6	2,6	-1,1
ORTALAMA	15,6	9,4	3,8

Yukarıda verilen ortalama sıcaklık değerlerinin havzada nasıl bir yayılım gösterdiğini mekânsal olarak ortaya koymak için çalışma sahasına ait ortalama sıcaklık haritası üretilmiştir. Ortalama sıcaklık haritası uzun yıllar (1975-1999) ortalama sıcaklık değerleri dikkate alınarak CBS ortamında Inverse Distance Weighted (IDW) ile üretilmiştir (Şekil 3.14). Üretilen yıllık ortalama sıcaklık haritasına göre havza tabanında yıllık ortalama sıcaklık fazla iken, yüksek dağlık alanlarda yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde azalma görülmektedir. Havzanın alçak kesimlerinde yıllık ortalama sıcaklık 9 °C iken havzanın güneyinde yer alan yüksek kesimlerde bu değer 4,4 °C'ye kadar düşmektedir. Bu farkın en temel sebebi ise güneye gidildikçe artan yükselti ile havzadaki karasallık derecesidir (Bahadır ve Uzun, 2021). Havzanın tabanı ve en yüksek noktası arasında 1.112 m'lik bir yükselti farkının olması ve yükseltinin havza tabanından itibaren güney yönünde hızlı bir şekilde değişiklik göstermesi havzada farklı sıcaklık değerlerinin görülmesine sebep olmaktadır.



Şekil 3.14. Ladik Gölü Havzası yıllık ortalama sıcaklık değerleri haritası (1975-1999).

3.1.3.2. Yağış

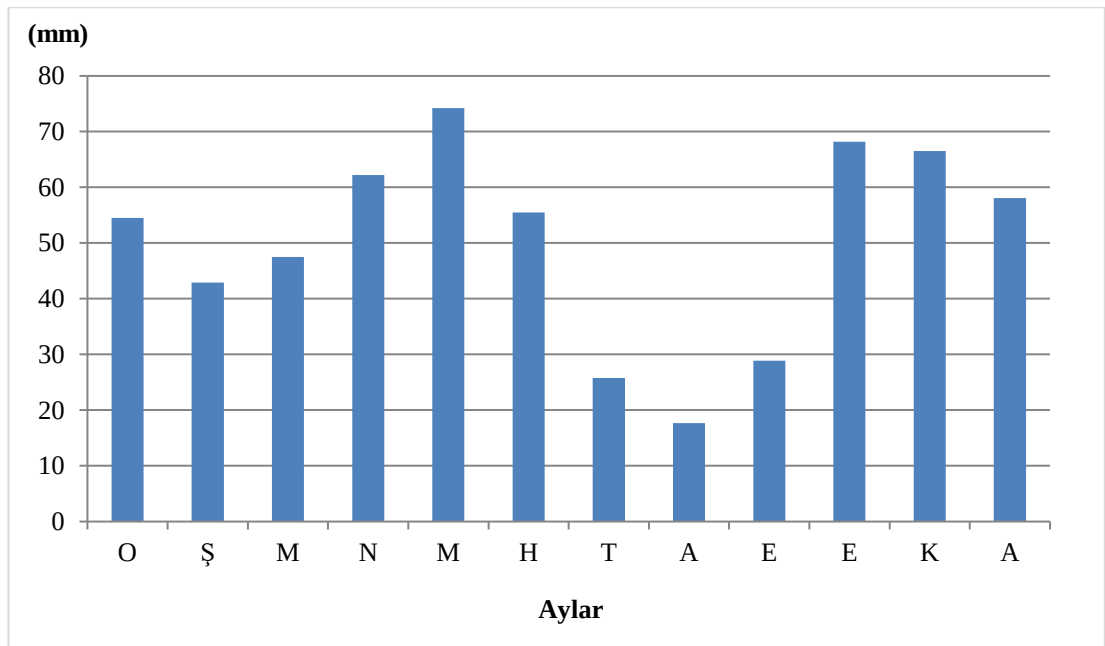
Ladik Gölü Havzası'nda kış aylarında soğuk ve yağışlı, yaz aylarında ise sıcak ve kurak günlerin olduğu geçiş iklimi görülmektedir. Havzanın tabanının bir depresyon özelliği sergilemesi nedeniyle alçak ve yüksek kesimleri arasında yağışın

hem miktar hem de tip olarak farklılaştığı görülmektedir. Havzanın özellikle güney kesimindeki yüksek alanlarda yağışlar çoğunlukla kar şeklinde, alçak kesimler ve kuzey yamaçlarda ise daha çok yağmur şeklinde yağışlar meydana gelmektedir. Çalışma sahasının yıllık ortalama yağış miktarı Samsun ili kıyı kuşağına göre daha düşüktür ve 602 mm'dir (Tablo 3.6).

Tablo 3.6. Ladik Gölü Havzası'nda ortalama ve yıllık toplam yağış miktarı (1975-1999).

İstasyon Adı ve Yağış Değerleri (mm)	
Aylar	Ladik
Ocak	54,5
Şubat	42,9
Mart	47,5
Nisan	62,2
Mayıs	74,2
Haziran	55,5
Temmuz	25,8
Ağustos	17,7
Eylül	28,9
Ekim	68,2
Kasım	66,5
Aralık	58,1
ORTALAMA	50
TOPLAM	602

Çalışma sahasında yağış en yüksek Mayıs ayında (74,2 mm), en düşük Ağustos ayında (17,7 mm) görülmektedir (Şekil 3.15). Ayrıca havzada yağışların yaz aylarında dışında mevsimlere düzenli dağıldığını söylemek mümkündür.



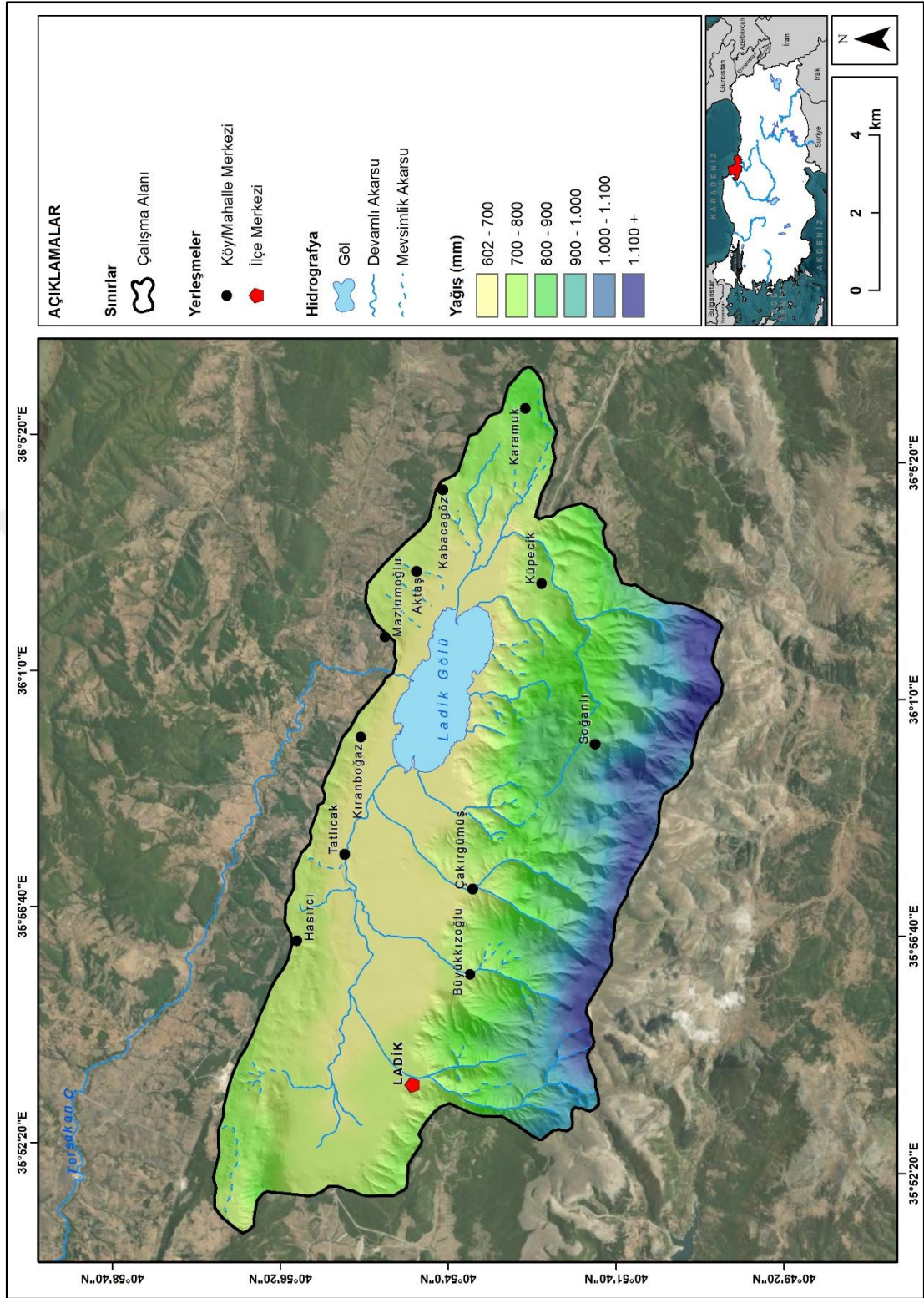
Şekil 3.15. Ladik Gölü Havzası aylık toplam yağış miktarları (1975-1999).

Araştırma sahası her ne kadar Karadeniz Bölgesi'nde yer alsada Karadeniz kıyı kuşağına göre farklı iklim karakterine sahiptir. Çalışma sahasında yağışlar çoğunlukla kış ve bahar aylarında düşmekte, yaz aylarında ise diğer aylara göre oldukça azalmaktadır (Tablo 3.7).

Tablo 3.7. Ladik Gölü Havzası'ndaki yağışın mevsimler göre dağılışı (1975-1999).

İstasyon Adı ve Yağış Değerleri (mm)		Oran (%)
Mevsimler	Ladik	
İlkbahar	183,9	30,55
Yaz	99,0	16,45
Sonbahar	163,6	27,18
Kış	155,5	25,83
ORTALAMA	50	100

Çalışma sahasındaki yağış özelliklerini mekânsal olarak ortaya koymak ve haritalandırmak için Ladik Meteoroloji İstasyonuna ait 1975-1999 yılları arasında tutulan yıllık toplam yağış değerleri CBS ortamında Inverse Distance Weighted (IDW) ile ele alınmış ve havzanın yıllık ortalama yağış haritası üretilmiştir (Şekil 3.16). Üretilen haritaya göre havza tabanında yıllık toplam yağış az iken, yüksek dağlık alanlarda yıllık ortalama yağış miktarı fazladır. Havzanın alçak kesimlerinde yıllık toplam yağış 602 mm iken havzanın güneyinde yer alan yüksek kesimlerde bu değer 1.000 mm'nin üzerine çıkmaktadır.



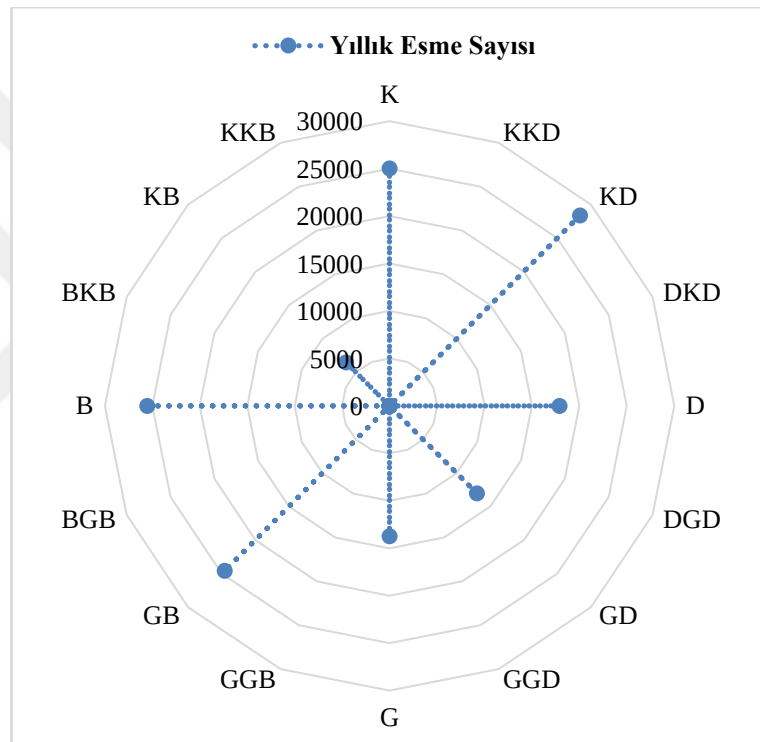
Şekil 3.16. Ladik Gölü Havzası yıllık toplam yağış değerleri haritası (1975-1999).

3.1.3.3. Rüzgâr

Başlıca iklim elemanları arasında yer alan rüzgâr esme yönü ve hızı ile birçok coğrafi olay üzerinde etkilidir. Çalışma kapsamında ele alınan toprak erozyonu afeti üzerinde etkisi ise en fazladır. Yine bu başlık altında çalışma sahasında rüzgârın esme

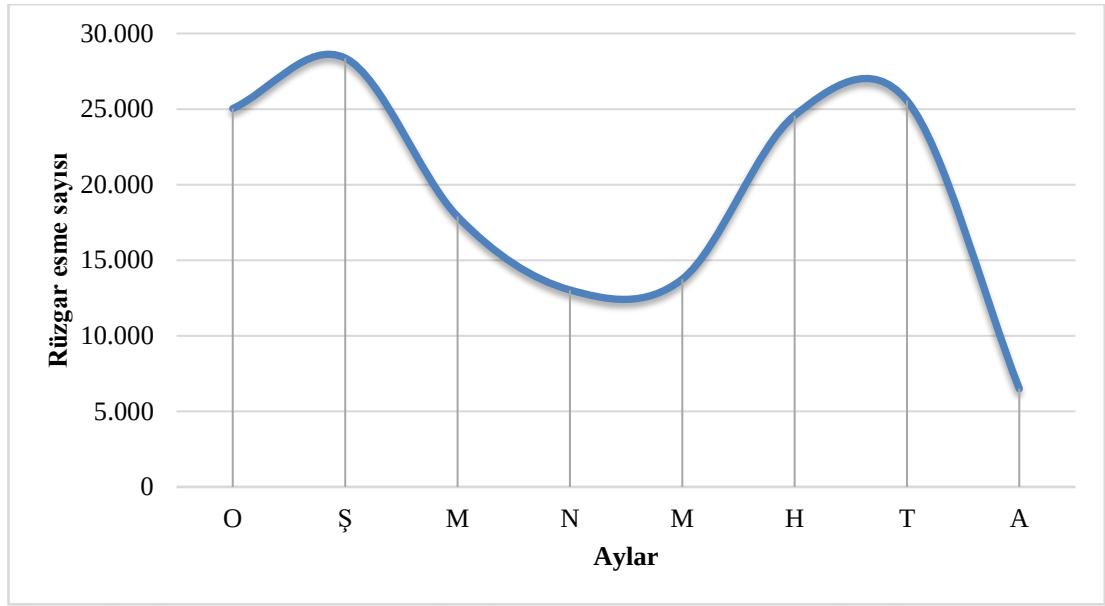
yönü ve hızı gibi özellikleri üzerinde durulmuş olup, doğal afetler üzerindeki etkileri ileriki bölümlerde ele alınmıştır.

Ladik Meteoroloji İstasyonu 24 yıllık (1975-1999) rasatlarına göre havzada hakim rüzgâr yönü kuzeydoğudur. Ancak bu yönde neredeyse aynı esme değerleri veren başka hâkim yönler de vardır ve bu yönlerden esen rüzgârlar batı ve güneybatı eksenlidir (Şekil 3.17). Aslında rüzgarların bu hâkim yönlerde olmaları rüzgârın bu yönlerde kanalize olduğunu göstermektedir ki; bu durum da sahanın morfolojik yapısına paralellik göstermektedir. Havzanın tabanından güneyine doğru adeta bir duvar gibi yükselen dağlık alanın varlığı da bu durumu açıklamaktadır.



Şekil 3.17. Ladik Gölü Havzası yıllık ortalama hakim rüzgâr yönleri (1975-1999).

Ladik Meteoroloji İstasyonuna ait 24 yıllık rasatlara göre havzadaki rüzgârların aylık esme sayısının en çok temmuz ve ağustos aylarında, en az ise şubat ayında olduğu görülmektedir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Ladik Gölü Havzası aylık rüzgâr esme sayıları (1975-1999).

Rüzgârın toprak erozyonu üzerinde etkili olan bir diğer özelliği ise şiddetidir. Havzadaki rüzgârların esme şiddetleri sahanın morfolojik yapısına paralellik göstermektedir. Havzadaki en şiddetli rüzgârlar 53,30 m/s ile güneybatı yönünden, 25,60 m/s ile kuzey yönünden esmektedir (Tablo 3.8). Özellikle havzanın kuzeyinde yükseltinin az olması rüzgârın belirli bir yönde olan şiddetini düşürmektedir. Ancak güneybatı yönünden esen rüzgarlar ise belli bir oluk içinde kanaliz olmakta ve toprak taşınımının bu yönden diğer yönlerle olmasına neden olmaktadır.

Tablo 3.8. Ladik Gölü Havzası'ndaki yıllık rüzgar esme sayıları ve şiddetleri (1975-1999).

İstasyon Adı ve Rüzgâr Değerleri		
Ladik		
Yönler	Yıllık Esme Sayısı	Yıllık Esme Hızı (m/s)
K	25.032	25,60
KKD	-	-
KD	28.376	28,20
DKD	-	-
D	17.896	37,20
DGD	-	-
GD	13.032	35,00
GGD	-	-
G	13.744	40,40
GGB	-	-
GB	24.576	53,30
BGB	-	-
B	25.560	41,50
BKB	-	-
KB	6.496	38,30
KKB	-	-

3.1.3.4. Nem

Ladik Gölü Havzası'nda doğrudan olmasa da dolaylı etkilerinin görüldüğü bir başka iklim elemanı da nemdir. Sıcaklık elemanı ile değerlendirildiğinde nem, havzanın en önemli su kaynağı olan Ladik Gölü ile irili ufaklı derelere ait suların buharlaşmasına ve havzadaki topraklara etki ederek kuraklık afetini tetiklemektedir. Özellikle bağıl nem oranının gün içindeki değişimleri buharlaşmanın şiddetini arttırmaktadır. Sıcaklığın arttığı zamanlarda bağıl nem oranı azalırken, buharlaşma şiddetinin arttığı görülmektedir. Bu duruma bağlı olarak havzadaki topraklarda nem oranı düşmekte, toprakların su tutma kapasiteleri artmakta ve havzadaki en önemli geçim kaynaklarından olan tarımsal faaliyetlerin devamı için de su kullanımını artmaktadır. Dolayısıyla buharlaşmanın artması dolaylı yoldan kuraklık afetini önemli ölçüde tetiklemektedir.

Ladik Meteoroloji İstasyonu 24 yıllık rasatlarına göre havzadaki bağıl nem oranı ortalama %67,96'dır (Tablo 3.9). Havzadaki bağıl nem mevsimlere eşit bir şekilde dağılmıştır (Tablo 3.10). Ancak yaz aylarındaki sıcaklık artışlarına bağlı olarak bağıl nem oranı gün içerisinde yaklaşık %20'lik bir düşüş göstermektedir. Bu duruma bağlı olarak havzadaki su kaynakları ve topraktaki nemin miktarı önemli ölçüde azalmaktadır. Özetle nemin etkisini ortaya koyabilmek için bağıl nemin gün içerisinde değişen oranlarını dikkate almak gerekmektedir. Ancak bu şekilde nemin kuraklık afeti üzerindeki etkileri daha sağlıklı bir şekilde ortaya konulabilmektedir.

Tablo 3.9. Ladik Gölü Havzası'ndaki bağıl nemin gün içerisindeki değişimi (1975-1999).

İstasyon Adı ve Bağıl Nem Değerleri	
Yıllık Ortalama Bağıl Nem Değerleri (%)	
Saat	Ladik
07.00	72,57
14.00	58,13
21.00	73,19
ORTALAMA	67,96

Tablo 3.10. Ladik Gölü Havzası'ndaki bağıl nemin mevsimlere göre dağılışı (1975-1999).

İstasyon Adı ve Bağıl Nem Değerleri		Oran (%)
Mevsimler	Ladik	
İlkbahar	601,8	24,60
Yaz	608,5	24,87
Sonbahar	615,7	25,16
Kış	620,8	25,37

3.1.4. Hidrografya

Yüzeysel sular ve yeraltı suları sahip oldukları morfometrik ve hidrolojik özellikleri ile afetler üzerinde önemli rol oynar (Turoğlu ve Özdemir, 2005; Özdemir, 2007). Özellikle bu hidrografik unsurlar taşkın ve heyelanlar için önemlidir. Ancak çalışma kapsamında bütüncül bir afet yönetimi hedeflendiğinden ve her afet kendi içerisinde ayrıca değerlendirildiğinden hidrografik unsurların afetler üzerindeki etkilerine burada yer verilmemiştir. Buradan hareketle bu başlık altında Ladik Gölü Havzası'nın sınırları içerisinde yer alan akarsular, kaynak suları ve sahanın en önemli hidrografik elemanı olan Ladik Gölü hakkında genel bilgiler verilmiştir.

3.1.4.1. Başlıca Akarsular

Araştırma sahası bir göl havzasıdır. Bu sebeple birden çok akarsuyun su toplama alanına kaynaklık etmektedir. Sahada uzunlukları birbirinden farklı irili ufaklı 118,07 km akış uzunluğuna sahip dereler bulunmaktadır (Şekil 3.19). Bu dereler çoğunlukla (Hızar, Çaldere, Pınarbaşı ve Kavaklıca dereleri hariç) güneydeki yüksek zirvelerden kaynaklarını alır ve kuzey yönlü akış gösterirler. Havzada en dikkat çeken akarsu her ne kadar küçük bir kısmı havza içerisinde yer alsa da kaynağını Ladik Gölü'nden alan ve havzanın kuzeyinde yer alan Tersakan Çayı'dır. Diğer akarsular Ladik Gölü'nü beslerken Tersakan Çayı kaynağını gölden alır. Havzadaki bir diğer önemli akarsu havza tabanına yerleşmiş olan ve güneyden kaynağını alıp önce kuzeye, sonra doğuya doğru akış gösteren Değirmen Dere'dir. Dere yaklaşık olarak 13 km akış uzunluğuna sahiptir. Havzadaki diğer tüm akarsuların kanal uzunlukları ise 1-7 km arasında değişmektedir. Çalışma sahasının kuzey ve güneyinin horst, havza tabanının graben özelliği sergilemesi nedeniyle farklı yüksekliklerde farklı vadi tiplerinin yer aldığı dikkat çekmektedir. Havzadaki ana akarsu kolları incelendiğinde çalışma sahasında özellikle güney yamaçlarda akarsuların genel olarak "V" tipi vadilerin içerisinde akış gösterdiği görülmektedir (Şekil 3.20). Ancak havza tabanında akarsu yataklarının genişlediği kısımlarda yer yer geniş tabanlı vadiler de yer almaktadır. Yine çalışma sahasının bütününde dantiritik drenaj ağının geliştiğini söylemek mümkündür.

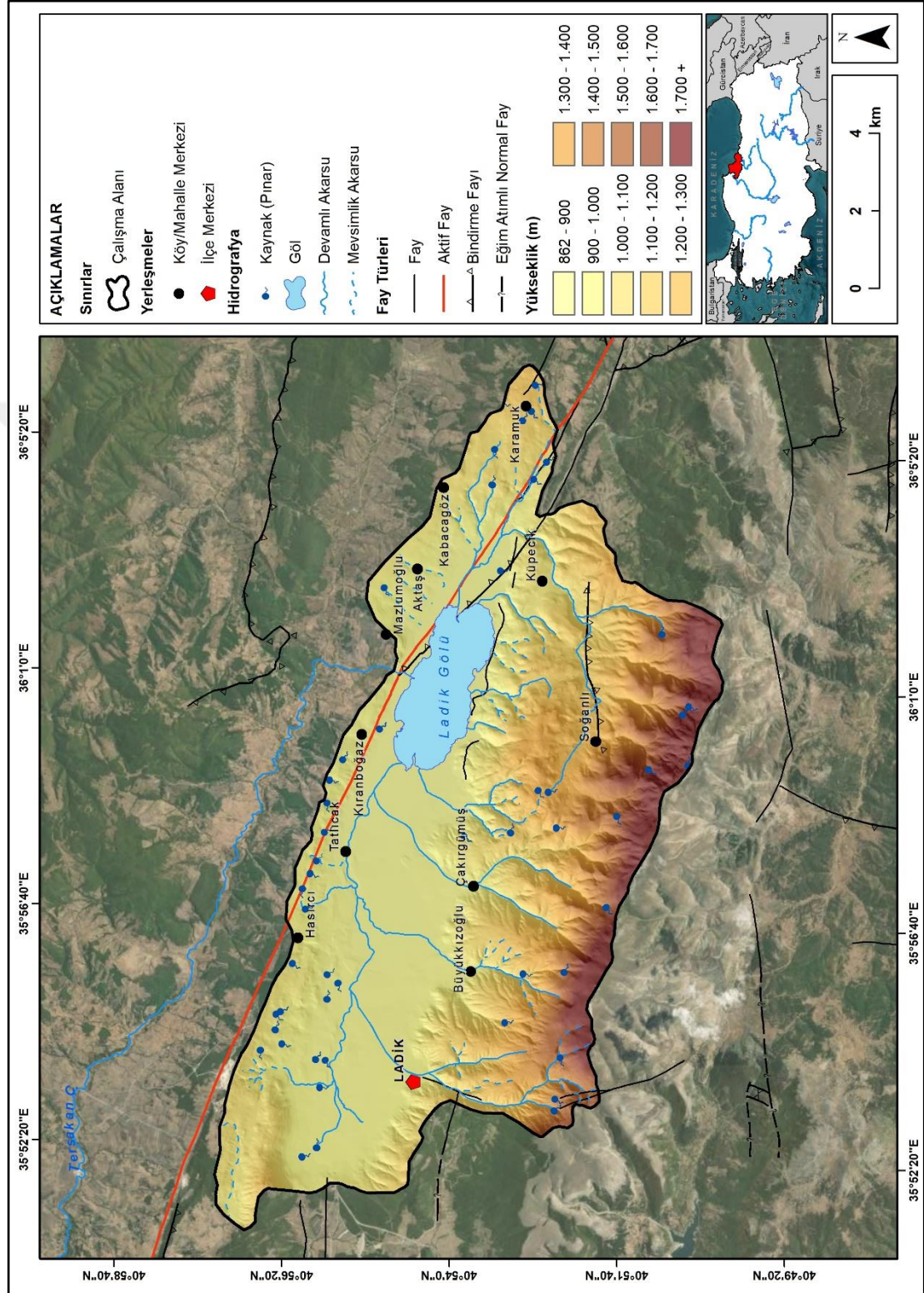
görüntülerinden elde edilen verilere göre 7 km²'ye kadar gerilemiştir. Ladik Gölü 7 yılda yaklaşık olarak %62 oranında küçülmüştür. Bu değer Ladik Gölü için kuraklık tehlikesini gün yüzüne çıkarmaktadır. Göl yüzeyindeki gerilemeden dolayı göl kıyısında sazlık, bataklık ve mera alanlarının arttığı görülmektedir (Şekil 3.21). Gölün batı kıyısında yer alan sazlık alanlarında yetişen kamışlar sepet yapımında, hasır örmede ve çiçekçilik sektöründe kullanılmaktadır (Bahadır ve Uzun, 2021). Ulaşım olanakları açısından herhangi bir kısıtlama olmayan araştırma sahasında yer alan gölde torf üretimi yapılmaktadır. Doğal gübre olarak kullanılan torf çiçekçilik sektöründe de kullanılmaktadır (Bahadır ve Uzun, 2021). Yine Ladik Gölü, ekolojik zenginliğinin bir parçası olarak görülen yüzen adalara da sahiptir. Ancak son zamanlarda göl yüzeyindeki gerilemeden dolayı yüzen adaların da hareketsiz kaldığı gözlemlenmektedir (Kılıç, 2020).



Şekil 3.21. Ladik Gölü'nün batısında 2023 yılı güncel seviye değişimi.

Araştırma sahasının hidrografik elemanlarından bir diğeri de kaynaklardır. Havzada kaynaklar çoğunlukla kuzeyde KAFZ'ye paralel bir şekilde yayılım göstermektedirler (Şekil 3.22). Yine havzanın güneyinde yer alan Akdağ'ın eteklerindeki yüksek (1.300 m civarı) köylerden olan Soğanlı Köyü Yaylası'nda doğal kaynak suyu yüzeye çıkmaktadır. Bu doğal kaynak suyu aynı zamanda Ladik ilçesinin

en önemli ticari göstergesi olan Akdağ Doğal Kaynak Suyu fabrikasının varlığını sürdürmesini sağlamaktadır.



3.1.5. Toprak

Toprak; iklim, ana kayanın özellikleri, canlılar (bitki, hayvan, insan) jeomorfolojik özellikler ve zaman faktörlerinin birlikte etkileri sonucunda, farklı oranlarda mineral ve organik maddelerin karışımından oluşur (Değerliyurt, 2013a). Bir yerdeki toprak örtüsü geçirgenlik özelliği nedeniyle özellikle taşkın, heyelan ve kuraklık gibi doğal afetlerin etkisinin artması/azalması yönünde rol oynamaktadır. Toprak örtüsü, bir yerdeki yağmur ve kar sularının sızma özelliğini etkileyerek bu suların yüzeysel akışa geçmesine neden olurken, eğimli yamaçlarda ise kayganlaşmak suretiyle kütle hareketlerinin görülmesine neden olabilmektedir (Değerliyurt, 2013a).

Ladik Gölü Havzası'nda toprak özelliklerini ortaya koyabilmek için T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü (TRGM) verilerinden yararlanılmıştır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021). Bu veriler çalışmada amaçlanan bütüncül doğal afet yönetiminin çeşitli analizlerinde kullanılmak üzere düzenlenmiş ve gruplandırılmıştır. Bu gruplamaya göre araştırma sahası için oluşturulan büyük toprak grupları (BTG) haritası dikkate alındığında havzada beş (5) farklı toprak grubu yer almaktadır (Şekil 3.23). Bunlar kapladıkları alansal büyüklüğe göre sırasıyla; kahverengi orman toprakları, alüvyal topraklar, kestanerengi topraklar, hidromorfik topraklar ve kolüvyal topraklardır (Tablo 3.11). Bu toprak gruplarının çalışma sahası içerisindeki sergiledikleri özellikleri ise şöyledir:

Alüvyal Topraklar: Ladik Gölü Havzası'nda yer alan azonal topraklardandır. Havza içerisinde %18,15'lik bir alana sahiptirler (Şekil 3.24). Çoğunlukla havzanın depresyon alanında yer almaktadırlar. Olgun bir toprak profiline sahip olmayan bu genç topraklar yüksek kesimlerden kaynağını alan akarsular tarafından taşınan malzemelerden oluştukları ve havza tabanında, yani düz alanlarda görüldüğü için bozuk ya da yetersiz bir drenaja sahiptirler.

Hidromorfik Topraklar: Ladik Gölü Havzası'nda yer alan tek intrazonal topraklardır. Havza içerisinde %6,20'lik bir alana sahiptirler (Şekil 3.24). Ladik Gölü'nün özellikle batısında ve çevresinde bulunan bu topraklar bataklık alanları temsil etmektedir.

Kahverengi Orman Toprakları: Ladik Gölü Havzası'nda en geniş yayılış alanına sahip olan toprak grubu kahverengi orman topraklardır. Havza içerisinde %58,21'lik bir alana sahiptirler (Şekil 3.24). Çalışma sahasında görülen zonal topraklardandır.

AÇIKLAMALAR

Sınırlar

Çalışma Alanı

Yerleşmeler

● Köy/Mahalle Merkezi
 ◆ İlçe Merkezi

Hidrografiya

Göl
 Devamlı Akarsu
 Mevsimlik Akarsu

Toprak Grupları

Alüvyal Topraklar
 Hidromorfik Topraklar
 Kahverengi Orman Toprakları
 Kestane rengi Topraklar
 Kolüvyal Topraklar

0 2 4 km

35°52'20"E 36°10'0"E 36°52'0"E

40°58'40"N 40°56'20"N 40°54'00"N 40°51'40"N 40°49'20"N

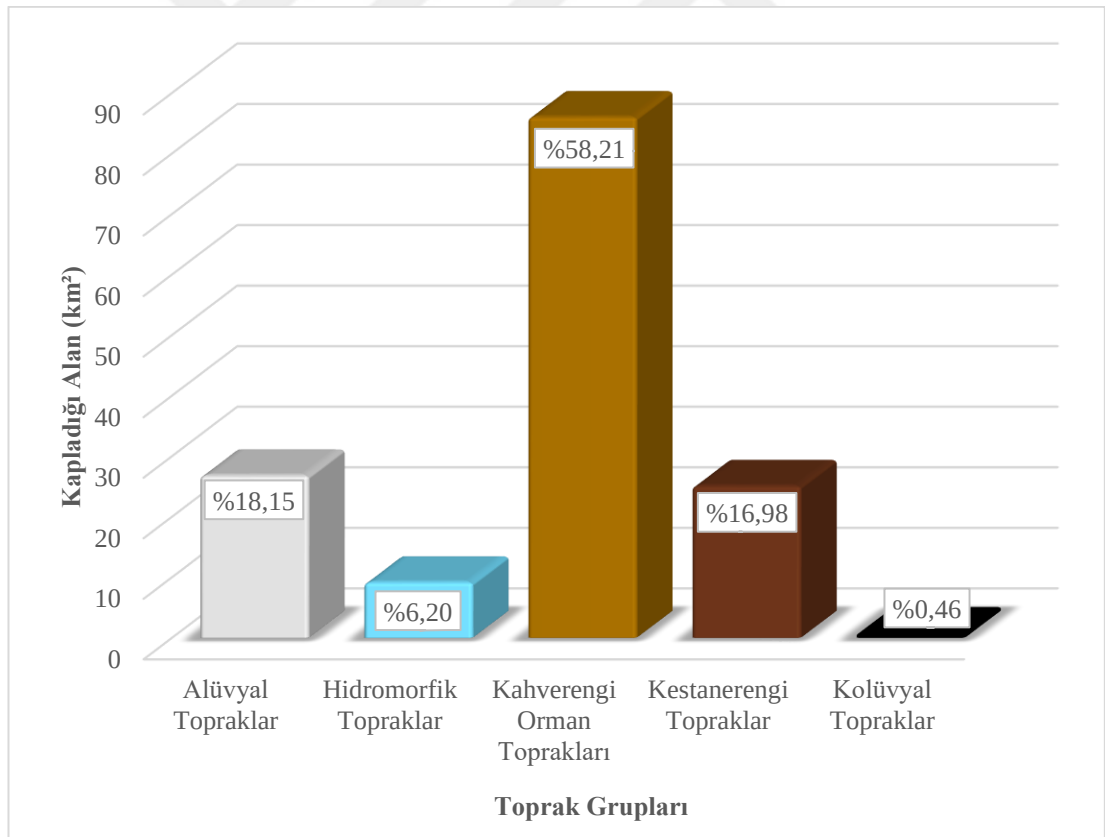
Kestanerengi Topraklar: Ladik Gölü Havzası'nda yayılış gösteren bir diğer zonal toprak grubu da kestanerengi topraklardır. Havza içerisinde %16,98'lik bir alana

sahiptirler (Şekil 3.24). Bu toprak grubunun da profili iyi gelişmiştir. Kahverengi orman topraklarının yer aldığı yüksek kesimlere nispeten yükseltinin daha az olduğu havzanın batısındaki yamaçlarda ve düze yakın sahalarda yer almaktadırlar.

Kolüvyal Topraklar: Ladik Gölü Havzası’nda en az yayılış alanına sahip olan toprak grubu kolüvyal topraklardır. Havza içerisinde %0,46’lık bir alana sahiptirler (Şekil 3.24). Bu topraklar, çoğunlukla Ladik Gölü’nün güneyindeki dağların eteklerinde görülmektedirler.

Tablo 3.11. Ladik Gölü Havzası’ndaki toprak gruplarının alansal ve oransal dağılımları.

Toprak Grupları	Kapladığı Alan (km ²)	Çalışma Alanı İçindeki Oranı (%)
Alüvyal Topraklar	26,82	18,15
Hidromorfik Topraklar	9,17	6,20
Kahverengi Orman Toprakları	86,03	58,21
Kestanerengi Topraklar	25,10	16,98
Kolüvyal Topraklar	0,68	0,46
TOPLAM	147,80	100



Şekil 3.24. Ladik Gölü Havzası toprak gruplarının alansal dağılımı.

3.1.6. Bitki Örtüsü

Bir sahadaki bitki örtüsü iklim, anakaya ve yer şekilleri gibi coğrafi faktörlerin kontrolünde şekillenir (Gürgöze, 2020). Bitki örtüsü coğrafi şartların uygunluk durumuna göre sahada kendine ya yer edinir ya da edinemez. Bitki örtüsüne ait çeşitli özellikler; tür, su tutma kapasitesi, sıcaklık ve yağış istekleri vb. yüzeysel akışa geçen suyun miktarı ve şiddeti üzerinde etkilidir. Dolayısıyla meydana gelen sel ve taşkınların oluşmasında sahaların bitki örtüsü özellikleri, özellikle de orman formasyonu yönlendirici bir etkiye sahiptir (Turoğlu ve Özdemir, 2005; Özdemir, 2007). Ayrıca bitki örtüsünün sel ve taşkın gibi doğal afetlerin etkilerini arttırmadaki rolü sahadaki bitki yoğunluğu ve sahanın eğim değerleri ile de yakından ilişkilidir. Bitki örtüsünden yoksun ve eğimli arazilerde yağmur suları doğrudan akışa geçerken, bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda akış daha azdır (Schultz and Engman, 2000; Özdemir, 2007).

Ladik Gölü Havzası Karadeniz Bölgesi'nde yer almasına rağmen kıyı kuşağından yaklaşık olarak 80 km daha güneyde, iç kesimde yer almaktadır. Ayrıca havzanın içinde bulunduğu Ladik ilçe merkezi ile Samsun şehir merkezi arasında da yaklaşık olarak 950 m'lik bir yükselti farkı vardır. Bu değerler çalışma sahasında kıyı kuşağına göre iklimin değiştiğini ve denizel-karasal iklim arasında bir geçiş iklimi olduğunu göstermektedir. Bilindiği üzere bir sahada yükseklik arttıkça sıcaklık azalmakta ve yağış artış göstermektedir. Havzadaki yükselti farkının 1.112 m olduğu düşünülürse havza tabanı ve yüksek kesimleri arasında dahi iklim şartlarının değişiklik gösterdiğinden söz etmek mümkündür. Havzada yüksek kesimler ve alçak kesimler arasında yağış ve sıcaklık bakımından farklı kademeler oluşmakta ve bu kademeler bitki örtüsünün de çeşitlenmesine imkân tanımaktadır. Havzanın tabanında ve kuzey kesimlerinde yağışların daha çok yağmur şeklinde düştüğü kışları yağışlı, yazları ise kurak geçen bir iklim hakimken, havzanın güney bölümünde yer alan dağlık kesimlerde kış aylarındaki yağışların kar şeklinde olduğu ve yazların daha kurak geçtiği bir iklim hakimdir. Yine Kuzey Anadolu Dağları'nın Yeşilirmak ve Kızılırmak tarafından Orta Karadeniz Bölümü'nde kuzey-güney yönlü parçalanması Karadeniz üzerinden gelen nemli hava kütlelerinin iç kesimlere kadar sokulmasını ve iç kesimlerin de önemli ölçüde yağış almasını sağlamaktadır (Coşkun, 1995). Dolayısıyla çalışma sahasının kuzeye bakan yamaçları da güneye bakan yamaçlarına göre daha gür bitki örtüsüne sahiptir. Kuzeye bakan yamaçlarda nemli, güneye bakan yamaçlarda ise

kuru ormanların yayılış göstermesi de bu sebeptir (Coşkun, 1995) Özetle havza içerisinde iklimin yukarıdaki sebeplerden ötürü lokal ölçekte değişiklik göstermesi bitki örtüsünün bu iklim şartlarına göre gelişmesine neden olmuş ve havzada kuzey-güney yamaçlarda ve dikeyde bitki örtüsü çeşitlilik kazanmıştır.

Ladik Gölü Havzası'ndaki doğal bitki örtüsü orman, çalı ve ot formasyonundan oluşmaktadır. Çalışma sahasında en çok yer kaplayan bitki örtüsü grubu 2021 yılı itibarıyla ormanlardır (%58,47). Ormanlar daha çok havzanın güneyinde yer almaktadır. Yine havzanın batısında ve doğusunda da önemli bir yayılış göstermektedirler. Ormanların tahrip edildiği yerlerde ise çalılıklardan ve ot formasyonundan oluşan bitkiler gelişmiştir. Ormanlar ve çalı türündeki bitkiler özellikle havzanın batı ve güneyindeki yüksek yerlerde yaylacılık faaliyetleri nedeniyle tahrip olmuş ve yerlerini mera alanlarına bırakmışlardır (Bahadır ve Uzun, 2021). Mera alanları da çalışma sahasında azımsanamayacak ölçüde yer kaplamaktadır (%23,39). Havza tabanından yükseldikçe bitki örtüsündeki kademeleri görmek mümkündür. Ladik ilçe merkezinden başlayarak 1.000-1.500 m yüksekliklerine kadar meşelerin, 1.500-2.000 m arası yüksekliklerde karaçam ve sarıçamların hakim olduğu orman formasyonu yer almaktadır (Coşkun, 1995). Ancak orman formasyonunun bittiği 2.000 m yüksekliğinden sonra sıcaklık şartlarının değişmesi orman üst sınırını burada sonlandırmış ve yerini mera alanlarına bırakmıştır.

3.2. Beşeri Coğrafya Özellikleri

Doğal afet yönetimi çalışmalarının her kademesinde insan vardır ve dolayısıyla bu çalışmalar insan odaklı olmalıdır. Bu bağlamda çalışma sahasını daha iyi tanıtmak, insanların mevcut ekonomik faaliyetlerini aktarmak, yaşadıkları mekânda ne kadar etkin olup/olmadıklarını ortaya koyabilmek ve bütün bu özellikleri afet yönetimi ile bütünleştirmek üzere bu bölümde Ladik Gölü Havzası'nın belirli beşeri coğrafya özellikleri hakkında öz bilgiler verilmiştir.

3.2.1. Nüfus ve Yerleşme

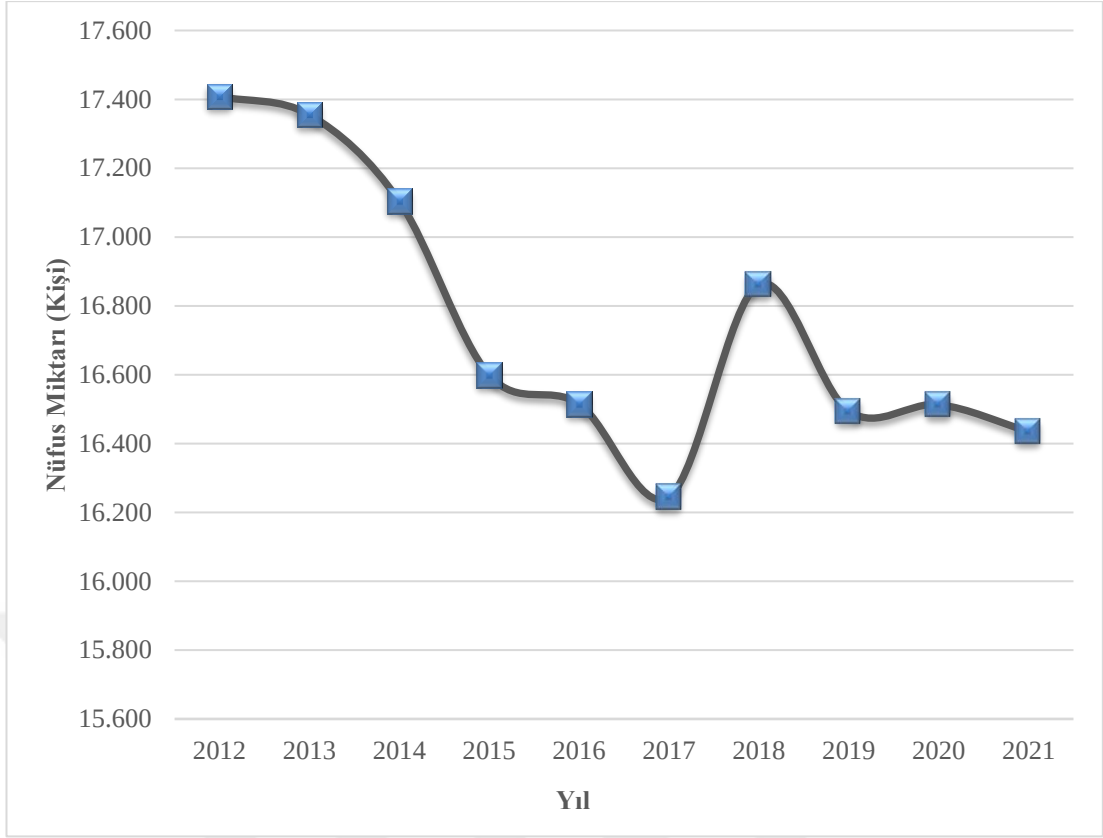
2021 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemine (ADNKS) göre havzanın bulunduğu Ladik ilçesinde toplam nüfus 16.435'tir (TÜİK, 2022). Nüfusun çoğunluğu Ladik ilçesinin merkez mahallelerinde yaşamaktadır. İlçe özellikle kırsal kesimlerden verdiği göç nedeniyle çok fazla olmasa da sürekli olarak nüfus kaybı yaşamaktadır ve bu nüfus kaybı son 10 yılda 973 kişi olarak kayıtlara geçmiştir. Çalışma alanındaki

nüfus 2012 yılından bu yana yaklaşık olarak %6 oranında azalmıştır (Tablo 3.12). Havzanın yüzölçümü 147,80 km² olup, km² başına havzada ortalama 111 kişi yaşamaktadır.

Tablo 3.12. Ladik Gölü Havzası'ndaki nüfusun yıllara göre değişim miktar ve oranları.

Yıl	Ladik İlçesi Toplam Nüfusu	Nüfus Değişim Miktarı (Kişi)	Nüfus Değişim Oranı (%)
2012	17.408	-143	-0,81
2013	17.355	-53	-0,30
2014	17.104	-251	-1,45
2015	16.599	-505	-2,95
2016	16.515	-84	-0,51
2017	16.245	-270	-1,63
2018	16.862	617	3,80
2019	16.494	-368	-2,18
2020	16.513	19	0,12
2021	16.435	-78	-0,47
TOPLAM		-973	-5,59

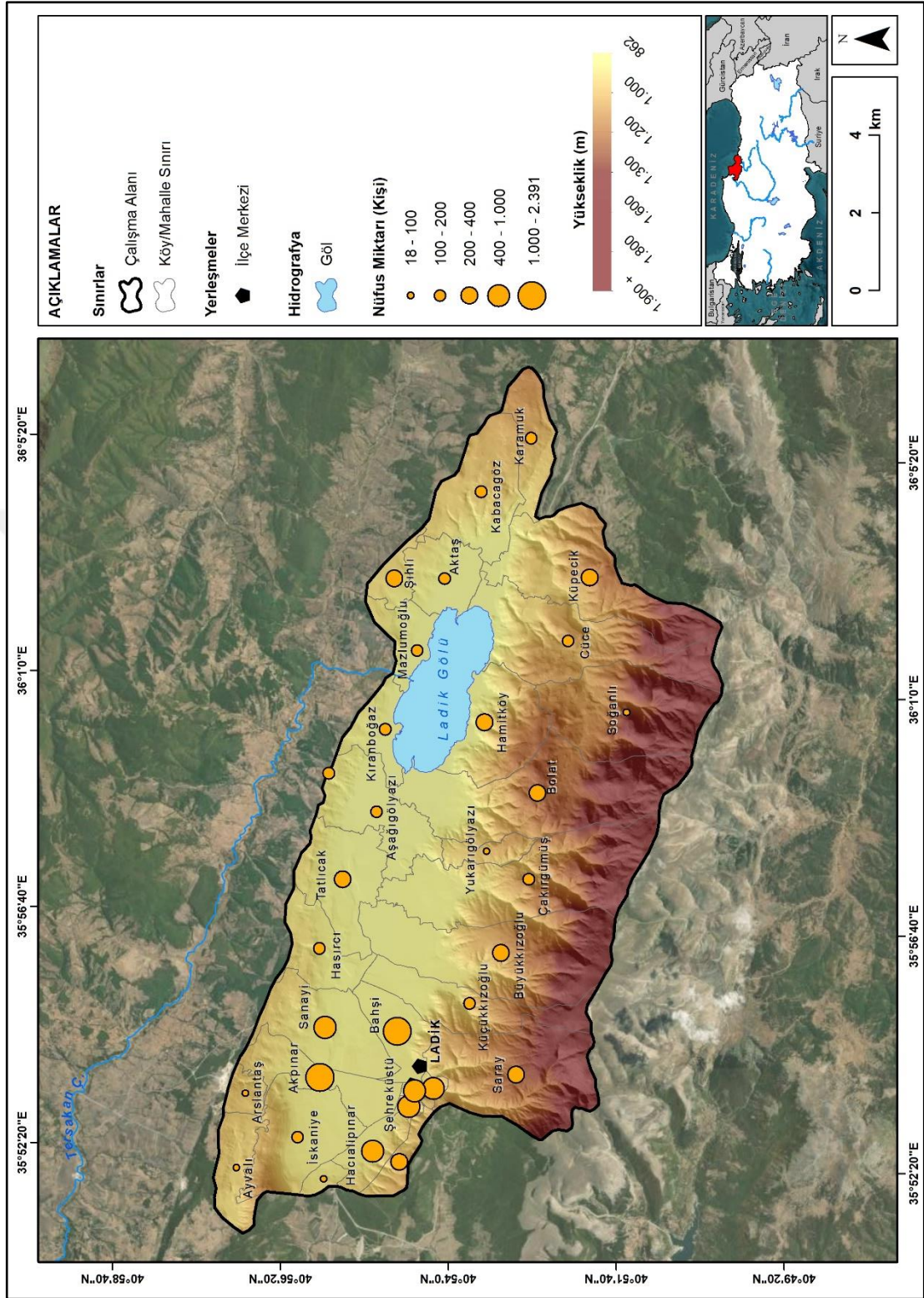
Çalışma sahasındaki nüfusun hem miktar hem de oran olarak değişimini daha iyi ifade edebilmek adına Ladik ilçesinin son 10 yıla ait (2012-2021) nüfus verileri incelenmiştir. 2012 yılında ilçenin toplam nüfusu 17.408 iken, 2021 yılında toplam nüfus 16.435'e kadar gerilemiştir. Her ne kadar ilçe kırsal kesimlerinden göç verse de son 10 yılda yaşanan 973 kişilik bir nüfus kaybı, nüfusun çok fazla azalmadığını ve nüfus dengesinin korunduğunu göstermektedir. Ancak yine de ilçede nüfus genel olarak bir azalış eğilimi sergilemektedir. Özellikle 2012-2016 yılları arasında bu seyir daha net görülmektedir. 2018 yılında ilçede bir önceki yıla göre nüfus 617 kişi artmış olsa da bu artış 2019 yılından itibaren tekrar azalış yönünde seyretmeye devam etmiştir. Yine koronavirüs salgının Türkiye'de ilk görüldüğü 2020 yılı mart ayından itibaren özellikle kırsal yerleşmelerde nüfusun artış eğilimine geçtiği, ancak salgın sonrası tekrar azalış yönünde seyrettiğini söylemek yanlış olmayacaktır. Özetle genel olarak ilçede ve dolayısıyla havzada belirli yıllarda kısmi artışlar olsa da nüfus her geçen yıl azalış göstermektedir (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Ladik Gölü Havzası'ndaki nüfusun yıllara göre dağılımı (2012-2021).

Çalışma sahası içerisinde Ladik ilçe merkezi dahil olmak üzere toplamda 18 adet yerleşme vardır (Ladik ilçe merkezi tek bir yerleşme olarak dikkate alınmıştır). Ancak Ladik ilçe merkezine bağlı merkez mahalleler de dahil edildiğinde çalışma sahasının Ladik ilçe sınırları içerisinde 31, Amasya ili sınırları içerisinde bir (1) (Karamuk Köyü) adet olmak üzere toplamda 32 adet yerleşme bulunmaktadır. Havza sınırları içerisinde yer alan yerleşmelerin %50'si havzanın depresyon alanında ya da dağ yamaçlarının alçak kesimlerinde bulunmaktadır. Bu yerleşmeler ortalama 862-1.000 m aralığında kurulmuşlardır. Havza içerisinde yüksek kesimlerde (1.200-1.300 m) yer alan tek yerleşme vardır; o da Akdağ doğal kaynak suyunun çıktığı Soğanlı Mahallesidir. Yine çalışma sahasında olup Amasya iline bağlı Karamuk Köyü de 1.100-1.200 m yükseklik kademesinde yer alan bir başka yerleşmedir (Şekil 3.26).

Araştırma sahasında yer alan yerleşmeler özellikle KAFZ'nin varlığı nedeniyle sürekli deprem riski altındadır. KAFZ'nin varlığı, havzada her an gerçekleşebilecek bir depremi gündeme getirirken, ova tabanı ve yamaçlarda yer alan yerleşmeler taşkın ve heyelan afetlerini, kırsal kesimde yer alan yerleşmelerdeki tarımsal faaliyetlerin varlığı da erozyon ve kuraklık afetlerini bütüncül doğal afet yönetimi kapsamında dikkate almamızdaki sebepler arasında yer almıştır.



Şekil 3.26. Ladik Gölü Havzası'ndaki yerleşmelerin nüfusu ve dağılışı.

3.2.2. Ekonomi

Çalışma sahasında ekonomi, tarım ve hayvancılık temelli yürütülmektedir. Ancak nakliye, madencilik, çimento, tekstil ve turizm faaliyetlerinin de ekonomide önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir (OKA, 2018). Çalışma sahası içerisinde

46,02 km²'lik bir tarım arazisi bulunmaktadır ve bu alan çalışma sahasının %31,14'lük bir kısmına karşılık gelmektedir. Bu kadar geniş tarım arazilerine sahip havzada tarımsal faaliyetler de kaçınılmaz olmuştur. Tarım arazilerinde başta buğday, arpa ve yulaf gibi ürünler yetiştirilmektedir. Bu ürünleri yanı sıra mısır, şeker pancarı ve ayçiçeği tarımı da gerçekleştirilmektedir. Havzada iklim şartlarının kıyı kuşağına göre daha karasal olması ve yazları yaşanan sıcak ve kuru havaların etkisi ile kuru tarım faaliyetlerinin havza geneline yayıldığı görülmektedir. Havzada tahıl tarımı oldukça yaygındır. Özellikle buğday tarımı tahıllar arasında havza sınırları içerisinde ticari potansiyeli en yüksek tarım ürünü olarak ilk sırada yer almaktadır. Arpa ve yulaf da havzada üretilen diğer tahıl ürünleridir. Çalışma sahasında ticari olarak üretilen bir diğer ürün de ayçiçeğidir. Ticari faaliyetin dışarısında tutulup yöre halkının tamamıyla kendi ihtiyaçları için ürettikleri bir diğer tarım ürünü de mısırdır. OKA'nın 2018 yılı Ladik ilçesi raporuna göre havza sınırları içerisinde üretimi yapılan ve ticari bir ürün olarak kullanılan bir diğer ürün de şeker pancarıdır.

Havzadaki bir diğer temel geçim kaynağı hayvancılıktır (Bahadır ve Uzun, 2021). Havzanın sahip olduğu mera alanları sayesinde (%15,83) büyükbaş (sığır ve manda) ve küçükbaş (koyun) hayvan yetiştiriciliğine de elverişli bir ortam sunmaktadır. Özellikle havzanın alçak kesimlerinde yer alan mera alanları hayvan yetiştiriciliğinde tercih edilmektedir. Yine kırsal kesimde yer alan yerleşmelerdeki hanelerde kümes hayvancılığının da yapıldığını söylemek mümkündür.

OKA'nın 2018 yılı Ladik ilçe raporuna göre Akçansa Çimento Sanayi A.Ş. adıyla faaliyet gösteren fabrika çalışma sahasının önemli ekonomik tesisleri arasında yer almaktadır. Bu fabrikada 250 kişi üzerinde istihdam sağlanmakta olup, klinker, çimentonun yanı sıra bünyesindeki kağıt fabrikasında yaklaşık 30 milyon adet kağıt torba üretilmektedir. Havza sınırları içerisinde yer alan bir diğer önemli tesis ise Soğanlı Yaylası'ndan çıkan kaynak suyunu kullanarak üretim gerçekleştiren Ladik Akdağ Doğal Kaynak Suyu fabrikasıdır. 50 kişinin üzerinde istihdam sağlanan fabrikada değişik ebatlarda pet şişe üretimi gerçekleştirilmekte ve saate 65.000 şişe dolum kapasitesiyle çalışma sahasında önemli bir ekonomik gösterge oluşturmaktadır. Çalışma sahasında yer alan Ladik ilçesinde nakliyecilik sektörünün de gelişmesiyle 1999 yılında küçük bir sanayi sitesi tesis edilmiştir. Yine Ladik ilçesinde yerel bir girişimle kurulan 250 ortaklı Ladik Tekstil Sanayi A.Ş. havza ekonomisinin temel taşlarından birini oluşturmaktadır. Bu kuruluşta ağırlık olarak mobilya kaplama

ürünleri ile örtü ürünleri imal edilmektedir. Yine sanayi sitesi içerisinde yer alan Arı Tekstil isimli firma ve 2016 yılında kurulan Şehitoğlu Tekstil isimli firmalar çalışma sahasında 100 kişinin üzerinde istihdam sağlamaktadır.

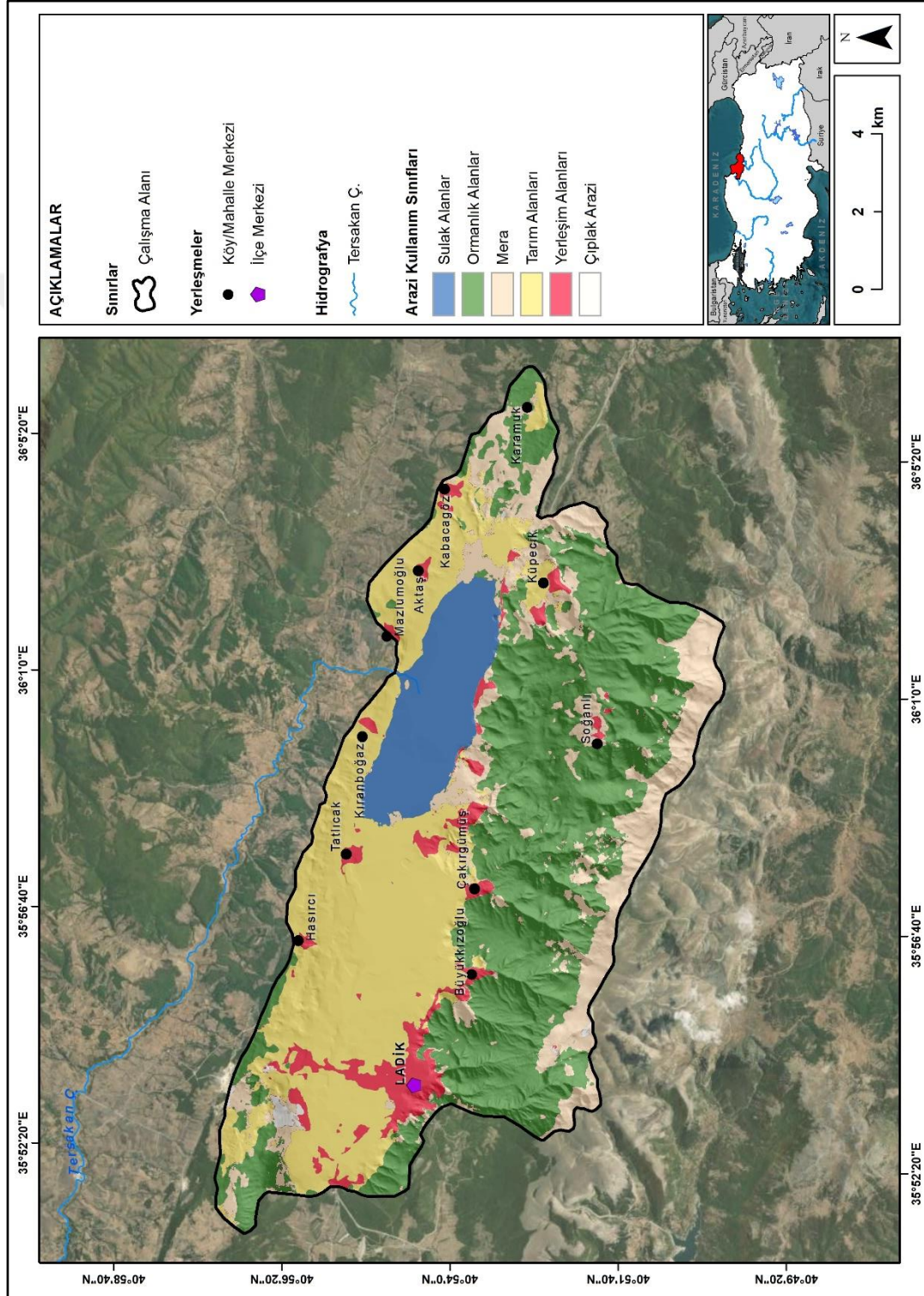
Ladik Gölü Havzası sınırları içerisindeki en önemli ekonomik unsurlardan bir diğeri de turizmdir. Çalışma sahasında yer alan Akdağ Kayak Merkezi kış sporları, Hamamayağı merkezli kaplıcalar ile özellikle havzanın güneyindeki yüksek kesimlerde yer alan yaylalar, Ladik ilçesinin turizmüne önemli ölçüde katkı sağlayan unsurlar olarak ön plana çıkmaktadır. Ayrıca eskisi kadar olmasa da Ladik Gölü üzerinde oluşan yüzen adalar sahanın bir diğeri ilgi çekici turizm destinasyonunu oluşturmaktadır. Göl çevresi yaz aylarında mesire yeri olarak yöre halkı tarafından kullanılırken, gölde olta balıkçılığı da yapılmaktadır. Ancak havzanın turizm açısından bu potansiyelinin henüz istenilen türde ekonomik getirileri olmadığı OKA'nın 2018 yılı Ladik ilçe raporunda belirtilmektedir.

3.2.3. Arazi Kullanımı

Ladik Gölü, Türkiye'nin ve Orta Karadeniz Bölümü'nün önemli sulak alanlarından birisidir (Bahadır ve Uzun, 2021). Sulak alanların varlığı çevresindeki canlı yaşamının devamı, çeşitliliği, tarımsal faaliyetlerin devam ettirebilmesi vb. birçok durum için önem arz etmektedir. Ayrıca arazinin mevcut durumunun bilinmesinde, yanlış arazi kullanımının tespitinde ve alınacak önlemlerin belirlenmesinde önemlidir (Turan, 2016). Bu sebeple havzadaki arazi kullanımını açıklamak yöredeki en önemli tatlı su kaynağı olan Ladik Gölü'nün önemini daha net ortaya koymayı sağlayacaktır.

Havzadaki arazi kullanım türlerinin oluşturulmasında Impact Observatory, Microsoft ve Esri firmaları tarafından üretilen 10 m yersel çözünürlüğe sahip Sentinel-2 uydusuna ait 2017-2021 arası uydu görüntülerinden yararlanılmıştır (Karra et al., 2021; Esri, 2022). "Sentinel-2 10 m Arazi Kullanımı" adı verilen bu veri uluslararası ölçekte arazi kullanımı katmanlarını içermektedir ve her yıl Impact Observatory'nin derin öğrenme modelinin kullanıldığı Yapay Zekâ-Artificial Intelligence (AI) sınıflandırma algoritması ile milyarlarca pikselden oluşan bir veri setinden üretilmektedir. Derin öğrenme modeli 6 banttan oluşan Sentinel-2 uydusuna ait yüzey yansıma verisini kullanmaktadır; görünür mavi, yeşil, kırmızı, yakın kızılötesi ve iki adet kısa dalga kızılötesi. Sonuç haritası ise bu farklı dört (4) yıla ait birden fazla

görüntünün yapay zekâ algoritması ile çalıştırılarak üretilmektedir. Algoritmada 9 farklı arazi sınıfı tanımlanmıştır; sulak alan, ormanlık alan, bataklık, tarım alanları, yerleşim alanları, çıplak arazi, mera, kar/buzul, bulutlar. Ladik Gölü Havzası'nda ise arazi kullanımı beş (5) farklı sınıfa ayrılmıştır. Bunlar; sulak alanlar, orman alanları, mera, tarım alanları, yerleşim alanları ve çıplak arazi şeklindedir (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. Ladik Gölü Havzası arazi kullanım sınıfları haritası.

Ladik Gölü Havzası'nda en geniş yer kaplayan arazi kullanım sınıfı orman olanlarıdır; ormanlar 147.80 km²'lik sahada 58,47 km²'lik bir alana sahiptir (Tablo 3.13). Bu alan çalışma sahasının neredeyse %40'ına karşılık gelmektedir (Şekil 3.30). Orman alanlarının bu denli fazla olmasındaki en büyük etmenlerin başında boş kalan tarım arazilerinin zamanla yetişen ağaçlarla kaplanması gelmektedir (Bahadır ve Uzun, 2021). Ormanlar çalışma sahasının güneyinde göl kenarından başlayarak Akdağ ve Karaömer Dağı'nın kuzey yamaçlarında 1.500 m'lere kadar çıkmaktadır. Yine havzadaki ormanlar başta karaçam ve sarıçam olarak üzere, kayın, gürgen ve çeşitli meşe türlerine sahiptir. Ormanlar yöre halkı için hem geçmiş dönemlerde ahşap meskenlerin yapımında hammadde hem de ısınma açısından odun ve ticari anlamda kerestecilik için önemli bir unsuru teşkil etmektedir.

Tablo 3.13. Ladik Gölü Havzası'ndaki arazi kullanım sınıflarının kapladığı alan ve oranlar.

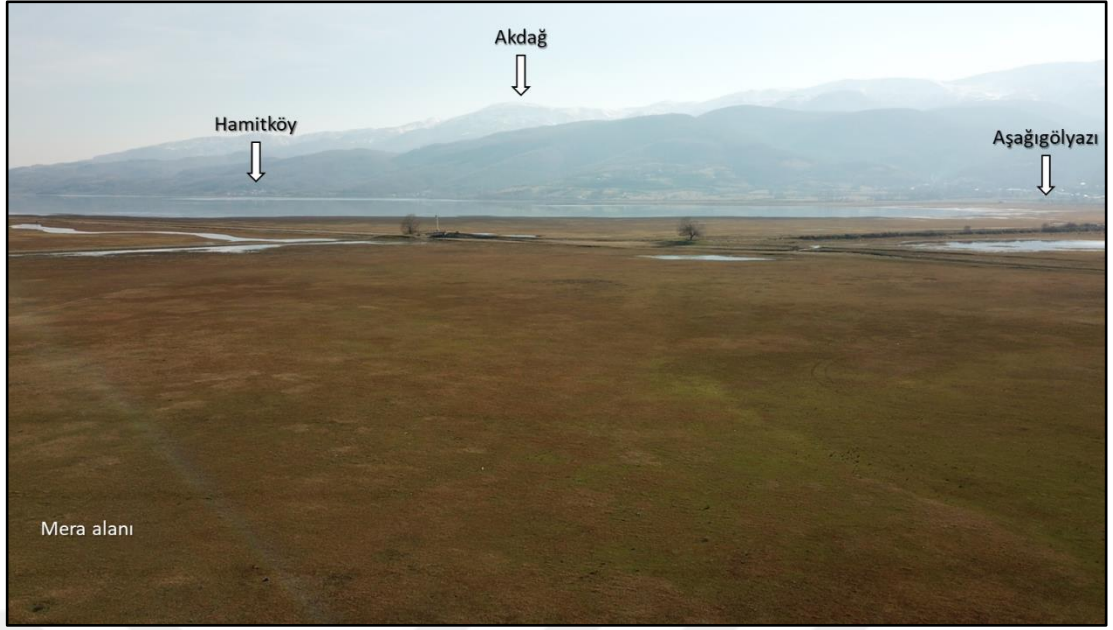
Arazi Kullanım Türü	Kapladığı Alan (km ²)	Çalışma Alanı İçindeki Oranı (%)
Sulak Alanlar	11,71	7,92
Ormanlık Alanlar	58,47	39,56
Tarım Alanları	46,02	31,14
Yerleşim Alanları	7,69	5,20
Çıplak Arazi	0,52	0,35
Mera	23,39	15,83
TOPLAM	147,80	100

Havzada ormanlardan sonra en fazla alan kaplayan arazi kullanım sınıfı 46,02 km² ile tarım alanlarıdır (Tablo 3.13). Bu alan çalışma sahasının neredeyse %30'una karşılık gelmektedir (Şekil 3.30). Havza sınırları içerisinde en önemli geçim kaynağının tarım olduğu düşünülürse tarım alanlarının neden bu denli yer kapladığı daha net anlaşılmaktadır. Tarım alanları çoğunlukla havzanın depresyon alanındaki düzlüklerde, havzanın batısında görülmekte ve aynı zamanda yerleşmeler ile iç içe bulunmaktadır (Şekil 3.28). Depresyon alanında arazinin düz olması, Ladik Gölü'nün varlığı, yer altı suyu kaynakları, alüvyal toprakların yer alması ve iklime uygun şartlar sergilemesi bu alanın tarıma elverişli bir ortam oluşmasında etkili olmuştur (Bahadır ve Uzun, 2021).



Şekil 3.28. Havzanın kuzeyinde yerleşmeler ile iç içe yer alan tarım arazileri.

Havzada kapladığı alan bakımından üçüncü sırada yer alan arazi kullanım sınıfı meralardır; 23,39 km²'lik bir alana sahiptir (Tablo 3.13). Bu alan çalışma sahasının neredeyse %16'sına karşılık gelmektedir (Şekil 3.30). Ancak havzada yaz aylarının kurak geçmesi ve tarımda aşırı su kullanımı Ladik Gölü'nün yüzey alanın küçülmesine ve dolayısıyla havzanın tabanında mera alanlarının yaygınlaşmasına sebep olmuştur (Bahadır ve Uzun, 2021), (Şekil 3.29). Ayrıca yüksek kesimlerdeki ormanlık ve çalılık alanların yaylacılık faaliyetleri ile tahrip olması nedeniyle mera alanlarının Akdağ ve Karaömer Dağı'nın yüksek kesimlerine doğru artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 3.27). Bu sebeple havzadaki mera alanları çoğunlukla havzanın güneyinde yüksek kesimlerde yayılış göstermektedir.



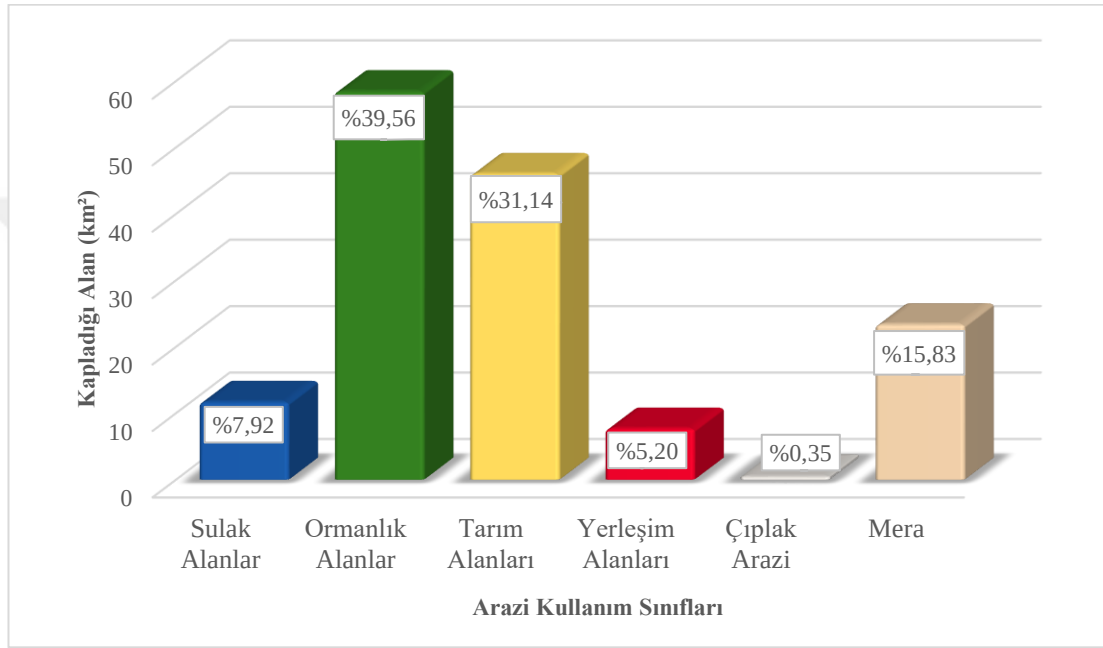
Şekil 3.29. Su seviyesinin azalması sonucu Ladik Gölü çevresinde oluşan mera alanları.

Havzada yöre halkının tek tatlı su kaynağı olan Ladik Gölü ve çevresi en önemli sulak alanı teşkil etmektedir. Bu alan havzada 11,71 km²'lik bir genişliğe sahiptir (Tablo 3.13; Şekil 3.27). Bu alan çalışma sahasının neredeyse %8'ine karşılık gelmektedir (Şekil 3.30). Ladik Gölü barındırdığı potansiyel ile hem ulusal hem de yerel ölçekte önemli bir sulak alandır (Bahadır ve Uzun, 2021). Ancak son zamanlarda yaşanan kuraklık ve göl suyunun tarımsal faaliyetlerde aşırı derecede kullanımı her geçen gün göl alanının daralmasına sebep olmaktadır. Bu durum, Ladik Gölü için geçen her dakika göl alanının daha da küçülmesi ve yörenin en önemli su kaynağının yok olması anlamını güçlendirmektedir. Bu sebeple sahadaki 2021 yılı verilerine göre sahip olduğu %7,92'lik oranın azalmaması, hatta artması için planlamaların yapılması gerekmektedir.

Havzada arazi kullanım sınıfları arasında önemli bir yere sahip olan diğer sınıf ise yerleşim alanlarıdır; kapladığı alan 7,69 km²'dir (Tablo 3.13). Bu alan çalışma sahasının %5,20'sine karşılık gelmektedir (Şekil 3.30). Esasında çalışma kapsamında ele alınan doğal afet yönetimi için kaynak noktası bu alanlardır. Çünkü insan, afet çalışmalarında merkeze konulan en önemli unsurdur. Dolayısıyla yerleşim alanları çalışmanın en yüksek afet etki değerine sahip bir parametresi olarak düşünülmüştür. Sahanın yerleşme özelliklerinde detaylıca anlatıldığı üzere Soğanlı ve Karamuk köyleri dışında tüm yerleşmeler havza tabanında yer almaktadır (Şekil 3.26). Havzadaki yerleşim alanlarının daha çok ilçe merkezinde yoğunlaştığı ve havzanın

kuzeyi ile güneyindeki dağların yamaçlarında ve vadi tabanlarında yer aldığı görülmektedir (Şekil 3.27).

Çalışma sahası içerisinde en az yer kaplayan arazi kullanım sınıfı ise çıplak arazilerdir; 0,52 km²'lik bir alana sahiptir (Tablo 3.13). Bu alan çalışma sahasının %0,35'ine karşılık gelmektedir (Şekil 3.30). Bu arazi kullanım sınıfı çoğunlukla havzanın kuzeybatısında yer almakla birlikte Akdağ'ın zirve kesimlerinde de görülmektedir (Şekil 3.27).



Şekil 3.30. Ladik Gölü Havzası'ndaki arazi kullanım sınıflarının alansal dağılımı.

4. DOĞAL AFET DUYARLILIK ANALİZLERİ

Bu bölümde çalışma kapsamında ele alınan deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık afetlerinin potansiyel etki alanlarını belirleyebilmek için duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar; düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olacak şekilde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır. Ayrıca ilgili doğal afetlerin potansiyel duyarlılık analizlerinin yanı sıra geçmiş dönemlerdeki gerçekleşme durumları hakkında da bilgi verilmiştir.

4.1. Deprem Duyarlılık Analizi¹

İnsanlığın en büyük sorunlarından birisi doğal afetlerdir. Bu doğal afetler arasında insanlığı en çok tehdit edenlerinden biri depremlerdir. Depremler nerede gerçekleşirse gerçekleşsin doğrudan ya da dolaylı olarak insan yaşamını kısa/uzun süreli etkilemektedir. Depremlerin gerçekleşmesine engel olmak mümkün olmasa da deprem öncesi gerçekleştirilecek risk yönetimi kapsamında; halkın her daim deprem konusunda bilgilendirilmesi, dönemsel deprem tatbikatlarının yapılması, yerel olarak deprem planlarının hazırlanması, daha önemlisi depreme dayanıklı yapılar inşa edilmesi, erken uyarı sistemlerinin hayata geçirilmesi ve deprem duyarlılık analizlerinin gerçekleştirilmesi hayati önem taşımaktadır. Günümüzde depreme dayanıklı yapıların inşası bir yandan devam ederken, depremi önceden tahmin etmek için başarıya ulaşmış erken uyarı sistemlerinden bahsetmek oldukça güçtür. Bu duruma rağmen risk yönetiminin aksamaması ve sağlıklı bir plan dahilinde yürütülebilmesi için bu çalışmaların başarı olgunluğuna erişene kadar devam etmesi gerekmektedir. Bununla birlikte son zamanlarda yine risk yönetimine katkı sağlayacak deprem duyarlılık analizi çalışmaları da önem kazanmıştır. Deprem öncesi duyarlılık sınıflarının belirlendiği analizler depreme dayanıklı yapıların nereye inşa edileceği ve yerleşmelerin nerede kurulacağı gibi önemli hususlara altlık oluşturmakta ve fikir vermektedir. Deprem duyarlılık analizi kapsamında Ladik Gölü Havzası'nda deprem duyarlılık sınıflarının belirlenmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Prosesinden (AHP) yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında saha ile ilgili erişilebilen eğim, litoloji, fay hatlarına uzaklık, en büyük yer ivmesi, yeryüzü şekilleri

¹ OMÜ 09.12.2021 tarihli ve 2021/325 karar numaralı senato kararı gereği doktora programlarında öğrenim gören öğrencilerden tez sınavı öncesi yayın yapmış olma şartını yerine getirmek için çalışmanın bu bölümünden “CBS Teknikleri Kullanılarak Deprem Duyarlılık Analizi için Analitik Hiyerarşi Prosesi: Samsun Ladik Gölü Havzası Örneği, Türkiye” isimli araştırma makalesi üretilmiş ve 25.12.2022 tarihinde yayımlanmıştır. DOI: <http://dx.doi.org/10.29228/kesit.64705>

ve zeminin geçirimsizlik durumu olmak üzere altı (6) coğrafi faktör dikkate alınmıştır. Tüm bu coğrafi faktörler alt kriterlere ayrılmış ve deprem duyarlılık analizinde kullanılmak üzere her ana coğrafi faktör ile alt kriteri için ağırlık oranları hesaplanmıştır. AHP ile hesaplanan ağırlık oranları CBS teknikleriyle ana coğrafi faktörlere uygulanmış ve ağırlıklı çakıştırma aracı (weighted overlay) ile deprem havzanın duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Nihai sonuç düşük, orta, yüksek ve çok yüksek şeklinde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır. Yapılan bu gruplamaya göre Ladik Gölü Havzası'nda 42,99 km²'lik alan deprem duyarlılığı açısından çok yüksek, 15,65 km²'lik alan yüksek, 39,32 km²'lik alan orta ve 49,84 km²'lik alan da düşük duyarlılıkta çıkmıştır. Bu değerler yerleşme dönemi boyunca en büyük depremi 26 Kasım 1943 tarihinde (Mw 7,2 büyüklüğünde) yaşamış olan Ladik Gölü Havzası'nın hala deprem duyarlılığı açısından önemli bir potansiyel barındırdığını göstermektedir.

4.1.1. Giriş

Depremler insan hayatını doğrudan etkileyen doğal olayların başında gelmektedir. İnsan yaşamında çok kısa süreler içerisinde çok önemli değişikliklere; yıkımlara, can ve mal kayıplarına sebep olan depremlerin önceden tahmin edilmesi ve afet öncesi etki alanlarının belirlenmesi gerekmektedir. Ancak depremleri günümüz teknolojisine rağmen önceden tahmin etmek oldukça zordur. Bu yönüyle depremler, insan yaşamına etki etmesi bakımından diğer doğal olaylardan ayrılmaktadır. Zira diğer doğal olayları (taşkın, heyelan, çığ vb.) gerçekleşmeden belirli bir süre önce tahmin etmek mümkünken, depremler aniden gerçekleşmekte ve büyüklük/şiddetlerine göre etki alanları bir ülkenin onlarca şehri olabilmektedir. Bu zorluğa rağmen etkilerinin son derece yıkıcı olması ve uzun sürmesi nedeniyle günümüzde depreme maruz kalan birçok ülke arasında, başta A.B.D. ve Japonya gibi gelişmiş ülkelerde deprem erken uyarı sistemleri kurulmaya ve yaygınlaştırılmaya çalışılmaktadır (Şentürk ve Aktuğ, 2020). Depremlerin başlamadan kısa süre içerisinde tahmin edilmesi; deprem erken uyarı sistemlerinin kurulması ve yaygınlaştırılması, deprem öncesindeki ve deprem esnasındaki muhtemel olumsuz etkilerin minimum seviyede tutulması, deprem öncesi risk ve deprem sonrası kriz yönetiminin daha sağlıklı planlanabilmesi adına önem arz etmektedir. Depremlerin önceden tahmin edilmesi konusu bu denli önemliyken, maalesef kurulan deprem erken uyarı sistemlerinde henüz istenen olgunluğa erişilememiştir. Yapılan çalışmalar arasında deprem erken uyarı sisteminin başarılı olarak gösterildiği tek örneğin 11 Mart

2011’de meydana gelen Mw 9,0 olan Tohoku depremi olduğu söylenmektedir (Şentürk ve Aktuğ, 2020). Bu deprem için oluşturulan deprem erken uyarı sistemi sayesinde 11 adet hızlı trenin ve 16.700 adet asansörün deprem gerçekleşmeden saniyeler önce durdurulduğu belirtilmektedir (Şentürk ve Aktuğ, 2020). Yapılan çalışmalarda elde edilen tek başarılı deprem erken uyarı sistemi bulunmasına rağmen dünyada deprem erken uyarı sistemi çalışmaları yine de devam etmektedir. Şentürk ve Aktuğ (2020)’a göre dünya geneline bakıldığında bu çalışmaların hem sismoloji (Cua and Heaton 2007; JMA 2007; Böse et al., 2009; Kuyuk et al., 2014) hem de GNSS merkezli yürütüldüğü görülmektedir (Böse et al., 2013; Grapenthin et al., 2014, Minson et al., 2014; Crowell et al., 2016; Kawamoto et al., 2016).

