T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM ÇALIŞMALARINI DESTEKLEYİCİ BİR HAVZA DUYARLILIK DEĞERLENDİRME METODUNUN GELİŞTİRİLMESİ

Mustafa AYTEKİN

DANIŞMAN
Prof. Dr. Yusuf SERENGİL

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2021

Bu çalışma, 7.06.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Mühendisliği Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Yusuf SERENGİL(Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Prof. Dr. Adnan UZUN
Işık Üniversitesi
Mimarlık ve Tasarım Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Muhittin İNAN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Doç. Dr. Mehmet ÖZCAN
Düzce Üniversitesi
Orman Fakültesi

Doç. Dr. Miraç AYDIN
Kastamonu Üniversitesi
Orman Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Araştırmam boyunca beni her konuda destekleyen ve yönlendiren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Yusuf SERENGİL'e teşekkürlerimi sunarım. Uzaktan algılama ve hidroloji modellemeleri konusunda destek ve yardımcı olan öğretim üyesi Dr. Öğr. Üye Muhittin İNAN'a teşekkürü bir borç bilirim. Araştırmam boyunca her türlü destek, öneri ve teşviklerinden dolayı Prof. Dr. Adnan UZUN'a teşekkür ederim. Doktora araştırmam sırasında destek olan, yeni fikirler sunan ve birlikte çalışma anlamında fırsatlar sunan İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Enstitü Müdürü değerli hocam Prof. Dr. Cevza Melek KAZEZYILMAZ ALHAN hocama teşekkürlerimi sunarım. Arazi çalışmalarında ve teknik konularda her türlü bilgiyi tarafıma sağlayan ve destekleyen Dr. Öğr. Üye Cüneyt KUBANÇ hocama teşekkür ederim. Araştırma ve laboratuvar analizleri sırasında yardımcı olan ve destek sağlayan değerli hocam Kimyager Ümit KILIÇ'a her türlü desteklerinden dolayı teşekkür ederim. Uzun yıllardır aralıksız birlikte çalışma imkanı bulduğum ve kürsülerinde tüm imkânlarını bana sunan ve çalışmalarıma destek veren İ.Ü.C Orman Fakültesi Havza Yönetimi Anabilim Dalı öğretim üyelerine ayrıca teşekkürlerimi sunarım. Bugüne kadar hayatımın her aşamasında olduğu gibi araştırmam boyunca da ellerinden gelen tüm gayreti göstererek yanımda olan canım aileme sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışmayı TÜBİTAK-ÇAYDAG 116Y446/1003 Öncelikli Alanlar Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı ile destekleyen TÜBİTAK'a ve YÖK 100/2000 Doktora Burs Programı projesi kapsamında destekleyen YÖK'e teşekkürlerimi sunarım.

Şubat 2021 Mustafa AYTEKİN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **ix**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xi**
ÖZET ..... **xiii**
SUMMARY ..... **xv**
1. GİRİŞ **1**
1.1.ARAŞTIRMANIN AMACI 1
1.2.ARAŞTIRMANIN KAPSAMI 1
2. GENEL KISIMLAR **2**
2.1.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ETKİLERİ 2
2.1.1.İklim Değişikliğinden Etkilenen Sektörler 12
2.2.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ADAPTASYONA GENEL BAKIŞ 14
2.2.1.Kavramlar ve Tanımlar 14
2.2.1.1.Adaptasyon Kapasitesi 14
2.2.1.2.Kırılganlık ve Esneklik 18
2.2.1.3.Maruz Kalma 19
2.2.1.4.Hassaslık 20
2.3.HAVZA KARAKTERİSTİKLERİ VE KIRILGANLIK 20
2.4.KONUM BAZLI YAKLAŞIM 23
2.4.1.GeoReVIEW Modeline Genel Bakış 23
2.4.2.Kırılganlık İndikatörlerine Genel Bakış 26
3. MALZEME VE YÖNTEM **28**
3.1.ARAŞTIRMA ALANININ GENEL ÖZELLİKLERİ 28
3.1.1.Coğrafi Konum ve Topografik Yapı 28
3.1.2.Hidrolojik Yapı 33
3.1.3.Jeolojik Yapı ve Toprak Yapısı 35
3.1.4.İklim 38
3.1.5.Bitki Örtüsü 43

3.2.SUSURLUK HAVZASINA MODELİN UYARLANMASI VE GELİŞTİRİLMESİ 44
3.3.HAVZA KIRILGANLIK DEĞERLENDİRMESİ İÇİN SEÇİLEN PARAMETRELER 47
3.4.SU KALİTESİ PARAMETRELERİ 57
4. BULGULAR 59
4.1.SUSURLUK HAVZASI ALT HAVZALARI 59
4.1.1.Alt Havzaların Dere Sınıflandırması (Strahler Metodu ve Rosgen Dere Sınıflandırma Sistemi) 62
4.1.2.Drenaj Yoğunluğu ve Dere Sıklığı 64
4.1.3.Form Faktörü, Dairesellik Oranı ve Maksimum Havza Reliyefi 65
4.1.4.Eğim ve Yükseklik 66
4.1.5.Yağış, Akış ve Potansiyel Evapotranspirasyon 67
4.1.6.Kanal Erozyonu, Erozyon ve Doğallık 68
4.1.7.Orman, Tarım, Mera ve Yerleşim Alanı 69
4.1.8.Yol ve Demiryolu Yoğunluğu 70
4.2.HAVZA PARAMETRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ 71
4.3.HAVZA KIRILGANLIK ANALİZİ 75
4.4.EKOLOJİK SU KALİTESİ İNDİKATÖRLERİ 87
4.5.HAVZA KIRILGANLIĞI VE EKOLOJİK SU KALİTESİ ARASINDAKİ İLİŞKİ 89
4.6.ARAZİ KULLANIMI İLE HAVZA KIRILGANLIĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ 95
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 97
5.1.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM KAPSAMINDA SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ 98
5.2.HAVZA KIRILGANLIK ANALİZİNİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM İLE BİRLİKTE DEĞERLENDİRİLMESİ 101
KAYNAKLAR 111
EKLER 120
ÖZGEÇMİŞ 135

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: İklim değişikliğinin ana etkenleri (Cubasch ve diğ., 2013). 3

Şekil 2.2: Antropojenik iklim değişikliğini dikkate almak için entegre bir değerlendirme çerçevesinin şematik ve basitleştirilmiş şekli (Watson, 2001). 6

Şekil 2.3: İklim değişikliği konusunda adaptasyonun yeri (Smit ve diğ., 1999). 15

Şekil 2.4: İklim değişikliği etkileri, adaptasyon ve kırılganlık için kavramsal model (Isoard ve diğ., 2008)....16

Şekil 2.5: Havza kırılganlık değerlendirmesine bakış (Smith ve diğ., 2013). 22

Şekil 2.6: GeoREVIEW yaklaşımının kavramsal çerçevesi (Tiburan ve diğ., 2009). 24

Şekil 2.7: Kırılganlık, hassaslık, maruz kalma ve uyum kapasitesi arasındaki ilişki (Tiburan ve diğ., 2013). 25

Şekil 3.1: Çalışma alanının coğrafi konumu. 28

Şekil 3.2: Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli. 29

Şekil 3.3: Çalışma alanına ait eğim grupları haritası. 31

Şekil 3.4: Çalışma alanı bakı grupları haritası. 32

Şekil 3.5: Çalışma alanının hidrolojik yapısı. 34

Şekil 3.6: Çalışma alanının hidrolojik yapısı. 35

Şekil 3.7: Arazi kullanım kabiliyet sınıfları. 37

Şekil 3.8: Susurluk Havzası potansiyel evapotranspirasyon (Thornthwaite PET) haritası. 39

Şekil 3.9: İllere ait iklim diyagramları. 40

Şekil 3.10: Susurluk Havzası sıcaklık ortalaması (^{o}C)....41

Şekil 3.11: Susurluk Havzası yağış ortalaması (mm). 42

Şekil 3.12: Çalışma alanının Corine 2018 verilerine göre meşcere türleri. 43

Şekil 3.13: Model baz alınarak geliştirilen parametreler. 44

Şekil 3.14: Kırılganlık sınıflandırması ölçeği (1 – 5 arası). 45

Şekil 4.1: ArcGIS ArcMap 10.0 ile örnek nokta oluşturma diyagramı. 59

Şekil 4.2: Susurluk Havzası'nda örnek noktaların dağılımı. 59

Şekil 4.3: Susurluk Havzası'nda alt havzaların konumu. 60

Şekil 4.4: Strahler Metodu kullanılarak ana dere sınıfının belirlenmesi. 62

Şekil 4.5: Susurluk Havzası kırılganlık sınıfı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı kırılganlık noktası değerleri. 77

Şekil 4.6: Susurluk Havzası kırılganlık noktası puanı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı kırılganlık noktası değerleri. 78

Şekil 4.7: Susurluk Havzası hassaslık sınıfı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı hassaslık değerleri. 79

Şekil 4.8: Susurluk Havzası hassaslık puanları için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı hassaslık değerleri. 80

Şekil 4.9: Susurluk Havzası maruz kalma sınıfı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı maruz kalma değerleri. 81

Şekil 4.10: Susurluk Havzası maruz kalma sınıfı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı maruz kalma değerleri. 82

Şekil 4.11: Susurluk Havzası uyum kapasitesi sınıfı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı uyum kapasitesi değerleri. 83

Şekil 4.12: Susurluk Havzası uyum kapasitesi puanı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı uyum kapasitesi değerleri. 84

Şekil 4.13: Susurluk Havzası 8 indikatör için kırılganlık sınıfı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı kırılganlık değerleri. 85

Şekil 4.14: Susurluk Havzası 8 indikatör için kırılganlık puanı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı kırılganlık değerleri. 86

Şekil 4.15: Tüm parametrelere göre alt havzaların kırılganlık noktası puanı ile ekolojik su kalitesi değerleri arasındaki regresyon denklemi. 90

Şekil 4.16: 8 parametrenin hesaba katıldığı alt havzaların kırılganlık noktası puanı ile ekolojik su kalitesi değerleri arasındaki regresyon denklemi. 92

Şekil 4.17: Uygulama ve kontrol havzaları. 94

Şekil 4.18: Arazi kullanımı ile havza kırılganlığının değerlendirilmesi. 96

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Sektör bazlı indikatör sayıları (EEA, 2014). 27

Tablo 3.1: Çalışma alanına ait yükseklik grupları alansal ve oransal dağılımı. 30

Tablo 3.2: Çalışma alanına ait yükseklik grupları alansal ve oransal dağılımı. 31

Tablo 3.3: Çalışma alanına ait bakı grupları alansal ve oransal dağılımı. 33

Tablo 3.4: Çalışma alanına ait dere dereceleri alansal ve oransal dağılımı. 34

Tablo 3.5: Çalışma alanına ait toprak grupları alansal ve oransal dağılımı. 36

Tablo 3.6: Çalışma alanına ait arazi kullanım kabiliyet sınıfları alanları ve oransal dağılımı. 38

Tablo 3.7: Çalışma alanına ait illerin Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına göre iklim tipleri 39

Tablo 3.8: Çalışma alanına ait hakim rüzgar yön ve hızları. 42

Tablo 3.9: Havza kırılganlığını değerlendirme kriterleri ve indikatörleri. 45

Tablo 3.10: Havza kırılganlık puanı ve sınıflandırması değerleri aralığı. 46

Tablo 3.11: Corine 2018 arazi örtüsü sınıfları açıklamaları. 51

Tablo 3.12: Susurluk havzası meteoroloji istasyonlarına ait veri yılları. 52

Tablo 3.13: Susurluk havzası akım istasyonları ve veri yılları. 53

Tablo 3.14: Susurluk havzası hava kalitesi ölçüm istasyonları ve parametreler. 54

Tablo 3.15: Hava kalitesi indeksi seviyeleri. 55

Tablo 3.16: Ulusal hava kalitesi indeksi kesme noktaları. 55

Tablo 3.17: Su kalitesi parametreleri. 57

Tablo 3.18: Ekolojik su parametreleri değerleri. 58

Tablo 4.1: Alt havzaların alanları ve oransal dağılımı. 61

Tablo 4.2: Alt havzaların ana dere dereceleri ve türleri. 63

Tablo 4.3: Alt havzaların drenaj yoğunluğu ve dere sıklığı. 64

Tablo 4.4: Alt havzaların form faktörü, dairesellik oranı ve maksimum havza reliyefi. 65

Tablo 4.5: Alt havzaların ortalama eğim ve ortalama yüksekliği.....66

Tablo 4.6: Alt havzaların yağış, akış ve PET değerleri. 67

Tablo 4.7: Alt havzaların kanal erozyonu, erozyon ve doğallık değerleri. 68

Tablo 4.8: Alt havzaların arazi kullanım dağılımları.....69

Tablo 4.9: Alt havzaların yol ve demiryolu yoğunlukları. 70

Tablo 4.10: Alt havzaların indikatör ölçek değeri. 72

Tablo 4.11: Alt havzaların havza kırılganlık, 8-indikatör için kırılganlık, hassaslık, maruz kalma, uyum kapasitesi, risk, hasar, direnç değerleri. 76

Tablo 4.12: Alt havzaların bulanıklık, çözünmüş oksijen, nitrat, amonyum, fosfat ve ekolojik su kalitesi değerleri.....87

Tablo 4.13: Alt havzaların (uygulama) havza kırılganlık noktası puanı, ekolojik su kalitesi değerleri. 89

Tablo 4.14: Tüm parametrelere göre alt havzaların kırılganlık noktası puanı ile ekolojik su kalitesi değerlerinin istatistiki sonuç özeti. 89

Tablo 4.15: Alt havzaların havza kırılganlık noktası puanı, tahmin edilen havza kırılganlık puanı ile en küçük kareler yöntemi değerleri. 90

Tablo 4.16: Alt havzaların (uygulama) havza kırılganlık noktası puanı, ekolojik su kalitesi değerleri. 91

Tablo 4.17: Belirlenen 8 indikatöre göre alt havzaların kırılganlık noktası puanı ile ekolojik su kalitesi değerlerinin istatistiki sonuç özeti. 91

Tablo 4.18: Alt havzaların havza kırılganlık noktası puanı (8 indikatör), tahmin edilen havza kırılganlık puanı ile en küçük kareler yöntemi değerleri. 93

Tablo 4.19: Arazi kullanımı ile havza kırılganlık değerleri arasındaki ilişki. 95