Küresel ölçekte neredeyse tüm ülkeler çeşitli doğal afetlerin etkisi altındadır. Belki de bu doğal afetlerin en tahripkarı depremlerdir. Türkiye de başta deprem olmak üzere farklı doğal afetlerin etkisine maruz kalan bir ülkedir. İstatistikler göstermektedir ki; Türkiye’de en çok yaşanan doğa kaynaklı olay depremdir (AFAD, 2022). 2020 yılı içerisinde Türkiye’de gerçekleşen 905 adet doğa kaynaklı olayın 321 tanesi deprem olarak kayıtlara geçmiştir (Tablo 4.11; AFAD, 2022).

Tablo 4.1. Türkiye’de 2020 yılında gerçekleşen doğa kaynaklı olaylar (AFAD, 2022).

Doğa Kaynaklı Olay	Adet	Oran (%)
Çığ	11	1,22
Deprem	321	35,47
Diğer (Fırtına, Dolu vb.)	270	29,83
Heyelan	107	11,82
Kaya Düşmesi	17	1,88
Obruk	2	0,22
Sel/Su Baskını	177	19,56
TOPLAM	905	100

Türkiye bulunduğu konum itibarıyla aktif fay kuşaklarının olduğu bir ülkedir. Bu durum Türkiye’de depremlerin sıkça yaşanmasına sebep olmaktadır. Anadolu’da önemli fay kuşakları vardır ve bunlardan bir tanesi de çalışma alanı ile yakından ilgili olan Kuzey Anadolu Fayı Zonu’dur. KAFZ, çalışma sahasında büyük deprem üretebilecek en önemli faydır ve tarihsel süreç içerisinde çok sayıda büyük deprem üretmiş bir özelliğe sahiptir. KAFZ üzerinde geçmişte; 1939 Erzincan (Mw 7,9 büyüklük), 1942 Erbaa (Mw 7,0 büyüklük), 1943 Ladik (Mw 7,2 büyüklük), 1944 Bolu (Mw 7,2 büyüklük), 1951 Kurşunlu (Mw 6,9 büyüklük), 1953 Yenice-Gönen (Mw 7,2 büyüklük), 1957 Abant (Mw 7,1 büyüklük), 1964 Manyas (Mw 7,0

büyüklik), 1966 Varto (Mw 6,5 büyüklik), 1967 Adapazarı (Mw 6,8 büyüklik), 1976 Çaldıran (Mw 7,5 büyüklik), 1992 Günebakan-Erzincan (Mw 6,8 büyüklik), 1999 Gölcük (Mw 7,4 büyüklik), 1999 Düzce (Mw 7,2 büyüklik), 2003 Pülümür (Mw 6,1 büyüklik) ve 2003 Kurtuluş-Bingöl (Mw 6,4 büyüklik) depremleri gerçekleşmiştir (Sür, 1993; Arslan, 2020; URL-9). Bahsi geçen bu depremlerde büyük can ve mal kayıpları meydana gelmiştir. Ayrıca günümüzde gündemden düşmeyen ve olması beklenen İstanbul depreminin de KAFZ'nin etkisi ile meydana gelebileceği düşünülmektedir (Arslan, 2020).

Deprem duyarlılık analizi için tercih edilen yöntemlerin başında AHP gelmektedir ve literatürde AHP kullanılarak deprem duyarlılık analizinin gerçekleştirildiği çalışmalara rastlamak mümkündür (Nath et al., 2008; Nath and Thingbaijam, 2009; Anbazhagan et al., 2010; Ganapathy, 2011; Erden and Karaman, 2012; Değerliyurt, 2013a; Panahi et al., 2014; Özşahin, 2014a; Karaman and Erden, 2014). Ancak bu çalışmalarda sadece AHP kullanılarak CBS ortamında deprem duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen deprem duyarlılık analizi çalışmasında ise sadece duyarlılık analizi gerçekleştirilmemiştir. Aynı zamanda elde edilen deprem duyarlılık haritası diğer paydaşların kullanımına açılarak tasarlanan web ve mobil uygulamalarda bir bilgilendirme aracı olarak da kullanılmıştır. Böylece yöre halkı ya da karar vericiler deprem afeti öncesi havza sınırları içerisinde nerelerin depreme karşı duyarlı olup olmadığını görebilecek ve ortaya çıkması muhtemel problemlere çözüm için tedbirler alabilecektir. Deprem duyarlılık analizi tez kapsamında planlanan bütüncül doğal afet yönetiminin ilk ayağını oluşturmaktadır. Burada konunun özünden uzaklaşılması için sadece deprem duyarlılık analizi üzerinde durulmuştur.

Olası bir deprem afeti öncesinde erken uyarı sistemi ne kadar önemliyse depremin etki edeceği alanları da tahmin etmek o denli önemlidir. Bu sebeple depremler gerçekleşmeden önce etki edebileceği alanları belirlemek, bu alanları duyarlılık durumlarına göre sınıflandırmak ve sonuçlarını ilgili paydaşlara hem basılı hem de dijital olarak sunabilmek için potansiyel deprem duyarlılık analizlerinin yapılması gerekmektedir. Yapılacak olan bu tür çalışmalar depremlerin olası etkilerinin değerlendirilmesi, afet esnasında ve sonrasında meydana gelebilecek problemlerin çözümü ve yerleşim alanları için uygun yer seçimlerinde önemli bir karar verme aracı olarak kullanılmaktadır (McGuire, 2001; Özşahin, 2014a). Ayrıca bu tür

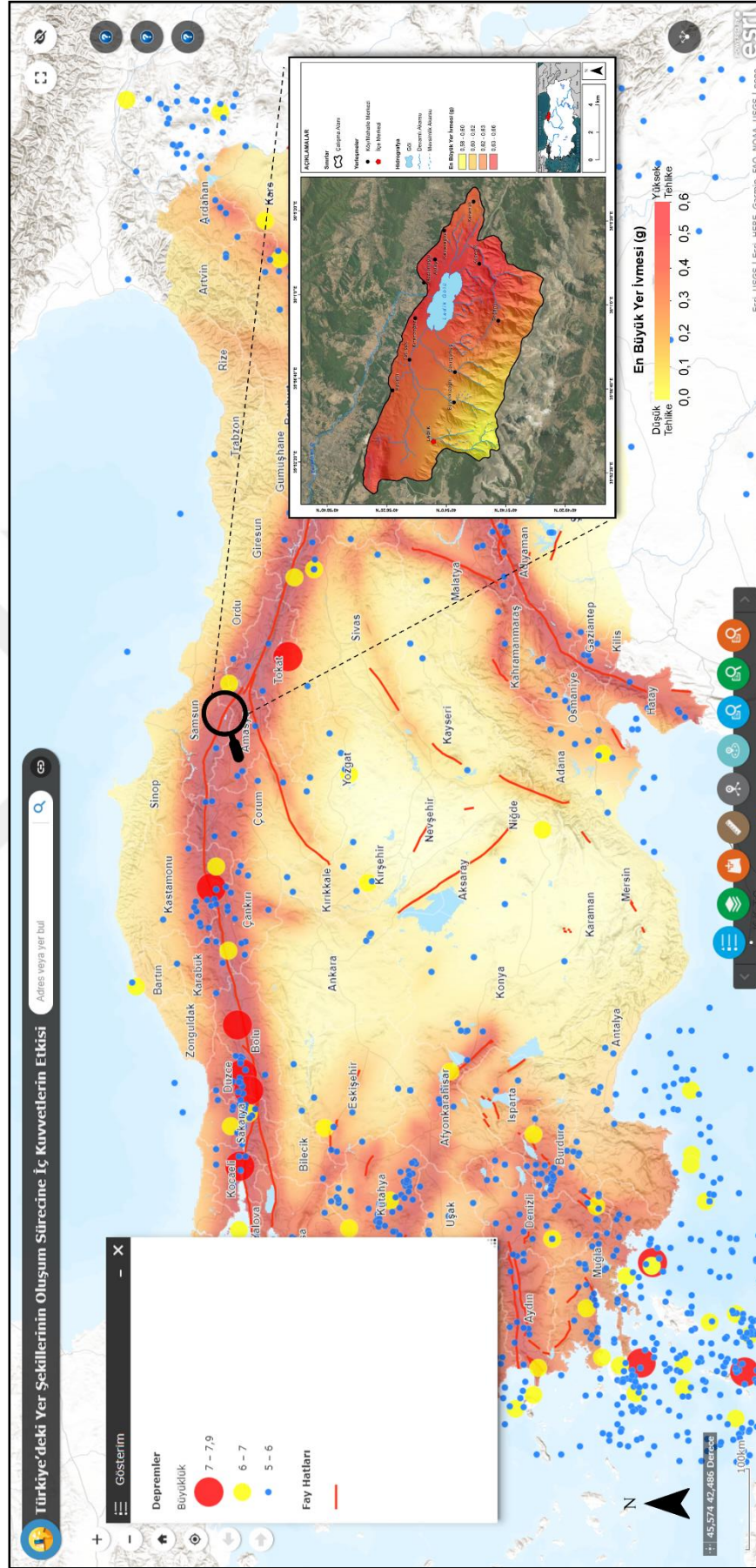
alışmalar, depremlerin olası etki alanlarını belirlerken kullanılan parametreler arasındaki mekânsal ilişkiyi ortaya koyabilmek adına da önemlidir. Çünkü depremlerin olası etki alanlarının sınıflandırılarak belirlenmesi ve hem görsel hem de istatistiksel veya matematiksel olarak mekânsal analiz sonuçlarının ortaya konmasına da ihtiyaç vardır (Musson and Henni, 2001; Tağıl ve Alevkayalı, 2013; Özşahin, 2014a). Bu ihtiyaç doğrultusunda; verilerin bir coğrafi veri tabanında toplanabilmesi, gerektiğinde hızlıca güncellenebilmesi, sonuçlarının web ortamında ilgili paydaşlara sunulabilmesi ve çalışmanın nihai sonuç ürünü olan web ve mobil uygulamalarda kullanılabilmesi için çalışma kapsamında Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniklerinden yararlanılarak deprem duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir.

4.1.2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın önceki bölümlerinde araştırma sahasının yeri, sınırları, kapsamı ve kullanılan yöntemler detaylıca açıklanmış, veriler (materyal) ise genel hatları ile ifade edilmişti. Bu sebeple bu bölümde sadece deprem afeti özelinde kullanılan veriler etraflıca açıklanmış ve çalışma sahasının depremselliği üzerinde durulmuştur.

4.1.2.1. Araştırma Sahasının Depremselliği

Çalışma sahasında deprem olayı incelendiğinde KAFZ'nin Ladik Gölü Havzası'nın hemen kuzeyinden geçmesi dikkati çeken ilk detaydır. KAFZ'nin varlığı çalışma sahası için meydana gelmesi muhtemel büyük depremler bakımından bir tehdittir. Ancak bu tehdide rağmen havzada geçmişte sadece bir (1) adet büyük deprem meydana gelmiştir (26 Kasım 1943 tarihinde Mw 7,2). Yine AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritasına göre Ladik Gölü Havzası yüksek tehlike içeren lokasyonda bulunmaktadır (Şekil 4.1). Dolayısıyla çalışma sahası gerçekleşmesi muhtemel büyük deprem ya da depremlere yine sahne olabilir durumdadır.



Şekil 4.1. Ladik Gölü Havzası'nın deprem tehlike haritası (AFAD, 2018a).

1943 yılında gerçekleşen Ladik depremi tarihsel süreç içerisinde kayıtlara geçen ve havza sınırları içerisinde etkisini gösteren en büyük depremdir. 26 Kasım günü gerçekleşen bu depremin merkez üssü Cömert-Ilgaz (Çankırı) arasındadır (Enlem: 41°3'4", boylam: 33°43'14"). Ancak en çok etkilediği yerleşme Ladik ilçesi olduğu için çoğunlukla Ladik depremi olarak ifade edilmektedir. Depremin yüzeyle yakın olması (10 km derinlik) etki alanının büyük olmasına neden olmuştur. Bu depremde Amasya'nın Taşova ve Çankırı'nın Ilgaz ilçeleri arasında toplamda 45.000 km²'lik bir alan etkilenmiş, deprem esnasında 4.000'in üzerinde insan hayatını kaybetmiş (Erturaç, 2009) ve 5.000'e yakın insan da yaralanmıştır (AFAD, 2022). Bu deprem sadece can kayıplarına sebep olmamış, aynı zamanda önemli maddi hasara da yol açmıştır. 26 Kasım 1943 depremi, etkilediği alanda 23.000'in üzerinde evin yıkılmasına sebep olmuş (Arslan, 2020) ve Taşova ile Ilgaz arasındaki tüm yerleşmeler bu deprem nedeniyle harap olmuştur (Şekil 4.2). Büyük kayıpların yaşandığı bu depremde binaların %75'i yıkılmış, karayolları, tren yolları ve telgraf hatları onarılamayacak şekilde hasar görmüştür (AFAD, 2022).



Şekil 4.2. 26 Kasım 1943 Ladik depreminin Ladik ve çevre yerleşmelere etkileri (URL-10).

4.1.2.2. Veri

Türkiye’de meydana gelen depremlerin hem can hem mal kayıplarına sebep olduğu bilinen bir gerçektir. Deprem kaynaklı hasarların artması ya da azalmasında

özellikle zemin şartları, bir başka ifadeyle jeolojik şartlar ve inşa edilen yapılarda kullanılan malzeme son derece önemlidir. Ancak gerçekleştirilen yapılaşma çalışmalarında bu faktörlerin göz ardı edildiği görülmektedir (Sönmez, 2011). Yine depremlerin etkilerini tespit edebilmek için yapılan çalışmalarda kentleşme süreci de göz ardı edilerek daha çok baraj, köprü, tünel vb. gibi yapılar üzerinde yoğunlaşmıştır (Sönmez, 2011). Dolayısıyla yerleşim alanlarındaki yapıların inşasında bu durumların göz ardı edilmesi depremlerin olumsuz etkilerini arttırmaktadır.

Depremleri önlemek her ne kadar mümkün olmasa da etkilerini en az seviyede tutmak mümkündür. Depremlerin etkilerini azaltabilmek için özellikle yapılaşma sürecinde birtakım coğrafi faktörlerin dikkatle incelenmesi ve analizlere tabi tutulması gerekmektedir. Bunlar; diri fayların konumları, jeolojik şartlar, zeminin sıvılaşma durumu, yer altı su seviyesi, binaların dayanıklılık durumu, yeryüzü şekilleri, eğim, en büyük yer ivmesi katsayısı, deprem bölgeleri derecelendirmesi, akarsulara yakınlık vb. gibi faktörlerdir (Atabey, 2000; Turoğlu, 2004; Sönmez, 2011; Değerliyurt, 2013a; Özşahin, 2014a). Ancak bu coğrafi faktörler bir sahanın depreme karşı duyarlılığını belirlemede tek başına yeterli değildir. Depremlerin etkilerini en aza indirmek için bu coğrafi faktörlerin bir arada kullanılması gerekmektedir. Bir başka deyişle ilgili sahanın potansiyel deprem duyarlılık sınıfları bu coğrafi faktörlere tanımlanacak olan önem puanları ile mümkün olmaktadır.

Ladik Gölü Havzası için gerçekleştirilmiş olan deprem duyarlılık analizinde ulusal ve uluslararası literatüre göre farklı veri türleri kullanılmıştır (Tablo 4.2). Bu kapsamda çalışma sahası ile ilgili erişilebilen eğim, litoloji, fay hatlarına uzaklık, en büyük yer ivmesi, yeryüzü şekilleri ve zemin geçirimsizlik durumu olmak üzere altı (6) coğrafi faktör dikkate alınmıştır. Özellikle yeraltı su seviyesi de kullanılmak istenmiş, fakat kurumlar tarafından çalışma sahasında kapsamlı bir sondaj raporu hazırlanmadığından bu coğrafi faktör duyarlılık değerlendirilmesinde kullanılamamıştır. Deprem duyarlılık analizinin gerçekleştirilmesi için dikkate alınan coğrafi faktörlerin her biri girdi parametresi olarak kullanılmış ve daha detaylı analiz için alt kriterlere ayrılmıştır (Tablo 4.3).

Tablo 4.2. Deprem duyarlılık analizi kapsamında kullanılan veriler ve temin edildiği yerler.

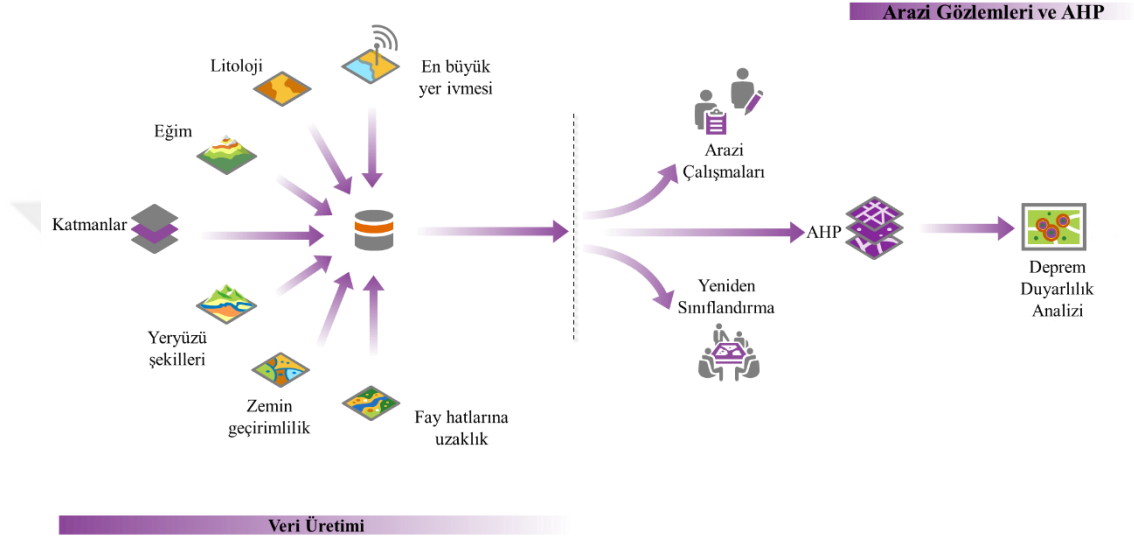
Veri	Veri Kaynağı	Üretilen Veri
Jeoloji Haritası (1/100.000)	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)	Litoloji, fay hatları Zemin geçirimsizlik durumu
Topografya Haritaları (1/25.000)	Harita Genel Müdürlüğü (HGM)	Eş yükselti eğrisi Zirve Akarsu Göl vb.
En Büyük Yer İvmesi Haritası	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)	En büyük yer ivmesi

Deprem duyarlılık analizi çalışmalarında özellikle yerleşim yerlerinin depreme karşı duyarlılığını belirlemek ve belirli sınıflara ayırmak için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında en çok tercih edileni -bir probleme çözüm üretirken birden fazla girdi faktörü söz konusu olduğunda- karar vermeyi kolaylaştırmak adına çok kriterli karar verme yöntemleri içerisinde yer alan Analitik Hiyerarşi Prosesidir (AHP). AHP sadeliği, kolay kullanılabilirliği ve anlaşılabilir bir metot olması nedeniyle çok kriterli karar verme yöntemleri arasında sıkça başvurulan bir tekniktir (Aktaş vd., 2001; Turoğlu, 2005; Turoğlu ve Özdemir, 2005; Akdeniz ve Turgutlu, 2007; Soba ve Bildik, 2013; Değerliyurt, 2013a; Özşahin, 2014a; 2016; Işık vd., 2020; Şirin ve Ocak, 2020; Ocak ve Bahadır, 2020; Ocak ve Bahadır, 2021; Duman ve İrcan, 2022; Coşkun ve Ortaç, 2022). Karar vericiler ya da ilgili kullanıcılar AHP sonuçlarını kriter ve olası alt kriterlere verilen ağırlık değerleri ile ortaya çıkan tutarlılık değerine göre değerlendirebilmektedir.

Çalışmada amaç; deprem duyarlılık sınıflarının belirlenmesinin yanı sıra sonuçların afet öncesi risk, afet sonrası kriz yönetiminde planlama çalışmalarında kullanılması ve depreme karşı duyarlılığın mekânsal olarak dağılışını ortaya koymak olduğundan AHP, CBS teknikleri ile bütünleştirilmiştir. Çalışma sadece bu teknik (CBS) ve metotlarla (AHP) sınırlı olmayıp arazi gözlemleri ve uzman görüşleriyle de desteklenmiştir. Özetle çalışmanın yöntem kısmı CBS tabanlı veri üretimi, AHP’de elde edilen sonuçların yine CBS tarafında deprem duyarlılık analizinde kullanılması ve arazi gözlemlerinden oluşmaktadır (Şekil 4.3).

Deprem duyarlılık analizi kapsamında ilk önce kullanılacak olan coğrafi faktörler belirlenmiş ve veri üretimi gerçekleştirilmiştir. Parametrelerin belirlenmesi ve veri üretiminin hemen akabinde ana coğrafi faktörler AHP aracılığıyla alt kriterlere ayrılmış, her biri kendi arasında Saaty (1989) ölçeğine göre karşılaştırılmalı olarak

değerlendirilmiş ve bu ölçek kapsamında 1-9 arasında puanlanmıştır. Böylece tüm kriterler önemli ya da önemsiz olma durumlarına göre karşılaştırılmış ve puanlanan hem üst hem alt kriterler için ağırlık oranları belirlenmiştir (Tablo 4.3). Ağırlık ve tutarlılık oranları ise K. D. Goepel tarafından tasarlanan programın 15.09.2018 tarihli versiyonu ile hesaplanmıştır (Goepel, 2013). Deprem duyarlılık analizinde kullanılan coğrafi faktörlerin tüm üst ve alt kriter sınıfları için önem puanları verilirken arazi gözlemleri, uzman görüşü ve literatürde gerçekleştirilen çalışmalar dikkate alınmıştır.



Şekil 4.3. Deprem duyarlılık analizi iş akış şeması.

AHP ile ağırlık ve tutarlılık oranları hesaplanan tüm veriler tekrar CBS teknikleri ile mekânsal analiz için belirli aşamalardan (veri dönüşümü, yeniden sınıflandırma, hücre boyutu, extent ayarı vb.) geçirilmiş ve analize hazır hale getirilmiştir. Bu kapsamda kullanılan tüm veriler vektör ve raster olarak iki farklı formatta tercih edilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında vektör olarak bulunan veriler de dahil olmak üzere tüm veriler raster veri formatına dönüştürülmüştür. Çünkü mekânsal analizler kapsamında kullanılan tüm verilerin hem üst hem alt kriterlerine atanan puanların ortak bir küme oluşturabilmesi için bu veri dönüşümü gereklidir. Yine veri dönüşümü esnasında tüm verilerin raster hücre boyutu 10 m olarak belirlenmiş ve böylece kriter puanlarının kendi kümeleri dışında kalmasının önüne geçilmiştir. Kriter puanlaması, ağırlık hesaplaması ve veri dönüşümü aşamalarından geçen veriler kendileri için hesaplanan ağırlık oranlarına göre CBS’de mekânsal analize tabi tutulmuş ve Ladik Gölü Havzası için deprem duyarlılık analizi gerçekleştirilmiş ve ortaya çıkan sonuç düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olacak şekilde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır.

4.1.3. Bulgular ve Tartışma

Hem Ladik Gölü Havzası'nın hemen kuzeyinde bulunan KAFZ hem de geçmişte yaşanmış büyük deprem havzayı depreme karşı duyarlılığı açısından önemli bir konuma taşımaktadır (Şekil 4.4). Ancak depreme karşı duyarlılık üzerinde sadece fay hatları değil birçok coğrafi faktör etkili olmaktadır. Dolayısıyla meydana gelecek olan bir depremin hem karakteristiği hem de oluşturacağı etkinin boyutu çeşitli yersel faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Demirtaş ve Erkmen, 2000; Bol vd., 2007; Özşahin, 2014a; Özçep, 2019). Bu bağlamda gerçekleştirilen deprem duyarlılık analizinde eğim, litoloji, fay hatlarına uzaklık, en büyük yer ivmesi, yeryüzü şekilleri ve zemin geçirimsizlik durumu olmak üzere altı (6) coğrafi faktör kullanılmıştır (Tablo 4.3).



Şekil 4.4. Araştırma sahasının kuzeyinden geçen Kuzey Anadolu Fayı.

Tablo 4.3. Deprem duyarlılık analizinde kullanılan coğrafi faktörler ve sayısal değerleri.

Coğrafi Faktör	Alt Kriter	Alan		Alt Kriter Ağırlık (%)	Tutarlılık (%)	Ağırlık (%)
		km ²	%			
Eğim (°)	0-2 (Düze Yakın)	39,87	26,98	3,5	8	5
	2-5 (Hafif Eğimli)	18,56	12,56	6,8		
	5-15 (Eğimli)	43,45	29,40	13,4		
	15-35 (Orta Dik)	44,16	29,88	26,0		
	35 + (Çok Dik)	1,76	1,19	50,3		
Litoloji	Şist, fillat, kalkışist, kireçtaşı	ZA	0,65	0,44	3,5	36,6
	Kireçtaşı		15,18	10,27		
	Çakıltası, kumtaşı, kıltaşı, kireçtaşı	ZB	7,25	4,91	6,8	
	Serpantin, kumtaşı, aglomera, tuf		0,93	0,63		
	Kireçtaşı, kıltaşı, marn		59,51	40,26		
	Çakıltası, kumtaşı, marn, çamurtaşı	ZC	2,70	1,83	13,4	
	Konglomera, kumtaşı		10,30	6,97		
	Çakıltası, çamurtaşı	ZD	8,77	5,93	26,0	
	Alüvyon	ZE	42,51	28,76	50,3	
Fay Hatlarına Uzaklık (m)	0-1.000 m	59,85		40,49	5	15,4
	1.000-2.000 m	42,19		28,55		
	2.000 m	45,81		30,99		
En Büyük Yer İvmesi (g)	0,58-0,60	5,77		3,90	2	9,3
	0,60-0,62	20,28		13,72		
	0,62-0,63	18,45		12,48		
	0,63-0,66	103,30		69,89		
Yeryüzü Şekilleri	Dağ	4,12		2,79	8	4,7
	Plato	40,01		27,07		
	Ova	38,76		26,22		
	Yamaç	60,86		41,18		
	Fay Yamacı	0,48		0,32		
	Birikinti Konisi	3,57		2,42		
Zemin Geçirimsizlik Durumu	Geçirimli Zemin	Alüvyon	31,17	21,09	3	29,1
	Geçirimli Zemin	Karstik	17,72	11,99		
	Geçirimli Zemin	Diğer	33,68	22,79		
	Yarı Geçirimli	-	65,23	44,13		

4.1.3.1. Duyarlılık Analizinde Kullanılan Coğrafi Faktörler

4.1.3.1.1. Eğim

Deprem duyarlılık analizi kapsamında değerlendirilen ilk coğrafi faktör eğim olmuştur. Çünkü bir mekânın eğim özellikleri gerçekleşecek herhangi bir olası depremin duyarlılık analizinin değerlendirilmesinde etkili olmaktadır (Pal et al., 2008;

Tüdeş, 2012; Özşahin, 2014a). Bilindiği üzere eğim yerleşmelerin kurulmasında, şekillenmesinde ve gelişmesindeki en önemli topografik faktörlerdendir. Eğim değerlerinin düşük olduğu yerlerde yerleşme alanları oldukça rahat genişleme imkânı bulabilirken, eğim değerlerinin fazla olduğu yerlerde bu imkân son derece kısıtlı olmaktadır. Ancak bu zorluğa rağmen yamaç eğiminin fazla olduğu yerlerde yerleşmelerin kurulduğunu da görmek mümkündür. Gerek eğimin az gerekse fazla olduğu yerlerde inşa edilen yapılar olası bir deprem anında farklı kuvvetlere maruz kalmaktadır. Bu kuvvetler deprem kuvveti (esneme), eylemsizlik kuvveti (direnme) ve düşme kuvvetidir (Değerliyurt, 2013a). Bir deprem anında tüm yapılar depremden dolayı deprem kuvvetine, deprem esnasında meydana gelen hareketlenmeye karşı sabit olmalarından dolayı da eylemsizlik kuvvetine maruz kalmaktadır. Bu etkilere maruz kalan tüm yapılar esnemeye başlar ve sağa sola doğru oynarlar (Pampal, 1999; Değerliyurt, 2013a). Ancak deprem sırasında yamaç eğiminin fazla olduğu yerlere inşa edilmiş olan yapılar ayrıca düşme kuvvetine de maruz kalmaktadır. Böylece herhangi bir deprem esnasında eğimin az olduğu yerdeki yapılar iki kuvvetle mücadele ederken, eğimin fazla olduğu yerdeki yapılar üç kuvvetle mücadele etmektedir. Dolayısıyla sadece eğim faktörü göz önünde bulundurulduğunda deprem duyarlılık analizi kapsamında yamaç eğiminin fazla olduğu yerlerde inşa edilmiş yapılar daha duyarlı bir sınıfı temsil etmektedir.

Araştırma sahasında değişik eğim değerleri görülmekle birlikte genel bir çerçeve çizilmesi, jeomorfolojik kriterlere uygun olması ve deprem duyarlılık analizinde kullanılmak üzere eğim beş (5) farklı sınıfa ayrılmıştır; düz ve düze yakın (0° - 2°), hafif eğimli yamaçlar (2° - 5°), eğimli yamaçlar (5° - 15°), orta dereceli dik yamaçlar (15° - 35°), çok dik yamaçlar ($>35^{\circ}$). Eğim grupları arasında eğimli ve dik yamaçların havzanın neredeyse %60'ının kapladığı görülmektedir (Tablo 4.3). Bu durum sadece eğim faktörü ve yukarıda açıklanan sebepler dikkate alındığında dahi deprem duyarlılığı açısından oldukça fazla bir alana karşılık gelmektedir. Havzada eğim değerleri kuzey, güney ve merkez olmak üzere üç farklı alanda değişiklik sergilemektedir. Havza tabanı depresyon alanı olması sebebiyle hafif eğimli bir morfoloji sergilemektedir. Buna karşılık havzanın kuzey yamaçlarında eğimin nispeten arttığı, güneydeki yamaçlarında ise tamamen dik ve çok dik yamaçlara geçildiği görülmektedir (Şekil 4.5a).

Çalışma kapsamında her ne kadar eğim faktörü belirli sınıflara ayrılmış olsa da eğim özelliklerinin deprem duyarlılık analizinde kullanılması esnasında standart bir değerlendirme ölçeğine rastlanmamıştır (Değerliyurt, 2013a). Bu sebeple önem derecelendirmesi, kullanılan eğim değerlerinin yerleşmeler üzerindeki etkinliği göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Bir başka ifadeyle yerleşmeler için en uygun alanlar aynı zamanda deprem duyarlılığının en düşük olduğu alanlar, yerleşmeler için en uygun olmayan alanlar da deprem duyarlılığının en fazla olduğu alanlar olarak kabul edilmiştir. Dolayısıyla deprem duyarlılık analizi kapsamında Saaty (1989) ölçeğine göre eğimin az olduğu yerlere düşük, eğimin fazla olduğu yerlere ise yüksek puanlar atanmıştır (Tablo 4.4). Tüm bu açıklamalar dikkate alınarak AHP ile gerçekleştirilen ikili karşılaştırma matrisine göre Ladik Gölü Havzası'nda eğim faktörünün alt kriterlerine ait tutarlılık oranı %8 olarak hesaplanmıştır. Bu oran da alt kriterler arasında atanan puanların tutarlılığını göstermektedir.

Tablo 4.4. Eğim faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Eğim Grupları (°)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A) 0-2	1	1/3	1/5	1/7	1/9
(B) 2-5	3	1	1/3	1/5	1/7
(C) 5-15	5	3	1	1/3	1/5
(D) 15-35	7	5	3	1	1/3
(E) 35 +	9	7	5	3	1

4.1.3.1.2. Litoloji

Deprem duyarlılık analizi kapsamında ele alınan bir diğer coğrafi faktör havzaya ait litolojik özelliklerdir. Litoloji, deprem duyarlılığını ve depremin vereceği muhtemel hasarın boyutunu etkileyecek en önemli unsurdur. Zemin yapısı depremin şiddeti ve yaptığı hasarın derecesi üzerinde büyük rol oynar (Erinç, 2000). Bir depremin meydana getireceği etki depremin karakterine, sahaya ait zemin özelliklerine ve mühendislik yapılarının durumuna göre farklılık göstermektedir. Zeminin zayıflığı ya da sağlamlığı ise en önemli yere sahip olan özelliktir (Korkmaz, 2006). Mermer, bazalt, andezit vb. gibi sert litolojik özelliklere sahip bir zeminde deprem daha az zarar verirken; tüf, kum, alüvyon vb. gibi gevşek malzemelerden oluşan zeminlerde daha yıkıcı etkilere sahiptir. Yani herhangi bir deprem anında en büyük hasarın zayıf zeminlerde olması beklenir. Yine depremin büyüklüğüne ve meydana geldiği derinliğe göre farklı boyutlarda oluşan deprem dalgaları sert zeminlerde daha az alanda yayılım gösterirken, yumuşak zeminlerde daha geniş yayılma imkânı bulmaktadır. Özellikle

gevşek unsurlardan oluşan zeminlerde deprem, zemin üstündeki yapıları, sert unsurlardan oluşan zeminlerdeki yapılara göre daha fazla etkilemektedir. Yine gevşek malzemeye sahip zeminler suya doymun bir özelliğe kavuşursa depremin meydana getirdiği yıkım da daha fazla olmaktadır (Erinç, 2000; Değerliuyurt, 2013a).

Ladik Gölü Havzası'nda deprem duyarlılık analizi için litolojik özellikler 2018 yılında AFAD tarafından yayımlanan Türkiye Deprem Bina Yönetmeliği baz alınarak belirli gruplara ayrılmıştır (AFAD, 2018b), (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Yerel zemin sınıfları (AFAD, 2018b).

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30 cm]	$(C_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	>1500	-	-
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760-1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360-760	>50	>250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180-360	15-50	70-250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \%40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($C_u < 25$ kPa) içeren profiller	<180	<15	<70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (>35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Yukarıda da belirtildiği üzere depremin farklı zeminlerdeki etki durumu yerel zemin sınıfları tablosunda daha net ifade edilmektedir. Dolayısıyla ZA depreme karşı en dayanıklı, ZE ise en dayanıksız litolojiyi göstermektedir. Ayrıca Türkiye Deprem Bina Yönetmeliğine göre yapılar ZA, ZB, ZC ve ZD üzerinde bulunmalıdır (AFAD, 2018b). Ancak veri üretimi sonrası gerçekleştirilen istatistiklere göre araştırma sahasındaki yapıların çoğu (2020 yılı sonu itibarıyla 4.549 yapı verisi üretilmiştir) ZE zeminde bulunmaktadır. Sayılarla ifade edildiğinde 2.201 adet yapı riskli zeminde bulunmaktadır ve bu yapıların oranı yaklaşık olarak %48'dir.

Zeminin depreme karşı dayanıklılık durumu göz önünde bulundurularak çalışma sahasında yer alan 9 farklı litoloji 5 sınıfta toplanmıştır (Şekil 4.5b). Çalışma sahasında en fazla alana sahip olan litolojik birim kireçtaşı, kilaşı ve marn karışımının olduğu

birimdir ve sahanın %40,26'sını kaplamaktadır. Bu birim aynı zamanda çalışma sahasındaki zemin sınıflarından ZB grubuna girmektedir. Yani sahadaki ikinci sağlam zemin grubu içerisinde yer almaktadır. Yine bu birim Ladik Gölü'nün hemen güneyinden başlayıp sahanın en sert zeminin bulunduğu Akdağ ve Karaömer Dağına kadar uzanmaktadır. Çalışma sahasında en zayıf zemine sahip litolojik birim ise havza tabanını oluşturan ve ZE grubunda yer alan Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır. Çalışma sahasının yaklaşık olarak %28,76'sını kaplayan bu litolojik birim, Ladik ilçe merkezini de içine almaktadır. Bu özelliği nedeniyle bu birim deprem duyarlılığı açısından en riskli sınıf olarak dikkat çekmektedir. Çalışma sahasındaki litolojinin bu özellikleri dikkate alınarak en sağlam zeminlere düşük, en zayıf zeminlere ise yüksek puan atamaları gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.6). Tüm bu açıklamalar ışığında AHP ile gerçekleştirilen ikili karşılaştırma matrisine göre Ladik Gölü Havzası'nda litoloji faktörünün zemin sınıflarına ait tutarlılık oranı %8 olarak hesaplanmıştır. Eğim faktöründe olduğu gibi bu oran da zemin sınıfları arasında atanan puanların tutarlılığını göstermektedir.

Tablo 4.6. Litoloji faktörüne ait zemin sınıflarının ikili karşılaştırma matrisi.

Litoloji	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A) ZA	1	1/3	1/5	1/7	1/9
(B) ZB	3	1	1/3	1/5	1/7
(C) ZC	5	3	1	1/3	1/5
(D) ZD	7	5	3	1	1/3
(E) ZE	9	7	5	3	1

4.1.3.1.3. Fay Hatlarına Uzaklık

Deprem duyarlılığı üzerinde etkili olan bir diğer faktör kuşkusuz fay hatlarıdır. Muhtemel bir depremin etkilerinin şiddetli ya da hafif olması fay hatları ile doğrudan ilgilidir. Ancak depremlerin etkilerinin ya da verebileceği hasarın fay hatlarına uzaklığı/yakınlığı ile ilgili farklı görüşler vardır. Erinç (2000)'e göre fay hatları hem depremin şiddetini artırıcı yönde etki eder hem de üzerinde bulunan sahaların muhtemel bir deprem esnasında daha çok sarsılmasına ve hasara uğramasına sebep olur (Erinç, 2000). Ancak bazı yazarlar da fay hatlarına yakınlıktan çok, sahaların zemin durumunun daha önemli olduğunu vurgulamıştır (Nichols and Buchanan-Banks, 1974; Vallejo and Shettima, 1996; Demirtaş ve Erkmen, 2000; Korkmaz, 2006). Bu görüşü kanıtlar nitelikte; Korkmaz (2006), 27.06.1988 tarihinde gerçekleşen Mw 6,2 büyüklüğündeki Ceyhan, 17.08.1999 tarihinde gerçekleşen Mw 7,8

büyükluğündeki Gölcük ve 01.05.2003 tarihinde gerçekleşen Mw 6,4 büyüklüğündeki Bingöl depremlerinde en çok hasar alan yerlerin ana fay hatlarından uzakta olan zayıf zemin üzerindeki ovalarda olduğunu örnek göstermiştir (Korkmaz, 2006). Demirtaş ve Erkmen ise (2000) 17.08.1999 Gölcük ve 12.10.1999 Düzce depremlerinde fayın 50-100 metre tampon bölgesinde önemli bir hasarın gerçekleşmediğini tespit etmiştir (Demirtaş ve Erkmen, 2000). Dolayısıyla deprem duyarlılığının tespiti kapsamında fay hatlarına uzaklık/yakınlık konusunda net bir birliktelik yoktur. Yine fay hatlarının türlerine (doğrultu atımlı, ters, düz fay vb.) ve fay hatlarının bulunduğu sahadaki zemin özelliklerine (alüvyon, mermer, kum, çakıl vb.) göre fay hatlarına uzaklık/yakınlık konusu deprem duyarlılığı açısından farklı olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca bir sahadaki diri fay hatlarının varlığı da depremin etkisinin fay hatlarına daha yakın mesafelerde de olabileceğini işaret etmektedir. Bilindiği üzere diri faylar üzerinde yerleşim amaçlı yapıların inşa edilmesi oldukça risklidir. Ayrıca bir yerde yapı inşası gerçekleştirilmeden önce o saha ile ilgili ayrıntılı jeolojik-jeoteknik etütlerin gerçekleştirilmesi de gerekmektedir. Jeolojik etüt raporlarına göre bir diri fayın etrafında 15'er metrelik bir tampon bölgede faya ait diri kolların uzanabileceği varsayıldığından, bu 15 m'den itibaren meskenlerin, 60-90 m'den itibaren gökdelen, okul ve hastanelerin inşasına izin verilir (Demirtaş, 2002). Ancak sahadaki büyük diri faylardan söz etmek mümkünse yine Demirtaş'a (2002) göre bu mesafe 200 m'nin üzerine çıkmaktadır (Demirtaş, 2002).

Deprem duyarlılığı açısından faylara uzaklık konusunda genel kabul gören görüş benimsenmiş ve 0-1.000 m, 1.000-2.000 m ve 2.000+ şeklinde üç (3) farklı uzaklık sınıfı oluşturulmuştur (Şekil 4.5c). Ayrıca puan ataması gerçekleştirilirken çalışma sahasındaki yerel zemin özelliklerinin zayıf olduğu sahalar ile fayların birbirine olan uzaklıkları da dikkate alınmıştır. Bu açıklamalar ışığında çalışma sahasında tarihsel dönemlerde sıkça deprem üreten KAFZ'nin varlığı ve onu havza içerisinde tamamlayan diğer fayların varlığı göz önünde bulundurularak fay hatlarına yakınlık deprem duyarlılığı açısından önemli kabul edilmiş ve faylara yakın olan alanlara en yüksek, uzak olan alanlara ise en düşük puan atamaları gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.7). Yukarıdaki açıklamalar dikkate alınarak AHP ile gerçekleştirilen ikili karşılaştırma matrisine göre Ladik Gölü Havzası'nda fay hatlarına uzaklık faktörünün alt kriterlerine ait tutarlılık oranı %5 olarak hesaplanmıştır. Eğim ve litoloji faktöründe

olduğu gibi bu oran da faylara uzaklık grupları arasında atanan puanların tutarlılığını göstermektedir.

Tablo 4.7. Fay hatlarına uzaklık faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Fay Hatlarına Uzaklık (m)	(A)	(B)	(C)
(A) 0-1.000	1	3	5
(B) 1.000-2.000	1/3	1	3
(C) 2.000 +	1/5	1/3	1

4.1.3.1.4. En Büyük Yer İvmesi (g)

Çalışma kapsamında dikkate alınan bir diğer coğrafi faktör en büyük yer ivmesidir. En büyük yer ivmesi faktörü, depremlerin etkisinin incelenmesinde ve depremler ile ilgili tehlike analizlerinde genellikle kullanılmaktadır (Bayrak, 2019). En büyük yer ivmesi bir sahanın deprem tehlikesinin boyutunu göstermektedir. Çalışma sahasına ait olan en büyük yer ivmesi verileri 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Deprem Tehlike haritası baz alınarak üretilmiştir. Türkiye Deprem Tehlike haritasına göre 4 farklı deprem bölgesi bulunmaktadır; $<0,33$ g (1. bölge), $0,33-0,5$ g (2. bölge), $0,5-0,75$ g (3. bölge) ve $>0,75$ g (4. bölge). Ladik Gölü Havzası, bu değerlere göre $0,5-0,7$ g arasında bulunan 3. ve 4. bölgelerde yer almaktadır (Şekil 4.5d). Havzanın tehlikenin yüksek olduğu bu bölgelerde yer alması deprem açısından ne denli dikkat edilmesi gereken bir saha olduğunu göstermektedir. Gerçekleştirilen deprem duyarlılık analizi kapsamında en büyük yer ivmesi dikkate alınırken, deprem bölgeleri ayrı bir coğrafi faktör olarak ele alınmamıştır. Çünkü Türkiye Deprem Bölgeleri haritası 01.01.2019 tarihi itibarıyla yürürlükten kaldırılmıştır (URL-11). Çalışma sahasının 3. ve 4. bölge yer ivmesi grubunda yer aldığı da göz önünde bulundurularak alt kriterler arasında yakın puan atamaları gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.8). Yani en büyük yer ivmesine ait alt kriterlerin AHP matrisine göre birbirine göre üstünlükleri az olarak değerlendirilmiştir. En büyük yer ivmesinin alt kriterlerine uygulanan önem ölçeğine göre hesaplanan tutarlılık oranı %5 olarak hesaplanmıştır. Her ne kadar alt kriter önem puanları birbirine yakın olsa da hesaplanan tutarlılık oranı verilen puanların tutarlılığını göstermektedir.

Tablo 4.8. En büyük yer ivmesi faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

En Büyük Yer İvmesi (g)	(A)	(B)	(C)	(D)
(A) 0,58-0,60	1	1	1	1/2
(B) 0,60-0,62	1	1	1	1
(C) 0,62-0,63	1	1	1	1
(D) 0,63-0,66	2	1	1	1

4.1.3.1.5. Yeryüzü Şekilleri

Depremlerin etkilerinin belirlenmesinde bir diğer önemli faktör, yeryüzü şekilleridir. Ancak yeryüzü şekilleri olası bir depreme karşı farklı seviyelerde direnç göstermektedir (Nath et al; 2008; Nath and Thingbaijam, 2009; Mittal et al., 2013; Özşahin, 2014a). Örneğin zemini suya doymuş, alüvyal malzemeden oluşan ovalar depremlere karşı oldukça dayanıksız bir özellik sergilemektedir. 30 Ekim 2020 tarihinde İzmir’de meydana gelen deprem sonucunda kayıpların çoğunun Bornova Ovası’nda olması (Karadaş ve Öner, 2021) ovaların deprem konusunda ne denli zayıf bir morfolojik birim olduğunu güçlendirmektedir. Depremin gerçekleştiği fay hattına uzak ya da yakınlığına bakılmaksızın depremden en çok etkilenen yeryüzü şekli ovalardır. Zira ovaların zayıf zemine sahip olması ve deprem dalgalarının daha hızlı yayılma potansiyeli bu morfolojik birimi deprem duyarlılığı açısından en önemli gruba sokmaktadır. Tarihsel dönemlerde gerçekleşen depremler neticesinde Anadolu’daki eski medeniyetlerin binlerce yıllık eserlerinin ovalar dışındaki morfolojik birimlerde hala sağlam bir şekilde varlığını sürdürmesi (Korkmaz, 2006) ovaların depreme karşı dayanıksız bir morfolojik birim olduğunu göstermektedir. Ovaların bu durumu gevşek malzemelerden oluşması, bu malzemelerin dayanıksız ve pekişmemiş olması nedeniyle birikinti konileri ve yelpazeleri için de geçerlidir. Ancak sağlam zemine sahip, yeraltı su seviyesinin düşük ve malzemelerinin tamamen pekişmiş olduğu dağ ve platolar ise depreme karşı oldukça dirençli bir özellik sergilemektedir. Yine çalışma sahasında yer alan morfolojik birimlerden olan fay yamaçları orta seviye önemde kabul edilmiştir. Ayrıca yamaç ve sırt gibi diğer morfolojik ürünler ise depreme karşı dirençlilik açısından geçiş özelliği gösteren orta seviye önem derecesine sahip birimleri oluşturmaktadır.

Ladik Gölü Havzası’nda çok çeşitli yeryüzü şekilleri tespit edilmiştir (Şekil 4.5e). Tespit edilen bu morfolojik birimler için depreme karşı gösterdiği direnç özellikleri ve yukarıdaki açıklamaların ışığında önem puanları atanmıştır (Tablo 4.9). Ova ve birikinti konilerine en yüksek önem puanları verilirken en düşük puanlar dağ ve platolara verilmiştir. Diğer birimler ise orta seviye önem grubu olarak kabul edilmiş ve puanlanmıştır. Sonuçta AHP ile gerçekleştirilen ikili karşılaştırma matrisine göre Ladik Gölü Havzası’nda yeryüzü şekilleri faktörünün alt kriterlerine ait tutarlılık oranı %5 olarak hesaplanmıştır. Diğer faktörler de olduğu gibi bu oran da morfolojik birimler arasında atanan puanların tutarlılığını göstermektedir.

Tablo 4.9. Yeryüzü şekilleri faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Yeryüzü Şekilleri	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
(A) Dağ	1	1	1/9	1/5	1/7	1/8
(B) Plato	1	1	1/9	1/5	1/7	1/8
(C) Ova	9	9	1	5	3	2
(D) Yamaç	5	5	1/5	1	1/3	1/4
(F) Fay Yamacı	7	7	1/3	3	1	1/2
(F) Birikinti Konisi	8	8	1/2	4	2	1

4.1.3.1.6. Zemin Geçirimsizlik Durumu

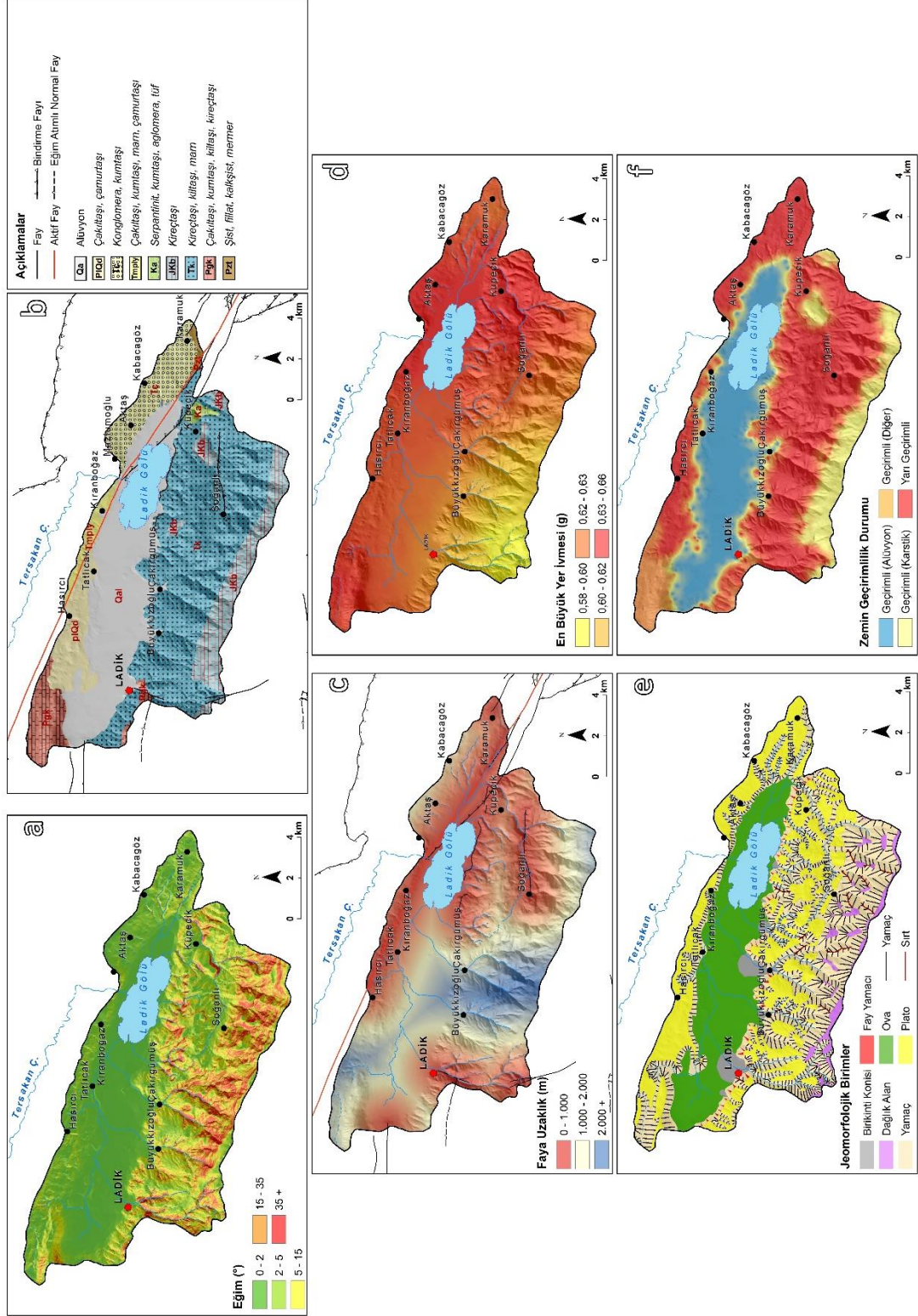
Depremlerin meydana getirdiği hasarın boyutunu etkileyen faktörlerden biri de yerel zemine ait geçirimsizlik özelliğidir. Bir sahanın zeminine ait geçirimsizlik durumu o yerdeki yeraltı su seviyesi ile doğrudan ilişkilidir. Yeraltı su seviyesinin yüksek olması zeminde sıvılaşmaya, sıvılaşma ise zemin üzerindeki yapıların olası bir deprem anında yıkıma uğramasına neden olmaktadır. Özellikle taşkın ovası ve gölsel çökellerin bulunduğu sahalarda yaygın olarak görülen sıvılaşma orta ve büyük ölçekteki depremlerde yerleşim alanlarındaki yıkımı arttırmaktadır (Demirtaş ve Erkmen, 2000; Değerliyurt, 2013a). Sıvılaşma sonucunda çamurumsu bir yapıya bürünen zemin, muhtemel bir depreme karşı mukavemet gösterememekte ve üzerindeki yapıların yıkılmasına engel olamamaktadır.

Çalışma sahasında zemin geçirimsizlik durumunu direkt etkileyen yeraltı su seviyesi de kullanılmak istenmiş, fakat kurumlar tarafından çalışma sahasında kapsamlı bir sondaj raporu hazırlanmadığından bu coğrafi faktör duyarlılık değerlendirilmesinde kullanılamamıştır. Bunun yerine deprem duyarlılık analizi kapsamında MTA'nın 1/100.000 ölçekli jeoloji haritalarından üretilen jeolojik birimlerin geçirimsizlik durumu dikkate alınmıştır (MTA, 2021). Bu bilgiler ışığında CBS tarafında enterpolasyon teknikleri ile sahanın zemin geçirimsizlik haritası üretilmiş ve havzadaki geçirimsiz birimler geçirimsiz (alüvyon), geçirimsiz (karstik), geçirimsiz (diğer) ve yarı geçirimsiz olmak üzere dört (4) farklı alt kritere ayrılmıştır (Şekil 4.5f). Sıvılaşmanın zemin üzerindeki etkisi ve yapıların yıkılma olasılığını arttırması göz önünde bulundurularak çalışma sahasında alüvyonlardan oluşan zemine en yüksek puan atanırken, diğer geçirimsiz birimlere nispeten daha düşük puanlar verilmiştir (Tablo 4.10). Yarı geçirimsiz zemin sınıfı ise önem derecesi en düşük zemin sınıfı olarak kabul edilmiştir. Zeminin geçirimsizlik durumları için geçirimsizlik sınıflarına uygulanan ikili karşılaştırma matrisine göre tutarlılık oranı %3 olarak hesaplanmıştır.

Bu oran, çalışma kapsamında dikkate alınan diğer coğrafi faktörlerin alt kriterlerinde olduğu gibi zemin geçirimlilik durumu alt kriterlerine verilen önem puanlarının da tutarlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.10. Zemin geçirimlilik durumu faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Zemin Geçirimlilik Durumu	(A)	(B)	(C)	(D)
(A) Geçirimli Zemin (Alüvyon)	1	2	2	3
(B) Geçirimli Zemin (Karstik)	1/2	1	2	2
(C) Geçirimli Zemin (Diğer)	1/2	1/2	1	2
(D) Yarı Geçirimli Zemin	1/3	1/2	1/2	1



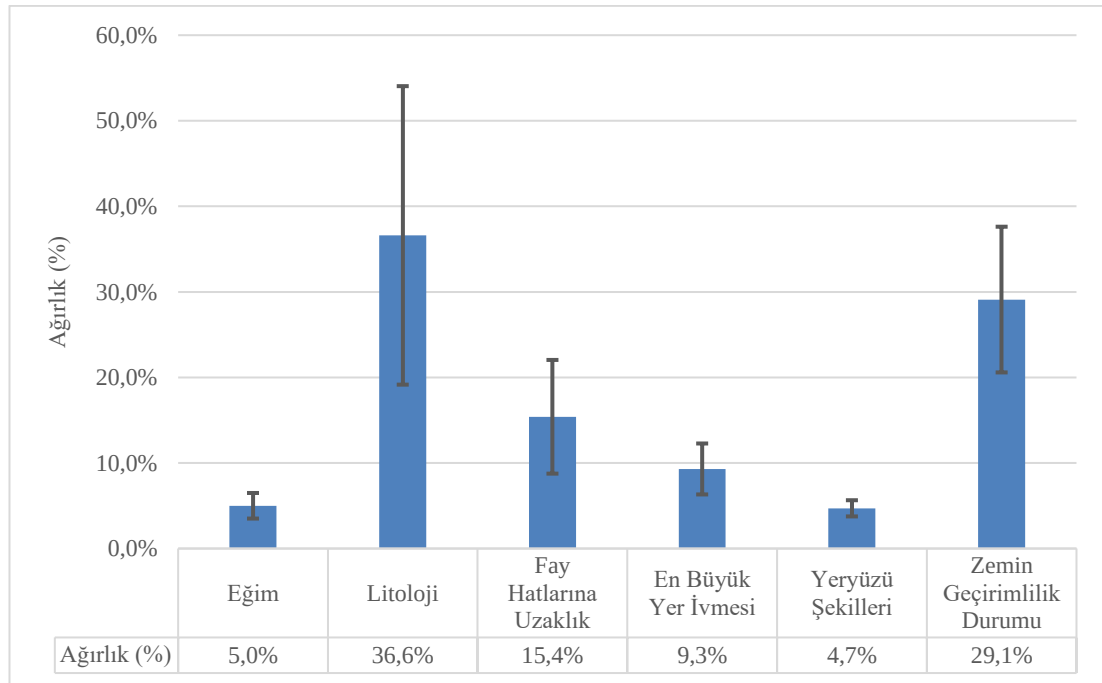
Şekil 4.5. Coğrafi faktörler; **a)** Eğim **b)** Litoloji **c)** Fay hatlarına uzaklık **d)** En büyük yer ıvması **e)** Yeryüzü şekilleri **f)** Zemin geçirimsizlik durumu.

4.1.3.2. Analiz ve Değerlendirme

Ladik Gölü Havzası'nda deprem duyarlılığının belirlenmesi için gerçekleştirilen bu çalışmada, analiz kısmı AHP ve CBS olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. İlk önce AHP ile yukarıda detaylıca açıklanan altı (6) coğrafi faktöre ait alt kriterler arasında ikili karşılaştırma matrisleri gerçekleştirilmiş ve tüm alt kriterlere ait ağırlık oranları hesaplanmıştır. Ancak deprem duyarlılık analizinin sağlıklı sonuçlanabilmesi için sadece alt kriterler arasında değil ana faktörler arasında da ikili karşılaştırma matrisinin uygulanması ve ağırlık oranlarının hesaplanması gerekmektedir. Bu sebeple yine AHP ile ikinci olarak altı (6) adet ana coğrafi faktör arasında da ikili karşılaştırma matrisi uygulanmış, her bir ana kritere depreme etkisine göre önem puanları verilmiş, ağırlık oranları hesaplanmıştır. Yapılan analize göre tutarlılık oranı %8 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.11; Şekil 4.6).

Tablo 4.11. Ana coğrafi faktörlere ait ikili karşılaştırma matrisi.

Coğrafi Faktör	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
(A) Eğim	1	1/5	1/3	1/3	1	1/5
(B) Litoloji	5	1	5	5	7	1
(C) Fay Hatlarına Uzaklık	3	1/5	1	3	5	1/3
(D) En Büyük Yer İvmesi	3	1/5	1/3	1	2	1/3
(E) Yeryüzü Şekilleri	1	1/7	1/5	1/2	1	1/5
(F) Zemin Geçirimlilik Durumu	5	1	3	3	5	1
Tutarlılık Oranı (%)	8					

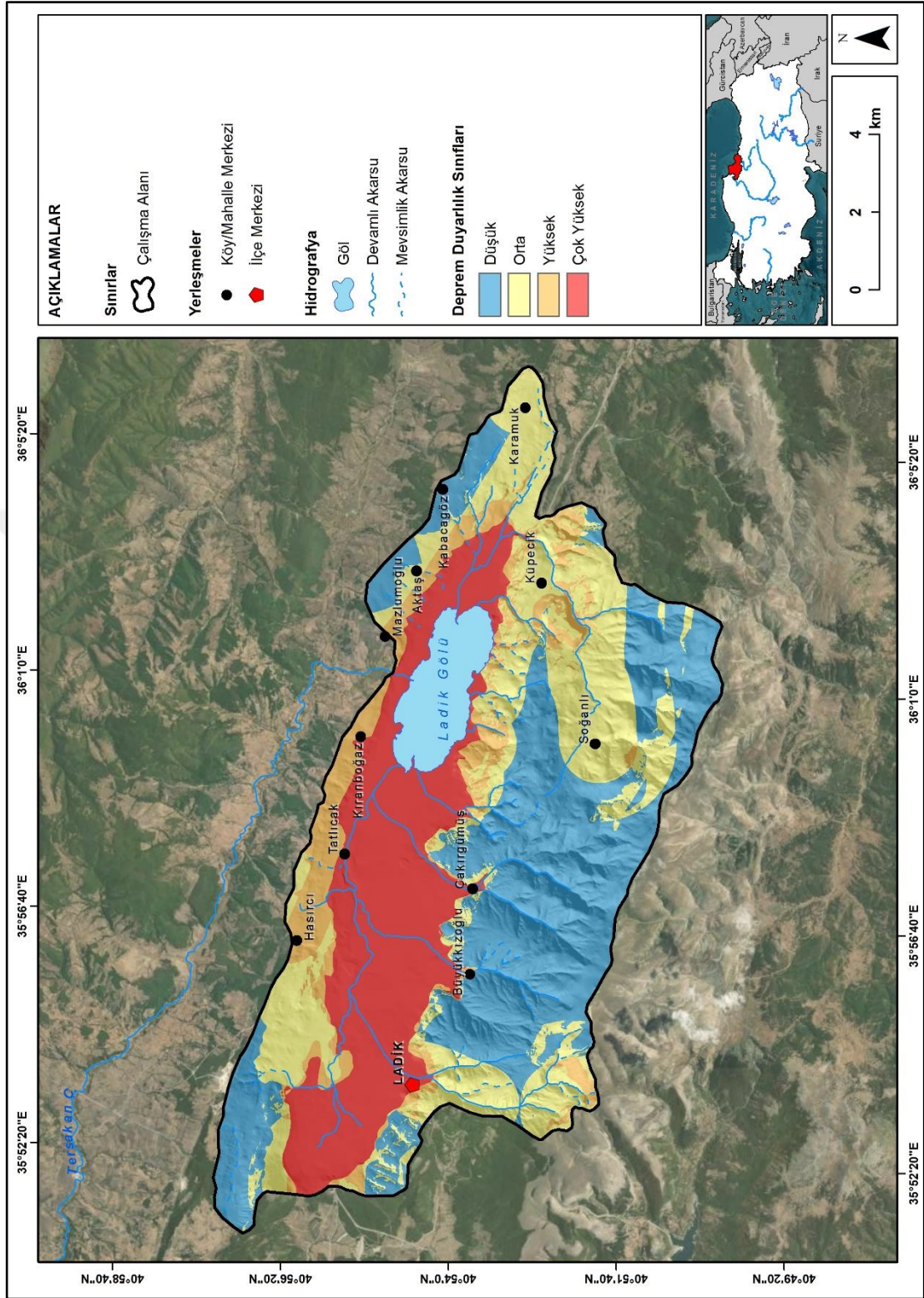


Şekil 4.6. Ana coğrafi faktörlerin ağırlık dağılımları ve standart sapmaları.

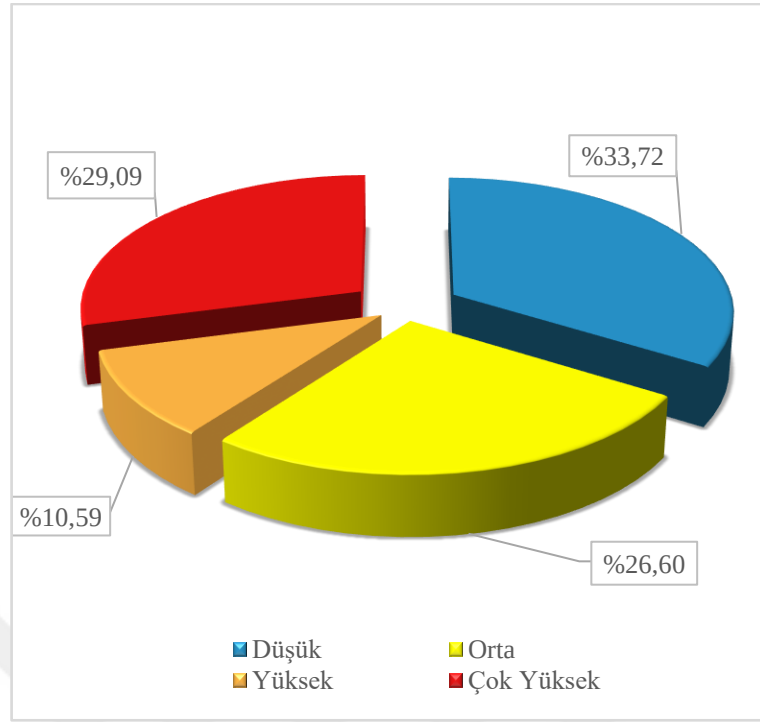
Deprem duyarlılık analizinin istatistiksel sonuçlarının mekânsal olarak gösterilebilmesi için AHP ile hesaplanan ağırlık oranları CBS teknikleriyle duyarlılık analizinde kullanılacak ana coğrafi faktörlerin öznitelik tablolarına işlenmiştir. İlk önce CBS ile alt kriterler için hesaplanan ağırlık oranları ana coğrafi faktörlerin yeniden sınıflandırılması işleminde kullanılmak üzere ilgili verilere (eğim, litoloji, fay hatlarına uzaklık, en büyük yer ivmesi, yeryüzü şekilleri, zemin geçirimsizlik durumu) aktarılmıştır. Bir başka deyişle alt kriterler için hesaplanan ağırlık oranları ana faktörlerin yeniden sınıflandırılarak deprem duyarlılık analizinde kullanılmak üzere dikkate alınmıştır. Çalışmanın son aşamasında ise yeniden sınıflandırılmış olan ana coğrafi faktörlerin AHP ile hesaplanan ağırlık oranları yine CBS teknikleriyle aşağıdaki formüle göre haritaya aktararak Ladik Gölü Havzası'nın deprem duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir.

Deprem Duyarlılık Analizi = $(Eğim*0,050) + (Litoloji*0,366) + (Fay\ Hatlarına\ Uzaklık*0,154) + (En\ Büyük\ Yer\ İvmesi*0,093) + (Yeryüzü\ Şekilleri*0,047) + (Zemin\ Geçirimsizlik\ Durumu*0,291)$.

Deprem duyarlılık analizi sonucunda elde edilen nihai sonuç düşük, orta, yüksek ve çok yüksek şeklinde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır (Şekil 4.7). Yapılan bu gruplamaya göre Ladik Gölü Havzası'nda 42,99 km²'lik alan çok yüksek, 15,65 km²'lik alan yüksek, 39,32 km²'lik alan orta ve 49,84 km²'lik alan depreme karşı düşük duyarlı çıkmıştır (Şekil 4.8). Çok yüksek duyarlılığa sahip olan alanlar eğimin neredeyse çok az olduğu havza tabanını tamamen kaplamıştır. Bununla birlikte havzada deprem açısından en düşük duyarlılığa sahip yerler havzanın güney yamaçları ve yüksek kesimleri olmuştur.



Şekil 4.7. Ladik Gölü Havzası deprem duyarlılık analizi haritası.



Şekil 4.8. Deprem duyarlılık sınıflarının dağılım oranları.

4.2. Taşkın Duyarlılık Analizi

Taşkınlar küresel ölçekte birçok ülkenin sorunudur. Türkiye’de özellikle yaz aylarında Karadeniz Bölgesi kıyı kuşağında büyük taşkınlar meydana gelmektedir. Yaşanılan taşkınların sayısı ve tahrip etme güçleri her geçen gün artmaktadır. Taşkınların oluşumunu engellemek mümkün değildir. Ancak bir afet karakterine dönüşmesini engellemek için gerekli önlemleri almak mümkündür. Taşkın ve benzeri doğal afetler için son zamanlarda duyarlılık analizleri gerçekleştirilmekte ve sonuçları karar vericilere yardımcı olmaktadır. Bu sebeple çalışma sahası olan Ladik Gölü Havzası’nda birden çok coğrafi faktörün bir arada kullanılmasıyla taşkın duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Sahanın taşkın duyarlılığını analiz etmek için çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri kullanılmıştır. Bu kapsamda dokuz (9) farklı coğrafi faktör (eğim, bakı, litoloji, toprak, havza boyutu, arazi kullanımı, yeryüzü şekilleri, yağış ve drenaj yoğunluğu) kullanılarak havzanın taşkın duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda taşkın için düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere dört (4) farklı düzey belirlenmiş ve havzanın %36,77’si düşük, %30,03’ü orta, %11,43’ü yüksek ve %21,77’si çok yüksek düzeyde olası taşkınlara karşı duyarlı çıkmıştır. Çalışmanın sonuç kısmında ise sahada taşkın

afeti öncesinde alınması gereken önlemler ve risk yönetimine yönelik yaklaşımlar sunulmuştur.

4.2.1. Giriş

Son birkaç on yıl içerisinde antropojenik faaliyetlerin olumsuz etkisi ile iklim değişikliği, sel/taşkın, deprem, tsunami, tayfun, volkanik patlamalar ve heyelan gibi doğal afetler tüm dünya genelinde çok ciddi can ve mal kaybına neden olmaktadır (Parker et al., 2007; Gashaw and Legesse 2011; Stefanidis and Stathis 2013; Singh et al., 2020; Singh, Arya and Agarwal 2020; Arya and Singh, 2021). Doğal afetlerdeki artış afetlerin ayrı ayrı incelenmesini, türüne göre farklı önlemlerin alınmasını ve mevcut afet önleme çalışmalarının geliştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Özellikle bütüncül bir yaklaşımın sergilendiği doğal afet yönetimi çalışmalarında bu ayrım doğal afetlerin kendi içerisinde değerlendirilmesi bakımından önem kazanmaktadır.

Dünya üzerinde farklı mekânlarda farklı etkilere sahip çeşitli doğal afetler meydana gelirken, bu doğal afetler arasında depremlerden sonra en çok tahribata, can ve mal kayıplarına sebep olan taşkınlardır. 2019 yılı Emergency Events Database (EMDAT) verilerine göre 20 milyondan fazla doğal afet meydana gelmiş ve küresel ölçekte 6,9 milyon canlının yaşamı taşkınlar nedeniyle son bulmuştur (Arya and Singh, 2021). Son birkaç on yıl içinde coğrafyanın doğal dengesinin özellikle antropojenik nedenlerden ötürü bozulması, iklim değişikliği ile yağış frekansı ve şiddetinde meydana gelen değişimler ve ani sağanaklar, sıcaklıkların her geçen yıl daha yüksek ortalamalara ulaşması gibi sebeplerden ötürü doğal afetler ciddi oranda artış göstermiştir. Doğal afetlerin gerçekleşmesini engellemek mümkün değilken, etkilerini en az seviyede tutmak mümkündür. Bu durum için en güzel örnek, gerçekleşme durumu belirli bir süre önceden tahmin edilebilen taşkınlardır. Sağlıklı meteorolojik veri ve altyapılar olduğu durumlarda taşkınların etkisi en aza indirilebilmektedir. Ancak taşkın ya da sel gibi doğal olaylar ile mücadele etmek için de pozitif yaklaşıma ve belirli bir sisteme ihtiyaç duyulmaktadır (Ballesteros-Cánovas et al., 2013; Arya and Singh, 2021). Bu açıdan bakıldığında taşkınların duyarlılık değerlendirmesinin mekânsal veriler ve belirli bir sistematik dahilinde ele alınması son derece önemli bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tür yaklaşımlar, doğal afet öncesi planlamalar yapılması, afet esnasında ve sonrasında oluşabilecek problemlere önceden çözüm önerileri getirilmesi ve duyarlılığın en az olduğu yerlerin önceden

belirlenebilmesini sağlamaktadır. Yine bu tür sistematik yaklaşımlar duyarlılık değerlendirmesinde kullanılan coğrafi faktörler arasındaki mekânsal ilişkinin kullanılmasında da yardımcı olmaktadır.

Doğal afet duyarlılık değerlendirmelerinde önemli bir yere sahip olan sistematik yaklaşımlardan en çok tercih edileni birden çok faktörün birlikte değerlendirilmesine ve faktörlerin ağırlık oranlarının hesaplanmasına olanak tanıyan Analitik Hiyerarşi Prosesi'dir (AHP). İlk kez 1980 yılında Saaty tarafından oluşturulan ve sırasıyla 1989 yılında Saaty ve Alexander, 1993 yılında ise Saaty ve Forman tarafından geliştirilmiştir. AHP, kullanılan faktörler arasında karşılıklı olarak bir korelasyon kurulmasını ve faktörlerin birbirlerine göre önemli/önemsiz olma durumlarının sayısal değerlerle ifade edilmesini sağlar. Ancak AHP ile elde edilen ağırlık oranlarının kullanılması tamamen uzman görüşlerine ve sonuçları doğrulanmış diğer bilimsel çalışmalara bağlıdır (Arya and Singh, 2021). AHP hem kullanımının kolay ve anlaşılır hem de faktörler arasında karışık olmayan, basit bir korelasyon kurulmasını sağlaması nedeniyle çok kriterli karar verme tekniklerinin en çok tercih edilenidir. Bu yönüyle taşkın yönetimi ve duyarlılığı çalışmalarında da dünya genelinde karar vermede kullanılan bir teknik haline gelmiştir (Pereira and Duckstein, 1993; Turoğlu ve Özdemir, 2005; Turoğlu, 2005; Saaty and Vargas, 2006; Chandran and Joisy, 2009; Thilagavathi et al., 2011; Chiadikobi et al., 2011; Saini and Kaushik, 2012; Özşahin, 2016; Ocak, 2018; Işık vd., 2020; Ocak ve Bahadır, 2020; 2021; Ocak vd., 2021a; 2021b; Arya and Singh, 2021).

Günümüzde taşkın çalışmalarında; su ve sulak alan varlığının tespiti, olası taşkın alanlarının belirlenmesi ve suların hidrolojik davranışının modellenmesinde yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden yararlanılmasının yanı sıra (Lin et al., 1997; Horritt et al., 2001; Özdemir, 2007; Sinha et al., 2008; Arya and Singh, 2021), son birkaç on yıldır Coğrafi Bilgi Sistemleri de (CBS) taşkın çalışmalarında çeşitli planlar yapmak ve bölgesel stratejiler geliştirmek için kullanılan önemli araçlar arasında yerini almıştır (Warner, 2001; Sanjay and Goel, 2002; Gupta and Srivastava, 2010; Patel and Srivastava, 2013; Özşahin, 2016; Ocak ve Bahadır, 2020; 2021; El-Haddad et al., 2021; Balogun et al., 2021; Arya and Singh, 2021). Ayrıca doğal afetlerin bu tür duyarlılık değerlendirmesinde etki alanlarının belirlenmesi, kullanılan faktörler için belirlenen ağırlık oranlarının mekânsal olarak ortaya konmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç doğal afet duyarlılık analizleri gibi en uygun yer seçimi,

tarımsal ürün potansiyelinin tespiti, en uygun tarımsal ürünlerin elde edilmesi, katı atık depolama tesisleri için deşarj noktalarının belirlenmesi gibi birçok farklı konuda kullanılmaktadır. İncelenen bu coğrafi faktörlerin birbirlerine göre üstünlüklerinin belirlenmesi ise AHP ile karşılanmaktadır. AHP ile elde edilen sayısal sonuçların CBS teknikleri ile birleştirilmesi sonucunda da coğrafi faktörlerin mekânsal olarak ifade edilmesi sağlanmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'nin kuzeyinde Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümü'nde bulunan ve tektonik kökenli olan Ladik Gölü Havzasının taşkın duyarlılık durumu ile alınması gereken önlemler üzerinde durulmuştur.

Çalışma sahası bir göl havzasıdır. Havzada kaynağını güneydeki yüksek dağlık kütlelerden alan birçok küçük akarsu vardır ve bu akarsuların toplam uzunluğu 118,07 km'dir. Yine sahanın güneyinde yer alan ve yılın önemli bir döneminde karla kaplı olan Akdağ ve Karaömer Dağı, karların erimeye başladığı dönemde havzadaki sayıca nispeten fazla olan bu akarsuların debilerinin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca yağışların aniden ve sağanak şeklinde gerçekleşmesi de buradaki akarsu debilerinin artmasındaki en önemli unsurlardandır. Ancak taşkınların son yıllarda sıkça gündem olması ve sayılarının her geçen gün artmasındaki asıl sebep insan müdahalesidir (Mohan, 2018; Singh et al., 2020; Singh, Arya and Agarwal 2020; Arya and Singh, 2021). Sadece Ladik Gölü Havzası'nda değil, birçok farklı yerde gerçekleştirilen antropojenik faaliyetler (insan müdahalesi ile arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişiklikler, ormanların tahrip edilmesi, yerleşme alanlarının betonlaşması vb.) taşkınların oluşmasını tetikleyen başlıca faktörlerdir. 147,8 km² bir alana sahip olan Ladik Gölü Havzası son yıllarda şehirleşme yönünde artış göstermiştir (Bahadır ve Uzun, 2021). Aynı zamanda bu durum havza üzerinde yapılaşma yönünde baskı oluşturmuştur. Dolayısıyla havzada antropojenik etkiler nedeniyle taşkınların bu alanı etkileme riski artmaya başlamıştır. Ayrıca havzada tarım alanlarının (%31,14) ve alüvyal malzemelerin geniş yer tutması da (%28,76) taşkınların yaşanması için uygun ve riskli ortamlar oluşturmaktadır. Özellikle alüvyal malzemeler suya doymun oldukları için yağışın fazla olduğu dönemlerde havza tabanının su altında kalmasına sebep olmaktadır. Böyle bir durumda ise can ve mal kayıplarının gerçekleşmesi kaçınılmaz olur. Aynı zamanda doğal afetlerin bilinirliğinin artmasında gerçekleştirdiği faaliyetler ile etkili olan insan doğal afet duyarlılık analizlerinin gerçekleştirilmesi ve sürdürülebilir bir sistem ortaya konulması bakımından önemli bir görev üstlenmektedir (Singh et al., 2015). Bu görev kapsamında insan, taşkınlar için

gerçekleştirilen duyarlılık değerlendirmesinde sistematik yaklaşımda kullanılmak üzere sahanın coğrafi faktörlerini dikkate almak durumundadır. Tüm bu açıklamalar ve sebepler bir arada düşünüldüğünde eğim, bakı, litoloji, toprak, arazi kullanımı, drenaj yoğunluğu vb. gibi farklı coğrafi faktörler kullanılarak Ladik Gölü Havzası'nda taşkın duyarlılık analizinin gerçekleştirilmesi ve duyarlılık sınıflarının belirlenip karar vericilerin önlem alabilmelerine yardımcı olmak hedeflenmiştir.

4.2.2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın önceki bölümlerinde araştırma sahasının yeri, sınırları, kapsamı ve kullanılan yöntemler detaylıca açıklanmış, veriler (materyal) ise genel hatları ile ifade edilmişti. Bu sebeple bu bölümde sadece taşkın afeti özelinde kullanılan veriler etraflıca açıklanmış ve çalışma sahasının geçmiş dönem taşkın özellikleri üzerinde durulmuştur.

4.2.2.1. Araştırma Sahasının Taşkın Özellikleri

Her geçen gün dünya genelinde doğal afetler artış göstermektedir. Bu doğal afetler arasında depremlerden sonra en çok can ve mal kaybına sebep olan doğal afet taşkınlardır. Küresel ölçekte önemli bir sorun haline gelen taşkınlar özellikle yaz aylarında Türkiye'de sıkça meydana gelmektedir. 2020 yılı Türkiye afet kayıtlarına göre gerçekleşen 905 adet doğal afetin 177 tanesi taşkınlardır. Türkiye, başta Karadeniz Bölgesi olmak üzere taşkınların oldukça yoğun yaşandığı bir ülkedir. Türkiye'de gerçekleşen taşkınlar bölgesel olarak farklı zamanlarda meydana gelse de hepsinin ortak yanı, özellikle son 5-10 yıl içerisinde sebep oldukları büyük çaptaki maddi ve manevi zarar vermiş olmalarıdır.

Türkiye'de Karadeniz Bölgesi taşkınlar açısından yaz aylarında hareketli bir dönem geçirse de tarihsel süreç içerisinde Ladik Gölü Havzası bu hareketli bölgenin sakin alanı olarak kalmıştır. Araştırma sahasında 2022 yılına kadar iki (2) adet (Samsun İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, 2022), 2023 yılının ilk yarısında (4 Haziran 2023) ise bir (1) olmak üzere toplamda üç (3) adet taşkın meydana gelmiştir. Bunlardan ilki 8 Haziran 1971 (URL-12) tarihindeki taşkındır. Ladik ilçe merkezinden geçen Değirmen Dere üzerinde gerçekleşen bu taşkına ait literatürde konumu dışında herhangi bir bilgi ile karşılaşılmamıştır. Araştırma sahasında gerçekleşen ikinci taşkın ise 1983-2022 afet kayıtlarında konumu belirlenemeyen taşkındır. Ladik'te hem maddi hem can kayıplarına sebep olan en önemli taşkın ise 4 Haziran 2023 tarihindeki

taşkındır. Tüfekçidere Mahallesi'nde meydana gelen bu taşkında 1 kişi yaşamını yitirmiş, birçok ev tahliye edilmiş ve önemli derecede maddi zarar oluşmuştur. Bu taşkın çalışma kapsamında gerçekleştirilen taşkın duyarlılık analizi sonuçları ile örtüşmüştür.

İlçe merkezinden geçen Değirmen Dere'nin yatağının etrafında oluşturulan yapay kanalın şehir merkezinde dar, kırsal alanda ise daha geniş olması nüfusun yoğun olarak yer aldığı ilçe merkezini olası bir taşkında risk altında bırakabilecektir (Şekil 4.9). Ayrıca halihazırda Değirmen Dere'nin Ladik ilçe merkezinden geçmesi ve yatağının evsel atık deşarj kanalı olarak kullanılması, oluşan sazlık vb. bitkilerin temizlenmemesi olası bir taşkın anında derenin taşması için en temel sorunlar olarak gözükmemektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.9. İlçe merkezinden geçen Değirmen Dere'nin farklı kesimlerindeki kanal yapısı.

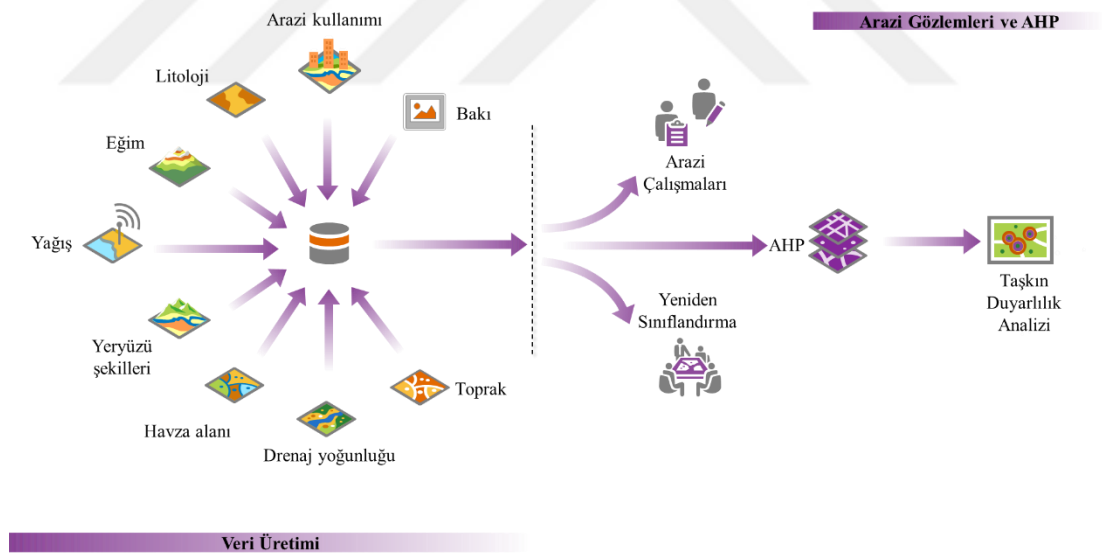


Şekil 4.10. İlçe merkezinden geçen Değirmen Dere'deki evsel atık ve oluşan sazlıklar.

4.2.2.2. Veri

Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen taşkın duyarlılık analizi üç farklı aşamadan oluşmaktadır; CBS ile veri üretimi, arazi gözlemleri ve AHP (Şekil 4.11). Çalışmada ilk olarak analizde kullanılacak olan coğrafi faktörlere karar verilmiş, CBS teknikleriyle coğrafi bir veri tabanı tasarlanmış ve coğrafi faktörlere ait veriler (eğim, bakı, litoloji, toprak, havza alanı büyüklüğü, arazi kullanımı, yeryüzü şekilleri, yağış

ve drenaj yoğunluğu) üretilmiştir. Bu bağlamda mekânsal analizlerde temel olarak kullanılan verilerin başında Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ya da diğer adıyla Digital Elevation Model (DEM) gelmekte ve mekânsal analizlerde kullanılan birçok coğrafi faktör (eğim, bakı, yükseklik vb.) için kaynak teşkil etmektedir. Bu kuvvetli özelliği nedeniyle öncelikle CBS teknikleriyle 1/25.000’lik topografya haritalarından Ladik Gölü Havzası’nın 10 m çözünürlüğe sahip DEM verisi üretilmiş ve sonrasında havzanın eğim, bakı ve yeryüzü şekilleri verilerinin üretilmesinde de altlık olarak kullanılmıştır. Yine CBS teknikleriyle 1/100.000 ölçekli jeoloji haritalarından litoloji verisi üretilmiş, TAD Portal (Tarım Dışı Yetkilendirme ve Toprak Etüt Portalı) üzerinden toprak verileri indirilmiş ve sadeleştirilmiştir. Ayrıca 2017-2021 yıllarına ait Sentinel-2 uydu görüntülerinden kontrollü sınıflandırma yöntemi ile arazi kullanımı, CBS teknikleri arasında yer alan çizgisel yoğunluk analizi (line density) ile drenaj yoğunluğu, hidroloji (hydrology) aracı ile havza analizleri (mikro havza sınırlarının tespiti ve drenaj yoğunluğu için akarsu şebekesinin belirlenmesi) ve son olarak da Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden temin edilen yağış verileri kullanılarak enterpolasyon teknikleri ile sahanın yağış haritası üretilmiştir.



Şekil 4.11. Taşkın duyarlılık analizi iş akış şeması.

Veri üretiminin hemen akabinde coğrafi faktörler alt kriterlere ayrılmış ve AHP aracılığıyla her biri kendi arasında Saaty (1989) ölçeğine göre ikili karşılaştırma matrisine göre değerlendirilmiştir. AHP ile değerlendirilen coğrafi faktörlerin tutarlılık oranı Saaty (1989)’ye göre $\leq 10\%$ (Saaty, 1989), Franci et al., (2016) ve Arya and Singh, 2021 çalışmalarına göre tutarlılık oranı 3*3 matris için $\leq 5\%$, 4*4 matris için ise $\leq 9\%$ olmalıdır ki (Franci et al., 2016, Arya and Singh, 2021) AHP, doğal afet

öncesinde karar vericilere duyarlı bölgelerin tespit edilmesi ve önlemlerin belirlenmesinde rehberlik edebilsin. Bu değerler tamamen çalışmanın hassas sonuçlar verebilmesi için bu şekilde kategorize edilmektedir.

Taşkına neden olmadaki tahmini önemlerine göre tüm parametreler kendi içlerinde ve Saaty (1989) önem ölçeğine göre 1-9 arasında puanlanmıştır. Her bir üst ve alt kriterin ağırlık oranı hesaplanmıştır (Tablo 4.12). Taşkın duyarlılık analizinde ağırlık oranlarını hesaplamak için verilen önem puanları arazi gözlemleri, uzman görüşü ve literatürde gerçekleştirilen çalışmalara göre belirlenmiştir. AHP teknikleriyle yapılan tüm bu işlemler K. D. Goepel tarafından tasarlanan programın 15.09.2018 versiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Goepel, 2013). AHP ile ağırlık oranları hesaplanan tüm üst ve alt coğrafi faktörler için tekrar CBS teknikleri kullanılarak çeşitli mekânsal analiz işlemleri (veri dönüşümü, yeniden sınıflandırma, hücre boyutu, extent ayarı vb.) gerçekleştirilmiştir. Son olarak taşkın duyarlılık analizi için tüm veriler raster veri formatına dönüştürülmüş her birinin çözünürlüğü 10 m olarak ayarlanmış ve ağırlıklı çakıştırma aracı ile sahanın taşkın duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan sonuç ise düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olacak şekilde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır.

4.2.3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmanın bu bölümünde eğim, bakı, litoloji, toprak, havza alanı büyüklüğü, arazi kullanımı, yeryüzü şekilleri, yağış ve drenaj yoğunluğu olmak üzere dokuz farklı tematik veriden oluşan coğrafi faktörlerin ağırlık oranları hesaplanarak AHP ve CBS teknikleriyle Ladik Gölü Havzası'nın taşkın duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.12).

Tablo 4.12. Taşkın duyarlılık analizinde kullanılan coğrafi faktörler ve sayısal değerleri.

Coğrafi Faktör	Alt Kriter	Alan		Alt Kriter Ağırlık (%)	Tutarlılık (%)	Ağırlık (%)
		km ²	%			
Eğim (°)	0-2 (Düze Yakın)	39,87	26,98	50,3	8	17,7
	2-5 (Hafif Eğimli)	18,56	12,56	26,0		
	5-15 (Eğimli)	43,45	29,40	13,4		
	15-35 (Orta Dik)	44,16	29,88	6,8		
	35 + (Çok Dik)	1,76	1,19	3,5		
Bakı	Düzye Yüzeyler	22,57	15,27	54,2	7	2,5
	Kuzeyli Sektörler (K, KB, KD)	70,01	47,37	29,1		
	Doğu	13,93	9,42	6,9		
	Güneyli Sektörler (G, GB, GD)	30,99	20,97	3,9		
	Batı	10,30	6,97	5,9		

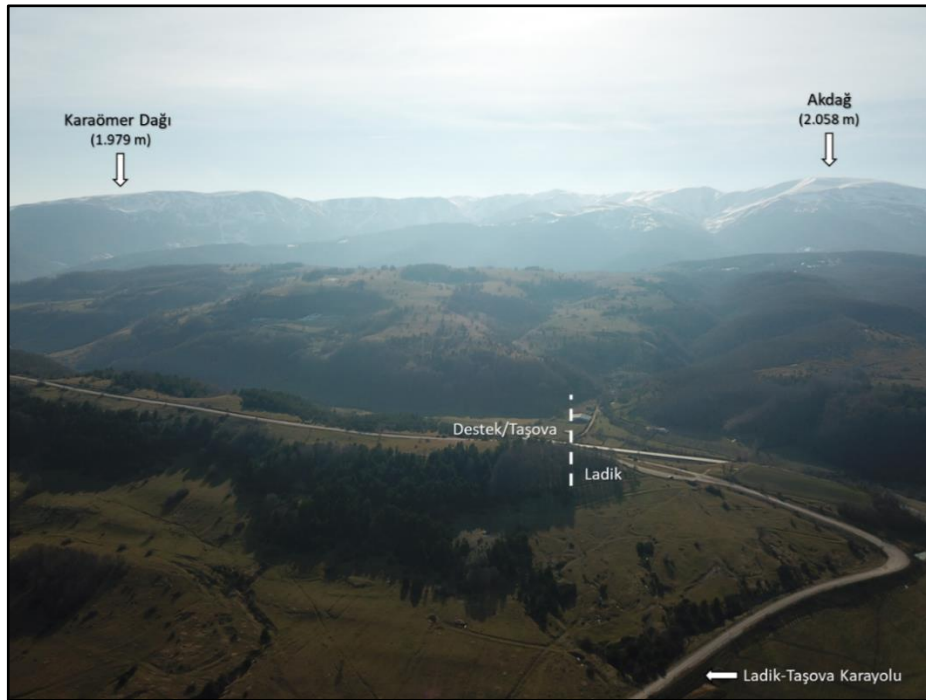
Litoloji	Şist, fillat, kalkşist, kireçtaşı	ZA	0,65	0,44	6,7	4	3,8
	Kireçtaşı		15,18	10,27			
	Çakıltası, kumtaşı, kıltaşı, kireçtaşı	ZB	7,25	4,91	6,7		
	Serpantin, kumtaşı, aglomera, tuf		0,93	0,63			
	Kireçtaşı, kıltaşı, marn		59,51	40,26			
	Çakıltası, kumtaşı, marn, çamurtaşı	ZC	2,70	1,83	6,7		
	Konglomera, kumtaşı		10,30	6,97			
	Çakıltası, çamurtaşı	ZD	8,77	5,93	11,8		
	Alüvyon	ZE	42,51	28,76	68,1		
Toprak	Alüvyal Topraklar	26,82	18,15	37,2	5	8,2	
	Hidromorfik Topraklar	9,17	6,20	37,2			
	Kahverengi Orman Toprakları	86,03	58,21	3,2			
	Kestanerengi Topraklar	25,10	16,98	6,1			
	Kolüvyal Topraklar	0,68	0,46	16,3			
Havza Boyutu (km²)	0,31-1,00	1,80	1,22	35,0	4	8,6	
	1,01-2,00	14,78	10,00	23,7			
	2,01-3,00	32,18	21,77	15,9			
	3,01-4,00	41,76	28,25	10,6			
	4,01-5,00	13,51	9,14	7,0			
	5,01-6,00	16,57	11,21	4,6			
	> 6	27,20	18,40	3,2			
Arazi Kullanımı	Sulak Alanlar	11,71	7,92	30,0	2	9,2	
	Ormanlık Alanlar	58,47	39,56	3,0			
	Tarım Alanları	46,02	31,14	29,8			
	Yerleşim Alanları	7,69	5,20	29,8			
	Çıplak Arazi	0,52	0,35	3,0			
	Mera	23,39	15,83	4,4			
Yeryüzü Şekilleri	Dağ	4,12	2,79	4,5	2	9,2	
	Plato	40,01	27,07	4,5			
	Ova	38,76	26,22	45,5			
	Yamaç	60,86	41,18	4,5			
	Fay Yamacı	0,48	0,32	4,5			
	Birikinti Konisi	3,57	2,42	36,5			
Yağış (mm)	600-700	80,59	54,53	26,1	5	27,4	
	700-900	48,01	32,48	32,8			
	900 +	19,20	12,99	41,1			
Drenaj Yoğunluğu (Da)	0,57-1,57	12,18	8,24	6,2	2	13,5	
	1,58-2,05	17,21	11,64	9,9			
	2,06-2,37	62,05	41,98	16,1			
	2,38-2,82	47,09	31,86	26,2			
	2,83-3,80	9,27	6,27	41,6			

4.2.3.1. Duyarlılık Analizinde Kullanılan Coğrafi Faktörler

4.2.3.1.1. Eğim

Taşkın duyarlılık analizi çalışmalarında arazinin eğim şartları dikkat edilmesi gereken coğrafi faktörlerin başında gelmektedir. Eğim, yüzey sularının hızına etki etmesi bakımından önemli bir kriterdir. Çünkü suyun hızı esas olarak arazinin eğimine bağlıdır (Arya and Singh, 2021). Eğimin yüksek olduğu yerlerde yağmur suları drenaj kanalları ile hızla yüzeysel akışa geçerek kısa sürede drene olurken, eğimin azaldığı yerlerde ise suların drene olması için daha uzun süreye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum da yüzeysel su depolanmasına sebep olmakta ve taşkının etki derecesini artırmaktadır.

Ladik Gölü Havzası'nda eğim 0° - 58° derece arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 4.13a). Havzanın tektonik kökenli bir yapıya sahip olması nedeniyle tabanında eğim değerleri oldukça az iken, Ladik Gölü'nün kuzey ve özellikle güney kıyısından itibaren kademeli bir şekilde artış göstermektedir. Özellikle havzanın güneyindeki dağlık kütleler (Akdağ ve Karaömer Dağı) en dik yamaçlara sahip birimleri oluşturmaktadır (Şekil 4.12). Havzada eğimin bu denli değişiklik göstermesi nedeniyle çalışma kapsamında daha hassas sonuçlar elde edebilmek adına eğim; düz ve düze yakın, hafif eğimli, eğimli, orta derece dik ve çok dik eğime sahip yamaçlar şeklinde beş (5) farklı gruba ayrılmıştır.



Şekil 4.12. Havzanın güneyinde dik ve çok dik yamaçlara sahip dağ kütleleri.

Taşkın duyarlılık analizi kapsamında AHP ile gerçekleştirilen ikili karşılaştırma matrisinde suyun hızına etki etmesi bakımından düz ve düze yakın, hafif eğimli yerlere yüksek, eğimin nispeten arttığı orta eğimli ve orta derece dik yamaçlara nispeten düşük ve eğimin en fazla olduğu çok dik yamaçlara ise en düşük önem puanları verilmiştir (Tablo 4.13). Havzanın tabanı 0°-2° eğim aralığında yer almaktadır ve aynı zamanda bu alan havza sınırları içerisindeki yerleşmelerin en yoğun olduğu eğim sınıfını da temsil etmektedir. Bu yönüyle de önem puanlamasının burada yüksek olması gerektiği ortadadır.

Tablo 4.13. Eğim faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Eğim Grupları (°)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A) 0-2	1	3	5	7	9
(B) 2-5	1/3	1	3	5	7
(C) 5-15	1/5	1/3	1	3	5
(D) 15-35	1/7	1/5	1/3	1	3
(E) 35 +	1/9	1/7	1/5	1/3	1

4.2.3.1.2. Bakı

Bakı, taşkınların meydana gelmelerini doğrudan olmasa da dolaylı olarak etkileyen bir faktördür. Bir bakıma bakı, sahanın güneş alıp almama durumu olmasının yanı sıra, ana ve ara yönler olmak üzere tüm yamaçların Güneş'e göre konumunun belirlenmesidir. Bu yönüyle bakı, bir sahadaki tüm yamaçların ana ve ara yön bakımından kapladığı alan ve oranın bilinmesini sağlar. Bu özelliği sayesinde bakı, yerel olarak taşkına etki eden birçok coğrafi faktörün oluşumunu etkiler. Özellikle yerel iklim ve bitki örtüsü bu şartların başında gelir (Ocak vd., 2021a; 2021b). Örneğin kuzey sektörlü yamaçlar yağış bakımından güney sektörlü yamaçlara göre daha fazla yağış alır ve diğer şartların uygun olması halinde taşkın oluşumuna daha müsait bir ortam oluştururlar. Yine kuzey sektörlü yamaçlar bitki örtüsü bakımından güney sektörlü yamaçlara göre daha yoğun bir bitki örtüsüne sahiptir. Bu durum da yağışın tam aksine infiltrasyonu arttıracak için kuzey sektörlü yamaçlarda taşkın oluşumunu yavaşlatarak olumlu etki yapar. Dolayısıyla bakının taşkın oluşumunda çalışılan sahanın konumuna ve dikkate alınan coğrafi faktörlere göre etkisi değişebilmektedir.

Ladik Gölü Havzası için gerçekleştirilen taşkın duyarlılık analizi kapsamında bakı; düz yüzeyler, kuzeyli sektörler (K, KD, KB), doğu, güneyli sektörler (G, GD, GB) ve batı olarak beş (5) farklı sınıfa ayrılmıştır (Şekil 4.13b). Düz yüzeylere aynı

düşük eğime sahip olan yamaçlar gibi yüksek önem puanları verilmiştir. Yine kuzeyli sektörler de yüksek önem derecesine sahip olarak kabul edilmiş, diğer sektörler ise nispeten önemleri azaldığı için düşük puanlar verilmiştir (Tablo 4.14).

Tablo 4.14. Bakı faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Bakı	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A) Düz Yüzeyler	1	3	9	9	9
(B) Kuzeyli Sektörler	1/3	1	3	9	9
(C) Doğu	1/9	1/3	1	2	1
(D) Güneyli Sektörler	1/9	1/9	1/2	1	1/2
(E) Batı	1/9	1/9	1	2	1

4.2.3.1.3. Litoloji

Taşkınların oluşumunu etkileyen doğal faktörlerden bir diğeri litolojik özelliklerdir. Litoloji zeminin geçirimsizlik özelliği nedeniyle taşkınların oluşumunda etkilidir. Örneğin zeminin gevşek malzemelerden oluşması ya da geçirimsiz bir özellik sergilemesi yüzey sularının hızlı bir şekilde infiltrate edilmesini sağlar ve yüzeysel akışa geçen su miktarında önemli ölçüde azalma meydana gelir. Yine zeminin sert ve geçirimsiz olduğu litolojik birimlerde ise bu durumun tersi yaşanır. Dirençli kayaların bulunduğu bölgelerde taşkın riski daha düşüktür ya da daha az drenaj yoğunluğuna sahiptir (Srivastava et al., 2014; Feizizadeh et al., 2020). Bu birimlerde yüzeysel akışa geçen suyun çoğu infiltrate (sızma) edilemeden yüzeysel akışa geçer ve taşkına sebep olan su miktarının artmasına neden olur.

Tablo 4.15. Litoloji faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Litoloji	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A) ZA	1	1	1	1/2	1/9
(B) ZB	1	1	1	1/2	1/9
(C) ZC	1	1	1	1/2	1/9
(D) ZD	2	2	2	1	1/9
(E) ZE	9	9	9	9	1

Ladik Gölü Havzası'nda farklı özelliklere sahip litolojik birimler bulunmaktadır (Şekil 4.13c). Çalışma kapsamında litolojik birimler zeminin geçirimsizlik duruma göre sınıflandırılmıştır. Litolojik özelliklerin gruplandırılmasında 2018 yılında AFAD tarafından yayımlanan Türkiye Deprem Bina Yönetmeliği'ndeki zemin grupları dikkate alınmıştır (AFAD, 2018b). En sağlam kayalara ve zemine sahip olan sınıfa ikili karşılaştırma matrisinde en yüksek, zeminin zayıf ve aynı zamanda gevşek malzemelerden oluştuğu sınıfa ise en düşük puan verilmiştir (Tablo 4.15). Ayrıca

litolojik birimler arasında havzada en çok Kuvaterner yaşlı alüvyonlar bulunmaktadır ve sahanın %28,76'lık bir bölümünü kaplamaktadır. Özellikle havzanın tabanında ve akarsuların ağız kısımlarında bulunan bu litolojik birim suya doymuş bir yapıya sahip olması nedeniyle taşkınların oluşması açısından önemli bir etkiye sahiptir. Aynı zamanda yerleşmelerin çoğu da bu zemin üzerine kurulmuştur. Bu yönüyle de taşkın duyarlılığı açısından en yüksek puan Kuvaterner yaşlı alüvyonlara verilmiştir.

4.2.3.1.4. Toprak

Topraklar taşkınların oluşumunda nem, geçirimsizlik, gözeneklilik, kalınlık ve doku gibi özellikleri ile etkili olmaktadır. Özellikle toprağın nem tutma kapasitesi, geçirimsizlik ve gözenekliliği taşkın oluşumunu etkileyen en belirgin özellikleridir. Toprak türü drenaj türünü doğrudan etkiler; toprak ne kadar çok geçirimsiz ve gözenekli bir özelliğe sahipse nem ve su tutma kapasitesi ve yüzeysel akışa geçen suların hızlı bir şekilde infiltre edilmesi o oranda artar (Mojaddadi et al. 2017). Bu yönüyle taşkın oluşumunun yavaşlamasını sağlar. Yine toprakların killi, kumlu, tınlı ve balçıklı gibi tekstür özellikleri de taşkın oluşumuna etki etmektedir. Kumlu toprağın gözenekli ve geçirgenlik oranı hem tınlı hem de killi topraklardan önemli ölçüde fazladır (Arya and Singh, 2021). Dolayısıyla kumlu topraklar tınlı ve killi topraklara göre taşkına karşı daha güçlü bir özellik sergiler.

Tablo 4.16. Toprak faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Toprak Sınıfı	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A) Alüvyal	1	1	9	7	3
(B) Hidromorfik	1	1	9	7	3
(C) Kahverengi Orman	1/9	1/9	1	1/3	1/6
(D) Kestanerengi	1/7	1/7	3	1	1/4
(E) Kolüvyal	1/3	1/3	6	4	1

Çalışma sahasında alüvyal, hidromorfik, kahverengi orman, kestanerengi ve kolüvyal topraklar bulunmaktadır (Şekil 4.13d). Topraklar sahanın litolojik özellikleriyle doğru orantılıdır ve taşkına karşı önemli olup olmama durumları da üzerinde bulunduğu litoloji ile yakından ilgilidir. Havzada %28,76'lık bir orana sahip olan Kuvaterner yaşlı alüvyal birimler aynı zamanda alüvyal ve hidromorfik toprakların bulunduğu birimlerdir. Dolayısıyla alüvyal ve hidromorfik topraklar suya doymuş olmaları nedeniyle ikili karşılaştırma matrisinde taşkın duyarlılığı açısından her zaman en yüksek puanlanmıştır. Yine orman altı tabakayı oluşturan kahverengi orman toprakları hem bitki örtüsü ile kaplı olması hem geçirimsizlik özelliklerinin

nispeten yüksek olması nedeniyle ikili karşılaştırma matrisinde en düşük öneme sahip kabul edilmiştir. Kestanerengi topraklar ise seyrek orman ve çalılıklardan oluştukları için diğer toprak gruplarına göre orta derece önemli kabul edilmiştir. Yine havzada çok az olmasına rağmen gevşek malzemelerden oluşması nedeniyle suyun yıkıcı etkisine karşı koyamayacağı düşünülerek kolüvyal topraklara yüksek puan ataması gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.16).

4.2.3.1.5. Havza Boyutu

Bir havzanın boyutu, bir başka deyişle alanı sahanın taşkına karşı direnç seviyesini belirlemektedir. Küçük boyutlu mikro havzalar büyük boyutlu havzalara göre taşkın/sele karşı daha savunmasızdır (Ajin et al., 2013; Arya and Singh, 2021). Çoğunlukla küçük drenaj ağına sahip havzalarda yağmur sularının taşkına dönüşmesi için kısa bir akış süresi yeterlidir. Ancak büyük drenaj ağına sahip olan havzalarda taşkın oluşması için daha uzun bir akış süresi gerekir (Ajin et al., 2013; Arya and Singh, 2021). Bir havzanın mikro havza karakterinde olabilmesi alanının 0,031-190 km² arasında olmasına bağlıdır (Arya and Singh, 2021). Çalışma sahası olarak belirlenen Ladik Gölü Havzası'nın alanı da 147,8 km²'dir. Yani çalışma sahası tam bir mikro havza özelliği sergilemektedir. Bu yönüyle havzada olası taşkın oluşumu için kısa bir akış süresi söz konusudur. Akım toplanma zamanı olarak bilinen bu süre aşağıda açıklanan Kirpich (1940) formülüne göre araştırma alanı için 6,30 dk. olarak hesaplanmıştır (Kirpich, 1940).

$$T_c = 0,0078 * L^{0,77} / S^{0,385}$$

T_c = Akım toplanma zamanı

L = Ana akarsu uzunluğu (m)

S = Havza eğimi (m/m).

Çalışma sahası her ne kadar mikro bir havza özelliği sergilese de daha hassas sonuçlar elde edebilmek adına DEM verisi kullanarak sahanın daha küçük boyuta sahip mikro havza sınırları da belirlenmiştir (Şekil 4.13e). Bu bağlamda alanları daha küçük olan mikro havzalara yüksek, alanları büyük olan havzalara da düşük önem puanları atanmıştır (Tablo 4.17).

Tablo 4.17. Havza boyutu faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Havza Boyutu	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
(A) 0,31-1,00	1	2	3	4	5	6	7
(B) 1,01-2,00	1/2	1	2	3	4	5	6
(C) 2,01-3,00	1/3	1/2	1	2	3	4	5
(D) 3,01-4,00	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4
(E) 4,01-5,00	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3
(F) 5,01-6,00	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2
(G) > 6	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1

4.2.3.1.6. Arazi Kullanımı

Ladik Gölü Havzası'nda 2017-2021 yıllarına ait Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak kontrollü sınıflandırma ile arazi kullanımı için altı (6) farklı sınıf tespit edilmiştir (Şekil 4.13f). Bunlar sulak alanlar, ormanlık alanlar, tarım alanları, yerleşim alanları, çıplak arazi ve meradır. Tespit edilen arazi sınıfları arasında sulak alanlar diğer sınıflara göre taşkına karşı daha dirençsizdir. Yine çoğunlukla eğimin az olduğu yere kurulmalarından ötürü yerleşim alanları ve havzada ekonominin önemli oranda temel dayanağı olmasından ötürü tarım alanları da sulak alanlardan sonra taşkın için en hassas alanları oluşturmaktadır. Bu arazi kullanım türleri dışında mera alanları çoğunlukla yüksek kesimde yer alsa da gölün etrafındaki yeni oluşan mera alanlarının varlığından ötürü orta derece öneme sahip arazi sınıfı olarak değerlendirilmiştir. Bunun dışında havza yoğun bir orman örtüsü ile kaplıdır. Ormanların varlığı taşkın oluşmasını engellemesi bakımından önemlidir. Ormanlar taşkınlar için en dirençli arazi kullanım sınıfını oluşturmaktadır. Ormanla kaplı alanlarda yağmur suları bitkiler tarafından tutulmakta ve yere düşme hızını azaltmaktadır. Bu şekilde yağmur suları gücünü kaybetmekte ve hem bitkiler hem de toprak tarafından rahatlıkla infiltre edilebilmektedir. Dolayısıyla yüzeysel akışa geçen su miktarında düşüş meydana gelmektedir. Çıplak araziler ise diğer arazi sınıflarına göre taşkın oluşumunda daha az etkilidirler. Tüm bu açıklamalar eşliğinde ikili karşılaştırma matrisinde sulak alanlar, yerleşim alanları ve tarım alanlarına yüksek, mera alanlarına orta seviye, ormanlık alanlara düşük, çıplak arazilere de orta seviye puanlar atanmıştır (Tablo 4.18).

Tablo 4.18. Arazi kullanım faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Arazi Kullanımı	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
(A) Sulak Alanlar	1	9	1	1	9	9
(B) Ormanlık Alanlar	1/9	1	1/9	1/9	1	1/2
(C) Tarım Alanları	1	9	1	1	9	9
(D) Yerleşim Alanları	1	9	1	1	9	9
(E) Çıplak Araziler	1/9	1	1/9	1/9	1	1/2
(F) Mera	1/9	2	1/9	1/9	2	1

4.2.3.1.7. Yeryüzü Şekilleri

Taşkınların oluşumunda yeryüzü şekillerinin hassas bir rolü vardır. Çünkü yeryüzü şekilleri suyun hızını, yönünü ve gücünü etkilemektedir. Bu sebeple yeryüzü şekilleri hidrolojik çalışmalarda göz ardı edilemeyecek bir coğrafi parametredir (Sherman, 1932; Horton, 1945; Strahler, 1964; Baker et al., 1990; Özdemir, 2007; Özdemir ve Bayrakdar, 2014; Özşahin, 2016; Ocak vd., 2021a). Ladik Gölü Havzası'nda dağ, plato, ova, yamaç ve birikinti konisi gibi ana jeomorfolojik birimler bulunmaktadır (Şekil 4.13g). Bu morfolojik birimler arasında özellikle ovalar taşkın duyarlılığı açısından en savunmasız yeryüzü şeklidir. Hem eğim değerlerinin az olması hem de yerleşmeye uygunlukları taşkın duyarlılığı açısından ovaların önemini arttırmaktadır. Anadolu coğrafyasında birikinti konileri üzerinde yerleşmelerin oldukça yoğun olması ve bu morfolojik birimlerin akarsuların ağız kısmında yer almaları nedeniyle taşkın duyarlılık analizinde birikinti konileri taşkın duyarlılığı açısından oldukça riskli alanlardır. Yüksek düzlüklerde yer almalarına rağmen platolar ise iyi bir drenaja sahip olmaları bakımından taşkın açısından önemi düşük morfolojik birimlerdendir. Yine eğimin fazla olduğu dağ ve yamaç gibi birimler üzerinde yüzeysel suların hızlı bir şekilde akışa geçmesi nedeniyle bu morfolojik birimler de düşük öneme sahip birimler olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla ikili karşılaştırma matrisinde ova ve birikinti konilerine en yüksek, dağ, plato ve yamaçlara daha düşük puan atamaları gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.19).

Tablo 4.19. Yeryüzü şekilleri faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Yeryüzü Şekilleri	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
(A) Dağ	1	1	1/9	1	1	1/9
(B) Plato	1	1	1/9	1	1	1/9
(C) Ova	9	9	1	9	9	2
(D) Yamaç	1	1	1/9	1	1	1/9
(F) Fay Yamacı	1	1	1/9	1	1	1/9
(F) Birikinti Konisi	9	9	1/2	9	9	1

4.2.3.1.8. Yağış

Taşkınların oluşumundaki asıl faktör yağıştır. Çünkü yağışın olmadığı bir yerde doğal bir olayın taşkın afetine dönüşmesi olanaksızdır. Yağışın şekli ve miktarı taşkın oluşumunu tetiklemektedir. Özellikle hızlı ve yoğun gerçekleşen bir yağış taşkına sebep olabilmektedir. Yine yağış, yer altı suyu seviyesinin artmasına neden

olarak zeminin suya doygun bir hale gelmesinde etkilidir (Ekinci, 2004; Özşahin, 2016). Böyle bir durumda taşkın için uygun bir ortam hazırlanmış olur.

Çalışma sahasında yıllık ortalama yağış 743 mm'dir. Yağışlar havza tabanından güney yamaçlara doğru önemli ölçüde artış göstermekte ve 1.150 mm'nin üzerine çıkmaktadır. (Şekil 4.13h). Yağışın taşkın üzerindeki etkisini ortaya koyabilmek için havzaya ait yağış özellikleri 600-700 mm, 700-900 mm ve 900 + mm şeklinde üç (3) sınıfa ayrılmıştır. Yağışın fazla olduğu yerlere yüksek, az olduğu yerlere ise daha düşük önem puanları atanmıştır (Tablo 4.20).

Tablo 4.20. Yağış faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Yağış (mm)	(A)	(B)	(C)
(A) 600-700	1	1	1/2
(B) 700-900	1	1	1
(C) 900 +	2	1	1

4.2.3.1.9. Drenaj Yoğunluğu (D_d)

Drenaj yoğunluğu (D_d) bir havzadaki tüm akarsuların toplam uzunluğunun havzanın alanına bölünmesi ile edilir (Horton, 1945). Havzaların taşkınlara karşı ne kadar duyarlı olduklarının tespit edilmesi bakımından önemlidir. Bir havzada drenaj yoğunluğu ne kadar yüksek olursa suların o alanda infiltre edilmesi az olur ve havza taşkına karşı dirençsiz bir yapı sergiler. Ancak drenaj yoğunluğunun düşük olduğu havzalarda yüzey suları daha çabuk infiltre olmakta ve bu havzalar taşkın için daha dirençli bir yapı sergilemektedir (Patton and Baker, 1976). Sayısal olarak ifade etmek gerekirse drenaj yoğunluk değeri 1,75'ten büyükse yüksek, 2,5'ten büyükse çok yüksek olarak ifade edilmektedir (Reddy et al., 2004). Bir havzadaki drenaj ağının taşkınlara karşı dirençli olup olmaması o havzanın drenaj yoğunluğu ile doğrudan ilgilidir (Altıparmak ve Türkoğlu, 2018). Ladik Gölü Havzası'nda ortalama drenaj yoğunluğu 0,80 olarak hesaplanmıştır. Yani çalışma sahası düşük drenaj yoğunluğuna sahiptir. Bu değer havzadaki infiltrasyonun hızlı olduğunu ve havzanın taşkın duyarlılığı açısından düşük öneme sahip olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra havzada farklı drenaj yoğunluğu sınıfları tespit edilmiş olup, beş (5) farklı drenaj sınıfı oluşturulmuştur (Şekil 4.13i). Taşkın duyarlılık analizi için gerçekleştirilen ikili karşılaştırma matrisinde de bu sınıflar dikkate alınarak puan atamaları gerçekleştirilmiş ve düşük drenaj yoğunluğuna sahip sınıflara düşük, yüksek drenaj yoğunluğuna sahip sınıflara ise yüksek puanlar atanmıştır (Tablo 4.21).

Tablo 4.21. Drenaj yoğunluğu faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

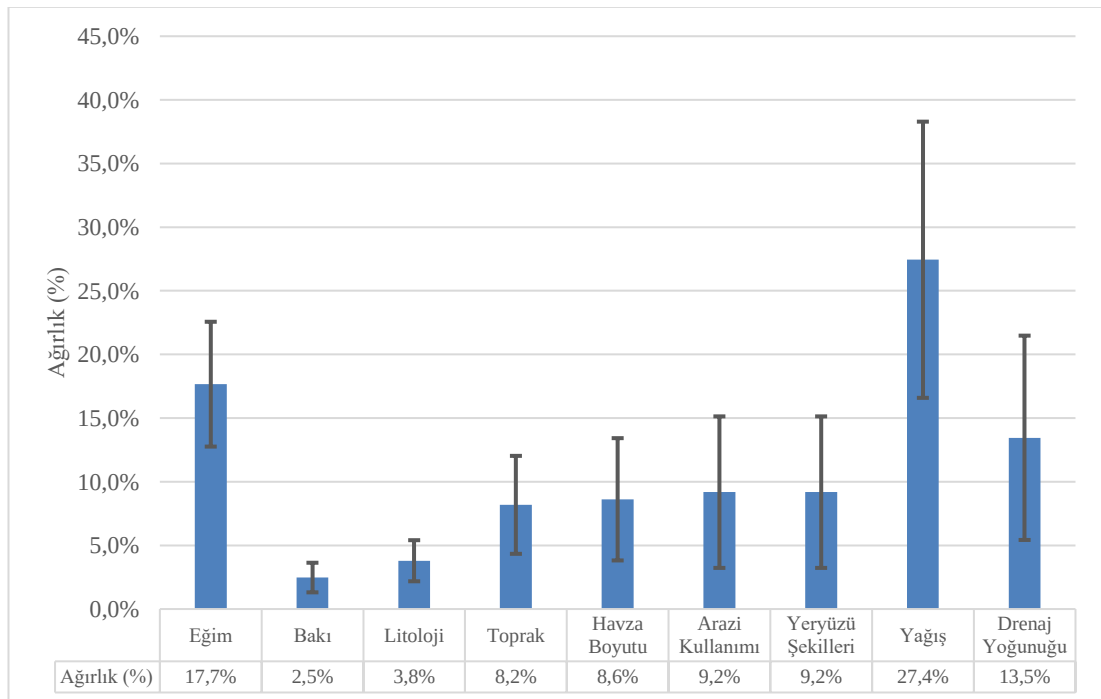
Drenaj Yoğunluğu	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A) 0,57-1,57	1	1/2	1/3	1/4	1/5
(B) 1,58-2,05	2	1	1/2	1/3	1/4
(C) 2,06-2,37	3	2	1	1/2	1/3
(D) 2,38-2,82	4	3	2	1	1/2
(E) 2,83-3,80	5	4	3	2	1

4.2.3.2. Analiz ve Değerlendirme

Ladik Gölü Havzası'nda taşkına karşı duyarlı alanları analiz etmek için dokuz (9) ana kriter (eğim, bakı, litoloji, toprak, havza boyutu, arazi kullanımı, yeryüzü şekilleri, yağış ve drenaj yoğunluğu) ve bu ana kriterlere bağlı 51 alt kriter kullanılarak AHP ile çok kriterli karar verme analizi gerçekleştirilmiştir. Tüm üst ve alt kriterler arasında ikili korelasyon kurularak Saaty (1989) önem ölçeğine göre 1-9 arasında puanlar atanmış ve tüm kriterlerin ağırlık ve tutarlılık oranları hesaplanmıştır (Tablo 4.22; Şekil 4.14). Taşkın duyarlılık analizi için gerçekleştirilen çok kriterli karar verme analizi sonucunda Ladik Gölü Havzası'nda kullanılan dokuz (9) ana coğrafi faktöre göre tutarlılık oranı %9 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.22).

Tablo 4.22. Ana coğrafi faktörlere ait ikili karşılaştırma matrisi.

Coğrafi Faktör	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(İ)
(A) Eğim	1	7	5	3	3	2	2	1/3	2
(B) Bakı	1/7	1	1/3	1/6	1/4	1/2	1/2	1/7	1/7
(C) Litoloji	1/5	3	1	1/2	1/2	1/3	1/3	1/4	1/7
(D) Toprak	1/3	6	2	1	2	1	1	1/5	1/3
(E) Havza Boyutu	1/3	4	2	1/2	1	2	2	1/3	1/3
(F) Arazi Kullanımı	1/2	2	3	1	1/2	1	1	1/3	2
(G) Yeryüzü Şekilleri	1/2	2	3	1	1/2	1	1	1/3	2
(H) Yağış	3	7	4	5	3	3	3	1	3
(İ) Drenaj Yoğunluğu	1/2	7	7	3	3	1/2	1/2	1/3	1
Tutarlılık Oranı (%)	9								

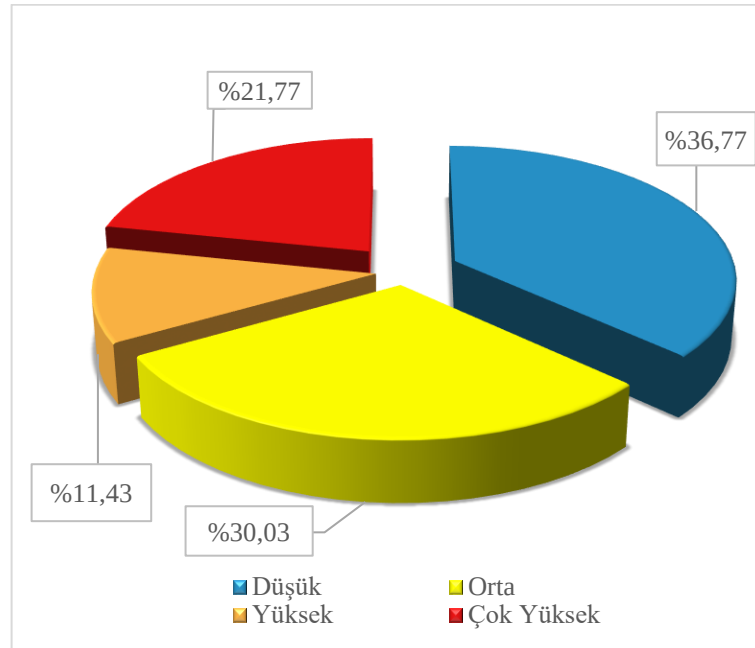


Şekil 4.14. Ana coğrafi faktörlerin ağırlık dağılımları ve standart sapmaları.

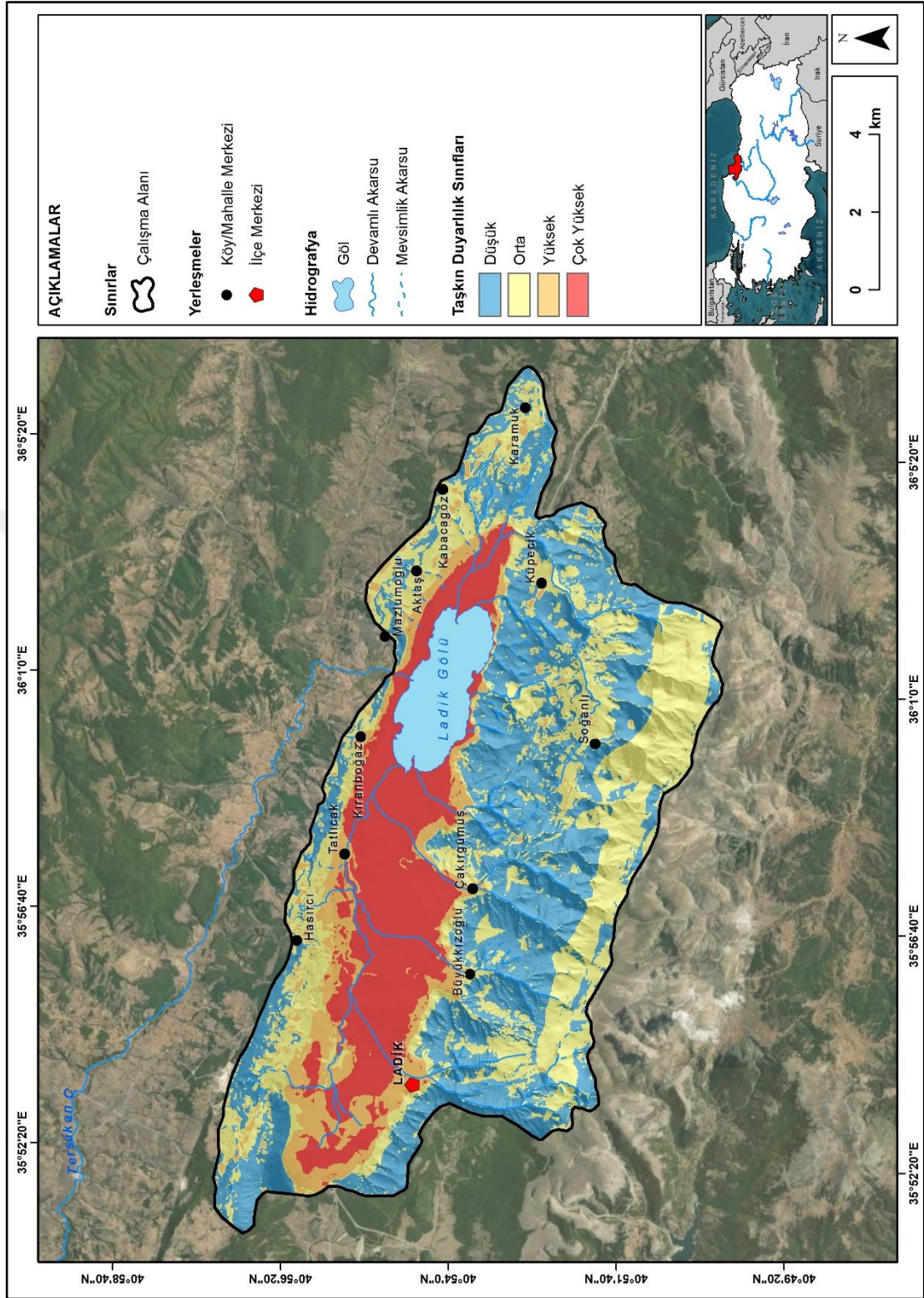
AHP ile gerçekleştirilen ikili karşılaştırma matrisine ait sonuçların mekânsal olarak sahaya uygulanabilmesi için hesaplanan ağırlık oranları CBS teknikleriyle tüm coğrafi faktörlerin öznitelik tablolarına işlenmiştir. Daha sonra hesaplanan ağırlık oranlarına göre ilk olarak alt kriterler yine CBS teknikleriyle yeniden sınıflandırılmış (reclassify) ve en son işlem adımında ise ana coğrafi faktörlerin AHP ile hesaplanan ağırlık oranları aşağıdaki formüle göre haritaya aktarılarak Ladik Gölü Havzası'nın taşkın duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Taşkın Duyarlılık Analizi} = (Eğim*0,177) + (Bakı*0,025) + (Litoloji*0,0038) + (Toprak*0,082) + (Havza Boyutu*0,086) + (Arazi Kullanımı*0,092) + (Yeryüzü Şekilleri*0,092) + (Yağış*0,274) + (Drenaj Yoğunluğu*0,135).$$

Taşkın duyarlılık analizi sonucunda elde edilen nihai sonuç düşük, orta, yüksek ve çok yüksek şeklinde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır (Şekil 4.16). Yapılan bu gruplamaya göre Ladik Gölü Havzası'nda 32,17 km²'lik alan çok yüksek, 16,89 km²'lik alan yüksek, 44,39 km²'lik alan orta ve 54,35 km²'lik alan taşkına karşı düşük duyarlı çıkmıştır (Şekil 4.15). Taşkın açısından çok yüksek duyarlılığa sahip olan alanlar eğimin çok az olduğu havza tabanına karşılık gelmektedir. Bununla birlikte havzada taşkın açısından en düşük duyarlılığa sahip yerler çoğunlukla havzanın güney yamaçları ve yüksek kesimleri olmuştur.



Şekil 4.15. Taşkın duyarlılık sınıflarının dağılım oranları.



Şekil 4.16. Ladik Gölü Havzası taşkın duyarlılık analizi haritası.

4.3. Heyelan Duyarlılık Analizi

Heyelanlar diğer doğal afetler gibi zaman zaman can ve mal kayıplarına sebep olmaktadır. Heyelanların oluşumundaki coğrafi faktörler ve verdiği zararlar arasında mantıksal bir neden sonuç ilişkisi kurulabilirse olası can ve mal kayıplarının önüne

geçilebilir. Bu mantıksal ilişki coğrafi faktörler arasında sayısal anlamda karşılaştırma yaparak sağlanmaktadır. Coğrafi faktörlerin heyelan oluşumu üzerindeki etkilerini anlamak ve anlamlandırmak için bu çalışmada Ladik Gölü Havzası'nda birden çok coğrafi faktörün birlikte kullanılmasıyla heyelan duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen heyelan duyarlılığı analizi ve heyelan oluşumunu tetikleyen coğrafi faktörler arasındaki mantıksal ilişkiyi ortaya koyabilmek için Analitik Hiyerarşi Prosesinden (AHP), sonuçlarını mekânsal olarak görebilmek ve yorumlayabilmek için de Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniklerinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda eğim, bakı, litoloji, toprak, yükseklik, arazi kullanımı, akarsulara uzaklık, yağış, fay hatlarına uzaklık, yamaç eğriselliği, yollara uzaklık ve topografik nemlilik indeksi (TWI) olmak üzere 12 adet ana coğrafi faktör ve bu ana faktörlere ait 71 adet alt parametre kullanılmıştır. Analiz sonucunda heyelan duyarlılığı için düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere dört (4) farklı düzey belirlenmiş ve havzanın %34,84'ü düşük, %28,88'i orta, %26,16'sı yüksek ve %10,12'si çok yüksek düzeyde olası taşkınlara karşı duyarlı çıkmıştır. Elde edilen heyelan duyarlılık sonuçları heyelan oluşumunun öncesinde önlemler almaları, risk yönetimi planlarını daha sağlıklı yapabilmeleri ve heyelan afetinin oluşturacağı zararlarının azaltılmasında karar vericilere yardımcı olacaktır.

4.3.1. Giriş

Heyelanlar yamaçlarda sıklıkla ciddi sorunlara; can ve mal kaybına ve doğal kaynakların zarar görmesine neden olan yıkıcı doğa olaylarıdır (Intarawichian and Dasananda, 2010). Heyelanlar son birkaç on yıl içerisinde deprem, kuraklık, tsunami, tayfun, orman yangını ve taşkın gibi küresel ölçekte bilinen bir doğal afet haline gelmiş ve insan yaşamını önemli ölçüde etkilemeye başlamıştır. Heyelanların dünya genelinde gündem olması ve artış göstermesinin altında antropojenik faaliyetlerin (yol ve tünel çalışmaları, kentleşmenin artması, maden ocaklarının faaliyetleri vb.) olumsuz etkileri yatmaktadır. Heyelanlar oluştukları yer ve büyüklüğe göre günlük yaşamı kesintiye uğratmakta; yolların (karayolu ve demiryolu), tünellerin, yerleşmelerin tahrip olmasına ve can kayıplarına sebep olmaktadır. Antropojenik faaliyetlerin yanı sıra dünyadaki karaların %90'ından fazlasının yamaçlardan oluşması (Huggett, 2022) heyelanların insan yaşamı için önemli bir tehdit olduğu gerçeğini de ortaya çıkarmaktadır (Görüm and Fidan, 2021). Küresel ölçekte bir tehdit olarak varlığını sürdüren heyelanlar başta deprem (Görüm et al., 2011; Görüm and Carranza

2015; Kirschbaum et al., 2015), yoğun ve uzun süreli yağış (Petley et al., 2005; Haque et al., 2019), kar erimeleri (Gökçeoğlu vd., 2005) gibi doğal faktörlerin yanı sıra inşaat, madencilik ve yanlış arazi kullanımı (Guns and Vanacker 2014; Özbay and Çabalar, 2015) gibi beşerî faaliyetler tarafından da tetiklenmektedir (Görüm and Fidan, 2021). Bu küresel tehdit dünya nüfusundaki artış ve plansız antropojenik faaliyetler ile birleştiğinde her geçen gün varlığını daha fazla hissettirmektedir. Heyelanlar bu yönüyle sadece yeryüzü şekillerinin morfolojik gelişimine etki etmekle kalmaz, bunun yanı sıra insanlığı da sosyal ve ekonomik yönden etkileyen bir olay halini alır (Özdemir, 1996; Ekinci vd., 2010; Görüm and Fidan, 2021).

Sayıları ve etkileri her geçen gün artış gösteren heyelanların gerçekleşmesini engellemek mümkün değilken, olumsuz etkilerini en az düzeyde tutmak mümkündür. Bu durum heyelanların meydana geldiği farklı lokasyonlardaki doğal şartlar göz önünde bulundurularak yapılacak olan bölgesel çaptaki planlamalar ile gerçekleştirilebilir. Heyelanların olumsuz etkilerini en az seviyede tutmak için gerçekleştirilecek olan bölgesel planlamalarda ise pozitif yaklaşımlar ve belirli bir sistemin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Kullanılacak olan sistematik yaklaşımlar o bölgeye ait doğal ve beşerî şartların arasındaki mekânsal ilişkinin kullanılmasını sağlayarak olası bir doğal afetin etkilerinin belirlenmesi açısından önemlidir. Sistematik yaklaşımların bu avantajı sayesinde heyelanların etkileyeceği alanların tespit edilmesi, bu alanların heyelanlardan ne seviyede etkileneceği ve olası olumsuz etkilerine karşı tedbirlerin önceden alınması mümkün olmaktadır. Dolayısıyla doğal bir olayın afet karakterine bürünmesinin önüne geçmek için özellikle o bölgenin kendine özgü doğal ve beşerî tüm coğrafi faktörlerinin göz önünde bulundurularak sistematik bir yaklaşımla bölgesel çapta planlamaların yapılması ve değişen şartlara göre dönemsel olarak güncellenmesi önem taşımaktadır.

Heyelan olaylarından kaynaklanan olumsuzlukları azaltmak için potansiyel olarak heyelan aktivitesine yatkın alanların bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır ve bu ihtiyaç, ilgili çalışma alanı için heyelan duyarlılık haritası şeklinde tanımlanmaktadır (Intarawichian and Dasananda, 2010). Bu haritaların üretilmesi ve heyelana duyarlı alanların tespiti için ilgili alana ait doğal ve beşerî birçok faktörün aynı anda değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca ilgili duyarlılık haritaların oluşturulmasında kullanılan verinin miktarı ve kalitesi, coğrafi faktör sayısı, modelleme metodolojisi ve uygun analiz seçimi duyarlılık haritalarının güvenilirliğini etkilemektedir

(Intarawichian and Dasananda, 2010). Heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesinde nitel ve nicel olmak üzere farklı yaklaşımlar vardır (Soeters and Van Westen, 1996; Aleotti and Chowdhury, 1999; Guzzetti et al., 1999; Intarawichian and Dasananda, 2010). Heyelana duyarlı alanların tespit edilmesi için gerçekleştirilen çalışmalarda birçok farklı yöntem; AHP, iki ve çok değişkenli, bulanık mantık, yapay sinir ağı, istatistiksel indeks, frekans oranı, kanıt ağırlığı, mantıksal regresyon kullanılmıştır (Lee and Min, 2001; Çevik and Topal, 2003; Lee and Dan, 2005; Clerici et al., 2006; Lee et al., 2006; Lee and Pradhan, 2006; Lee, 2007a; 2007b, Akgün and Bulut, 2007; Akgün et al., 2008; Oh et al., 2008; Muthu et al., 2008; Van Westen et al., 2008; Vijith and Madhu, 2008; Pradhan and Lee, 2009; Akgün and Türk, 2010; Intarawichian and Dasananda, 2010; Özşahin, 2014b; Corominas et al., 2014; Feizizadeh et al., 2014).

Heyelan duyarlılığının tespit edilmesinde kullanılan bu yaklaşımlardan olan AHP, Saaty (1989) tarafından geliştirilmiştir ve kısmen subjektif yorumlamaya ve de uzman bilgisine dayalıdır (Intarawichian and Dasananda, 2010). Yine bu yöntem sıralama ve ağırlıklandırma fikrini içermekte ve de duyarlı alanların tespiti için kullanılan tüm coğrafi faktörler arasında ikili karşılaştırma yapılmasını sağlamaktadır. AHP bu sebeplerden ötürü bölgesel araştırmalar için tercih edilmektedir (Soeters and Van Westen, 1996; Guzzetti et al., 1999). AHP sağlamış olduğu bu özellikler nedeniyle çalışma kapsamında tercih edilen yöntem olmuştur.

Karadeniz Bölgesi'nde Yeşilirmak Havzası'nın kuzeybatı kesiminde yer alan havza sahip olduğu jeomorfolojik özellikleri nedeniyle heyelan duyarlılığı açısından ele alınmıştır. Çalışma sahası KAFZ üzerinde oluşmuş tektonik bir göl özelliğine sahip Ladik Gölü'nün su toplama alanını oluşturmaktadır (Bahadır ve Uzun, 2021) ve etrafı yüksek dağlık alanlarla çevrilidir (Şekil 4.21e). Havzanın tabanı ile dağlık alanlar arasındaki yükselti farkı genellikle fazladır ve yükselti 860-1.974 m aralığında değişmektedir. Havzanın ortalama yükselti ise 1.085 m'dir. Yine araştırma sahasındaki eğim değerlerine bakıldığında orta derecede dik ve çok dik yamaçların havzada %30 oranında yer kapladığı görülmektedir. Ayrıca havzanın ortalama eğim değeri 10,68°'dir. Bu durum havzada ortalama eğim değerine sahip yamaçların varlığının da fazla olduğunu göstermektedir. Çünkü havzada ortalama eğim değerine sahip yamaçlar da havzada %30'luk bir orana sahiptir (Tablo 4.25).

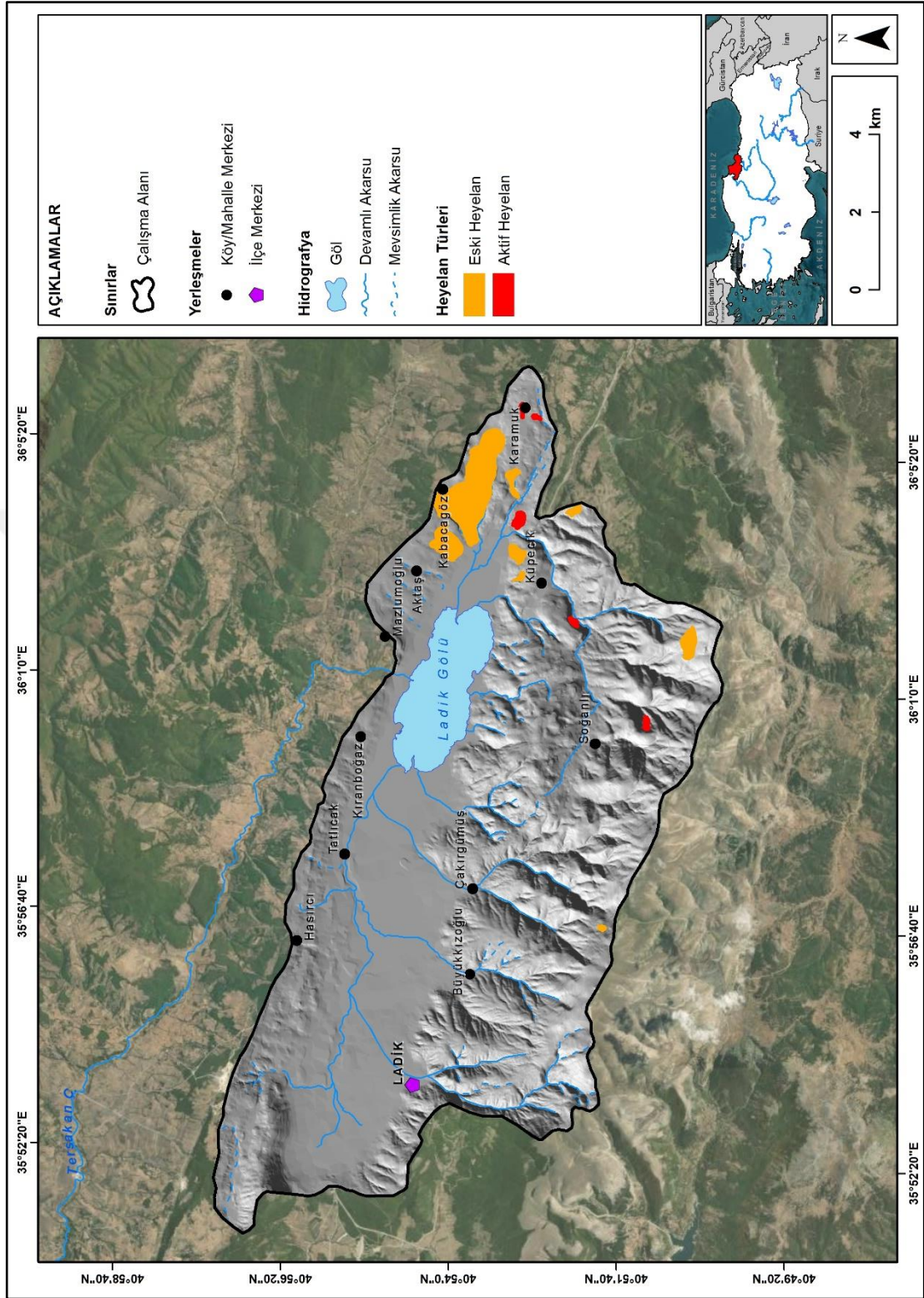
4.3.2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın önceki bölümlerinde araştırma sahasının yeri, sınırları, kapsamı ve kullanılan yöntemler detaylıca açıklanmış, veriler (materyal) ise genel hatları ile ifade edilmişti. Bu sebeple bu bölümde sadece heyelan afeti özelinde kullanılan veriler etraflıca açıklanmış ve çalışma sahasının geçmiş dönem heyelan özellikleri üzerinde durulmuştur.

4.3.2.1. Araştırma Sahasının Heyelan Özellikleri

Küresel ölçekte hem can hem mal kayıplarına sebep olan ve çevreye büyük zararlar veren doğal afetler yaşanmaktadır. Bu doğal afetler arasında deprem ve taşkınlardan sonra heyelanlar dikkate alınması gereken en önemli doğal afetlerdendir. Gerçekleştikleri sahanın coğrafi koşullarına göre etkileri değişse de özellikle yamaç eğiminin fazla ve geçirimli kayaçların olduğu sahalarda heyelanların çevreye verdiği zarar artmaktadır. Son yıllarda dünya genelinde hem can hem mal kayıplarına sebep olan heyelanların yıkıcı etkilerinin her geçen gün arttığını söylemek mümkündür. Örneğin, 2020 yılı Türkiye afet kayıtlarına göre Türkiye’de meydana gelen 905 adet doğal afetten 107 tanesi heyelanlardan oluşmaktadır. Heyelanlar, kayda geçen bu istatistikle Türkiye’de deprem ve taşkınlardan sonra dikkate alınması gereken önemli bir üçüncü doğal afet konumundadır.

Karadeniz Bölgesi, Türkiye’de heyelanların sık yaşandığı bir bölgedir. Ladik Gölü Havzası da geçmişte özellikleri ve etki alanları birbirinden farklı olan 13 adet heyelana sahne olmuştur (URL-13; Şekil 4.17). Araştırma sahasındaki bu heyelanlar çoğunlukla havzanın kuzeydoğu kesiminde yer alan kireçtaşı, konglomera, kumtaşı ve kilaşlarından oluşan birimler üzerinde meydana gelmiştir. Bu heyelanlardan etki alanı en büyük olan ise yine havzanın kuzeydoğu kesiminde Aktaş ve Kabacagöz mahalleleri arasında meydana gelmiştir. Yine havzanın kuzeyinde yer alan Mazlumoğlu Mahallesi heyelanlar açısından oldukça aktif bir konumda yer almaktadır (Şekil 4.18; 4.19). Araştırma sahası içerisinde gerçekleşen bu heyelanların ne kadar can ve mal kaybına sebep olup olmadıklarına dair bir bilgiye ise ulaşamamıştır.



Şekil 4.17. Ladik Gölü Havzası'nda meydana gelmiş olan heyelanlar.



Şekil 4.18. Araştırma sahası heyelan örnekleri (Mazlumoğlu Mahallesi doğusu).

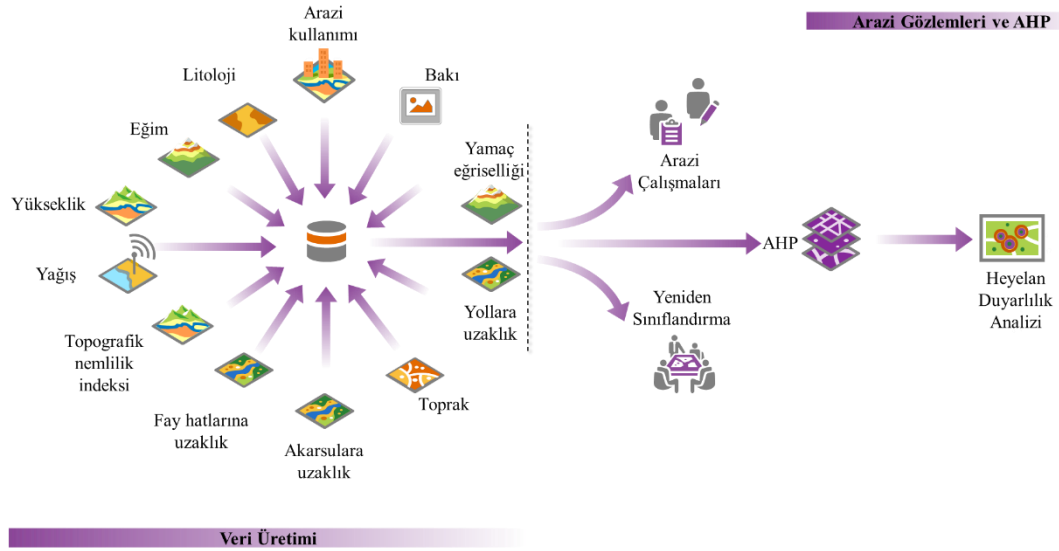


Şekil 4.19. Araştırma sahası heyelan örnekleri (Aktaş Mahallesi batısı).

4.3.2.2. Veri

Belirli bir alanda şiddetli heyelanlara neden olabilecek coğrafi faktörler arasında ana kaya, litoloji, depremsellik, eğim, diklik, morfoloji, akarsu drenaj ağı, yeraltı suyu özellikleri, iklim, bitki örtüsü, arazi kullanımı, insan faaliyetleri (Intarawichian and Dasananda, 2010), yükseklik, topografik nemlilik, bakı, toprak özellikleri, fay hatlarına uzaklık, yollara uzaklık, akarsulara uzaklık ve zemin geçirimsizlik durumu yer alır. Ancak heyelanların gerçekleştiği alanların coğrafi şartlarına göre bazen bu faktörlerden birkaçı heyelanları tetiklerken bazen de daha fazlası etkili olabilmektedir. Dolayısıyla heyelan duyarlılık değerlendirilmesinde her zaman bu coğrafi faktörlerin hepsinin aynı anda dikkate alınması söz konusu olmayabilir. Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen heyelan duyarlılık analizi kapsamında ise bu faktörlerden eğim, bakı, litoloji, toprak, yükseklik, arazi kullanımı, akarsulara uzaklık, yağış, fay hatlarına uzaklık, yamaç eğriselliği, yollara uzaklık ve topografik nemlilik indeksi olmak üzere 12 adet coğrafi faktör kullanılmıştır.

Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen heyelan duyarlılık analizi üç farklı aşamadan oluşmaktadır (Şekil 4.20); CBS ile veri üretimi, arazi gözlemleri ve AHP. Çalışmanın ilk aşaması olan veri üretiminde CBS teknikleriyle coğrafi faktörlerden yükseklik, eğim ve bakı gibi mekânsal analizlerde kullanılan temel veriler 10 m çözünürlüğündeki Digital Elevation Model (DEM) ile üretilmiştir. Yine CBS teknikleriyle 1/100.000 ölçekli jeoloji haritalarından litoloji ve fay çizgileri sayısallaştırılmıştır. Toprak verisine TAD Portal (Tarım Dışı Yetkilendirme ve Toprak Etüt Portalı) üzerinden erişilmiştir. Ayrıca 2017-2021 yıllarına ait Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak kontrollü sınıflandırma yöntemi ile güncel arazi kullanımı, CBS teknikleri arasında yer alan mesafe analizi (euclidean distance) ile faylara, yollara ve akarsulara uzaklık, hidroloji (hydrology) aracı ile topografik nemlilik indeksi, curvature (eğrisellik) aracı ile yamaç eğriselliği ve son olarak da Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen yağış verileri kullanılarak enterpolasyon teknikleri ile sahanın yağış haritası üretilmiştir.



Şekil 4.20. Heyelan duyarlılık analizi iş akış şeması.

Çalışmanın ikinci aşamasında Ladik Gölü Havzası'nda heyelana karşı duyarlı alanların tespitini sayısal olarak ortaya koyabilmek için AHP tekniğinden yararlanılmıştır. AHP ile coğrafi faktörler ve alt coğrafi faktörlerin kendi arasında 1-9 arasında önem puanları verilmiştir. Ladik Gölü Havzası heyelan duyarlılık analizi için belirlenen 12 adet coğrafi faktör öncelikle alt kategorilere ayrılmış ve akabinde hem ana faktör hem de alt faktör kategorileri kendi aralarında AHP ile ikili karşılaştırma matrisine tabi tutulmuştur. Bu şekilde her bir coğrafi faktörün heyelana karşı duyarlı alanların tespitinde kullanıldığı ağırlık ve tutarlılık oranları hesaplanmıştır. Heyelan duyarlılık analizinde kullanılan coğrafi faktörlere ait ağırlık oranlarını hesaplamak için verilen önem puanları arazi gözlemleri, uzman görüşü ve literatürde gerçekleştirilen çalışmalara göre belirlenmiş ve K. D. Goepel tarafından tasarlanan programın 15.09.2018 tarihli versiyonu ile hesaplanmıştır (Goepel, 2013).

Doğal afetlerin duyarlılık değerlendirmesinde kullanılan coğrafi faktörlerin sadece AHP ile ağırlık oranlarının belirlenmesi ve bu oranların tutarlılığının kontrol edilmesi tek başına yeterli değildir. Çünkü hesaplanan ağırlık oranlarının mekânsal olarak ifade edilmesine ihtiyaç vardır. Ayrıca, AHP ile ağırlık oranları belirlenen tüm coğrafi faktörlerin heyelan duyarlılık analizinde kullanılabilmesi için bu oranların yer aldığı raster verilere ihtiyaç vardır. Bu ihtiyaç, duyarlılık analizi çalışmalarında AHP'nin mekânsal bir kimlik kazanmasını sağlayan CBS ile karşılanmaktadır. CBS, heyelan duyarlılığında hesaba katılan farklı coğrafi faktörlerin konumsal olarak kullanılmasını ve bu faktörlerin birbirleriyle entegre edilmesini sağlamaktadır. Çalışmanın son aşamasında, ağırlık oranları hesaplanan tüm ana ve alt coğrafi faktörler

için ilk aşamada olduğu gibi tekrar CBS teknikleri kullanılarak çeşitli mekânsal analiz işlemleri (veri dönüşümü, yeniden sınıflandırma, hücre boyutu, extent ayarı vb.) gerçekleştirilmiştir. Son olarak heyelan duyarlılık analizi için tüm veriler raster veri formatına dönüştürülmüş, her birinin çözünürlüğü 10 m olarak ayarlanmış ve ağırlıklı çakıştırma (weighted overlay) aracı ile sahanın heyelan duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan sonuç ise düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olacak şekilde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır.

4.3.3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmanın bu bölümünde eğim, bakı, litoloji, toprak, yükseklik, arazi kullanımı, akarsulara uzaklık, yağış, fay hatlarına uzaklık, yamaç eğriselliği, yollara uzaklık ve topografik nemlilik indeksi olmak üzere 12 farklı tematik veriden oluşan coğrafi faktörlerin ağırlık oranları AHP ile hesaplanmış ve CBS teknikleriyle Ladik Gölü Havzası'nın heyelan duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.23).

Tablo 4.23. Heyelan duyarlılık analizinde kullanılan coğrafi faktörler ve sayısal değerleri.

Coğrafi Faktör	Alt Kriter	Alan		Alt Kriter Ağırlık (%)	Tutarlılık (%)	Ağırlık (%)
		km ²	%			
Eğim (°)	<5	58,08	39,30	2,3	5	14,1
	5-10	23,70	16,04	3,2		
	10-15	19,65	13,29	4,7		
	15-20	16,39	11,09	6,9		
	20-25	13,40	9,07	10,1		
	25-30	9,78	6,62	14,5		
	30-35	4,84	3,27	20,6		
	>35	1,96	1,33	37,7		
Bakı	Düze Yüzeyler	22,57	15,27	4,5	8	2,4
	Kuzeyli Sektörler (K, KB, KD)	70,01	47,37	59,5		
	Doğu	13,93	9,42	14,1		
	Güneyli Sektörler (G, GB, GD)	30,99	20,97	7,8		
	Batı	10,30	6,97	14,1		
Litoloji	Serpantin, kumtaşı, aglomera, tuf	0,93	0,63	5,4	4	14
	Kireçtaşı	15,18	10,27	11,7		
	Şist, fillat, kalkış, kireçtaşı	0,65	0,44	8,1		
	Çakıtaşı, kumtaşı, marn, çamurtaşı	2,70	1,83	8,1		
	Alüvyon	42,51	28,76	2,4		
	Çakıtaşı, çamurtaşı	8,77	5,93	5,6		
	Kireçtaşı, kiltası, marn	59,51	40,26	14		
	Konglomera, kumtaşı	10,3	6,97	14,0		
	Çakıtaşı, kumtaşı, kiltası, kireçtaşı	7,25	4,91	30,7		

Toprak	Kolüvyal Topraklar	0,68	0,46	41,16	2	3,9
	Kahverengi Orman Toprakları	86,03	58,21	26,2		
	Kestanerengi Topraklar	25,10	16,98	16,1		
	Alüvyal Topraklar	26,82	18,15	9,9		
	Hidromorfik Topraklar	9,17	6,20	6,2		
Yükseklik (m)	<900	37,28	25,22	2,7	6	2,3
	900-1.000	39,57	26,77	3,9		
	1.000-1.200	35,55	24,05	5,8		
	1.200-1.400	18,29	12,37	8,7		
	1.400-1.600	10,21	6,91	12,6		
	1.600-1.800	5,85	3,96	23,9		
	>1.800	1,05	0,71	42,4		
Arazi Kullanımı	Sulak Alanlar	11,71	7,92	2,5	6	5,8
	Ormanlık Alanlar	58,47	39,56	5,9		
	Tarım Alanları	46,02	31,14	16,3		
	Yerleşim Alanları	7,69	5,20	33,5		
	Çıplak Arazi	0,52	0,35	33,5		
	Mera	23,39	15,83	8,3		
Akarsulara Uzaklık (m)	<500	88,00	59,54	46,2	7	2,5
	500-1.000	35,31	23,89	25,4		
	1.000-1.500	13,42	9,08	13,8		
	1.500-2.000	5,88	3,98	6,9		
	2.000-2.500	3,39	2,29	4,6		
	>2.500	1,80	1,22	3,1		
Yağış (mm)	<650	47,05	31,83	2,5	6	20,6
	650-700	33,54	22,69	3,6		
	700-800	31,82	21,53	5,2		
	800-900	16,19	10,95	10,2		
	900-1.000	10,78	7,29	14,3		
	1.000-1.100	7,11	4,81	26,7		
	>1.100	1,31	0,89	37,5		
Fay Hatlarına Uzaklık (m)	<500	32,30	21,85	29,3	1	8,4
	500-1.000	27,55	18,64	29,3		
	1.000-2.000	42,19	28,55	17,7		
	2.000-3.000	29,35	19,86	10,7		
	3.000-4.000	13,84	9,36	6,5		
	>4.000	2,57	1,74	6,5		
Yamaç Eğriselliği	İç Bükey	7,05	4,77	63,3	5	10,5
	Düz	120,49	81,52	10,7		
	Dış Bükey	20,26	13,71	26		
Yollara Uzaklık (m)	<25	16,40	11,10	33,9	5	11,3
	25-50	12,92	8,74	25,5		
	50-75	9,48	6,41	19,7		
	75-100	9,95	6,73	15,2		
	>100	99,05	67,02	5,7		
Topografik Nemlilik İndeksi (TWI)	2,15-6,67 (Düşük)	79,36	53,69	9,2	7	4
	6,67-10,75 (Orta)	41,84	28,31	13,1		
	10,75-15,27 (Yüksek)	24,61	16,65	26,2		
	15,27-25,23 (Çok Yüksek)	1,99	1,35	51,5		

4.3.3.1. Duyarlılık Analizinde Kullanılan Coğrafi Faktörler

4.3.3.1.1. Eğim

Heyelanların oluşumunu tetikleyen coğrafi faktörlerin başında eğim gelmektedir. Çünkü heyelanların oluşumuna neden olan yer çekimi ile direkt olarak ilişkilidir (Ersayın, 2022). Bu özelliği sebebiyle heyelan duyarlılık analizinde her zaman dikkate alınan bir parametre olmuştur (Intarawichian and Dasananda, 2010; Kavzoğlu vd., 2012; Özşahin, 2014b; 2015; Çellek vd., 2015; Avcı, 2016; Hepdeniz ve Soyaslan, 2018; Mallick et al., 2018; Demir, 2018; Arca et al., 2019; Dağdelenler, 2020; Bahrami et al., 2021; Görüm and Fidan, 2021; Öz ve Günek, 2021; Ersayın, 2022; Bozdoğan ve Canpolat, 2022). Bir yamaca ait eğim değeri o yamacın stabilitesini sağlarken heyelanların oluşumlarını da kontrol altında tutmaktadır (Bozdoğan ve Canpolat, 2022). Yer çekimi ile doğrudan ilişkili olmasına bağlı olarak eğimin az olduğu yamaçlarda kütle hareketi zorlaşmakta iken, eğimin arttığı yerlerde ise yer çekiminin de etkisiyle yamaçtaki kütle daha rahat hareket etmektedir. Bu durum Lee and Sambath'a (2006) göre eğimin artmasına paralel olarak yamaçlardaki malzemenin makaslama direncindeki artışına bağlı olarak açıklanmaktadır (Lee and Sambath, 2006). Her ne kadar eğimin artışına paralel olarak heyelan oluşumunun artacağı kabul edilse de eğim ve yamaçlar arasındaki karmaşık ilişkiden dolayı (Moreiras, 2005) en yüksek heyelan oluşumuna yüksek eğimden ziyade belirli eğim aralıklarında rastlanabildiği de söylenmektedir (Hasekioğulları, 2010). Ancak eğim değerlerinin farklılaşmasından ötürü değişen coğrafi şartlar heyelan oluşumunda eğimin bu etkisini bozmaktadır (Ersayın, 2022). Nitekim eğim; toprağın suyu tutma gücünü, drenaj ağını, yer altı suyunu, toprak oluşumunu, toprağın kalınlığını ve erozyonu etkileyen morfolojik bir faktördür (Gómez and Kavzoğlu, 2005; Altun vd., 2016; Ersayın, 2022). Örneğin, eğimin fazla olduğu yerlerde toprak taşınımı daha kolaydır ve bu alanlarda erozyona bağlı olarak sığ bir toprak tabakası oluşmaktadır. Sığ topraklar ise heyelana karşı az hassastır (Ersayın, 2022). Çünkü sığ topraklar yer çekimine daha az maruz kalır (Meusburger and Alewell, 2008). Dolayısıyla eğim hem doğrudan ve diğer parametrelerin oluşumundaki rolü ile de dolaylı olarak heyelan oluşumu üzerinde etkili olan önemli bir coğrafi faktördür.

Ladik Gölü Havzası 58°'ye varan eğim değerlerine sahiptir. Tektonik kökenli bir yapıya sahip olan havzada eğim değerleri depresyon alanında oldukça az iken, Ladik Gölü'nün hem kuzey hem güney kıyısından itibaren kademeli bir şekilde artış

göstermektedir. Özellikle havzanın güneyindeki dağlık alanlar (Akdağ ve Karaömer Dağı) en dik yamaçlara sahip alanı oluşturmaktadır. Havzada eğimin bu denli değişiklik göstermesi ve eğimin heyelanlar ve oluşumuna sebep olan diğer coğrafi faktörler (toprak, drenaj, arazi kullanımı vb.) üzerindeki etkisinin fazla olması nedeniyle eğim sekiz (8) farklı gruba ayrılmıştır (Şekil 21a). Heyelan duyarlılık analizi kapsamında AHP ile gerçekleştirilen ikili karşılaştırma matrisinde yukarıda açıklanan sebeplerden ötürü düz ve düze yakın, hafif eğime sahip yamaçlara düşük, eğimin nispeten arttığı orta eğimli ve orta derece dik yamaçlara yüksek ve eğimin en fazla olduğu çok dik yamaçlara ise en yüksek önem puanları verilmiştir (Tablo 4.24).

Tablo 4.24. Eğim faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Eğim Grupları (°)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)
(A) < 5	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/9
(B) 5-10	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/8
(C) 10-15	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/7
(D) 15-20	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/6
(E) 20-25	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/5
(F) 25-30	6	5	4	3	2	1	1/2	1/4
(G) 30-35	7	6	5	4	3	2	1	1/3
(H) > 35	9	8	7	6	5	4	3	1

4.3.3.1.2. Bakı

Heyelanların oluşumunda doğrudan etkisi olmayan bakı; yerel anlamda iklime etki etmesi, toprak oluşumu ve kayaçların fiziksel olarak çözülmesi vb. gibi coğrafi olaylar üzerinde rolü olması nedeniyle dolaylı bir etkiye sahiptir. Dolayısıyla bakının heyelanların oluşumu üzerindeki rolünü etki ettiği coğrafi faktörler üzerinden değerlendirmek gerekir. Bakı, özellikle sahanın yerel iklim özelliklerine etki etmesi ve yönlendirici bir etkiye sahip olması özelliği nedeniyle heyelan çalışmalarında dikkate alınmaktadır. Bakı bir yamaca ait eğim yönünü ve buradaki cisimlerin güneş ışığı alıp almama durumu olarak değerlendirildiğinden yamaçların farklı miktarda güneş ışığına maruz kalmasına (Bozdoğan ve Canpolat, 2022) ve böylece hem yerel iklim koşullarının hem de birtakım jeomorfolojik süreçlerin aynı sahadaki yamaçlar arasında farklılaşmasına sebep olmaktadır. Yine bakıya bağlı olarak aynı sahadaki yamaçlara düşen yağış miktarının farklılaştığı, bu durumun toprak ve litolojik unsurların bünyesindeki su miktarını etkilediği ve yamaçların heyelanların oluşumlarına karşı birbirinden farklı duyarlılığa sahip olduğu yönünde değerlendirmeler yapılmaktadır (Neuland, 1976; Carrara, 1983; Wiczorek et al., 1996; Nagarajan et al., 2000; Lee et

al., 2002; Choi et al., 2012; Pourghasemi et al., 2013; Avcı, 2015; Turan ve Dengiz, 2017a; Ersayın, 2022, Bozdoğan ve Canpolat, 2022). Sonuç olarak, bakının heyelan oluşumundaki etkisi ilgili sahanın yerel coğrafi şartlarına göre değişiklik gösterebilmektedir.

Çalışma sahası Karadeniz Bölgesi'nde yer almaktadır ve kıyıdan yaklaşık 80 km daha güneydedir. Bu durum Karadeniz üzerinden gelen nemli hava kütlelerinin yoğunluğunun azalmasına sebep olmaktadır. Ancak bu mesafeye rağmen çalışma sahasında kuzey sektörlü yamaçlar yağış bakımından diğer yamaçlara göre daha zengindirler. Dolayısıyla heyelan oluşumu için daha elverişli şartlara sahiptirler. Bu durum göz önünde bulundurularak araştırma sahasında bakı; düz yüzeyler, kuzeyli sektörler (K, KD, KB), doğu, güneyli sektörler (G, GD, GB) ve batı olmak üzere beş (5) farklı sınıfa ayrılmıştır (Şekil 21b). Sonuçta düz yüzeyler düşük, kuzeyli sektörler yüksek ve önemleri nispeten daha az olduğu için diğer sektörler orta seviye önem derecesine sahip olarak kabul edilmiştir (Tablo 4.25).

Tablo 4.25. Bakı faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Bakı	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A) Düz Yüzeyler	1	1/9	1/3	1/3	1/3
(B) Kuzeyli Sektörler	9	1	6	7	6
(C) Doğu	3	1/6	1	3	1
(D) Güneyli Sektörler	3	1/7	1/3	1	1/3
(E) Batı	3	1/6	1	3	1

4.3.3.1.3. Litoloji

Litoloji heyelanların oluşumunda doğrudan etkili olan coğrafi faktörlerdendir. Litolojik özellikler ve kayaçların ayrışma ya da parçalanma özellikleri heyelanların oluşmasında etkilidir (Bozdoğan ve Canpolat, 2022). Bu sebeple heyelan duyarlılık analizlerinde en çok dikkate alınan coğrafi faktörlerin başında litoloji gelmektedir (Dai et al., 2001; Yalçın, 2008; Özşahin, 2014b; 2015; Cihangir ve Görüm, 2016; Öz ve Günek, 2021; Bozdoğan ve Canpolat, 2022; Ersayın, 2022). Litolojik birimler farklı özelliklere (geçirgenlik, gözeneklilik vb.) sahip olduklarından birimler arasında heyelana karşı duyarlılık seviyesi değişebilmektedir. Örneğin gevşek malzemelere sahip bir litolojik birim suların derinlere sızmasına etki ederek kayma yüzeyinin oluşmasına zemin hazırlamakta ve birimler üzerinde bulunan kütlelerin yamaç aşağı hareketine sebep olmaktadır. Yine birimlerin suyu tutma kapasitesi açısından killi bir

özellik sergilemesi ya da gözenekli yapıya sahip çakıltaşlarından oluşması da heyelanları tetikleyebilmektedir. Ancak zeminin sert ve geçirimsiz olduğu litolojik birimlerde ise bu durumun tersi yaşanır. Bu tür birimlerde yağmur ya da eriyen kar sularının çoğu litolojik birimler tarafından infiltre edilemeden yüzeysel akışa geçer. Böylece bu tür sahalarda heyelan oluşumu için uygun bir ortam meydana gelmemiş olur.