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler **Açıklama**

% : Yüzde
ºC : Santigrat derece
CO **:** Karbonmonoksit
CO_2 : Karbondioksit
CFC : Kloroflorokarbonlar
CH_4 : Metan
HFC : Halokarbonlar
NH_4 : Amonyum
NO_2 : Azotdioksit
NO_3 : Nitrat
O_3 : Ozon
PM10 : Atmosferdeki partikül madde
$PO_4 – P$: Fosfat
SF_6 : Kükürt heksafluoride
SO_2 : Kükürtdioksit
N_2O : Azotoksit
µg : Mikrogram

Kısaltmalar **Açıklama**

AFOLU : Tarım, ormancılık ve diğer arazi kullanımı
BMİDÇS : Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
DO : Çözünmüş oksijen
EEA : Avrupa Çevre Ajansı
EPA : Çevre Koruma Ajansı
FAO : Gıda ve Tarım Örgütü
GHG : Sera gazı
HKA : Havza kırılganlık analizi
HKİ : Hava kalitesi indeksi

IPCC : Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
l : Litre
LWR : Uzun dalga radyasyonu
m : Metre
mg : Miligram
mm : Milimetre
m^3 **:** Metreküp
NTU : Nephelometric turbidity units
OLR : Atmosfere salınan uzun dalga radyasyonu
OVP : Kırılganlık noktası puanı
PET : Potansiyel evapotranspirasyon
RDI : Reconnaissance drought index
SRES :Emisyon senaryolarına ilişkin özel rapor
SWR : Kısa dalga radyasyonu
UNEP : BM Çevre Programı
sn : Saniye
Vb : Ve benzeri
WGI : IPCC Çalışma grubu bir
WGII : IPCC Çalışma grubu iki

ÖZET

DOKTORA TEZİ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM ÇALIŞMALARINI DESTEKLEYİCİ DUYARLILIK DEĞERLENDİRME METODUNUN GELİŞTİRİLMESİ

Mustafa AYTEKİN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Yusuf SERENGİL

İklim değişikliğinin artan etkilerinden dolayı havzaların yönetimi ve sürdürülebilirliği, çeşitli çevresel risklere maruz kalmaktadır. IPCC, RCP 2.6 senaryosuna göre 2065 yılına gelindiğinde küresel ortalama sıcaklığın sanayi devrimi öncesine göre 1,6 ^{o}C, yüzyılın sonuna gelindiğinde ise ise 1,7 ^{o}C artması beklenilmektedir. Tüm çalışmalar ve çabalar küresel ortalama sıcaklığın 2 ^{o}C altında tutmaya ve değişen iklim koşullarına uyum sağlamaya yöneliktir. Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve havzaların korunabilmesi için öncelikle hangi havzaların daha duyarlı hangilerinin daha dayanıklı olduğunu ortaya koymak gerekmektedir. Bazı indikatörler geliştirilerek havzaların adaptif kapasitesini ortaya koymaya çalışan yaklaşımlara "havza kırılganlık analizi (HKA)" adı verilmektedir. Bu tez çalışmasının amacı ülkemize özgü bir "havza kırılganlık analizi (HKA)" metodunun geliştirmesine katkı sağlamaktır. Planlama kararları verilirken ekosistemlerin sürdürülebilirliğine yönelik metotlardan yararlanılması gerektiği düşüncesindeyiz.

Bu çalışma Susurluk Havzası'nda yürütülmüştür. Çalışma kapsamında; literatür taraması yapılmış, model olabilecek altlıklar incelenmiş ve bir metodoloji test edilmiştir. Çalışmanın ilk

aşamasında Susurluk Havzası için havza kırılganlık analizi parametreleri belirlenmiştir. İkinci aşama, her alt havzanın su kalitesi örneklemesini içeren arazi çalışmalarını içermektedir. Üçüncü aşamada ise veriler yardımıyla uzaktan algılama yöntemlerinin kullanılması ve çıkan sonuçların analiz edilmesini içermektedir.

Havza kırılganlık analizinin üç bileşeni olan; hassaslık, maruz kalma ve uyum kapasitesi altındaki parametreler belirlenmiştir. "İklim Değişikliğine Uyum Çalışmalarını Destekleyici Duyarlılık Değerlendirme Metodunun Geliştirilmesi" başlıklı bu çalışmada ilgili çalışma alanındaki kırılganlık analizi (hassaslık, maruz kalma ve uyum kapasitesi) sayısallaştırılmıştır. Kırılganlık analizini iklim değişikliği süreciyle ile ilgili olarak daha kapsamlı ve detaylı değerlendirebilmek amacıyla; alanın biyofiziksel, sosyo-ekonomik özellikleri ve arazi kullanımları sınıflandırılmıştır. Rastgele örnekleme ile oluşturulmuş havzalardan alanın tamamı hakkında fikir verecek şekilde örneklemeler yapılmıştır. Toprak, su, vejetasyon ve akış örnekleri alınmıştır. Kırılganlık analizi değerlendirmesi her bir parametrenin analizleri sayısal modellere ve geliştirilen kırılganlık noktası puanına göre haritalanması ve su kalitesi parametreleri ile yapılan çalışmanın doğrulanması ve diğer havzalar için tahmin modelinin kullanılmasını içermektedir. Havza kırılganlık puanının ekolojik su kalitesi ile doğrulanabilirliği istatistiksel ve mekânsal olarak değerlendirilmesi ile iklim değişikliğine uyum kapsamında havza kırılganlık değerlendirme metodunun iklim değişikliği sürecine ve planlamaya entegrasyonunu sağlanmıştır. Sonuç olarak, uluslararası literatür ülkemiz koşullarına göre yorumlanarak bir taslak analiz metodunun geliştirilmesi ve Susurluk Havzası'nda yer alan orta ölçekli havzalarda denemesi gerçekleştirilmiştir.

Nisan 2021, 152 sayfa.

Anahtar kelimeler: İklim değişikliği, havza kırılganlık analizi, iklim değişikliğine uyum, uyum kapasitesi, coğrafi bilgi sistemleri, uzaktan algılama.

SUMMARY

Ph.D. THESIS

DEVELOPMENT OF A WATERSHED VULNERABILITY ASSESSMENT METHOD TO SUPPORT CLIMATE CHANGE ADAPTATION ACTION

Mustafa AYTEKİN

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Forest Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Yusuf SERENGİL

Management and sustainability of watersheds are exposed to various environmental hazards due to increasing effects of climate change. According to IPCC's 2.6 scenario, the global average temperature is expected to rise 1,6 ºC by 2065 and 1,7 ºC by 2100 years compared to pre-industrial revolution. All researches and efforts are trying to keep the global average temperature below 2 ºC and adapting to changing climatic conditions. In order to ensure the sustainable management of water resources and the protection of basins, first of all, it is necessary to determine which basins are more sensitive and which are more resilient. Approaches that try to reveal the adaptive capacity of the watersheds by developing some indicators are called "Watershed Vulnerability Analyses (WVP)". The objective of this thesis study is to contribute to the development of a "Watershed Vulnerability Analyses (WVP)" method specific to our country. We believe that methods for the sustainability of ecosystems should be used while making planning decisions.

This study has been conducted in Susurluk Basin. In the scope of this study; the literature was searched, the bases that could be a model were examined and a methodology was tested. In the

first phase of the study, watershed vulnerability analysis parameters were determined for the Susurluk Basin. The second phase includes field studies including water quality sampling of each sub-basin. The third phase includes the use of remote sensing methods by using the data and analyzing the results. The three components of the watershed vulnerability analysis are the parameters under sensitivity, exposure and adaptive capacity were determined. In this study titled “Development of a Watershed Vulnerability Assessment Method to Support Climate Change Adaptation Action”, the vulnerability analyses (sensitivity, exposure and adaptation capacity) in the relevant study area was digitized. In order to evaluate the vulnerability analysis in a more comprehensive and detailed way in relation to the climate change process; biophysical, socio-economic characteristics and land uses of the area are classified. Sampling was made from the watersheds created by random sampling that represent the area. Soil, water, vegetation, and flow samples were taken. The vulnerability analysis assessment includes the analysis of each parameter, mapped according to numerical models and the developed vulnerability point, verifying the work done with water quality parameters, and using the prediction model for other watersheds. With the statistical and spatial assessment of the verifiability of the watershed vulnerability point with ecological water quality, the integration of the watershed vulnerability assessment method into the climate change process and planning was ensured within the scope of adaptation to climate change. As a result, a draft analysis method has been tested by interpreting the international literature according to the conditions of our country and to test it in medium watershed located in the Susurluk Watershed.

April 2021, 152 pages.

Keywords: Climate change, watershed vulnerability analyes, climate change adaptation, adaptive capacity, geographic information systems, remote sensing.

1. GİRİŞ

1.1.ARAŞTIRMANIN AMACI

Son yıllarda meydana gelen ekstrem hava olaylarının dünyada ve ülkemizde arttığı gözlemlenmekte ve raporlanmaktadır. Bu artış genellikle iklim değişikliği ile ilişkilendirilmektedir. İklim değişikliği nedeniyle artan sel, taşkın, kuraklık gibi atmosferik aşırı hava olaylarına karşı adaptif uygulamalar geliştirilerek negatif etkiler azaltılabilir. Örneğin sel olaylarının etkilerine karşı önleyici/azaltıcı ekosistem yapılarını oluşturmak, sel yataklarında yapılaşmayı önlemek, erken uyarı sistemleri kurmak mümkündür. Yine aynı şekilde dere kıyı ekosistemlerini ve sulak alanları restore/ıslah ederek taşkın ile meydana gelebilecek zararlar minimize edilebilir. Bir havza içerisinde yer alan ekosistemler (orman ekosistemi, akarsu ekosistemi, sulak alan ekosistemi vb.) toplum için önemli bir role sahiptir.

İklim değişikliğinin artan etkilerinden dolayı havzaların yönetimi ve sürdürülebilirliği, çeşitli çevresel tehlikelere maruz kalmaktadır. Bu tip önlemlerin alınabilmesi için öncelikle hangi havzaların daha duyarlı hangilerinin daha dayanıklı olduğunu ortaya koymak gerekmektedir. Bazı indikatörler geliştirilerek havzaların adaptif kapasitesini ortaya koymaya çalışan yaklaşımlara "havza kırılganlık analizi (HKA)" adı verilmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı ülkemize özgü bir “havza kırılganlık analizi (HKA)” metodu geliştirmeye yönelik olup ülkemizde yapılacak ilk çalışmalardan biri olması bakımından önemlidir.

1.2.ARAŞTIRMANIN KAPSAMI

Uluslararası literatür ülkemiz koşullarına göre yorumlanarak bir taslak analiz metodu geliştirilmesi ve Susurluk Havzası’nda yer alan orta ölçekli havzalarda denenmesi öngörülmektedir. Metodun bazı temel parametrelerle (yerleşim yoğunluğu, arazi kullanım değişimi, erozyon potansiyeli, orman varlığı, su kalitesi vb.) doğrulaması ve duyarlılık analizi yapılarak Doğu Karadeniz havzasına uygulanması planlanmaktadır. Çalışma hem Coğrafi Bilgi Sistemlerini (CBS) hem de arazi yöntemlerini içermektedir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ETKİLERİ

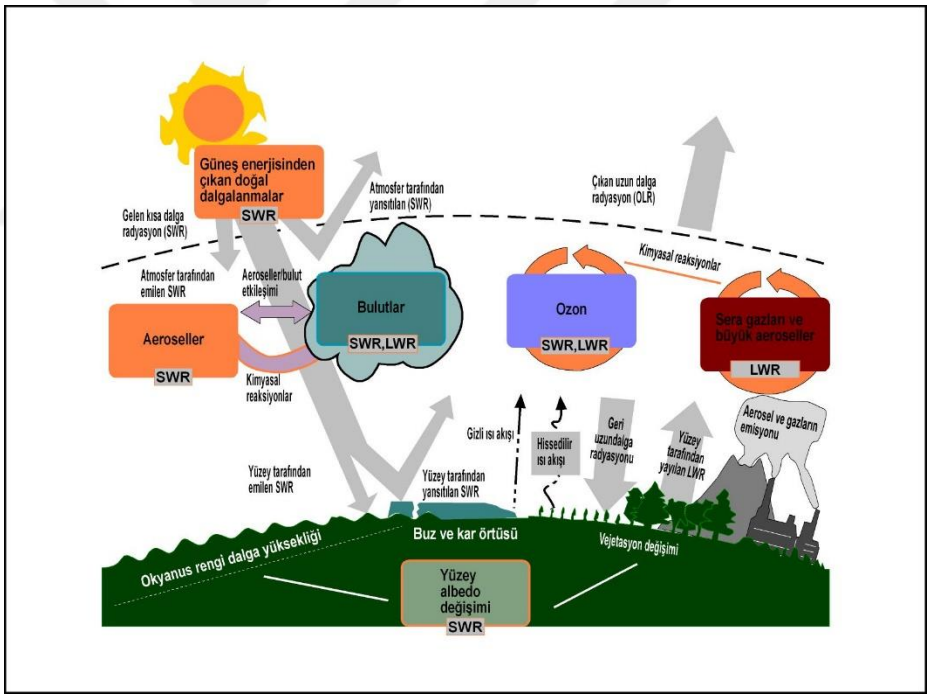
İklim ve iklim değişikliğinin bir çok tanımı mevcuttur. Bu tanımlar iklimi açıklarken aynı zamanda iklim değişikliğine de perspektif tutmaktadır. Uluslararası kabul görmüş bazı tanımlar ise şu şekildedir. İklim, geniş bir coğrafi alanda ve uzun bir süre boyunca ortalama hava olayları olarak tanımlanmaktadır. Bundan dolayı, iklim sistemi birçok faktörün sonucu olarak gelişmektedir. Bu değişkenlerin ortalamasını almak için klasik süre, Dünya Meteoroloji Örgütü tarafından tanımlandığı üzere 30 yıldır (EEA, 2008; IPCC, 2018). Bir başka tanıma göre ise iklim, mevsimler, yıllar veya on yıllar boyunca uzun vadeli bölgesel veya küresel sıcaklık, nem ve yağış modellerini ifade etmektedir[1].