Araştırma sahasında farklı özelliklere ve yaşa sahip litolojik birimler bulunmaktadır (Şekil 21c). Yukarıdaki açıklamalar eşliğinde su tutma kapasitesi yüksek olan kil, kıltaşı ve gözenekli yapısından dolayı çakıltaşı ile daha önce heyelanlara sahne olması nedeniyle kumtaşı ve konglomera gibi birimlere ikili karşılaştırma matrisinde en yüksek önem puanları verilmiştir. Suya doygun ve çoğunlukla havzanın tabanında bulunan Kuvaterner yaşlı alüvyonlara en düşük, çatlaklı yapılarından ötürü kireçtaşlarından oluşan birimlere diğer litolojik birimlerle bulunmalarına göre orta ve yüksek önem puanları verilmiştir (Tablo 4.26).

Tablo 4.26. Litoloji faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Litoloji	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(İ)
(A) Serpantinit, kumtaşı, aglomera, tuf	1	1/2	1/2	1/2	4	1	1/3	1/3	1/5
(B) Kireçtaşı	2	1	2	2	5	4	1/2	1/2	1/4
(C) Şist, fillat, kalkışist, kireçtaşı	2	1/2	1	1	4	2	1/2	1/2	1/4
(D) Çakıltaşı, kumtaşı, marn, çamurtaşı	2	1/2	1	1	4	2	1/2	1/2	1/2
(E) Alüvyon	1/4	1/5	1/4	1/4	1	1/3	1/5	1/5	1/7
(F) Çakıltaşı, çamurtaşı	1	1/4	1/2	1/2	3	1	1/2	1/2	1/4
(G) Kireçtaşı, kıltaşı, marn	3	2	2	2	5	2	1	1	1/3
(H) Konglomera, kumtaşı	3	2	2	2	5	2	1	1	1/3
(İ) Çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı, kireçtaşı	5	4	4	2	7	4	3	3	1

4.3.3.1.4. Toprak

Heyelanların oluşmasında toprak özelliklerinin önemli bir parametre olduğu ifade edilmektedir (Çellek vd., 2015). Topraklar özellikle tür, diziliş ve tane büyüklüğü (tekstür) özellikleri ile heyelanların oluşumunda etkin rol oynamaktadır (Gökçeoğlu and Aksoy, 1996). Bunlardan toprak tekstürü killi, kumlu, tınlı ve balçıklı gibi fiziksel özellikleri ile heyelan oluşumuna doğrudan etki eder. Bu özellikler toprakların su tutma kapasitesini, suyun akış hızını ve toprak içerisinde suyun hidrolik iletkenliğini etkiler (Demiralay, 1993; Ließ et al., 2012; Ersayın, 2022). Özellikle kumlu toprakların gözenekli ve geçirgenliği hem tınlı hem de killi topraklardan önemli ölçüde fazladır (Arya and Singh, 2021). Dolayısıyla kumlu topraklar, tınlı ve killi topraklara göre

heyelana karşı daha zayıf bir direnç gösterir. Sonuçta topraktaki tekstür özelliklerine bağlı olarak geçirimsilik oranı fazla ise su tutma kapasitesi o oranda artar. Bu durum yüzey sularının hızlı bir şekilde derinlere infiltre olmasına ve kayma yüzeyinin oluşmasına neden olur. Ancak topraktaki geçirimsilik oranı az ise yüzey sularının derinlere infiltre olması çok mümkün değildir. Buradan hareketle geçirimsiliği fazla olan topraklar heyelana karşı daha çok duyarlı, geçirimsiliği az olan topraklar ise heyelana karşı daha az duyarlıdır denilebilir.

Çalışma sahasında geçirimsilikleri, derinlikleri, tekstür ve türleri farklı olan kolüvyal, kahverengi orman, kestanerengi, alüvyal ve hidromorfik topraklar bulunmaktadır (Şekil 21d). Gevşek yapılarından ve geçirimsiliklerinin fazla olmasından dolayı ikili karşılaştırma matrisinde en yüksek puan kolüvyal topraklara verilmiştir. Alüvyal ve hidromorfik topraklar suya doymuş topraklardır ve geçirimsilikleri azdır; bu sebeple ikili karşılaştırma matrisinde en düşük puanı almışlardır. Yine orman altı tabakayı oluşturan kahverengi orman toprakları hem humus bakımından zengin hem geçirimsilik özelliklerinin nispeten yüksek olması nedeniyle ikili karşılaştırma matrisinde kolüvyal topraklardan sonra yüksek öneme sahip kabul edilmiştir. Kestane rengi topraklar ise seyrek orman ve çalılıklardan oluşan bitki örtüsüne sahip olması ve de humus bakımından fakir olması nedeniyle diğer toprak gruplarına göre orta derece önemli kabul edilmiş ve puanlanmıştır (Tablo 4.27).

Tablo 4.27. Toprak faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Toprak Sınıfı	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A) Kolüvyal	1	2	3	4	5
(B) Kahverengi Orman	1	1	2	3	4
(C) Kestane rengi	1/3	1/2	1	2	3
(D) Alüvyal	1/4	1/3	1/2	1	2
(E) Hidromorfik	1/5	1/4	1/3	1/2	1

4.3.3.1.5. Yükseklik

Heyelanların oluşumunda doğrudan etkili olmasa da dolaylı etkilerinden ötürü duyarlılık analizinde dikkate alınan coğrafi faktörlerden biri yüksekliktir. Heyelan duyarlılık çalışmalarında, yüksekliğin fazla olduğu yerlerin alçak noktalara kıyasla heyelanların oluşumuna karşı daha hassas olduğu yönünde bir görüş vardır (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001; Ersayın, 2022). Yükseklik; yağışın şekli ve miktarı, yağışa bağlı olarak toprakların ayrışması, yıkanması, kireç ve tuzluluk oranı ile bitki örtüsünün oluşumu üzerindeki etkileri nedeniyle heyelanların meydana gelmesini

dolaylı olarak etkilemektedir (Yüksel, 2007; Bozdoğan ve Canpolat, 2022). Yükseklik sadece doğal unsurlar üzerinde değil, ayrıca beşerî unsurlardan yerleşmeler ve tarımsal faaliyetler üzerinde de sınırlandırıcı bir rol oynar (Türkan, 2016). Yüksekliğin bu rolü arazi kullanımının farklı yüksekliklerdeki değişimi ile ortaya çıkmakta ve yükseklik heyelan oluşumunu tetiklemektedir (Ersayın, 2022). Yine yüksekliğin fazla olduğu yerleşim birimlerinde ulaşım için açılan yollar ve tarımsal faaliyetler için kullanılan alanlar heyelan açısından hassas yerleri teşkil etmektedir. Ayrıca yüksekliğin fazla olduğu yerlerde yamaç eğiminin daha fazla olacağı göz önüne alındığında bu alanların olası bir sismik aktiviteden daha çok etkileneceği ortadadır. Bu yönüyle yüksek yamaçlarda yer alan kütleler olası bir sarsıntıdan daha çok etkilenebilecek özellik sergilemekte ve hareket etmeye daha meyilli bir yapı sunmaktadır.

Ladik Gölü Havzası'nda yükseklik 862-1.974 m arasında değişmektedir. Ortalama yükseltisi 1.085 m'dir ve havza 1.112 m'lik yükselti farkına sahiptir. Araştırma sahası tektonik oluşumlu bir göl havzasıdır. Bu nedenle yükseklik farkı çoktur. Özellikle Ladik Gölü'nün tabanı ile güneyde horst özelliği gösteren yamaçlar arasında bu yükselti farkı daha belirgindir. Araştırma sahasında heyelana karşı yüksekliğin etkisini ortaya koyabilmek ve daha hassas noktalar belirleyebilmek için yedi (7) farklı yükseklik sınıfı oluşturulmuştur (Şekil 21e). Yukarıda açıklanan yüksekliğin heyelan oluşumu üzerindeki etkileri göz önünde bulundurularak ikili karşılaştırma matrisinde havzada yükseltinin az olduğu yerlere en düşük, fazla olduğu yerlere en yüksek, ortalama yükseltiye sahip olan yerlere ise orta seviye önem puanları verilmiştir. Yani çalışma kapsamında yükselti arttıkça ikili karşılaştırma matrisinde verilen önem puanları da artmıştır (Tablo 4.28).

Tablo 4.28. Yükseklik faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Yükseklik (m)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
(A) < 900	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/7	1/9
(B) 900-1.000	2	1	1/2	1/3	1/4	1/6	1/8
(C) 1.000-1.200	3	2	1	1/2	1/3	1/5	1/7
(D) 1.200-1.400	4	3	2	1	1/2	1/4	1/6
(E) 1.400-1.600	5	4	3	2	1	1/3	1/5
(F) 1.600-1.800	7	6	5	4	3	1	1/3
(G) > 1.800	9	8	7	6	5	3	1

4.3.3.1.6. Arazi Kullanımı

Heyelan duyarlılığına etki eden bir diğer coğrafi faktör arazi kullanımıdır. Arazi kullanım türleri (tarım, orman, yerleşme, mera vb.) heyelan duyarlılığında farklı etkilere sahiptir (Ersayın, 2022) ve bu sebeple etkilerinin ayrı ayrı açıklanmasında fayda vardır. Tarım, yerleşme, maden sahaları, ulaşım ağları vb. gibi beşerî faaliyetlerin yapıldığı sahalarda antropojenik etki ile topografyanın doğal dengesi bozulmaktadır (Bozdoğan ve Canpolat, 2022). Bir başka deyişle topografya üzerindeki beşerî baskı artmaktadır. Bu sebeple antropojenik etkilerin olduğu araziler heyelana karşı daha hassastır. Arazi kullanım türlerinden bitki örtüsü ise kendi içinde dahi heyelan oluşumunda farklı etkilere sahiptir. Yoğun bitki örtüsü ile kaplı olan arazilerde bitki köklerinin zeminin derinliklerine kadar ilerleyebileceği düşünüldüğünde bitkilerin fore kazık (destek kazık) görevi üstleneceği (Ersayın, 2022) ve zeminin heyelanlara karşı daha kuvvetli bir yapı sergileyebileceği durumundan söz etmek mümkündür. Bu olumlu etkisinin yanı sıra bitki örtüsü, toprağın humus bakımından zengin ve su tutma kapasitesi bakımından güçlü olmasına sebep olarak suyun derinlere infiltrate edilmesine imkân tanır. Bitki örtüsü bu etkisiyle kayma düzlemini hazırlayarak heyelan oluşumu için uygun bir zemin oluşturur. Bu bağlamda bitki örtüsünün heyelan üzerindeki etkisinin çalışılan sahanın yerel özelliklerine göre değiştiğini söylemek yanlış olmayacaktır. Yine bitki örtüsü özellikle eğimin fazla olduğu yamaçlarda kayma düzlemi oluşmuş bir alanda heyelanı tetikleyebilir. Çünkü bitki örtüsü bazen yamaçlarda ek yük oluşmasına sebep olarak yamaçların duyarlılığını arttırabilir (Ersayın, 2022). Ayrıca duyarlılığın yüksek olduğu yamaçlarda ekstra yüke sebep olan bitki örtüsü rüzgârların da etkisiyle zeminin hareket etmesine sebep olarak heyelan oluşumunu tetikleyebilir (Gray and Leiser, 1989; Wu, 1985; Görcelioğlu, 1989; Gray, 1995; Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001; Uzun ve Uzun, 2003; Ersayın, 2022).

Araştırma sahasının heyelan duyarlılık analizi kapsamında 2017-2021 yıllarına ait Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak kontrollü sınıflandırma ile Ladik Gölü Havzası'nda altı (6) farklı arazi kullanım türü tespit edilmiştir (Şekil 21f). Araştırma sahasındaki arazi kullanım türleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisinde yukarıda açıklanan etkilerinden dolayı en yüksek puan yerleşim alanlarına verilmiştir. Yine tek başlarına bir etken olarak değerlendirildiğinde heyelan oluşumunda herhangi bir engelleyici unsur barındırmadıkları için ikili karşılaştırma matrisinde çıplak arazilere de yüksek puan verilmiştir. Tarım arazilerinin antropojenik etkisinin yerleşim

alanlarına nispeten daha az olması nedeniyle ikili karşılaştırma matrisinde daha az önemli kabul edilirken, ormanlık alanlar ve mera alanlarına orta seviye önem puanları verilmiştir. İkili karşılaştırma matrisinde suya tamamen doygun olmaları ve havzanın düz alanlarında bulunmaları nedeniyle sulak alanlara ise en düşük puan verilmiştir (Tablo 4.29).

Tablo 4.29. Arazi kullanım faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Arazi Kullanımı	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
(A) Sulak Alanlar	1	1/4	1/7	1/9	1/9	1/5
(B) Ormanlık Alanlar	4	1	1/4	1/6	1/6	1/2
(C) Tarım Alanları	7	4	1	1/3	1/3	3
(D) Yerleşim Alanları	9	6	3	1	1	5
(E) Çıplak Araziler	9	6	3	1	1	5
(F) Mera	5	2	1/3	1/5	1/5	1

4.3.3.1.7. Akarsulara Uzaklık

Akarsular heyelanların oluşumu üzerinde aşındırma faaliyetleri ile etki olmaktadır. Akarsuların aşındırma gücü ise o alandaki drenaj yoğunluğu ile ilgilidir (Horton, 1945). Drenaj yoğunluğu, bir havzadaki tüm akarsulara ait toplam uzunluğun havzanın alanına bölünmesiyle elde edilmektedir (Horton, 1945). Bu bağlamda akarsuların aşındırma faaliyeti drenaj yoğunluğu ile doğru orantılıdır. Bir başka deyişle yoğun drenaja sahip havzalarda akarsuların aşındırma gücü fazlayken, drenaj yoğunluğunun az olduğu havzalarda suların yeraltına sızmasından dolayı akarsuların aşındırma gücü azdır (Patton, 1988; Özdemir, 2011). Dolayısıyla drenaj yoğunluğu fazla olan sahalarda bir akarsu yamaçlarda yer alan kütlelerin topuk kısımlarını aşındırarak heyelan oluşumuna zemin hazırlar (Ersayın, 2022). Drenaj yoğunluğu aynı zamanda sahanın akarsular tarafından ne ölçüde yarıldığını göstermekte ve yoğun olduğu yerlerde topografik pürüzlülüğe sebep olarak heyelanları tetiklemektedir (Bozdoğan ve Canpolat, 2022).

Akarsuların heyelanlar üzerindeki etkilerini ortaya koyabilmek için akarsulara uzaklık/yakınlık özelliğini de incelemek gerekir. Bilindiği üzere akarsuya yakın olan sahalarda uzak olan sahalara göre suya daha doygundur ve bu alanda yer altı su seviyesi daha yüksektir (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001; Süzen and Doyuran, 2004; Mandal and Mondal, 2018). Dolayısıyla akarsuya uzaklık/yakınlık özelliği de heyelanların oluşumunda etkilidir (Ersayın, 2022). Ladik Gölü Havzası'nda ortalama drenaj yoğunluğu düşüktür ve 0,80 birim olarak hesaplanmıştır. Bu değer havzadaki suların

yeraltına sızdığını göstermektedir. Ancak akarsuların heyelan üzerindeki etkilerini sadece drenaj yoğunluğu üzerinden okumak doğru bir yaklaşım değildir. Nitekim akarsular doğrudan ya da dolaylı olarak birçok coğrafi faktörü (tarımsal arazi kullanımı, bitki örtüsü, eğim, su tutma kapasitesi vb.) etkilemektedir.

Araştırma sahasında akarsuların heyelan duyarlılığı üzerindeki etkilerini tespit edebilmek için altı (6) farklı mesafe sınıfı oluşturulmuştur (Şekil 21g). Akarsuların yukarıda açıklanan etkilerine göre ikili karşılaştırma matrisinde akarsuya en yakın alanlara yüksek, uzak alanlara ise düşük puanlar verilmiştir (Tablo 4.30).

Tablo 4.30. Akarsulara uzaklık faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Akarsulara Uzaklık (m)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
(A) < 500	1	3	5	7	8	9
(B) 500-1.000	1/3	1	3	5	6	7
(C) 1.000-1.500	1/5	1/3	1	3	4	5
(D) 1.500-2.000	1/7	1/5	1/3	1	2	3
(E) 2.000-2.500	1/8	1/6	1/4	1/2	1	2
(F) > 2.500	1/9	1/7	1/5	1/3	1/2	1

4.3.3.1.8. Yağış

Bir kütlenin yamaç aşağı hareket edebilmesi için tetikleyici bir kuvvete ihtiyaç vardır (Ersayın, 2022). Bu kuvvet yol yapım çalışması, yapılaşma faaliyetleri gibi beşerî bir faktör olabileceği gibi sismik bir hareket ve yağış gibi doğal bir faktör de olabilir. Bu faktörlerden yağış gerek şekli ve gerek miktarı ile heyelanların oluşumuna direkt olarak etki etmektedir. Yağışların uzun süreli ve şiddetli olması zeminin üzerindeki kütlenin su tutma kapasitesini zayıflatarak heyelan oluşumunu tetiklemektedir (Ersayın, 2022). Özellikle sürekli ve aşırı gerçekleşen yağışlar yamaç eğiminin fazla olduğu engebeli sahalarda yaygın bir şekilde sık heyelanların oluşmasına neden olmaktadır (Ulusay, 2007). Ayrıca kar erimeleri ile yeterince doygun hale gelen zemin, üzerindeki kütleyi taşımayacak şekilde gücünü yitirir ve yamaçtaki kütlenin hareket etmesi ile heyelan meydana gelir. Sonuç olarak yağış; süresi, şekli ve miktarı ile yamaç üzerindeki kütlenin hareketini tetiklemesinden ötürü heyelanların oluşmasına etki eden önemli bir coğrafi faktördür.

Ladik Gölü Havzası'nda yıllık ortalama toplam yağış 743 mm'dir. Yağışlar havza tabanında 600 mm iken sahanın güneyinde yüksek kesimlere doğru gidildikçe önemli ölçüde artış göstermektedir (>1.150 mm). Yağışın heyelan üzerindeki etkisini

ortaya koyabilmek için havzada yedi (7) farklı yağış sınıfı oluşturulmuştur (Şekil 21h). Yağışın heyelan üzerindeki etkileri göz önünde bulundurularak ikili karşılaştırma matrisinde yağışın fazla olduğu alanlara yüksek, az olduğu alanlara ise düşük önem puanları verilmiştir (Tablo 4.31).

Tablo 4.31. Yağış faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Yağış (mm)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
(A) < 650	1	1/2	1/3	1/5	1/6	1/8	1/9
(B) 650-700	2	1	1/2	1/4	1/5	1/7	1/8
(C) 700-800	3	2	1	1/3	1/4	1/6	1/7
(D) 800-900	5	4	3	1	1/2	1/4	1/5
(E) 900-1.000	6	5	4	2	1	1/3	1/4
(F) 1.000-1.100	8	7	6	4	3	1	1/2
(G) > 1.100	9	8	7	5	4	2	1

4.3.3.1.9. Fay Hatlarına Uzaklık

Heyelanların oluşması için aslında en önemli şart harekettir. Bu hareket ise kuvvetli sismik sarsıntılarla olur. Dolayısıyla heyelan duyarlılığı üzerinde etkili olan bir diğer faktör de kuşkusuz fay hatlarıdır. Çünkü fay hatları yamaç üzerindeki kütlenin hareket etmesini tetikleyen doğal faktörler arasındaki depremleri temsil etmektedir (Uromeihy and MahdaviFar, 2000; Gemitzi et al., 2011; Pourghasemi et al., 2012, Bahrami et al., 2021; Ersayın, 2022). Faylara bağlı olarak meydana gelen sarsıntılar deprem zonu içerisinde yer alan yamaçların dengesini bozar. Normal şartlarda zemin, üzerindeki kütleyi taşıyabilecek güçteyken meydana gelen sarsıntı nedeniyle kayma düzlemi üzerindeki kütlenin hareket etmesine neden olur. Tabi bu durum kayma düzleminin heyelan oluşumu için en uygun doygunluğa eriştiğinde gerçekleşmektedir. Faylar sadece yamaçlardaki kütlenin hareket etmesi için tetikleyici bir rol oynamazlar. Bunun yanı sıra yamaçtaki stabilizeyi bozarak zeminin geçirgenliğini de etkilerler (Kanungo et al., 2006; Ersayın, 2022). Meydana gelen bir sarsıntı zeminde deformasyonlara, pürüzlülüğe ve dolayısıyla yüzey sularının kayma düzlemine doğru infiltrasyonlarına neden olmaktadır. Bu durum ise heyelan oluşumu için uygun koşullar oluşturmaktadır.

Heyelanlar üzerinde etkili olan depremlerin etkilerinin şiddetli ya da hafif olması fay hatları ile doğrudan ilişkiliyken, çevresine verebileceği hasarın fay hatlarına uzaklığı/yakınlığı ile ilgili farklı görüşler mevcuttur. Erinç'e (2000) göre fay hatları, üzerinde bulunan sahaların olası bir deprem esnasında daha çok sarsılmasına sebep

olur (Erinç, 2000). Ancak fay hatlarına yakınlıktan çok sahanın zemin durumunun daha önemli olduğunu vurgulayan çalışmalar da vardır (Nichols and Buchanan-Banks, 1974; Vallejo and Shettima, 1996; Demirtaş ve Erkmen, 2000; Korkmaz, 2006). Korkmaz (2006), 17.08.1999 tarihinde gerçekleşen Mw 7,8 büyüklüğündeki Gölçük depreminde en çok hasar alan sahaların depremin gerçekleştiği fay hattından daha uzakta olan zayıf zemin üzerindeki ovalarda olduğunu ifade etmiştir (Korkmaz, 2006). Yine Demirtaş ve Erkmen (2000), 17.08.1999 Gölçük ve 12.10.1999 Düzce depremlerinde fayın 50-100 metrelik etki bandında önemli bir hasarın gerçekleşmediğini tespit etmiştir (Demirtaş ve Erkmen, 2000). Dolayısıyla heyelan duyarlılığının tespiti kapsamında fay hatlarına uzaklık/yakınlık konusunda net bir fikir birliği yoktur. Ayrıca fayın türü (doğrultu atımlı, ters, düz fay vb.) ve üzerinde bulunduğu zemine ait özelliklere (alüvyon, mermer, kum, çakıl vb.) göre de fay hatlarına uzaklık/yakınlık konusu heyelan duyarlılığı açısından farklı olarak değerlendirilmektedir.

Ladik Gölü Havzası'nda fay hatlarına uzaklık faktörünün heyelanlar üzerindeki etkisini ortaya koyabilmek için altı (6) farklı mesafe sınıfı oluşturulmuştur (Şekil 21i). Fay hatlarına uzaklık/yakınlık konusunda her ne kadar farklı görüşler olsa da fay hattına yakın olan yamaçlarda sarsıntının daha fazla olma ihtimali, fay türlerine bağlı olarak fay hatlarının heyelan oluşumu üzerindeki etkileri ve çalışma sahasında tarihsel dönemlerde sıkça deprem üreten KAFZ'nin varlığı dikkate alınarak fay hatlarına yakınlık heyelan duyarlılığı açısından önemli kabul edilmiş ve ikili karşılaştırma matrisinde fay hatlarına yakın olan alanlara yüksek, uzak olan alanlara ise düşük önem puanları verilmiştir (Tablo 4.32).

Tablo 4.32. Fay hatlarına uzaklık faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Fay Hatlarına Uzaklık (m)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
(A) < 500	1	1	2	3	4	4
(B) 500-1.000	1	1	2	3	4	4
(C) 1.000-2.000	1/2	1/2	1	2	3	3
(D) 2.000-3.000	1/3	1/3	1/2	1	2	2
(E) 3.000-4.000	1/4	1/4	1/3	1/2	1	1
(F) > 4.000	1/4	1/4	1/3	1/2	1	1

4.3.3.1.10. Yamaç Eğriselliği (Eğim Şekli)

Eğrisellik bir yamacın iç bükey, dış bükey ya da düz olma durumunu ifade eder (Ersayın, 2022) ve heyelan duyarlılığının tespit edilmesinde kullanılan önemli bir

parametre olarak kabul edilir (Lee and Min, 2001; Nefeslioğlu et al., 2008; Vahidnia et al., 2009; Choi et al., 2012; Kayastha et al., 2013; Özşahin, 2014b; Peng et al., 2014; Özşahin, 2015; Meten et al., 2015; Mandal and Mondal, 2018; Ersayın, 2022; Bozdoğan ve Canpolat, 2022). Bir yamacın eğriselliği ya da eğim şekli yerel anlamda yamaç boyunca taşınan malzemenin miktarı, suyun hızı, akış yönü, sediment birikimi (Ersayın, 2022), iklim ve toprak özellikleri üzerinde etkili (Özşahin, 2014b) olduğu için heyelan oluşumlarında rol oynamaktadır. Şöyle ki; dış bükey şekle sahip yamaçlardaki eğim değerleri, iç bükey şekle sahip olan yamaçlara nazaran daha fazladır (Özşahin, 2014b). Dolayısıyla yüzey suları dış bükey yamaçlarda daha hızlı akış özelliğine sahiptir. Bu durumda dış bükey yamaçlardaki toprakta oluşan nem miktarı, iç bükey yamaçlara göre daha düşük olur (Mater, 2004). Yine dış bükey yamaçlarda eğimin fazla olması nedeniyle sediment birikimi iç bükey yamaçlara göre daha azdır. Bu sebeple dış bükey yamaçlardaki kayma düzlemi üzerinde biriken yük, iç bükey yamaçlardaki kayma düzlemi üzerinde biriken yüke göre nispeten daha hafiftir. Bunun dışında iç bükey yamaçlar dışbükey yamaçlara göre daha zayıf drenaj özelliğine sahip oldukları için yüzey sularının yer altına sızmasına imkân tanımaktadır (Bozdoğan ve Canpolat, 2022). Dolayısıyla dış bükey yamaçlara göre su tutma kapasiteleri daha fazladır. Bu sebeple iç bükey yamaçlarda kayma düzlemi üzerinde biriken su miktarı artar ve heyelan oluşumu için uygun bir zemin hazır hale gelir.

Heyelan oluşumunda her ne kadar iç bükey yamaçlar dış bükey yamaçlara göre daha duyarlı gibi gözükse de eğim şekli literatürde birbirinden farklı değerlendirilmektedir (Gökçeoğlu ve Ercanoğlu, 2001). Örneğin bazı çalışmalarda iç bükey yamaçların dış bükey yamaçlara göre heyelan oluşumunda daha etkili olduğu ifade edilmiş (Lee and Min, 2001; Lee et al., 2002; Lee and Dan, 2005) ve bu etki iç bükey yamaçlarda suyun daha yavaş hareket etmesi ve dolayısıyla yamaçtaki su tutma kapasitesinin daha yüksek olması ile açıklanmıştır (Ersayın, 2022). Buna karşılık dış bükey yamaçların heyelanların oluşumunda daha etkin bir karaktere sahip olduğunu ifade eden çalışmalara da rastlamak mümkündür (Havenith et al., 2006; Lee and Pradhan, 2006; Özdemir and Altural, 2013; Guo et al., 2015). Özdemir ve Altural (2013), dış bükey yamaçların heyelan oluşumunda iç bükey yamaçlara göre daha baskın karaktere sahip olmasını dış bükey yamaçların daha büyük bir gövdeye sahip olmasına ve dolayısıyla daha büyük bir kütle hareketi potansiyeli barındırdığına bağlarken (Özdemir and Altural, 2013), Havenith et al. (2006) ise dış bükey

yamaçlardaki kolüvyal malzemenin daha düşük dirence sahip olması ile açıklamıştır (Havenith et al., 2006). Bunların dışında heyelan oluşumunda düz yamaçların iç ve dış bükey yamaçlara göre özellikle sığ karakterdeki heyelanların oluşumunda daha etkin olduğunu ifade eden çalışmalar da vardır (Ohlmacher, 2007; Nefeslioğlu and Gökçeoğlu, 2011; Nefeslioğlu et al., 2011). Bu açıklamalar ve yapılan çalışmalar göstermektedir ki; yamaç eğriselliğinin heyelan oluşumu üzerinde karmaşık bir etkisi vardır. Dolayısıyla heyelana etkisi bakımından yamaç eğriselliği yerel şartlara göre değişiklik göstermektedir ve heyelana etki eden diğer yerel coğrafi şartlar ile değerlendirildiğinde tam anlamıyla etkinliği ifade edilebilmektedir.

Ladik Gölü Havzası'ndaki yamaç eğriselliğinin heyelan oluşumu üzerindeki etkilerini ortaya koyabilmek için en çok tercih edilen iç bükey yamaçların dış bükey yamaçlara göre daha duyarlı olduğu düşüncesi dikkate alınmıştır. Ladik Gölü Havzası'nda eğim şekli için gerçekleştirilen eğrisellik (curvature) analizine göre yamaç eğrisellik değeri -22,21 ile 18,20 değerleri arasında değişmektedir. Eğrisellik değerlerinde negatif olanlar iç bükey, pozitif olanlar dış bükey ve sıfıra (0) yakın olanlar ise düz yamaçlara karşılık gelmektedir (Zeverbergen and Thorne, 1987; Moore et al., 1991), (Şekil 21j). Yamaç eğriselliğinin heyelan oluşumu üzerindeki açıklanan etkileri göz önünde bulundurularak ikili karşılaştırma matrisinde iç bükey yamaçlara yüksek, dış bükey yamaçlara düşük, düz yamaçlara ise en düşük önem puanları verilmiştir (Tablo 4.33).

Tablo 4.33. Yamaç eğriselliği faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Yamaç Eğriselliği	(A)	(B)	(C)
(A) İç Bükey	1	5	3
(B) Düz	1/5	1	1/3
(C) Dış Bükey	1/3	3	1

4.3.3.1.11. Yollara Uzaklık

Heyelanların oluşumunu etkileyen beşerî faaliyetlerin başında yol yapım çalışmaları gelmektedir. Yol yapım çalışmaları esnasında topografyanın doğal dengesi önemli ölçüde bozulmaktadır. Bu bozulmayla birlikte eğimin yüksek olduğu yamaçların üst kısmında meydana gelen gerilmeler sonucunda çatlaklar oluşmaktadır (Ersayın, 2022). Oluşan bu çatlaklar ise yüzey sularının derine sızmasını kolaylaştırarak kayma düzleminin su tutma kapasitesi açısından doyum noktasına ulaşmasına sebep olmakta ve heyelanların oluşumunu tetiklemektedir. Yine yol yapım

çalışmalarına bağlı olarak meydana gelen titreşimler kayma düzlemi üzerinde bulunan kütlelerin hareket edebilmesi için gerekli olan tetikleyici kuvvetin ortaya çıkmasına sebep olarak heyelanların oluşumuna etki eder. Ayrıca yamaç dengesinin bozulmasıyla birlikte yoldan geçen ağır taşıtların sebep oldukları titreşimler dahi heyelanları tetikleyebilir (Bozdoğan ve Canpolat, 2022). Bunun dışında yol yapım çalışmaları sonrası meydana gelen yağışlar ve yüzeye çıkan yer altı suları yamaçların heyelana karşı daha hassas olmasına sebep olmaktadır. Bu sebeplerden ötürü yol parametresi heyelan duyarlılık çalışmalarında dikkate alınmaktadır (Van Westen et al., 2003; Yalçın and Bulut, 2007; Pourghasemi et al., 2012; Reis et al., 2012; Polykretis et al., 2015; Hong et al., 2017; Zine et al., 2019; Bozdoğan ve Canpolat, 2022; Ersayın, 2022). Özetle yol yapım çalışmaları doğal birçok unsurun dengesini bozarak yolun açıldığı güzergâhta heyelanların oluşumunu tetiklemektedir. Dolayısıyla yol parametresi değerlendirilirken yol güzergâhına uzaklık/yakınlık önemli bir özellik olarak dikkate alınmaktadır.

Ladik Gölü Havzası'ndan toplam yol uzunluğu 353,15 km'dir. Havzadaki yolların havza içerisindeki yoğunluğu 2,38 km²'dir. Bu yoğunluk, küçük bir havza olan çalışma sahasında yüksek bir değer olarak kabul edilmiştir. Literatürde yol parametresi değerlendirilirken mesafe anlamında herhangi bir standart olmadığı için maksimum mesafe belirlenirken havzanın doğal sınırları dikkate alınmış ve bu bağlamda en uzak mesafe 2.500 km civarında hesaplanmıştır. Ancak yolların yukarıda açıklanan heyelan üzerindeki etkileri, havzadaki yol ağının uzun ve yoğunluğunun fazla olması düşünüldüğünde yolların heyelan üzerindeki etkisini değerlendirebilmek adına beş farklı mesafe sınıfı oluşturulmuştur (Şekil 21k). Yolların heyelan oluşumu üzerindeki etkileri dikkate alınarak yol hatlarına yakınlık heyelan duyarlılığı açısından önemli kabul edilmiş ve ikili karşılaştırma matrisinde yol hatlarına yakın olan alanlara yüksek, uzak olan alanlara ise en düşük önem puanları verilmiştir (Tablo 4.34).

Tablo 4.34. Yol hatlarına uzaklık faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Yollara Uzaklık (m)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A) < 25	1	2	2	2	4
(B) 25-50	1/2	1	2	2	4
(C) 50-75	1/2	1/2	1	2	4
(D) 75-100	1/2	1/2	1/2	1	4
(E) > 100	1/4	1/4	1/4	1/4	1

4.3.3.1.12. Topografik Nemlilik İndeksi (TWI)

Hidrolojik koşulları kontrol eden mekânsal unsurların başında topografya gelir (Ersayın, 2022). Topografya toprak neminin sahadaki dağılışına, yeraltı sularına (Sørensen et al., 2006), bir akarsuyun tipi ve gelişimine, yüzey sularının akış yönü ve hızına etki etmektedir. Dolayısıyla topografyanın hidrolojik koşullar ile arasında mekânsal olarak doğrudan bir ilişki vardır. Topografyanın hidrolojik koşullar üzerindeki mekânsal etkisini ortaya koyabilmek ve daha net anlayabilmek için matematiksel modeller ve indeksler geliştirilmiştir (Condon and Maxwell, 2015). Bu indekslerden birisi de Beven ve Kirby'nin 1979 yılında geliştirdiği Topografik Nemlilik İndeksi'dir (TWI-Topographic Wetness Index), (Beven and Kirby, 1979; Ersayın, 2022). TWI, yüzeysel akış modeline göre topografyanın ne kadar kuru, nemli ya da ıslak olduğunu göstermektedir (Parker, 1982; Tağıl, 2006; Özşahin, 2014b). Dolayısıyla TWI, bir sahadaki arazinin nemlilik durumunun mekânsal olarak dağılışı göstermede kullanılmaktadır. TWI sağladığı bu bilgi sayesinde heyelan duyarlılığının tespit edilmesinde sıkça kullanılan bir parametre olmuştur (Gökçeoğlu et al., 2005; Görüm, 2006; Ohlmacher, 2007; Nefeslioğlu and Gökçeoğlu, 2011; Nefeslioğlu et al., 2011; Xu et al., 2012; Özşahin, 2014b; Kavzoğlu et al., 2015; Gorsevski et al., 2016; Chen et al., 2016; Cihangir, 2018; Ersayın, 2022).

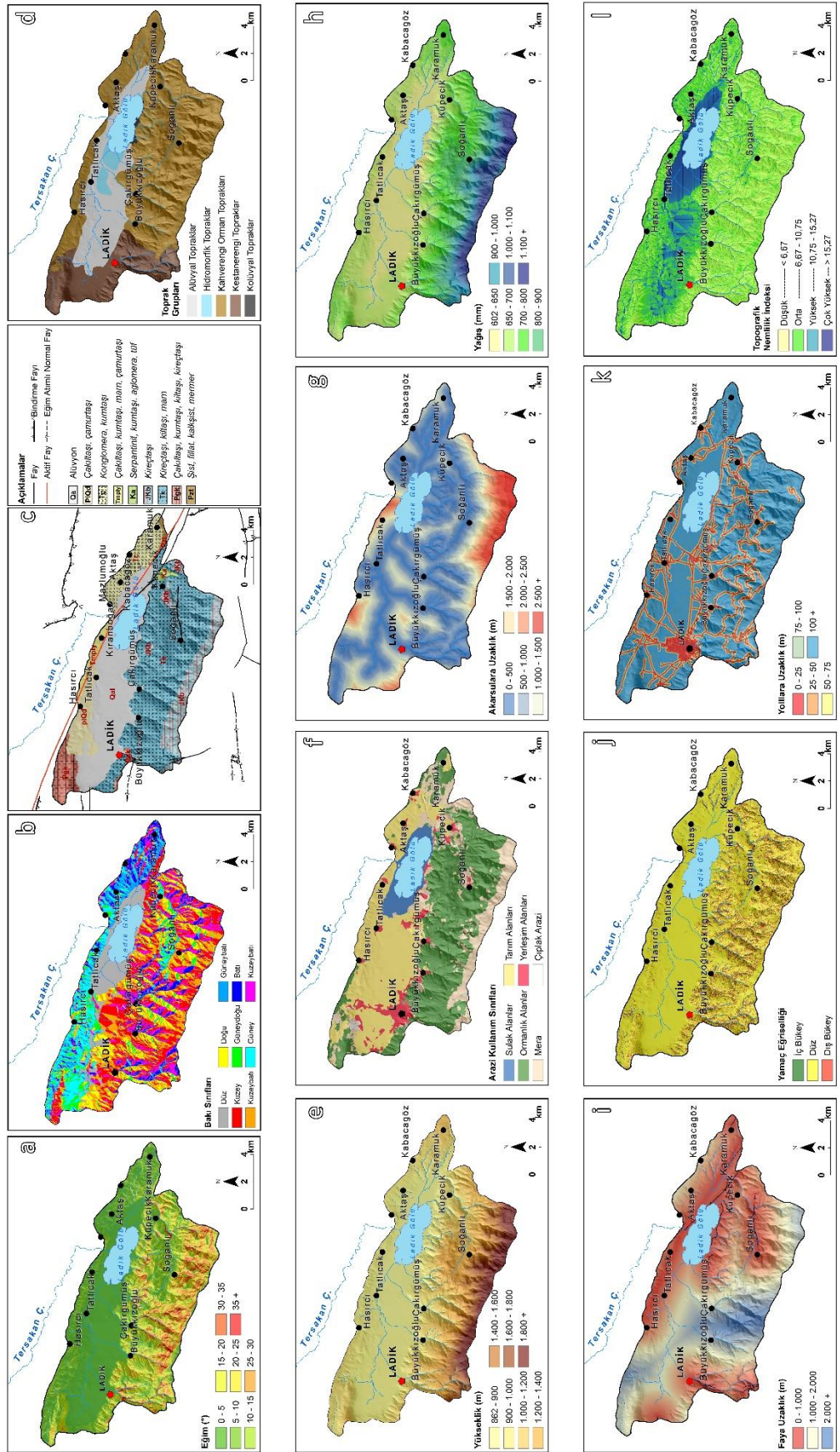
Hidrolojik koşulların topografya tarafından kontrol edilmesi nedeniyle TWI değerleri arazi ve morfolojik birimler üzerinde değişiklik göstermektedir. Drenajın yoğun olduğu sahalarda, vadi tabanlarında ve iç bükey yamaçlarda TWI değerinin yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Buna karşılık dış bükey yamaç, sırtlar ve eğimin fazla olduğu sahalarda ise TWI değeri daha düşüktür. Bir başka ifadeyle drenajın yoğun olduğu sahalarda, vadi tabanlarında ve iç bükey yamaçlardaki araziler ıslak ya da nemli iken, drenajın yoğun olmadığı sahalarda, sırt ve dış bükey yamaçlarda araziler kuru özellik sergilemektedir. Bu bağlamda yamaçlardaki kütlenin hareket etmesi için gerekli olan tetikleyici unsurların başında yağışın geldiği düşünülürse ıslak ve nemli araziler heyelana karşı hassas, kuru araziler ise heyelan karşı daha dirençli bir özelliğe sahiptir.

Ladik Gölü Havzası'nda TWI ile arazinin nemlilik durumu analiz edilmiştir. Gerçekleştirilen heyelan duyarlılık analizi kapsamında TWI ile elde edilen nemlilik değerleri ıslak, nemli ve kuru şeklinde tercih edilmemiş, çalışılan sahanın bir göl havzası olması ve dolayısıyla daha hassas sonuçlar elde edilebilmesi için TWI

değerlerinden düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olacak şekilde dört (4) farklı sınıf oluşturulmuştur (Şekil 211). Topografyadaki nemliliğin heyelan oluşumu üzerindeki açıklanan etkileri göz önünde bulundurularak ikili karşılaştırma matrisinde düşük nemlilik değerine sahip alanlara düşük, yüksek nemlilik değerine sahip alanlara ise yüksek önem puanları verilmiştir (Tablo 4.35).

Tablo 4.35. Topografik nemlilik indeksine ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Topografik Nemlilik İndeksi (TWI)	(A)	(B)	(C)	(D)
(A) Düşük	1	1/2	1/3	1/4
(B) Orta	2	1	1/3	1/4
(C) Yüksek	3	3	1	1/3
(D) Çok Yüksek	4	4	3	1



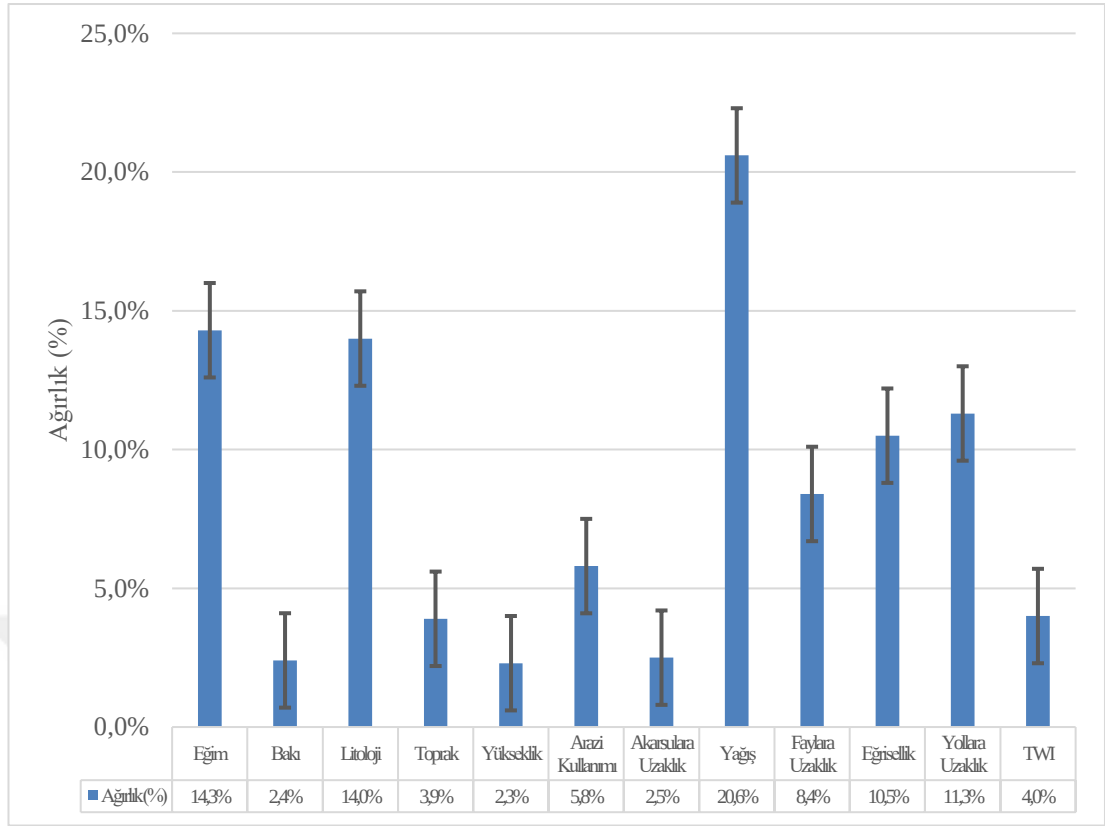
Şekil 4.21. Coğrafi faktörler; a) Eğim b) Bakı c) Litoloji d) Toprak e) Yükseklik f) Arazi kullanımı g) Akarsulara uzaklık h) Yağış i) Fay hatlarına uzaklık j) Yamaç eğriliği k) Yollara uzaklık l) Topografik nemlilik indeksi (TWI).

4.3.3.2. Analiz ve Değerlendirme

Ladik Gölü Havzası'nda heyelana karşı duyarlı alanları analiz etmek için 12 ana kriter (eğim, bakı, litoloji, toprak, yükseklik, arazi kullanımı, akarsulara uzaklık, yağış, fay hatlarına uzaklık, yamaç eğriselliği, yollara uzaklık ve topografik nemlilik indeksi) ve bu ana kriterlere bağlı 71 adet alt kriter kullanılarak AHP ile çok kriterli karar verme analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda tüm üst ve alt kriterler için kendi aralarında ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuş, Saaty (1989) önem ölçeğine göre 1-9 arasında puanlar atanmış ve tüm kriterlerin ağırlık ve tutarlılık oranları hesaplanmıştır (Tablo 4.36; Şekil 4.22). Heyelan duyarlılık analizi için gerçekleştirilen çok kriterli karar verme analizi sonucunda Ladik Gölü Havzası'nda kullanılan 12 ana coğrafi faktöre göre tutarlılık oranı %8 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.36).

Tablo 4.36. Ana coğrafi faktörlere ait ikili karşılaştırma matrisi.

Coğrafi Faktör	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(İ)	(J)	(K)	(L)
(A) Eğim	1	4	1/2	5	5	3	5	1/2	2	3	2	5
(B) Bakı	1/4	1	1/5	1/3	1	1/4	2	1/6	1/5	1/3	1/6	1/3
(C) Litoloji	2	5	1	2	5	4	3	1/3	2	2	2	5
(D) Toprak	1/5	3	1/2	1	2	1/3	3	1/5	1/3	1/4	1/4	1/2
(E) Yükseklik	1/5	1	1/5	1/2	1	1/4	1/2	1/5	1/3	1/3	1/4	1/3
(F) Arazi Kullanımı	1/3	4	1/4	3	4	1	3	1/5	1/3	1/2	1/4	2
(G) Akarsulara Uzaklık	1/5	1/2	1/3	1/3	2	1/3	1	1/5	1/4	1/4	1/5	1/2
(H) Yağış	2	6	3	5	5	5	5	1	3	3	2	5
(İ) Fay Hatlarına Uzaklık	1/2	5	1/2	3	3	3	4	1/3	1	1/3	1/2	4
(J) Yamaç Eğriselliği	1/3	3	1/2	4	3	2	4	1/3	3	1	2	4
(K) Yollara Uzaklık	1/2	6	1/2	4	4	4	5	1/2	2	1/2	1	5
(L) TWI	1/5	3	1/5	2	3	1/2	2	1/5	1/4	1/4	1/5	1
Tutarlılık Oranı (%)	8											



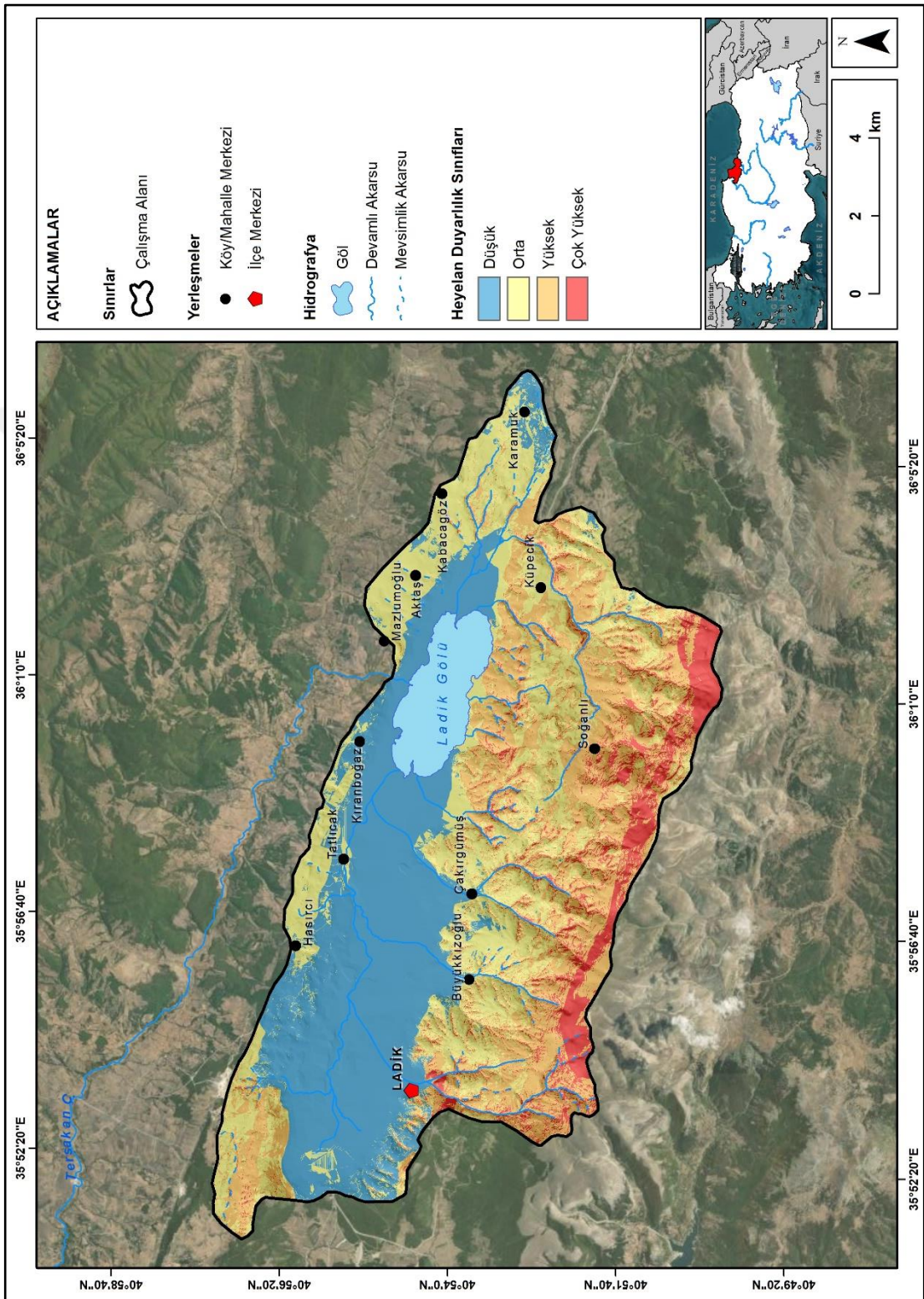
Şekil 4.22. Ana coğrafi faktörlerin ağırlık dağılımları ve standart sapmaları.

AHP ile ikili karşılaştırma matrisleri gerçekleştirildikten sonra tüm alt ve üst parametrelerin mekânsal olarak havzadaki etki alanlarını tespit edebilmek için hesaplanan ağırlık oranları CBS teknikleriyle parametrelerin öznelilik tablolarına işlenmiştir. Bu işlemin hemen ardından ise yine CBS teknikleriyle ilk önce alt kriterler ağırlık oranlarına göre yeniden sınıflandırılmış (reclassify) ve daha sonra ana coğrafi faktörlere ait AHP ile hesaplanan ağırlık oranları aşağıdaki formüle göre haritaya aktararak Ladik Gölü Havzası'nın heyelan duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.23).

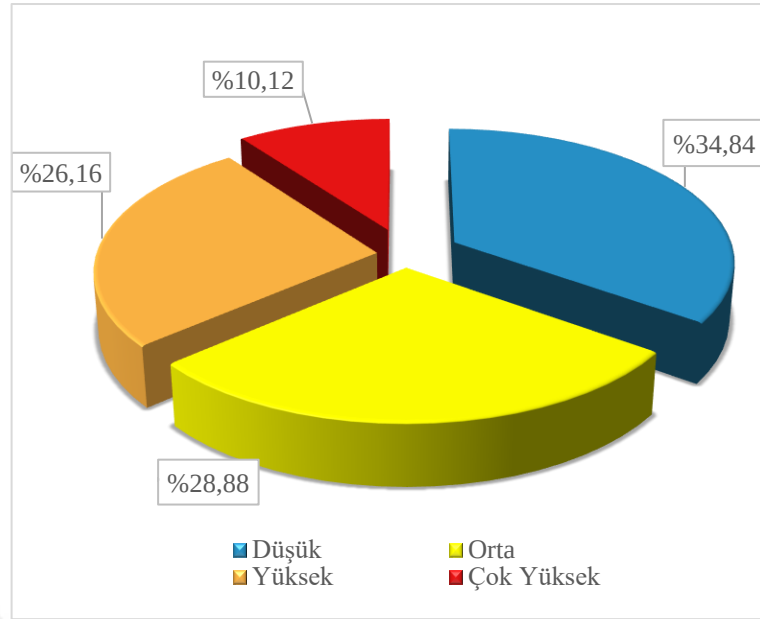
Heyelan Duyarlılık Analizi = $(Eğim*0,143) + (Bakı*0,024) + (Litoloji*0,140) + (Toprak*0,039) + (Yükseklik*0,023) + (Arazi Kullanımı*0,058) + (Akarsulara Uzaklık*0,025) + (Yağış*0,206) + (Fay Hatlarına Uzaklık*0,084) + (Yamaç Eğriselliği*0,105) + (Yollara Uzaklık*0,113) + (Topografik Nemlilik İndeksi*0,040)$.

Heyelan duyarlılık analizi sonucunda elde edilen nihai sonuç düşük, orta, yüksek ve çok yüksek şeklinde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır (Şekil 4.23). Yapılan bu gruplamaya göre Ladik Gölü Havzası'nda 14,96 km²'lik alan çok yüksek, 38,66 km²'lik alan yüksek, 42,68 km²'lik alan orta ve 51,50 km²'lik alan heyelana karşı düşük duyarlı çıkmıştır (Şekil 4.24). Heyelan açısından çok yüksek duyarlılığa sahip olan alanlar eğimin çok olduğu güneydeki yüksek kesimlere karşılık gelmektedir.

Bununla birlikte havzada heyelan açısından en düşük duyarlılığa sahip yerler çoğunlukla havzanın doğusundaki yamaçlar olmuştur.



Şekil 4.23. Ladik Gölü Havzası heyelan duyarlılık analizi haritası.



Şekil 4.24. Heyelan duyarlılık sınıflarının dağılım oranları.

4.4. Toprak Erozyonu Duyarlılık Analizi

Toprak başta canlı yaşamı, tarımsal faaliyetler ve gıda tedariki için gerekli olan temel bir unsurdur. Dolayısıyla bu temel unsurun varlığı ve korunması sürdürülebilir arazi yönetimi için son derece önemlidir. Bu çalışma kapsamında tarımsal faaliyetlerin önemli bir geçim kaynağı olduğu Ladik Gölü Havzası'nda birden çok coğrafi faktörün Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri kullanılarak analiz edilmesiyle toprak erozyonu duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Toprak erozyonun önüne geçmek ya da duyarlılığı düşürmek için AHP ve CBS tekniklerinin birlikte kullanılması bir sahadaki potansiyel toprak kaybı yaşanabilecek alanların tespitinin yanı sıra, karar vericilere erozyona karşı yerinde önlemler almaları için yol gösterici niteliktedir. Gerçekleştirilen toprak erozyonu duyarlılık analizi kapsamında eğim, toprak derinliği, litoloji, yükseklik, arazi kullanımı, drenaj yoğunluğu, drenaj sıklığı ve yağış olmak üzere sekiz (8) coğrafi faktör kullanılmıştır. Analiz sonucunda toprak erozyonu duyarlılığı için düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere dört (4) farklı düzey belirlenmiş ve havzanın %27,44'ü düşük, %14,63'ü orta, %36,30'u yüksek ve %21,63'ü çok yüksek düzeyde toprak kaybı potansiyeline sahip çıkmıştır. Elde edilen toprak erozyonu duyarlılık sonuçları karar vericilere erozyona karşı yerinde önlemler almaları için yol gösterici niteliktedir. Ayrıca çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar karar vericilere önlem alınması gereken öncelikli alanların tespitinde de yardımcı olacaktır.

4.4.1. Giriş

Farklı fiziki şartlar altında oluşan topraklar, dünyadaki önemli doğal kaynaklardandır (Duman ve İrcan, 2022) ve özellikle tarımsal faaliyetlerin yürütülmesi açısından gereklidir. Bununla birlikte topraklar, insan yaşamında kullanılan birçok doğal ya da yapay ürün (bitki, ilaç, gıda, cam vb.) için ham madde sağlamakta ve bu ürünlerin oluşumuna ya da üretimine doğrudan/dolaylı etki etmektedir. İnsan yaşamında bu denli önemli olmalarına karşın birçok olumsuz antropojenik etki (yanlış arazi kullanımı, yanlış tarımsal faaliyetler vb.) toprakların doğal yapısının bozulmasına sebep olmakta (Duman ve İrcan, 2022) ve toprakların oluşum sürecini kesintiye uğratarak toprakların taşınmasını kolaylaştırmaktadır. Her ne kadar toprak taşınması toprakların oluşumu için temel bir süreç olsa da bu sürecin çeşitli antropojenik bozulmaların etkisiyle hızlanması hem toprakların hem de çevrenin kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Lal, 2001; Küçüker and Giraldo, 2022). Organik madde ile zengin hale gelmiş humus bakımından verimli olan toprakların üst katmanı rüzgâr veya su yoluyla taşınmakta ve bu durum özellikle tarımsal alanlarda ciddi bir çevre sorunu haline gelen toprak erozyonuna neden olmaktadır (Maity and Mandal, 2019; Küçüker and Giraldo, 2022). Sonuçta toprakların doğal oluşum sürecinin çeşitli etkenlerle kesintiye uğramasından kaynaklanan toprak erozyonu verimli arazilerin oluşmasını engellemektedir.

Arazilerin doğal yapısının bozulmasında en önemli problem olarak görülen toprak erozyonu küresel ölçekte ciddi bir çevresel tehlike olarak kabul edilmektedir (Pimentel, 2006; Ebabu et al., 2019; Aneseyee et al., 2020; Küçüker and Giraldo, 2022). Küresel ölçekte hem fiziksel hem de antropojenik etkilere bağlı olarak her yıl toprakların yüzey kısmından yaklaşık olarak 25-40 milyar ton toprak aşınmaktadır (Wei et al., 2018; Asfaw et al., 2020; Küçüker and Giraldo, 2022). Toprak aşınımı yanlış arazi kullanımı, tarımsal faaliyetlerdeki yanlış uygulamalar ve sayısı ve etkisi her geçen gün artan doğal afetler (taşkın, sel, tayfun, heyelan vb.) nedeniyle kademeli olarak artmaya devam etmektedir. Yine bu duruma FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü) ve ITPS (Hükümetler arası Toprak Teknik Paneli) (2015) “Dünya topraklarının durumu” raporunda dikkat çekilmiştir. Rapora göre gerekli önlemler alınmadığı takdirde toprak kaybının artarak devam edeceği ve 1,5 milyon m² arazinin kaybedileceği belirtilmektedir (FAO and ITPS, 2015). Türkiye’de ise gerek topografik ve iklimsel çeşitlilik (Küçüker and Giraldo, 2022) gerek jeolojik ve toprak özellikleri

nedeniyle (Danacıoğlu ve Tağıl, 2017) ülke topraklarının %90'ı toprak erozyonu etkisi altındadır. Bu çeşitlilik nedeniyle Türkiye toprak erozyonu açısından yüksek duyarlılığa sahip bir ülke konumundadır (Van der Knijff et al., 2000; Gitas et al., 2009; Değerliyurt, 2013b; Duman ve İrcan, 2022). Bu yüksek duyarlılığa rağmen Türkiye Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi (UNCCD) (2018) raporuna göre 1970'li yıllarda akarsular tarafından taşınan yaklaşık 500 milyon ton civarındaki toprak miktarını, günümüzde alınan çeşitli tedbirler (ağaçlandırma faaliyetleri, tarım alanlarında sulama tekniklerinin değişmesi ve erozyon kontrol çalışmaları vb.) ile 154 milyon tona kadar düşürmeyi başarmıştır (UNCCD, 2018).

Toprağın erozyona karşı duyarlılığı hem doğal faktörler (iklim, topografya, bitki örtüsü vb.) hem de beşerî unsurlarla doğrudan ilişkilidir (Lal et al., 1989; Oldeman, 1992; Lal, 2001; Küçüker and Giraldo, 2022). Toprak ve erozyon arasındaki duyarlılık bölgesel şartlara göre değişebilmektedir. Söz gelimi bitki örtüsünden yoksun ya da bitki örtüsünün tahrip edildiği ve tarımsal faaliyetlerin yoğun yapıldığı alanlarda topraklar dış kuvvetlerin etkisine daha çok maruz kalmakta ve topraklar erozyona karşı direnç gösterememektedir. Buna karşın bitki örtüsünün nispeten yoğun ve tarımsal faaliyetlerin daha az yapıldığı alanlarda ise toprak erozyona karşı daha dirençlidir ve daha düşük duyarlılık sergilemektedir. Başta iklim, topografya, toprak özellikleri (tekstür, tür, geçirimsizlik vb.), bitki örtüsü gibi doğal unsurlar ile tarımsal faaliyetlerin türü, yoğunluğu, kentleşme, arazi kullanımı ve aşırı otlatma gibi beşerî unsurlar toprak kaybına neden olan başlıca unsurlardır ve bu unsurlar erozyonun yoğunluğunu etkilemektedir (Tüfekçioğlu et al., 2012; Leh et al., 2013; Tüfekçioğlu vd., 2018; Wynants et al., 2019; Olorunfemi et al., 2020; Wen and Deng, 2020; Küçüker and Giraldo, 2022).

Tarımsal faaliyetlerin devam etmesi, toprak kaynaklı çevre sorunlarının önüne geçilmesi ve uzun soluklu çevre düzeni planlarının gerçekleştirilebilmesi için toprak erozyonunun kontrol altında tutulması gerekmektedir. Toprak erozyonunu kontrol altında tutulması ise erozyonunun etkisinin izlenmesi ve tahmin edilmesi ile mümkün olabilmektedir. Bu sebeple önceden tahmin edilen ve etkileri izlenen toprak erozyonuna karşı alınacak tedbirler, çeşitli koruma planlarının uygulanabilmesi bakımından hayati önem taşımaktadır (Küçüker and Giraldo, 2022). Yine etkilerini doğru ifade edebilmek ve gerekli tedbirleri önceden alabilmek için topraklara ait erozyonların mekânsal dağılımlarının ortaya konulması da sorunları en aza indirmeye

yardımcı olabilecek uygulamalar arasında yer almaktadır (Rahman et al., 2009). Bu sebeple dünya üzerindeki herhangi bir konuma sahip unsurların mekânsal olarak ifade edilebilmesini sağlayan, sadece yerel değil bölgesel dağılışların da tespitini kolaylaştıran ve hassas sonuçlar elde edilmesini sağlayan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri bu çalışma kapsamında tercih edilmiştir. Öte yandan toprak kaybı birçok faktöre bağlı olarak meydana gelmektedir (Danacıoğlu ve Tağıl, 2017). Toprak erozyonunu anlamak ve erozyona karşı toprak kaybını önlemek ise bu faktörlerin bilinmesini ve kontrol etme yöntemlerini gerektirmektedir (Renard et al., 2011). Toprak erozyonu duyarlılığını hesaplamak için de birçok yöntem bulunmaktadır. Bunların başında Universal Soil Loss Equation (USLE; Wischmeier and Smith, 1978), USLE'nin yenilenmesi ile elde edilen ve daha ayrıntılı bir yöntem olan Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE; Renard et al., 1994) ile birçok coğrafi faktörün karşılaştırılmasını sağlayan Analytical Hierarchy Process (AHP; Saaty, 1989) gelmektedir. Bu çalışmada erozyona etki eden coğrafi faktörlerin belirli bir mantık ve sayısal olarak birleştirilmesini kolaylaştırması, sıralama, ağırlıklandırma fikrini içermesi ve duyarlı alanların tespiti için kullanılan tüm coğrafi faktörler arasında ikili karşılaştırma yapılmasına olanak tanınması nedeniyle çok kriterli analiz yöntemlerinden biri olan AHP tercih edilmiştir. AHP, toprak erozyonu duyarlılığının değerlendirilmesi, duyarlı alanların mekânsal dağılımlarının ortaya konması ve haritalarının üretilmesi için karar vericilere yol göstermekte ve çözümler sunmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle de sıkça tercih edilen bir yöntem olmuştur (Küçük and Giraldo, 2022) ve bu sebeplerden ötürü bölgesel araştırmalar için çokça tercih edilmektedir (Soeters and Van Westen, 1996; Guzzetti et al., 1999). Bu yöntem ile bir alandaki toprak kaybını modellemek, toprak erozyonuna karşı duyarlı alanların varlığını ortaya koymak ve devam eden erozyon sürecini izlemek mümkündür. AHP, sağlamış olduğu bu özellikler nedeniyle çalışma kapsamında tercih edilen yöntem olmuştur. Karadeniz Bölgesi'nde Yeşilirmak Havzası'nın kuzeybatı kesiminde yer alan havza sahip olduğu tarımsal özellikleri nedeniyle toprak erozyonu duyarlılığı açısından ele alınmıştır.

4.4.2. Materyal ve Yöntem

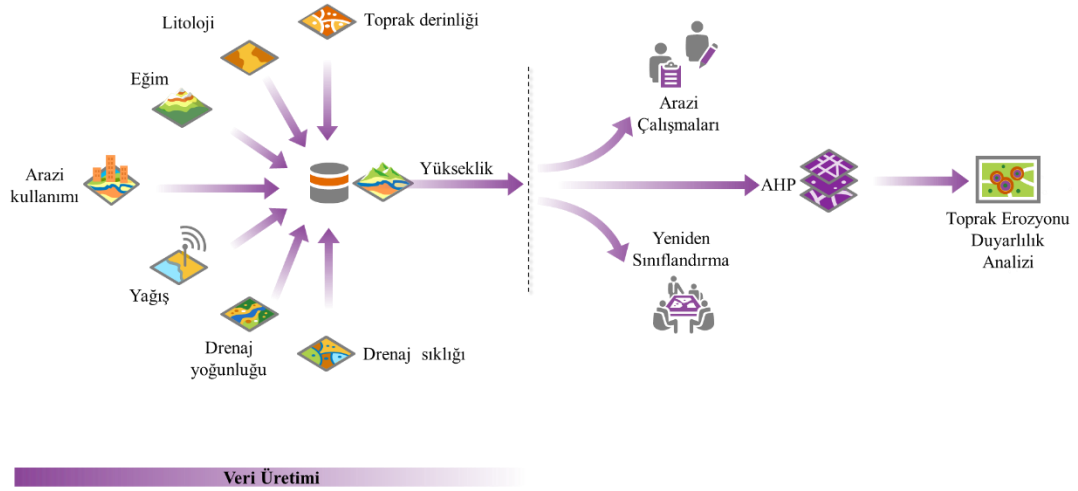
Çalışmanın önceki bölümlerinde araştırma sahasının yeri, sınırları, kapsamı ve kullanılan yöntemler detaylıca açıklanmış, veriler (materyal) ise genel hatları ile ifade

edilmişti. Bu sebeple bu bölümde sadece toprak erozyonu afeti özelinde kullanılan veriler etraflıca açıklanmıştır.

4.4.2.1. Veri

Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen toprak erozyonu duyarlılık analizi kapsamında coğrafi faktörler belirlenirken literatürdeki çalışmalar ve uzman görüşleri dikkate alınmıştır. Çünkü doğru coğrafi faktörlerin seçimi duyarlılık analizinin sağlıklı sonuçlar vermesi adına oldukça önemli bir aşamadır. Gerek literatür gerekse uzman görüşlerine dayanarak Ladik Gölü Havzası'nda toprak erozyonu duyarlılık analizi için eğim, toprak derinliği, litoloji, yükseklik, arazi kullanımı, yağış, drenaj yoğunluğu ve drenaj sıklığı olmak üzere sekiz (8) adet coğrafi faktör kullanılmıştır (Danacıoğlu ve Tağıl, 2017; Turan ve Dengiz, 2017b; Tairi et al., 2019; Bozali, 2020; Das et al., 2020; Turan ve Uzun, 2021; Duman ve İrcan, 2022, Küçüker and Giraldo, 2022).

Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen toprak erozyonu duyarlılık analizi üç farklı aşamadan oluşmaktadır (Şekil 4.25); CBS ile veri üretimi, arazi gözlemleri ve AHP. Coğrafi faktörler belirlendikten sonra duyarlılık analizinde kullanılmak üzere çalışmanın ilk aşamasında farklı kurum ve kuruluşlardan veriler temin edilmiş ve bu verilerden coğrafi faktörün türüne ve kullanımına göre ikincil veriler türetilmiştir. Veri üretim aşamasında CBS teknikleriyle 1/100.000 ölçekli jeoloji haritalarından litolojik birimler ile 1/25.000 ölçekli topografik haritalardan eş yükselti eğrileri üretilmiştir. Yine bu aşamada yükseklik ve eğim analizlerini gerçekleştirmek üzere eş yükselti eğrileri kullanılarak çalışma sahasına ait 10 m çözünürlüğündeki Digital Elevation Model (DEM) verisi oluşturulmuştur. 1/25.000'lik topografik haritalar kullanılarak havzaya ait drenaj ağı çıkarılmış ve sonrasında CBS teknikleri arasında yer alan çizgisel yoğunluk analizi (line density) ile drenaj yoğunluğu, hidroloji (hydrology) aracı ile drenaj sıklığı analizi gerçekleştirilmiştir. Toprak verisine TAD Portal (Tarım Dışı Yetkilendirme ve Toprak Etüt Portalı) üzerinden erişilmiştir. Ayrıca 2017-2021 yıllarına ait Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak kontrollü sınıflandırma yöntemi ile güncel arazi kullanımı ve son olarak da Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen yağış verileri kullanılarak enterpolasyon teknikleri ile sahanın yağış haritası üretilmiştir. Verilerin üretiminden hemen sonra Ladik Gölü Havzası'nda toprak erozyonu duyarlılığını hesaplayabilmek için coğrafi bir veri tabanı tasarlanmış ve türetilen birincil ve ikincil tüm veriler bu veri tabanı içerisinde kategorilere ayrılmıştır.



Şekil 4.25. Toprak erozyonu duyarlılık analizi iş akış şeması.

Çalışmanın ikinci aşamasında Ladik Gölü Havzası'nda toprak erozyonuna karşı duyarlı alanların tespitini gerçekleştirebilmek ve kullanılan coğrafi faktörler arasındaki ağırlıkları belirlemek için AHP tekniğinden yararlanılmış ve coğrafi faktörler ile alt coğrafi faktörlerin kendi arasında 1-9 arasında önem puanları belirlenmiştir. Ladik Gölü Havzası toprak erozyonu duyarlılık analizinin gerçekleştirilebilmesi için belirlenen coğrafi faktörler arasında ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Bu kapsamda öncelikle belirlenen sekiz (8) ana coğrafi faktör alt kategorilere ayrılmış ve sonrasında hem alt kategoriler hem ana faktörler için ikili karşılaştırma matrisleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen ikili karşılaştırma matrisleri ile her bir coğrafi faktörün toprak erozyonuna karşı duyarlı alanların tespitinde kullanılmak üzere ağırlık oranları hesaplanmıştır. Ayrıca coğrafi faktörlerin duyarlılık analizinde kullanılabilmesinde öngörü sağlayan tutarlılık oranları da hesaplanmıştır. Toprak erozyonu duyarlılık analizinde kullanılan coğrafi faktörlerin ağırlık ve tutarlılık oranları K. D. Goepel tarafından tasarlanan programın 15.09.2018 tarihli versiyonu ile hesaplanmıştır (Goepel, 2013).

AHP, doğal afet duyarlılığının sayısal olarak ifade edilmesini sağlarken, coğrafi faktörlerin mekânsal olarak ifade edilmesinde tek başına yeterli bir teknik değildir. Doğal afetlerin duyarlılık değerlendirmesinde kullanılan coğrafi faktörlerin AHP ile hesaplanan ağırlık oranlarının mekânsal olarak anlam kazanması, duyarlılığın nerede fazla veya az olduğunun gösterilmesi için konum tabanlı farklı tekniklere ihtiyaç vardır. Bu ihtiyaç doğrultusunda hesaplanan ağırlık oranlarının mekânsal bir kimlik kazanmasını sağlayan teknikler arasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri ön

plana çıkmaktadır. CBS birçok doğal afette olduğu gibi toprak erozyonu duyarlılığının da mekânsal olarak belirlenmesinde dikkate alınan coğrafi faktörlerin konumsal olarak kullanılmasını ve bu faktörlerin bir bütün olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Çalışmanın son aşamasında, ağırlık oranları hesaplanan tüm ana ve alt coğrafi faktörler için ilk aşamada olduğu gibi CBS teknikleri kullanılarak çeşitli mekânsal analiz işlemleri (veri dönüşümü, yeniden sınıflandırma, hücre boyutu, extent ayarı vb.) gerçekleştirilmiştir. Son olarak toprak erozyonu duyarlılık analizi için tüm veriler raster veri formatına dönüştürülmüş, her birinin çözünürlüğü 10 m olarak ayarlanmış ve ağırlıklı çakıştırma aracı (weighted overlay) ile sahanın toprak erozyonu duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan sonuç ise düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olacak şekilde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır.

4.4.3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmanın bu bölümünde Ladik Gölü Havzası toprak erozyonu duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda eğim, toprak derinliği, litoloji, yükseklik, arazi kullanımı, yağış, drenaj yoğunluğu ve drenaj sıklığı olmak üzere sekiz (8) farklı tematik veriden oluşan coğrafi faktör kullanılmıştır (Tablo 4.37).

Tablo 4.37. Toprak erozyonu duyarlılık analizinde kullanılan coğrafi faktörler ve sayısal değerleri.

Coğrafi Faktör	Alt Kriter	Alan		Alt Kriter Ağırlık (%)	Tutarlılık (%)	Ağırlık (%)	
		km²	%				
Eğim (°)	0-2 (Düze Yakın)	39,87	26,98	4,7	4	25,4	
	2-5 (Hafif Eğimli)	18,56	12,56	10,5			
	5-15 (Eğimli)	43,45	29,40	19,8			
	15-35 (Orta Dik)	44,16	29,88	28			
	35 + (Çok Dik)	1,76	1,19	37			
Toprak Derinliği	Çok Sığ	31,30	21,18	41,3	2	15,2	
	Sığ	82,06	55,52	41,3			
	Orta	28,72	19,43	12,1			
	Derin	5,72	3,87	5,3			
Litoloji	Alüvyon	III	42,51	28,76	9,6	2	18,6
	Kireçtaşı	II	15,18	10,27	25,1		
	Çakıлтаşı, kumтаşı, kılтаşı, kireçтаşı		7,25	4,91			
	Serpantinит, kumтаşı, aglomera, түф	I	0,93	0,63	65,3		
	Şist, fillat, kalkşist, kireçтаşı		0,65	0,44			
	Çakıлтаşı, kumтаşı, marn, çamurтаşı		2,7	1,83			
	Çakıлтаşı, çamurтаşı		8,77	5,93			
	Kireçтаşı, kılтаşı, marn		59,51	40,26			
	Konglomera, kumтаşı		10,3	6,97			

Yükseklik (m)	<900	37,28	25,22	2,7	6	9,5
	900-1.000	39,57	26,77	3,9		
	1.000-1.200	35,55	24,05	5,8		
	1.200-1.400	18,29	12,37	8,7		
	1.400-1.600	10,21	6,91	12,6		
	1.600-1.800	5,85	3,96	23,8		
	>1.800	1,05	0,71	42,5		
Arazi Kullanımı	Sulak Alanlar	11,71	7,92	2,6	8	15,9
	Ormanlık Alanlar	58,47	39,56	4,4		
	Tarım Alanları	46,02	31,14	26,3		
	Yerleşim Alanları	7,69	5,20	18,1		
	Çıplak Arazi	0,52	0,35	39		
	Mera	23,39	15,83	9,6		
Drenaj Yoğunluğu (D_d)	<1,57	12,18	8,24	6,2	2	3,7
	1,58-2,05	17,21	11,64	9,9		
	2,06-2,37	62,05	41,98	16,1		
	2,38-2,82	47,09	31,86	26,2		
	>2,83	9,27	6,27	41,6		
Drenaj Sıklığı (F_s)	<45	19,31	13,06	9,8	3	4,8
	45-60	87,33	59,09	33,4		
	>60	41,16	27,85	56,8		
Yağış (mm)	<650	47,05	31,83	2,5	6	6,9
	650-700	33,54	22,69	3,6		
	700-800	31,82	21,53	5,2		
	800-900	16,19	10,95	10,2		
	900-1.000	10,78	7,29	14,3		
	1.000-1.100	7,11	4,81	26,7		
	>1.100	1,31	0,89	37,5		

4.4.3.1. Duyarlılık Analizinde Kullanılan Coğrafi Faktörler

4.4.3.1.1. Eğim

Eğim; yüzeysel akış, güneşlenme süresi, buharlaşma, terleme ve toprak nemi birikimini kontrol ederek toprağın taşınmasında erozyon sürecini etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Arabameri et al., 2018; Küçükler and Giraldo, 2022). Aynı zamanda yer çekimi etkisiyle toprağın üst tabakasını oluşturan ve taşınması kolay olan ince toprak katmanında gerçekleşen toprak erozyonu, eğim ile doğru orantılı artış göstermektedir (Duman ve İrcan, 2022). Yer çekimi ile doğrudan ilişkili olması sebebiyle eğimin az olduğu yamaçlarda toprağın taşınması zorlaşmakta iken, eğimin arttığı yamaçlarda ise toprağın taşınması çok daha kolay gerçekleşmektedir. Ancak eğim değerinin farklılaşmasından ötürü değişen coğrafi şartlar toprağın taşınmasında eğimin bu etkisini zaman zaman yavaşlatabilmektedir. Nitekim eğim; toprağın suyu tutma gücünü, drenaj ağını, yer altı suyunu, toprak oluşumunu, bitki örtüsünü ve toprağın kalınlığını etkileyen morfolojik bir faktördür (Gómez and Kavzoğlu, 2005; Altun vd., 2016; Ersayın, 2022). Örneğin; suya doymuş eğim değerine sahip yüksek bir zeminde toprak erozyonu daha yavaş gerçekleşirken, bitki örtüsünden yoksun daha

düşük eğim değerine sahip yamaçlarda toprağın taşınması daha hızlı olabilmektedir. Her ne kadar eğimin morfolojik şartlara göre toprak erozyonu üzerinde böylesi tersine bir etkisi olsa bile, kabul edilen genel görüş eğim ile toprak erozyonu arasında doğru bir orantı olduğu ve yamaç eğimi arttıkça toprak erozyonu hızının da arttığı yönündedir (Liu et al., 2001; Bozali, 2020).

Ladik Gölü Havzası ortalama 10,68°'lik bir eğime sahiptir ve en yüksek eğime sahip yamaçta bu değer 58°'dir. Çalışma sahasındaki eğim değerleri genellikle depresyon alanında oldukça az iken, Ladik Gölü'nün özellikle güney kıyısından itibaren kademeli bir şekilde yine güney yamaçlara doğru artış göstermektedir. Sahanın güney yamaçları en dik eğime sahip alanları oluşturmaktadır (Akdağ ve Karaömer Dağı). Yine havzanın batı, kuzey ve doğu yamaçlarında da eğimin nispeten yüksek olduğu görülmektedir. Havzadaki eğim değerleri ve eğimin toprak erozyonu üzerindeki etkisinin farklı kademelerde değişiklik göstermesi nedeniyle eğim beş (5) farklı gruba ayrılmıştır (Şekil 4.26a). Toprak erozyonu duyarlılık analizi kapsamında AHP ile gerçekleştirilen ikili karşılaştırma matrisinde yamaç eğiminin toprak erozyonu üzerindeki etkisinin doğru orantılı olmasından ötürü düz ve düze yakın yamaçlar ile hafif eğime sahip yamaçlara düşük, eğimin nispeten arttığı orta eğimli ve orta derece dik yamaçlara yüksek ve eğimin en fazla olduğu çok dik yamaçlara ise en yüksek etki puanları verilmiştir (Tablo 4.38).

Tablo 4.38. Eğim faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Eğim Grupları (°)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A) 0-2	1	1/3	1/4	1/6	1/6
(B) 2-5	3	1	1/3	1/3	1/3
(C) 5-15	4	3	1	1/2	1/2
(D) 15-35	6	3	2	1	1/2
(E) 35 +	6	3	2	2	1

4.4.3.1.2. Toprak Derinliği

Erozyondan etkilenen asıl coğrafi unsur topraktır. Hem erozyondan etkilenmesi hem de erozyonal süreçlerde rolünün olması nedeniyle toprak unsuru önemlidir ve diğer coğrafi faktörlerden ayrılmaktadır. Toprak; üzerinde olduğu litoloji, bitki örtüsünün varlığı (Duman ve İrcan, 2022), yamaç eğimi ve kullanım özelliklerine göre erozyona karşı farklı seviyelerde direnç göstermektedir. Söz gelimi, eğimin az olduğu yamaçlarda toprak oluşumu fazladır ve toprak bu yamaçlarda erozyona karşı güçlü bir

yapı sergilemektedir. Ancak eğimin fazla olduğu yamaçlarda toprağın daha sığ bir karakterde olması nedeniyle taşınması daha kolaydır. Dolayısıyla toprak; türü, tekstürü, derinliği ve diğer birçok özelliği nedeniyle (tuzluluk, kireç oranı, humus vb.) erozyon üzerinde doğrudan ya da dolaylı bir şekilde etkili olmaktadır.

Toprak erozyonu duyarlılık analizi kapsamında toprağın taşınmasında önemli bir faktör olan toprak derinliği kullanılmıştır. Ladik Gölü Havzası'nda türü, tekstürü ve derinliği birbirinden farklı olan topraklar bulunmaktadır. Bu sebeple daha hassas sonuçlar elde edebilmek için havzadaki topraklar çok sığ, sığ, orta ve derin olmak üzere dört (4) farklı kategoriye ayrılmıştır (Şekil 4.26b). Çok sığ olan topraklar genellikle havzanın tabanında ve kısmen kuzey yamaçların alçak seviyelerinde, sığ topraklar havzanın depresyon alanı dışında özellikle güney yamaçların neredeyse tamamı ile kuzey yamaçların yüksek kesimlerinde, orta seviye derinliğe sahip topraklar Ladik Gölü'nün güneyindeki alçak yamaçlar ile kuzeybatı ve kuzeydoğudaki nispeten yüksek sahalarda, derinliği çok olan topraklar ise havzanın batısında küçük bir alanda görülmektedir. Dış kuvvetler tarafından taşınmalarının kolay olması nedeniyle ikili karşılaştırma matrisinde en yüksek etki puanı çok sığ ve sığ derinliğe sahip topraklara verilmiştir. Yine taşınmalarının nispeten daha zor olması nedeniyle orta seviye topraklara orta derece, derinliği fazla olan topraklara ise diğer toprak gruplarına göre daha düşük etki puanı verilmiştir (Tablo 4.39).