İklim; dünya yüzeyindeki sıcaklık, rüzgârların, okyanus akıntılarının gücü, bulutların ve yağışların varlığı açısından tanımlanabilir aynı zamanda deniz seviyesi, kar örtüsü ve biyosfer gibi yeryüzünün birçok yönüyle ilişkisi vardır (EEA, 2008). İklim değişikliği; ortalama özelliklerin değişkenliği olarak tanımlanabilen ve daha uzun bir süre devam eden, iklim durumundaki bir değişikliği ifade etmektedir. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (BMİDÇS) 1. Maddesinde iklim değişikliğini şu şekilde tanımlamaktadır; “doğrudan veya dolaylı olarak insan faaliyetleri sonucu atmosferin yapısını değiştiren ve iklim değişikliği karşılaştırılabilir zaman periyotları boyunca gözlemlenen doğal iklim değişkenliğidir”. Bu nedenle BMİDÇS, insan faaliyetleri sonucu meydana gelen iklim değişikliği ile doğal nedenler sonucu meydana gelen iklim değişkenliği arasında bir ayrım yapmaktadır (IPCC, 2018; UNFCCC, 1992).

Su buharı, karbondioksit, metan ve diğer gazlar kızılötesi radyasyonu kısmen emer ve ısıyı sera gazı olarak adlandırılan sistemde tutar. Atmosfer tarafından alınan ve yayılan radyasyon miktarı eşit olduğunda yeryüzü sabit bir denge sıcaklığına sahip olmaktadır. Sera gazı ve aerosellerin miktarı değişirse sıcaklık da değişecektir. Hem doğal hem de antropojenik süreçler; atmosfer ile okyanuslar ve toprak arasında su, karbon, azot ve kükürt gibi belirli maddelerin değişimini yönlendirir. Sonuç olarak, iklim değişikliğinin nasıl gelişeceğini saptayabilmek için bu döngüleri anlamak önemlidir (EEA, 2008).

[1] https://climate.nasa.gov/resources/global-warming-vs-climate-change/[1][Ziyaret Tarihi: 1 Mart 2021].

İklim değişikliği birçok ana etkenle karşılıklı etkileşim halindedir (Şekil 2.1). Güneş enerjisinden çıkan kısa dalga radyasyonları ve yansıyan uzun dalga radyasyonu (OLR) arasındaki radyatif denge, küresel iklim etmenlerinden etkilenir. Güneş enerjsindeki doğal dalgalanmalar, enerji dengesinde değişikliklere neden olabilir. İnsan aktivitesi, atmosferik kimyasal reaksiyonlarda yer alan gazların ve aerosellerin emisyonlarını değiştirerek ozon (O_3), ve aerosel miktarlarına neden olmaktadır. Ozon ve aerosel parçacıkları, enerji dengesini değiştirerek SWR'yi emer, dağıtır ve yansıtır. Sera gazları (CO_2, CH_4, N_2O, O_3, CFC'ler) ve büyük aerosellerdeki (> 2,5µm boyut) antropojenik değişiklikler, daha düşük bir sıcaklıkta daha az enerji yayarak LWR'yi emer ve miktarını değiştirir. Yüzey albedosu; bitki örtüsü, kar ve buz örtüsü rengi ile okyanus rengindeki değişikliklerden etkilenerek değişebilir (Cubasch ve diğ., 2013).



Şekil 2.1: İklim değişikliğinin ana etkenleri (Cubasch ve diğ., 2013).

Yeryüzündeki tüm ekosistemler iklim değişikliği riskiyle karşı karşıyadır ve iklim değişikliğinin meydana getirdiği risklere karşı savunmasızdır (McCarthy ve diğ., 2001). İklim değişikliği ile birlikte, biyolojik çeşitliliğin ve ekosistemlerin topluma sağlanan mal ve hizmetlerin azalacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 1995). Gelişmekte olan ülkelerin

ekonomileri tarım, su ve kıyı alanlarına dayanmaktadır. Bu nedenle gelişmekte olan ülkeler iklim değişikliğine karşı daha hassastır ve bu ülkeler iklim değişikliğine karşı dirençli bölgelerini artırmaya öncelik vermişlerdir (Tiburan ve diğ., 2010; Lim ve diğ., 2004).

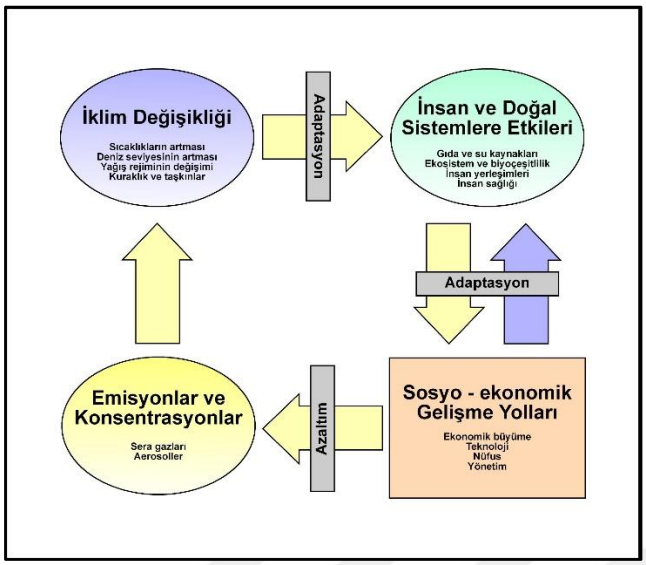
Dünya nüfusunun hızla artması beraberinde gıda ve toprak talebini de artırmaktadır (Roy ve diğ., 2016). 2019 yılında dünya nüfusu 7.7 milyar, 2020 yılında 7.8 milyar iken projeksiyonlar sonucunda 2030 yılında 8.5 milyar, 2050 yılında 9.7 milyar, 2100 yılında 10.9 milyar olması beklenmektedir (UN, 2019).

Nüfusun artmasıyla birlikte artan ihtiyaca göre arazi kullanımı değişiklikleri meydana gelmektedir (ormandan tarıma veya sanayiye dönüşüm). Arazi kullanımındaki değişim, orman örtüsü alanını azaltmakta ve erozyon oranını artırmaktadır. Öte yandan, artan enerji talebini karşılamak için doğal kaynakların geniş ölçekli kullanılması, orman örtüsünde büyük ölçekli azalmaya neden olmaktadır. Nüfusun artması, kentleşme oranını artırmıştır. Ancak kentleşme ile birlikte su geçirimsiz yüzeylerin artması dünyanın birçok bölgesinde, havzaların su tutma kapasitesini ciddi şekilde etkilemiştir. Orman örtüsündeki azalma ve endüstriyel konsantrasyonlardaki artış, atmosferdeki sera gazlarının konsantrasyonunda artışa neden olmuştur. Bu küresel ısınmanın veya soğumanın etkisi, sıcaklık değişimine bağlı olarak değişen bir bölgenin iklim modelinde hissedilebilir. İklim anormalliği, havzalardaki kullanılabilir su miktarını etkileyebilir (Roy ve diğ., 2016). Nüfus artışı ve ekonomik gelişme nedeniyle suya olan talep genellikle artmaktadır (McCarthy ve diğ., 2001). İnsan faaliyetleri; tarım, arazi kullanım değişikliği, nehir ve göller üzerine baraj yapımıyla iklim sistemini çeşitli yönlerden etkilemektedir (EEA, 2012).

Ekonomik faaliyette, altyapı geliştirmede, şehirleşmede, endüstriyel büyümede, teknolojik gelişmelerde muazzam bir genişleme olmaktadır. Bu benzeri görülmemiş büyüme, iklim değişikliğinin belirsizliklerine, arazi kullanım etkilerine, doğal tehlikelere ve diğer çevresel olaylara karşı toplumsal kırılganlığı önemli ölçüde artırmaktadır. Zamanında yardım sağlanabilmesi için tehlikeli (hazard) coğrafi bölgeleri ve risk altındaki belirli popülasyonları belirlemek için kırılganlık değerlendirmesine ihtiyaç vardır. Tehlikelerin oluşma olasılıklarına ve sonuçlarının ciddiyetine göre sıralanması ve hazırlık programlarının maliyet-fayda analizlerinin yapılması hayati önem taşımaktadır. Alınan herhangi bir azaltım önleminin, azami sayıda insanı uygun maliyetli bir şekilde korumasını sağlamak için öncelikler belirlenmelidir (UNEP, 2003). İklim değişikliğinin maliyet-fayda analizi, gelecek nesilleri ve uzak ülkelerde

yaşayan insanları etkileyen iklime bağlı zararların parasal değerlendirmesini gerektirir. Bu tür tahminler, kısmen teknik açıdan ancak esas olarak etik açıdan hala tartışmalıdır. Yoksul ülkelerde kişi başına düşen gelirin daha düşük olması, fiziksel veya ekolojik açıdan etki aynı olsa bile, yoksul ülkelerdeki ödeme istekliliğine dayalı hasar tahminlerinin sanayileşmiş ülkelerdekinden daha düşük olduğunu göstermektedir. Bununla başa çıkmanın bir yolu, dünyanın farklı bölgelerinde paranın farklı marjinal değerine dayalı ağırlık faktörlerini ortaya koymak olabilir (Azar, 1999). Dünya çapındaki yerel iklim değişkenliği, insanların kararlarını, sosyal, ekonomik, politik ve kişisel koşulları için sonuçları, yaşamları ve geçim kaynakları üzerindeki etkileri ile etkileyebilir. İklim değişikliğinin etkileri, insanların daha önce deneyimledikleri ve adapte oldukları yerel iklim değişkenliğinin büyük bir hızla değiştiğini göstermektedir (UNFCCC, 2007).

İklim değişikliği; biyoçeşitlilik kaybı, çölleşme, stratosferdeki ozon tabakasının incelmesi, tatlı su mevcudiyeti ve hava kalitesi gibi çevresel sorunları etkiler ve sonuç olarak iklim değişikliği bu sorunların çoğundan etkilenir. Örneğin, iklim değişikliğinin yerel ve bölgesel hava kirliliğini artıracağı ve stratosferik ozon tabakasının iyileşmesini geciktireceği tahmin edilmektedir. Arazi bozulma oranını hızlandırabilir ve birçok alanda tatlı su miktarı ve kalitesiyle ilgili sorunları şiddetlendirebilir. Tersine, yerel ve bölgesel hava kirliliği, stratosferdeki ozon incelmesi, ekolojik sistemlerdeki değişiklikler ve arazi bozulması, sera gazlarının kaynaklarını ve yutaklarını, atmosferin ışınım dengesini ve yüzey albedosunu değiştirerek dünyanın iklimini etkileyecektir (Watson, 2001). İklim değişikliği tahminleri kaçınılmaz olarak belirsizdir (Allen ve diğ., 2000).



Şekil 2.2: Antropojenik iklim değişikliğini dikkate almak için entegre bir değerlendirme çerçevesinin şematik ve basitleştirilmiş şekli (Watson, 2001).

Antropojenik iklim değişikliğinin oluşturduğu risklere karşı iklim değişikliğinin azaltılması (mitigation) ve iklim değişikliğine uyum (adaptation) olmak üzere iki temel müdahale seçeneği mevcuttur. Azaltım, sera gazı (GHG) emisyonlarını azaltarak ve yutak alanlarını güçlendirerek küresel iklim değişikliğini sınırlamayı ifade ederken; adaptasyon ise öncelikli olarak, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini hafifletmeyi amaçlamaktadır. Aynı zamanda iklim değişikliğinin getirdiği yeni fırsatları yakalamak için harekete geçmeyi de içerebilir (Füssel ve diğ., 2006). Bu yüzyılda gözlemlenen sera gazları ve aerosol konsantrasyonlarındaki artışlar, iklim değişikliğini güçlü bir şekilde etkilemektedir ve 21. yüzyılda ve sonrasında iklimde daha fazla değişikliklere katkıda bulunması beklenmektedir. Atmosferik kompozisyondaki bu değişikliklerin sıcaklıkları, yağış modellerini, deniz seviyesini, aşırı hava olaylarını ve doğal çevrenin üzerinde bulunduğu iklimin diğer yönlerini değiştirmesi muhtemeldir (Schneider ve diğ., 2001) (Şekil 2.2). Antropojenik kökenli iklim değişikliği, kaynak taleplerinin artması ve sürdürülebilir olmayan yönetim uygulamalarından etkilenenler olmak üzere birçok ekolojik ve sosyo-ekonomik sistem için önemli bir baskı oluşturmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde, bu koşullar gelişmiş ülkelere göre daha az elverişlidir ve iklim değişikliğine karşı daha kırılgandırlar (IPCC, 1995).

2100 yılına gelindiğinde dünya, hayal etmesi zor şekillerde değişmiş olacaktır. Gelecekteki sera gazı (GHG) emisyonları, demografik gelişme, sosyo-ekonomik gelişme ve teknolojik değişim gibi itici güçler tarafından belirlenen çok karmaşık dinamik sistemlerin ürünü olacaktır ve gelecekteki durumu oldukça belirsizdir. Senaryolar, geleceğin nasıl gelişebileceğine dair alternatif imgelerdir ve ilgili belirsizlikleri değerlendirmek için uygun bir araçtır. İklim modellemesi ve etkilerinin değerlendirilmesi, adaptasyon ve azaltım dahil olmak üzere iklim değişikliği analizine yardımcı olmaktadırlar. Senaryolarda açıklandığı gibi herhangi bir tek emisyon yolunun meydana gelme olasılığı oldukça belirsizdir. Her bir hikaye, gelecekteki gelişmeler için belirgin bir şekilde farklı bir yön varsaymaktadır, öyle ki dört hikaye, giderek geri dönüşü olmayan şekillerde farklılık göstermektedir. Demografik değişim, ekonomik gelişme ve teknolojik değişim gibi çok çeşitli temel "gelecek" özelliklerini kapsar. Bu nedenle, bunların akla yatkınlığı veya fizibilitesi, yalnızca mevcut ekonomik, teknolojik ve sosyal eğilimlerin bir ekstrapolasyonuna (geçmiş yıllara ait rakamlara dayanarak geleceğin tahmin edilmesine yarayan bir istatistik yöntemi) dayalı olarak değerlendirilmemelidir (Nakicenovic, 1995).

SRES senaryolarının yerini IPCC tarafından 2014 yılında beşinci değerlendirme raporu için kabul edilen bir sera gazı konsantrasyon yörüngesi olan RCP (Representative Concentration Pathway) senaryoları almıştır. RCP senaryoları daha sıkı azaltım yani iyimser senaryo olan RCP 2.6, orta seviye RCP 4.5 ve RCP 6.0 senaryoları ve en son olarak kötümser senaryo olan çok yüksek sera gazı emisyonu sunan RCP 8.5 senaryolarını içermektedir.