Tablo 4.39. Toprak derinliği faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Toprak Derinliği	(A)	(B)	(C)	(D)
(A) Çok sığ	1	1	4	7
(B) Sığ	1	1	4	7
(C) Orta	1/4	1/4	1	3
(D) Derin	1/7	1/7	1/3	1

4.4.3.1.3. Litoloji

Toprak erozyonu üzerinde doğrudan etkisi olmasa da toprak oluşumuna etki etmesi sebebiyle duyarlılık analizi kapsamında kullanılan bir diğer coğrafi faktör litoloji olmuştur. Litoloji, bir sahanın toprak erozyonu ve çölleşme süreçlerine karşı duyarlılığının tespit edilmesinde sıklıkla tercih edilen bir coğrafi faktördür (Turan et al., 2019; Küçüker and Giraldo, 2022). Litolojik birimler tür, geçirgenlik, gözeneklilik, sertlik ya da yumuşaklık gibi birçok farklı özellikleri nedeniyle toprakların oluşumuna etki ederler. Örneğin, sert kayalardan oluşan litolojik bir birimin toprak oluşum süreci

içerisindeki parçalanması çok uzun olmakta ve bu birimler toprak oluşumu için çok elverişli bir yapı sergilememektedir. Bu birimlerin aksine gözenekli ya da nispeten yumuşak kayalardan oluşan litolojik birimler ise suların derinlere sızarak kayaların daha hızlı parçalanmasına ve toprak oluşumunun sert zeminlere göre daha hızlı meydana gelmesine olanak tanımaktadırlar. Dolayısıyla litoloji sert zeminlerde toprak oluşumunu yavaşlatarak sıg bir toprak tabakasının oluşumuna, daha yumuşak zeminlerde ise toprak oluşumunun daha hızlı olmasına katkı sağlayarak daha derin bir toprak tabakası oluşumuna imkân tanımaktadır. Sıg toprakların taşınması da derin topraklara göre daha kolay olacağı için duyarlılık analizi kapsamında litolojik birimler toprak derinliğine etki etmelerine göre değerlendirilmiştir. Toprak oluşumundaki bu tür dolaylı etkilerinden ötürü duyarlılık analizinde kullanılmak üzere çalışma sahası litolojik birimleri Nicholson and Hencher (1997)'in çalışmaları dikkate alınarak gruplandırılmış ve litolojik birimler için üç (3) farklı kategori oluşturulmuştur (Nicholson and Hencher, 1997), (Tablo 4.40).

Araştırma sahasında farklı geçirimsizlik özelliğine sahip kayalar bulunmaktadır. Alüvyal birimlerden oluşan ve havzanın depresyon alanının neredeyse tamamına karşılık gelen sahadaki kayalar geçirimsizliğin en fazla olduğu birimlere karşılık gelmektedir. Geçirimsizliğin nispeten azaldığı ve çoğunlukla karstik kayalardan oluşan birimler, havzanın güney yamaçlarındaki yüksek kesimler ile kuzeybatısındaki yamaçlarda yer almaktadır. Geçirimsizliğin en düşük olduğu birimler ise Ladik Gölü ve çevresi ile havzanın kuzey, kuzeydoğu ve güneyindeki alçak yamaçlarda yer almaktadır (Şekil 4.26c). Kayaların litolojik özellikleri dikkate alınarak geçirimsizlik özelliğe sahip alüvyal birimlere ikili karşılaştırma matrisinde en düşük, nispeten geçirimsizliğin daha düşük olduğu karstik kayalara orta seviye, ancak geçirimsizlikleri düşük olan kayalara ise en yüksek etki puanları verilmiştir (Tablo 4.40).

Tablo 4.40. Litoloji faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Litoloji	(A)	(B)	(C)
(A) I	1	3	6
(B) II	1/3	1	3
(C) III	1/6	1/3	1

4.4.3.1.4. Yükseklik

Yükseklik birçok doğal faktöre (eğim, akarsu akış gücü, yağış vb.) etki etmesi nedeniyle bir sahanın toprak erozyonuna karşı duyarlılığının belirlenmesinde dikkate alınan coğrafi faktörler arasında yer almaktadır. Örneğin, yüksek kesimlerde yağışın artış göstermesi bu sahalardaki toprakların daha çok yıkanmasına ve daha hızlı ayrışmasına sebep olarak toprağın taşınmasını kolaylaştırmaktadır. Yine toprak erozyonu açısından yüksekliğin artması ile daha dik yamaçlara sahip arazilerde zeminin su sızdırma kapasitesi daha düşük olmakta ve buralarda erozyona karşı duyarlılık artış göstermektedir (Vijith et al., 2012; Thakurdesai and Pise, 2016; Küçüker and Giraldo, 2022). Ayrıca yamaç eğiminin fazla olduğu yüksek kesimlerde akarsuların aşındırma ve taşıma güçleri daha fazla olduğu için toprakların bu alanlardan uzaklaştırılması daha hızlı olabilmektedir.

Tablo 4.41. Yükseklik faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Yükseklik (m)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
(A) < 900	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/7	1/9
(B) 900-1.000	2	1	1/2	1/3	1/4	1/6	1/8
(C) 1.000-1.200	3	2	1	1/2	1/3	1/5	1/7
(D) 1.200-1.400	4	3	2	1	1/2	1/4	1/6
(E) 1.400-1.600	5	4	3	2	1	1/3	1/5
(F) 1.600-1.800	7	6	5	4	3	1	1/3
(G) > 1.800	9	8	7	6	5	3	1

Araştırma sahası tektonik kökenli bir havzadır (Bahadır ve Uzun, 2021). Bu nedenle yükselti farkı çoktur. En alçak noktası ile en yüksek noktası arasında 1.112 m’lik bir yükseklik farkı vardır. Sahanın tektonik bir geçmişe sahip olması yüksek kesimlerdeki yamaçların kısa boylu derelerle parçalanmasına ve bu durum da buradaki yamaç eğimlerinin artmasına sebep olmuştur. Özellikle Ladik Gölü’nün güneyindeki yüksek yamaçlarda eğim değerleri oldukça fazladır. Dolayısıyla çalışma sahasında yükselti kademeleri incelendiğinde yükseltinin fazla olduğu yerlerde aynı zamanda eğimin değerlerinin de fazla olduğu görülmektedir. Bu sebeple havzada gerçekleştirilen duyarlılık analizi kapsamında yükselti, eğim üzerindeki dolaylı etkisi sebebi ile ön plana çıkmaktadır. Araştırma sahasında toprak erozyonu duyarlılığında yüksekliğin etkisini ortaya koyabilmek için yükseklik yedi (7) farklı kategoriye ayrılmıştır (Şekil 4.26d). Yüksekliğin yukarıda açıklanan coğrafi faktörler üzerindeki dolaylı etkilerinden ötürü ikili karşılaştırma matrisinde havzada yükseltinin az olduğu

yerlere düşük, fazla olduğu yerlere yüksek, ortalama yükseltiyeye sahip olan yerlere ise orta seviye önem puanları verilmiştir (Tablo 4.41).

4.4.3.1.5. Arazi Kullanımı

Bir sahadaki arazi örtüsünün varlığı toprağın taşınması üzerinde etkilidir. Şöyle ki; bitki örtüsü ile kaplı olan bir zeminde toprağın dış kuvvetler tarafından taşınması zorlaşırken, çıplak bir zeminde toprağın taşınması daha kolaydır. Çünkü bitki örtüsü hem yağmur sularının aşındırıcı etkisine karşı doğal bir kalkan görevi görmekte (Küçükler and Giraldo, 2022) hem de toprak oluşumu için gerekli organik madde kaynağını sağlamaktadır. Ayrıca bitki örtüsü yüzeysel akışa geçen suların hızını yavaşlatarak derinlere infiltre olmasına ve toprağın hem organik besin hem de humus bakımından zengin olmasına katkı sağlamaktadır. Böylece bitki örtüsünün yoğun olduğu zeminlerde toprak var olma döngüsünü sürekli devam ettirmekte ve aşınmaya karşı direnç göstermektedir. Bitki örtüsünün varlığının erozyona karşı bu olumlu etkisinin aksine antropojenik faaliyetler ise toprağın normal seyrinden daha hızlı taşınmasına sebep olabilmektedir. Örneğin, yanlış tarımsal uygulamalar (yanlış ürün ekimi ya da dikimi, arazinin rüzgâra ve eğime paralel sürülmesi vb.) ve verimli tarım arazilerinin yerleşme alanı olarak kullanılması toprak erozyonuna karşı duyarlılığın artmasında akla ilk gelen antropojenik faaliyetlerdir. Tarımsal araziler ve yerleşme alanlarındaki beşerî faaliyetlerin sürekli devam etmesi ve taleplerin her geçen gün artması toprağın doğal yapısının bozulmasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla antropojenik faaliyetler toprak erozyon sürecini hızlandıran bir faktör (Küçükler and Giraldo, 2022). Bitki örtüsünün varlığı ise toprak erozyon sürecini yavaşlatan bir coğrafi faktör olarak değerlendirilmektedir.

Ladik Gölü Havzası toprak erozyonu duyarlılık analizi kapsamında altı (6) farklı arazi kullanım türü/örtüsü tespit edilmiştir (Şekil 4.26e). Araştırma sahasındaki arazi kullanım türleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisinde yukarıda açıklanan etkilerinden dolayı en yüksek puan çıplak arazilere, en düşük puan ise ormanlık alanlara ve suya tamamen doymuş olmaları ve havzanın düz alanlarında bulunmaları nedeniyle sulak alanlara verilmiştir. Tarım arazileri ve yerleşim alanları ise antropojenik etkinin en fazla gerçekleştirildiği alanlar olduklarından ikili karşılaştırma matrisinde önemli kabul edilmiş ve bu alanlara yükseğe yakın puanlar verilmiştir. Mera alanları ise orta seviye önemde değerlendirilerek puan atamaları gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.42).

Tablo 4.42. Arazi kullanım faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Arazi Kullanımı	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
(A) Sulak Alanlar	1	1/3	1/8	1/7	1/9	1/5
(B) Ormanlık Alanlar	3	1	1/7	1/6	1/8	1/4
(C) Tarım Alanları	8	7	1	2	1/2	4
(D) Yerleşim Alanları	7	6	1/2	1	1/3	3
(E) Çıplak Araziler	9	8	2	3	1	5
(F) Mera	5	4	1/4	1/3	1/5	1

4.4.3.1.6. Drenaj Yoğunluğu (D_d) ve Drenaj Sıklığı (F_s)

Drenaj yoğunluğu (D_d) bir havzadaki tüm akarsuların toplam uzunluğunun havzanın alanına bölünmesi ile elde edilirken (Horton, 1945), drenaj sıklığı bir havzadaki birim alana düşen akarsu sayısını ifade etmektedir (Küçüker and Giraldo, 2022). Drenaj yoğunluğu ve sıklığı bir havzanın ne kadar su taşıma kapasitesine sahip olduğunu, akarsuların gelişim sürecini, drenaj ağının taşkın oluşturma kapasitesini, sahanın akarsular tarafından ne kadar parçalandığını ve akarsuların yoğunlaştığı alanları göstermektedir. Drenaj yoğunluğunun yüksek olduğu alanlarda suların toprak tarafından infiltre edilmesi zordur ve bu alanlarda toprağın taşınması daha kolaydır. Ancak düşük drenaj yoğunluğuna sahip alanlarda ise sular toprak tarafından daha çok infiltre edilir ve böylece toprağın taşınması da güç olur. Sayılarla ifade edildiğinde; drenaj yoğunluğunun 1,75'ten düşük çıkması o alanda yoğunluğun az, 1,75-2,5 arasında olması yüksek, 2,5'ten daha fazla çıkması ise çok yüksek drenaj yoğunluğu olduğu anlamına gelmektedir (Reddy et al., 2004). Ladik Gölü Havzası'nda ise ortalama drenaj yoğunluğu 0,80 olarak hesaplanmıştır. Yani çalışma sahası düşük drenaj yoğunluğuna sahiptir. Bu değer havzadaki infiltrasyonun hızlı olduğunu ve havzadaki toprakların akarsular tarafından taşınmasına karşı dirençli olduğunu göstermektedir. Drenaj yoğunluğunun yanı sıra drenaj sıklığı da özellikle yamaç eğiminin fazla olduğu yerlerde arazinin parçalanmasına ve buradaki toprakların kısa boylu akarsularla hızlı bir şekilde taşınmasına sebep olmaktadır.

Ladik Gölü Havzası'nda beş (5) farklı drenaj yoğunluğu sınıfı (Şekil 4.26f) ve üç (3) farklı drenaj sıklığı sınıfı (Şekil 4.26g) oluşturulmuştur. Toprak erozyonu duyarlılık analizi için gerçekleştirilen ikili karşılaştırma matrisinde bu sınıflar dikkate alınarak puan atamaları gerçekleştirilmiş ve düşük drenaj yoğunluğu ve sıklığına sahip sınıflara düşük, yüksek drenaj yoğunluğu ve sıklığına sahip sınıflara ise yüksek puanlar verilmiştir (Tablo 4.43; 4.44).

Tablo 4.43. Drenaj yoğunluğu faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Drenaj Yoğunluğu	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A) 0,57-1,57	1	1/2	1/3	1/4	1/5
(B) 1,58-2,05	2	1	1/2	1/3	1/4
(C) 2,06-2,37	3	2	1	1/2	1/3
(D) 2,38-2,82	4	3	2	1	1/2
(E) 2,83-3,80	5	4	3	2	1

Tablo 4.44. Drenaj sıklığı faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Drenaj Sıklığı	(A)	(B)	(C)
(A) < 45	1	1/4	1/5
(B) 45-60	4	1	1/2
(C) > 60	5	2	1

4.4.3.1.7. Yağış

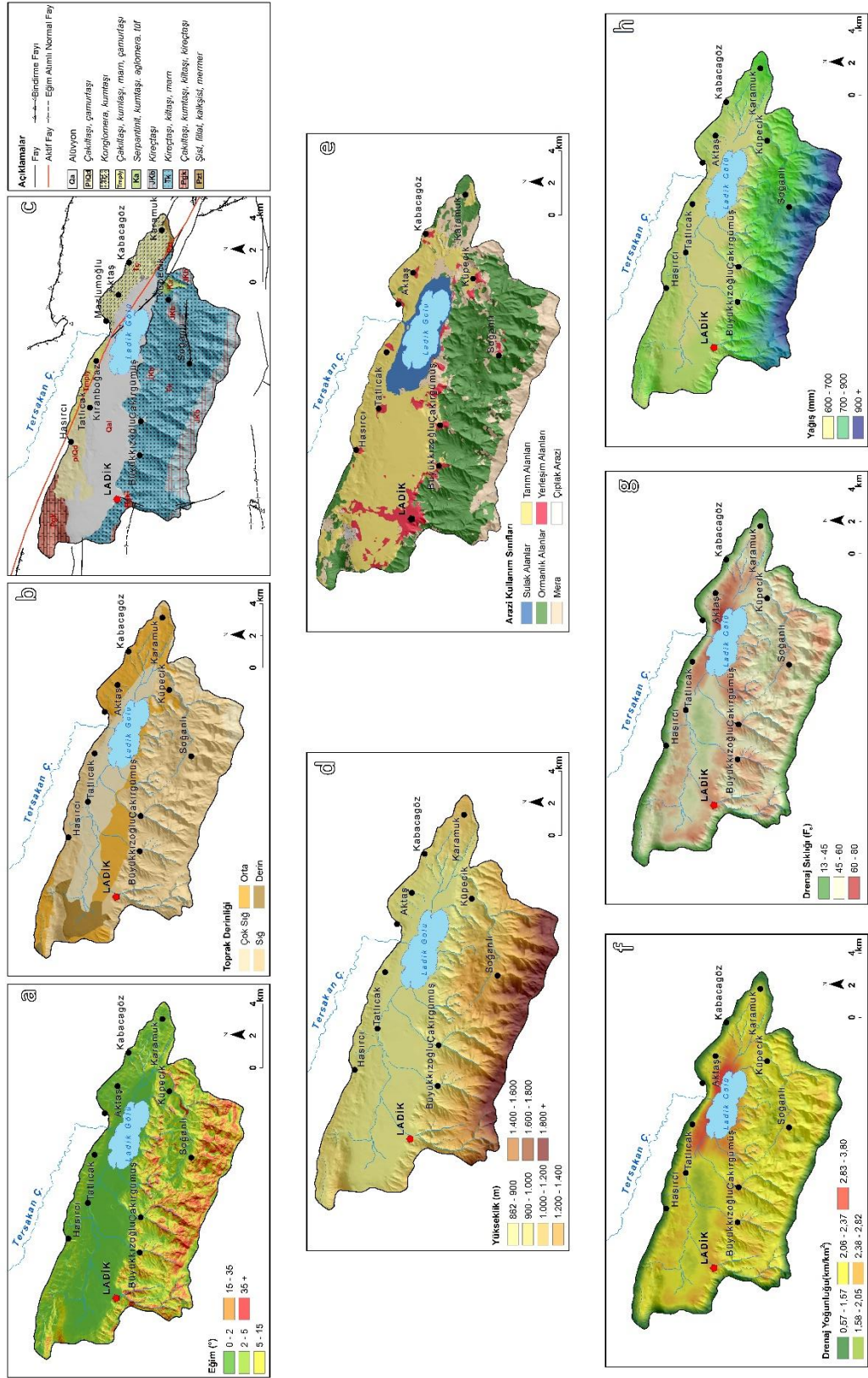
Toprak erozyonunda etkili olan coğrafi faktörler arasında yer alan yağış, diğer coğrafi faktörlerden farklı olarak toprak kaybını doğrudan etkileyen bir unsurdur. Özellikle yağışın yoğunluğu (Das et al., 2020; Küçüker and Giraldo, 2022), türü, süresi, miktarı ve şiddeti toprakların kaybında etkili olan en önemli özelliklerdir. Yağışın gerek yoğunluğu ve türü gerek uzun süreli ve şiddetli olması toprağın zeminde tutunmasını zorlaştırmakta ve toprak kaybını hızlandırmaktadır. Dolayısıyla sürekli olarak bir dış etkiye maruz kalan bu alanlar toprak erozyonuna karşı direnç gösterememektedir. Yine yağışın gerçekleştiği alanın fiziksel durumu da toprak erozyonuna etki etmektedir. Şöyle ki; bitki örtüsünden yoksun, yamaç eğiminin fazla olduğu alanlar halihazırda zaten toprağın taşınması için uygundur ve bu alanlar erozyona karşı duyarlıdır. Bununla birlikte, buralarda gerçekleşen yoğun yağışlar neticesinde bu dirençsiz sahaların toprak erozyonuna karşı duyarlılıkları daha da artmakta ve toprakların bu sahalarda tutunması imkânsız hale gelmektedir. Sonuç olarak yağış gerek şekli gerek yoğunluğu gerekse süresi ile toprakların taşınması için temel coğrafi faktörlerin başında gelir. Çünkü yağış, toprak erozyonunda dikkate alınan diğer tüm coğrafi faktörler üzerinde doğrudan ya da dolaylı olarak etkisi olan bir coğrafi faktördür.

Yıllık toplam ortalama yağışın 743 mm olduğu Ladik Gölü Havzası'nda yağışlar en çok havzanın güneyindeki yüksek yamaçlara düşmektedir (>1.150 mm). Havzanın alçak kesimlerinde ise yağış değerleri 600 mm'ye kadar gerilemektedir. Yağışın toprak erozyonu üzerindeki etkisini ortaya koyabilmek için yağış değerleri yedi (7) farklı

kategoriye ayrılmıştır (Şekil 4.26h). Yukarıdaki açıklamalar göz önünde bulundurularak ikili karşılaştırma matrisinde yağışın fazla olduğu alanlara yüksek, az olduğu alanlara ise düşük önem puanları verilmiştir (Tablo 4.45).

Tablo 4.45. Yağış faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Yağış (mm)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
(A) < 650	1	1/2	1/3	1/5	1/6	1/8	1/9
(B) 650-700	2	1	1/2	1/4	1/5	1/7	1/8
(C) 700-800	3	2	1	1/3	1/4	1/6	1/7
(D) 800-900	5	4	3	1	1/2	1/4	1/5
(E) 900-1.000	6	5	4	2	1	1/3	1/4
(F) 1.000-1.100	8	7	6	4	3	1	1/2
(G) > 1.100	9	8	7	5	4	2	1



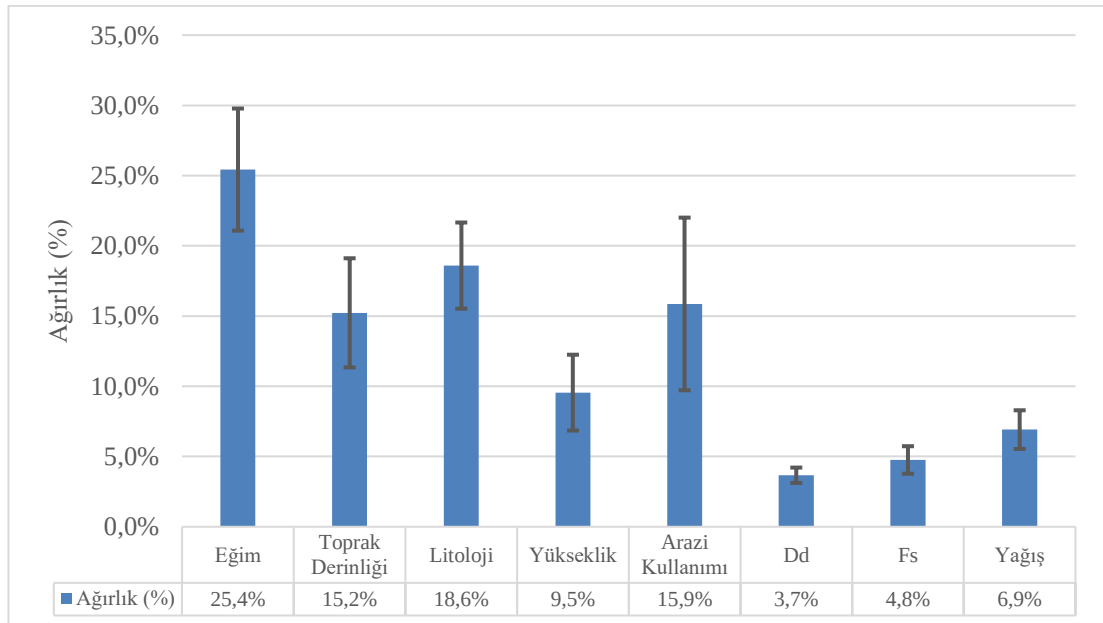
Şekil 4.26. Coğrafi faktörler; a) Eğim b) Toprak derinliği c) Litoloji d) Yükseklik e) Arazi kullanımı f) Drenaj yoğunluğu g) Drenaj sıklığı h) Yağış.

4.4.3.2. Analiz ve Değerlendirme

Ladik Gölü Havzası'nda toprak erozyonuna karşı duyarlı alanları tespit etmek için sekiz (8) ana kriter (eğim, toprak derinliği, litoloji, yükseklik, arazi kullanımı, drenaj yoğunluğu, drenaj sıklığı ve yağış) ve bu ana kriterlere bağlı 46 adet alt kriter kullanılarak AHP ile çok kriterli karar verme analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda tüm üst ve alt kriterler için kendi aralarında ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuş, Saaty (1989) önem ölçeğine göre 1-9 arasında puanlar atanmış ve tüm kriterlerin ağırlık oranları hesaplanmıştır (Tablo 4.46; Şekil 4.27). Toprak erozyonu duyarlılık analizi için gerçekleştirilen çok kriterli karar verme analizi sonucunda Ladik Gölü Havzası'nda kullanılan sekiz (8) ana coğrafi faktöre göre tutarlılık oranı %2 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.49).

Tablo 4.46. Ana coğrafi faktörlere ait ikili karşılaştırma matrisi.

Coğrafi Faktör	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)
(A) Eğim	1	2	1	3	2	6	5	4
(B) Toprak Derinliği	1/2	1	1	2	1/2	5	4	2
(C) Litoloji	1	1	1	2	1	5	4	3
(D) Yükseklik	1/3	1/2	1/2	1	1	3	2	1
(E) Arazi Kullanımı	1/2	2	1	1	1	4	3	2
(F) Drenaj Yoğunluğu	1/6	1/5	1/5	1/3	1/4	1	1	1/2
(G) Drenaj Sıklığı	1/5	1/4	1/4	1/2	1/3	1	1	1
(H) Yağış	1/4	1/2	1/3	1	1/2	2	1	1
Tutarlılık Oranı (%)	2							

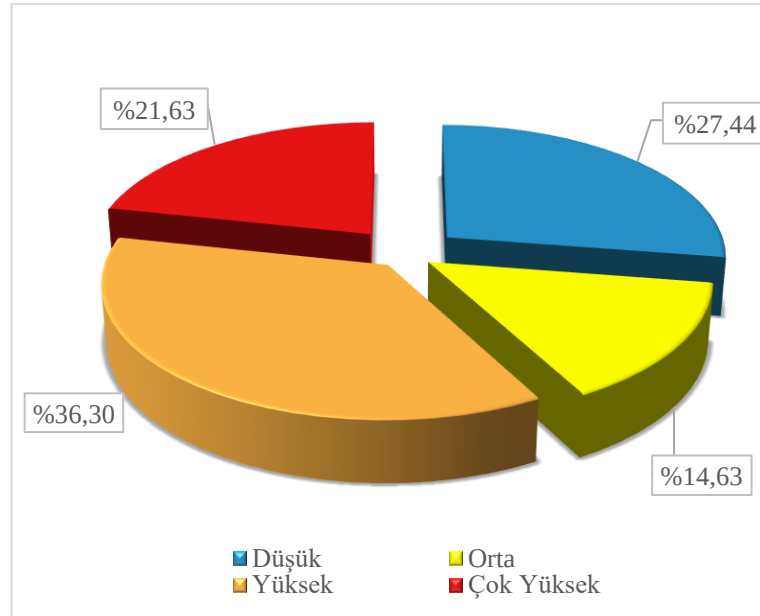


Şekil 4.27. Ana coğrafi faktörlerin ağırlık dağılımları ve standart sapmaları.

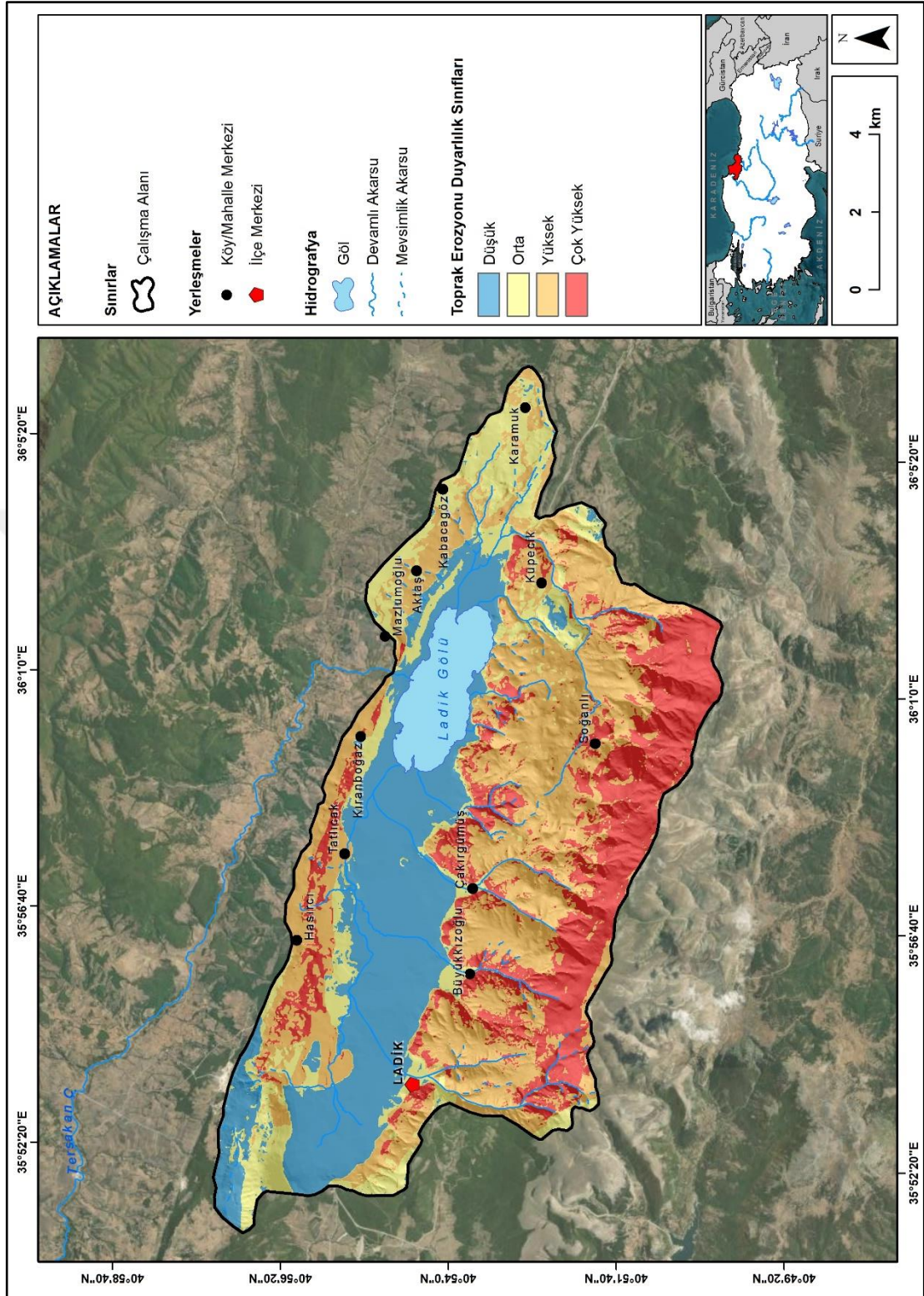
AHP ile ikili karşılaştırma matrisleri gerçekleştirildikten sonra tüm alt ve üst parametrelerin mekânsal olarak havzadaki etki alanlarını tespit edebilmek için hesaplanan ağırlık oranları CBS teknikleriyle parametrelerin öznitelik tablolarına işlenmiştir. Bu işlemin hemen ardından ise yine CBS teknikleriyle ilk önce alt kriterler ağırlık oranlarına göre yeniden sınıflandırılmış (reclassify) ve daha sonra ana coğrafi faktörlere ait AHP ile hesaplanan ağırlık oranları aşağıdaki formüle göre haritaya aktararak Ladik Gölü Havzası'nın toprak erozyonu duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir.

Toprak Erozyonu Duyarlılık Analizi = $(Eğim * 0,254) + (Toprak Derinliği * 0,152) + (Litoloji * 0,186) + (Yükseklik * 0,095) + (Arazi Kullanımı * 0,159) + (Drenaj Yoğunluğu * 0,037) + (Drenaj Sıklığı * 0,048) + (Yağış * 0,069)$.

Toprak duyarlılık analizi sonucunda elde edilen nihai sonuç düşük, orta, yüksek ve çok yüksek şeklinde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır (Şekil 4.29). Yapılan bu gruplamaya göre Ladik Gölü Havzası'nda 31,97 km²'lik alan çok yüksek, 53,65 km²'lik alan yüksek, 21,62 km²'lik alan orta ve 40,56 km²'lik alan toprak erozyonuna karşı düşük duyarlı çıkmıştır (Şekil 4.28). Toprak erozyonu açısından yüksek duyarlılığa sahip olan alanlar çoğunlukla havzadaki eğimin fazla olduğu güneydeki yüksek yamaçlara karşılık gelmektedir. Bununla birlikte havzada toprak erozyonu açısından en düşük duyarlılığa sahip yerler çoğunlukla havza tabanında yer almaktadır.



Şekil 4.28. Toprak erozyonu duyarlılık sınıflarının dağılım oranları.



Şekil 4.29. Ladik Gölü Havzası toprak erozyonu duyarlılık analizi haritası.

4.5. Kuraklık Duyarlılık Analizi

Tarımsal faaliyetlerin devamı için en önemli unsur toprak ve sudur. Bu sebeple tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilir olması için toprak ve su unsurunun korunması önem arz etmektedir. Sürdürülebilirlik ise tehlike ve risklerin önceden belirlenip olası

bir olumsuzluk durumunda (deprem, taşkın, heyelan, kuraklık vb.) duyarlı alanların tespiti ile mümkün olmaktadır. Hem karar vericilere yol göstermesi hem tarımla uğraşan insanlar için çeşitli tedbirler almalarına yardımcı olması için bu çalışmada Ladik Gölü Havzası'nda birden çok coğrafi faktörün Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri kullanılarak değerlendirilmesiyle kuraklık için duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda eğim, bakı, büyük toprak grubu (BTG), toprak derinliği ve erozyonu, yükseklik, arazi kullanımı, arazi kullanım kabiliyet sınıfı (AKK), akarsulara uzaklık, yağış ve sıcaklık olmak üzere 11 coğrafi faktör belirlenmiş ve her biri için tematik haritalar üretilmiştir. Gerçekleştirilen duyarlılık analizi sonucunda kuraklık duyarlılığı için düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere dört (4) farklı düzey belirlenmiş ve havzanın %23,18'i düşük, %26,11'i orta, %22,98'i yüksek ve %27,73'ü çok yüksek düzeyde duyarlılığa sahip çıkmıştır. AHP ve CBS tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla elde edilen kuraklık duyarlılığı haritası hem karar vericilere kuraklığın boyutu hakkında fikir verecek hem de tarımla uğraşan insanlara pratik bilgi sağlayacaktır.

4.5.1. Giriş

Kuraklık yağışların kaydedilen ortalamanın altına düşmesi ile bir bölgedeki arazi ve su varlığı başta olmak üzere, ilişkili diğer tüm kaynakları olumsuz yönde etkileyen bir doğa olayı olarak ifade edilmektedir (Sırdaş, 2003). Her ne kadar bir doğa olayı olarak ifade edilse de kuraklık sıcaklıkların artması, yağışların normalden çok daha az olması ve bu durumun süreklilik arz etmesi halinde bir doğal afet karakterine bürünmektedir (Partigöç ve Soğancı, 2019). Kuraklık yavaş gelişen ve ortaya çıkması uzun yıllar alan, etkilerini yerel ya da bölgesel bir alanda değil, aksine daha geniş alanlarda hissettiren bir afettir. Kuraklık, başlangıç ve bitiş tarihinin belirsiz olması, kümülatif olarak her geçen gün artış göstermesi, ekonomik anlamda ve verdiği zarar yönünden daha büyük boyutlu etkilere sahip olması (Partigöç ve Soğancı, 2019), ortaya çıkmasının ve etkilerinin anlaşılmasının uzun zaman alması, geniş bir alanı etkilemesi ve ayrıca çok az miktarda yapısal hasara sebep olması bakımından diğer doğal afetlerden ayrılmaktadır (Palchaudhuri and Biswas, 2016). Örneğin kuraklık, bir deprem gibi aniden oluşmaz ya da taşkın ve heyelan gibi küçük bir alanda etkili olmaz. Yine yapısal unsurlara (mesken, yol, köprü, baraj vb.) bir deprem, heyelan ya da taşkın kadar zarar vermez. Bu doğal afetlerin aksine, ortaya çıkması uzun yıllar almasına rağmen kuraklığın etkilediği alan bütün bir ülke, kıta ve hatta dünya olabilmektedir.

Ayrıca kuraklık; canlılar için temel yaşam kaynağı olan su ve toprağa etki ederek tarımsal faaliyetleri kısıtlamaktadır. Bir başka deyişle kuraklık, öncelikli olarak tarım alanları ve sulak alanlarda değişimlere sebep olmaktadır (Partigöç ve Soğancı, 2019). Şöyle ki; kuraklığın meydana gelmesiyle topraklarda oluşacak aşırı nem kaybı ve organik madde yetersizliği ile göl ve barajlardaki suların daha hızlı buharlaşması tarımsal verim ve arazilerin azalması ya da bozulması ve su kıtlığının ortaya çıkması anlamına gelmektedir. Muhtemel gerçekleşecek kuraklık durumunda daha önce verimli olan bu araziler yapılaşmanın etkisiyle (Partigöç ve Soğancı, 2019) daha da bozulacak ve çevresel sorunlar kendini gösterecektir. İşte bu yönüyle kuraklık doğal yaşamın dengesini bozarak küçük alanlarda değil, geniş alanlarda insanlığı tehdit eden bir afet boyutuna çıkmaktadır. Özetle kuraklık, etkilerini kısa süreli yapısal zarar vererek değil, uzun vadede ekonomik, sosyal ve çevresel sorunların ortaya çıkmasına sebep olarak hissettirmektedir.

Doğanın gizli bir tehlikesi olarak adlandırılan (Şimşek ve Çakmak, 2010) kuraklık son birkaç on yıldır etkileri küresel ölçekte daha çok hissedilen önemli bir sorun olmaya devam etmektedir. Günümüzde nüfusun hızlı artmasına paralel bir şekilde yapılaşmanın artması, iklimsel ve meteorolojik şartların ortalamalarındaki değişimler, verimli tarım arazilerinin yerleşme alanlarına dönüştürülmesi gibi birçok sosyal ve çevresel sorunlar halihazırda var olan kuraklığın bu etkisini daha çok hissettirmektedir. Ayrıca bu sorunlar aynı zamanda yeryüzündeki tatlı su kaynaklarının aşırı kullanımını beraberinde getirmekte ve kuraklığın küresel boyutta yaşanan bir afete dönüşmesine sebep olmaktadır.

Dünya ülkeleri arasında etkileri farklı olsa da kuraklık yaşam kalitesini, halk sağlığını, ekolojik dengeyi, sosyal ve ekonomik faaliyetleri doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyen bir doğa olayı görülmektedir (Öztürk, 2002; Sırdaş, 2003; Türkeş, 2012). Türkiye ölçeğinde değerlendirildiğinde; ülkenin batıdan doğuya doğru artan bir yükseltiye sahip olması, yükseltinin kısa mesafelerde değişiklik göstermesi, topografik açıdan farklı karakteristik özelliklerde olması ve bunlara bağlı olarak farklı iklim tiplerinin görülmesi kuraklığın ülke içinde farklı seviyelerde hissedilmesine sebep olmaktadır (Öztürk, 2002; Türkeş, 2012). Ayrıca Türkiye, Akdeniz Havzası'nda bulunmasından dolayı artan sıcaklıklardan dolayı kuraklığın etkisini oldukça fazla hisseden bir ülke konumundadır (Partigöç ve Soğancı, 2019). Çünkü Akdeniz Havzası'nda yağış rejimlerinin farklılık göstermesi, yağış ortalamalarının düşmesi, yer

altı sularındaki azalma, artan sıcaklıklar, buharlaşma ve sıcak hava dalgaları olmak üzere kuraklık açısından kitlesel kayıplara sebep olan unsur sayısı oldukça çoktur (Türkeş, 2012).

Tarımsal faaliyetleri devam ettirebilmek, sosyal, ekonomik ve çevresel problemleri azaltabilmek, toprak ve su kaybının önüne geçebilmek üzere kuraklığın olumsuz etkilerinin en az seviyede tutulması ve kalıcı çözümler üretilebilmesi için hem kuraklık için duyarlı alanların tespit edilmesi hem de kuraklığın kontrol altına alınması gerekmektedir. Kuraklığa duyarlı olan alanların mekânsal dağılışlarının ortaya konulması, karar vericilerin bu konuda uygulanabilir ve etkin planlama yapabilmeleri (Şahin ve Toroğlu, 2020), kalıcı ve yerinde çözüm üretebilmeleri için yardımcı olabilecek uygulamalar arasında yer almaktadır. Bu sebeple Ladik Gölü Havzası'nda kuraklığa duyarlı alanların belirlendiği bu çalışmada doğal afetlerin mekânsal dağılışının analiz edilmesi ve etkilerinin izlenmesinde gerekli olan farklı verilerin entegrasyonunu oldukça kolaylaştıran (Chopra, 2006) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniklerinden yararlanılmıştır. Öte yandan kuraklık birçok faktöre bağlı olarak meydana gelmektedir. Kuraklığın seyrini anlamak, kuraklığa duyarlı alanları tespit etmek ve kuraklığın önüne geçmek ise bu faktörlerin hem bilinmesini hem de kuraklığı ve etkilerini kontrol etme yöntemlerini gerektirmektedir. Bir bölgede kuraklığın etkisini ortaya koyabilmek için çeşitli kuraklık modeli ve birçok indis ya da yöntem oluşturulmuştur. Bunların başında kuraklık türüne (tarımsal, meteorolojik, hidrolojik vb.) farklılık göstermekle birlikte Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI), Normalleştirilmiş Yağış-Buharlaşma İndeksi (SPEI), Kuruluk İndeksi (AI), Nem Yeterlilik İndeksi (MAI), Standartlaştırılmış Su Seviyesi İndeksi (SWLI), Yüzey Su Temini İndeksi (SWSI) vb. (Wable et al., 2019; Yüce ve Eşit, 2020) gelmektedir. Ayrıca az sayıda da olsa literatürde kuraklık değerlendirilmesinde birçok coğrafi faktörün ikili olarak karşılaştırılmasını sağlayan Analitik Hiyerarşi Prosesinin (AHP; Saaty, 1989) kullanıldığı da görülmektedir (Prakash et al., 2006; Palchaudhuri and Biswas, 2016; Şahin ve Toroğlu, 2020).

Bu çalışmada kuraklığa duyarlı alanların tespit edilmesi için coğrafi faktörler arasında hem sıralama, sınıflandırma, önceliklendirme ve ağırlıklandırma fikrini içermesi hem tüm coğrafi faktörlerin ikili karşılaştırılmasına olanak tanınması hem de CBS ile kullanımının yerel ölçekteki problemlerin çözümünde karar destek sistemi sağlaması (Cengiz and Akbulak, 2009) nedeniyle çok kriterli analiz yöntemlerinden

biri olan AHP tercih edilmiştir. Çalışma kapsamında AHP ve CBS teknikleri birlikte kullanılarak Ladik Gölü Havzası'nda kuraklık için duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu analiz ile Ladik Gölü Havzası'nda tarımsal kuraklık koşulları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

4.5.2. Materyal ve Yöntem

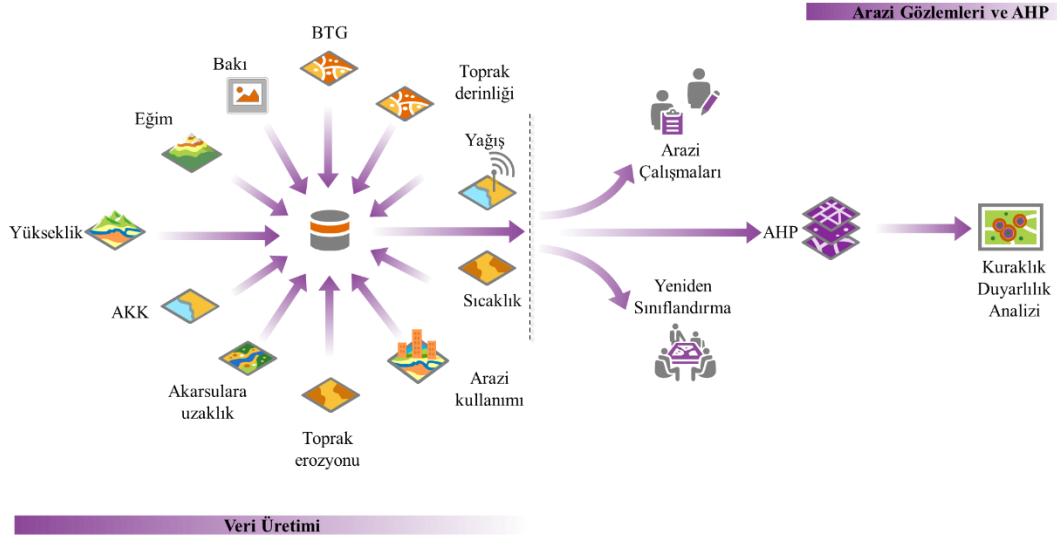
Çalışmanın önceki bölümlerinde araştırma sahasının yeri, sınırları, kapsamı ve kullanılan yöntemler detaylıca açıklanmış, veriler (materyal) ise genel hatları ile ifade edilmişti. Bu sebeple bu bölümde sadece kuraklık afeti özelinde kullanılan veriler etraflıca açıklanmıştır.

4.5.2.1. Veri

Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen kuraklık analizi için eğim, bakı, büyük toprak grubu (BTG), toprak derinliği ve erozyonu, yükseklik, arazi kullanımı, arazi kullanım kabiliyet sınıfı (AKK), akarsulara uzaklık, yağış ve sıcaklık olmak üzere 11 farklı coğrafi faktör seçilmiş ve her biri için tematik haritalar üretilmiştir. Kuraklığa duyarlı alanların belirlenmesi için gerçekleştirilen bu çalışma üç (3) aşamadan oluşmaktadır (Şekil 4.30):

1. Veri üretimi.
2. AHP ile coğrafi faktörlerin ağırlıklarının belirlenmesi.
3. CBS ile kuraklık analizinin gerçekleştirilmesi ve ilgili haritaların üretilmesi.

Çalışmanın ilk aşamasında duyarlılık analizinde kullanılmak üzere farklı kurum ve kuruluşlardan veriler temin edilmiştir. Veri üretim aşamasında ilk olarak 1/25.000 ölçekli topografik haritalar üzerinden eş yükselti eğrileri sayısallaştırılmıştır. Daha sonra eş yükselti eğrileri kullanılarak çalışma sahasına ait 10 m çözünürlüğündeki Digital Elevation Model (DEM) üretilmiştir. DEM verisinden ise sahanın eğim, bakı ve yükseklik verileri türetilmiştir. Yine analizde kullanılan toprak, erozyon ve arazi kullanım kabiliyet verilerine TAD Portal (Tarım Dışı Yetkilendirme ve Toprak Etüt Portalı) üzerinden erişilmiştir. Ayrıca 2017-2021 yıllarına ait Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak kontrollü sınıflandırma yöntemi ile güncel arazi kullanımı, CBS tekniklerinden olan mesafe analizi (euclidean distance) ile akarsulara uzaklık ve enterpolasyon teknikleri ile sahanın yağış ve sıcaklık haritaları hazırlanmıştır. Veri üretiminin son aşamasında ise çalışma sahasına ait 2021 yılı nüfus verileri kullanılarak sahanın nüfus haritası oluşturulmuştur.



Şekil 4.30. Kuraklık duyarlılık analizi iş akış şeması.

Çalışma kapsamında ilk önce duyarlılık analizinde kullanılan 11 coğrafi faktörlerin AHP ile ağırlık ve tutarlılık oranları hesaplanmış ve sonrasında coğrafi faktörlerin her biri için CBS teknikleriyle çeşitli mekânsal analiz işlemleri (veri dönüşümü, yeniden sınıflandırma, hücre boyutu, extent ayarı vb.) gerçekleştirilmiştir. Yine kullanılan tüm coğrafi faktörler için oluşturulan haritalar CBS ile üretilmiştir. Mekânsal analiz işlemleri tamamlanan tüm coğrafi faktörler son olarak bindirme (overlay) analizinde doğru sonuç elde etmek adına raster veri formatına dönüştürülmüş, her bir faktörün çözünürlüğü 10 m olarak ayarlanmış ve ağırlıklı çakıştırma aracı (weighted overlay) kullanılarak sahanın kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan sonuç ise düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olacak şekilde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır.

4.5.3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmanın bu bölümünde Ladik Gölü Havzası için kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada eğim, bakı, büyük toprak grubu (BTG), toprak derinliği ve erozyonu, yükseklik, arazi kullanımı, arazi kullanım kabiliyet sınıfı (AKK), akarsulara uzaklık, yağış ve sıcaklık olmak üzere 11 farklı tematik veriden oluşan coğrafi faktör kullanılmıştır (Tablo 4.47).

Tablo 4.47. Kuraklık analizinde kullanılan coğrafi faktörler ve sayısal değerleri.

Coğrafi Faktör	Alt Kriter	Alan		Alt Kriter Ağırlık (%)	Tutarlılık (%)	Ağırlık (%)
		km ²	%			
Eğim (°)	0-2 (Düze Yakın)	39,87	26,98	46,8	2	3,1
	2-5 (Hafif Eğimli)	18,56	12,56	26,8		
	5-15 (Eğimli)	43,45	29,40	14,4		
	15-35 (Orta Dik)	44,16	29,88	7,6		
	35 + (Çok Dik)	1,76	1,19	4,4		

Baki	Düzye Yüzeyler	22,57	15,27	40,3	3	2,8
	Kuzeyli Sektörler (K, KB, KD)	70,01	47,37	3,6		
	Doğu	13,93	9,42	7,9		
	Güneyli Sektörler (G, GB, GD)	30,99	20,97	40,3		
	Batı	10,30	6,97	7,9		
Büyük Toprak Grubu (BTG)	Alüvyal Topraklar	26,82	18,15	37,4	3	4,7
	Hidromorfik Topraklar	9,17	6,20	37,4		
	Kahverengi Orman Toprakları	86,03	58,21	5,4		
	Kestane rengi Topraklar	25,10	16,98	16,4		
	Kolüvyal Topraklar	0,68	0,46	3,4		
Toprak Derinliğı	Çok Sığ	31,3	21,18	6,1	2	6,8
	Sığ	55,52	37,56	12,2		
	Orta	28,72	19,43	28,9		
	Derin	5,72	3,87	52,8		
Toprak Erozyonu	Düşük	40,56	27,44	54	2	13,1
	Orta	21,62	14,63	33,1		
	Yüksek	53,65	36,30	8		
	Çok Yüksek	31,97	21,63	4,9		
Yükseklik (m)	<900	37,28	25,22	35,1	5	2,1
	900-1.000	39,57	26,77	23,9		
	1.000-1.200	35,55	24,05	16,1		
	1.200-1.400	18,29	12,37	11		
	1.400-1.600	10,21	6,91	7,6		
	1.600-1.800	5,85	3,96	4		
	>1.800	1,05	0,71	2,3		
Arazi Kullanımı	Sulak Alanlar	11,71	7,92	36,6	4	11,8
	Ormanlık Alanlar	58,47	39,56	6,9		
	Tarım Alanları	46,02	31,14	36,5		
	Yerleşim Alanları	7,69	5,20	12,2		
	Çıplak Arazi	0,52	0,35	3		
	Mera	23,39	15,83	4,8		
Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfı (AKK)	I. Sınıf Arazi	8,85	5,99	35,6	6	11,8
	II. Sınıf Arazi	5,72	3,87	24,6		
	III. Sınıf Arazi	34,39	23,27	17		
	IV. Sınıf Arazi	15,50	10,49	12,1		
	V. Sınıf Arazi	9,17	6,20	4,9		
	VI. Sınıf Arazi	0,05	0,03	3,4		
Akarsulara Uzaklık (m)	VII. Sınıf Arazi	74,12	50,15	2,4	9	4,5
	<500	88,00	59,54	43,0		
	500-1.000	35,31	23,89	24,8		
	1.000-1.500	13,42	9,08	14,9		
	1.500-2.000	5,88	3,98	9,1		
	2.000-2.500	3,39	2,29	5,3		
Yağış (mm)	>2.500	1,80	1,22	2,9	6	23,3
	<650	47,05	31,83	36		
	650-700	33,54	22,69	25		
	700-800	31,82	21,53	17,6		
	800-900	16,19	10,95	9,2		
	900-1.000	10,78	7,29	6,5		
	1.000-1.100	7,11	4,81	3,4		
Sıcaklık (°C)	>1.100	1,31	0,89	2,3	5	16
	<5	0,97	0,66	3,5		
	5-6	4,79	3,24	5,1		
	6-7	11,62	7,86	7,7		
	7-8	16,48	11,15	16		
	8-9	33,72	22,81	23,1		
	>9	80,22	54,28	44,6		

4.5.3.1. Duyarlılık Analizinde Kullanılan Coğrafi Faktörler

4.5.3.1.1. Eğim

Eğim faktörü kuraklığı doğrudan değil, dolaylı olarak etkilemektedir. Bu sebeple eğimin kuraklık üzerindeki etkisini açıklayabilmek için kuraklık açısından etkilediği unsurlar özelinde ele alınması gerekmektedir. Eğimin kuraklık üzerindeki dolaylı etkisi düşünülerek gerçekleştirilen kuraklık analizi kapsamında eğim tarımsal faaliyetlere etkisiyle ele alınmış ve kuraklık ile ilişkilendirilmeye çalışılmıştır.

Tarımsal faaliyetlerin varlığını sürdürebilmesi, çeşitliliği ve verimliliğinin arttırabilmesi için toprak en önemli unsurdur. Kuraklığın bir türü olan tarımsal kuraklık kapsamında toprak, kuraklıktan etkilenecek en önemli fiziksel unsurlar arasında yer almaktadır. Eğimin buradaki rolü ise farklı seviyelerde toprakların oluşumuna ya da taşınımına etki eden bir coğrafi faktör olmasıyla ortaya çıkmaktadır. Şöyle ki; eğim her ne kadar kuraklığı doğrudan etkilemese de mevcut arazinin güneşlenme süresine, bitki örtüsündeki terleme seviyesine, buharlaşmaya, topraktaki neme ve yüzeysel akışa etki ederek tarımsal açıdan en önemli unsur olan toprak katmanında erozyona sebep olur (Arabameri et al., 2018; Küçüker and Giraldo, 2022). Eğimin toprak oluşumu üzerindeki bu etkileri sebebiyle örneğin, yüksek eğim değerine sahip yamaçlarda yer çekiminin de etkisiyle toprak oluşumu oldukça zorlaşır (Duman ve İrcan, 2022). Çünkü toprak burada dış kuvvetlerin etkisiyle erozyona karşı direnç gösterememekte ve dolayısıyla yüksek eğim değerine sahip yamaçlarda toprak oluşum süreci tamamlanamamaktadır. Yani buralarda tarımsal faaliyetin gerçekleşebilmesi için ya çok ince bir toprak katmanı oluşmakta ya da toprak katmanı hiç oluşamamaktadır. Bunun aksine eğimin az olduğu yamaçlarda ise toprağın taşınması zorlaşmakta ve tarımsal faaliyet için gerekli olan toprak yeterli olgunluk seviyesine gelebilmektedir. Eğimin toprak üzerindeki bu dolaylı etkisi ve toprağın kuraklıktan etkilenebilecek en önemli fiziki unsurlar arasında olmasından dolayı eğim faktörü kuraklık analizinde dikkate alınan bir coğrafi faktör olmuştur.

Çalışma sahasında eğim değerleri incelendiğinde; havzanın özellikle güney yamaçlarında yer alan ve kısa boylu akarsularla derince yarılmış vadi yamaçlarında eğimin yüksek olduğu görülmektedir. Bu yamaçlarda eğim değeri 58°'yi bulmaktadır. Bununla birlikte havzanın kuzey ve doğu yamaçlarından eğimin nispeten yüksek olduğu, ancak bir göl tabanına karşılık gelen depresyon alanında ise eğimin çok düşük olduğu görülmektedir. Eğimin kuraklık üzerindeki dolaylı etkisi düşünüldüğünde,

Çalışma sahasındaki tarımsal arazilerin eğimin az olduğu depresyon alanında yoğunluk göstermesi eğim faktörünün tarımsal kuraklık açısından son derece önemli bir etkisinin olduğunu ortaya koymaktadır.

Araştırma alanındaki eğim değeri, eğimin kuraklık üzerindeki dolaylı etkilerinden ötürü beş (5) farklı gruba ayrılmıştır (Şekil 4.31a). Eğimin kuraklık üzerindeki etkileri dikkate alınarak gerçekleştirilen kuraklık analizi kapsamında ikili karşılaştırma matrisinde düz ve düze yakın yamaçlar ile hafif eğime sahip yamaçlara yüksek, eğimin nispeten arttığı orta eğimli ve orta derece dik yamaçlara düşük ve eğimin en fazla olduğu çok dik yamaçlara ise en düşük etki puanları verilmiştir (Tablo 4.48).

Tablo 4.48. Eğim faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Eğim Grupları (°)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A) 0-2	1	2	4	6	8
(B) 2-5	1/2	1	2	4	6
(C) 5-15	1/4	1/2	1	2	4
(D) 15-35	1/6	1/4	1/2	1	2
(E) 35 +	1/8	1/6	1/4	1/2	1

4.5.3.1.2. Bakı

Kuraklık üzerinde dolaylı etkileri olan bir diğer faktör bakıdır. Bakı, bir arazinin güneş ışınlarını hangi coğrafi yönden ne kadar bir seviyede aldığını gösterir. Bunun yanı sıra bir sahadaki yamaçların Güneş'e göre konumunun da belirlenmesini sağlamaktadır. Yine bakı; toprak sıcaklığına, buharlaşmaya ve rüzgârların türüne etki etmektedir (Şahin ve Toroğlu, 2020). Tarımsal kuraklık açısından hem topraktaki sıcaklık seviyesi ve nem oranı üzerinde, meteorolojik kuraklık açısından ise hava sıcaklığının farklı seviyelerde hissedilmesine sebep olmaktadır. Yine bakının etkisiyle yerel iklim ve bitki örtüsü şartlarında değişiklikler meydana gelmektedir (Ocak vd., 2021a; 2021b). Türkiye'nin bulunduğu coğrafi konumu sebebiyle kuzey sektörlü yamaçlar, güney sektörlü yamaçlara göre hem yağış hem bitki örtüsü açısından daha zengin iken, güney sektörlü yamaçlar bu açıdan daha elverişsiz durumdadır. Bu elverişsiz şartlar güney sektörlü yamaçlarda sıcaklığın etkisinin daha fazla hissedilmesine sebep olmaktadır. Bu etki ile güney sektörlü yamaçlar kuraklık açısından daha dirençsiz bir yapı sergilemektedir. Yerel ölçekte etkileri değişmekle birlikte bakı; topraktaki nem, buharlaşma, sıcaklık gibi şartlara etki etmesi bakımından kuraklık analizinde değerlendirmeye alınan bir coğrafi faktör olmuştur.

Ladik Gölü Havzası için gerçekleştirilen kuraklık analizi için bakı; düz yüzeyler, kuzeyli sektörler (K, KD, KB), doğu, güneyli sektörler (G, GD, GB) ve batı olarak beş (5) farklı sınıfa ayrılmıştır (Şekil 4.31b). Bakının açıklanan dolaylı etkileri ışığında; düz yüzeyler ve güneyli sektörlerle en yüksek, kuzeyli sektörlerle en düşük etki puanları verilirken, diğer sektörlerle ise nispeten önemleri azaldığı için orta seviye önem puanları verilmiştir (Tablo 4.49).

Tablo 4.49. Bakı faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Bakı	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A) Düz Yüzeyler	1	9	6	1	6
(B) Kuzeyli Sektörler	1/9	1	1/3	1/9	1/3
(C) Doğu	1/6	3	1	1/6	1
(D) Güneyli Sektörler	1	9	6	1	6
(E) Batı	1/6	3	1	1/6	1

4.5.3.1.3. Büyük Toprak Grubu (BTG)

Bir sahanın toprak özellikleri kuraklık analizinde dikkate alınması gereken coğrafi unsurların başında gelmektedir. Çünkü kuraklığın direkt etkileyeceği unsur toprağın kendisidir. Topraklar türlerine, derinliklerine ve dokularına göre kuraklığa karşı farklı direnç göstermektedir. Bu özelliklerden toprak türü, tarımsal faaliyetler üzerinde etkilidir ve kuraklığın şiddetinde belirleyici bir coğrafi faktör rolünü üstlenmektedir. Havza genelinde alüvyal, hidromorfik, kahverengi orman, kestane rengi ve kolüvyal topraklar bulunmaktadır (Şekil 4.31c). Tarımsal faaliyetler açısından çalışma sahasında en uygun topraklar alüvyal topraklardır ve havzanın depresyon alanında yer almaktadır. Ayrıca alüvyal topraklar hidromorfik topraklar ile suya yeterince doygun olmalarından ötürü kuraklıktan en çok etkilenebilecek toprak grubu içerisinde yer almaktadır. Yine çalışma sahasında üzeri her ne kadar seyrek orman ve çalılıklarla kaplı olsa da tarımsal faaliyetler açısından verimin yüksek olduğu kestane renkli topraklar da yer almaktadır. Kestane renkli topraklar özellikle sulandıkları zaman tarımsal anlamda yüksek verimin elde edilebileceği bir özellik sergilemektedir (Şahin ve Toroğlu, 2020). Bu sebeple tarımsal faaliyetlerin bu topraklar üzerinde devam edebilmesi için kuraklığın en az seviyede olması gerekmektedir. Bu toprak gruplarının yanı sıra havzada en çok yer kaplayan, orman altı tabakada yer alan ve nem kapasitesinin yüksek olduğu kahverengi topraklar da kuraklığa karşı farklı direnç göstermektedir. Tarımsal açıdan diğer toprak gruplarına göre verimli olmaması kuraklık açısından bu toprak grubunun önemini düşürmektedir.

Havzada en az yer kaplayan kolüvyal topraklar ise tarımsal faaliyetler için elverişli şartlara sahip olmaması nedeniyle diğer toprak grupları arasında kuraklığa karşı en düşük öneme sahip olarak değerlendirilmiştir.

Toprak tiplerinin tarımsal faaliyetler açısından uygunluğu dikkate alınarak gerçekleştirilen ikili karşılaştırma matrisinde alüvyal ve hidromorfik topraklara en elverişli topraklar olmaları nedeniyle en yüksek, tarımsal faaliyetler açısından önemi nispeten düşse de kestanerengi topraklara yüksek, hem bitki örtüsü ile kaplı olması hem geçirimsizlik özelliklerinin nispeten yüksek olması nedeniyle kahverengi orman topraklarına ise düşük önem puanları verilmiştir. Yine havzada çok az yer kaplayan kolüvyal topraklara gevşek malzemelerden oluşması ve tarımsal faaliyetlere uygun olmamaları nedeniyle en düşük puan verilmiştir (Tablo 4.50).

Tablo 4.50. Büyük toprak grubu faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Toprak Sınıfı	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A) Alüvyal	1	1	7	3	9
(B) Hidromorfik	1	1	7	3	9
(C) Kahverengi Orman	1/7	1/7	1	1/4	2
(D) Kestanerengi	1/3	1/3	4	1	6
(E) Kolüvyal	1/9	1/9	1/2	1/6	1

4.5.3.1.4. Toprak Derinliği

Toprak özellikleri bakımından tarımsal faaliyetler üzerinde etkili olan bir diğer coğrafi faktör toprak derinliğidir. Bilindiği üzere tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi için toprak üst tabakasının yeterince kalın olması gerekmektedir. Sığ olan topraklar hem tarım için elverişli değildir hem de erozyona karşı oldukça dirençsiz bir özelliktedir. Ayrıca toprak derinliği bitkilerin gerekli olan su ve besin maddelerini temin edebilmeleri açısından da önemlidir (Şahin ve Toroğlu, 2020). Hem tarımsal faaliyetlerin yapılabilmesi hem de üretilen tarım ürünlerinin verimliliği açısından su ve besin maddelerinin temini için toprakların sığ değil, derin olması gerekmektedir. Bu sebeple sığ topraklar bitkilerdeki su ve besin dengesinin sağlanabilmesi için elverişli bir yapı sunmazken, derinliği fazla olan topraklar bu denge ihtiyacı açısından oldukça uygun şartlara sahiptir.

Havzada yer alan topraklar derinliklerine göre çok sığ, sığ, orta ve derin olmak üzere dört (4) farklı kategoriye ayrılmıştır (Şekil 4.31d). Çoğunlukla havzanın depresyon alanında çok sığ topraklar (0-20 cm), güney yamaçların neredeyse

tamamında sığ topraklar (21-50 cm), Ladik Gölü'nün güneyindeki alçak yamaçların eteklerinde orta seviye derinlikteki topraklar (51-90 cm) ile havzanın batısında küçük bir alanda derin topraklar (>91 cm) görülmektedir.

Tarımsal faaliyetlere elverişli olmamalarından ötürü ve dış kuvvetler tarafından taşınmalarının kolay olması nedeniyle ikili karşılaştırma matrisinde en düşük etki puanı çok sığ ve sığ derinliğe sahip topraklara, taşınmalarının nispeten daha zor olması nedeniyle orta seviye topraklara orta derece, tarımsal açıdan uygun olması nedeniyle de derinliği fazla olan topraklara ise en yüksek etki puanı verilmiştir (Tablo 4.51).

Tablo 4.51. Toprak derinliği faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Toprak Derinliği	(A)	(B)	(C)	(D)
(A) Çok Sığ	1	1/2	1/6	1/7
(B) Sığ	2	1	1/2	1/5
(C) Orta	6	2	1	1/2
(D) Derin	7	5	2	1

4.5.3.1.5. Toprak Erozyonu

Toprak özellikleri bakımından tarımsal faaliyetler üzerinde etkili olan bir diğer coğrafi faktör ise toprak erozyonudur. Toprağın taşınmasının kolay ya da zor olması tarımsal faaliyetleri direkt etkileyeceği için erozyon derecesi de kuraklık analizi kapsamında dikkate alınmıştır. Tarım, Ladik Gölü Havzası için önemli bir ekonomik faaliyettir. Bu sebeple tarımsal faaliyetlerin devamı için toprağın erozyon ve kuraklık gibi tarımı direkt etkileyen doğal afetlere karşı korunması gerekmektedir. Ancak havzada eğim şartları toprağın taşınması ve tarımsal faaliyetlerin sağlıklı yürütülebilmesi adına özellikle güney yamaçlarda pek elverişli değildir. Eğimin fazla olduğu yamaçlarda toprak oluşum sürecinin tamamlanamaması ve sığ bir toprak katmanının oluşması buralarda tarımsal faaliyetleri engellemektedir. Buna karşın çok sığ topraklara sahip olmasına rağmen eğim değerlerinin düşük olması nedeniyle havza tabanı ve Ladik Gölü çevresi tarımsal faaliyetler açısından oldukça elverişli şartlara sahiptir. Çünkü buralarda toprağın taşınması zordur ve toprak oluşum süreci kesintiye uğramamaktadır. Özetle eğimin az olduğu yerlerde toprak erozyonunun düşük, arttığı yerlerde ise daha fazla olması toprakların kuraklığa karşı direncini de o nispette etkilemektedir.

Toprak erozyon derecesinin kuraklık üzerinde etkisini belirleyebilmek için düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere dört (4) farklı erozyon sınıfı

oluşturulmuştur. Bu sınıfların oluşturulmasında tarımsal faaliyetlerin daha sağlıklı yürütülebilmesi, yerinde önlemler alınabilmesi için gerçekleştirilen ve doğal afet yönetimi konulu tezin bir ayağı olan Ladik Gölü Havzası'nda toprak erozyonu duyarlılık analizi sonuçları dikkate alınmıştır. Havzada erozyona karşı en düşük direnç gösteren sahalar eğimin az olduğu göl tabanı iken, erozyonun en şiddetli olduğu alanlar eğimin fazla olduğu güneydeki yüksek yamaçlar olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.31e).

Tarımsal faaliyetlerin devamı açısından uygun şartlar sunan ve toprak taşınımının az olduğu erozyona karşı düşük seviye direnç gösteren alanlara en yüksek puan verilirken, erozyon derecesinin arttığı alanlara kademeli bir şekilde düşük seviye önem puanları verilmiştir (Tablo 4.52).

Tablo 4.52. Toprak erozyonu faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Toprak Erozyonu	(A)	(B)	(C)	(D)
(A) Düşük	1	2	7	9
(B) Orta	1/2	1	5	7
(C) Yüksek	1/7	1/5	1	2
(D) Çok Yüksek	1/9	1/7	1/2	1

4.5.3.1.6. Yükseklik

Yükseklik yağış, nem, sıcaklık, bitkilerin yetiştirme süresi ve yamaç eğimi gibi doğal koşullar üzerinde etkili olması nedeniyle bir sahanın kuraklık analizinin gerçekleştirilmesinde dikkate alınan coğrafi faktörlerdendir. Örneğin, yüksek kesimlerde yağışın artış göstermesi, sıcaklıkların düşmesi tarımdaki ürün çeşitliliği ve ürünlerin yetiştirme sürelerini etkilemektedir. Söz gelimi sıcaklığın düşük olduğu yüksek sahalarda hem ürün çeşitliliği azalmakta hem de ürünler daha geç hasat edilmektedir. Yani yükseklik, yağış ve sıcaklık farklarına etki ederek vejetasyon süresinin kısılması ya da uzaması üzerinde etkili olmaktadır (Saya ve Güney, 2014). Yine yağışların fazla olması nedeniyle topraklar daha çok yıkanmakta ve yüzeysel akışa geçen sular sebebiyle sahadan daha hızlı taşınmaktadır. Ayrıca yüksek sahalardaki kısa boylu akarsuların varlığı yamaç eğiminin daha fazla olmasına, bu durum da akarsuların aşındırma gücünün fazla olmasına ve yamaçlardaki toprakları daha hızlı taşımalarına sebep olmaktadır. Araştırma sahasının tektonik bir havza olması nedeniyle en alçak kesimi ile en yüksek kesimi arasındaki yükseklik farkı çoktur (1.112 m). Özellikle havzanın güneyinde yer alan yüksek kesimlerdeki yamaçların kısa boylu derelerle önemli ölçüde yarılmış olması yamaçların dik ve dike yakın eğim değerleri vermesine

sebepe olmuştur. Dolayısıyla çalışma sahasında yükseltinin fazla olduğu yerlerde eğim değerlerinin daha fazla, yükseltinin az olduğu yerlerde ise eğimi değerlerinin daha az olduğu görülmektedir.

Gerçekleştirilen kuraklık analizi kapsamında ele alınan yükseklik faktörü yedi (7) farklı kategoriye ayrılmıştır (Şekil 4.31f). Yüksekliğin yağış, sıcaklık, vejetasyon dönemi ve eğim aracılığıyla toprak üzerindeki etkisinden ötürü ikili karşılaştırma matrisinde yükseltinin az olduğu yerlere en yüksek önem puanları verilirken, fazla olduğu yerlere kademeli bir şekilde daha düşük önem puanları verilmiştir. (Tablo 4.53).

Tablo 4.53. Yükseklik faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Yükseklik (m)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
(A) < 900	1	2	3	4	5	7	9
(B) 900-1.000	1/2	1	2	3	4	6	8
(C) 1.000-1.200	1/3	1/2	1	2	3	5	7
(D) 1.200-1.400	1/4	1/3	1/2	1	2	4	6
(E) 1.400-1.600	1/5	1/4	1/3	1/2	1	3	5
(F) 1.600-1.800	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1	3
(G) > 1.800	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/3	1

4.5.3.1.7. Arazi Kullanımı

Arazi kullanımı doğrudan ya da dolaylı birçok etkisinin bulunması ve alansal bir etkiye sahip olması nedeniyle birbirini tetikleyen yerel ve küresel ölçekte birçok probleme yol açmaktadır (Foley et al., 2005). Bu problemler; küresel iklim değişikliği, toprak ve su kalitesi (Turner et al., 1994), tarımsal faaliyetlerdeki rekolte düşüşleri ve ürün çeşitliliğinin azalması, doğal bitki örtüsünün bozulması, toprağın taşınması, yapılaşmanın artış göstermesi vb. gibi durumlarla kendisini göstermektedir. Arazi örtüsündeki değişiklikten kaynaklı bu problemler küresel ölçekte farklı olsa da özellikle havza ölçeğinde toprak ve su kalitesi üzerinde daha çok etkili olmaktadır (Danacıoğlu, 2017). Tarımsal faaliyetin yoğun olarak gerçekleştirildiği havzalarda arazi örtüsünün varlığı, kullanım amacı ve çeşitliliği tarımsal faaliyetlerin devam ettirilmesi için en önemli unsur olan toprak ve su varlığı üzerinde etkilidir. Örneğin, yanlış arazi kullanımı doğal bitki örtüsünün yok olmasına ve dolaylı olarak toprak yapısının bozulmasına sebep olmaktadır (Tağıl, 2009). Dolayısıyla bitki örtüsünden yoksun arazilerdeki topraklar kendilerini koruyacak doğal bir unsur olmayacağı için erozyona maruz kalmaktadır. Öte yandan antropojenik faaliyetler (yapılaşma, maden faaliyetleri, kentleşme arzı vb.) toprakların normal seyrinden daha hızlı taşınmasındaki

bir diğer olumsuz etkiye örnektir. En nihayetinde kuraklıktan etkilenecek ilk doğal unsurun toprak ve su olması nedeniyle etkilenecek alanların da tarımsal ve sulak alanlar olacağı düşünülmektedir. Her ne kadar toprağın doğal taşınım sürecinin hızlanmasına sebep olsa da insanların yaşam alanlarının olduğu yerleşim alanları su tüketiminin yoğun olma ihtimalinden ötürü kuraklıktan en çok etkilenecek sahalar arasında yer almaktadır. Bunların dışında bitki örtüsü ile kaplı olan alanların ise açıklanan sebepler ışığında kuraklıktan daha az etkilenmesi beklenmektedir. Sonuç olarak arazi kullanımı, tarımsal üretim ve toprak unsuru üzerindeki doğrudan/dolaylı bu gibi etkilerinden ötürü kuraklık analizinde kullanılmak üzere dikkate alınan coğrafi faktörler arasında yer almaktadır.

Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen kuraklık analizi için 2017-2021 yıllarına ait Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak altı (6) farklı arazi kullanım türü/örtüsü belirlenmiştir (Şekil 4.31g). Araştırma sahasında yukarıda açıklanan etkilerinden dolayı ikili karşılaştırma matrisinde en yüksek önem puanı sırasıyla; tarımsal ve sulaklar alanlar ile yerleşim alanlarına, en düşük önem puanı ise bitki örtüsünden yoksun çıplak araziler ile mera alanlarına verilmiştir. Bitki örtüsünün yoğun olduğu ormanlık alanlara ise orta seviye önem puanı verilmiştir (Tablo 4.54).

Tablo 4.54. Arazi kullanım faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Arazi Kullanımı	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
(A) Sulak Alanlar	1	6	1	4	9	8
(B) Ormanlık Alanlar	1/6	1	1/6	1/3	3	2
(C) Tarım Alanları	1	6	1	4	9	8
(D) Yerleşim Alanları	1/4	3	1/4	1	5	2
(E) Çıplak Araziler	1/9	1/3	1/9	1/5	1	1/2
(F) Mera	1/8	1/2	1/8	1/2	2	1

4.5.3.1.8. Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfı

Arazilerin sürdürülebilir ve verimliliklerinin devamlı olması açısından toprak karakteristiklerine göre belirli planlamalar yapılması gerekmektedir (Dengiz, 2022). Bu tür planlamalardan bir tanesini de Arazi Kullanım Kabiliyet (AKK) Sınıfı oluşturmaktadır. AKK ile toprakların verimliliğinin belirlenmesi ve arazilerin kullanım durumlarını sınıflandırmak için yamaç eğimi, toprak yapısı, erozyon, bitki örtüsü, bünye, taşlılık, tuzluluk, toprak derinliği vb. dikkate alınmaktadır (Dengiz, 2022). Arazilerin sahip oldukları toprakların verimlilik ve tarımsal açıdan işlenebilirliklerine göre arazi sekiz (8) sınıfa ayrılmaktadır. İlk dört sınıf tarımsal

açından verimli ve işlenmesi kolay olan ve aynı zamanda traktörlerin girebileceği sınıfları oluştururken, geriye kalan dört sınıf ise tarımsal açıdan işlemeye uygun olmayan toprakların olduğu arazileri temsil etmektedir (Dengiz, 2022). Bir başka deyişle en verimli tarım arazileri I. sınıf ile başlar ve kademeli olarak bu verim VIII. sınıfa kadar düşer.

Havzadaki arazi sınıflarının dağılımı incelendiğinde sahada yedi (7) farklı sınıfın yer aldığı görülmektedir (Şekil 4.31h). İlk dört kategorideki verimli araziler eğimin az ($<12\%$), drenajın iyi olduğu, çoğunlukla havzanın depresyon alanı ve yerleşmelerin yoğunlaştığı Ladik ilçe merkezi ile kuzey kesimlerde yer almaktadır. Taban suyu seviyesinin yüksek, eğimin az olduğu ve daha çok sazlıklardan oluşan V. sınıf araziler ise Ladik Gölü etrafında yer alırken, VI. ve VII. sınıf araziler güneyde eğimin fazla ve bitki örtüsünün yoğun olduğu (ormanlarla kaplı) yamaçlarda görülmektedir. Çalışma sahasında görülmeyen tek arazi sınıfı ise VIII. sınıf arazilerdir. Çünkü bu kategori çoğunlukla kumul, maden ocakları ve dağlık arazilerden oluşmaktadır. Çalışma sahasında ise böyle özelliğe sahip saha bulunmamaktadır.

Hem kuraklık hem de tarımsal faaliyetlerin devam ettirebilmesi açısından toprak varlığı önemlidir. Bu sebeplerden ötürü en verimli arazilerin (I., II., III., ve IV. sınıf araziler) kuraklıktan en çok etkilenebilecek, diğer arazilerin (V., VI., VII. ve VIII.) ise kuraklıktan daha az etkilenebileceği düşünülmüştür. Arazi sınıflarının açıklanan özellikleri dikkate alınarak ikili karşılaştırma matrisinde I. sınıf arazilere en yüksek önem puanı verilirken, son arazi sınıfına kadar kademeli olarak önem puanları düşürülmüş ve VII. sınıf arazilere en düşük önem puanı verilmiştir (Tablo 4.55). VIII. sınıf araziler çalışma sahasında yer almadığı için bu kategori ikili karşılaştırma matrisinde puanlamaya dahil edilmemiştir.

Tablo 4.55. AKK faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfı	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
(A) I. Sınıf Arazi	1	2	3	4	7	8	9
(B) II. Sınıf Arazi	1/2	1	2	3	6	7	8
(C) III. Sınıf Arazi	1/3	1/2	1	2	5	6	7
(D) IV. Sınıf Arazi	1/4	1/3	1/2	1	4	5	6
(E) V. Sınıf Arazi	1/7	1/6	1/5	1/4	1	2	3
(F) VI. Sınıf Arazi	1/8	1/7	1/6	1/5	1/2	1	2
(G) VII. Sınıf Arazi	1/9	1/8	1/7	1/6	1/3	1/2	1

4.5.3.1.9. Akarsulara Uzaklık

Tarımsal faaliyetin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için suya yakınlık önemlidir. Bu durum hem tarımla uğraşan nüfusa ekonomik rahatlık sağlamak hem mahsullerin su ihtiyacının daha kolay giderilmesi için ihtiyaç duyulan bir özelliktir. Yine tarımla uğraşan nüfusun tarımsal faaliyetlerini çoğunlukla akarsular aracılığıyla salma ve yağmurlama şeklinde gerçekleştirdiği (Şahin ve Toroğlu, 2020) düşünüldüğünde suya yakınlık daha da önemli bir özellik haline gelmektedir. Bu sebeple akarsulara ya da su kaynaklarına yakınlık kuraklık analizinde dikkate alınan bir coğrafi faktör olmaktadır. Dolayısıyla su kaynaklarına yakın olan arazilerde kuraklığın etkilerinin uzak olan arazilere göre daha baskın olarak hissedilmesi beklenmektedir.

Araştırma sahasında akarsuların kuraklık üzerindeki olası etkilerini tespit edebilmek için altı (6) farklı uzaklık sınıfı oluşturulmuştur (Şekil 4.31i). Akarsuların yukarıda açıklanan etkilerine göre ikili karşılaştırma matrisinde akarsuya en yakın alanlara yüksek, uzak alanlara ise kademeli olarak düşük önem puanları verilmiştir (Tablo 4.56).

Tablo 4.56. Akarsulara uzaklık faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Akarsulara Uzaklık (m)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
(A) < 500	1	3	4	5	7	9
(B) 500-1.000	1/3	1	3	4	5	7
(C) 1.000-1.500	1/4	1/3	1	3	4	5
(D) 1.500-2.000	1/5	1/4	1/3	1	3	4
(E) 2.000-2.500	1/7	1/5	1/4	1/3	1	3
(F) > 2.500	1/9	1/7	1/5	1/4	1/3	1

4.5.3.1.10. Yağış

Yağış, gerçekleşme şekli ve miktarı ile kuraklık üzerinde en etkili olan coğrafi faktörler arasında yer almaktadır. Çünkü yağış, tarımsal faaliyetlerin yapılabilmesi için gerekli olan suyun kaynağını oluşturmaktadır. Yağışların düzenli olduğu bir sahada tarımsal faaliyetlerin devam etmesi için gerekli olan su miktarı her daim uygun seviyelerde iken, düzensiz olduğu alanlarda ise suya her zaman ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple yağışların düzenli gerçekleştiği alanlardaki araziler kuraklığa karşı daha dirençli, yağışın düzensiz olduğu alanlar ise kuraklığa karşı daha dayanıksız bir özelliktedir. Bununla birlikte yağış sadece suya kaynak oluşturmakla kalmaz,

normalden fazla gerçekleşmesiyle toprakların aşırı yıkanmasına da sebep olabilir. Bu durum ise tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği toprakların organik madde bakımından fakirleşmesine ve topraklarda veriminin düşmesine sebep olmaktadır. Bu şekilde direnç kaybeden topraklar gerçekleşen yağışlar nedeniyle erozyona maruz kalır ve buralardaki araziler kuraklığa karşı daha duyarlı hale gelirler. Sonuç olarak yağış hem tarımsal faaliyetler için gerekli olan sulama ihtiyacının karşılanmasında doğrudan hem de toprakların erozyona uğramasına sebep olarak dolaylı bir şekilde kuraklık üzerinde etkili olmaktadır.

Yıllık toplam ortalama yağışın 743 mm olduğu havzada yağış miktarının depresyon alanında en düşük (<700 mm), güneydeki yüksek kesimlerde ise en yüksek (>1.000 mm) olduğu görülmektedir. Yağışın kuraklık üzerindeki etkisini ortaya koyabilmek için yedi (7) farklı sınıf oluşturulmuştur (Şekil 4.31j). Tarımsal faaliyetlerin devamı için gerekli olan sulama ihtiyacı ve topraklar üzerindeki etkileri göz önünde bulundurularak ikili karşılaştırma matrisinde yağışın fazla olduğu alanlara yüksek, az olduğu alanlara ise kademeli olarak düşük önem puanları verilmiştir (Tablo 4.57).