RCP 2.6 senaryo ailesi; en iyimser senaryo tahmin modelidir. RCP 2.6 senaryosuna göre sera gazı emisyonları 2010 – 2020 yılları arasında zirveye ulaşacağı ve bu yüzyılın sonunda ise azalarak sıfırlanacağını varsaymaktadır. Küresel ortalama sıcaklığın 2065 yılına gelindiğinde sanayi devrimi öncesine göre 1,6 ^{o}C, yüzyılın sonunda ise 1,7 ^{o}C artması beklenmektedir. RCP 2.6 senaryo grubunda küresel ortalama sıcaklığı 2 ^{o}C aşması olası değildir ve 2 ^{o}C altında sınırlandırmayı hedeflemektedir.

RCP 4.5 senaryo ailesi; orta seviye senaryo tahmin modelidir. RCP 4.5 senaryo yaklaşımına göre sera gazı emsiyonları 2040 yılına gelindiğinde en yüksek seviyede olacağı ve yüzyılın sonunda ise azalacağını varsaymaktadır. Küresel ortalama sıcaklığın 2065 yılına gelindiğinde sanayi devrimi öncesine göre 2 ^{o}C, yüzyılın sonunda ise 2,6 ^{o}C artması beklenmektedir. RCP

4.5 senaryo grubuna göre küresel ortalama sıcaklığın 1,5 ^{o}C aşacağı öngörülmektedir fakat 2 ^{o}C sıcaklığı da aşmama olasılığı muhtemeldir.

RCP 6.0 senaryo ailesi; orta seviye senaryo tahmin modelidir. RCP 6.0 senaryo yaklaşımına göre sera gazı emsiyonları 2080 yılına gelindiğinde en yüksek seviyede olacağı ve yüzyılın sonunda ise azalacağını varsaymaktadır. Küresel ortalama sıcaklığın 2065 yılına gelindiğinde sanayi devrimi öncesine göre 1,8 ^{o}C, yüzyılın sonunda ise 3,1 ^{o}C artması beklenmektedir. RCP 6.0 senaryo grubuna göre küresel ortalama sıcaklığın 1,5 ^{o}C aşacağı öngörülmektedir aynı zamanda 2 ^{o}C sıcaklığı da aşma olasılığı muhtemeldir.

RCP 8.5 senaryo ailesi; kötümser senaryo tahmin modelidir. RCP 8.5 senaryo yaklaşımına göre sera gazı emsiyonları 21.yy boyunca artacağını varsaymaktadır. Küresel ortalama sıcaklığın 2065 yılına gelindiğinde sanayi devrimi öncesine göre 2,6 ^{o}C, yüzyılın sonunda ise 4,8 ^{o}C artması beklenmektedir. RCP 8.5 senaryo grubuna göre küresel ortalama sıcaklığın 1,5 ^{o}C aşacağı ve 2 ^{o}C sıcaklığı da aşma olasılığı muhtemel olduğunu varsaymaktadır (IPCC, 2014b).

IPCC Çalışma Grubu 1 raporuna (WGI) göre, küresel olarak ortalama yüzey sıcaklıklarının 20. yüzyılda 0,6 ± 0,2 °C arttığı gözlemlenmiştir. IPCC Özel Emisyon Senaryoları Raporu'nda (SRES) geliştirilen bir dizi senaryo için, küresel olarak ortalama yüzey hava sıcaklığının 1990'a göre 2100 yılına kadar 1,4 ila 5,8 °C arasında tahmin edildiği ve küresel olarak ortalama deniz seviyesinin ise 2100'de 0,09'dan 0,88 m'ye çıkması öngörülmektedir (McCarthy ve diğ., 2001). Şu an mevcut deniz seviyesi Ekim ayı (2020 yılı) itibariyle 96 ± 4 mm/yıl, yıllık değişim oranı ise 3.3 mm/yıl olarak gerçekleşmiştir[2].

Yeryüzü üzerindeki ortalama sıcaklık 1999-2018 dönemi için 1.41 °C (1881-1900 dönemine göre) artmıştır ve küresel ortalama sıcaklık değişiminden 0.54 °C daha fazladır. Tarım, Ormancılık ve Diğer Arazi Kullanımı (AFOLU), 2007-2016 yılları arasında CO_2 eşdeğeri olarak antropojenik karbondioksit (CO_2), metan (CH_4) ve azot oksidin (N_2O) yaklaşık% 22'sine katkıda bulunan önemli bir sera gazı emisyonu kaynağıdır (IPCC, 2019). Bu gazların antropojenik emisyonları, sanayi öncesi dönemlerden bu yana sera gazlarının yaklaşık% 80'ine (% 60 CO_2 katkısı) katkıda bulunmuştur. Diğer sera gazları arasında troposferik ozon (kimyasal öncüler azot oksitler, metan olmayan hidrokarbonlar ve karbon monoksit), halokarbonlar

[2] https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/ [Ziyaret Tarihi: 25 Nisan 2021].

(HCFC'ler ve HFC'ler dahil) ve kükürt heksafluoride (SF_6) bulunur. Troposferik aerosoller ve troposferik ozon zaman ve mekanda homojen olarak dağılır ve kısa bir atmosfer ömrüne sahiptir. Sülfat aerosollerin etkisi, azaltım için uygundur ve IPCC senaryolarında belirtilmektedir. Önümüzdeki yüzyılda sera gazı emisyonlarının artmaya devam edeceğini ayrıca öngörülmektedir (IPCC, 1995). Geçen yüzyıl boyunca, atmosferik karbondioksit konsantrasyonları, sanayi devrimi öncesi 278 ppm iken, 2021 yılı Mart ayında 416 ppm yükselmiştir[3].

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC), iklim değişikliğinin en şiddetli etkilerini önlemek için sanayi devrimi öncesi dönemlerden bu yana küresel ortalama sıcaklık artışını 2 °C'nin altında tutmayı kabul etmiştir. Sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik mevcut küresel eylemler (azaltım), sıcaklık artışını 2 °C'ye sınırlamak için yetersizdir ve küresel ısınma 2100'e kadar 2 °C'nin oldukça üzerinde olabilir ve 2 °C sınırı korunsa bile toplum ve insan sağlığı üzerinde önemli etkiler yapması öngörülmektedir. Bu nedenle, iklim değişikliğine uyum ve azaltım gereklidir (EEA, 2012). Küresel ortalama sıcaklık 1880 yılında – 0,15 ºC iken (sanayi devrimi) şu an mevcut küresel ortalama sıcaklık ise 1,02 ºC'dir[4].

Yüksek sıcaklıklar (değişen yağış rejimleriyle birlikte), büyüme mevsimlerinin başlangıcını ve bitişini değiştirmiş, bölgesel tarım ürünü veriminin azalmasına katkıda bulunmuş, tatlı su mevcudiyetini azaltmış ve biyoçeşitliliği daha fazla baskı altına alarak ağaç ölüm oranını artırmıştır. Artan atmosferik CO_2 seviyeleri, bitki büyümesinde gözlemlenen artışların yanı sıra otlaklar ve savanlarda odunsu bitki örtüsündeki artışlara katkıda bulunmuştur (IPCC, 2019). İklim değişikliği; yağış ve hava sıcaklığını etkileyerek su sıcaklığı ve hidrolojik döngüde (su ekosistemlerini fenoloji, topluluk kompozisyonu, üreme döngüsü sayısı, evrimsel uyarlamalar ve genetik seçilim yoluyla) değişikliklere neden olmaktadır (EPA, 2008). Ayrıca iklim değişikliğinin bölgesel su kaynakları üzerinde (toplam yağış, yağış sıklığı ve yoğunluğundaki değişiklikler, akışın boyutunu ve zamanlamasını) büyük etkileri olmaktadır. Sıcaklık ve yağıştaki nispeten küçük değişiklikler, kurak ve yarı kurak bölgelerde akışta nispeten büyük değişikliklere neden olabilmektedir (IPCC, 1995). İklim değişikliğinin su sıcaklığını ve hidrolojik döngülerdeki değişiklikler yoluyla akuatik ekosistemlerin akış rejimlerini etkileyeceği tahmin edilmektedir. Bu etkiler tür kompozisyonundaki, fenolojideki, üreme

[3] https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/ [Ziyaret Tarihi: 25 Nisan 2021].

[4] https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/ [Ziyaret Tarihi: 27 Nisan 2021].

döngülerinin sayısındaki, evrimsel adaptasyonlardaki ve genetik seçilimdeki değişikliklerle kendini gösterecektir. Bu değişiklikler aynı zamanda ekosistemler üzerindeki iklim değişikliği etkilerinin göstergeleri olarak hizmet eder ve ekosistem durumunu belgelemek için kullanılabilir. (EPA, 2008; Döll ve ark., 2010). Birçok bölgede değişen yağışlar hidrolojik sistemleri değiştirmekte, su kaynaklarını miktar ve kalite açısından etkilemektedir (IPCC, 2014a). Sulak alanlar değişen su sıcaklıkları (su kalitesi, biyolojik verimlilik), akış rejimleri ve su seviyelerinden dolayı (sel ve kuraklıkların sıklığı ile süresi) iklim değişikliğinden etkilenecektir. Sonuç olarak, su seviyesi düşüşleri çoğunlukla küçük havzalarda olacaktır (IPCC, 1995). İklim değişikliği suyun miktarını, kalitesini, zamanlamasını ve dağılımını değiştirerek ve bazı sorunların artmasına neden olacaktır. Bu sorunlar, bazı bölgelerdeki su kullanıcıları arasında önemli sosyal çatışmalara neden olabilecektir (Furniss ve diğ., 2010). 21. yüzyıldaki iklim değişikliğinin, çoğu kuru subtropikal bölgede yenilenebilir yüzey suyunu ve yeraltı suyu kaynaklarını önemli ölçüde azaltacağı ve sektörler arası su için rekabeti yoğunlaştıracağı öngörülmektedir (IPCC, 2014a). İklim değişikliğine bağlı tarımsal verimlilikteki değişimler bölgeler arasında farklılık gösterecektir ve bazı bölgeleri açlık ve kıtlık riski altına sokacaktır (subtropikal - tropikal bölgeler ve yarı kurak - kurak bölgeler vb.). İklim değişikliğinin, yaşam kaybı ile birlikte, insan sağlığı (kardiyo-solunum, ölüm oranındaki değişiklikler, sıtma, sarı humma vb.) üzerinde olumsuz etkileri olması beklenmektedir. İklim modellerinin çoğuna göre, küresel ortalama sıcaklık artışının 1 °C ulaşması sonucunda, ormanların büyüme ve yenilenme kapasitesini etkilemesi için yeterli olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, ormanların tür kompozisyonunun değişmesi beklenmektedir (IPCC, 1995).

Orman ekosistemleri, karbon döngüsüne kaynak ve karbon yutakları için önemli bir rol oynayarak yüzey sıcaklıkları, evapotranspirasyonu, yüzey pürüzlülüğünü, albedo, bulut oluşumunu ve yağışları etkileyerek iklimi kıta ölçeğine kadar doğrudan etkilerler. Orman ekosistemlerini etkileyen çeşitli biyolojik, kimyasal ve fiziksel faktörler mevcuttur (orman üretkenliği, tür sayısı, kuraklık vb.) (Watson ve diğ., 1996).

Bölgesel iklim değişikliği, arazi kullanımındaki değişikliklerle azaltılabilir veya artırılabilir, ancak bu durum konum ve mevsim faktörüne bağlıdır. Gelecekte, iklim değişikliği ve kentleşmedeki artışlar sonucunda, ısı dalgaları artarak şehirlerin çevresindeki (ısı adası) ısınmayı artıracaktır (IPCC, 2019). Karasal, sucul ekolojik sistemler ve sosyo-ekonomik sistemler insani gelişme için hayati öneme sahiptir ve hepsi iklim değişikliğine karşı duyarlıdır.

Dolayısıyla, toplumun farklı kesimleri iklim değişikliğine karşı uyum sağlamayı bekleyebilir (IPCC, 1995). 2025 yılına kadar, yaklaşık 8 milyarlık nüfustan yaklaşık 5 milyar insanın su stresi yaşayan ülkelerde (mevcut kaynaklarının % 20'sinden fazlasını kullanarak) yaşayacağı tahmin edilmektedir. İklim değişikliği, bazı bölgelerde ek baskılar uygulama potansiyeline sahiptir (Arnell, 1999). 21. yüzyıldaki kıyı ekosistemleri (riparian ecosytems), doğal ve beşeri sistemlerin iklim değişikliğine karşı kırılganlığını belirlemede ve bu sistemlerin uyum sağlama kapasitesini etkilemede kritik bir rol oynayacaktır (Capon ve diğ., 2013).

Yapılan tüm çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda iklim değişikliği ile sel ve taşkınların yoğunluğu ve süresinde artış, heyelan, kuraklık, sıcaklık, rüzgar hızı ve yoğunluğu, buzulların erimesi, hava kirliliği, su kaynaklı hastalıklara daha fazla maruz kalma, istilacı türlerin ve zararlıların artması, su kıtlığı, yangınlar, kasırgalar ve fırtınaların artması, deniz seviyesinde artış, erozyon, açlık ve kıtlıkların artması, kar örtüsünde azalma, permafrostta (kalıcı olarak donmuş toprak parçası) azalma, bitki üreme, çiçeklenme ve göç süresinde azalma ve deniz suyu sıcaklığında artması beklenmektedir. Aynı zamanda, antropojenik kökenli uygulamalar da iklim değişikliğini etkilemektedir. Bu uygulamaların başlıcaları; ormansızlaşma, sera gazının artması, arazi kullanımının bozulması, fosil yakıt kullanımı, arazi kullanımı değişikliği, ekosistem fragmantasyonu (orman alanlarının düzenli olarak parçalanması, küçülmesi vb.), kimyasal gübrelemenin artması, katı atık, madencilik faaliyetleri, hidrolojik döngünün bozulması veya değiştirilmesi (kanal, yol vb.), kentleşmenin artması, aerosollerin artması, toprakta tuzlulaşmanın artması, erozyon ve asitleşmedir (okyanus, deniz, toprak vb.). İklim değişikliğinin etkileri ile mücadele edebilmek için ya adaptif kapasiteyi (adaptive capacity) geliştirmek gerekmektedir ya da azaltım (mitigation) yapılması gerekmektedir. Bu iki yöntem iklim değişikliğine uyumunun (adaptation) önemli parametresidir. İklim değişikliğine uyum kapsamında (adaptation) en küçük ölçekte stratejiler belirlenerek adaptasyon yönetimi sağlanmalıdır. Sonuç olarak, iklim değişikliğinin artan etkileri nedeniyle havza yönetimi ve sürdürülebilirliği çeşitli çevresel tehlikelere maruz kalmaktadır. Bu önlemleri almak için hangi havzaların daha hassas ve hangilerinin daha dirençli olduğunu belirlemek gerekmektedir.