Tablo 4.57. Yağış faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Yağış (mm)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
(A) < 650	1	2	3	5	6	8	9
(B) 650-700	1/2	1	2	4	5	7	8
(C) 700-800	1/3	1/2	1	3	4	6	7
(D) 800-900	1/5	1/4	1/3	1	2	4	5
(E) 900-1.000	1/6	1/5	1/4	1/2	1	3	4
(F) 1.000-1.100	1/8	1/7	1/6	1/4	1/3	1	2
(G) > 1.100	1/9	1/8	1/7	1/5	1/4	1/2	1

4.5.3.1.11. Sıcaklık

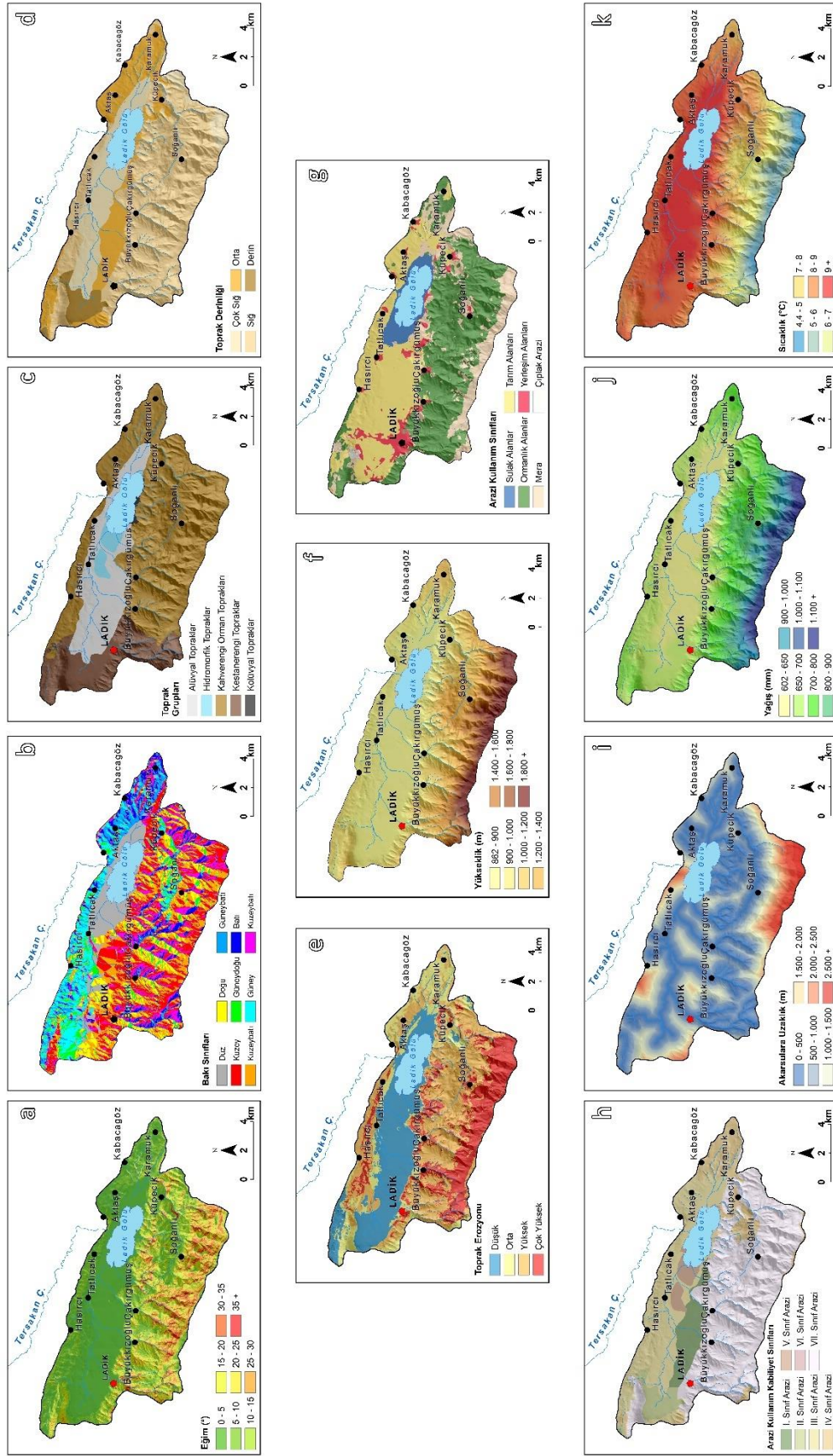
Sıcaklığın kuraklık üzerindeki etkisini ifade edebilmek için buharlaşma, nem ve yağış koşulları vb. ile değerlendirilmesi gerekmektedir. Sıcaklık, topraktaki nemin ve yüzey sularının buharlaşmasına sebep olarak kuraklık üzerinde etkili olabilmektedir. Sıcaklık değerlerinin ortalamasının üzerinde olduğu sahalarda buharlaşma oranında meydana gelen artış su kaybını arttırmakta ve su kaybının artmasıyla tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği araziler susuz kalmaktadır. Dolayısıyla toprakların su ihtiyacının arttığı bu sahalar kuraklığa karşı direnç gösterememektedir. Ancak sıcaklık değerlerinin ortalamalara yakın olduğu sahalarda ise buharlaşma oranı daha düşük

seviyelerde kalmakta ve bu alanlar tarımsal faaliyetler için daha elverişli şartlara sahiptir ve bu tür sahalar kuraklığa karşı daha dirençli bir özellik sergilemektedir. Yine sıcaklık yağış koşulları ile değerlendirildiğinde; yağışın az olduğu alanların kuraklığa karşı daha dirençsiz, fazla olduğu alanların ise daha dirençli olmasına sebep olmaktadır. Yağışın az olduğu su kaynaklarından yoksun sahalar halihazırda kuraklığa karşı yeterince dirençli değilken, sıcaklığın ortalamanın üzerinde olmasıyla çoraklaşmaya varan boyutta daha dirençsiz bir özelliğe de bürünebilmektedir. Sonuçta sıcaklık, topraktaki nem miktarı ve yüzey sularının buharlaşmasına etki etmesi sebebiyle kuraklık analizinde dikkate alınan coğrafi faktörler arasında yer almaktadır.

Çalışma sahasında ortalama sıcaklık 9,4 °C'dir ve bu değer havzanın alçak düzlüklerini temsil etmektedir. Havzanın yüksek dağlık alanlarında ise yıllık ortalama sıcaklık değerleri azalmakta ve 5 °C'nin altına düşmektedir. Sıcaklık şartlarının kuraklık üzerindeki etkisini ortaya koyabilmek için altı (6) farklı sınıf oluşturulmuş (Şekil 4.31k) ve sıcaklığın kuraklık üzerindeki etkisi göz önünde bulundurularak ikili karşılaştırma matrisinde sıcaklığın fazla olduğu alanlara yüksek, az olduğu alanlara ise kademeli olarak düşük önem puanları verilmiştir (Tablo 4.58).

Tablo 4.58. Sıcaklık faktörüne ait alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.

Sıcaklık (°C)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
(A) < 5	1	1/2	1/3	1/5	1/6	1/8
(B) 5-6	2	1	1/2	1/4	1/5	1/7
(C) 6-7	3	2	1	1/3	1/4	1/6
(D) 7-8	5	4	3	1	1/2	1/4
(E) 8-9	6	5	4	2	1	1/3
(F) > 9	8	7	6	4	3	1



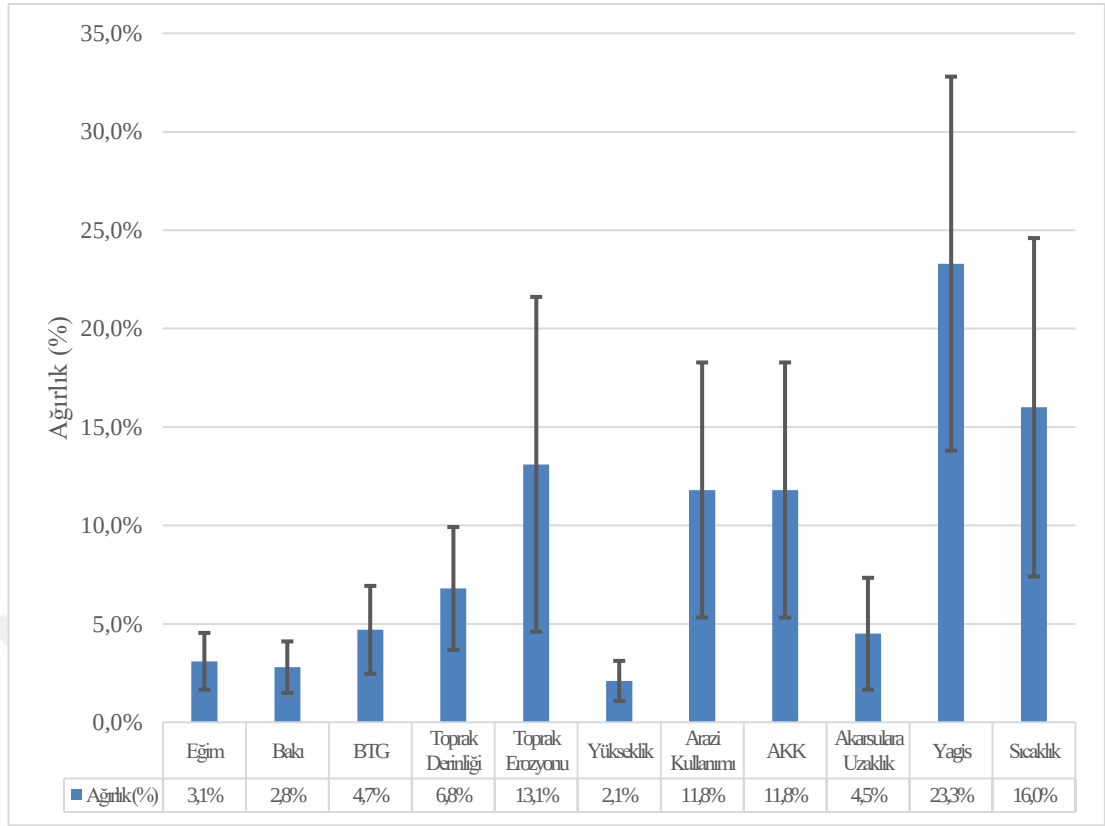
Şekil 4.31. Coğrafi faktörler; **a)** Eğim **b)** Bakı **c)** Büyük toprak grubu **d)** Toprak derinliği **e)** Toprak erozyonu **f)** Yükseklik **g)** Arazi kullanımı **h)** Arazi kullanım kabiliyet sınıfı **i)** Akarsulara uzaklık **j)** Yağış **k)** Sıcaklık.

4.5.3.2. Analiz ve Değerlendirme

Ladik Gölü Havzası'nda kuraklığa duyarlı alanları tespit etmek için 11 ana kriter (eğim, bakı, büyük toprak grubu (BTG), toprak derinliği ve erozyonu, yükseklik, arazi kullanımı, arazi kullanım kabiliyet sınıfı (AKK), akarsulara uzaklık, yağış ve sıcaklık) ve bu ana kriterlere bağlı 62 adet alt kriter kullanılarak AHP ile çok kriterli karar verme analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda tüm üst ve alt coğrafi faktörler için kendi aralarında ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuş, Saaty (1989) önem ölçeğine göre 1-9 arasında puanlar atanmış ve tüm kriterlerin ağırlık oranları hesaplanmıştır (Tablo 4.59; Şekil 4.32). Kuraklık analizi için gerçekleştirilen çok kriterli karar verme analizi sonucunda Ladik Gölü Havzası'nda kullanılan 11 ana coğrafi faktöre göre tutarlılık oranı %8 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.59).

Tablo 4.59. Ana coğrafi faktörlere ait ikili karşılaştırma matrisi.

Coğrafi Faktör	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(İ)	(J)	(K)
(A) Eğim	1	2	1/3	1/4	1/4	3	1/5	1/5	1/2	1/6	1/5
(B) Bakı	1/2	1	1/3	1/4	1/4	3	1/5	1/5	1/2	1/6	1/5
(C) BTG	3	3	1	1/2	1/2	3	1/4	1/4	1/2	1/5	1/4
(D) Toprak Derinliği	4	4	2	1	1/2	3	1/3	1/3	2	1/4	1/3
(E) Toprak Erozyonu	4	4	2	2	1	4	3	3	3	1/3	1/2
(F) Yükseklik	1/3	1/3	1/3	1/3	1/4	1	1/5	1/5	1/3	1/6	1/5
(G) Arazi Kullanımı	5	5	4	3	1/3	5	1	1	5	1/3	1/2
(H) AKK	5	5	4	3	1/3	5	1	1	5	1/3	1/2
(İ) Akarsulara Uzaklık	2	2	2	1/2	1/3	3	1/5	1/5	1	1/5	1/4
(J) Yağış	6	6	5	4	3	6	3	3	5	1	2
(K) Sıcaklık	5	5	4	3	2	5	2	2	4	1/2	1
Tutarlılık Oranı (%)	8										



Şekil 4.32. Ana coğrafi faktörlerin ağırlık dağılımları ve standart sapmaları.

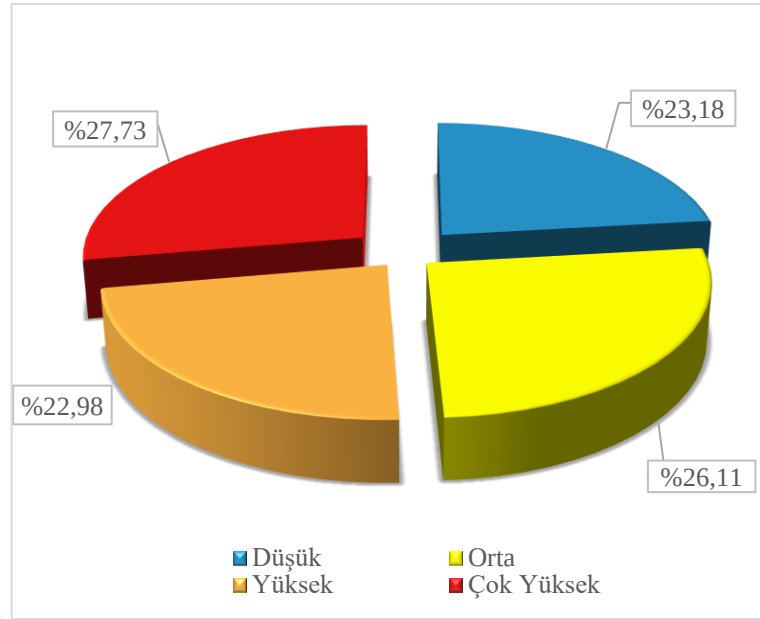
AHP ile ikili karşılaştırma matrisleri gerçekleştirildikten sonra tüm alt ve üst parametrelerin mekânsal olarak havzadaki etki alanlarını tespit edebilmek için hesaplanan ağırlık oranları CBS teknikleriyle parametrelerin öznitelik tablolarına işlenmiştir. Bu işlemin hemen ardından ise yine CBS teknikleriyle ilk önce alt kriterler ağırlık oranlarına göre yeniden sınıflandırılmış (reclassify) ve daha sonra ana coğrafi faktörlere ait AHP ile hesaplanan ağırlık oranları aşağıdaki formüle göre haritaya aktararak Ladik Gölü Havzası'nın kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir.

Kuraklık Duyarlılık Analizi = $(Eğim * 0,031) + (Bakı * 0,028) + (Büyük Toprak Grubu * 0,047) + (Toprak Derinliği * 0,068) + (Toprak Erozyonu * 0,131) + (Yükseklik * 0,021) + (Arazi Kullanımı * 0,118) + (Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfı * 0,118) + (Akarsulara Uzaklık * 0,045) + (Yağış * 0,233) + (Sıcaklık * 0,160)$.

Kuraklık analizi sonucunda elde edilen nihai sonuç düşük, orta, yüksek ve çok yüksek şeklinde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır (Şekil 4.33). Yapılan bu gruplamaya göre Ladik Gölü Havzası'nda 40,99 km²'lik alan çok yüksek, 33,96 km²'lik alan yüksek, 38,59 km²'lik alan orta ve 34,26 km²'lik alan kuraklığa karşı düşük duyarlı çıkmıştır (Şekil 4.28). Kuraklık açısından yüksek duyarlılığa sahip olan alanlar çoğunlukla havzadaki eğimin az olduğu havza tabanına karşılık gelmektedir. Bununla birlikte havzada kuraklık açısından en düşük duyarlılığa sahip yerler çoğunlukla

[illegible]

Şekil 4.33. Ladik Gölü Havzası kuraklık analizi haritası.



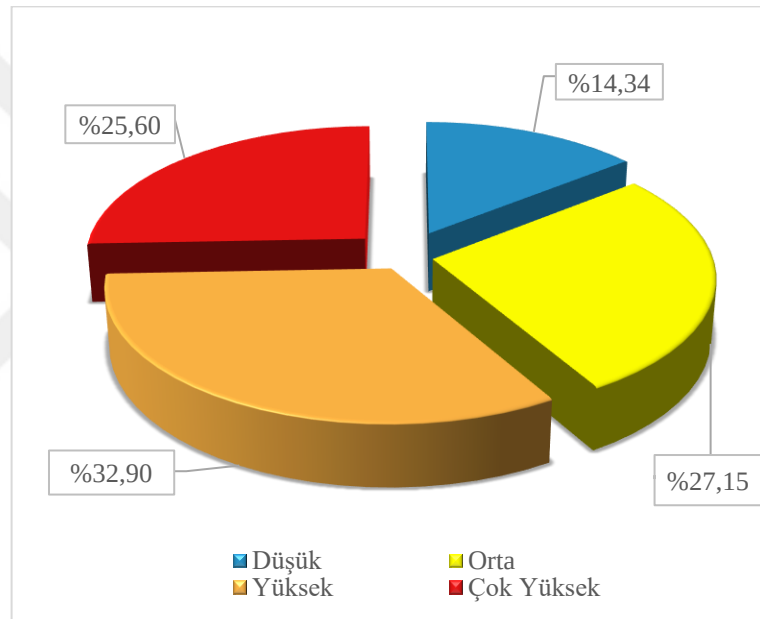
Şekil 4.34. Kuraklığa duyarlı sınıfların dağılım oranları.

4.6. Çoklu Doğal Afet Duyarlılık Analizi

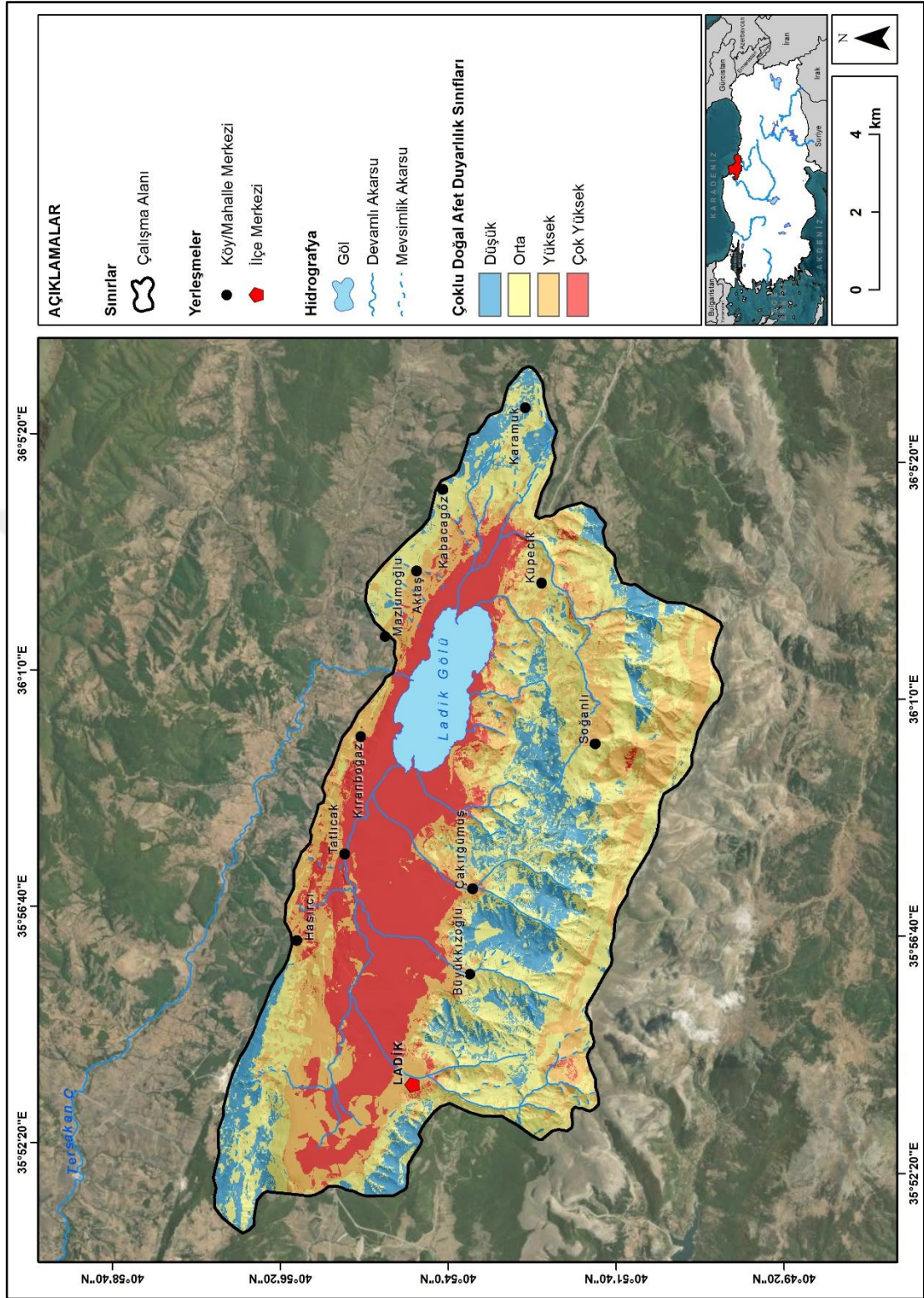
Ladik Gölü Havzası’nda akıllı doğal afet yönetimi kapsamında gerçekleştirilen ve bir sonraki bölümde detayları açıklanan “Ladik Gölü Havzası (Samsun) Akıllı Doğal afet Yönetimi ve Karar Destek Sistemi (LADES)” sisteminde birer girdi olarak kullanmak üzere deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık için doğal afet duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Duyarlılık analizleri gerçekleştirilen bu afetler tekil olarak analize tabi tutulmuş ve sonuçları kendi özelinde açıklanmıştır. Ancak çalışmada bütüncül bir akıllı doğal afet yönetim sisteminin hedeflenmesi bu afetlerin birlikte değerlendirilmesi ihtiyacını da ortaya çıkarmıştır. Bu bağlamda çalışma kapsamında beş (5) afetin birlikte ele alındığı çoklu doğal afet duyarlılık analizi de gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.36). Çoklu doğal afet duyarlılık analizi kapsamında deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık analizi sonunda elde edilen nihai sonuçların ağırlık oranları eşit kabul edilmiştir. Gerçekleştirilen çoklu duyarlılık analizi sonuçları da diğer analizler de olduğu gibi düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere dört (4) sınıfa ayrılmıştır (Şekil 4.35). Çoklu doğal afet duyarlılık analizi kapsamında dikkate alınan deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık afetlerinin ağırlık oranları eşit kabul edilmiş ve bu faktörler CBS teknikleriyle yeniden sınıflandırılmıştır (reclassify). Daha sonra ana coğrafi faktörler aşağıdaki formüle göre haritaya aktarılarak Ladik Gölü Havzası’nın çoklu doğal afet duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir.

Çoklu Doğal Afet Duyarlılık Analizi = $(Deprem*0,20) + (Taşkın*0,20) + (Heyelan*0,20) + (Toprak Erozyonu*0,20) + (Kuraklık*0,20)$.

Gerçekleştirilen çoklu doğal afet duyarlılık analizine göre Ladik Gölü Havzası'nda 37,84 km²'lik alan çok yüksek, 48,63 km²'lik alan yüksek, 40,13 km²'lik alan orta ve 21,20 km²'lik alan çoklu doğal afet duyarlılık analizi kapsamında düşük duyarlı çıkmıştır (Şekil 4.36). Çoklu doğal afet duyarlılığı açısından yüksek ve çok yüksek duyarlılığa sahip olan alanlar çoğunlukla havzadaki düzlük ve eğimin az olduğu alanlara karşılık gelmektedir. Bununla birlikte havzada çoklu doğal afet duyarlılığı açısından en düşük duyarlılığa sahip yerler ise güneyde yer alan ormanlık alanlar ile kuzeybatıdaki araziler olmuştur.



Şekil 4.35. Çoklu doğal afet duyarlılık sınıflarının dağılım oranları.



Şekil 4.36. Ladik Gölü Havzası çoklu doğal afet duyarlılık analizi haritası.

5. AKILLI DOĞAL AFET YÖNETİMİ

Bu bölümde daha önce çalışma sahasında gerçekleştirilen duyarlılık analizi sonuçları dikkate alınarak hem vatandaş hem de yerel yönetimin birlikte düşünüldüğü akıllı doğal afet yönetim sistemi tasarlanmıştır. Bu kapsamda hem afet yönetimi ve CBS arasındaki ilişki hem de bu ilişki içerisinde yer alan teknik bazı kavramlar açıklanmıştır. Yasal ve teknik açıklamaların ardından ise tasarlanan akıllı doğal afet yönetim sistemi tüm yönleriyle detaylandırılmıştır.

5.1. Türkiye’de Afet Yönetimi

Türkiye sahip olduğu farklı yeryüzü şekilleri ve iklim özellikleri nedeniyle farklı afet türlerinin yaşandığı bir özelliğe sahiptir. Dolayısıyla Türkiye’nin farklı bölgelerinde başta deprem, sel, taşkın, heyelan, çığ, erozyon ve kuraklık gibi farklı afet türleri görülmektedir. Ülkeler bu tür afetlere gelişmişlik düzeylerine (ekonomi, eğitim, sağlık, alt ve üst yapı vb.) göre farklı kırılganlık göstermektedir. Türkiye ise afetlere karşı dayanıksız ya da hazırlıksız ülkeler arasında yer almaktadır (Taşdemir, 2020). Türkiye’de afetlere karşı yaklaşım yakın geçmişteki örnekler (2020 Elazığ ve İzmir depremleri, 2023 Kahramanmaraş depremleri) göstermektedir ki; hep afet sonrası kriz yönetimi şeklinde olmuştur. Dolayısıyla gerek tekil gerek bütüncül bir afet yönetim sisteminin uygulandığından söz etmek mümkün değildir.

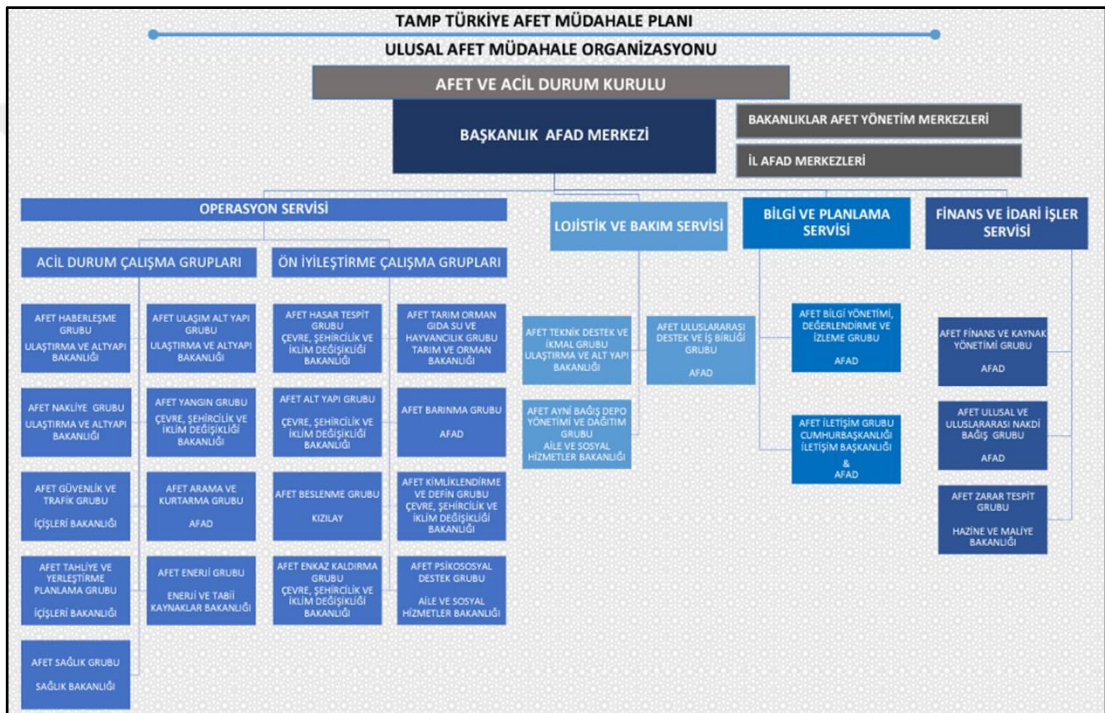
Türkiye’de doğal afetler ile ilgili politikaların geliştirilmesinde dönüm noktası 1939 Erzincan depremi olmuştur. Bu bağlamda ilk olarak 1943 yılında yürürlüğe giren 4373 sayılı “Taşkın Suları ve Su Baskınlarına Karşı Korunma Hakkında Kanun” ile 1944 yılında yürürlüğe giren 4623 sayılı “Yer Sarsıntılarında Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun” çıkarılmıştır (UR-14). Bu kanunları takiben ülke genelinde deprem bölgeleri haritası hazırlanmış ve zamanla değişen ihtiyaçlara ve gelişen teknolojiye göre de güncellenmiştir (Gökçe vd., 2008; Taşdemir 2020). Çıkarılan bu iki kanun taşkın ve deprem özelinde olmuş ve bütünleşik bir yaklaşım sergilemekten uzak kalmıştır. Ancak 1959 yılında yürürlüğe giren 7269 sayılı “Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun” ile bütüncül bir afet yönetimi için gerekli kanun çıkarılmıştır (Taşdemir, 2020). Her ne kadar bu kanun bütünleşik afet yönetimi konusundaki eksikliğin giderilmesi için çıkarılmış olsa da kanunun uygulanması noktasında sıkıntılar hep var olmuştur. Bu sıkıntılar da kendini 17 Ağustos 1999 depreminde göstermiştir. Çünkü

afet öncesi için risk azaltılmasına yönelik gerekli tedbirlerin alınmaması 16 binin üzerinde can ve milyarlarca maddi zarara sebep olmuştur. Afet öncesi risk azaltma çalışmalarının zayıf olduğu o dönemde afet sonrası işlerde de en başta koordinasyon eksikliği, görev ve sorumluluklar konusunda çok başlılıktan (İçişleri Bakanlığı'na bağlı Sivil Savunma Genel Müdürlüğü, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'na bağlı Afet İşleri Genel Müdürlüğü ve Başbakanlık'a bağlı Türkiye Acil Durum Yönetimi Genel Müdürlüğü) kaynaklanan problemlerden ötürü kanun yeterince uygulanamamış ve afet yönetimi sağlanamamıştır (Taşdemir, 2020).

17 Ağustos 1999 depremi Türkiye için afet yönetiminin uygulanması ve afet esnasında gerekli koordinasyonun sağlanmasının zaruri olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla ülkede kanuni olarak afet sonrasında kriz yönetimine yönelik plan ve hazırlık yapılmasından ziyade, afet öncesinde risk yönetiminin daha önemli olduğu anlaşılmıştır. Yine birlikte çalışması gereken kurumların afetlerle ilgili yetki ve sorumluluklarının yeniden tanımlanması ihtiyacı afet ve acil durumlarda yetki ve koordinasyonun tek bir elde toplanmasını zaruri kılmıştır (URL-14). Sonuçta 17 Ağustos 1999 depremi sonrası sağlıklı bir afet yönetimi için afet ve acil durumlarda yetki ve koordinasyonun tek bir merkezde olması gerekliliği anlaşılmış ve 2009 yılında 5902 sayılı kanun ile Afet ve Acil Durum yönetimi Başkanlığı (AFAD) kurularak afetlerle ilgili yetki ve sorumluluklar tek bir çatı altında toplanmıştır (URL-14). Bu kanun ile Başbakanlık'a bağlanan AFAD, 15 Temmuz 2018 yılında Cumhurbaşkanlığı Hükümet Sistemi ile ilgili yapılan düzenlemeler kapsamında 4 numaralı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile İçişleri Bakanlığı'na bağlanmıştır.

Afetler konusunda tek yetkili olan kurum AFAD ulusal anlamda gerekli afet koordinasyonunu sağlamak için ilk olarak 09/08/2011 tarihli ve 2011/1 sayılı karar ile Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (2012-2023), daha sonra 20/12/2013 tarihli ve 2013/2 sayılı karar ile Türkiye Afet Müdahale Planını (TAMP) onaylayarak yürürlüğe koymuştur (Taşdemir, 2020). TAMP ile tüm kurumların muhtemel bir afette tüm görev ve sorumlulukları tanımlanmıştır (Şekil 5.1). AFAD ilk olarak TAMP ile Türkiye'de yaşanan afetlerden elde edilen tecrübeler doğrultusunda afetlere etkin müdahaleyi hedeflemiştir. Yine AFAD, TAMP ile afet ve acil durumlarda görev alacak çalışma grupları ve koordinasyon birimlerine ait roller ve sorumlulukların tanımlanmasını, afet öncesindeki, esnasındaki ve sonrasındaki müdahale planlarının temel prensiplerinin belirlenmesini de amaçlamıştır (URL-15). AFAD bu kararlar ile

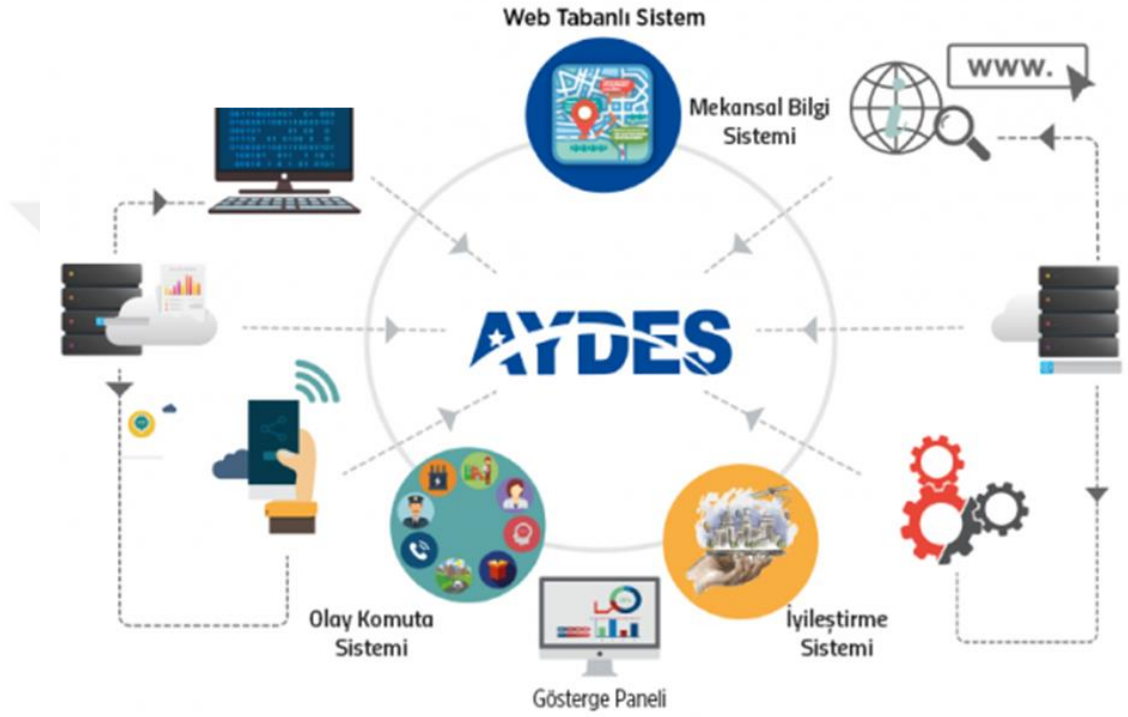
Türkiye’de yeni bir afet yönetim modelini uygulamaya koymuş olup kriz yönetiminden risk yönetimine öncelik vermiştir. 2014 yılında TAMP’yi devreye alan AFAD bütünleşik afet yönetim sistemi için bilimsel ve teknolojik altyapı temelli Afet Yönetim Sistemi ve Karar Destek Projesi (AYDES) isimli sistemi geliştirmiştir. AYDES ile afetlerin tüm aşamaları CBS tabanlı bir karar destek sistemi üzerinde takip edilebilir hale gelmiştir. Yine AFAD geliştirdiği AYDES’yi afet ve acil durumlarda tüm kaynakları etkin bir şekilde kullanabilmek üzere web tabanlı bir yapıda hizmete almıştır. AFAD bu uygulamayı bütünleşik afet yönetimi sistemi kapsamında kullanmaktadır.



Şekil 5.1. Ulusal afet müdahale organizasyon şeması (URL-15).

AFAD’ın “Bütünleşik Afet Yönetimi Sistemi” olarak bu model, afet olmadan önce meydana gelebilecek zararları önleyecek veya en aza indirecek önlemlerin alınması, etkin müdahale ve koordinasyonun sağlanması, afet ve acil durumlarda oluşacak olan zararların önlenmesi, tehlikelerin önceden tespit edilmesi ve risklerin azaltılması ve afet sonrasında iyileştirme çalışmalarının bir bütünlük içerisinde yürütülmesi üzerine kurgulanmıştır. AYDES, TAMP bilişim alt yapısına sahip olan üç (3) temel bileşenden oluşmaktadır (Şekil 5.2). Bunlar; olay komuta sistemi, mekânsal bilgi sistemi ve iyileştirme sistemidir. Olay komuta sistemi TAMP ile belirlenen hizmet gruplarının hazırlık, planlama ve müdahale süreçlerinin bütünleşik olarak yürütülmesini, mekânsal bilgi sistemi CBS altyapısını kullanarak afet yönetiminin

sürdürülebilirliğinin sağlanması ve sistemin sürekli güncel kalmasını, iyileştirme sistemi ise afet sonrası çalışmaların yine CBS altyapısı ile bütünleşik olarak yürütülmesini sağlamak için tasarlanmıştır (URL-16). Sistemin bu denli kapsamlı olmasına rağmen kurulan bu afet yönetiminin etkinliğinin artırılması için Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) rolünün daha da artırılması (Taşdemir, 2020) ve AYDES'in tüm verileri buradan REST (Representational State Transfer) servisleri ile alabiliyor olması gerekmektedir.



Şekil 5.2. AYDES sistem bileşenleri (URL-16).

AYDES'in henüz istenilen ölçekte afet yönetimde işlevselliğinin sağlanamaması, ulusal düzeyde afet yönetimi kapsamında kullanılacak olan tüm verilerin TUCBS kapsamında henüz üretilmemiş olması ya da devreye alınmamış olması vb. gibi nedenlerden ötürü LADES ismiyle lokal ölçekte prototip olarak farklı bir sistem tasarlanmış, detayları ve AYDES'den farkları ilerleyen bölümlerde açıklanmıştır.

5.2. Afet Yönetimi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri

Afet yönetimi gerek bir afet gerekse birden fazla afet kapsamında afet öncesi, esnası ve sonrasının birlikte planlandığı, yürütüldüğü ve çok çeşitli verilerin aynı anda değerlendirilmesi gereken çalışmalar bütünüdür (Taşdemir, 2020). Ancak dünya nüfusunun her geçen gün artması, ekonomik sebeplerden ötürü şehirlere doğru olan

göç ve plansız kentleşme afet yönetimini de zorlaştırmaktadır. Çünkü afetlerle etkin bir mücadele ancak afet öncesindeki riskleri azaltmak ile mümkündür (Kadioğlu, 2011). Dolayısıyla afetlere öncesinde, esnasında ve sonrasında her daim hazırlıklı olmak gerektiği açıktır. Ayrıca herhangi bir afet durumunda afetzedelerin tespiti, ihtiyaç sahiplerinin belirlenmesi ve ihtiyaçların ulaştırılması, hasar tespit çalışmalarının yapılması, yaralı ve ölü sayısının tutulması, geçici yerleşim alanlarının tesis edilmesi ve tüm bunların kayıt altına alınması gibi birçok konunun aynı anda değerlendirilmesi gerekmektedir. Tüm bu ihtiyaçlara yönelik dikkate alınan verilerin aynı anda kayıt altına alınması, birlikte değerlendirilmesi, çok yönlü mekânsal analizlerinin yapılmasına imkân tanıyan ve dünyada çokça tercih edilen CBS oldukça etkin bir afet yönetim aracı olarak karşımıza çıkmaktadır (Taşdemir, 2020). Ayrıca CBS; etkin bir veri paylaşım imkânı tanınması, kullanılan verilerin güncelliğinin sağlanması, verilere ait istenilen mekânsal analizlerin hızlı yapılabilmesi ve basit çözümler üretebilmesi ve de çok yönlü görselleştirme imkânı sunmasından ötürü afet yönetimi ile ilgili tüm çalışmalarda kullanılabilecek bir sistem (Demirci ve Karakuyu, 2004) olarak tercih edilmektedir. Yine afet yönetimi çalışmalarında afet kaynaklı yıkımların ve zararların azaltılması, canlı yaşamının devamı ve kaynakların korunmasına yardımcı olmasından ötürü CBS kullanılmaktadır (Nurlu ve Görmüş, 1998). Dolayısıyla afet yönetimi kapsamında CBS afet öncesinde risklerin azaltılması, afet esnasında sağlıklı ve devamlı veri akışı, afet sonrasında ise zararların en aza indirilmesinde kullanılan bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte günümüzdeki teknolojik gelişmeler ve artan ihtiyaçlardan dolayı klasik CBS yanında, web CBS’de afet yönetimi kapsamında çokça tercih edilmektedir.

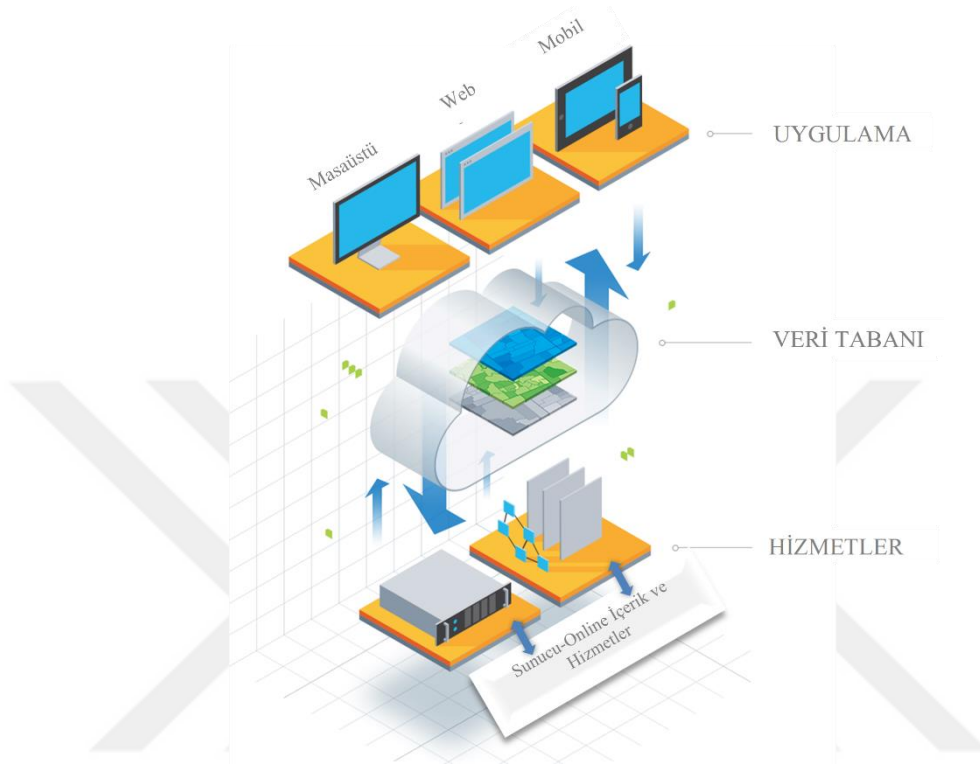
5.3. Afet Yönetimi ve Web CBS

Günümüzde teknolojinin her alanda gelişmiş olması hayatımıza birçok yenilik getirmiştir. Savunma sektöründe insansız hava araçlarının kullanımı, bankacılık sektöründe mobil bankacılık uygulamaları ile kısa sürede bankacılık işlemlerinin yapılabilmesi, sağlık sektöründe canlı takip uygulamaları, eğitimde çevrimiçi ders teknikleri, iletişimde görüntülü görüşme ve toplantı uygulamaları bunlardan sadece birkaç örnektir. Dikkat edildiğinde tüm örneklerin ortak noktasının internet teknolojisi olduğu görülecektir. İnternet teknolojisi son yıllarda önemli ölçüde gelişme göstermiş, birçok sektörde (eğitim, savunma, tarım, sanayi vb.) kullanıcı alışkanlıklarının değişmesini sağlamış ve özellikle konum tabanlı uygulamaların hayatımızda daha çok

yer edinmesini kolaylaştırmıştır. Bu uygulamaların günlük hayatta bu denli kapsamlı bir şekilde yer edinmesi, kullanılması afet yönetimi çalışmalarında farklı bakış açısı kazanılmasını ve uygulamaların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Yine afet ya da afetzedelerin konumlarına gerek çevrimiçi gerekse çevrimdışı ilgili birimler tarafından anlık olarak erişilebilir olması da önemlidir. Bu sebeplerden ötürü afet yönetiminin son aşamasında, yani afet sonrası çalışmalarda olaylara müdahalede ya da afetzedeye ulaşma konusunda doğru ve hassas konumun elde edilebilmesi için internet tabanlı teknolojilerin kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Afet yönetiminde söz konusu coğrafi konum ve anlık erişim olduğunda ve coğrafi bir probleme çözüm üretmek ve güncel veri/bilgi akışını sağlamak amaçlandığında CBS ve internet teknolojisinin birlikte kullanıldığı web CBS devreye girmektedir.

Coğrafi konum CBS teknolojileri ile gerçekleştirilen her türlü çalışmada en önemli iş kalemi olan coğrafi verinin üretim safhasında dikkate alınmaktadır. Üretilen verilerin daha sonra yapılacak mekânsal analizlerde kullanılabilmesi ve analizlerin doğru sonuçlanması için coğrafi konumun hassasiyeti önemlidir. Yani verinin doğru üretilmesi gerekmektedir. Ayrıca klasik CBS çalışmalarında veri üretiminde yaşanan zorlukların başında gelen arazi ve ofis çalışmalarının internet teknolojisi olmadan eş zamanlı yapılamaması zaman kaybına ve iş yükünün artmasına sebep olmaktadır. Yine verilerin bireysel olarak üretilmesi, üretildikten sonra veri bütünlüğünün sağlanması için ve tek bir veri tabanında birleştirilirken harcanan zaman gibi birçok nedenden dolayı klasik CBS çalışmalarında önemli güçlüklerle karşılaşmaktadır. Klasik CBS ile yapılan çalışmalarda yaşanan bu güçlüklerle karşın günümüzde internet teknolojisinin gelişmesi verilerin üretim şeklini değiştirmiş ve çalışmaların bütüncül olarak gerçekleştirilebilmesini sağlamıştır. Önceleri şahsi bilgisayarlarda bireysel olarak üretilen veriler internet teknolojisi sayesinde eş zamanlı olarak birçok kişi ya da oluşturulan gruplar tarafından üretilmektedir. Bir başka deyişle internet teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler lokal ortamda üretilen verilerin paylaşımına olanak tanıyarak web ve mobil uygulamaların CBS alanında kullanımını sağlamıştır (Döker ve Ocak, 2020). Yine internetin hızlanması bulut bilişimin kuvvetlenmesini sağlamış ve geleneksel CBS çalışmalarının bulut bilişim üzerinde yapılmasına imkân vermiştir (Fu, 2016). Bu sayede bulut bilişim, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin bu dağınık yapısını ortadan kaldırarak yazılım, veri depolama, güncelleme, sorgulama ve analiz işlemlerini internet üzerinde web tabanlı olarak

sunum ve yönetimi tek bir platformda, esnek ve hızlı bir şekilde bütünleşik bir çözüm getirmektedir (Kavzoğlu ve Şahin, 2012). Gelişen internet teknolojisi bir yandan birçok işin internet üzerinde yapılmasına olanak tanırken, bir yandan CBS çalışmalarının da internet üzerine taşınmasını sağlamıştır.



Şekil 5.3. Web CBS işleyiş mantığı ve platform yapısı (Fu, 2016; Döker ve Ocak, 2020).

Yukarıdaki açıklamalardan hareketle web CBS, klasik CBS çalışmalarının internet üzerinde yapılabilmesidir denilebilir. Bir başka ifadeyle web CBS, CBS ve web teknolojisinin kombinasyonudur (Fu, 2016). Web CBS, CBS çalışmalarının bir bütün olarak bir platform yapısında gerçekleştirilmesini sağlamaktadır; yani web CBS ile CBS'nin sunucu, masaüstü, web ve mobil yapısı birlikte kullanılmaktadır (Şekil 5.3). Bu durumu çalışmanın özü gereği bir afet örneği ile açıklamak yerinde olacaktır: Bir taşkın afetinin olma ihtimaline karşın yapılan analizler ve üretilen verilere (masaüstü CBS) herkesin erişebilmesi ve taşkın afeti esnasında anlık güncellemeler için tüm veriler CBS'nin sunucu yapısında muhafaza edilmektedir (sunucu CBS). Yine bu veriler afet öncesinde vatandaşların yaşadıkları yer ile ilgili bilgi alabilmeleri adına internet üzerinde web ve mobil uygulamalar üzerinden erişilebilecek yapıdadır (web ve mobil CBS). Afet sonrası yerel yönetimlerin kriz yönetimini başarıyla gerçekleştirebilmeleri için de sahadan anlık olarak veri üretilmesi, bilgilerinin doğruluğunun sağlanması ve olay ya da afetzedelere en kısa sürede müdahale edilmesi

internet üzerinde konuşlandırılmış canlı takip panelleri ve web uygulamaları ile sağlanabilmektedir (web ve mobil CBS).

5.4. Afet Yönetimi ve Akıllı Şehir

Gün geçtikçe artan nüfus özellikle şehirlerde birçok problemi de beraberinde getirmektedir. Alt yapının yetersiz kalması, arazi kullanımının değişmesi ve yeni yerleşim yerlerinin yanlış planlanması bunların başında gelmektedir. Bu sorunlarla mücadele etmek için farklı çözüm yolları aranmakta, yeni teknoloji ve yenilikçi yaklaşımlar dikkate alınmaktadır. Bu kapsamda ya doğrudan ya da dolaylı olarak hem kentlerin hem de kentte yaşayan nüfusun farklı problemlerine çözüm üretmek amacı ve arayışı ile sürdürülebilir, ekolojik, dirençli, yaşlı dostu, yenilikçi, akıllı ve yaşanabilir şehir gibi kavramlar ortaya atılmıştır (Ünsal ve Avcı, 2023). Kent ve kentlilerin sorunlara yönelik bu arayış, sorunlara tek tek müdahale yerine bütüncül olarak müdahaleyi ön plana çıkarmaktadır. Bu tür problemlerin çözümünde ise ilgili paydaşların birlikte çalışabilmesini sağlayacak bir teknoloji zorunlu hale gelmiştir. Bu ihtiyacın karşılanmasında ve problemlerin çözümünde, paydaşlar arası iş birliği ile geliştirilen birlikte çalışabilir sistemlerin veri ve uzmanlığa dayalı olarak gelecek öngörülerıyla beklenti ve problemleri karşıladığını güvence altına alan akıllı şehir (URL-17), teknoloji merkezli bir kavram olarak literatürde ve uygulamada kendine yer edinmiştir (Yiğitcanlar et al., 2018; Ünsal ve Avcı, 2023). Literatürde 53 farklı tanımının olduğunu belirten Ünsal ve Avcı (2023), akıllı şehir kavramını; *“Akıllı şehir, müşterek ihtiyaç ve beklentiler doğrultusunda coğrafi veri, teknoloji ve yenilikçi yöntemler kullanılarak mevcut ve yeni zorluklara daha hızlı çözüm üreten, öngörülü, dengeli, sürdürülebilir, verimliliği, yaşam kalitesi ve iş birliği seviyesi yüksek akıl dostu şehir”* olarak tanımlamışlardır (Ünsal ve Avcı, 2023).

Akıllı şehir teknolojisi ile şehirlerin sorunlarına günlük değil uzun vadeli çözümler aranmaktadır. Bu teknoloji ile güncel birçok teknolojiden yararlanılmasının yanı sıra verinin güncelliğinin sağlanması ile şehirlerin gelecekteki durumları için etkili ve sürdürülebilir bir yapı hedeflenmektedir. Yani şehirlerin problemlerinin geleneksel yaklaşımlardan ziyade sürdürülebilir yenilikçi teknolojiler ile çözülmesi hedeflenmektedir. Bu teknolojinin sürdürülebilir olması yine coğrafi verilerin güncelliği ile mümkün olabilmektedir. Şehirdeki tüm ilgili kurum ve paydaşların iş birliği içinde olması hem veri paylaşımını hem de verinin güncel tutularak şehrin

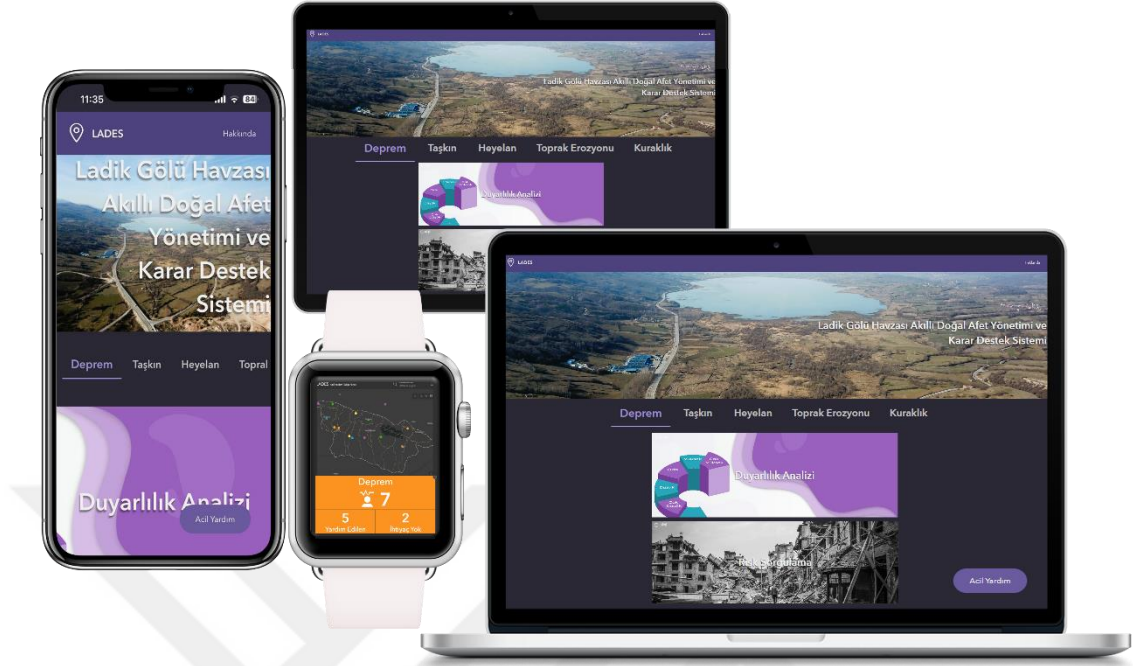
gelecekteki problemlerinin düşünülerek gerçekçi ve sürdürülebilir bir yapı oluşturulmasını sağlayacaktır.

Bir çalışmada söz konusu coğrafi veri olduğunda CBS platform yapısı sayesinde akıllı şehir teknolojileri de kullanılabilmektedir. Dolayısıyla afet yönetimi için verilerin güncelliği sağlanabilirse gelecekteki herhangi bir afet için tedbirler önceden alınmış, analizler gerçekleştirilmiş ve doğru planlamamalar ile afet risk ve kriz yönetimi sağlanabilmiş olur. Böyle bir yapıyı sağlamak ise bahsi geçen akıllı şehir teknolojileri içerisinde akıllı doğal afet yönetimini karşımıza çıkarmaktadır. Bir şehrin en önemli problemlerinden birisinin de afetler ve afetlerin olumsuz etkileri olması göz önünde bulundurularak bu çalışmada deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık afetlerinin potansiyel etki alanlarının belirlenip duyarlılık sınıflarını hesaba katarak örnek bir akıllı doğal afet yönetim sistemi tasarlanmıştır.

5.5. Ladik Gölü Havzası Akıllı Doğal Afet Yönetimi ve Karar Destek Sistemi (LADES)

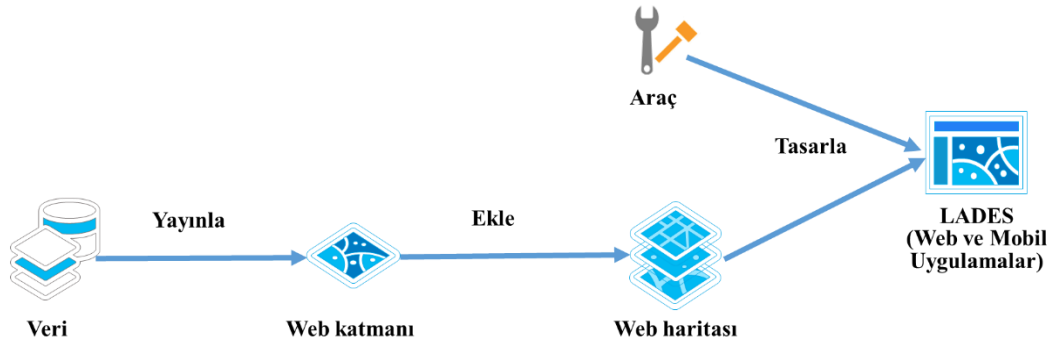
Çalışmanın tüm aşamalarını bünyesinde barındıran ve gerçekleştirilen mekânsal analizlerin sürdürülebilirliğini sağlayan, gerek çalışma sahası sınırları içerisinde yaşayan vatandaşların, gerek yerel yönetimlerin afet öncesinde, afet esnasında ve afet sonrasında kullanabilecekleri Ladik Gölü Havzası (Samsun) Akıllı Doğal Afet Yönetimi ve Karar Destek Sistemi (LADES) isimli bir web ve mobil tabanlı bir sistem tasarlanmıştır (Şekil 5.4). LADES, hem vatandaşlar hem de yerel yönetimler için iki farklı senaryo dikkate alınarak (vatandaş uygulamaları ve yerel yönetim uygulamaları) oluşturulmuştur. LADES, vatandaşların afet öncesinde evlerinin risk durumlarını sorgulayabilecekleri web uygulamaları ile afet esnasında yardım çağrısında bulunabilecekleri, afet sonrasında ise yardım ve iyileştirme faaliyetlerine katılabilecek olmalarını sağlayan mobil uygulamalar tasarlanmıştır. Yine LADES kapsamında yerel yönetimlerin afet öncesi hizmet sınırları içerisinde potansiyel afet risk alanlarını görebilmeleri ve önceden tedbir alabilmeleri için web uygulamaları, afet esnasında yardım çağrılarını konumsal ve anlık olarak takip edebilmeleri ve krizi yönetebilmeleri için canlı takip paneli, afet sonrasında ise ihtiyaç sahiplerine en hızlı şekilde ulaşabilmeleri, yardımların doğru bir şekilde dağıtılabilmesini organize etmek ve tek merkezden yönetebilmek adına mobil uygulamalar tasarlanmıştır. Tasarlanan bu uygulamalara hem vatandaşların hem yerel yönetimlerin interneti olan herhangi bir

cihazdan (akıllı telefon, tablet, PC), herhangi bir zamanda ve herhangi bir yerden 7/24 erişimleri mümkündür.



Şekil 5.4. LADES web ve mobil uygulama ara yüzleri.

LADES tamamıyla web üzerine konuşlandırılmış akıllı doğal afet yönetim sistemidir. Bu sebeple LADES tasarlanırken klasik CBS ile üretilen veriler öncelikle web katmanlarına dönüştürülmüş ve web katmanları kullanılarak web haritaları oluşturulmuştur. LADES'nin bütüncül bir sistem olarak ortaya çıkması için de en son aşamada gerekli tüm araçlar (sorgu, ara, hakkında vb.) web ve mobil uygulamalar tasarlanmıştır (Şekil 5.5). LADES uygulamasının teknik açıdan daha anlaşılabilir olması adına bu üç kavramı (web katmanı, web haritası, araç ve web uygulaması) aşağıdaki bölümde detaylıca açıklanmıştır.



Şekil 5.5. Akıllı doğal afet yönetimi için geliştirilmiş web CBS yapısı.

5.5.1. Web Katmanları, Web Haritaları, Araçlar ve Web Uygulamaları

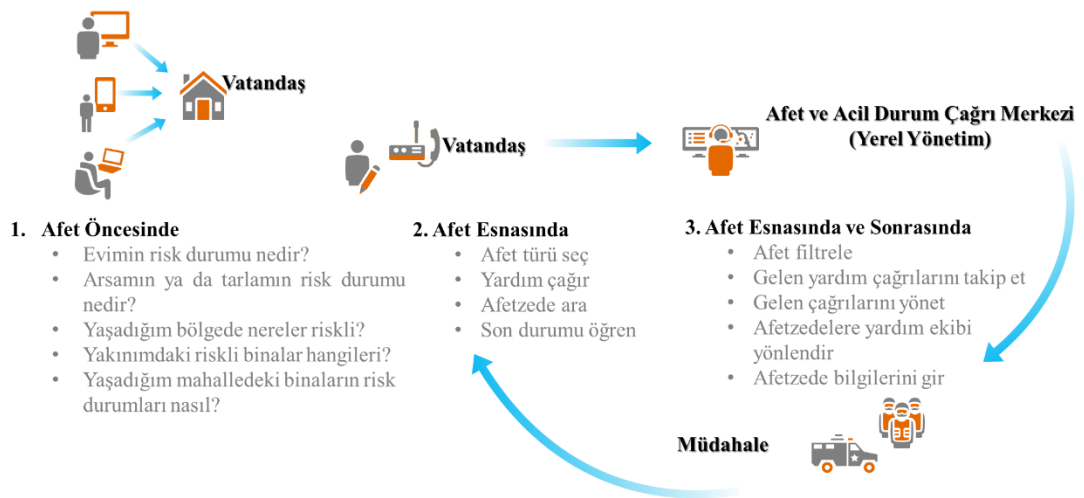
Web CBS uygulamalarının ilk aşaması web harita ve uygulamalarında kullanılacak olan web harita katmanlarının (web servis) oluşturulmasıdır (Döker ve Ocak, 2020). Yani coğrafi veriler için oluşturulan servisler ilk olarak web haritaları üzerinde, daha sonra bu web haritaları aracılığıyla web uygulamalarında kullanılmaktadır. LADES uygulamasında klasik CBS ve webin birleştirilmesi ile oluşan web CBS teknikleri kullanıldığı için veri üretim aşamasında üretilen ve coğrafi veri tabanında fiziksel olarak depolanan her türlü veri, web CBS’de web servis yapısına bürünmekte ve bir web URL’den (Uniform Resource Locator) oluşmaktadır. Dolayısıyla LADES uygulamasında her türlü coğrafi veri bir URL’ye, yani web servis katmanına karşılık gelmektedir. LADES uygulamasında gerek kullanıcıları (vatandaş ve yerel yönetimleri) web ve mobil uygulama başında çok bekletmeyecek, gerekse kullanıcıların ellerindeki cihazları yormayacak, zorlamayacak web servisleri ön plana çıkmaktadır (Ocak ve Bahadır, 2021). Bu servislerin üretilmesi veri üretim aşamasından sonra olur ve servisler üretildikten sonra kullanıcılar tarafından farklı platformlarda kullanılabilir (Döker ve Ocak, 2020). Web katmanları, klasik CBS çalışmalarında olduğu gibi vektörel ve raster katmanlar olarak depolanır (Döker ve Ocak, 2020). Ancak bu katmanların web uygulamaları üzerinde kullanılabilmesi için web servislerine dönüştürülmesi gerekir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen her türlü mekânsal analizin sonucu ve onlarla ilişkili diğer tüm detaylar (bina, yerleşme, nüfus vb.) web katmanına (web servis) dönüştürülmüştür.

Coğrafi veri tabanında depolanan vektör ve raster veriler web servisi olarak bulut ortamına aktarıldıktan sonra kullanıcılar için bir anlam ifade etmeyebilir. Web servislerinin kullanıcılar tarafından anlaşılması için web haritalarında kullanılması gerekmektedir. Web haritaları daha önce oluşturulan harita servislerinin (WFS, WMS) katman olarak kullanıldığı, çeşitli harita işlemlerinin (ölçek, extent vb.) yapıldığı, katmanlarla ilgili ayarların gerçekleştirildiği ara yüzlerdir (Döker ve Ocak, 2020; Ocak et al., 2023). Web haritası, klasik CBS çalışmalarında üretilen tematik haritaların web servisleri aracılığıyla web üzerinde konuşlandırılmış şeklidir. Web haritası veriler hakkında bilgi sunan etkileşimli açılır pencereler ile kaydırma ve yakınlaştırma için gezinme araçları içermektedir (Döker ve Ocak, 2020). Web haritasının en temel özelliği web servisleri ve web uygulamaları arasında köprü oluşturmaktır. Web

servislerini web katmanı şeklinde web haritası üzerinde kullanarak herhangi bir web ya da mobil uygulamaya yerleştirmek mümkündür.

Web haritaları oluşturulduktan sonra son aşama web ve mobil uygulamaların tasarımıdır. Bu uygulamaların kullanışlı, problemlere çözüm üreten ve kullanıcılarının ihtiyaçlarını karşılaması konusunda bazı yetenekler ile donatılması gerekmektedir. Bu yetenekler web/mobil uygulamalara eklenen araçlar (tool) ile sağlanmaktadır. Bu araçlardan en çok bilinenler ve neredeyse harita tabanlı tüm web/mobil uygulamalarda olan ana sayfa, büyüt, küçült, yazdır, ara, sorgu, paylaş, hakkında, lejant, altlık harita vb. olarak sıralanabilir. Araçlar ile yetenekleri arttırılan web ve mobil uygulamalar hem web servislerini hem de web haritalarını birlikte kullanırlar. Son kullanıcılar kendilerine sunulan imkânlar dahilinde web ve mobil uygulamaların özelliklerinden yararlanmaktadırlar. Web ve mobil uygulamalar fiziksel olarak veri tabanlarında tutulan vektör ve raster verilere çok sayıda kullanıcının erişimini sağlamak ve kurumsal verilerin gizliliğine göre internet ya da intranet üzerinde konuşlanmaktadır.

Çalışma kapsamında web ve mobil uygulamalar üzerinden LADES'ye erişim sağlayan son kullanıcılar bu web servisleri ve web haritaları sayesinde potansiyel duyarlılık sınıflarını, evlerin risk durumlarını, afetzede sorgulama işlemlerini gerçekleştirebilir. Web servisleri ve web haritaları sayesinde LADES'yi kullanan herkes afet öncesinde, afet esnasında ve sonrasında web ve mobil uygulamaların tüm özelliklerinden (sorgulama, yardım çağır, risk durumu öğren vb.) yararlanabilirler (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. LADES işleyiş mantığı (Ocak ve Bahadır, 2018'den değiştirilerek).

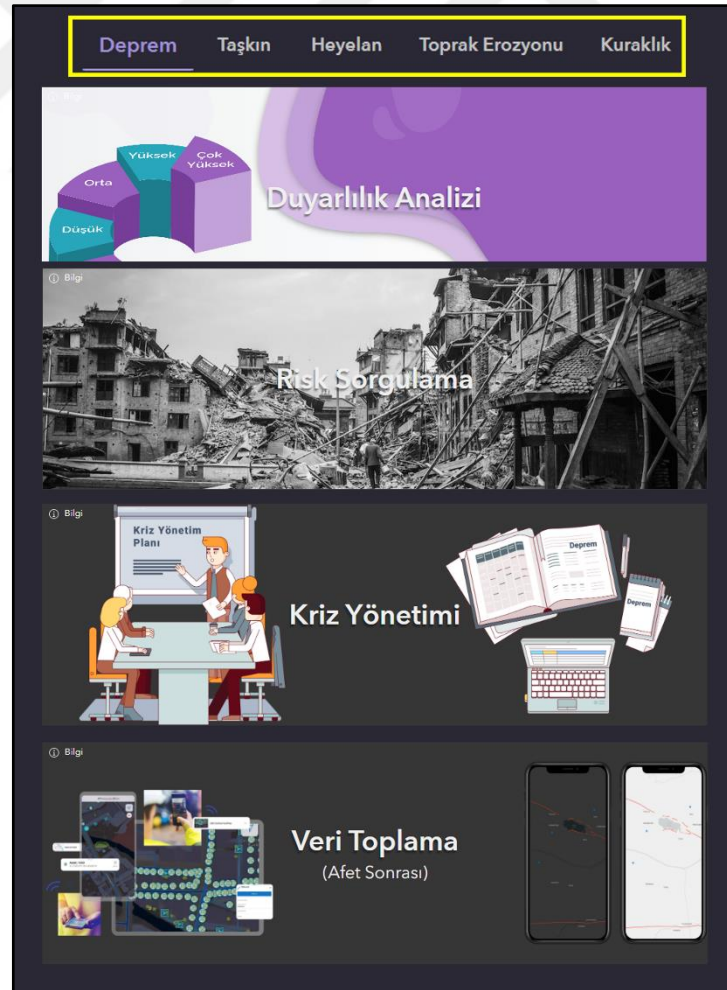
5.5.2. Akıllı Doğal Afet Yönetiminde Örnek Bir Sistem: LADES

Türkiye’de akıllı doğal afet yönetimi kapsamında afet öncesi risklerin azaltılmasına yönelik yapılan çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir (Türk, 2009). 2014 yılında AFAD’ın TAMP’yi devreye almasıyla birlikte AYDES uygulaması hayata geçirilmiştir. Ancak AYDES’in de henüz istenilen ölçekte afet yönetiminde işlevselliğinin sağlanamaması, ulusal düzeyde afet yönetimi kapsamında kullanılacak olan tüm verilerin TUCBS kapsamında henüz üretilmemiş ya da devreye alınmamış olması vb. gibi nedenlerden ötürü doğal afet yönetiminde akıllı sistemlerin kullanım oranında istenilen düzeye erişilememiştir. Yine afet yönetiminin yerel yönetimler tarafından daha çok afet sonrası olarak değerlendirilmesi de en büyük eksiklik olarak dikkat çekmektedir. Doğal afet yönetimindeki bu gibi eksiklerden ötürü afet öncesini, esnasını ve sonrasını birlikte ele alan LADES ismiyle lokal ölçekte prototip olarak farklı bir sistem tasarlanmış ve avantajlarının şu yönde olacağı düşünülmüştür:

- Afet öncesinde, esnasında ve sonrasında hem vatandaş hem yerel yönetimler tarafından aynı anda kullanılabilecek olması.
- Afet öncesi dönemde havzada yaşanması muhtemel afetler hakkında ön bilgiler veriyor olması.
- Yerel yönetimin inisiyatifi doğrultusunda bölge halkının taşınmazlarının deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık özelinde risk seviyelerini göstermesi.
- Afet öncesi dönemde ilgili afetlere yönelik gerçekleştirilen duyarlılık analizleri kapsamında afetler özelinde risk planlamalarının yapılmasına ön ayak olması.
- Havzada muhtemel yaşanabilecek deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık gibi afetlerin ne kadarlık bir alanda hangi seviyede etkili olabileceğini göstermesi.
- Afet esnasında acil yardım çağrılarının gerek çevrimiçi gerekse çevrimdışı afet ve acil durum merkezine gönderilmesini sağlaması.
- Afet sonrası afet ve acil durum kriz masasında yardım çağrılarının yönetilebilmesi ve ihtiyaç sahiplerinin güncel konumlarının belirlenebilmesine yardımcı olması.
- Kullanımının kolay, ekran ara yüzlerinin basit ve sade olması.

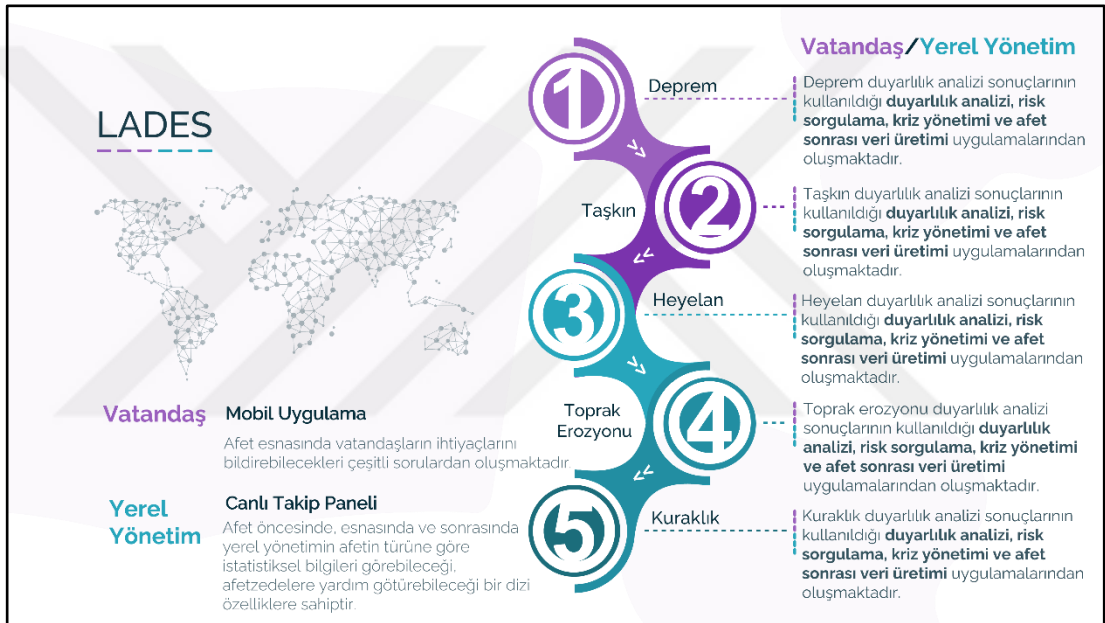
- Deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık için tek bir noktadan afet yönetimini sağlaması.
- Yine bu beş farklı afete ait tüm kayıtların tek bir coğrafi veri tabanında tutuluyor olması ve sürekli güncel kalması.
- Uygulamada kullanılan her türlü verinin web üzerinden güncellenebiliyor olması ve TUCBS kapsamında servis altyapısına uygun çalışabilecek yeterlilikte olması.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen duyarlılık analizi sonuçları ve risk istatistiklerini temel alarak kullanan LADES deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık afetleri düşünülerek tasarlanmış beş (5) farklı ana bölümden oluşmaktadır (deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu, kuraklık) (Şekil 5.7). Çalışma kapsamında dikkate alınan bu afetler için her ne kadar ayrı ayrı web haritaları ve uygulamaları tasarlanmış olsa da LADES afet öncesinin, esnasının ve sonrasında yönetilmesi bakımından bütüncül bir yaklaşım sergilemektedir.



Şekil 5.7. LADES uygulaması afet özel bölümleri.

Akıllı doğal afet yönetimi kapsamında birçok web katmanı, web haritası ve web uygulamasından oluşan LADES, temel olarak vatandaş ve yerel yönetim odaklı olacak şekilde iki farklı senaryoya göre tasarlanmıştır. LADES ile bu afetler kendi içlerinde ayrı ayrı ele alınmış, her bir afet için duyarlılık analizi, risk sorgulama, kriz yönetimi ve veri toplama (afet sonrası) bölümleri oluşturulmuştur (Şekil 5.7; 5.8). Özetle gerek vatandaşların gerek yerel yönetimin tek bir noktadan ulaşabildiği LADES, geçmiş doğal afet kayıtlarını ve afet sonrası kriz yönetimindeki verileri saklayan ve muhtemel afetler için öngöründe bulunan bir yaklaşım sergilemektedir. LADES uygulamasına interneti olan herhangi bir cihazdan <https://arcg.is/081azy> bağlantısını kullanarak erişmek mümkündür.



Şekil 5.8. LADES için hazırlanan vatandaşlar ve yerel yönetimin kullanacağı uygulamalar.

LADES deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık afeti ile ilgili yapılan uygulamalardan oluşmaktadır. Bu uygulamalar; duyarlılık analizi, risk sorgulama, kriz yönetimi, acil yardım ve afet sonrası veri toplama uygulamalarıdır (Şekil 5.7). Tüm afetler için oluşturulan bu uygulamalardan duyarlılık analizi ve risk sorgulama 7/24 vatandaşların kullanımına açıkken, acil yardım ve kriz yönetimi uygulamaları afet esnasında açık olacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca afet sonrası veri toplama uygulaması ise sadece yerel yönetimin kontrolü altında kullanılabilen güvenli bir yapı dahilinde tasarlanmıştır.

LADES kapsamında yer alan afetler için oluşturulan uygulamalar kendi özelinde ele alınmış, tüm afetler için ortak kullanım imkânı sunan mobil uygulama ve yerel

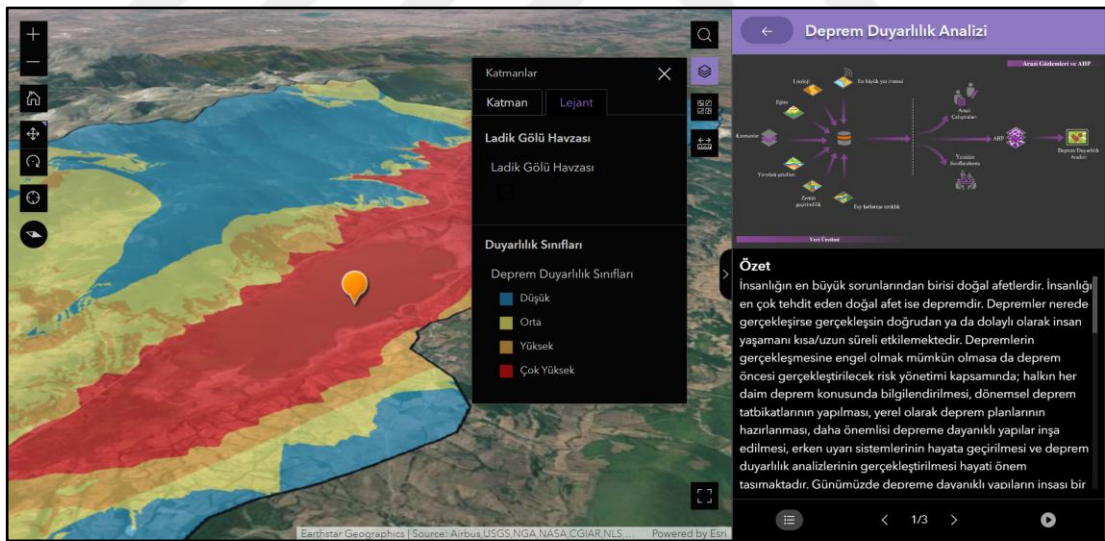
yönetimin afet ve acil durumda kullanacağı canlı takip paneli ise ayrı başlıklar altında açıklanmıştır.

5.5.2.1. Deprem için Tasarlanan Uygulamalar

Bu bölümde deprem afeti kapsamında vatandaşların kullanımına sürekli olarak açık olan ve aynı zamanda yerel yönetim tarafından da kullanılabilen uygulamalar ve barındırdıkları özellikleri açıklanmıştır.

5.5.2.1.1. Deprem Duyarlılık Analizi Web Uygulaması

Afet öncesi dönemde kullanıma açık olan deprem duyarlılık analizi web uygulaması ile bölgede yaşayan tüm vatandaşlar yaşadıkları yerlerin muhtemel bir depreme karşı hangi seviyede (düşük, orta, yüksek, çok yüksek) duyarlı olup olmadığını 2 boyut/3 boyutlu bir şekilde görebilmektedir. Yine deprem duyarlılık analizi web uygulaması ile vatandaşlar yaşadıkları yerin deprem duyarlılık istatistikleri hakkında bilgi sahibi olabilmektedir. Ayrıca bölge halkı deprem duyarlılık analizinin gerçekleştirilmesinde kullanılan yöntem ve coğrafi faktörler ile duyarlılık sınıflarının nasıl oluşturulduğu hakkında bilgi edinebilmektedir (Şekil 5.9).

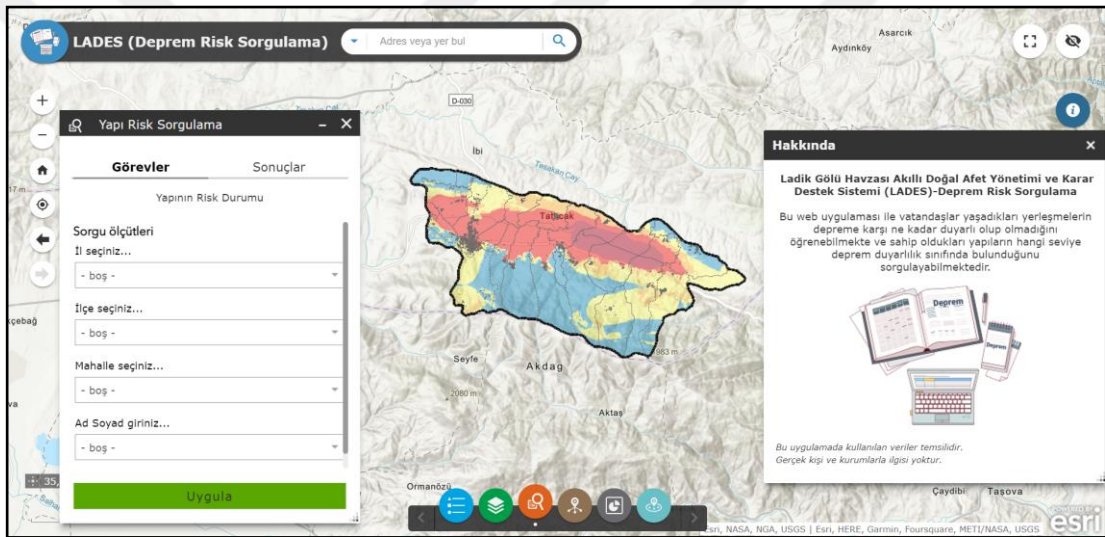


Şekil 5.9. Deprem duyarlılık analizi web uygulaması ara yüzü.

5.5.2.1.2. Deprem Risk Sorgulama Web Uygulaması

Deprem afeti için tasarlanan risk sorgulama isimli web uygulaması da deprem duyarlılık analizi web uygulaması afet öncesi dönemde 7/24 vatandaşların erişimine açıktır. Bu uygulama Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen deprem duyarlılık analizi sonuçlarına göre hem yerel yönetim hem sivil vatandaşlar için yaşadıkları alanların muhtemel deprem afeti öncesi risk durumlarını öğrenebilecekleri bilgiler

içermektedir. Deprem risk sorgulama web uygulamasının yeteneklerini arttırmak için tasarlanan web uygulaması içerisine “yakınımda riskli yapı bul, yapı risk sorgulama, yapı deprem risk özeti, yapılara ait deprem risk oranları ve yapıların mahalle bazlı deprem risk istatistikleri” gibi uygulamayı kullanıcı dostu haline getirecek araçlar (tools) eklenmiştir (Şekil 5.10). Web uygulamasındaki bu araçlar ile vatandaşlar yaşadıkları yerleşmelerin muhtemel bir depreme karşı ne kadar duyarlı olup olmadığını öğrenebilmekte ve sahip oldukları yapıların hangi seviye deprem duyarlılık sınıfında bulunduğunu sorgulayabilmektedir. Yine vatandaşlar kendi taşınmazları etrafındaki riskli yapıları görebilmekte, bu yapılara ne kadar uzaklıkta oldukları hakkında bilgi edinebilmekte ve yaşadıkları mahallede yer alan yapıların ne kadarının riskli grup içinde olup olmadıklarını öğrenebilmektedir.



Şekil 5.10. Deprem risk sorgulama web uygulaması üzerindeki bazı araçlar.

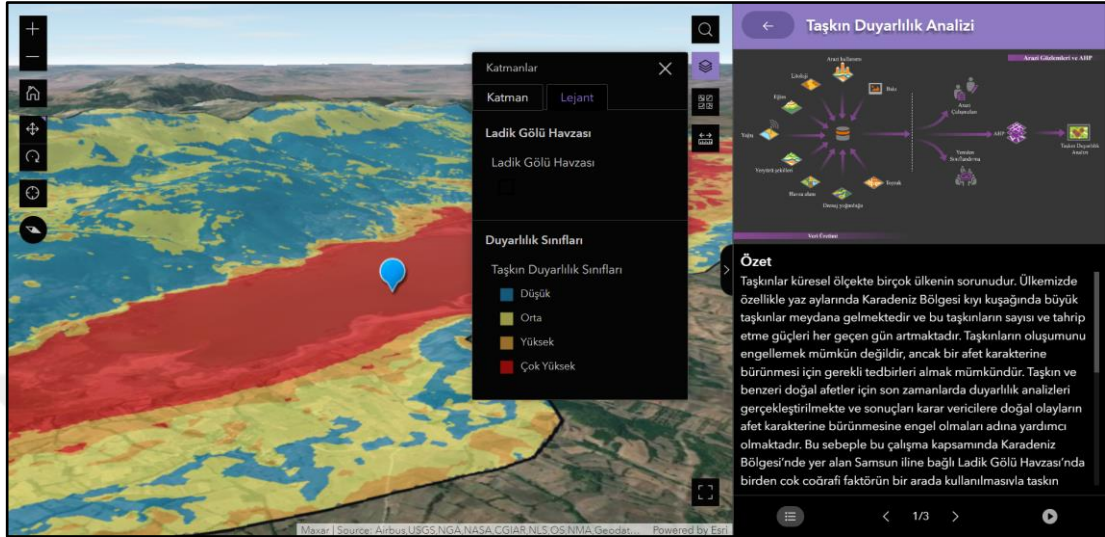
5.5.2.2. Taşkın için Tasarlanan Uygulamalar

Bu bölümde taşkın afeti kapsamında vatandaşların kullanımına sürekli olarak açık olan ve aynı zamanda yerel yönetim tarafından da kullanılabilen uygulamalar ve barındırdıkları özellikleri açıklanmıştır.

5.5.2.2.1. Taşkın Duyarlılık Analizi Web Uygulaması

Taşkın duyarlılık analizi web uygulaması da deprem duyarlılık analizi web uygulaması gibi afet öncesi dönemde kullanıma açıktır. Taşkın duyarlılık analizi web uygulaması ile bölgede yaşayan tüm vatandaşlar yaşadıkları yerlerin muhtemel bir taşkına karşı hangi seviyede (düşük, orta, yüksek, çok yüksek) duyarlı olup olmadığını 2 boyut/3 boyutlu bir şekilde görebilmektedir. Yine taşkın duyarlılık analizi web

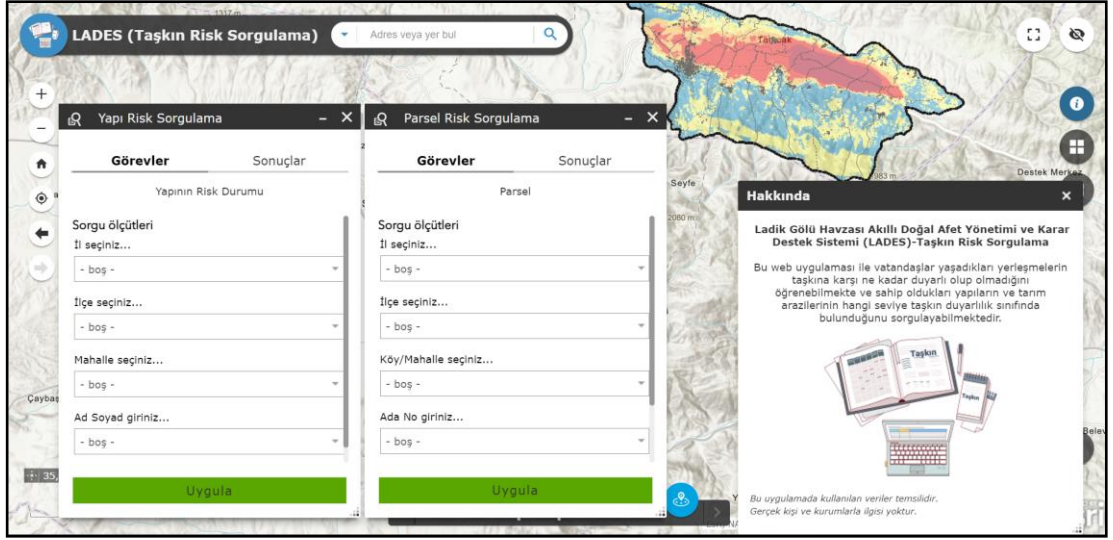
uygulaması ile vatandaşlar yaşadıkları yerlerin taşkın duyarlılık istatistikleri hakkında bilgi sahibi olabilmektedir. Ayrıca bölge halkı taşkın duyarlılık analizinin gerçekleştirilmesinde kullanılan yöntem ve coğrafi faktörler ile duyarlılık sınıflarının nasıl oluşturulduğu hakkında bilgi edinebilmektedir (Şekil 5.11).



Şekil 5.11. Taşkın duyarlılık analizi web uygulaması ara yüzü.

5.5.2.2.2. Taşkın Risk Sorgulama Web Uygulaması

Taşkın afeti için tasarlanan risk sorgulama isimli web uygulaması da taşkın duyarlılık analizi web uygulaması gibi afet öncesi dönemde 7/24 vatandaşların erişimine açıktır. Bu uygulama Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen taşkın duyarlılık analizi sonuçlarına göre hem yerel yönetim hem sivil vatandaşlar için yaşadıkları alanların muhtemel taşkın afeti öncesi risk durumlarını öğrenebilecekleri bilgiler içermektedir. Taşkın risk sorgulama web uygulamasının yeteneklerini arttırmak için tasarlanan web uygulaması içerisine “yakınımda riskli yapı bul, yapı risk sorgulama, parsel risk sorgulama, yapı taşkın risk özeti, yapılara ait taşkın risk oranları ve yapıların mahalle bazlı taşkın risk istatistikleri” gibi uygulamayı kullanıcı dostu haline getirecek araçlar (tools) eklenmiştir (Şekil 5.12). Web uygulamasındaki bu araçlar ile vatandaşlar yaşadıkları yerleşmelerin muhtemel bir taşkına karşı ne kadar duyarlı olup olmadığını öğrenebilmekte ve sahip oldukları yapıların hangi seviye taşkın duyarlılık sınıfında bulunduğunu sorgulayabilmektedir. Yine vatandaşlar kendi taşınmazları (yapı, arsa, parsel) etrafındaki riskli taşınmazları görebilmekte, bu taşınmazlara ne kadar uzaklıkta oldukları hakkında bilgi edinebilmekte ve yaşadıkları mahallede yer alan yapıların ne kadarının riskli grup içinde olup olmadıklarını öğrenebilmektedir.



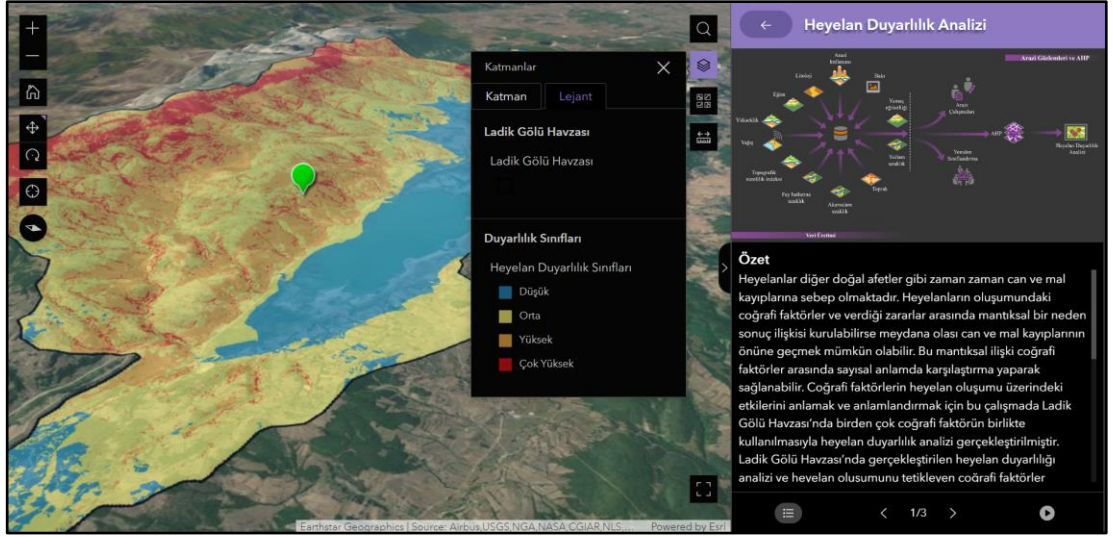
Şekil 5.12. Taşkın risk sorgulama web uygulaması üzerindeki bazı araçlar.

5.5.2.3. Heyelan için Tasarlanan Uygulamalar

Bu bölümde heyelan afeti kapsamında vatandaşların kullanımına sürekli olarak açık olan ve aynı zamanda yerel yönetim tarafından da kullanılabilen uygulamalar ve barındırdıkları özellikleri açıklanmıştır.

5.5.2.3.1. Heyelan Duyarlılık Analizi Web Uygulaması

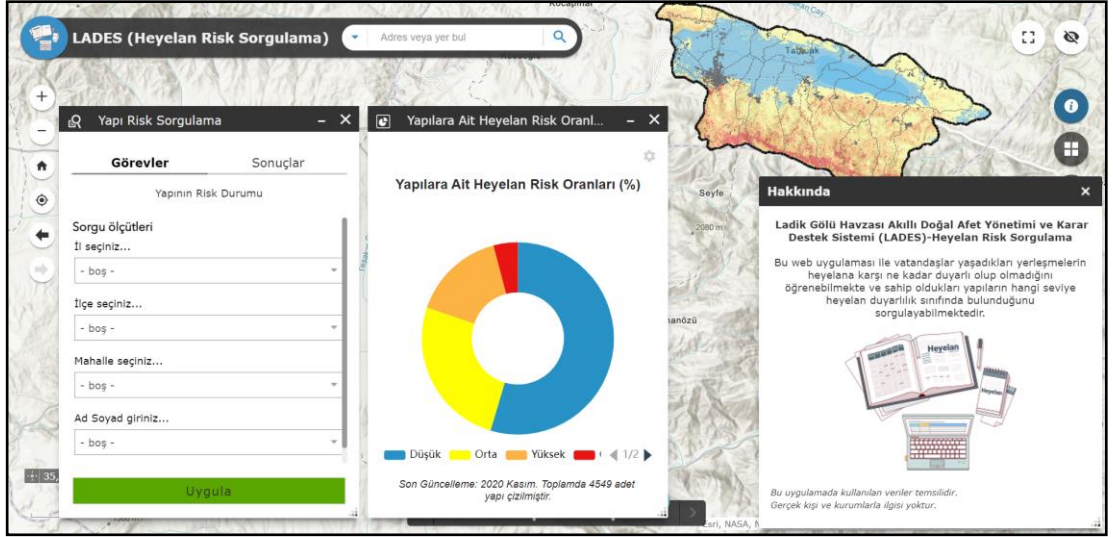
Heyelan duyarlılık analizi web uygulaması da deprem ve taşkın duyarlılık analizi web uygulamaları gibi afet öncesi dönemde kullanıma açıktır. Heyelan duyarlılık analizi web uygulaması ile bölgede yaşayan tüm vatandaşlar yaşadıkları yerlerin muhtemel bir heyelana karşı hangi seviyede (düşük, orta, yüksek, çok yüksek) duyarlı olup olmadığını 2 boyut/3 boyutlu bir şekilde görebilmektedir. Yine heyelan duyarlılık analizi web uygulaması ile vatandaşlar yaşadıkları yerlerin heyelan duyarlılık istatistikleri hakkında bilgi sahibi olabilmektedir. Ayrıca bölge halkı heyelan duyarlılık analizinin gerçekleştirilmesinde kullanılan yöntem ve coğrafi faktörler ile duyarlılık sınıflarının nasıl oluşturulduğu hakkında bilgi edinebilmektedir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13. Heyelan duyarlılık analizi web uygulaması ara yüzü.

5.5.2.3.2. Heyelan Risk Sorgulama Web Uygulaması

Heyelan afeti için tasarlanan risk sorgulama isimli web uygulaması da heyelan duyarlılık analizi web uygulaması gibi afet öncesi dönemde 7/24 vatandaşların erişimine açıktır. Bu uygulama Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen heyelan duyarlılık analizi sonuçlarına göre hem yerel yönetim hem sivil vatandaşlar için yaşadıkları alanların muhtemel heyelan afeti öncesi risk durumlarını öğrenebilecekleri bilgiler içermektedir. Heyelan risk sorgulama web uygulamasının yeteneklerini arttırmak için tasarlanan web uygulaması içerisine “yakınımda riskli yapı bul, yapı risk sorgulama, yapı heyelan risk özeti, yapılara ait heyelan risk oranları ve yapıların mahalle bazlı heyelan risk istatistikleri” gibi uygulamayı kullanıcı dostu haline getirecek araçlar (tools) eklenmiştir (Şekil 5.14). Web uygulamasındaki bu araçlar ile vatandaşlar yaşadıkları yerleşmelerin muhtemel bir heyelana karşı ne kadar duyarlı olup olmadığını öğrenebilmekte ve sahip oldukları yapıların hangi seviye heyelan duyarlılık sınıfında bulunduğunu sorgulayabilmektedir. Yine vatandaşlar kendi taşınmazları etrafındaki riskli taşınmazları görebilmekte, bu taşınmazlara ne kadar uzaklıkta oldukları hakkında bilgi edinebilmekte ve yaşadıkları mahallede yer alan yapıların ne kadarının riskli grup içinde olup olmadıklarını öğrenebilmektedir.



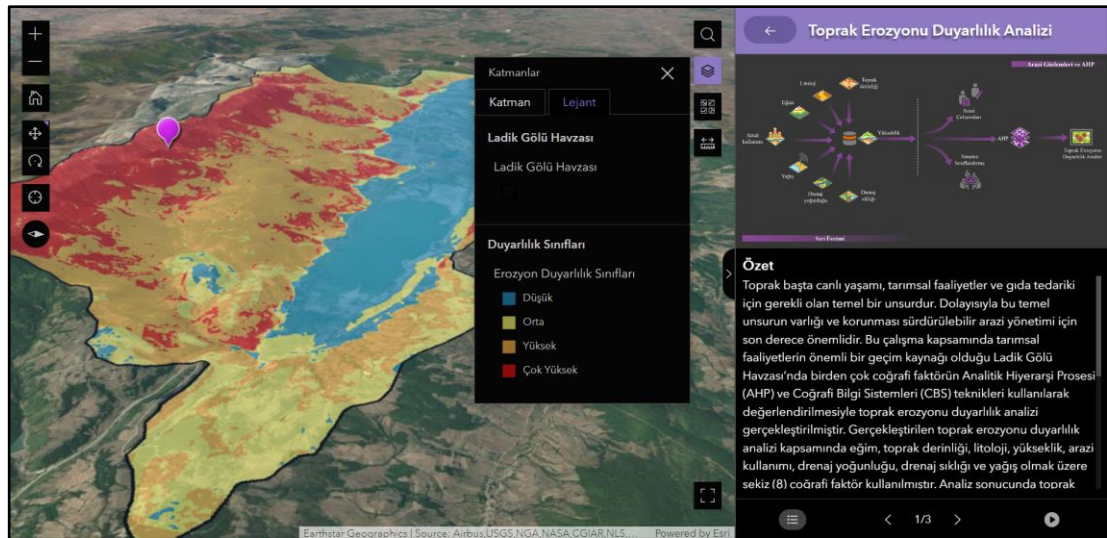
Şekil 5.14. Heyelan risk sorgulama web uygulaması üzerindeki bazı araçlar.

5.5.2.4. Toprak Erozyonu için Tasarlanan Uygulamalar

Bu bölümde toprak erozyonu kapsamında vatandaşların kullanımına sürekli olarak açık olan ve aynı zamanda yerel yönetim tarafından da kullanılabilen uygulamalar ve barındırdıkları özellikleri açıklanmıştır.

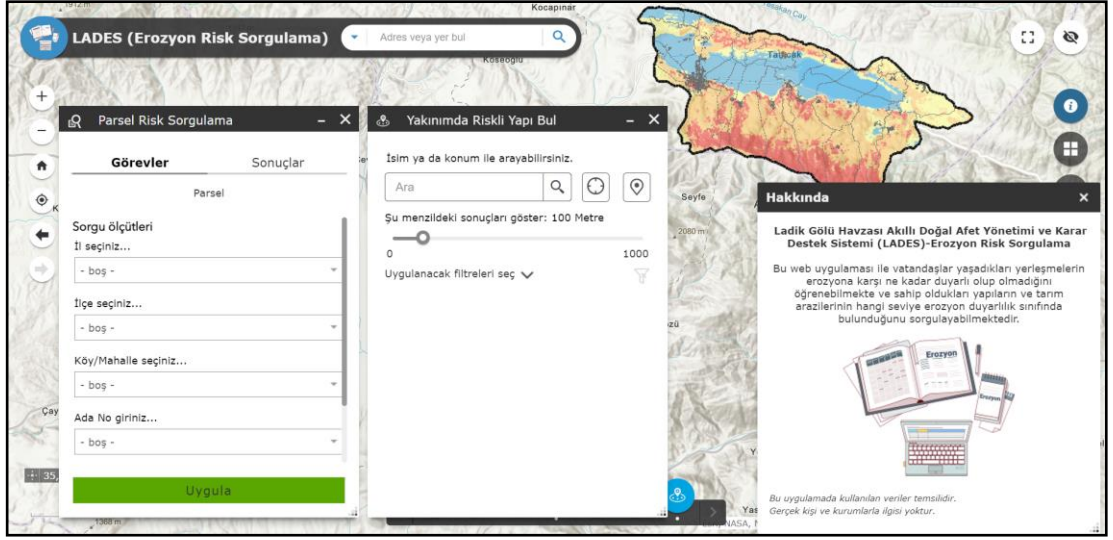
5.5.2.4.1. Toprak Erozyonu Duyarlılık Analizi Web Uygulaması

Toprak erozyonu duyarlılık analizi web uygulaması da deprem, taşkın ve heyelan duyarlılık analizi web uygulamaları gibi afet öncesi dönemde kullanıma açıktır. Toprak erozyonu duyarlılık analizi web uygulaması ile bölgede yaşayan tüm vatandaşlar yaşadıkları yerlerin toprak erozyonuna karşı hangi seviyede (düşük, orta, yüksek, çok yüksek) duyarlı olup olmadığını 2 boyut/3 boyutlu bir şekilde görebilmektedir. Yine toprak erozyonu duyarlılık analizi web uygulaması ile vatandaşlar yaşadıkları yerlerin toprak erozyonu duyarlılık istatistikleri hakkında bilgi sahibi olabilmektedir. Ayrıca bölge halkı toprak erozyonu duyarlılık analizinin gerçekleştirilmesinde kullanılan yöntem ve coğrafi faktörler ile duyarlılık sınıflarının nasıl oluşturulduğu hakkında bilgi edinebilmektedir (Şekil 5.15).



5.5.2.4.2. Toprak Erozyonu Risk Sorgulama Web Uygulaması

Toprak erozyonu için tasarlanan risk sorgulama isimli web uygulaması da toprak erozyonu duyarlılık analizi web uygulaması gibi afet öncesi dönemde 7/24 vatandaşların erişimine açıktır. Bu uygulama Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen toprak erozyonu duyarlılık analizi sonuçlarına göre hem yerel yönetim hem sivil vatandaşlar için yaşadıkları alanların toprak erozyonu risk durumlarını öğrenebilecekleri bilgiler içermektedir. Toprak erozyonu risk sorgulama web uygulamasının yeteneklerini arttırmak için tasarlanan web uygulaması içerisine “yakınımda riskli yapı bul, yapı risk sorgulama, parsel risk sorgulama, yapı erozyon risk özeti, yapılara ait erozyon risk oranları ve yapıların mahalle bazlı erozyon risk istatistikleri” gibi uygulamayı kullanıcı dostu haline getirecek araçlar (tools) eklenmiştir (Şekil 5.16). Web uygulamasındaki bu araçlar ile vatandaşlar yaşadıkları yerleşmelerin toprak erozyonuna karşı ne kadar duyarlı olup olmadığını öğrenebilmekte ve sahip oldukları yapıların hangi seviye duyarlılık sınıfında bulunduğunu sorgulayabilmektedir. Yine vatandaşlar kendi taşınmazları (yapı, arsa, parsel) etrafındaki riskli taşınmazları görebilmekte, bu taşınmazlara ne kadar uzaklıkta oldukları hakkında bilgi edinebilmekte ve yaşadıkları mahallede yer alan yapıların ne kadarının riskli grup içinde olup olmadıklarını öğrenebilmektedir.



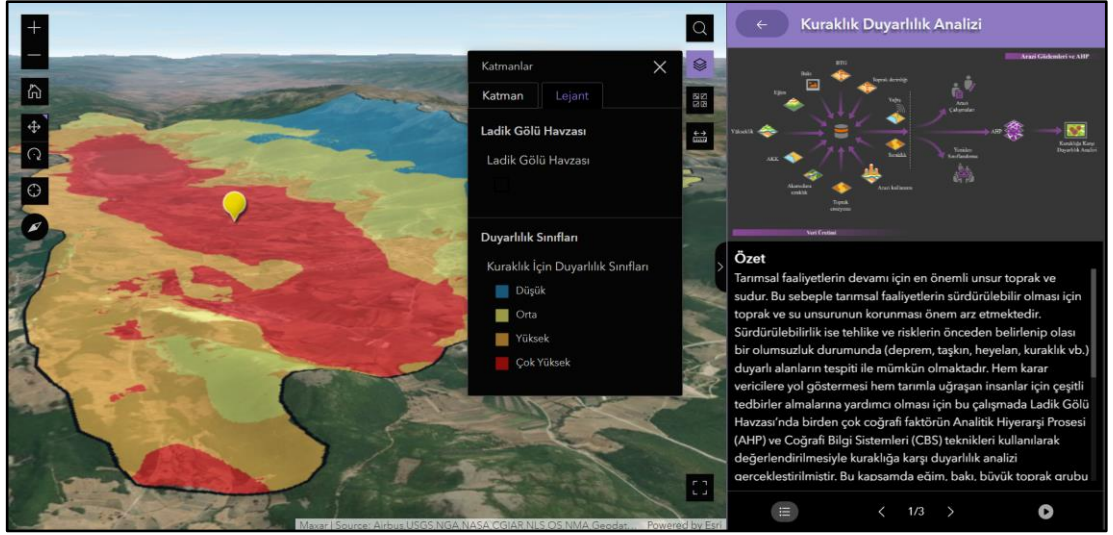
Şekil 5.16. Toprak erozyonu risk sorgulama web uygulaması üzerindeki bazı araçlar.

5.5.2.5. Kuraklık için Tasarlanan Uygulamalar

Bu bölümde kuraklık afeti kapsamında vatandaşların kullanımına sürekli olarak açık olan ve aynı zamanda yerel yönetim tarafından da kullanılabilen uygulamalar ve barındırdıkları özellikleri açıklanmıştır.

5.5.2.5.1. Kuraklık Duyarlılık Analizi Web Uygulaması

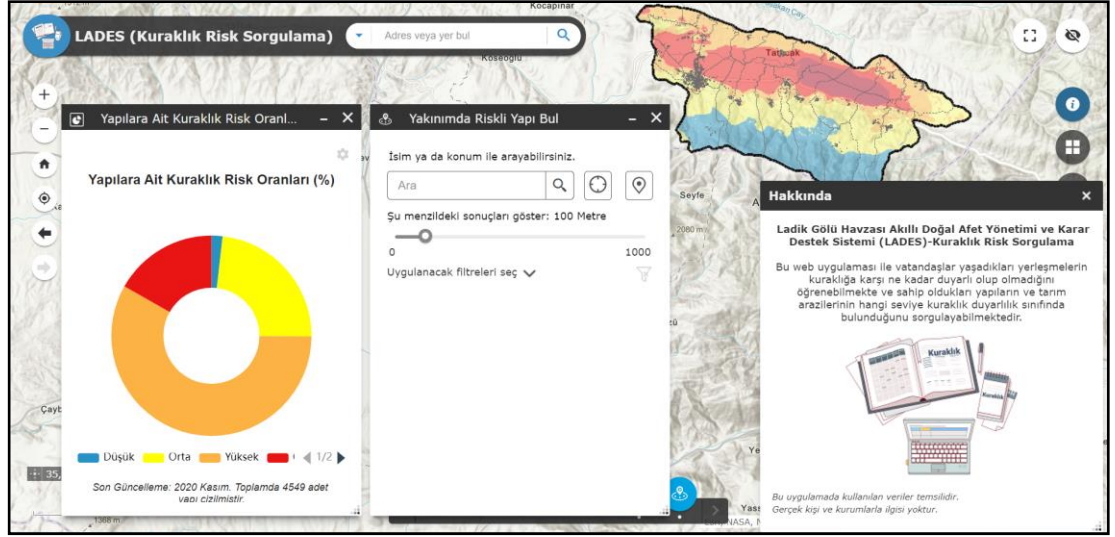
Kuraklık duyarlılık analizi web uygulaması da deprem, taşkın, heyelan ve toprak erozyonu duyarlılık analizi web uygulamaları gibi afet öncesi dönemde kullanıma açıktır. Kuraklık duyarlılık analizi web uygulaması ile bölgede yaşayan tüm vatandaşlar yaşadıkları yerlerin kuraklığa karşı hangi seviyede (düşük, orta, yüksek, çok yüksek) duyarlı olup olmadığını 2 boyut/3 boyutlu bir şekilde görebilmektedir. Yine kuraklık duyarlılık analizi web uygulaması ile vatandaşlar yaşadıkları yerlerin kuraklık için duyarlılık istatistikleri hakkında bilgi sahibi olabilmektedir. Ayrıca bölge halkı kuraklık duyarlılık analizinin gerçekleştirilmesinde kullanılan yöntem ve coğrafi faktörler ile duyarlılık sınıflarının nasıl oluşturulduğu hakkında bilgi edinebilmektedir (Şekil 5.17).



Şekil 5.17. Kuraklık duyarlılık analizi web uygulaması ara yüzü.

5.5.2.5.2. Kuraklık Risk Sorgulama Web Uygulaması

Kuraklık için tasarlanan risk sorgulama isimli web uygulaması da kuraklık duyarlılık analizi web uygulaması gibi afet öncesi dönemde 7/24 vatandaşların erişimine açıktır. Bu uygulama Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen kuraklık duyarlılık analizi sonuçlarına göre hem yerel yönetim hem sivil vatandaşlar için yaşadıkları alanların kuraklık risk durumlarını öğrenebilecekleri bilgiler içermektedir. Kuraklık risk sorgulama web uygulamasının yeteneklerini arttırmak için tasarlanan web uygulaması içerisine “yakınımda riskli yapı bul, yapı risk sorgulama, parsel risk sorgulama, yapı kuraklık risk özeti, yapılara ait kuraklık risk oranları ve yapıların mahalle bazlı kuraklık risk istatistikleri” gibi uygulamayı kullanıcı dostu haline getirecek araçlar (tools) eklenmiştir (Şekil 5.18). Web uygulamasındaki bu araçlar ile vatandaşlar yaşadıkları yerleşmelerin kuraklığa karşı ne kadar duyarlı olup olmadığını öğrenebilmekte ve sahip oldukları yapıların hangi seviye duyarlılık sınıfında bulunduğunu sorgulayabilmektedir. Yine vatandaşlar kendi taşınmazları (yapı, arsa, parsel) etrafındaki riskli taşınmazları görebilmekte, bu taşınmazlara ne kadar uzaklıkta oldukları hakkında bilgi edinebilmekte ve yaşadıkları mahallede yer alan yapıların ne kadarının riskli grup içinde olup olmadıklarını öğrenebilmektedir.

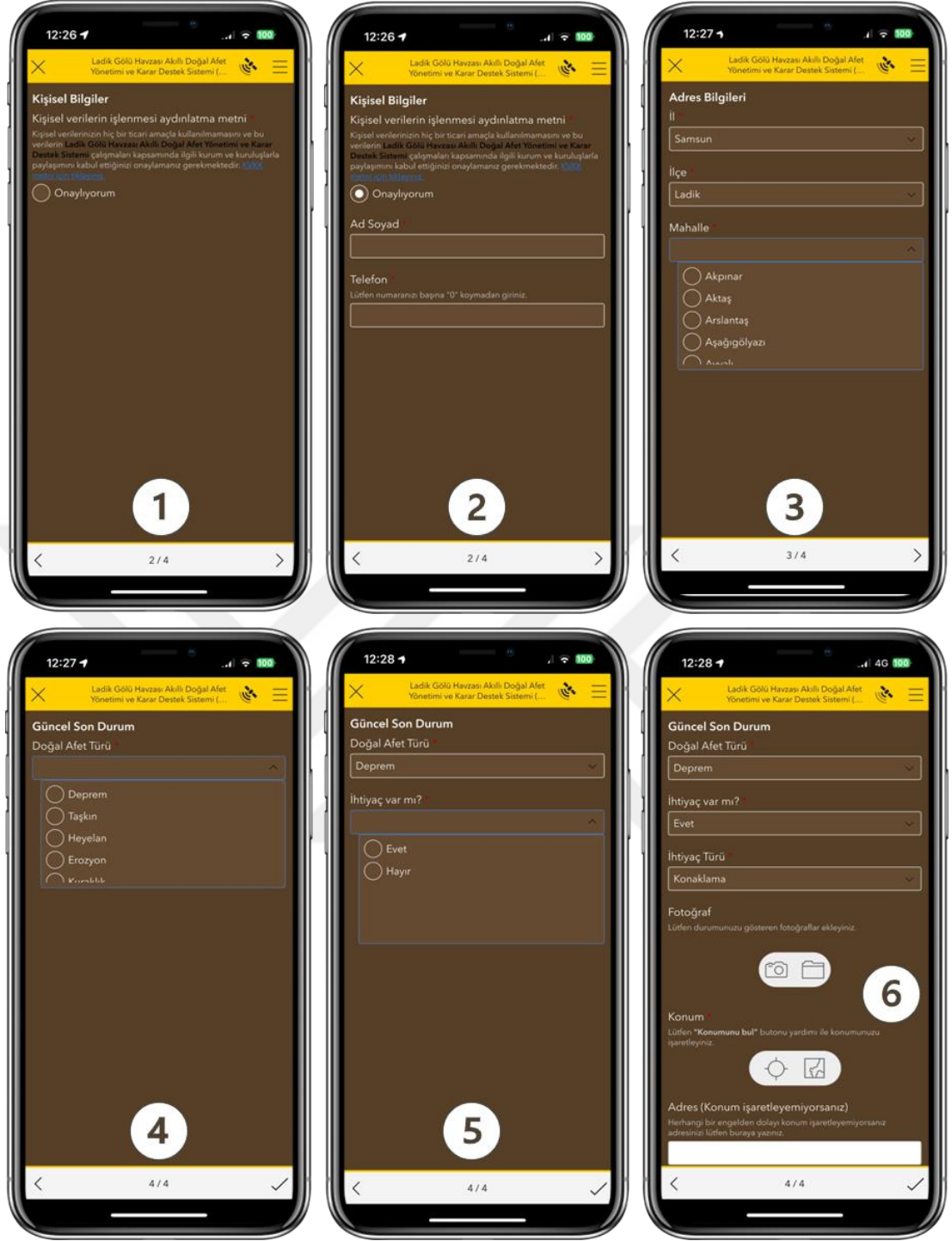


Şekil 5.18. Kuraklık risk sorgulama web uygulaması üzerindeki bazı araçlar.

5.5.2.6. Web ve Mobil Tabanlı Acil Yardım Uygulaması

Web ve mobil uygulamalar son kullanıcıların mobil cihazlar ya da web tarayıcıları üzerinden erişebildikleri, kullanımı kolay ve harita tabanlı ara yüzlere sahip programlardır (Ocak et al., 2023). Yine bu uygulamalar son kullanıcıların bireysel olarak erişemeyeceği verilere ve önemli birçok özelliğe (yapı, turizm, hastane, trafik yoğunluğu vb.) web servisleri üzerinden erişim imkânı sunmaktadırlar. Ayrıca web ve mobil tabanlı bu uygulamalara interneti olan herhangi bir cihaz üzerinden erişim imkânı olması da son kullanıcılar için oldukça önemli bir avantajdır. Bu tür uygulamalar eğitimden sağlığa, ulaşımdan turizme, bankacılıktan sosyal yardımlaşmaya kadar birçok alanda da kullanılmaktadır. Hem bahsedilen özellik ve avantajları hem de oldukça geniş yelpazede kullanılıyor olmasından dolayı web ve mobil tabanlı bu uygulamalar afet yönetiminde de önemli bir araç haline gelmiştir.

LADES'nin bütünleşik bir akıllı doğal afet yönetim sistemi olması ve hem kullanım kolaylığı hem de sağladığı avantajlar nedeniyle web ve mobil tabanlı uygulamalara çalışma kapsamında yer verilmiştir. Bu bağlamda özellikle muhtemel bir afet anında afetzedelerin güncel konumlarını bu uygulamalar üzerinden bildirebilmesi, ihtiyaç sahiplerinin ihtiyaçlarının tespit edilmesi ve afet sonrası sahadan güncel ve sürekli veri akışının sağlanması bakımından hem vatandaşların hem de yetkili kişilerin kullanabileceği “Acil Yardım” isimli mobil uygulama tasarlanmıştır (Şekil 5.19).



Şekil 5.19. Acil yardım mobil uygulama ara yüzleri.

Acil Yardım mobil uygulaması sadece afet anında erişime açık olup bir dizi afet yönetimi sorularından oluşmaktadır. Bunlar;

- Afettede kişisel bilgiler (Ad, soyadı, telefon numarası).
- Adres bilgileri (il, ilçe, mahalle).
- Son güncel durum
 - Maruz kalınan afet (Deprem, taşkın, heyelan vb.)

- İhtiyaç var mı? (Evet, hayır).
- İhtiyaç türü (Gıda, giyim, hijyen, konaklama, maddi/psikolojik yardım ve diğer).
- Fotoğraf ekleme.
- Güncel konum işaretleme.

5.5.2.7. Afet ve Acil Durum Kriz Yönetimi Uygulaması

Hem vatandaşlar için afetlerle ilgili öz bilgiler sunması hem de yerel yönetimlerin afet anında kriz yönetimini sağlayabilmesi için LADES bünyesinde canlı takip paneli tasarlanmıştır (Şekil 5.20). Bu uygulamaya Acil Yardım uygulaması gibi hem web tarayıcılardan hem de mobil cihazlardan erişilebilmektedir. Afet ve Acil Durum Kriz Yönetimi ismi verilen bu canlı takip paneli deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık gibi afetlere yönelik gelen yardım çağrılarının takip edilmesi, yönetilmesi, kayıtlarının tutulması ve gelen yardım taleplerinin karşılanmasını sağlaması bakımından çeşitli avantajlar sunmaktadır. Bu uygulama sayesinde afet bölgesindeki taleplerin hangi yönde ve yoğunlukta olduğu, gerçek zamanlı olarak afetzedelerin konumları ve ihtiyaçlarının karşılanıp karşılanmadığı, afetzedeler ile iletişime geçilip geçilmediği gibi konular hakkında hem sivil vatandaşların hem de yetkili kişi ya da kurumların bilgilendirilmesi sağlanmaktadır. Afet ve Acil Durum Kriz Yönetimi isimli bu uygulama ile;

- Doğal afet türüne göre filtreleme yapılabilmekte ve böylece ilgili afete yönelik bilgilere erişilebilmektedir.
- Doğal afet türüne göre gelen yardım çağrılarına ait istatistikler görülebilmektedir.
- Doğal afet türüne göre kaç kişiye yardım edildiği, kaç kişinin yardıma ihtiyacı olmadığı ve henüz kaç kişiye ulaşamadığı gibi bilgiler görülebilmektedir.
- Bölgede yaşayan ya da uygulamaya erişen herkes kendi yakınlarının son durumlarını öğrenebilmektedir.



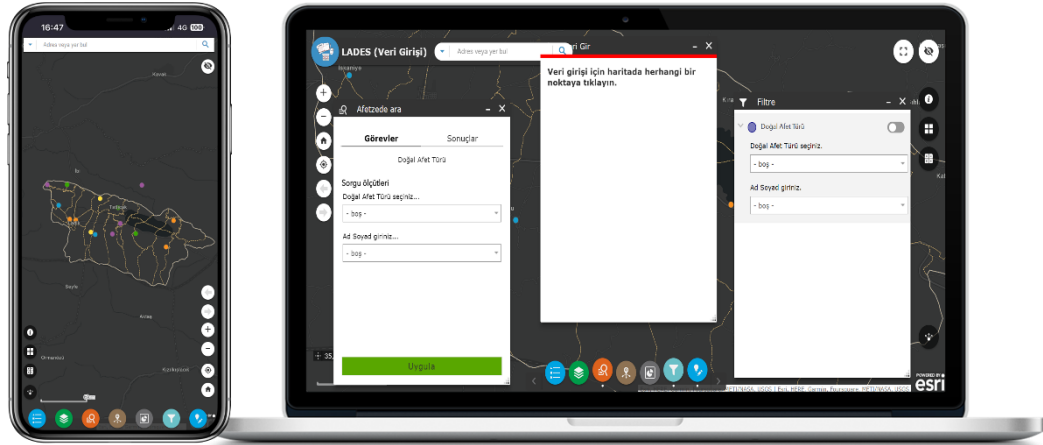
Şekil 5.20. Afet ve acil durum kriz yönetimi canlı takip paneli.

5.5.2.8. Afet Sonrası Veri Toplama Uygulaması

Afet sonrası verilerin toplanması ve doğruluğunun sağlanması afet yönetimi konusunda son derece önemlidir. Afet yönetiminde doğru ve güncel verinin toplanabilmesi için de birtakım işlemlerin sıralı bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir. LADES kapsamında verilerin doğruluğunu ve güncelliğini sağlamak için hem web tarayıcılarından hem de mobil cihazlardan erişilebilen Afet Sonrası Veri Toplama isimli bir uygulama tasarlanmıştır (Şekil 5.21). Bu uygulamaya afetin gerçekleşme anından kriz yönetiminin sonuna kadar sadece yetkili kişiler erişebilmektedir. Uygulamanın işleyiş mantığı ise şöyledir:

- İlgili uygulama afetzedelerin acil yardım talebi ile devreye girer ve sahadan veri akışı başlar.
- Afetzedelerden gelen acil durum bildirimleri öncelikle afet ve acil durum merkezinin takip ekranına düşer.
- Afetzedelerden gelen her çağrı için bir talep kaydı oluşturulur.
- Afet ve acil durum merkezinde ilgili talepler değerlendirilir ve verilerin hem güncelliği (mükerrer kayıtların temizlenmesi, konum doğruluğunu teyit edilmesi vb.) hem de doğruluğu sağlanır.
- Verilerin doğruluğu teyit edildikten sonra yardım talebinde bulunan afetzedeler için yardım ekibi ve yardım malzemesi gönderilir.
- İlgili afetzedenin ihtiyacı karşılandıktan sonra yardım talebi için oluşturulan talep ya sahada ya da ofiste yardım ekibi tarafından güncellenir ve ilgili talep kapatılmış olur.

- Yardımların bu hiyerarşide gerçekleştirilmesi taleplerin de sağlıklı bir şekilde yönetilmesini sağlar.



Şekil 5.21. Afet sonrası veri toplama uygulama ara yüzü.

Özetle LADES, vatandaşların afet öncesinde sürekli kullanabileceği duyarlılık analizi ve risk sorgulama uygulamaları, afet esnasında yine vatandaşların kullanımına açık olacak acil yardım mobil uygulaması, afet sonrasında ise hem vatandaşların hem de yerel yönetimin birlikte kullanabileceği afet ve acil durum kriz yönetimi canlı takip paneli ile sadece yetkili kişilerin kullanabileceği afet sonrası veri toplama uygulamalarından oluşmaktadır (Şekil 5.8).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Birden çok doğal afetin birlikte değerlendirildiği ve bütünleşik akıllı doğal afet yönetim sisteminin hedeflendiği bu çalışmanın sonuçları deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu, kuraklık için gerçekleştirilen duyarlılık ve çoklu duyarlılık analizi gibi alt başlıklarda değerlendirilmiştir.

6.1. Deprem Duyarlılığı

Günümüzde erken uyarı sistemi çalışmalarında hala istenilen olgunluğa ulaşılamaması ve dolayısıyla depremlerin önceden tahmin edilememesi deprem duyarlılık analizi çalışmalarının önem kazanmasını tetiklemiştir. Depremlerin yeri, büyüklüğü, derinliği ve çeşitli diğer özelliklerinde halihazırda yaşanan belirsizlikler deprem duyarlılık analizi çalışmalarını doğal afet risk yönetimi kapsamında önemli bir karar verme mekanizmasına dönüştürmüştür (Uzunçibuk, 2005; Reza et al., 2013; Özşahin, 2014a). Özellikle bu analizler deprem öncesi risk yönetimi kapsamında yerleşmeler için uygun yerlerin belirlenmesinde mekânsal görseller sağlayarak destek olmaktadır.

Yerleşme dönemi boyunca en büyük depremi 26 Kasım 1943 tarihinde (Mw 7,2 büyüklük) yaşamış olan Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen deprem duyarlılık analizi, sahanın hala deprem riski ile karşı karşıya olduğunu göstermektedir. Çünkü havzanın önemli bir kısmı depreme karşı duyarlıdır (Tablo 6.1). Ladik Gölü Havzası'nda potansiyel deprem duyarlılık sınıflarının belirlendiği deprem duyarlılık analizinde altı (6) ana coğrafi faktör ve bu faktörlere ait toplamda 28 adet alt kriter kullanılmıştır. Tüm bu kriterler için AHP ile ağırlık oranları belirlenmiş ve bu ağırlık oranları CBS teknikleriyle ana coğrafi faktörlere işlenerek mekânsal duyarlılık sınıfları ortaya konmuştur. Yine deprem duyarlılık analizi kapsamında daha fazla faktör dikkate alınmak istenmiş, ancak çalışma sahasında sadece altı (6) adet ana coğrafi faktöre ait verilere erişilebildiğinden daha fazla coğrafi faktör kullanılamamıştır. Bu tür çalışmalarda ne kadar fazla coğrafi faktör kullanılabilirse analiz sonuçlarının hassasiyetinin o denli artacağı kuvvetle muhtemeldir. Özetle;

- Araştırma sahasında duyarlılık analizi gerçekleştirilen beş (5) doğal afet için yüksek ve çok yüksek duyarlı alanların dikkate alınarak oluşturulduğu sıralamada deprem %39,68'lik oranla 3. sırada yer almıştır.

- Deprem duyarlılık analizi kapsamında kullanılan coğrafi faktörler arasında ağırlığı en fazla olan ve dolayısıyla deprem duyarlılık analizinde en etkili olan kriter %36,6 oranı ile litoloji faktörü olmuştur.
- Aynı şekilde deprem duyarlılık analizinde etkisi en düşük olan coğrafi faktör ise %4,7 oranı ile yeryüzü şekilleri faktörü olmuştur.
- Deprem duyarlılık analizi kapsamında kullanılan ana coğrafi faktörler arasındaki ikili karşılaştırma matrisine göre genel tutarlılık oranı %8 olarak hesaplanmıştır.
- Havza içerisinde yer alan ilçe merkezi dahil yerleşmelerin çoğunun deprem duyarlılığının yüksek ve çok yüksek olduğu alanlarda yer aldığı tespit edilmiştir.
- Çok yüksek duyarlılığa sahip olan alanların eğimin neredeyse çok az olduğu havza tabanında yer aldığı, havzada deprem açısından en düşük duyarlılığa sahip yerlerin ise havzanın güney yamaçları ve yüksek kesimlerinde bulunduğu tespit edilmiştir.
- Havza içerisinde yer alan ilçe merkezi dahil yerleşmelerin çoğu deprem duyarlılığının yüksek ve çok yüksek olduğu alanda bulunmaktadır. Ayrıca çalışma sahasındaki yapıların yaklaşık %72'sinin (3.289 adet) deprem duyarlılığının yüksek ve çok yüksek olduğu alanda yer aldığı tespit edilmiştir (Tablo 6.1). Bu yapılarda ise nüfusun %90'ı yaşamaktadır (10.670 kişi). Bu durum da muhtemel bir depremde riskin ne denli büyük olabileceğini göstermektedir.

Tablo 6.1. Ladik Gölü Havzası'ndaki yapıların depremlere karşı duyarlılık durumları.

Duyarlılık Sınıfları	Alan		Yapı Sayısı
	km ²	%	
Düşük	49,84	33,72	427
Orta	39,32	26,60	833
Yüksek	15,65	10,59	1.181
Çok Yüksek	42,99	29,09	2.108
TOPLAM	147,80	100	4.549

6.2. Taşkın Duyarlılığı

Ladik Gölü Havzası hem küçük hem drenajı yoğun bir havza olması nedeniyle akarsular tarafından taşınan malzemelerin bol olduğu bir sahadır. Bu sebeple havza taşkın/sel tehlikesine karşı duyarlı bir yapı sergilemektedir. Yapılan taşkın duyarlılık

analizi de sahanın %33,19'unun yüksek ve çok yüksek duyarlılık taşıdığını göstermiştir (Tablo 6.2). Ladik Gölü Havzası'nda taşkına duyarlı sınıfların belirlendiği analizde dokuz (9) ana coğrafi faktör ve bu faktörlere ait toplamda 51 adet alt kriter kullanılmıştır. AHP ve CBS tekniklerinin birlikte kullanılması ile gerçekleştirilen taşkın duyarlılık analizi sonucunda elde edilen nihai sonuç düşük, orta, yüksek ve çok yüksek şeklinde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır. Özetle;

- Araştırma sahasında duyarlılık analizi gerçekleştirilen beş (5) doğal afet için yüksek ve çok yüksek duyarlı alanların dikkate alınarak oluşturulduğu sıralamada taşkın %33,19'luk oranla 5. sırada yer almıştır.
- Taşkın duyarlılığının düşük olduğu alanlar havzanın güneyindeki dağlık kesimler ile havza genelindeki ormanlık alanlar olarak tespit edilmiştir. Araştırma sahasındaki bu alanların oranı %36,77'dir. Bu alanlarda ya yamaç eğimi fazladır ya da bu alanlar yoğun bir bitki örtüsüne sahiptir. Yüksek kesimlerden kaynağını alan küçük dereler yamaç eğiminin fazla olmasından dolayı buralardaki suların hızlı bir şekilde drene edilmesini sağlaması ve bitki örtüsünün de suların infiltre edilmesine katkı vermesi nedeniyle bu alanlarda taşkın duyarlılığı düşük çıkmıştır.
- Orta düzey taşkın duyarlılığına sahip alanlar havzada genellikle mera alanları ile depresyon alanının düşük eğime sahip olduğu yerler olarak tespit edilmiştir. Araştırma sahasındaki bu alanların oranı %30,03'tür. Bu alanda eğimin nispeten daha az olması, toprak türünün kahverengi orman ve kestanerengi topraklara dönüşmesi, bitki örtüsünün daha seyrek olması gibi nedenlerden ötürü taşkın duyarlılığının orta düzeyde kaldığını söylemek mümkündür.
- Yüksek düzey taşkın duyarlılık sınıfının havzada birikinti konileri ile yerleşim alanlarının kurulduğu sahalar olarak tespit edilmiştir. Araştırma sahasındaki bu alanların oranı %11,43'tür. Ladik ilçe merkezi de yüksek taşkın duyarlılığına sahip alan içinde kalmaktadır. 8 Haziran 1971 yılında gerçekleşen Değirmen Dere taşkını da bu alanın yüksek duyarlılıkta olduğunu göstermektedir. Yine ilçe merkezinin bu alan üzerinde kurulu olması, ekonomik faaliyetlerin çoğunun burada gerçekleştiriliyor olması ve her geçen gün artan yapılaşma olası bir taşkının etkilerini daha da arttıracak unsurlar olarak dikkat çekmektedir.

- Ladik Gölü Havzası'nda taşkın duyarlılığının çok yüksek olduğu yerlerin oranı %21,77'dir. Bu oran, yüksek taşkın duyarlılığına sahip alanların iki katından fazladır ve sahanın taşkın afeti açısından önemini ortaya koymaktadır. Çok yüksek taşkın duyarlılığının bu denli yüksek orana sahip olması havzadaki düz ve düze yakın alanların varlığı ile yakından ilgilidir. Eğimin az ya da çok az olduğu bu düz alanlar havzanın neredeyse yarısını kaplamaktadır. Yine havzadaki Kuvaterner yaşlı alüvyonlar, hidromorfik ve alüvyal topraklar, drenaj yoğunluğu ile tarım arazilerinin varlığı taşkın duyarlılığının çok yüksek olmasındaki ana faktörlerdir.
- Ladik Gölü Havzası için gerçekleştirilen taşkın duyarlılık analizi bu havzanın taşkın açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir. Havza içerisinde yer alan yerleşmeden üç (3) tanesi (Çakırgümü, Büyükkızıoğlu, Küçükkızıoğlu) taşkın duyarlılığının çok yüksek olduğu alanda yer alırken, Ladik ilçe merkezi ile dört (4) yerleşme (Tatlıcak, Bolat, Aşağıgölyazı) yüksek, diğer yerleşmeler ise orta ve düşük seviye taşkın duyarlılığının olduğu alanda bulunmaktadır. Ayrıca çalışma sahasındaki yapıların yaklaşık %60'ının (2.683 adet) taşkın duyarlılığının yüksek ve çok yüksek olduğu alanda yer aldığı tespit edilmiştir (Tablo 6.2). Bu yapılarda ise nüfusun %91'i yaşamaktadır (10.824 kişi). Bu durum da muhtemel bir taşkında riskin ne denli büyük olabileceğini göstermektedir.
- Ladik'te 4 Haziran 2023 tarihinde gerçekleşen taşkın, duyarlılık analizi sonucunda yüksek ve çok yüksek duyarlı olarak belirlenen alanlarda etkisini göstermiştir. Ladik ilçe merkezindeki mahalleler başta olmak üzere Tüfekçidere ve Sanayi mahallerinde birçok ev, işyeri ve tarım arazi sular altında kalmıştır. Yine buralarda maddi zararlar meydana gelmiş, birçok araç kullanılamaz hale gelmiş ve tarım arazileri zarar görmüştür. Bir başka deyişle taşkın duyarlılık analizi sonuçları gerçekleşen bu taşkınla doğrulanmıştır.

Tablo 6.2. Ladik Gölü Havzası'nda yer alan yapıların taşkınlara karşı duyarlılık durumları.

Duyarlılık Sınıfları	Alan		Yapı Sayısı
	km ²	%	
Düşük	54,35	36,77	531
Orta	44,39	30,03	1.335
Yüksek	16,89	11,43	1.926
Çok Yüksek	32,17	21,77	757
TOPLAM	147,80	100	4.549

6.3. Heyelan Duyarlılığı

Ladik Gölü Havzası hem akarsular tarafından önemli ölçüde yarılmış olması hem de tektonik anlamda hareketli bir konumda bulunması nedeniyle yamaç eğiminin yüksek olduğu bir özellik sergilemektedir. Bu özelliğinin yanı sıra killi ve kumlardan oluşan litolojik birimleri de barındırmakta ve şehrsel anlamda insan müdahalesine önemli ölçüde maruz kalmaktadır. Bu ve yukarıda açıklanan coğrafi koşullar nedeniyle havza heyelan tehlikesine karşı duyarlı bir yapı sergilemektedir. AHP ve CBS teknikleri kullanılarak gerçekleştirilen heyelan duyarlılık analizi de havzanın yaklaşık %36,28'inin yüksek ve çok yüksek duyarlılık taşıdığını göstermiştir (Tablo 6.3). Ladik Gölü Havzası'nda heyelana duyarlı sınıfların belirlendiği analizde 12 ana coğrafi faktör ve bu faktörlere ait toplamda 71 adet alt kriter kullanılmıştır. Yine havza sınırları içerisinde tarihsel süreç içerisinde meydana gelmiş olan heyelanlar ile heyelana karşı duyarlılığı yüksek ve çok yüksek alanların örtüştüğü de görülmüştür (Tablo 6.3). Bu durum çalışmanın kullanılabilirliği açısından da önem arz etmektedir. AHP ve CBS teknikleriyle gerçekleştirilen heyelan duyarlılık analizi sonucunda elde edilen nihai sonuç düşük, orta, yüksek ve çok yüksek şeklinde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır. Özetle;

- Araştırma sahasında duyarlılık analizi gerçekleştirilen beş (5) doğal afet için yüksek ve çok yüksek duyarlı alanların dikkate alınarak oluşturulduğu sıralamada heyelan %36,28'lik oranla 4. sırada yer almıştır.
- Ladik Gölü Havzası'nda heyelan duyarlılığının düşük olduğu yerlerin oranı %34,84 olarak hesaplanmıştır. Heyelan duyarlılığının düşük olduğu bu alanlar havzanın depresyon alanı ile kısmen doğusunda Amasya il sınırları içerisinde yer alan küçük bir sahaya (Karamuk Köyü) karşılık gelmektedir. Bu alanların ya tamamen düzlüklerden oluşması ya da yamaç eğiminin çok az olması, doygun topraklardan oluşması, yağış ortalamasının havzada en düşük olduğu alanlara karşılık gelmesi vb. gibi sebeplerden ötürü heyelan duyarlılığı buralarda düşük çıkmıştır.
- Ladik Gölü Havzası'nda heyelan duyarlılığının orta düzey olduğu yerlerin oranı %28,88 olarak hesaplanmıştır. Orta düzey heyelan duyarlılık sınıfı genellikle havzanın kuzey ve kuzeydoğusunda yer alan yüksekliğin çok fazla olmadığı sahalar ile güneydeki yüksek düzlüklerde ve yamaç eğiminin az olduğu yerlere karşılık gelmektedir. Bu alanların yamaç eğriliğinin düz bir

yapı sergilemesi, yollara nispeten uzak olması ve sahanın topografik nemlilik indeksine göre en kuru alanlarından oluşması gibi nedenlerden ötürü heyelan duyarlılığı buralarda orta düzey çıkmıştır.

- Ladik Gölü Havzası'nda heyelan duyarlılığının yüksek olduğu yerlerin oranı %26,16 olarak hesaplanmıştır. Yüksek düzey heyelan duyarlılık sınıfı havzada kolüvyal toprakların bulunduğu sahalara ile yamaç eğiminin arttığı, yükseltinin ortalamasının üzerinde olduğu ve çoğunlukla yollara yakın sahalara karşılık gelmektedir. Tarihsel süreç içerisinde gerçekleşen heyelanların çoğunun da yine yüksek düzey heyelan duyarlılığına sahip alanlarda; kuzeydoğu ve güneydeki yüksek yerlerde gerçekleşmiş olması bu sahaların duyarlılık analizinin doğruluğunu desteklemektedir.
- Ladik Gölü Havzası'nda heyelan duyarlılığının çok yüksek olduğu yerlerin oranı ise %10,12 olarak hesaplanmıştır. Bu oran, yüksek heyelan duyarlılığına sahip alanlar ile değerlendirildiğinde havzanın heyelan açısından ne denli duyarlı olduğu ortaya çıkmaktadır. Çok yüksek taşkın duyarlılığının göz ardı edilemeyecek oranda olması, özellikle havzadaki yamaç eğimi ve iç bükey yamaçların fazlalığı, yol hattının her geçen gün artması, yıllık ortalama yağışın yüksek olması, kış aylarındaki kar yağışlarının varlığı, killi ve kumlu yapıya sahip litolojik birimlerin varlığı heyelan duyarlılığının çok yüksek olmasındaki ana faktörlerdir. Heyelan duyarlılığının çok yüksek olduğu alanlar Ladik ilçe merkezinin ve çoğunlukla havzanın güneyindeki yüksek kesimlerde yer almaktadır.
- Ladik Gölü Havzası için gerçekleştirilen heyelan duyarlılık analizi araştırma sahasının heyelan açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir. Havza içerisinde yer alan yerleşmeden üç (3) tanesi (Cüce, Soğanlı, Hamitköy) heyelan duyarlılığının yüksek olduğu alanda, sekiz (8) yerleşme (Aktaş, Bolat, Hasırcı, Kabagöz, Karamuk, Küpecik, Tatlıcak, Yukarıgölyazı) orta seviye duyarlı alanda yer alırken, Ladik ilçe merkezinin de içinde yer aldığı diğer yerleşmeler ise hem düşük hem orta hem yüksek hem de çok yüksek seviye heyelan duyarlılığının olduğu alanlarda bulunmaktadır.
- Ladik ilçe merkezinin güneyindeki yerleşmelerde göz ardı edilemeyecek sayıda yapının (mesken, işyeri vb.) bulunması Ladik merkez mahallelerinin heyelan açısından yüksek ve çok yüksek duyarlı sınıfın içerisinde yer almasına

neden olmaktadır. Ayrıca çalışma sahasındaki yapıların yaklaşık %20'sinin (901 adet) heyelan duyarlılığının yüksek ve çok yüksek olduğu alanda yer aldığı görülmektedir (Tablo 6.3). Bu yapılarda ise nüfusun %79'u yaşamaktadır (9.395 kişi). Bu durum da muhtemel bir heyelanda riskin ne denli büyük olabileceğini göstermektedir.

Tablo 6.3. Ladik Gölü Havzası'ndaki yapıların heyelanlara karşı duyarlılık durumları.

Duyarlılık Sınıfları	Alan		Yapı Sayısı
	km ²	%	
Düşük	51,50	34,84	2.484
Orta	42,68	28,88	1.164
Yüksek	38,66	26,16	715
Çok Yüksek	14,96	10,12	186
TOPLAM	147,80	100	4.549

6.4. Toprak Erozyonu Duyarlılığı

Toprak erozyonu sürdürülebilir arazi yönetimi için ciddi bir tehlikedir (Küçükler and Giraldo, 2022). Özellikle tarımsal faaliyetlerde devamlılığının sağlanması için önüne geçilmesi ya da önlem alınması gereken bir tehdittir. Ladik Gölü Havzası'nda tarım önemli bir ekonomik faaliyettir ve havzada toprağın korunması gerekmektedir. Bu sebeple arazi yönetimi ve tarımsal faaliyetlerin daha sağlıklı gerçekleştirilebilmesi ve yerinde önlemler alınabilmesi için Ladik Gölü Havzası'nda toprak erozyonu duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Toprak erozyonu için duyarlılık sınıfların belirlendiği analizde sekiz (8) ana coğrafi faktör ve bu faktörlere ait toplamda 46 adet alt kriter kullanılmıştır. AHP ve CBS teknikleri kullanılarak gerçekleştirilen toprak erozyonu duyarlılık analizi havzanın %57,93'ünün yüksek ve çok yüksek duyarlılık taşıdığını göstermiştir (Tablo 6.4). Toprak erozyonu duyarlılık analizi sonucunda elde edilen nihai sonuç düşük, orta, yüksek ve çok yüksek şeklinde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır. Özetle;

- Araştırma sahasında duyarlılık analizi gerçekleştirilen beş (5) doğal afet için yüksek ve çok yüksek duyarlı alanların dikkate alınarak oluşturulduğu sıralamada toprak erozyonu %57,93'lük oranla 1. sırada yer almıştır.
- Ladik Gölü Havzası'nda toprak erozyonu duyarlılığının düşük olduğu yerlerin oranı %27,44 olarak hesaplanmıştır. Toprak erozyonu duyarlılığının düşük olduğu bu alanlar havzanın tabanı ile kuzeybatısındaki mera, ormanlık ve az miktarda tarım alanıdır. Bu alanlarda yamaç eğimi azdır. Eğimin az olduğu

alanlarda toprağın taşınmasının zor ya da toprak kaybının daha az olma potansiyelinden dolayı bu alanlarda toprak erozyonu duyarlılığı düşük çıkmıştır.

- Ladik Gölü Havzası'nda toprak erozyonu duyarlılığının orta düzey olduğu yerlerin oranı %14,63 olarak hesaplanmıştır. Orta düzey toprak erozyonu duyarlılık sınıfı havzada genellikle eğimin nispeten arttığı, tarım arazilerinin ve mera alanlarının olduğu doğu yamaçlara karşılık gelmektedir. Bu alanda eğimin nispeten daha fazla olması, mera alanlarının ve bitki örtüsünün varlığının artması gibi nedenler sayesinde toprak erozyonuna karşı duyarlılığın orta düzeyde kaldığını söylemek mümkündür.
- Ladik Gölü Havzası'nda toprak erozyonu duyarlılığının yüksek olduğu yerlerin oranı %36,30 olarak hesaplanmıştır. Yüksek düzey toprak erozyonu duyarlılık sınıfı havzada ormanların varlığına rağmen Ladik Gölü'nün güneyinde yer alan alçak yamaçlar ile kuzey ve kuzeydoğudaki tarım arazilerinin olduğu alanlara karşılık gelmektedir. Orman örtüsüne rağmen özellikle bu alanların yüksek duyarlılığa sahip olmasındaki en önemli unsurun toprakların taşınmasındaki etkisinden ötürü güneydeki yüksek yamaçlardan kaynağını alan kısa boylu akarsular olduğu düşünülmektedir. Ayrıca güney yamaçlar bu akarsular ile derince yarılmıştır ve yüksek eğim değerlerine sahip niteliktedir. Yamaçların yüksek eğim değerlerine sahip olması duyarlılığın buralarda yüksek çıkmasındaki bir başka etmendir.
- Ladik Gölü Havzası'nda toprak erozyonu duyarlılığının çok yüksek olduğu yerlerin oranı ise %21,63 olarak hesaplanmıştır. Çok yüksek düzey toprak erozyonu duyarlılık sınıfı havzada ormanların varlığına rağmen Ladik Gölü'nün güneyindeki yüksek yamaçların etekleri (Akdağ ve Karaömer Dağı), yüksek düzlüklerde yer alan mera alanları ile kuzeydeki tarım arazilerinin olduğu alanlara karşılık gelmektedir. Özellikle güneydeki yüksek kesimlerin bitki örtüsünden yoksun olması duyarlılığın çok yüksek seviyede olmasına sebep olmuştur. Yine kuzeydeki tarım alanlarının çok yüksek duyarlılığa sahip olması bu alanlar için önlemler alınması gerektiğini hatırlatmaktadır.
- Toprak duyarlılığı için gerçekleştirilen analiz eğim, toprak derinliği, litoloji, yükseklik, arazi kullanımı, drenaj yoğunluğu, drenaj sıklığı ve yağış gibi farklı

coğrafi faktörlerin toprak erozyonuna karşı duyarlı olan ve olmayan alanların tespitinde kullanılabileceğini göstermiştir.

- Yine bu çalışma toprak erozyonuna etki eden faktörlerin etki oranlarının AHP ile hesaplanmasında ve hesaplanan bu oranların CBS ile erozyona karşı duyarlı alanların mekânsal olarak dağılışının ifade edilmesinde kullanılabileceğini ortaya koymuştur.
- Toprak erozyonun önüne geçmek ya da duyarlılığı düşürmek için AHP ve CBS tekniklerinin birlikte kullanılması bir sahadaki potansiyel toprak kaybı yaşanabilecek alanların tespitinin yanı sıra, karar vericilere erozyona karşı yerinde önlemler almaları için yol gösterici niteliktedir. Bununla birlikte çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar karar vericilere önlem alınması gereken öncelikli alanların tespitinde de yardımcı olacaktır.
- Ayrıca toprak erozyonun önüne geçmek ya da yavaşlatmak için beşerî faaliyetlerin; ormanlık alanların tarım ve yerleşim alanlarına dönüştürülmesi, tarım arazilerinin boş bırakılmaması ve yanlış tarımsal uygulamaların da en az seviyede tutulması son derece önemlidir.

Tablo 6.4. Ladik Gölü Havzası toprak erozyonu duyarlılık sınıfları alansal dağılımı.

Duyarlılık Sınıfları	Alan	
	km ²	%
Düşük	40,56	27,44
Orta	21,62	14,63
Yüksek	53,65	36,30
Çok Yüksek	31,97	21,63
TOPLAM	147,80	100

6.5. Kuraklık Duyarlılığı

Tarımsal faaliyetlerin önemli bir ekonomik geçim kaynağı olduğu Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleştirilen analiz ile havzadaki arazilerin kuraklığa karşı duyarlılık dirençleri tespit edilmiştir. Yine bu çalışma kapsamında hem CBS hem AHP teknikleri yardımıyla havzadaki kuraklığın mekânsal boyutunu ortaya konmuştur. Kuraklık için duyarlılık sınıflarının belirlendiği analizde 11 ana coğrafi faktör ve bu faktörlere ait toplamda 62 adet alt kriter kullanılmıştır. AHP ve CBS teknikleri kullanılarak gerçekleştirilen kuraklık duyarlılık analizi havzanın %50,71'inin yüksek ve çok yüksek duyarlılık taşıdığını göstermiştir (Tablo 6.5). Kuraklık duyarlılık analizi

sonucunda elde edilen nihai sonuç düşük, orta, yüksek ve çok yüksek şeklinde dört (4) farklı sınıfa ayrılmıştır. Özetle;

- Araştırma sahasında duyarlılık analizi gerçekleştirilen beş (5) doğal afet için yüksek ve çok yüksek duyarlı alanların dikkate alınarak oluşturulduğu sıralamada kuraklık %50,71'lik oranla 2. sırada yer almıştır.
- Ladik Gölü Havzası'nda kuraklığa duyarlılığın düşük olduğu yerlerin oranı ise %23,18 olarak hesaplanmıştır. Kuraklığa duyarlı düzeyin düşük ya da çok düşük olduğu alanların havzanın güneyindeki yüksek eğim değerine sahip ve yoğun bitki örtüsü ile kaplı olan arazilerde yoğunlaştığı tespit edilmiştir.
- Ladik Gölü Havzası'nda kuraklığa duyarlılığın orta düzey olduğu yerlerin oranı ise %26,11 olarak hesaplanmıştır. Bu alanlar genellikle havzanın güneyindeki yüksekliği az olan yamaçlara karşılık gelmektedir.
- Ladik Gölü Havzası'nda kuraklığa duyarlılığın yüksek olduğu yerlerin oranı %22,98 olarak hesaplanmıştır. Kuraklığa yüksek seviye duyarlı alanların çalışma sahasının çoğunlukla depresyon alanından itibaren tüm yönlerde ve eğimi az olan yamaçlarda kurulu tarım arazilerinde yoğunlaştığı görülmüştür.
- Ladik Gölü Havzası'nda kuraklığa duyarlılığın çok yüksek olduğu yerlerin oranı ise %27,73 olarak hesaplanmıştır. Kuraklığa çok yüksek duyarlı arazilerin özellikle tarımsal faaliyetlerin ve yerleşmelerin yoğun olduğu depresyon alanında olduğu görülmektedir.
- Ladik Gölü Havzası için hem AHP hem de CBS teknikleriyle gerçekleştirilen kuraklık duyarlılık analizi eğim, bakı, büyük toprak grubu (BTG), toprak derinliği ve erozyonu, yükseklik, arazi kullanımı, arazi kullanım kabiliyet sınıfı (AKK), akarsulara uzaklık, yağış ve sıcaklık gibi farklı coğrafi faktörlerin kuraklığa duyarlı olan ve olmayan alanların tespitinde kullanılabileceğini göstermiştir.
- Yine bu çalışma kuraklığa etki eden coğrafi faktörlerin etki oranlarının AHP ile hesaplanmasında ve hesaplanan bu oranların CBS ile kuraklığa duyarlı alanların mekânsal olarak dağılışının ifade edilmesinde kullanılabileceğini ortaya koymuştur.
- En nihayetinde tarımsal faaliyetlerin önemli bir geçim kaynağı olduğu havzada gerçekleştirilen kuraklık duyarlılık analizi sahanın %50'sinin yüksek ve çok yüksek duyarlılık taşıdığını göstermiştir (Tablo 6.5).

Tablo 6.5. Ladik Gölü Havzası kuraklığa duyarlı sınıfların alansal dağılımı.

Duyarlılık Sınıfları	Alan	
	km ²	%
Düşük	34,26	23,18
Orta	38,59	26,11
Yüksek	33,96	22,98
Çok Yüksek	40,99	27,73
TOPLAM	147,80	100

Ladik Gölü Havzası'nda (Samsun) Akıllı Doğal Afet Yönetimi isimli doktora çalışmasının yukarıda belirtilen sonuçları dışında elde edilen genel sonuç ve öneriler de aşağıda sıralanmıştır:

- Deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık afetinin birlikte değerlendirildiği çoklu doğal afet duyarlılık analizi sonuçlarına göre araştırma sahasının neredeyse %50'si afetlere karşı yüksek ve çok yüksek duyarlılığa sahiptir (Tablo 6.6; Şekil 6.1).
- Çoklu doğal afet duyarlılık haritası (Şekil 4.36) incelendiğinde afete en duyarlı alanların depresyon alanı olduğu görülmektedir. Duyarlılığın çok yüksek olduğu bu sahalarda yerleşmelerin de yer alması olası bir afetin etkisini arttıracak potansiyeli de barındırmaktadır.
- Çalışma sahasının batısı ve kuzeyinde yoğunlaşan tarım arazilerinin de yüksek duyarlılık seviyesinde olduğu görülmektedir. Yine yerleşmelerin yoğunluğunun burada olması muhtemel afetlerin etkisinin daha da artmasına neden olacaktır.
- Çoklu doğal afet duyarlılık analizi havzada yer alan 32 adet yerleşmenin tamamının hem yüksek hem çok yüksek duyarlı sınıfta topraklarının olduğunu göstermiştir (Şekil 6.1). Araştırma sahasında yer alan bu yerleşmelerden 31 tanesinin orta seviye ve 25 tanesinin ise düşük duyarlılığa sahip sınıfta da topraklarının olduğu tespit edilmiştir.
- Çoklu duyarlılık analizinde yüksek ve çok yüksek sınıflar dikkate alındığında havzadaki en riskli beş (5) yerleşmesinin Büyükkızıoğlu, Bolat, Çakırgümüş, Saray ve Cüce olduğu görülmektedir (Tablo 6.7).
- Afetlere karşı en güvenli alanların ise havzada homojen olmadığını söylemek mümkündür. Özellikle havzada en güvenli alanların güneyde yer alan orman

örtüsüne sahip yamaçlar ile Amasya iline bağlı Karamuk Köyü'nün yer aldığı kuzeydoğu kesimi olduğu görülmektedir.

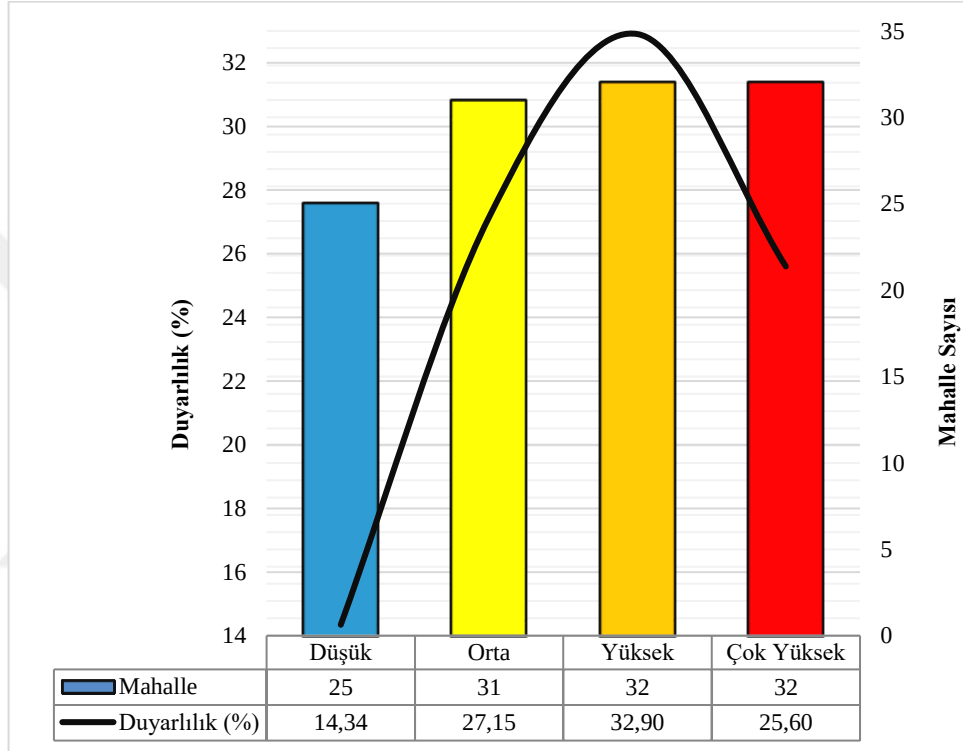
Tablo 6.6. Ladik Gölü Havzası çoklu doğal afet duyarlılık sınıflarının alansal dağılımı.

Duyarlılık Sınıfları	Alan	
	km ²	%
Düşük	21,20	14,34
Orta	40,13	27,15
Yüksek	48,63	32,90
Çok Yüksek	37,84	25,60
TOPLAM	147,80	100

Tablo 6.7. Çoklu doğal afet duyarlılık analizine göre yerleşmelerin duyarlılık seviyeleri.

Ad	Nüfus (2021)	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek	Alan (km ²)	Yüksek + Çok Yüksek
<i>Büyükkızıoğlu</i>	240	2,52	1,44	4,73	2,83	11,52	7,57
<i>Bolat</i>	399	2,59	2,94	4,32	2,79	12,64	7,11
<i>Çakırgümüüş</i>	142	3,02	2,04	4,28	2,21	11,54	6,49
<i>Saray</i>	344	0,94	2,68	5,67	0,17	9,46	5,84
<i>Cüce</i>	106	0,81	3,27	4,08	1,73	9,89	5,80
<i>Hamitköy</i>	273	0,62	2,06	1,79	3,21	7,67	5,00
<i>Küpecik</i>	270	1,36	2,94	3,90	0,88	9,09	4,79
<i>Soğanlı</i>	97	0,72	3,41	4,28	0,06	8,46	4,34
<i>Aşağıgölyazı</i>	123	0,00	1,23	0,21	3,81	5,24	4,01
<i>Tatlıcak</i>	249	0,00	1,53	0,06	3,55	5,14	3,61
<i>Kabacagöz</i>	156	1,25	1,30	2,51	0,85	5,92	3,36
<i>Sanayi</i>	744	0,34	2,01	1,07	2,16	5,59	3,23
<i>Mazlumoğlu</i>	124	0,02	0,77	0,35	2,66	3,81	3,02
<i>İskaniye</i>	142	0,67	2,27	1,58	1,35	5,88	2,93
<i>Küçükızıoğlu</i>	131	0,84	1,15	1,67	1,18	4,84	2,85
<i>Aktaş</i>	105	0,00	1,27	0,58	1,76	3,61	2,34
<i>Kıranboğaz</i>	131	0,00	0,74	0,16	2,01	2,91	2,17
<i>Bahşi</i>	2.391	0,07	0,83	0,18	1,76	2,85	1,94
<i>Akpınar</i>	1.573	0,33	1,62	0,75	0,99	3,69	1,74
<i>Karamuk</i>	115	1,09	0,25	1,66	0,00	2,99	1,66
<i>Hasırcı</i>	163	0,05	1,67	0,32	1,20	3,23	1,52
<i>Ayvalı</i>	244	1,30	0,06	1,27	0,00	2,63	1,27
<i>Hacılipınar</i>	559	0,44	0,45	0,72	0,46	2,07	1,18
<i>Şihli</i>	291	0,08	0,29	0,87	0,01	1,26	0,89
<i>Yukarıgölyazı</i>	57	0,44	0,21	0,72	0,01	1,37	0,72
<i>Arsıntaş</i>	18	0,65	0,04	0,31	0,00	1,00	0,31
<i>Tüfekçidere</i>	248	0,98	0,04	0,26	0,003	1,28	0,26
<i>Kızılsini</i>	46	0,00	0,44	0,05	0,14	0,63	0,19
<i>Şehreküstü</i>	737	0,04	0,22	0,13	0,01	0,40	0,14

Ad	Nüfus (2021)	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek	Alan (km ²)	Yüksek + Çok Yüksek
Yenicami	612	0,03	0,39	0,12	0,02	0,55	0,13
Koğa	910	0,00	0,19	0,02	0,04	0,25	0,06
Deliahmetoğlu	177	0,00	0,39	0,00	0,00	0,39	0,00
Toplam Alan (km²)		21,20	40,13	48,63	37,84	147,80	86,47
%		14,34	27,15	32,90	25,60	100	
Toplam Nüfus		11.917					



Şekil 6.1. Yerleşme bazlı çoklu doğal afet duyarlılık sayısı ve oranları.

- Gerçekleştirilen duyarlılık analizleri sayesinde doğal afetlerin muhtemel etki alanları belirlenmiş ve afet öncesi dönemde hem her afet özelinde hem de bütünsel olarak risk planlamalarına katkı sağlayacak altlıklar hazırlanmıştır.
- Çalışma kapsamında dikkate alınan doğal afetler ve bu doğal afetlerin birlikte değerlendirildiği duyarlılık analizlerinin sonuçları dikkate alınarak “Ladik Gölü Havzası (Samsun) Akıllı Doğal Afet Yönetimi ve Karar Destek Sistemi (LADES)” isminde bir sistem tasarlanmıştır.
- LADES her ayrıntısıyla CBS’nin tüm bileşenlerini ve yapısını (masaüstü, sunucu, web ve mobil CBS) kullanmaktadır. LADES bu yapısı sebebiyle gerek sivil vatandaşlar gerekse yerel yönetimler tarafından birlikte

kullanılabilecektir. Ayrıca bu yapısı sayesinde interneti olan herhangi bir cihaz üzerinden LADES'ye 7/24 erişmek mümkündür.

- Tasarlanan bu sistem hem afet öncesinde hem afet esnasında hem de afet sonrasında kullanılabilmektedir. Yani gerçekleştirilen çalışma ile afet öncesi risk yönetimi ve afet sonrası kriz yönetimine yönelik çözümler üreten bir sistem tasarlanmıştır. Hem bu yönüyle hem de farklı afetlerin birlikte kullanıldığı bir sistem olması bakımından LADES bütünleşik doğal afet yönetiminde özgün bir yapı sergilemektedir. Yine bu sayede yerel yönetimlerin muhtemel afetlere karşı afet öncesini, esnasını ve sonrasını bütünleşik olarak yönetebilmelerine yardımcı olacak ürünler ortaya konmuştur.
- LADES araştırma sahası kapsamında dikkate alınan deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık için oluşturulmuş web ve mobil uygulamalar ile canlı takip panelini bir bütün olarak kullanmaktadır.
- LADES afet yönetimi çalışmaların arka planda tutulan ya da göz ardı edilen insanın afet yönetim süreci içerisinde olmasını sağlamaktadır. Bu durumu ise insanların afet öncesinde yerleşim yerleri hakkında bilgi edinmesi, afet esnasında ulaşımı ve kullanımı kolay olan mobil uygulama üzerinden acil yardım talebinde bulunabilmesi ve afet sonrasında afetler ile ilgili istatistikleri tek bir noktadan görebilmeleri ile mümkün kılmaktadır.
- Web uygulamaları ile afet öncesinde bölge halkı yaşadıkları yerleşim yerlerinin, oturdukları evlerin ve tarım arazilerinin deprem, taşkın, heyelan, toprak erozyonu ve kuraklık afetleri bakımından ne kadar riskli bir sınıfta olup olmadığını öğrenebilmektedir.
- Acil Yardım isimli mobil uygulama ile muhtemel bir afet anında afetzedeler ya da yakınlarını acil yardım çağrısında bulunup, ihtiyaçlarını afet ve acil durum merkezine iletebilmektedir.
- LADES muhtemel bir doğal afet zamanının yetkili kurumların planlı bir şekilde hareket etmesini ve yardımların doğru bir şekilde iletilmesini sağlayabilmektedir.
- LADES ile muhtemel bir afet öncesinde ya da sonrasında acil durum toplanma alanları ve yardım noktaları için en uygun yerler belirlenebilmektedir.
- Afet ve Acil Durum merkezi kriz masasında kullanılmak üzere oluşturulan Canlı Takip Paneli ile gelen yardım çağrılarını yönetebilmekte, ihtiyaçlara

yönelik istatistikleri (toplam yardım çağrısı, yardım ulaştırılan afetzede sayısı, afet türü vb.) görebilmekte ve ilgili noktalara yardım ekiplerini yönlendirebilmektedir.

- İhtiyaçların giderilmesi, afetzedelere müdahale ve gelen yardım çağrılarının tamamlanmasının ardından yetkili kişi/kurum tarafından gerek çevrimiçi gerek çevrimdışı yine Afet Sonrası Veri Toplama isimli mobil uygulama üzerinden oluşturulan yardım taleplerini güncelleyebilmektedir. Böylece gelen yardım çağrılarının ne kadarına cevap verilebildiği Canlı Takip Panelindeki istatistiklere yansımaktadır.

Özetle “Ladik Gölü Havzası (Samsun) Akıllı Doğal Afet Yönetimi ve Karar Destek Sistemi” isimli uygulama muhtemel afet öncesinde, esnasında ve sonrasında sivil halkın ve yerel yönetimin birlikte hareket etmesini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Yerel yönetimler afet öncesinde LADES sayesinde risk planlamalarını yapabilecek, afet esnasında ve sonrasında ise kriz yönetimi en doğru şekilde organize edebilecektir. Vatandaşlar ise afet öncesi dönemde yaşadıkları yerlerin risk durumlarını öğrenebilecek, afet esnasında ve sonrasında yardımların en hızlı ve en doğru şekilde organize edilmesine yardımcı olabileceklerdir.