2.1.1.İklim Değişikliğinden Etkilenen Sektörler

İklim değişikliği sonucunda bir çok ekosistem etkilenmektedir. Başta orman ve tarım alanları olmak üzere sucul ekosistemler, dere ekosistemleri, biyoçeşitlilik ve sosyo-ekonomik sektörler iklim değişikliğinden etkilenecektir.

Çoğu karasal, tatlı su ve deniz türleri devam eden iklim değişikliğine tepki olarak coğrafi yaşam aralıklarını, mevsimsel faaliyetlerini, göç modellerini, bolluklarını ve tür etkileşimlerini değiştirmiştir. Çok çeşitli bölgeleri ve mahsulleri kapsayan birçok çalışmaya dayanarak, iklim değişikliğinin mahsul verimi üzerindeki olumsuz etkileri, olumlu etkilerden daha yaygın olmuştur (IPCC, 2014a). Nehirler ve sağladıkları ekosistem hizmetleri, arazi kullanım değişiklikleri, nüfus artışı, kirlilik, barajdan kaynaklanan akış rejimi değişiklikleri ve aşırı yeraltı suyu pompalaması nedeniyle giderek daha fazla risk altındadır. Öngörülen iklim değişikliği, herhangi bir yerel ayarda biyolojik toplulukları bozma ve ekolojik bağlantıları koparma potansiyeli ile yağış, sıcaklık ve akış modellerini değiştirme potansiyeli aracılığıyla bu riskleri artırabilir ve büyütebilir. Nehir ekosistemlerinin korunması, izlenmesi, iklim değişikliği etkilerinin öngörülmesi ve yönetilmesi ancak havza ölçeğinde değerlendirilebilir (Palmer ve diğ., 2009).

İklim değişikliğinin Akdeniz bölgelerinde sıcaklıkları artırması ve yağışları azaltması beklenmekte ancak değişimin miktarı konusunda büyük ölçüde belirsizlikler mevcuttur (Nunes ve diğ., 2007). Avrupa'nın bazı orta ve batı bölgelerinde fırtınalar, zararlılar ve hastalıklar nedeniyle orman büyümesinde azalma, Akdeniz bölgesinde orman yangınlarının sayısında artış gözlemlenmiştir. Akdeniz bölgesi, azalan yağış ve artan sıcaklığın bir sonucu olarak son on yılda büyük etkilere maruz kalmıştır ve iklim değişmeye devam ettikçe bunların daha da kötüleşmesi beklenmektedir. Başlıca etkiler, su mevcudiyetinde ve tarım ürünü veriminde azalma, artan kuraklık ve biyolojik çeşitlilik kaybı riskleri, orman yangınları ve sıcak hava dalgalarıdır. Tarımda sulama verimliliğinin artırılması, sulama suyu çekilmesini bir dereceye kadar azaltabilir, ancak su stresinde iklime bağlı artışları telafi etmek için yeterli olmayacaktır. Buna ek olarak, hidroelektrik sektörü, daha düşük su mevcudiyeti ve artan enerji talebinden giderek daha fazla etkilenecek, turizm sektörü ise yaz aylarında daha az elverişli koşullarla karşılaşacaktır. Sucul ekosistemlerin sağlıklı bir şekilde sürdürülmesi için önemli olan çevresel akışlar, iklim değişikliğinin etkileri ve sosyo-ekonomik gelişmeler tarafından tehdit edilmektedir Sıcaklıktaki artış, buzul kütlesi kaybının, azalan kar örtüsünün, donmuş buzun

çözülmesinin ve kar olarak düşen daha az yağış dahil olmak üzere değişen yağış modellerinin gözlemlendiği ve daha da artmasının beklendiği birçok dağ bölgesinde özellikle büyüktür. Öngörülen ek etkiler arasında azalmış kış turizmi, güney Avrupa'da hidroelektrik enerjisinden daha düşük enerji potansiyeli, bitki örtüsü bölgelerinde bir değişiklik ve kapsamlı biyolojik çeşitlilik kaybı yer almaktadır. Dağların tepelerine yakın yaşayan bitki ve hayvan türleri, daha yüksek bölgelere göç edememe nedeniyle yok olma riskiyle karşı karşıyadır. Ülkemiz, Akdeniz ve dağlık bölge iklim kuşağında yer almaktadır. Her iki iklim kuşağında ise değişikliklerin şu şekilde olması beklenmektedir (EEA, 2012);

- Yıllık yağışın ve nehir akışının azalması (Akdeniz ve dağlık bölge)
- Sıcaklıkların Avrupa ortalamasının üzerinde olması (Akdeniz)
- Biyoçeşitlilik kaybının artma riski (Akdeniz)
- Çölleşmenin artma riski (Akdeniz)
- Tarım için su ihtiyacının artması (Akdeniz)
- Mahsul oranının düşmesi (Akdeniz)
- Orman yangın riskinin artması (Akdeniz)
- Sıcak hava dalgalarının ölüm oranınında artmasına neden olması (Akdeniz)
- Hastalık vektörleri için habitat alanlarının genişlemesi (Akdeniz)
- Hidroelektrik potansiyelinin azalması (Akdeniz)
- Yaz turizmin azalması ve diğer sezonların artması (Akdeniz)
- Dağlık permafrost alanlarda azalma (Dağlık bölge)
- Bitki ve hayvan türlerinin yer değiştirmesi (Dağlık bölge)
- Alpin zonda tür neslinin tükenme oranının artması (Dağlık bölge)
- Toprak erozyon riskinin artması (Dağlık bölge)
- Kayak turizminin azalması (Dağlık bölge).

Ormanların yalnızca ortalama iklim değişkenliklerine değil, aynı zamanda uzun süreli aşırı hava olayları (kuraklık, fırtınalar, seller vb.) riskinin artan değişkenliğe de uyum sağlaması gerekecektir. Avrupa ormanları için hassaslık, potansiyel etkiler, uyum kapasitesi ve iklim değişikliğine karşı kırılganlık gözden geçirilmelidir. İklim değişikliğinin en önemli potansiyel etkileri orman ürünleri ve hizmetleri üzerinedir. Öte yandan artan kuraklık riskleri olumsuz etkilere neden olacaktır. Akdeniz bölgelerinde, güçlü bir şekilde artan kuraklık ve yangın riskleri nedeniyle verimliliğin düşmesi beklenmektedir. Orman sektöründeki adaptasyon

kapasitesi geniş orman alanlarının yalnızca kapsamlı bir şekilde yönetildiği Akdeniz bölgesinde sınırlı olmaktadır. Avrupa ormanlarında iklim değişikliğine karşı uyum kapasitesi ve bölgesel kırılganlığın anlaşılması iyi gelişmemiştir ve daha odaklı araştırma çabaları gerektirmektedir. Politika geliştirmeden yönetim birimine kadar tüm karar alma düzeylerinde bilgi sağlamak için izleme ağları ve projeksiyon modelleriyle entegre disiplinler arası bir araştırma gündemine ihtiyaç vardır (Lindner ve diğ., 2010).

2.2.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ADAPTASYONA GENEL BAKIŞ

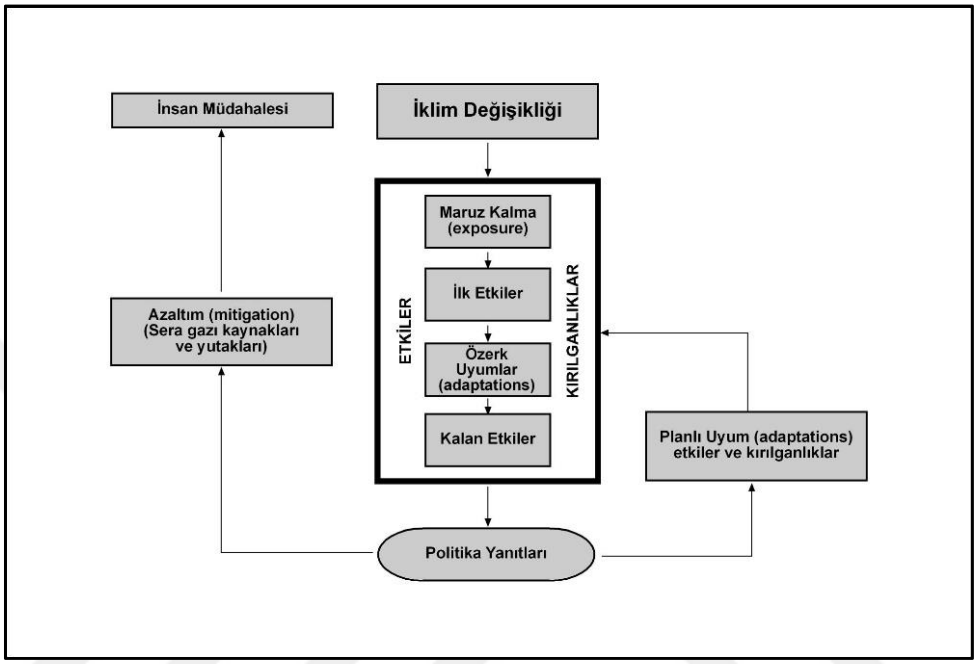
2.2.1.Kavramlar ve Tanımlar

2.2.1.1.Adaptasyon Kapasitesi

Adaptasyon (uyum kapasitesi), bir sistemin iklim değişikliğine uyum sağlama, potansiyel zararlarını hafifletme, fırsatlardan yararlanma veya sonuçlarla başa çıkma yeteneğidir (McCarthy ve diğ., 2001). Yine uyum kapasitesi; bir sistemin, bölgenin veya topluluğun iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlama potansiyeli veya yeteneğidir (Smit ve diğ., 2003). Adaptasyon iklim koşullarındaki değişikliklere yanıt olarak gerçekleşir (Watson ve diğ., 1996). Uyum kapasitesi, dünya genelinde bulunan farklı sistemlerin göreceli kırılganlıklarını karşılaştırılabilir analizlerini sürdürebilecek ve kontrollerinin ötesinde uzanan çeşitli baskılara maruz kalabilecek pratik kırılganlık indislerinin oluşturulması için bir çıkış noktası olma potansiyeline sahiptir (Yohe ve diğ., 2002). Uyum kapasitesi; bir sistemin iklimsel uyaranlara veya bunların etkilerine ve etkilerine uyum sağlama potansiyeli veya kapasitesidir (Smit ve diğ., 1999). Aynı zamanda toplumun uyum kapasitesi, dış koşullardaki değişikliklerle daha iyi başa çıkmak için davranışlarını değiştirme yeteneğini açıklamaktadır (Füssel ve diğ., 2006). Uyum kapasitesi genellikle sosyo-ekonomik (zenginlik, teknoloji, eğitim, bilgi, beceri, altyapı, kaynaklara erişim, istikrar ve yönetim yetenekleri) durumla ilgili parametrelerdir.

IPCC Çalışma Grubu 2 raporu (WGII) iklim değişikliğinin diğer sistemlerle olan ilişkisini değerlendirmektedir. Antropojenik faaliyetler sonucunda doğal ve beşeri sistemler bir dizi uyarana maruz kalmaktadır. Uyaranlara karşı duyarlı (kırılgan) sistemler, olması beklenen adaptasyonları etkileyecektir. Bu özerk adaptasyonlar, iklim değişikliğinin kalan etkilerini yeniden şekillendirecektir. Gelecekteki olası etkiler sonucu yönetsel kararlar (örneğin, sera gazı

emisyonlarını azaltmaya yönelik programlar vb.) yoluyla iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya yönelik çabalar olabilecektir (McCarthy ve diğ., 2001) (Şekil 2.3).

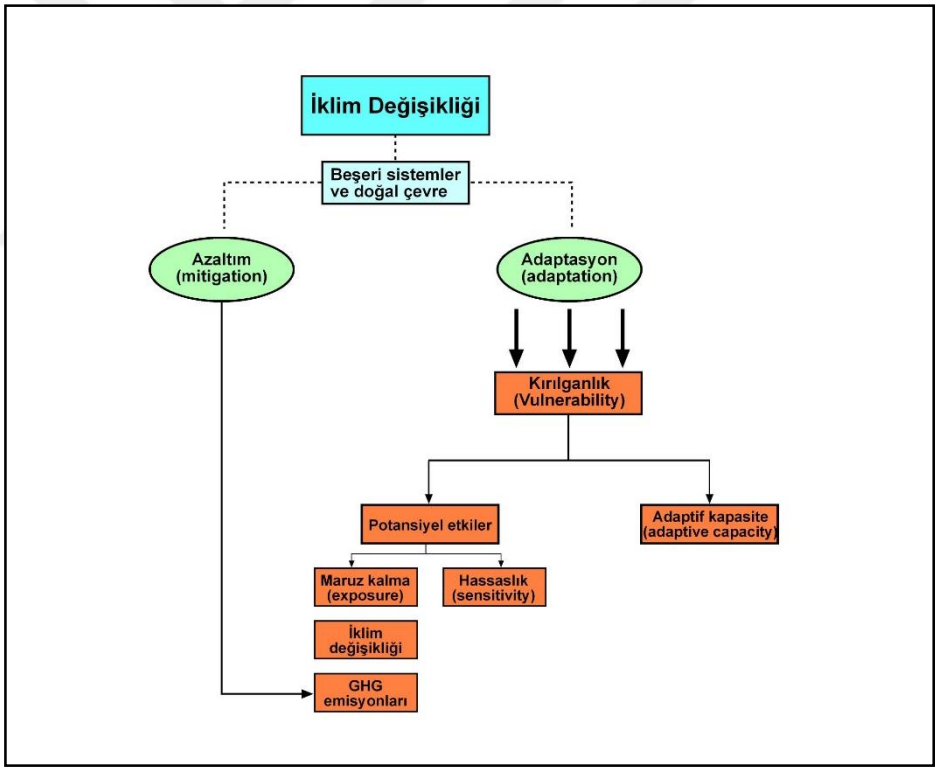


Şekil 2.3: İklim değişikliği konusunda adaptasyonun yeri (Smit ve diğ., 1999).

Adaptasyon, toplumların gelecekteki belirsizliklerle başa çıkmalarını sağlayan bir süreçtir. İklim değişikliğine uyum sağlamak, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmak için doğru önlemleri almayı gerektirmektedir. Örneğin; taşkınlara dayanıklı teknolojik evler yapılması ve su kullanımı azaltmak (kuraklık zamanlarında), erken uyarı sistemleri kurmak (sel, taşkın, yangın ve diğer aşırı olaylar için), daha iyi su yönetimi, çeşitli sigorta seçenekleri ve biyolojik çeşitliliğin korunması sayılabilir (UNFCCC, 2007).

İklim değişikliği risklerini azaltmak için adaptasyon azaltımı tamamlayabilir. Sera gazı emisyonlarının azaltılması, atmosferdeki konsantrasyonların düşük bir seviyede sabitlenmesi bile iklim değişikliğini ne tamamen engelleyecek ne de etkilerini tamamen kaldıracaktır. Değişen iklime ve yükselen deniz seviyesine tepki olarak birçok reaktif adaptasyon meydana gelecektir. Riskleri ele almak ve fırsatları kullanmak için planlanan adaptasyon stratejilerinin geliştirilmesi, iklim değişikliği etkilerini azaltmak için azaltma eylemlerini tamamlayabilir

(Watson, 2001). Adaptasyon; su yönetimi, tarım, ormancılık, sağlık, enerji, ulaşım, turizm, toprak koruma, biyolojik çeşitlilik, ekosistem ürünleri ve hizmetleri ile balıkçılık gibi Avrupa'daki hemen hemen tüm ekonomik sektörleri etkileyen ve iklim değişikliği etkilerine karşı dayanıklılığı artırmayı amaçladığı için kesişen bir konudur. Adaptasyonla ilgilenen ekonomik sektörler arasında enerji arzı, sağlık, su yönetimi, tarım, turizm ve ulaşım bulunmaktadır (EEA, 2008). İklim değişikliğinin etkileri; adaptasyonlarının ve kırılganlığın değerlendirilmesi, çok çeşitli fiziksel, biyolojik ve sosyal bilim disiplinlerinden yararlanmakta ve sonuç olarak çok çeşitli yöntem ve araçları kullanmaktadır (McCarthy ve diğ., 2001). İklim değişikliği ile ilgilenen araştırmacılar tarafından, azaltım hem bilimsel hem de politika perspektifinden adaptasyondan çok daha fazla ilgi görmüştür (Şekil 2.4) (Füssel ve diğ., 2006).



Şekil 2.4: İklim değişikliği etkileri, adaptasyon ve kırılganlık için kavramsal model (Isoard ve diğ., 2008).

Doğal ve beşeri sistemler iklimdeki mekânsal farklılıklara uyum sağlayarak; tarım, ormancılık, yerleşim yerleri, sanayi, ulaşım, insan sağlığı ile su kaynakları yönetimi dahil olmak üzere iklim

değişikliğine uyum sağlamak için gelişmiştir (McCarthy ve diğ., 2001). Beşeri sistemler için adaptasyon, zararı hafifletmeyi amaçlamaktadır. İnsan müdahalesi beklenen iklim değişikliği ve etkilerine karşı doğal sistemlerde uyum sağlamayı kolaylaştırabilir (IPCC, 2014a).

Uyum stratejileri ve yaklaşımları şu faydaları sağlayabilir (Shannon ve diğ., 2019):

- İklim değişikliği karşısında ormanlık havzaların sağlıklı bir şekilde sürdürülmesine yardımcı olabilecek uyum eylemleri seçenekleri,
- Yöneticilerin özel yönetim amaç ve hedeflerine en uygun eylemleri seçtikleri uyum eylemleri planı,
- Uyum yöntemlerini ve iklim değişikliği ile ilgili konuları tartışmak için bir platform,
- Yöneticiler tarafından bir yaklaşımın uygulanmasında potansiyel olarak kullanılabilecek örnek uygulamalar.

Uyum kapasitesi toplumların sosyo-ekonomik özelliklerine göre belirlenmektedir ve meydana geldikleri sisteme, onları yönlendiren iklim uyaranlarına, zamanlamalarına, işlevlerine, formlarına ve etkilerine göre değişmektedir (Smit ve diğ., 2003). İklim değişikliğinin insani boyutları ile adaptasyonun entegrasyonu, ölçeği, verileri, geçerliliği ile ilgili metodolojik boşluklar devam etmektedir. Bölgesel kırılganlığı, uzun vadeli uyum stratejilerini değerlendirme prosedürleri, yüksek çözünürlüklü değerlendirmeleri, ölçekleri birbirine bağlamak için metodolojileri ve yeni veri setlerini kullanan dinamik modellemeyi gerektirir. Farklı ölçeklerde doğrulama genellikle eksiktir. Kırılganlığı yerel ve bölgesel kalkınma anlamında yerleştirmek için sektörler arası entegrasyon gerekmektedir. İklim değişikliğinin bazı bölgeler ve sektörler için fırsatlar sunması muhtemeldir (McCarthy ve diğ., 2001).

Gelişmekte olan ülkelerde iklim değişikliğine uyum hayati önem taşımaktadır ve acil bir önceliğe sahip olduğu vurgulanmıştır. İklim değişikliğinin etkilerinin kapsamı konusunda belirsizlik devam etse de, birçok gelişmekte olan ülkede, uyum faaliyetlerini uygulamaya yönelik stratejiler ve planlar hakkında yeterli bilgi mevcuttur. Küresel sıcaklık artışı nedeniyle, gelişmekte olan ülkelerin iklim değişikliğine karşı savunmasızlığının azaltılması ve uyum sağlama kapasitelerinin artırılması ve ulusal uyum planlarının uygulanması aciliyet gerektiren konulardır (UNFCCC, 2007).

2.2.1.2.Kırılganlık ve Esneklik

Kırılganlık, iklim değişikliğinin zarar verebileceği sınırı tanımlamaktadır. Sadece bir sistemin hassasiyetine değil, aynı zamanda yeni iklim koşullarına uyum yeteneğine bağlıdır. İklim değişikliğinin büyüklüğü ve oranı, bir sistemin hassasiyetini, uyum kapasitesi ve kırılganlığını belirlemede önemlidir (IPCC, 1995). Kırılganlık, bir sistemin yaralanmaya ve hasara açık olma derecesidir (Smit ve diğ., 1999). Kırılganlık; bir sistemin maruz kaldığı iklim değişikliğinin karakteri, büyüklüğü ve hızı, duyarlılığının ve uyum kapasitesinin bir fonksiyonu olarak iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı hassas olma durumudur (Houghton ve diğ., 2001; McCarthy ve diğ., 2001).

Esneklik derecesi (resilience); sosyal, ekonomik ve çevresel sistemlerin temel işlevlerini, kimliklerini ve yapılarını korurken, aynı zamanda adaptasyon, öğrenme ve dönüşüm kapasitesini de koruyan tehlikeli bir olayla başa çıkma kapasitesine denmektedir (IPCC, 2014a). Esneklik Derecesi; bir sistemin bir uyarandan geri teptiği, telafi ettiği veya kurtardığı direnç derecesi olarak tanımlanmaktadır (Smit ve diğ., 1999). Kırılganlık indikatörleri, iklim değişikliği etkilerinin hassaslıklara, dirence ve uyum sağlama kapasiteleri açısından değişkenleri içerir. Kırılganlık indikatörleri, kırılganlığı artıran faktörleri içeren 'hassaslık' ve kırılganlığı azaltan faktörleri içeren 'adaptif kapasite' olarak adlandırılmıştır (Tapia ve diğ., 2015). İklim değişikliği kırılganlık değerlendirmeleri farklı amaçlar için yapılmaktadır. Değişen iklim koşulları altında iklime duyarlı sistemlerin bilimsel anlayışını artırmak, iklim değişikliğinin azaltılmasına yönelik hedefleri belirlemek, özellikle kırılgan sektörlere ve bölgelere öncelik vermek ve iklime duyarlı uyum stratejileri geliştirmek. Bu amaçların her birinin özel bilgi ihtiyaçları vardır ve bu nedenle bu bilgileri sağlamak için hedefli bir yaklaşım gerektirir (Füssel ve diğ., 2006).

Kırılganlık, bir bozulma ile karşı karşıya kaldığında, zarara karşı hassaslık, sistemin değişim potansiyeli olarak düşünülmektedir. Genel olarak, tür, nüfus veya birey yaşam ortamındaki durumunu iyileştirerek daha iyi uyum sağlayabilir (Gallopin, 2006). En fazla kırılganlığın, etkin su kullanımını ve su kalitesinin korunmasını engelleyen yönetsel davranışlar, yetersiz havza yönetimi, değişken su talebini yönetememe nedeniyle hâlihazırda baskı altında olan veya yetersiz ve sürdürülemez bir şekilde yönetilen su sistemlerinde olması muhtemeldir. Sürdürülemez bir şekilde yönetilen sistemlerde, su ve arazi kullanımı, iklim değişikliğine karşı kırılganlığı artıran baskılar ekleyebilir (McCarthy ve diğ., 2001). Kırılganlık değerlendirmesi,

mevcut ve gelecekteki planlama çalışmaları için önemlidir. Uygun risk yönetimi, hazırlıklı olma ve kritik karar verme çok önemlidir. Kompozit endeksler, doğrudan gözlemlenemeyen veya ölçülemeyen karmaşık, çok boyutlu kavramları ölçmek için çok çeşitli disiplinlerde uzun süredir kullanılmaktadır. Bu endeksler genellikle birkaç özel göstergeyi birleştirirler (UNEP, 2003). Sıcak hava dalgaları, kuraklıklar, seller, siklonlar ve orman yangınları gibi iklimle ilgili yakın zamandaki ekstrem olayların etkileri, bazı ekosistemlerin ve beşeri sisteminin mevcut iklim değişkenliğine önemli ölçüde kırılganlığını ve maruz kaldığını ortaya koymaktadır (IPCC, 2014a). Bir sistemin belirli bir riske karşı kırılganlığı, bir veya daha sıklıkla birkaç faktörün birleşimiyle belirlenebilir. Örneğin; sulak alanların iklim değişkenliğine karşı kırılganlığını, büyük ölçüde yukarı havzalardaki yağışa ve sulak alanların membasındaki vadiye boşaltılan yeraltı suyu hacmine bağlıdır (Winter, 2000). Orman yangınlarıda bir başka iyi bir örnektir. Kuraklık, orman yangını riskini artırır. Ormanların kırılganlığı, ormanın yönetilme şekline, önceki kuraklıklardan ve / veya zararlılardan kaynaklanan ölü ağaçların miktarına, ormanın mekansal organizasyonuna bağlı olan ölü biyokütle miktarına bağlı olacaktır (Gitz ve diğ., 2019).

İklim değişikliğine karşı kırılganlık sadece iklime karşı maruz kalmaya değil, aynı zamanda hassas grupların varlığına da bağlıdır. Örneğin; engelliler, hastalar, küçük çocuklar ve yaşlılar özellikle çeşitli çevresel sağlık tehlikelerine karşı kırılgandırlar. Yaşlılar (> 65 yaş), ısı dalgaları gibi çeşitli iklimsel baskı faktörlerine ve aynı zamanda sel ve su kıtlığına daha duyarlı bir grup olarak kabul edilmektedir (EEA, 2012).

2.2.1.3.Maruz Kalma

Maruz kalma (maruziyet), bir sistemin önemli iklim değişikliklerine maruz kalma derecesi olarak tanımlanmaktadır. Maruz kalma, belirli bir analiz birimi üzerindeki iklim baskısının derecesi ile ilgilidir. Yine maruz kalma iklim koşullarında uzun vadeli değişiklikler veya ekstrem olayların büyüklüğü ve sıklığı da dahil olmak üzere iklimdeki değişiklikler olarak tanımlanabilir (McCarthy ve diğ., 2001). Maruz kalma indikatörleri, şehirlerin nüfusunun ve varlıklarının iklim değişikliğine bağlı tehditlerden doğrudan etkilenme derecesini karakterize etmektedir. Bazı tehditler (seller vb.) için şehrin bir dizi iklim senaryosu altında bu tür etkilerden doğrudan etkilenebilecek kısmının tahminlerinin sağlanması anlamına gelir (Tapia ve diğ., 2015).

2.2.1.4.Hassaslık

Hassaslık (sensitivity), bir sistemin iklim koşullarındaki bir değişiklikten etkilenme veya bunlara tepki verme derecesidir (örneğin, sıcaklık veya yağıştaki belirli bir değişiklikten kaynaklanan birincil verimlilik dahil ekosistem kompozisyonu, yapısı ve işleyişindeki değişimin derecesi) (Smit ve diğ., 1999). Hassaslık, bir sistemin iklimle ilgili uyaranlardan olumsuz veya olumlu olarak etkilenme derecesidir. İklimle ilgili uyaranlar, ortalama iklim özellikleri, iklim değişkenliği, ekstrem olayların sıklığı ve büyüklüğü gibi iklim değişikliğinin tüm unsurlarını kapsamaktadır. Bu etki doğrudan (örneğin sıcaklık değişkenliklerine bağlı olarak mahsul veriminde değişim) veya dolaylı (örneğin deniz seviyesindeki yükselmeden dolayı kıyı sel sıklığındaki bir artışın neden olduğu hasarlar) olabilir (McCarthy ve diğ., 2001).

2.3.HAVZA KARAKTERİSTİKLERİ VE KIRILGANLIK

Havza, üzerine düşen yağışı akarsular vasıtıyla deniz, göl veya sulak alanlar gibi su kütlelerine ulaşabildiği ve bir su yolunun drene ettiği iç bükey topografik alanlar olarak tanımlanmaktadır. Su kütlesine ulaşabilen su miktarı yağışa, jeofiziksel özelliklere, arazi kullanımına, havzanın şekline, boyutuna, eğimine ve havzadaki çöküntü alanlarına bağlıdır[5] (Roy ve diğ., 2016). Bir başka tanıma göre havza, tüm akarsuları ve yağmuru bir rezervuarın çıkışı, bir körfezin ağzı veya bir dere kanalı boyunca herhangi bir nokta gibi ortak bir çıkışa boşaltan bir arazi alanıdır[6]. Havza ve diğer ilgili ekosistemler, sağladıkları çeşitli fonksiyonlardan dolayı toplum için hayati öneme sahiptir. Ancak, iklim değişikliğinin artan problemlerinden dolayı havzaların yönetilmesi ve sürdürülebilmesini etkileyen bir çok tehlike ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, acil müdahale gerektirebilecek öncelikli alanları belirlemek için bu arazilerin iklim değişikliğine karşı kırılgan bölgelerinin belirlenmesi zorunludur (Tiburan ve diğ., 2013).