KAYNAKLAR

- Acil ve Afet Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (2013). *Türkiye Afet Müdahale Planı*. Erişim: 2 Mayıs 2023, <https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/>
- Acil ve Afet Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (2018a). *Türkiye deprem tehlike haritası*. Erişim: 7 Ağustos 2022. <https://www.turkiye.gov.tr/afad-turkiye-deprem-tehlike-haritalari>
- Acil ve Afet Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (2018b). *Türkiye deprem bina yönetmeliği. Ek: Deprem etkisi altında binaların tasarımı için esaslar*. Erişim: 2 Mayıs 2023, Resmi Gazete, 18 Mart 2018, Sayı: 30364, s. 343. <https://www.resmigazete.gov.tr>
- Acil ve Afet Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (2022). *2020 yılı doğa kaynaklı olay istatistikleri*. Erişim: 7 Ağustos 2022. https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Istatistikler/2020yili
- Ajin, R. S., Krishnamurthy, R. R., Jayaprakash, M. and Vinod, P. G. (2013). Flood hazard assessment of Vamanapuram River Basin, Kerala, India: An approach using Remote Sensing & GIS techniques. *Advances in Applied Science Research*. 4 (3). 263–274. <https://www.researchgate.net/publication/299978233>
- Akdeniz, H. A. ve Turgutlu, T. (2007). Türkiye’de perakende sektöründe Analitik Hiyerarşik Süreç yaklaşımıyla tedarikçi performans değerlendirilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9 (1). 1-17. <https://www.acarindex.com/>
- Akdur, R. (2001). *Afetlere hazırlık ve afet yönetimi*. Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı.
- Akgün, A. and Bulut, F. (2007). GIS-based landslide susceptibility for Arsin-Yomra (Trabzon, North Turkey) region. *Environmental Geology*. 51. 1377–1387. <http://dx.doi.org/10.1007/s00254-006-0435-6>
- Akgün, A., Dağ, S. and Bulut, F. (2008). Landslide susceptibility mapping for a landslide-prone area (Findikli, NE of Turkey) by likelihood-frequency ratio and weighted linear combination models. *Environmental Geology*. 54. 1127-1143. <http://dx.doi.org/10.1007/s00254-007-0882-8>
- Akgün, A. and Türk, N. (2010). Landslide susceptibility mapping for Ayvalık (Western Turkey) and its vicinity by multicriteria decision analysis. *Environmental Earth Sciences*. 61. 595-611. <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-009-0373-1>
- Aktaş, R., Kısa, T., Doğanay, M. ve Tarım, A. (2001). *Karar analizleri*. Ankara: KHO Basımevi.
- Aktimur, H. T., Tekirli, M. E. ve Yurdakul, E. Y. (1990). *Tokat D-22 paftası jeoloji raporu*. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Aleotti, P. and Chowdhury, R. (1999). Landslide hazard assessment: Summary review and new perspectives. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. 58. 21– 44. <https://doi.org/10.1007/s100640050066>
- Altıparmak, S. ve Türkoğlu, N. (2018). Yakacık Çayı Havzasının (Hatay) morfometrik analizi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*. 58 (1). 353-374. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2153709>
- Altun, L., Kara, Ö., Akgün, A., Babur, E. ve Kezik, U. (2016, Nisan). “Doğu Karadeniz Bölgesinde meydana gelen güncel heyelanlar ve olası çözüm önerileri”. *Ulusal Heyelan Sempozyumu*, 489–504. Ankara.
- Anbazhagan, P., Thingbaijam, K. K. S., Nath, S. K., Kumar, J. N. N. and Sitharam T. G. (2010). Multi-criteria seismic hazard evaluation for Bangalore city, India. *Journal of Asian Earth Sciences*. 38 (5). 186-198. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2010.01.001>

- Aneseyee, A. B., Elias, E., Soromessa, T. and Feyisa, G. L. (2020). Land use/land cover change effect on soil erosion and sediment delivery in the Winike Watershed, Omo Gibe Basin, Ethiopia. *Science of Total Environment*. 728. 138776. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138776>
- Arabameri, A., Rezaei, K., Reza Pourghasemi, H., Lee, S. and Yamani, M. (2018). GIS-based gully erosion susceptibility mapping: A comparison among three data-driven models and AHP knowledge-based technique. *Environmental Earth Sciences*. 77: 628. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7808-5>
- Arca, D., Çitiroğlu, H. K. and Taşoğlu, İ. K. (2019). A comparison of GIS-based landslide susceptibility assessment of the Satuk village (Yenice, NW Turkey) by frequency ratio and multi-criteria decision methods. *Environmental Earth Sciences*. 78: 81. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8094-6>
- Arpat, E. ve Şaroğlu, F. (1973, Aralık). “Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar”. *Cumhuriyet'in 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi*, Ankara.
- Arslan, R. (2020). Ladik depremi. *Journal of Humanities and Tourism Research*. 10 (1). 143-160. <http://dx.doi.org/10.14230/johut824>
- Arya, A. K. and Singh, A. P. (2021). Multi criteria analysis for flood hazard mapping using GIS techniques: A case study of Ghaghara River basin in Uttar Pradesh, India. *Arabian Journals of Geosciences*. 14: 656. 1-12. <http://dx.doi.org/10.1007/s12517-021-06971-1>
- Asfaw, S., Pallante, G. and Palma, A. (2020). Distributional impacts of soil erosion on agricultural productivity and welfare in Malawi. *Ecological Economics*. 177. 106764 <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106764>
- Atabey, E. (2000). *Deprem*. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Avcı, V. (2015). Bingöl Çayı Havzası'nın (Bingöl) heyelan duyarlılık analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 25 (2). 1-26. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/157419>
- Avcı, V. (2016). Gökdere Havzası ve çevresinin (Bingöl Güneybatısı) frekans oranı metoduna göre heyelan duyarlılık analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*. 34. 160-177. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/227365>
- Bahadır, M. ve Uzun, A. (2021). Lâdik Gölü Havzasında arazi kullanımı (Samsun). *Kesit Akademi Dergisi*. 7 (27). 257-280. <http://dx.doi.org/10.29228/kesit.49685>
- Bahrami, Y., Hassani, H. and Maghsoudi, A. (2021). Landslide susceptibility mapping using AHP and fuzzy methods in the Gilan province, Iran. *GeoJournal*. 86. 1797-1816. <https://doi.org/10.1007/s10708-020-10162-y>
- Baker, V. R., Kochel, R. C. and Patton, P. C. (1990). *Flood geomorphology*. USA: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/esp.3290150314>
- Ballesteros-Cánovas, J. A., Sanchez-Silva, M., Bodoque, J. M. and Díez-Herrero, A. (2013). An integrated approach to flood risk management: A case study of Navaluenga (Central Spain). *Water Resources Management*. 27. 3051–3069. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-013-0332-1>
- Balogun, A., Quann, S., Pradhan, B., Dano, U. and Yekeen, S. (2021). An improved flood susceptibility model for assessing the correlation of flood hazard and property prices using geospatial technology and fuzzy-ANP. *Journal of Environmental Informatics*. 37 (2). 107–121. <https://doi.org/10.3808/jei.202000442>
- Bayrak, E. (2019). Doğu Anadolu Bölgesi için en büyük yer ivmesi tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*. (17). 676-681. <https://doi.org/10.31590/ejosat.637938>

- Beven, K. J. and Kirkby, M. J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin*. 24 (1). 43–69. <https://doi.org/10.1080/02626667909491834>
- Bol, E., Arel, E. ve Önalp, A. (2007, Ekim). “Yerel zemin koşullarının deprem hasarına etkisi-Adapazarı örneği”. *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Bozali, N. (2020). Assessment of the soil protection function of forest ecosystems using GIS-based multi-criteria decision analysis: A case study in Adıyaman, Turkey. *Global Ecology and Conservation*. 24: e01271. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01271>
- Bozdoğan, M. ve Canpolat, E. (2022). Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile Delibekirli (Kırıkhan/Hatay) Havzası’nın kütle hareketleri duyarlılık analizi. *Ege Coğrafya Dergisi*. 31 (1). 33-53. <https://doi.org/10.51800/ecd.1054815>
- Böse, M., Hauksson E., Solanki K., Kanamori H. and Heaton, T. H. (2009). Real-time testing of the on-site warning algorithm in southern California and its performance during the July 29, 2008, Mw 5. 4 Chino Hills earthquake. *Geophysical Research Letters*. 36: L00B03. <http://dx.doi.org/10.1029/2008GL036366>
- Böse, M., Heaton T. H. and Hudnut, K. W. (2013, December). “Combining real-time seismic and GPS data for earthquake early warning”. *American Geophysical Union, Fall Meeting*.
- Cai, Z., Zhong, S., Jiang, W. and Lei, M. (2011, July). “A schema of ecological environment sensitivity evaluation based on GIS”. *International Conference on Multimedia Technology*, 5250-5255. <https://doi.org/10.1109/ICMT.2011.6002704>
- Carrara, A. (1983). Multivariate methods for landslide hazard evaluation. *Mathematical Geology*. 15. 403-426. <https://doi.org/10.1007/BF01031290>
- Cengiz, T. and Akbulak, C. (2009). Application of analytical hierarchy process and geographic information systems in land-use suitability evaluation: A case study of Dümrek Village (Çanakkale, Turkey). *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 16 (4). 286-294. <http://dx.doi.org/10.1080/13504500903106634>
- Chandran, R. and Joisy, M. B. (2009, November). “Flood hazard mapping of Vamanapuram River basin-A case study”. *Proceedings of 10th National Conference on Technological Trends* [Online]. Trivandrum, Kerala, India.
- Chen, W., Chai, H., Sun, X., Wang, Q., Ding, X. and Hong, H. (2016). A GIS-based comparative study of frequency ratio, statistical index and weights-of-evidence models in landslide susceptibility mapping. *Arabian Journal of Geosciences*. 9: 204. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2150-7>
- Chiadikobi, K. C., Omoboriowo, A. O., Chiaghanam, O. I., Opatola, A. O. and Oyeboji, O. (2011). Flood risk assessment of Port Harcourt, Rivers State, Nigeria. *Advances in Applied Science Research*. 2 (6). 287–298. <https://www.researchgate.net/publication/336288521>
- Choi, J., Oh, H. J., Lee, H. J., Lee, C. and Lee, S. (2012). Combining landslide susceptibility maps obtained from frequency ratio, logistic regression, and artificial neural network models using ASTER images and GIS. *Engineering Geology*. 124. 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2011.09.011>
- Chopra, P. (2006) *Drought risk assessment using remote sensing and GIS: A case study of Gujarat*. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, Netherlands.
- Cihangir, M. E. ve Görüm, T. (2016). Kelkit vadisinin aşağı çığırında gelişmiş heyelanların dağılım deseni ve oluşumlarını kontrol eden faktörler. *Türk Coğrafya Dergisi*. (66), 19-28. <https://doi.org/10.17211/tcd.84731>

- Cihangir, M. E. (2018). *Kelkit Çayı vadisinde (Umurca-Koyulhisar arası) heyelan riskinin belirlenmesi*. Basılmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, 522001, İstanbul.
- Clerici, A., Perego, S., Tellini, C. and Vescovi, P. (2006). A GIS-based automated procedure for landslide susceptibility mapping by the conditional analysis method: The Baganza valley case study (Italian Northern Apennines). *Environmental Geology*. 50. 941-961. <https://doi.org/10.1007/s00254-006-0264-7>
- Condon, L. E. and Maxwell, R. M. (2015). Evaluating the relationships between topography and groundwater using outputs from a continental-scale integrated hydrology model. *Water Resources Research*. 51. 6602–6621. <http://dx.doi.org/10.1002/2014WR016774>
- Corominas, J., Van Westen, C., Frattini, P., Cascini, L., Malet, J. P., Fotopoulou, S., Catani, F., Van Den Eeckhaut, M., Mavrouli, O. Agliardi, F., Pitilakis, K., Winter, M. G., Pastor M., Ferlisi, S., Tofani, V., Hervás, J. and Simith, J. T. (2014). Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. 73. 209-263. <https://doi.org/10.1007/s10064-013-0538-8>
- Coşkun, S. (1995). *Ladik ve çevresinin bitki örtüsü*. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, 41719, İstanbul.
- Coşkun, M. ve Ortaç, G. (2022). Filyos Çayı Havzası'nın (Karabük-Gökçebe) çok kriterli karar verme yöntemiyle taşkın risklerinin belirlenmesi. *Doğu Coğrafya Dergisi*. 27 (47). 15-27. <http://doi.org/10.5152/EGJ.2022.951997>
- Crowell, B. W., Schmidt D. A., Bodin P., Vidale J. E., Gomberg J., Hartog, J. R., Kress, V. C., Melbourne, T. I., Santillan, M., Minson, S. E. and Jamison, D. G. (2016). Demonstration of the cascadia G-FAST geodetic earthquake early warning system for the Nisqually, Washington, Earthquake. *Seismological Research Letters*, 87 (4), 930-943. <https://doi.org/10.1785/0220150255>
- Cua, G. and Heaton, T. (2007). The virtual seismologist (VS) method: A bayesian approach to earthquake. *Earthquake early warning systems*, (Editors: Gasparini P., Manfredi G. and Zschau J.). 97-132. United States of America, New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72241-0_7
- Çellek, S., Bulut, F. ve Ersoy, H. (2015). AHP yönteminin heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesinde kullanımı ve uygulaması (Sinop ve Yakın Çevresi). *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*. 39 (2). 59-90. <https://doi.org/10.24232/jeoloji-muhendisligi-dergisi.295366>
- Çevik, E. and Topal, T. (2003). GIS-based landslide susceptibility mapping for a problematic segment of the natural gas pipeline, Hendek (Turkey). *Environmental Geology*. 44. 949-962. <https://doi.org/10.1007/s00254-003-0838-6>
- Dağdelenler, G. (2020). İki farklı örneklem tekniği kullanılarak oluşturulan heyelan duyarlılık haritalarının Frekans Oranı (FO) yöntemi ile karşılaştırılması. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*. 44 (1). 19-38. <https://doi.org/10.24232/jmd.740509>
- Dai, F. C., Lee, C. F., Li, J. and Xu, Z. W. (2001). Assessment of landslide susceptibility on the natural terrain of Lantau Island, Hong Kong. *Environmental Geology*. 40. 381-391. <https://doi.org/10.1007/s002540000163>
- Danacıoğlu, Ş. (2017). *Bakırçay Havzası'nda ekolojik risk karakterizasyonuna dayalı havza yönetimi*. Basılmamış Doktora Tezi. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, 454821, Balıkesir.
- Danacıoğlu, Ş. ve Tağıl, Ş. (2017). Bakırçay Havzası'nda Rusle modeli kullanarak erozyon riskinin değerlendirmesi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 20 (37). 1-18. <http://dx.doi.org/10.31795/baunsobed.645168>

- Das, B., Bordoloi, R., Thungon, L. T., Paul, A., Pandey, P. K., Mishra, M. and Tripathi, O. P. (2020). An integrated approach of GIS, RUSLE and AHP to model soil erosion in west Kameng watershed, Arunachal Pradesh. *Journal of Earth System Science*. 129: 94. <https://doi.org/10.1007/s12040-020-1356-6>
- Değerliyurt, M. (2013a). *Antakya'da doğal afet risk analizi ve yönetimi*. Basılmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, 340502, İstanbul.
- Değerliyurt, M. (2013b). Antakya şehri ve yakın çevresinde meydana gelen erozyonun coğrafi dağılışı ve analizi. *Turkish Studies*. 8 (8). 1745-1764. <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.5358>
- Demir, G. (2018). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Suşehri (Sivas) heyelan duyarlılık analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 8 (1). 96-112. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.299987>
- Demiralay, İ. (1993). *Toprak fiziksel analizleri*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Basımevi.
- Demirci, A. ve Karakuyu, M. (2004). Afet yönetiminde coğrafi bilgi teknolojilerinin rolü. *Doğu Coğrafya Dergisi*. 9 (12). 67-100. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/26637>
- Demirtaş, R. ve Erkmen, C. (2000). *Deprem ve jeoloji*. Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları.
- Demirtaş, R. (2002). Diri faylar etrafında tampon bölge (emniyetli kuşak) oluşturma esasları-Fay yasası. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni*. 2002 (3-4). 55-60. <https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/40c945bb7298013>
- Dengiz, O. (2022). *Arazi yetenek sınıflaması ve Türkiye'deki dağılımı*. Erişim: 20.12.2022, <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/odengiz/110255/4.pdf>
- Döker, M. F. ve Ocak, F. (2020). COVID-19 salgınının Türkiye'deki coğrafi dağılışının izlenmesinde web CBS kullanımı. *Türk Coğrafya Dergisi*. 76. 7-18. <https://doi.org/10.17211/tcd.778712>
- Duman, N. ve İrcan, M. R. (2022). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama tabanında Çankırı Merkez ilçesinin erozyon risk analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*. 20 (1). 220-245. <https://doi.org/10.33688/aucbd.1074770>
- Ebabu, K., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Meshesha, D. T., Aklog, D., Masunaga, T., Tsubo, M., Sultan, D., Fenta, A. A. and Yibeltal, M. (2019). Effects of land use and sustainable land management practices on runoff and soil loss in the upper Blue Nile basin, Ethiopia. *Science of The Total Environment*. 648. 1462–1475. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.273>
- Ekinci, D. (2004). *Gülüç Çayı Havzası'nın uygulamalı jeomorfoloji özellikleri*. Basılmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, 146587, İstanbul.
- Ekinci, D., Özşahin, E. ve Özder, A. (2010, Kasım). “Kütle hareketleri duyarlılık haritalarının oluşturulmasında coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknolojilerinin kullanımı”. *Jeolojik Uzaktan Algılama (JEOUZAL) 2010 Sempozyumu*, 20-22. Ankara.
- El-Haddad, B. A., Youssef, A. M., Pourghasemi, H. R., Pradhan, B., El-Shater, A. H. and El-Khashab, M. H. (2021). Flood susceptibility prediction using four machine learning techniques and comparison of their performance at Wadi Qena Basin, Egypt. *Natural Hazards*. 105. 83–114. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04296-y>
- Erden, T. and Karaman, H. (2012). Analysis of earthquake parameters to generate hazard maps by integrating AHP and GIS for Küçükçekmece region. *Natural Hazards Earth System Sciences*. 12 (2). 475–483. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-475-2012>

- Ergünay, O. (2007). *Afet sakinımı stratejik plan yaklaşımı*. İstanbul: İnşaat Mühendisleri Odası.
- Ergünay, O. (2009). *Afete yönetimi: Genel ilkeler ve tanımlar*. Ankara: Türkiye Kızılay Derneği Genel Müdürlüğü Afet Operasyon Merkezi.
- Erinç, S. (2000). *Jeomorfoloji-I*. İstanbul: Der Yayınları.
- Erkoç, T. (2001). *Afet yönetimi*. Ankara: T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü.
- Erol, O. (1993). Ayrıntılı jeomorfoloji haritaları çizim yöntemi. *İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni*. 10. 19-38
- Ersayın, K. (2016). *Kızılırmak Deltası'nda ekolojik hassasiyet ve risk değerlendirmesi*. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, 454816, Balıkesir.
- Ersayın, K. (2022). *Heyelan duyarlılığı analizine bir örnek: İyidere Havzası (Rize)*. Basılmamış Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, 726295, Samsun.
- Erturaç, M. K. (2009). *Amasya ve çevresinin morfolotektonik evrimi*. Basılmamış Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Yer Sistem Bilimi Anabilim Dalı, 266235, İstanbul.
- Esri (2022). *Sentinel-2, 10 m arazi kullanımı/arazi örtü süresi serisi*. Erişim: 2 Ağustos 2022, <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=d3da5dd386d140cf93fc9ecbf8da5e31>
- Eyyuboğlu, B. B. ve Aktaş, S. G. (2016). Sosyal bilimler ve coğrafi bilgi sistemleri uygulamaları kesişiminde mekân kavramı. *SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 39. 103-116. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/267516>
- FAO, ITPS. (2015). *Status of the world's soil resources (SWSR)-Main report*. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Feizizadeh, B., Roodposhti, M. S., Jankowski, P. and Blaschke, T. (2014). A GIS-based extended fuzzy multi-criteria evaluation for landslide susceptibility mapping. *Computers & Geosciences*. 73. 208-221. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2014.08.001>
- Feizizadeh, B., Gheshlaghi, H. A. and Bui, D. T. (2020). An integrated approach of GIS and hybrid intelligence techniques applied for flood risk modeling. *Journal of Environmental Planning and Management*. 64 (3). 485-516. <https://doi.org/10.1080/09640568.2020.1775561>
- Foley, J. A., Defries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N. and Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science*. 309:5734. 570-574. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1111772>
- Franci, F., Bitelli, G., Mandanici, E., Hadjimitsis, D. and Agapiou, A. (2016). Satellite remote sensing and GIS-based multi-criteria analysis for flood hazard mapping. *Natural Hazards*. 83 (1). 31-51. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2504-9>
- Fu, P. (2016). *Getting to know Web GIS 2nd edition*. United States of America, California: Esri Press.
- Ganapathy, G. P. (2011). First level seismic microzonation map of Chennai city-a GIS approach. *Natural Hazards Earth System Sciences*. 11 (2). 549-559. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-549-2011>

- Gashaw, W. and Legesse, D. (2011). Flood hazard and risk assessment using GIS and remote sensing in Fogera Woreda, Northwest Ethiopia. *Nil River Basin* (Editor: Melesse, A. M.). 179–206. Netherlands, Dordrecht: Springer.
http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-0689-7_9
- Gemitzi, A., Falalakis, G., Eskioglou, P. and Petalas, C. (2011). Evaluating landslide susceptibility using environmental factors, fuzzy membership functions and GIS. *Global NEST Journal*. 13 (1). 28-40. <https://doi.org/10.30955/gnj.000734>
- Genç, Ş., Kurt, Z., Küçümen, Ö., Cevher, F., Saraç, G., Acar, Ş., Bilgi, C., Şenay, M. ve Poyraz, N. (1991). *Merzifon (Amasya) dolayının jeolojisi* (Rapor No: 9529). Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü,
- Gitas, I. Z., Douros K., Minakou H., Silleos, G. N. and Karydas, C. (2009). Multi-temporal soil erosion risk assessment in N. Chalkidiki using a modified USLE raster model. *EARSEL eProceedings*, 8 (1). 40-52.
- Goepel, K. D. (2013, June). “Implementing the analytic hierarchy process as a standard method for multi-criteria decision making in corporate enterprises-A new AHP excel template with multiple inputs”. *Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, Kuala Lumpur. <https://doi.org/10.13033/isahp.y2013.047>
- Gómez, H. and Kavzoğlu, T. (2005). Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabonosa River Basin, Venezuela. *Engineering Geology*. 78 (1-2). 11-27. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.10.004>
- Gorsevski, P. V., Brown, M. K., Panter, K., Onasch, C. M., Anita, S. and Snyder, J. (2016). Landslide detection and susceptibility mapping using LiDAR and an artificial neural network approach: A case study in the Cuyahoga Valley National Park, Ohio. *Landslides*. 13. 467-484. <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-015-0587-0>
- Goudie, A. (2004). *Encyclopedia of geomorphology* (Vol. 1). United States of America, New York: Taylor & Francis Group, Routledge Ltd. <http://earthweb.ess.washington.edu/>
- Gökçe, O., Özden, Ş. ve Demir, A. (2008). *Türkiye’de afetlerin mekânsal ve istatistiksel dağılımı afet bilgileri envanteri*. Ankara: T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı.
- Gökçeoğlu, C. and Aksoy, H. (1996). Landslide susceptibility mapping of the slopes in the residual soils of the Mengen region (Turkey) by deterministic stability analyses and image processing techniques. *Engineering. Geology*. 44 (1-4). 147-161.
[https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(97\)81260-4](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(97)81260-4)
- Gökçeoğlu, C. ve Ercanoğlu, M. (2001). Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında kullanılan parametrelere ilişkin belirsizlikler. *Yerbilimleri*. 23. 189–206.
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/145496>
- Gökçeoğlu, C., Sönmez, H., Nefeslioğlu, H. A., Duman, T. Y. and Can, T. (2005). The 17 March 2005 Kuzulu landslide (Sivas, Turkey) and landslide-susceptibility map of its near vicinity. *Engineering Geology*. 81 (1). 65-83.
<https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2005.07.011>
- Görçelioğlu, E. (1989). Bitki örtüsünün yamaç ve şev stabilitesine etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. 39 (4). 28-43.
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/175101>
- Görüm, T. (2006). *Coğrafi bilgi sistemi ve istatistiksel yöntemler kullanılarak heyelan duyarlılık analizi: Melen Boğazı ve yakın çevresi*. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, 215614, İstanbul.

- Görüm, T., Fan, X., Van Westen C. J., Huang, R. Q., Xu, Q., Tang, C. and Wang, G. (2011). Distribution pattern of earthquake-induced landslides triggered by the 12 May 2008 Wenchuan earthquake. *Geomorphology*. 133 (3-4). 152–167.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.12.030>
- Görüm, T. and Carranza, E. J. M. (2015). Control of style-of-faulting on spatial pattern of earthquake-triggered landslides. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 12. 3189-3212. <https://doi.org/10.1007/s13762-015-0752-y>
- Görüm, T. and Fidan, S. (2021). Spatiotemporal variations of fatal landslides in Turkey. *Landslides*. 18. 1691-1705. <https://doi.org/10.1007/s10346-020-01580-7>
- Grapenthin, R., Johanson I. A. and Allen, R. M. (2014). Operational real-time GPS-enhanced earthquake early warning. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 119 (10). 7944-7965. <http://dx.doi.org/10.1002/2014JB011400>
- Gray, D. H. and Leiser, A. T. (1989). Biotechnical slope protection and erosion control. *Soil Science*. 135 (2). 126. <https://doi.org/10.1097/00010694-198302000-00008>
- Gray, D. H. (1995). Influence of vegetation on the stability of slopes. *Vegetation and Slopes* (Editor: Barker, D. H.). 2-25. United Kingdom, London: Thomas Telford Publishing.
- Guns, M. and Vanacker, V. (2014). Shifts in landslide frequency–area distribution after forest conversion in the tropical Andes. *Anthropocene*. 6. 75–85.
<https://doi.org/10.1016/j.ancene.2014.08.001>
- Guo, C., Montgomery, D. R., Zhang, Y., Wang, K. and Yang, Z. (2015). Quantitative assessment of landslide susceptibility along the Xianshuihe fault zone, Tibetan Plateau, China. *Geomorphology*. 248. 93-110. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.07.012>
- Gupta, M. and Srivastava, P. K. (2010). Integrating GIS and remote sensing for identification of groundwater potential zones in the hilly terrain of Pavagarh, Gujarat, India. *Water International*. 35 (2). 233-245. <http://dx.doi.org/10.1080/02508061003664419>
- Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M. and Reichenbach, P. (1999). Landslide hazard evaluation: A review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*. 31 (1-4). 181–216.
[https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00078-1](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00078-1)
- Gürgöze, S. (2020). *Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Kızılırmak ile Tersakan Çayı (Yeşilirmak) arasındaki kesiminin tektonik jeomorfolojisi*. Basılmamış Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, 656941, Samsun.
- Harita Genel Müdürlüğü (HGM). (2021). *1/25.000 ölçekli topografya haritaları*.
- Havenith, H. B., Strom, A., Caceres, F. and Pirard, E. (2006). Analysis of landslide susceptibility in the Suusamyr region, Tien Shan: Statistical and geotechnical approach. *Landslides*. 3. 39-50. <https://doi.org/10.1007/s10346-005-0005-0>
- Haque, U., da Silva, P. F., Devoli, G., Pilz, J., Zhao, B., Khaloua, A., Wilopo, W., Andersen P., Lu, P., Lee, J., Yamamoto, T., Keellings, D., Wu, J. H. and Glass, G. E. (2019). The human cost of global warming: Deadly landslides and their triggers (1995-2014). *Science of the Total Environment*. 682. 673-684.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.415>
- Hasekioğulları, G. D. (2010). *Heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesinde parametre etkilerinin değerlendirilmesi*. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 270310, Ankara.

- Hepdeniz, K. ve Soyaslan, İ. İ. (2018). CBS ve Frekans Oranı yöntemi kullanılarak Isparta-Burdur dağ yolu heyelan duyarlılığının değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 9 (2). 179-186. <https://doi.org/10.29048/makufebd.414392>
- Hochrainer, S. (2006). *Macroeconomic risk management against natural disasters: Analysis focused on governments in developing countries*. Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden, Germany. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8350-9441-3>
- Hong, H., Chen, W., Xu, C., Youssef, A. M., Pradhan, B. and Bui, D. T. (2017). Rainfall-induced landslide susceptibility assessment at the Chongren area (China) using frequency ratio, certainty factor, and index of entropy. *Geocarto International*. 32 (2). 139–154. <https://doi.org/10.1080/10106049.2015.1130086>
- Horritt, M. S., Mason, D. C. and Luckman, A. J. (2001). Flood boundary delineation from Synthetic Aperture Radar imagery using a statistical active contour model. *International Journal of Remote Sensing*. 22 (13). 2489–250. <http://dx.doi.org/10.1080/01431160116902>
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*. 56 (3). 275-370. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)
- Huggett, R. and Shuttleworth, E. (2022). *Fundamentals of geomorphology*. United Kingdom, London: Taylor & Francis. <https://doi.org/10.4324/9781003251156>
- Intarawichian, N. and Dasananda, S. (2010). Analytical hierarchy process for landslide susceptibility mapping in lower Mae Chaem Watershed, Northern Thailand. *Suranaree Journal of Science & Technology*. 17 (3). 1-16. <https://www.thaiscience.info/journals/>
- Işık, F., Bahadır, M., Zeybek, H. İ. ve Çağlak, S. (2020). Karadere Çayı taşkını (Araklı-Trabzon). *Mavi Atlas*. 8 (2). 526-547. <https://doi.org/10.18795/gumusmaviatlas.788991>
- Jain, S. K. and Goel, M. K. (2002). Assessing the vulnerability to soil erosion of the Ukai Dam catchments using remote sensing and GIS. *Hydrological Sciences Journal*. 47 (1). 31-40. <http://dx.doi.org/10.1080/02626660209492905>
- Japan Meteorological Agency (JMA). (2007). Earthquake early warning system, Erişim: 2 Mayıs 2023, <https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/eew.html>
- Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E. (2008). *Afet yönetiminin temel ilkeleri*. Ankara: T.C. İçişleri Bakanlığı Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA).
- Kadıoğlu, M. (2011). *Afet yönetimi beklenilmeyeni beklemek, en kötüsünü yönetmek*. İstanbul: T.C. Marmara Belediyeler Birliği.
- Kanungo, D. P., Arora, M. K., Sarkar, S. and Gupta, R. P. (2006). A comparative study of conventional, ANN black box, fuzzy and combined neural and fuzzy weighting procedures for landslide susceptibility zonation in Darjeeling Himalayas. *Engineering Geology*. 85 (3-4). 347–366. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2006.03.004>
- Kapur, R. (2018). *Natural Hazards and Disaster Management*. Erişim: 2 Mayıs 2023, <https://www.researchgate.net/publication/323794760>
- Karadaş, A. ve Öner, E. (2021). 30 Ekim 2020 Sisam depreminin İzmir-Bayraklı’da yol açtığı hasar üzerinde Bornova Ovasının alüvyal jeomorfolojisinin etkileri. *Coğrafya Dergisi*. 42. 139-153. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2021-872890>
- Karaman, H. and Erden, T. (2014). Net earthquake hazard and elements at risk (NEaR) map creation for city of Istanbul via spatial multi-criteria decision analysis. *Natural Hazards*. 73. 685-709. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1099-2>

- Karra, K., Kontgis, C., Statman-Weil, Z., Mazzariello, J. C., Mathis, M. and Brumby, S. P. (2021, July). "Global land use/land cover with Sentinel 2 and deep learning". 2021 *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS*, 4704–4707. Brussels, Belgium. <https://doi.org/10.1109/IGARSS47720.2021.9553499>
- Kavzoğlu, T. ve Şahin, E. K. (2012, Ekim). "Bulut bilişim teknolojisi ve bulut CBS uygulamaları". *IV Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak.
- Kavzoğlu, T., Çölkesen, İ. ve Şahin, E. K., (2012, Ekim). "Heyelan duyarlılık haritasının üretilmesinde kullanılan faktörlerin etkilerinin araştırılması: Düzköy örneği". *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak.
- Kavzoğlu, T., Şahin, E. K. and Çölkesen, İ. (2015). An assessment of multivariate and bivariate approaches in landslide susceptibility mapping: A case study of Duzkoy district. *Natural Hazards*. 76. 471-496. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1506-8>
- Kawamoto, S., Hiyama Y., Ohta Y. and Nishimura, T. (2016). First result from the GEONET real-time analysis system (REGARD): The case of the 2016 Kumamoto earthquakes. *Earth, Planets and Space*. 68: 190. <http://dx.doi.org/10.1186/s40623-016-0564-4>
- Kayastha, P., Dhital, M. R. and de Smedt, F. (2013). Evaluation of the consistency of landslide susceptibility mapping: A case study from the Kankai watershed in east Nepal. *Landslides*. 10 (6). 785-799. <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-012-0361-5>
- Ketin, İ. (1969). Türkiye'nin genel tektonik durumu ile başlıca deprem bölgeleri arasındaki ilişkiler. *Maden Tetkik Arama Dergisi*. 71. 129-134.
- Kılıç, B. (2020). *Ladik Gölü'nün (Samsun) yüzeysel alanının zamansal ve mekânsal değişiminin coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama ile belirlenmesi*. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı, 634561, Çankırı.
- Kirpich, Z. P. (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil Engineering*. 10 (6). 362.
- Kirschbaum, D., Stanley, T. and Zhou, Y. (2015). Spatial and temporal analysis of a global landslide catalog. *Geomorphology*. 249. 4-15. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.03.016>
- Korkmaz, H. (2006). Antakya'da zemin özellikleri ve deprem etkisi arasındaki ilişki. *Coğrafi Bilimler Dergisi*. 4 (2). 49-66. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000066
- Kreimer, A., Harth, A. and Quarantelli, E.L. (1990). *Lessons learned from emergency lending*. The World Bank Press.
- Kuyuk, H. S., Allen, R. M., Brown, H., Hellweg, M., Henson, I. and Neuhauser, D. (2014). Designing a network-based earthquake early warning algorithm for California: ElarmS-2. *Bulletin of the Seismological Society of America*. 104 (1). 162-173. <http://dx.doi.org/10.1785/0120130146>
- Küçüker, D. M. and Giraldo, D. C. (2022). Assessment of soil erosion risk using an integrated approach of GIS and Analytic Hierarchy Process (AHP) in Erzurum, Türkiye. *Ecological Informatics*. 71: 101788. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101788>
- Lahn, E. (1948). *Türkiye göllerinin jeolojisi ve jeomorfolojisi hakkında bir etüt*. Ankara: MTA Yayınları.
- Lal, R., Hal, G. F. and Miller, F. P. (1989). Soil degradation: I. Basic Process. *Land Degradation & Development*. 1 (1). 51-69. <https://doi.org/10.1002/ldr.3400010106>

- Lal, R., (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*. 12 (6). 519-539. <https://doi.org/10.1002/ldr.472>
- Lee, S. and Min, K. (2001). Statistical analysis of landslide susceptibility at Yongin, Korea. *Environmental Geology*. 40. 1095-1113. <http://dx.doi.org/10.1007/s002540100310>
- Lee, S., Choi, J. and Min, K. (2002). Landslide susceptibility analysis and verification using the Bayesian probability model. *Environmental Geology*. 43. 120-131. <https://doi.org/10.1007/s00254-002-0616-x>
- Lee, S. and Dan, N. T. (2005). Probabilistic landslide susceptibility mapping in the Lai Chau province of Vietnam: Focus on the relationship between tectonic fractures and landslides. *Environmental Geology*. 48 (6). 778-787. <http://dx.doi.org/10.1007/s00254-005-0019-x>
- Lee, S. and Sambath, T. (2006). Landslide susceptibility mapping in the Damrei Romel area, Cambodia using frequency ratio and logistic regression models. *Environmental Geology*. 50. 847-855. <https://doi.org/10.1007/s00254-006-0256-7>
- Lee, S., Ryu, J. H., Lee, M. J., and Won, J. S. (2006). The application of artificial neural networks to landslide susceptibility mapping at Janghung, Korea. *Mathematical Geology*. 38. 199-220. <https://doi.org/10.1007/s11004-005-9012-x>
- Lee, S. and Pradhan, B. (2006). Probabilistic landslide hazards and risk mapping on Penang Island, Malaysia. *Journal of Earth System Science*. 115. 661-672. <https://doi.org/10.1007/s12040-006-0004-0>
- Lee, S. (2007a). Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. *Environmental Geology*. 52. 615-623. <https://doi.org/10.1007/s00254-006-0491-y>
- Lee, S. (2007b). Comparison of landslide susceptibility maps generated through multiple logistic regression for three test areas in Korea. *Earth Surface Processes and Landforms*. 32 (14). 2133–2148. <https://doi.org/10.1002/esp.1517>
- Leh, M., Bajwa, S. and Chaubey, I. (2013). Impact of land use change on erosion risk: An integrated remote sensing, geographic information system, and modeling methodology. *Land Degradation & Development*. 24 (5). 409-421. <https://doi.org/10.1002/ldr.1137>
- Ließ, M., Glaser, B. and Huwe, B. (2012). Uncertainty in the spatial prediction of soil texture: Comparison of regression tree and Random Forest models. *Geoderma*. 170. 70-79. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2011.10.010>
- Lin, H., Wan, Q., Li, X., Chen, J. and Kong, Y. (1997). GIS based multicriteria evaluation for investment environment. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*. 24 (3). 403-414. <https://doi.org/10.1068/b240403>
- Liu, Q-Q., Chen, L. and Li, J. C. (2001). Influences of slope gradient on soil erosion. *Applied Mathematics and Mechanics*. 22. 510-519. <https://doi.org/10.1023/A:1016303213326>
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. and Rhind, D., W. (2005). *Geographical Information Systems and Sciences 2nd edition*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA). (2021). *1/250.000 ve 1/100.000 ölçekli jeoloji haritaları*.
- Maity, D. K. and Mandal, S. (2019). Identification of groundwater potential zones of the Kumari River basin, India: An RS & GIS based semi-quantitative approach. *Environment, Development and Sustainability*. 21. 1013–1034. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-0072-0>

- Mallick, J., Singh, R. K., AlAwadh, M. A., Islam, S., Khan, R. A. and Qureshi, M. N. (2018). GIS-based landslide susceptibility evaluation using fuzzy-AHP multi-criteria decision-making techniques in the Abha Watershed, Saudi Arabia. *Environmental Earth Sciences*. 77: 276 1-25. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7451-1>
- Mandal, S. and Mondal, S. (2018). Statistical approaches for landslide susceptibility assessment and prediction. United States of America, New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93897-4>
- Mater, B. (2004). *Toprak Coğrafyası*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- McGuire, R. K. (2001). Deterministic vs. probabilistic earthquake hazards and risks. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 21 (5). 377-384. [https://doi.org/10.1016/S0267-7261\(01\)00019-7](https://doi.org/10.1016/S0267-7261(01)00019-7)
- Meten, M., PrakashBhandary, N. and Yatabe, R. (2015). Effect of landslide factor combinations on the prediction accuracy of landslide susceptibility maps in the Blue Nile Gorge of Central Ethiopia. *Geoenvironmental Disasters*. 2 (1) 9. <https://doi.org/10.1186/s40677-015-0016-7>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). (2021). *Ladik meteoroloji istasyonu 1975-1999 yılları arası iklim verileri*.
- Meusburger, K. and Alewell, C. (2008). Impacts of anthropogenic and environmental factors on the occurrence of shallow landslides in an alpine catchment (Urseren Valley, Switzerland). *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 8 (3). 509–520. <https://doi.org/10.5194/nhess-8-509-2008>
- Minson, S. E., Murray, J. R., Langbein, J. O. and Gomberg, J. S. (2014). Real-time inversions for finite fault slip models and rupture geometry based on high-rate GPS data. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 119 (4), 3201-3231. <http://dx.doi.org/10.1002/2013JB010622>
- Mittal, H., Kamal, Kumar, A. and Singh, S. K. (2013). Estimation of site effects in Delhi using standard spectral ratio. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 50. 53-61. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2013.03.004>
- Mohan, R. (2018). Ghaghara River System-Its current status and value to society. *The Indian Rivers: Scientific and Socio-Economic Aspects* (Editor: Singh, D. S). 151-164. Singapore: Springer Hydrogeology, Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-2984-4_12
- Mojaddadi, H., Pradhan, B., Nampak, H., Ahmad, N. and bin Ghazali, A. H. (2017). Ensemble machine-learning-based geospatial approach for flood risk assessment using multi-sensor remote-sensing data and GIS. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. 8 (2). 1080–1102. <https://doi.org/10.1080/19475705.2017.1294113>
- Moore, I. D., Grayson, R. B. and Ladson, A. R. (1991). Digital terrain modeling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological Processes*. 5 (1). 3-30. <https://doi.org/10.1002/hyp.3360050103>
- Moreiras, S. M. (2005). Landslide susceptibility zonation in the Rio Mendoza Valley, Argentina. *Geomorphology*. 66 (1-4). 345-357. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.09.019>
- Musson, R. M. W. and Henni, P. H. O. (2001). Methodological considerations of probabilistic seismic hazard mapping. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 21 (5). 385-403. [https://doi.org/10.1016/S0267-7261\(01\)00020-3](https://doi.org/10.1016/S0267-7261(01)00020-3)
- Muthu, K., Petrou, M., Tarantino, C. and Blonda, P. (2008). Landslide possibility mapping using fuzzy approaches. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 46 (4). 1253-1265. <http://dx.doi.org/10.1109/TGRS.2007.912441>

- Nagarajan, R., Roy, A., Kumar, R. V., Mukherjee, A. and Khire, M. V. (2000). Landslide hazard susceptibility mapping based on terrain and climatic factors for tropical monsoon regions. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. 58. 275–287. <https://doi.org/10.1007/s100649900032>
- Nath, S. K., Thingbaijam, K. K. S. and Raj, A. (2008). Earthquake hazard in the Northeast India-A seismic microzonation approach with typical case studies from Sikkim Himalaya and Guwahati city. *Journal of Earth System Science*. 117. 809-831. <http://dx.doi.org/10.1007/s12040-008-0070-6>
- Nath, S. K. and Thingbaijam, K. K. S. (2009). Seismic hazard assessment-A holistic microzonation approach. *Natural Hazards Earth System Sciences*. 9 (4). 1445-1459. <https://doi.org/10.5194/nhess-9-1445-2009>
- Nefeslioğlu, H. A., Duman, T. Y. and Durmaz, S. (2008). Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea region of Turkey). *Geomorphology*. 94 (3-4). 401-418. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.10.036>
- Nefeslioğlu, H. A. and Gökçeoğlu, C. (2011). Probabilistic risk assessment in medium scale for rainfall-induced earthflows: Catakli catchment area (Cayeli, Rize, Turkey). *Mathematical Problems in Engineering*. 2011: 280431. <https://doi.org/10.1155/2011/280431>
- Nefeslioğlu, H. A., Gökçeoğlu, C., Sönmez, H. and Görüm, T. (2011). Medium-scale hazard mapping for shallow landslide initiation: The Buyukkoy catchment area (Cayeli, Rize, Turkey). *Landslides*. 8. 459-483. <https://doi.org/10.1007/s10346-011-0267-7>
- Neuland, H. (1976). A prediction model of landslips. *Catena*, 3 (2). 215-230. [https://doi.org/10.1016/0341-8162\(76\)90011-4](https://doi.org/10.1016/0341-8162(76)90011-4)
- Nichols, D. R. and Buchanan-Banks, J. M. (1974). *Seismic hazards and land-use planning*. U.S. Geology Survey, Circular 690. <https://pubs.usgs.gov/circ/1974/0690/report.pdf>
- Nicholson, D. T. and Hencher, S. (1997). “Assessing the potential for deterioration of engineered rock slopes”. *Proceedings of the IAEG Symposium*. 911–917, Athens.
- Nurlu, M. ve Görmüş, S. (1998). Deprem hasarlarının belirlenmesinde coğrafi bilgi sistemi (22 Temmuz 1967 Mudurnu Vadisi depremi, Türkiye). *Türkiye Jeoloji Bülteni*. 41 (2). 109-116. <https://search.trdizin.gov.tr/yayin/detay/35708/>
- Ocak, F., Sert, S. ve Ünsal Ö. (2012). *ArcGIS for Desktop 10.1 (Masüstü için ArcGIS 10.1)*. Ankara: Esri Türkiye Yayınları.
- Ocak, F. (2018). *Ünye şehir sellerinin zarar görbilirlik yöntemi ile incelenmesi*. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, 523827, Samsun.
- Ocak, F. ve Bahadır, M. (2018). “Çobanlı Deresi Havzası’nda taşkın risk analizi, Atakum (Samsun)”. *II. Kapadokya Yerbilimleri Sempozyumu*. 227-233. Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi, Niğde.
- Ocak, F. ve Bahadır, M. (2020). Örnek taşkın risk modeli oluşturulması ve Ünye şehrindeki derelere ait taşkın risk analizleri. *Jass Studies-The Journal of Academic Social Science Studies*. 13 (80). 21-37. <http://dx.doi.org/10.29228/JASSS.43017>
- Ocak, F. ve Bahadır, M. (2021). Taşkın bilgi ve yönetim sisteminin oluşturulmasında web CBS teknolojisi kullanımı: Ordu-Ünye şehir selleri örneği. *Coğrafya araştırmalarında coğrafi bilgi sistemleri uygulamaları II* (Editörler: Döker, M. F. ve Akköprü, E.). 205-220. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.

- Ocak, F., Bahadır, M., Uzun, A. ve Şahin, K. (2021a). Atakum ilçesi kıyı kuşağının taşkın ve duyarlılık analizi, Samsun/Türkiye. *Coğrafya araştırmalarında coğrafi bilgi sistemleri uygulamaları II* (Editörler: Döker, M. F. ve Akköprü, E.). 273-292. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Ocak, F., Bahadır, M. ve Aylar, F. (2021b). Bakacak Deresi Havzası'nın (Samsun) coğrafi analizi ve taşkın duyarlılığı. *Mavi Atlas*. 9 (2). 61-81.
<https://doi.org/10.18795/gumusmaviatlas.981217>
- Ocak, F., Döker, M. F. and Ünsal, Ö. (2023). Use of web-based GIS applications in geography teaching-The implications from Türkiye. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA*. 73 (1). 65-77. <https://doi.org/10.2298/IJGI2301065O>
- Oh, H. J., Lee, S., Chotikasathein, W., Kim, C. H. and Kwon, J. H. (2008). Predictive landslide susceptibility mapping using spatial information in the Pechabun area of Thailand. *Environmental Earth Sciences*. 57 (3). 641-651.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00254-008-1342-9>
- Ohlmacher, G. C. (2007). Plan curvature and landslide probability in regions dominated by earth flows and earth slides. *Engineering Geology*. 91 (2-4). 117-134.
<https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2007.01.005>
- Oldeman, L. R. (1992). *Global extent of soil degradation*. ISRIC Bi-Annual Report 1991-1992. 19-36. Netherlands. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/299739>
- Olorunfemi, I. E., Fasinmirin, J. T., Olufayo, A. A. and Komolafe, A. A. (2020). GIS and remote sensing-based analysis of the impacts of land use/land cover change (LULCC) on the environmental sustainability of Ekiti State, southwestern Nigeria. *Environment, Development and Sustainability*. 22. 661-692.
<https://doi.org/10.1007/s10668-018-0214-z>
- Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı (OKA). (2018). *Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı Ladik ilçe raporu*. Erişim: 2 Ağustos 2022, <https://oka.ka.gov.tr/assets/>
- Öz, T. ve Günek, H. (2021). Solaklı Havzası'nın (Trabzon) heyelan duyarlılığı ve yerleşim yeri risk analizi. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*. 44. 396-412. <http://dx.doi.org/10.32003/igge.931516>
- Özbay, A. and Çabalar, A. F. (2015). FEM and LEM stability analyses of the fatal landslides at Çöllolar open-cast lignite mine in Elbistan, Turkey. *Landslides*. 12. 155-163.
<https://doi.org/10.1007/s10346-014-0537-2>
- Özcan, A., Armağan, F., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümengen, M. ve Tekeli, O. (1980). *Kuzey Anadolu Fayı ile Kırşehir Masifi arasında kalan alanın temel jeolojisi* (Rapor No: 6722). Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, (yayımlanmamış).
- Özçep, F. (2019). *Zeminlerin geoteknik ve jeofizik analizi (İnşaatların tasarım sürecinde)*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Özdemir, M. A. (1996). Elazığ, Kurt Dere Vadisinde tarımsal arazilere zarar veren heyelanlar. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 8 (2). 195-208.
https://www.researchgate.net/publication/329885751_Elazig_Kurtdere_Vadisinde_Tarimsal_Arazilere_Zarar_Veren_Heyelanlar
- Özdemir, H. (2007). *Havran çayı havzasının (Balıkesir) CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizi*. Basılmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, 215084, İstanbul.

- Özdemir, H. (2011). Havza morfometrisi ve taşkınlar. *Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistemik ve Bölgesel* (Editör: Ekinci, D.). 457-474. İstanbul: Türk Coğrafya Kurumu Yayınları.
- Özdemir, H. ve Bayrakdar, C. (2014). 16 Kasım 2007 Tuzla Deresi taşkınının nedenleri üzerine bir araştırma (Silivri-İstanbul). *Türk Coğrafya Dergisi*. 49 (5). 123-139. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/198493>
- Özdemir, H. (2016). *Afetler coğrafyası*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi (AUZEF).
- Özdemir, A. and Altural, T. (2013). A comparative study of frequency ratio, weights of evidence and logistic regression methods for landslide susceptibility mapping: Sultan mountains, SW Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*. 64. 180–197. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.12.014>
- Özel, P. (2016). *Ladik yöresi (Samsun) turizm coğrafyası*. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, 441211, Samsun.
- Özşahin, E. (2014a). Earthquake damage risk analysis in Tekirdağ province using Geographic Information Systems (GIS) and Analytic Hierarchy Process (AHP). *International Journal of Human Sciences*. 11 (1). 861-879. <http://dx.doi.org/10.14687/ijhs.v11i1.2816>
- Özşahin, E. (2014b). Tekirdağ ilinde coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi süreci kullanarak heyelan duyarlılık analizi. *HUMANITAS-Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*. 2 (3). 167-186. <https://doi.org/10.20304/husbd.84015>
- Özşahin, E. (2015). Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla heyelan duyarlılık analizi: Ganos Dağı örneği (Tekirdağ). *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 7 (1). 47-63. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/84970>
- Özşahin, E. (2016). Arnavutluk'ta taşkın risk analizi. *Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi*. (12). 91-109. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijoess/issue/8530/105929>
- Öztürk, A. (1979). Ladik-Destek yöresinin stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*. 22. 27-34.
- Öztürk, K. (2002). Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22 (1). 47-65. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/77436>
- Pal, I., Nath, S. K., Shukla, K., Pal, D. K., Raj, A., Thingbaijam, K. K. S. and Bansal, B. K. (2008). Earthquake hazard zonation of Sikkim Himalaya using a GIS platform. *Natural Hazards*. 45. 333-377. <https://doi.org/10.1007/s11069-007-9173-7>
- Palchaudhuri, M. and Biswas, S. (2016). Application of AHP with GIS in drought risk assessment for Puruliya district, India, *Natural Hazards*. 84. 1905–1920. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2526-3>
- Pampal, S. (1999). *Depremler*. İstanbul: Alfa.
- Panahi, M., Rezaie, F. and Meshkani, S. A. (2014). Seismic vulnerability assessment of school buildings in Tehran city based on AHP and GIS. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 14 (4). 969-979. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-969-2014>
- Parker, A. J. (1982). The topographic relative moisture index: An approach to soil moisture assessment in mountain terrain. *Physical Geography*. 3 (2). 160- 168. <http://dx.doi.org/10.1080/02723646.1982.10642224>

- Parker, D., Tapsell, S. and McCarthy, S. (2007). Enhancing the human benefits of flood warnings. *Natural Hazards*. 43. 397-414.
<https://doi.org/10.1007/s11069-007-9137-y>
- Partigöç, N. S. ve Soğancı, S. (2019). Küresel iklim değişikliğinin kaçınılmaz sonucu: Kuraklık. *Resilience*. 3 (2). 287-299. <https://doi.org/10.32569/resilience.619219>
- Patel, D. P. and Srivastava P. K. (2013). Flood hazards mitigation analysis using remote sensing and GIS: Correspondence with town planning scheme. *Water Resources Management*. 27. 2353-2368. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-013-0291-6>
- Patton, P. C. and Baker, V. R. (1976). Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls. U.S. Water Resources Research. 12 (5). 941-952. <https://www.academia.edu/29120485/>
- Patton, P. (1988). Drainage basin morphometry and floods. *Flood Geomorphology* (Editors: Baker, V., Kochel, R. and Patton, P.). 51-65. United States of America, New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Peng, L., Niu, R., Huang, B., Wu, X., Zhao, Y. and Ye, R. (2014). Landslide susceptibility mapping based on rough set theory and support vector machines: A case of the Three Gorges area, China. *Geomorphology*. 204. 287-301.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.08.013>
- Pereira, J. M. C. and Duckstein, L. (1993). A multiple criteria decision-making approach to GIS based land suitability evaluation. *International Journal of Geographical Information Systems*. 7 (5). 407-424. <https://doi.org/10.1080/02693799308901971>
- Petley, D. N., Dunning, S. A. and Rosser, N. J. (2005). The analysis of global landslide risk through the creation of a database of worldwide landslide fatalities. *Landslide risk management* (Editors: Hungr, O., Fell, R., Couture, R. and Eberhardt, E.). 367-374. United Kingdom, London: CRC Press.
- Pimentel, D. (2006). Soil erosion: A food and environmental threat. *Environment, Development and Sustainability*. 8. 119-137.
<https://doi.org/10.1007/s10668-005-1262-8>
- Polykretis, C., Ferentinou, M. and Chalkias, C. (2015). A comparative study of landslide susceptibility mapping using landslide susceptibility index and artificial neural networks in the Krios River and Krathis River catchments (northern Peloponnesus, Greece). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. 74. 27-45.
<https://doi.org/10.1007/s10064-014-0607-7>
- Pourghasemi, H. R., Mohammady, M. and Pradhan, B. (2012). Landslide susceptibility mapping using index of entropy and conditional probability models in GIS: Safarood Basin, Iran. *Catena*. 97. 71-84. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.05.005>
- Pourghasemi, H. R., Moradi, H. R. and Aghda, S. M. F. (2013). Landslide susceptibility mapping by binary logistic regression, analytical hierarchy process, and statistical index models and assessment of their performances. *Natural Hazards*. 69. 749-779.
<https://doi.org/10.1007/s11069-013-0728-5>
- Pradhan, B. and Lee, S. (2009). Landslide risk analysis using artificial neural network model focussing on different training sites. *International Journal of Physical Sciences*. 4 (1). 1-15.
https://www.researchgate.net/publication/228662309_Landslide_risk_analysis_using_artificial_neural_network_model_focusing_on_different_training_sites
- Prakash, P. H. S., Garg, P. K. and Ghosh, S. K. (2006, August). GIS based modeling for drought assessment. *26th Annual Esri International User Conference*. Esri, San Diego, United States of America.

- Rahman, Md. R., Shi, Z. H. and Chongfa, C. (2009). Soil erosion hazard evaluation-An integrated use of remote sensing, GIS, and statistical approaches with biophysical parameters towards management strategies. *Ecological Modelling*. 220 (13–14). 1724–1734. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.04.004>
- Reddy, G. P. O., Maji, A. K. and Gajbhiye, K. S. (2004). Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India-A remote sensing and GIS approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 6 (1). 1-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2004.06.003>
- Reis, S., Yalçın, A., Atasoy, M., Nişancı, R., Bayrak, T., Erduran, M., Sancar, C. and Ekercin, S. (2012). Remote sensing and GIS-based landslide susceptibility mapping using frequency ratio and analytical hierarchy methods in Rize province (NE Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 66. 2063–2073. <https://doi.org/10.1007/s12665-011-1432-y>
- Renard, K. G., Laflen, J. M., Foster, G. R., and McCool, D. K. (1994). “The revised universal soil loss equation”. *Soil Erosion Research Methods* (Editor: Lal, R.). 105-124. United States of America, Ankeny: Soil and Water Conservation Society.
- Renard, K. G., Yoder, D. C., Lightle, D. T. and Dabney, S. M. (2011). “Universal soil loss equation and revised universal soil loss equation”. *Handbook of Erosion Modelling* (Editors: R. P. C. Morgan and M. A. Nearing). United Kingdom, Chichester: Blackwell Publishing Ltd.
- Reza, H., Budic, Z. N, Akbar, A. R., Mohsen, N. and Hassan, H. (2013). Interactive approach for GIS-based earthquake scenario development and resource estimation (Karmania hazard model). *Computers & Geosciences*. 51. 324-338. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2012.08.016>
- Saaty, T. L. (1989). Hierarchical-Multiobjective systems. *Control-Theory and Advanced Technology*. 5 (4). 485-489.
- Saaty, T. L. and Vargas, L. G. (2006). *Decision making with the analytic network process: Economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks*. United States of America, New York: Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/0-387-33987-6>
- Saini, S. S. and Kaushik, S. P. (2012). Risk and vulnerability assessment of flood hazard in part of Ghaggar Basin: A case study of Guhla block, Kaithal, Haryana. *International Journal of Geomatics and Geosciences*. 3 (1). 42–54. <https://www.researchgate.net/publication/269695166>
- Samsun İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü (2022). CİMER bilgi edinme talebi.
- Saya, Ö. ve Güney, E. (2014). *Türkiye Bitki Coğrafyası*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Schultz, G. A. and Engman, E. T. (2000). *Remote sensing in hydrology and water management*. Germany, Berlin: Springer Science & Business Media. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-59583-7>
- Sevin, M. ve Uğuz, M. F. (2013). *Çorum-G35 paftası jeoloji raporu* (Rapor No: 185). Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Sherman, L. K. (1932). The relation of hydrographs of runoff to size and character of drainage basin. *Trans. Am. Geophys. Union*. 13. 332-339.
- Sırdaş, S. (2003). Meteorolojik kuraklık ve Türkiye modellenmesi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi*. 2 (2). 95-103. http://itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi_d/article/

- Singh, D. S., Prajapati, S. K., Singh, P., Singh, K. and Kumar, D. (2015). Climatically induced levee break and flood risk management of the Gorakhpur region, Rapti River Basin. Ganga Plain, India. *Journal of the Geological Society of India*. 85 (1). 79–86. <https://www.researchgate.net/publication/344586665>
- Singh, A. P., Arya, A. K. and Singh, D. S. (2020). Morphometric analysis of Ghaghara River Basin, India, using SRTM data and GIS. *Journal Geological Society of India*. 95. 169-178. <http://dx.doi.org/10.1007/s12594-020-1406-3>
- Singh, K., Arya, A. K. and Agarwal, K. K. (2020). Landslide occurrences along lineaments on NH-154A, Chamba, Himachal Pradesh; extracted from Satellite Data Landsat 8, India. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 48. 791-803. <https://doi.org/10.1007/s12524-020-01113-8>
- Sinha, R., Bapalu, G. V., Singh, L. K. and Rath, B. (2008). Flood risk analysis in the Kosi River Basin, north Bihar using multi-parametric approach of Analytical Hierarchy Process (AHP). *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 36. 335-349. <http://dx.doi.org/10.1007/s12524-008-0034-y>
- Soba, M. ve Bildik, T. (2013). İlçelerde fakülte yeri seçiminin analitik hiyerarşi süreci metodu ile belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 4 (5). 51-63. <http://www.ajindex.com/dosyalar/makale/acarindex-1423906479.pdf>
- Soeters, R. and Van Westen, C. J. (1996). Slope instability: Recognition, analysis and zonation. *Landslides: Investigation and Mitigation* (Editors: Turner, A. K. and Shuster, R. L.). Special Report 247. 129-177. United States of America, Washington DC: Transportation research Board–National Research Council.
- Sørensen, R., Zinko, U. and Seibert, J. (2006). On the calculation of the topographic wetness index: Evaluation of different methods based on field observations. *Hydrology and Earth System Sciences*. 10 (1), 101-112. <https://doi.org/10.5194/hess-10-101-2006>
- Sönmez, M. E. (2011). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı deprem hasar riski analizi: Zeytinburnu (İstanbul) örneği. *Türk Coğrafya Dergisi*. (56). 11-22. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tcd/issue/21225/227787>
- Srivastava, O. S., Denis, D. M., Srivastava, S. K., Kumar, M. and Kumar, N. (2014). Morphometric analysis of a Semi Urban Watershed, trans Yamuna, draining at Allahabad using Cartosat (DEM) data and GIS. *International Journal of Engineering Science*. 3. 71-79. <https://www.researchgate.net/publication/308028238>
- Stefanidis S. and Stathis, D. (2013). Assessment of flood hazard based on natural and anthropogenic factors using analytic hierarchy process (AHP). *Natural Hazards*. 68. 569–585. <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-013-0639-5>
- Strahler, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. *Handbook of Applied Hydrology* (Editor: Chow, V. T.). 439-476. United States of America, New York.
- Sür, Ö. (1993). Türkiye'nin deprem bölgeleri. *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*. (2). 53-68. <http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/>
- Süzen, M. L. and Doyuran, V. (2004). Data driven bivariate landslide susceptibility assessment using geographical information systems: A method and application to Asarsuyu catchment, Turkey. *Engineering Geology*. 71 (3–4). 303–321. [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(03\)00143-1](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(03)00143-1)
- Şahin, M. ve Toroğlu, E. (2020). Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılarak Pınarbaşı ilçesi (Kayseri) arazilerinin tarımsal uygunluk derecelerinin belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*. (75). 119-130. <http://dx.doi.org/10.17211/tcd.798755>

- Şengezer, B. ve Kansu, H. (2001). *Kapsamlı afet yönetimi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Şentürk, M. D. ve Aktuğ, B. (2020). Yer değiştirme tabanlı deprem erken uyarı sistemleri. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*. 6 (2). 218-227. <https://doi.org/10.21324/dacd.574177>
- Şimşek, O. ve Çakmak, B. (2010, Mayıs). “Su bütçesi yöntemiyle buğday üretimi risk analizi”. *I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Şirin, M. ve Ocak, F. (2020). Gümüşhane şehrinde afet ve acil durum toplanma alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında değerlendirilmesi. *Doğu Coğrafya Dergisi*. 25 (44). 85-106. <https://doi.org/10.17295/ataunidcd.790893>
- Tağıl, Ş. (2006). Kazdağı Milli Parkı’nda arazi örtüsü organizasyonunu kontrol eden jeomorfometrik faktörler: Bir CBS yaklaşımı. *Coğrafi Bilimler Dergisi*. 4 (2). 37-47. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000067
- Tağıl, Ş. (2009). Çakırdere ve Yahu Dere havzalarında (Balıkesir) toprak kaybının mekânsal dağılışı ve etkileyen faktörler. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 12 (22). 23-39. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/857184>
- Tağıl, Ş. ve Alevkayalı, Ç. (2013). Ege Bölgesinde depremlerin mekânsal dağılımı: Jeostatistiksel yaklaşım. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*. 6 (28). 369-379. <https://www.researchgate.net/publication/349054580>
- Tairi, A., Elmouden, A. and Aboulouafa, M. (2019). Soil erosion risk mapping using the analytical hierarchy process (AHP) and geographic information system in the Tifnout-Askaoun watershed, Southern Morocco. *European Scientific Journal*. 15 (30). 338-356. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n30p338>
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2021). *Tarım dışı yetkilendirme ve toprak etüt portalı*. Erişim: 01.03.2021, <https://tad.tarim.gov.tr/>
- Taşdemir, İ. (2020). Afet yönetimi ve coğrafi bilgi sistemleri (Disaster Management and GIS). *Bilgi Merkezleri: Sağlık ve Afet Bilgi Yönetimi* (Editörler: Kuzucuoğlu, A. H. ve Şeşen, Y.). İstanbul: Hiperlink Yayınları. <https://www.researchgate.net/publication/34231810>
- Tecim, V. (2008). *Coğrafi bilgi sistemleri, harita tabanlı bilgi yönetimi*. Ankara: Renk Form Ofset Matbaacılık Ltd. Şti.
- Thakurdesai, S. C. and Pise, S. K. (2016). A study of relief and slope of upper Kundalika River Basin, Raigad, Maharashtra Int. *J. Interdiscip. Res. Sci. Soc. Cult. (Ijirssc)*. 2. 391-399. <https://docplayer.net/52209775>
- Thilagavathi, G., Tamilenth, S., Ramu, C. and Baskaran, R. (2011). Application of GIS in flood hazard zonation studies in Papanasam Taluk, Thanjavur District, Tamilnadu. *Advances in Applied Science Research*. 2 (3). 574-585. <https://www.researchgate.net/publication/216335849>
- Turan, İ. D. (2016). *Çorum çayı havzasının uygulamalı jeomorfolojisi*. Basılmamış Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, 441193, Samsun.
- Turan, İ. D. ve Dengiz, O. (2017a, Ekim). “Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak İnebolu havzasında (Kastamonu) heyelan duyarlılık analizi”. *Uluslararası Jeomorfoloji Sempozyumu*, 194-201. Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- Turan, İ. D. ve Dengiz, O. (2017b). Çok kriterli değerlendirme ile Ankara Güvenç Havzası’nda Erozyon risk tahminlenmesi. *Journal of Agricultural Sciences*. 23 (3). 285-297. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.447600>

- Turan, İ. D., Dengiz, O. and Özkan, B. (2019). Spatial assessment and mapping of soil quality index for desertification in the semi-arid terrestrial ecosystem using MCDM in interval type-2 fuzzy environment. *Computers and Electronics in Agriculture*. 164: 104933. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104933>
- Turan, İ. D. ve Uzun, A. (2021). Analitik Hiyerarşik Süreç ve CBS teknikleri kullanılarak Çorum Çayı Havzasında toprak erozyonu riskinin modellenmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*. (6). 41-55. <https://doi.org/10.46453/jader.843857>
- Turner, B. L., Meyer, W. B. and Skole, D. L. (1994, February). "Global land-use/land-cover change: Towards an integrated study". *AMBIO*. 23 (1). 91-95. Sweden: Stockholm: Springer. <https://www.jstor.org/stable/4314168?origin=JSTOR-pdf>
- Turoğlu, H. (2004). Zemin sıvılaşmasının 17 Ağustos 1999 depreminde Adapazarı'ndaki hasara etkisi. *Coğrafya Dergisi*. (12). 63-74. <https://cdn.istanbul.edu.tr/file/>
- Turoğlu, H. (2005). Bartın'da meydana gelen sel ve taşkınlara ait zarar azaltma ve önleme önerileri. *İ.T.Ü. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu V*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Turoğlu, H. ve Özdemir, H. (2005). *Bartın'da sel ve taşkınlar: Sebepler, etkiler, önleme ve zarar azaltma önerileri*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Turoğlu, H. (2011). *Coğrafi bilgi sistemlerinin temel esasları*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Tüdeş, Ş. (2012). Correlation between geology, earthquake, and urban planning. *Earthquake Research and Analysis-Statistical Studies, Observations and Planning*. 417-434. <https://www.intechopen.com/chapters/30719>
- Tüfekçioğlu, M., Isenhardt, T. M., Schultz, R. C., Bear, D. A., Kovar, J. L. and Russell, J. R. (2012). Stream bank erosion as a source of sediment and phosphorus in grazed pastures of the Rathbun Lake Watershed in southern Iowa, United States. *Journal of Soil and Water Conservation*. 67 (6). 545-555. <https://doi.org/10.2489/jswc.67.6.545>
- Tüfekçioğlu, M., Yavuz, M., Vatandaslar, C., Dinç, M., Duman, A. and Tüfekçioğlu, A. (2018). Assessing and mapping erosion risk for Velikoy Sub-watershed within Coruh River Basin in Turkey. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*. 4 (2). 210-220. <https://doi.org/10.21324/dacd.415081>
- Türk, T. (2009). *Sürdürülebilir afet bilgi sistemi altyapısının oluşturulması ve Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde uygulanması*. Basılmamış Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, 243580, İstanbul.
- Türkan, O. (2016, Ekim). "Çankırı ilinde yerleşmelerin yükselti basamaklarına göre dağılışı". *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*. 414-429. Ankara Üniversitesi, Ankara. http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2016/12/Int_semp_BC11.pdf
- Türkeş, M. (2012). Türkiye'de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*. 4 (2). 1-32. https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000063
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2022). *2021 yılı nüfus verileri*. Erişim: 2 Ağustos 2022, <https://data.tuik.gov.tr/>
- Ulusay, R. (2007, Mayıs). "Heyelanlar ve mühendislik şevlerindeki duraysızlıklar: Türleri, etkileri ve zararların azaltılması". *Sel-Heyelan-Çığ Sempozyumu*. 157-185. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Samsun.
- United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). (2018). Turkey gets results in combating soil erosion. News Archive. Erişim: 28.11.2022, <https://www.unccd.int/news-stories/stories/turkey-gets-results-combating-soil-erosion>

- Uromeihy, A. and MahdaviFar, M. R. (2000). Landslide hazard zonation of the Khorshrostan area, Iran. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. 58. 207-213. <https://doi.org/10.1007/s100640050076>
- Uzun, A. ve Uzun, S. (2003, Aralık). “Doğu Karadeniz kıyı kuşağındaki dağınık yerleşme dokusu ve arazi kullanımındaki köklü değişimlerin heyelan oluşumuna etkileri”. *Doğu Karadeniz Bölgesinde Kırsal Alanda Ulaşım, Yerleşim Sorunları ve Çözümleri Sempozyumu*. Trabzon.
- Uzunçubuk, L. (2005). *Yerleşim yerlerinde afet ve risk yönetimi*. Basılmamış Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kamu Yönetimi ve Siyaset Anabilim Dalı, 187060, Ankara.
- Ünlü, A. (2002). *Olay komuta sistemi*. Afet yönetiminin temel ilkeleri (kurs). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Afet Yönetimi Merkezi, İstanbul.
- Ünsal, Ö. ve Avcı, S. (2023). Akıllı şehir tartışmaları üzerine bir değerlendirme ve Türkiye. *Mavi Atlas*. 11 (1). 87-104. <https://doi.org/10.18795/gumusmaviatlas.1229850>
- Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A., Alimohammadi, A. and Hosseinali, F. (2009). Landslide Hazard Zonation Using Quantitative Methods in GIS. *International Journal of Civil Engineering*. 7 (3). 176-189. <https://www.researchgate.net/publication/262418052>
- Vallejo, L. E. and Shettima, M. (1996). Fault movement and its impact on ground deformations and engineering structures. *Engineering Geology*. 43. 119-133. [https://doi.org/10.1016/0013-7952\(96\)00055-5](https://doi.org/10.1016/0013-7952(96)00055-5)
- Van der Knijff, J. M., Jones, R. J. A. and Montanarella, L. (2000). *Soil erosion risk assessment in Europe*. EUR 19044 EN. European Commission, Erişim: 20.12.2022, https://www.unisdr.org/files/1581_ereurnew2.pdf
- Van Westen, C. J., Rengers, N. and Soeters, R. (2003). Use of geomorphological information in indirect landslide susceptibility assessment. *Natural Hazards*. 30. 399-419. <https://doi.org/10.1023/B:NHAZ.0000007097.42735.9e>
- Van Westen, C. J., Castellanos, E. and Kuriakose, S. L. (2008). Spatial data for landslide susceptibility, hazards, and vulnerability assessment: An overview. *Engineering Geology*. 102 (3-4). 112-131. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.010>
- Vijith, H. and Madhu, G. (2008). Estimating potential landslide sites of an upland sub-watershed in Western Ghat's of Kerala (India) through frequency ratio and GIS. *Environmental Geology*. 55. 1397-1405. <http://dx.doi.org/10.1007/s00254-007-1090-2>
- Vijith, H., Suma, M., Rekha, V. B., Shiju, C. and Rejith, P. G. (2012). An assessment of soil erosion probability and erosion rate in a tropical mountainous watershed using remote sensing and GIS. *Arabian Journal of Geosciences*. 5. 797-805. <https://doi.org/10.1007/s12517-010-0265-4>
- Wable, P. S., Jha, M. K. and Shekhar, A. (2019). Comparison of drought indices in a Semi-Arid River Basin of India. *Water Resources Management*. 33. 75-102. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-2089-z>
- Warner, M. (2001). Impact of grid size in GIS based flood extent mapping using a 1D flow model. *Physics and Chemistry of the Earth Part B: Hydrology Oceans and Atmosphere*. 26 (7-8). 517-522. [http://dx.doi.org/10.1016/S1464-1909\(01\)00043-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1464-1909(01)00043-0)
- Wei, H., Liu, H., Xu, Z., Ren, J., Lu, N., Fan, W., Zhang, P. and Dong, X. (2018). Linking ecosystem services supply, social demand, and human well-being in a typical mountain-oasis-desert area, Xinjiang, China. *Ecosystem Services*. 31 (Part A). 44-57. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.03.012>

- Wen, X. and Deng, X. (2020). Current soil erosion assessment in the Loess Plateau of China: A mini-review. *Journal of Cleaner Production*. 276:123091 123091.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123091>
- Wieczorek, G. F., Gori, P. L., Jager, S., Kappel, W. M. and Negussey, D. (1996, June). "Assessment and management of landslide hazards near Tully Valley landslide, Syracuse, New York, USA". *Proc. VII Int. Symp. Landslides*. 411-416. Trondheim.
- Wischmeier, W. H. and Smith, D. D. (1978). "Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning". *The USDA Agricultural Handbook* (No: 537). Planning, Science and Education Administration. US Department of Agriculture, Washington, USA.
- Wu, T. H. (1985). Effect of vegetation on slope stability. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*. 22 (5). 161.
[https://doi.org/10.1016/0148-9062\(85\)92272-7](https://doi.org/10.1016/0148-9062(85)92272-7)
- Wynants, M., Kelly, C., Mtei, K., Munishi, L., Patrick, A., Rabinovich, A., Nasser, M., Gilvear, D., Roberts, N., Boeckx, P., Wilson, G., Blake, W. H. and Ndakidemi, P. (2019). Drivers of increased soil erosion in East Africa's agro-pastoral systems: Changing interactions between the social, economic, and natural domains. *Regional Environmental Change*. 19. 1909-1921.
<https://doi.org/10.1007/s10113-019-01520-9>
- Xu, C., Xu, X., Dai, F. and Saraf, A. K. (2012). Comparison of different models for susceptibility mapping of earthquake triggered landslides related with the 2008 Wenchuan earthquake in China. *Computers & Geosciences*. 46. 317-329.
<https://doi.org/10.1016/j.cageo.2012.01.002>
- Yalçın, A. and Bulut, F. (2007). Landslide susceptibility mapping using GIS and digital photogrammetric techniques: A case study from Ardesen (NE-Turkey). *Natural Hazards*. 41. 201–226. <https://doi.org/10.1007/s11069-006-9030-0>
- Yalçın, A. (2008). GIS-Based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations. *Catena*. 72 (1). 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2007.01.003>
- Yenilmez, G. (2011, Ekim). "Japonya'daki deprem ve tsunami erken uyarı sistemleri ve 11 Mart 2011 'Büyük Doğu Japonya afetindeki performansları'. *Birinci Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı ve Polat Glkan Çalıştayı*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Yılmaz, A. (2003). *Türk kamu yönetiminin sorun alanlarından biri olarak afet yönetimi*. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Yüce, M. ve Eşit, M., (2020). Ceyhan Havzasının kuraklık risk haritasının SPI ve SPEI metotları ile belirlenmesi. *Su Kaynakları*. 5 (2). 1-8.
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1077339>
- Yüksel, N. (2007). *Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı heyelan duyarlılık haritalarının oluşturulmasında istatistiksel yöntemlerin ve yapay sinir ağlarının kullanılması: Kumluca-Ulus (Bartın) bölgesi*. Basılmamış Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 216374, Ankara.
- Yiğitcanlar, T., Kamruzzaman, M., Buys, L., Ioppolo, G., Marques, J. S., da Costa, E. M. and Yun, J. J. (2018). Understanding "smart cities": Intertwining development drivers with desired outcomes in a multidimensional framework. *Cities*. 81. 145-160.
<https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.04.003>
- Zeveloff, L. W. and Thorne, C. R. (1987). Quantitative analysis of land surface topography. *Earth Surface Processes and Landforms*. 12. 47–56.
<https://doi.org/10.1002/esp.3290120107>

Zine, R., Abidine, E. L. and Abdelmansour, N. (2019). Landslide susceptibility mapping using information value and frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*. 160 (160). 197-211.
<https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.502343>

İnternet Kaynakları

- URL-1: 06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) Mw 7.7, Elbistan (Kahramanmaraş) Mw 7.6 depremlerine ilişkin ön değerlendirme raporu. Erişim: 15 Nisan 2023,
https://deprem.afad.gov.tr/assets/pdf/Kahramanmaras%20%20Depremleri_%20On%20Degerlendirme%20Raporu.pdf
- URL-2: 26 Kasım 1943 tarihli Samsun-Ladik depremi. Erişim: 7 Ekim 2021,
<https://deprem.afad.gov.tr/tarihteBuAy?id=51>
- URL-3: Heyelan fotoğrafları. Erişim: 25 Kasım 2021,
<https://m.star.com.tr/yasam/korkutan-goruntu-ordudaki-mahalleye-heyelan-yuzunden-girisler-yasaklandi-haber-1489053/>
- URL-4: Heyelan fotoğrafları. Erişim: 25 Kasım 2021,
<https://www.ahaber.com.tr/galeri/gundem/ordudaki-heyelanin-bilancosu-agir/16>
- URL-5: CBS Nedir? Erişim: 20 Aralık 2021,
<https://www.basarsoft.com.tr/cografi-bilgi-sistemleri-cbs-nedir/>
- URL-6: Coğrafi veri tabanı. Erişim: 20 Aralık 2021, www.esri.com
- URL-7: RAMSAR alanları ve ulusal öneme sahip sulak alanlar. Erişim: 9 Nisan 2023,
<https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Belgeler/Korunan%20Alanlar%20Listesi/3-%20sulak%20alanlar.pdf>
- URL-8: Ladik Gölü hakkında. Erişim: 9 Nisan 2023, <http://www.ladik.gov.tr/ladik-golu>
- URL-9: KAFZ için deprem verileri. Erişim: 4 Mayıs 2023,
<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/>
- URL-10: Samsun Ladik Belediyesi sosyal medya sayfası. Erişim: 3 Ekim 2022,
<https://www.facebook.com/photo/?fbid=445893732675117&set=pcb.445893969341760>
- URL-11: Türkiye Deprem Bölge ve Türkiye Deprem Tehlikesi haritaları hakkında. Erişim: 22 Ağustos 2022, https://www.jmo.org.tr/genel/jeoloji_harita.php?kod=9004
- URL-12: Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleşmiş olan tarihsel taşkınlar. Erişim: 25 Eylül 2022,
www.atlas.gov.tr
- URL-13: Ladik Gölü Havzası'nda gerçekleşmiş olan tarihsel heyelanlar. Erişim 25 Kasım 2022, <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>
- URL-14: AFAD'ın tarihsel geçmişi hakkında. Erişim: 26 Nisan 2023,
<https://www.afad.gov.tr/afad-hakkinda>
- URL-15: Ulusal afet müdahale organizasyon şeması. Erişim: 26 Nisan 2023,
<https://www.afad.gov.tr/turkiye-afet-mudahale-plani>
- URL-16: AYDES hakkında. Erişim 26 Nisan 2023,
<https://www.afad.gov.tr/afet-yonetim-ve-karar-destek-sistemi-projesi-aydes21>
- URL-17: Afet yönetimi ve akıllı şehir birlikteliği hakkında. Erişim: 26 Nisan 2023,
<https://www.akillisehirler.gov.tr/akilli-sehir-nedir/>

ÖZ GEÇMİŞ

Fatih OCAK, Eskiizmir Naci Şensoy Lisesi'ni bitirdikten sonra Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü'nden 2009 yılında birincilikle mezun oldu. 2010-2011 yılları arasında Ege Üniversitesi Eğitim Fakültesi'nde pedagojik formasyon, 2018 yılında ise Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2009-2017 yılları arasında özel sektörde Coğrafi Bilgi Sistemleri alanında önemli görevler üstlenen Ocak ve 2018 yılından beri Samsun Üniversitesi Kavak MYO'da Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır. Temel ilgi alanları; Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), web CBS, Uzaktan Algılama ve doğal afetler olan Ocak evli ve bir çocuk babasıdır. 16/06/2023.

İletişim Bilgileri

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1088-3762>

Yayınlar:

1. Ocak, F., Döker, M. F. and Ünsal, Ö. (2023) Use of Web-Based GIS applications in geography teaching-The Implications from Türkiye. *Journal of The Geographical Institute Jovan Cvijic Sasa*. 73 (1). 65-77.
<https://doi.org/10.2298/IJGI2301065O>
2. Ocak, F. ve Bahadır, M. (2022). CBS teknikleri kullanılarak deprem duyarlılık analizi için Analitik Hiyerarşi Prosesi: Samsun Ladik Gölü Havzası örneği, Türkiye. *Kesit Akademi Dergisi*. 8 (33). 322-348.
<http://dx.doi.org/10.29228/kesit.64705>
3. Ocak, F., Bahadır, M. ve Aylar, F. (2021). Bakacak Deresi Havzası'nın (Samsun) coğrafi analizi ve taşkın duyarlılığı. *Mavi Atlas*. 9 (2). 61-81.
<https://doi.org/10.18795/gumusmaviatlas.981217>
4. Ocak, F. ve Bahadır, M. (2021). Coğrafya araştırmalarında coğrafi bilgi sistemleri uygulamaları II. *Taşkın bilgi ve yönetim sisteminin oluşturulmasında web CBS teknolojisi kullanımı: Ordu-Ünye şehir seleri örneği* (Editörler: Döker, M. F. ve Akköprü, E.). 205-220. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
5. Ocak, F., Bahadır, M., Uzun, A. ve Şahin, K. (2021). Coğrafya araştırmalarında coğrafi bilgi sistemleri uygulamaları II. *Atakum ilçesi kıyı kuşağının taşkın ve duyarlılık analizi, Samsun/Türkiye* (Editörler: Döker, M. F. ve Akköprü, E.). 273-292. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
6. Döker, M. F. ve Ocak, F. (2020). COVID-19 salgınının Türkiye'deki coğrafi dağılışının izlenmesinde Web CBS kullanımı. *Türk Coğrafya Dergisi*. 76. 7-18.
<https://doi.org/10.17211/tcd.778712>

7. Şirin, M. ve Ocak, F. (2020). Gümüşhane Şehri'nde afet ve acil durum toplanma alanlarının coğrafi bilgi sistemleri ortamında değerlendirilmesi. *Doğu Coğrafya Dergisi*. 25 (44). 85-106. <https://doi.org/10.17295/ataunidcd.790893>
8. Ocak, F. ve Bahadır, M. (2020). Örnek taşkın risk modeli oluşturulması ve Ünye şehrindeki derelere ait taşkın risk analizleri. *Jass Studies-The Journal of Academic Social Science Studies*. 80. 21-37. <http://dx.doi.org/10.29228/JASSS.43017>
9. Mertol, H., Özel, P., Ocak, F. ve Çetin, Ş. (2019). “Sulak alanların önemi ve turizm açısından değerlendirilmesine bir örnek: Kızılırmak Deltası”. *1st Istanbul International Geography Congress Proceedings Book*. (Editörler: Gönençgil, B., Ertek, T. A., Akova, İ. ve Elbaşı, E.). 525-534. İstanbul: İstanbul University Press. <https://doi.org/10.26650/PB/PS12.2019.002.051>
10. Ocak, F. ve Bahadır, M. (2018). “Çobanlı Deresi Havzası’nda taşkın risk analizi, Atakum (Samsun)”. *II. Kapadokya Yerbilimleri Sempozyumu*. 227-233. Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi, Niğde.
11. Akbulut Özpay, G., Erdem Özgen, N., Ayaz, E. ve Ocak, F. (2017). Yeni bir jeoturizm sahası: Emirhan Kayalıkları (Sivas). *Sosyal Bilimler Dergisi (SOBİDER)*. 4 (14). 15-29. <http://dx.doi.org/10.16990/SOBİDER.3736>
12. Akbulut Özpay, G. ve Ocak, F. (2017). Sivas İlinde Bir Jeosit Alanı: Eğribucak Kayalıkları. *Sosyal Bilimler Dergisi (SOBİDER)*. 4 (18). 77-93. <http://dx.doi.org/10.16990/SOBİDER.3964>