Pasco ve diğ., (2011) bir havzanın kırılganlığı için önemli faktörleri şu şekilde belirtmektedirler;

- Fiziksel faktörler (eğim, yağış, arazi kullanımı, toprak tipi, ve jeoloji)
- Antropojenik faktörler (tarım sistemleri/arazi kullanımı ve yol ağı).

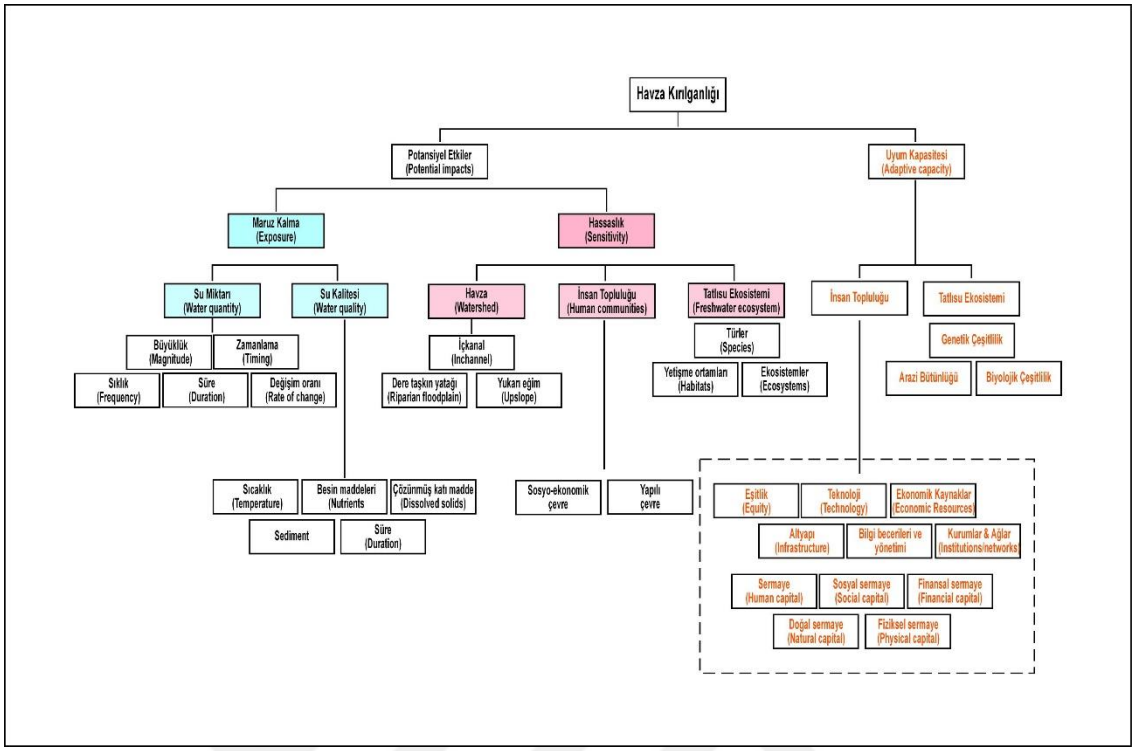
[5] http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/watershed-management/basic-knowledge/en/ [Ziyaret Tarihi: 3 Mart 2021]

[6] https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/watersheds-and-drainage-basins?qtscience_center_objects=0#qt-science_center_objects [Ziyaret Tarihi: 3 Mart 2021]

Hidrolojik ve ekolojik olmak üzere havzaların iki ana fonksiyonu vardır. Havzalar, su kaynaklarının miktarını ve kalitesini kontrol ettiği için önemlidir. Havzaların kırılganlığını tespit eden birçok gösterge örneği vardır ancak bunların hiçbiri nesnel değildir. Ancak, iklim değişikliği ve arazi kullanımı bir havzanın durumunu etkileyen önemli parametrelerden ikisidir (Roy ve diğ., 2016). Sonuç olarak bir havzanın durumu, ekosistemlerin genel sağlığı için çok önemlidir (Tiburan ve diğ., 2008). Havza tabanlı yönetimin odağı olan insan faaliyetlerine yönelik kararlar havza özellikleri hakkında da seçenekler içermektedir. Havzaları etkileyen insan faaliyetlerinin kapsamı oldukça geniştir ve başlıcaları; su kullanımı, arazi kullanımı, ormancılık, madencilik, tarımsal kullanım, kirleticilerin kullanımı olarak sıralanabilir (Arnold, 2010). Havzalarda iklim değişikliğine adaptasyon konusunda birçok faktörün dikkate alınması gerekmektedir. İklim; ekosistemler, tarım, altyapı, enerji üretimi, balıkçılık ve ormancılık gibi suya bağımlı sistemler ve sektörler için sonuçları olan hidrolojik döngüyü doğrudan etkilemektedir. Bir havzada sel, kuraklık, erozyon, yağmur suyu ve balıkçılık gibi geleneksel tüm havza konularının değerlendirilmesi ve sağlam ancak esnek uyum önlemlerinin belirlenmesi gerekmektedir (CCME, 2015).

Havzaların kırılganlığını nasıl karakterize ettiklerine göre sınıflandırmak için bir çerçeve oluşturulmuştur (Şekil 2.5). Kırılganlığın farklı boyutlarını (maruz kalma, hassaslık ve uyum kapasitesi) değerlendirmek için kullanılan gösterge türleri genellikle literatüre, tehlikenin niteliğine, bir kırılganlık değerlendirmesinin kavramsal çerçevesine ve ayrıca veri mevcudiyetine göre seçilir. Göstergeleri belirlerken ve seçerken göz önünde bulundurulması gereken temel hususlar şunları içermektedir (Smith ve diğ., 2013);

- ilgi boyutuna uygunluk ve yerindelik,
- şeffaflık (çok karmaşık değil, tekrarlanabilir olmalıdır),
- fizibilite (veri toplama maliyeti ve zaman kullanılabilirliği dikkate alınarak),
- her bir göstergenin boyutu ve bileşimi (mutlak ve göreli değerler, alansal ölçü vb.).



Şekil 2.5: Havza kırılganlık değerlendirmesine bakış (Smith ve diğ., 2013).

Havza sistemleri, insan ve ekosistem ihtiyaçlarının sürdürülebilirliği için kritik hizmetler sunmasından dolayı bu sistemler üzerindeki iklimsel etkileri yönetmek için uyum stratejilerinin geliştirilmesi önem kazanmaktadır. İklimsel faktörlerin havza üzerindeki etkilerini değerlendirmek ve uyum stratejileri geliştirmek için bir çerçeveye ihtiyaç vardır. Havza temelli bir planlama ve değerlendirme, multidisipliner koordinasyon ve iklim değişikliğine etkili yaklaşımlar bulma çabaları için bir çerçeve sağlar (Randhir ve diğ., 2014). Havza hizmetleri olarak bilinen, su temini ile ilgili hizmetleri ve diğer kritik havza fonksiyonlarını açıklamaktadır (Furniss ve diğ., 2010). Bölgesel stratejilerin geliştirilmesi, hassas konumların belirlenmesi ve iklim değişikliğinin hidrolojik süreçler üzerindeki etkilerinin en aza indirilmesi için havza ölçeğinde değerlendirmeyi gerektirir. Son iki yüzyılda barajlar, geçirimsiz alanlar, kentsel büyüme, tarımsal faaliyetler ve yoğun yerleşim alanlarındaki artışla havza sistemlerindeki antropojenik değişiklikler nedeniyle tatlı su kaynakları büyük ölçüde değişmiştir. Geçirimsiz alanlardan gelen akış suyu, hızla bir arazi parçası dışına taşınır ve hızla akıntı yönündeki su kütlelerine boşaltılır. Küresel iklim değişikliğinin yanı sıra insanlardan etkilenen bu değişiklikler, bir havza sistemindeki su kaynaklarının dağılımı ve miktarı üzerinde sinerjik etkiye sahip olabilir (Randhir ve diğ., 2014).

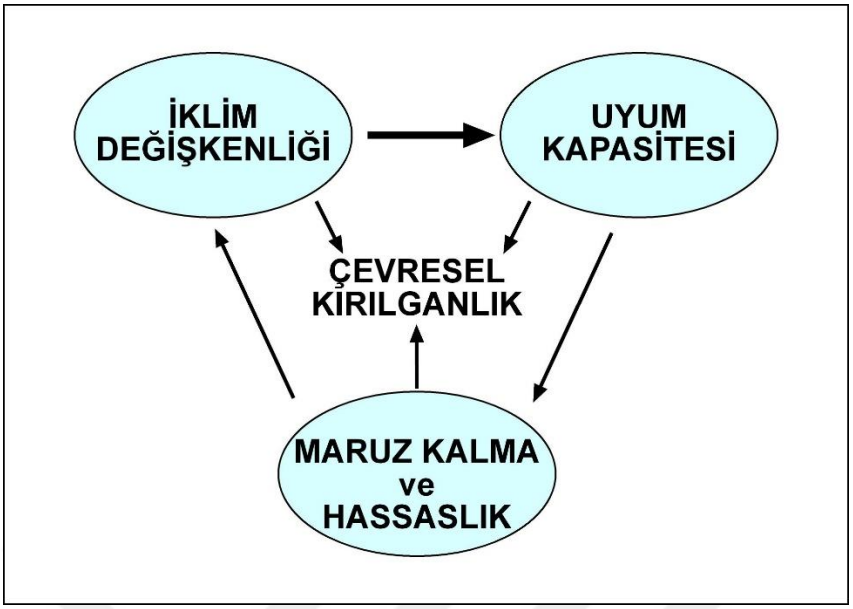
Bir havzanın jeomorfolojik özellikleri, havzadan çıkan suyun miktarını ve oranını etkilediği, sel, erozyon gibi doğal felaketlere karşı duyarlılığın bir indikatörüdür. Havza karakterizasyonunda jeomorfolojik gösterge parametrelerinden en az birinin rapor edilmesi zorunluluktur (Tiburan ve diğ., 2008). Bu parametreler;

- Doğrusal parametreler (dere sınıflandırılması, toplam dere uzunluğu, çatallanma oranı, havza uzunluğu vb.)
- Reliyef parametreler (havza reliyefi, reliyef oranı, pürüzlülük katsayısı, eğim vb.)
- Alansal parametreler (alan, drenaj yoğunluğu, dairesellik oranı, uzama oranı, form faktörü, dere frekansı, tekstür oranı vb.) (Vincy ve diğ., 2012).

2.4.KONUM BAZLI YAKLAŞIM

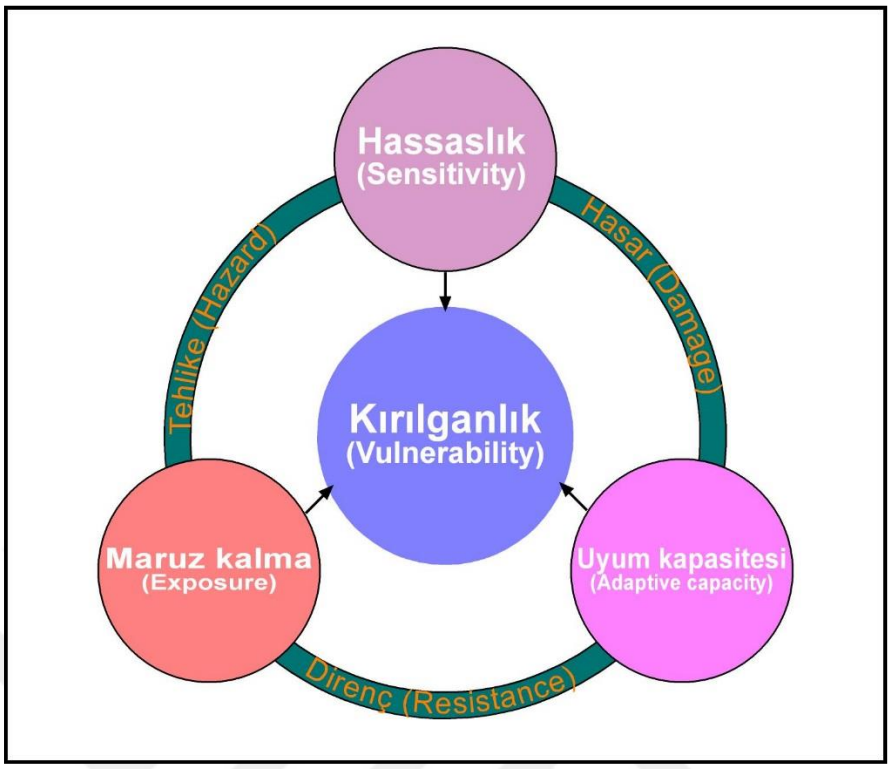
2.4.1.GeoReVIEW Modeline Genel Bakış

Havzaların ve diğer ekosistemlerin bölgesel kırılganlığını değerlendirmek için konum – bazlı (GeoREVIEW) bir yöntem geliştirilmiştir. GeoReview (Geospatial-based Regional Environmental Vulnerability Index for Ecosystems and Watersheds) modeli, havzalar ve ekosistemler için konum-bazlı bölgesel çevre kırılganlık indeks modelidir. Modelin temeli 3 ana başlıkta (uyum kapasitesi, hassaslık ve maruz kalma) 21 indikatörden oluşmaktadır. Her bir parametre için, havzadaki kırılganlık seviyesini belirlemek için genel bir kırılganlık noktası (overall vulnerability point) hesaplanır (Şekil 2.6). Parametreler için kırılganlık noktası puanları belirlendikten sonra 1-5 arası (en çok hassasdan – en az hassas) kategorilere karşılık gelen sınıflandırmaya sokularak havzaların kırılganlıkları belirlenir (Tiburan ve diğ., 2013). GeoREVIEW modeli; iklim değişkenliği, yağış, sıcaklık ve rüzgar gibi su havzalarının çevre ve hidrolojik koşulları üzerinde önemli etkileri olan göstergeleri içermektedir (Tiburan ve diğ., 2009).



Şekil 2.6: GeoREVIEW yaklaşımının kavramsal çerçevesi (Tiburan ve diğ., 2009).

Modeldeki göstergeler; tehlike (hazard), direnç (resistance) ve hasar (hasar) olmak üzere üç farklı yön altında sınıflandırılmıştır. Tehlike göstergeleri, tehlikeli bir olayın meydana gelme olasılığını, sıklığını ve yoğunluğunu ele almaktadır. Direnç göstergeleri, tehlikeli olayların etkilerine dayanma yani bir ekosistemin veya havzanın doğal ve insan kaynaklı tehlikelerle başa çıkma yetenek düzeyini ölçmektedir. Son olarak, hasar göstergeleri, geçmişte beklenmedik olaylardan dolayı bir sistemin yaşadığı bozulmanın kapsamını gösterir veya tekrarlayan tehlikelerden kaynaklanan ekolojik bütünlük kaybını göstermektedir (Tiburan ve diğ., 2009). Tehlike indikatörleri, iklim koşullarının tetiklediği potansiyel olayların yoğunluğundaki ve sıklığındaki beklenen varyasyon açısından potansiyel iklim değişikliğine bağlı tehditlerin beklenen göreceli değişimi hakkında bilgi veren indisleri içermektedir. Bu tür olaylar sel (kıyı, akarsu ve çoğul), kuraklık ve sıcak hava dalgalarını içermektedir (Tapia ve diğ., 2015). Modelin ikinci ana bileşeni, arazinin biyofiziksel özelliklerini tanımlayan maruz kalma ve hassaslık bileşenleridir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Kırılganlık, hassaslık, maruz kalma ve uyum kapasitesi arasındaki ilişki (Tiburan ve diğ., 2013).

GeoREVIEW, kırılganlık çalışmalarındaki kapasitesini tek başına sınırlamaz, ancak model aynı zamanda diğer ilgi alanlarına da uygulanabilir. Model aynı zamanda afet yönetimi ile de ilişkilendirilmiştir. Çünkü GeoREVIEW'deki göstergeler tehlike, direnç ve hasara göre de yorumlanabilir. Kırılganlığın bu farklı yönleri genellikle çeşitli afet türlerinde de gözlemlenir ve bu tür olayların doğası hakkında daha iyi bir bakış açısı ve anlayış geliştirmek için zorunludur. Ek olarak, modeldeki değerlendirme, coğrafi bilgi sistemi (GIS) ve uzaktan algılama gibi uzamsal tabanlı teknolojilerin kullanımıyla birleştirilmiştir. Bu araçların entegrasyonu, sonuçların güvenilirliğini, bilginin daha hızlı alınmasını, daha fazla alternatif veya seçeneğin sağlanmasını, daha verimli ve etkili bir kaynak tahsisini daha da artırır. Bu önemli özellikler, afet yönetiminde değerlendirme sürecini daha da ilerletmek için modelin temel unsurları haline gelmiştir. Modelin gelecekteki uygulamasından elde edilen sonuçlar, göstergelerin davranış ve performansının değerlendirilmesinde de çok önemlidir. Bu sonuçlar, farklı göstergeler için mevcut eşik seviyelerinin ayarlanması zorunlu olup olmadığını daha sonra da belirleyecektir. Ayrıca, bu değerlendirmeden elde edilen bilgiler, modeldeki bileşenler veya göstergeler arasında bir tartım sisteminin gerekli olup olmayacağının belirlenmesinde de

hayati olacaktır (Tiburan ve diğ., 2009). Bu yöntemin sonuçları yöneticiler tarafından havzanın iklim değişikliğiyle başa çıkma kapasitesini artırmak, çeşitli çevresel tehlikelere karşı dayanıklılığını artırmak, özellikle yüksek derecede kırılgan olduğu belirlenen alanlarda uyum stratejileri geliştirmeye yardımcı olmayı sağlamaktadır (Tiburan ve diğ., 2013).

2.4.2.Kırılganlık İndikatörlerine Genel Bakış

İndikatörler; ölçülebilirlikleri, iklim değişikliyle nedensel bağları, politika ilgileri, tarihsel zaman serilerinin mevcudiyeti (çoğu durumda en az yaklaşık 20 yıllık veri) ve şeffaflıkları itibariyle genel kitle tarafından kolayca anlaşılabilir olmalıdır (EEA, 2008). İndikatörler havzaların genel durumunu temsil edecek şekilde seçilmiş ve geliştirilmiştir. Bu indikatörler ile ilgili genel sorunlar şunlardır (Roy ve diğ., 2016);

- Eşit ağırlıktadırlar yani eşit önem verilmiştir
- Uzamsal veya zamansal olarak çeşitlidirler
- Hepsi doğası gereği mutlak ve özneldir.

İklimin durumunu ve iklim değişikliğinin Avrupa'daki çeşitli doğal ve toplumsal sistemler üzerindeki etkilerini tanımlamak için yaklaşık 40 gösterge seçilmiştir. Bu göstergeler, dokuz ayrı kategoriye ayrılmıştır (EEA, 2008);

- Atmosfer ve iklim;
- Kriyosfer (buzullar, kar ve buz);
- Deniz biyoçeşitliliği ve ekosistemler;
- Su miktarı;
- Tatlı su kalitesi ve biyolojik çeşitlilik;
- Karasal ekosistemler ve biyolojik çeşitlilik;
- Toprak;
- Tarım ve ormancılık;
- İnsan sağlığı

İndikatörler, parametreleri ihtiyaçlarına göre seçer ve bu yüzden neredeyse tüm indikatörler evrensel olarak kullanılamazlar (Roy ve diğ., 2016). Avrupa Çevre Ajansı (EEA) indikatör

incelemesi, 5 yıl boyunca (2014-2018) indikatör üretimi ve daha fazla gelişme için çerçeve oluşturmuştur. Avrupa'da indikatör geliştirmenin bir sonraki aşaması, EEA gibi organların yerleşik ve yeni tematik ve sektörel talepleri karşılamaya ve daha yeni sistemik taleplere yanıt vermeye nasıl devam edebileceği konusunda daha fazla düşünmeyi gerektirmektedir. Avrupa Çevre Ajansı'nın (EEA) teknik raporuna göre 137 adet indikatör belirlenmiştir (Tablo 2.1) (EEA, 2014).

Tablo 2.1: Sektör bazlı indikatör sayıları (EEA, 2014).

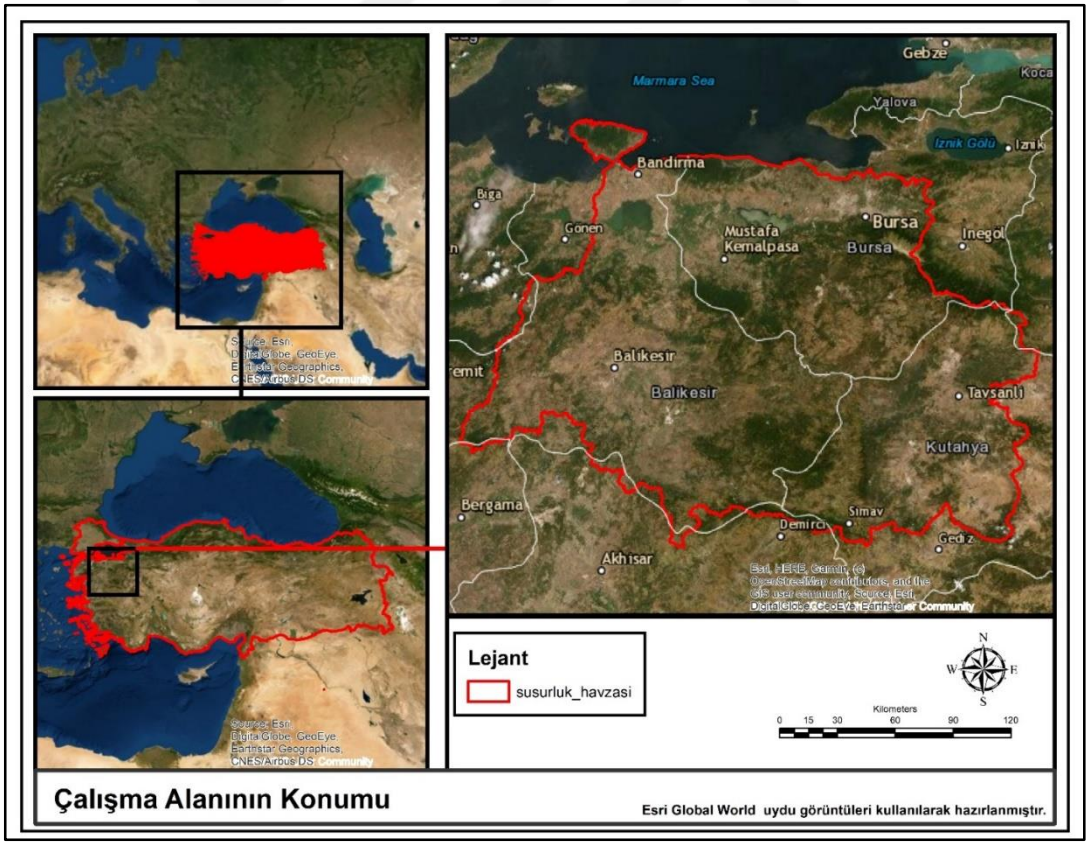
Konu Başlığı	**İndikatörlerin Sayısı**
Hava kirliliği	11
Biyoçeşitlilik	27
İklim değişikliği	46
Enerji	11
Çevresel senaryolar (GSYİH-OECD, nüfus vb.)	2
Balıkçılık	3
Yeşil ekonomi	1
Hane halkı tüketim	1
Arazi, toprak	2
Ulaşım	20
Atık	2
Su	11
Toplam	***137***

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1.ARAŞTIRMA ALANININ GENEL ÖZELLİKLERİ

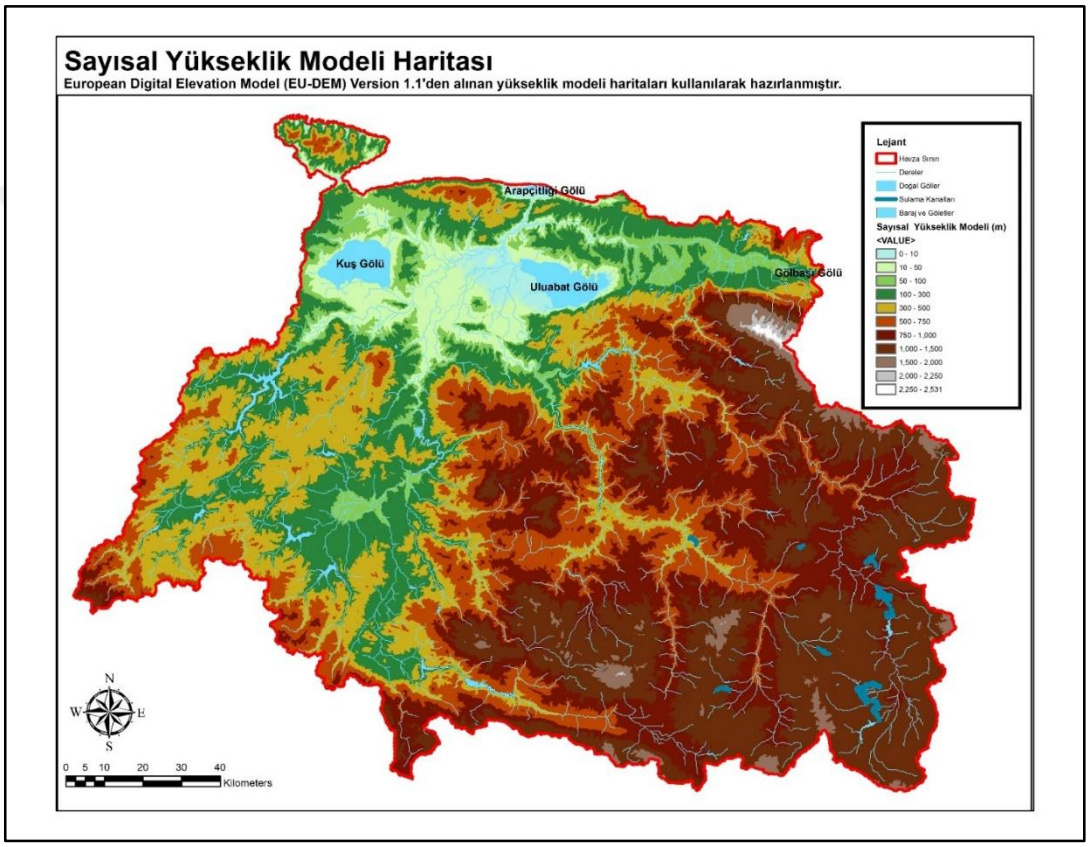
3.1.1.Coğrafi Konum ve Topografik Yapı

Tez çalışması Susurluk Havzasında yürütülmüştür (Şekil 3.1). Çalışma alanı; Marmara Bölgesi'nin güneyinde yer alan; Bursa, Balıkesir, Kütahya, Bilecik, Çanakkale, Manisa ve İzmir illerinin bir kısmını içine almaktadır ancak en fazla alana sahip olan iller ise Bursa, Balıkesir ve Kütahya illeridir. Yaklaşık 24,385.31 km²'lik alana sahip olan çalışma alanı 39°-40° kuzey enlemleri ile 27°- 30° doğu boylamları arasında yer almaktadır. Ülkemiz yüzölçümünün % 3.1'ini oluşturmaktadır. Arazi kullanımında ormanlık alan en fazla yer kaplarken, alanda aynı zamanda tarım alanı, mera alanları ve kentsel alanlar yer almaktadır (Corine 2018 verilerine göre).



Şekil 3.1: Çalışma alanının coğrafi konumu.

Yükseklik; sıcaklık, yağış ve nem gibi iklim parametreleri yükseltiye bağlı olarak değişmektedir. İklimin değişmesi özellikle geniş alanlarda ve yükselti farkının daha fazla olduğu alanlarda bitki örtüsünün ve toprak özelliklerinin farklılaşmasında rol oynamaktadır. Bu nedenle araştırma alanında yükseltinin değerlendirilmesi özellikle topografik özelliklerin anlaşılması açısından önemlidir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli.

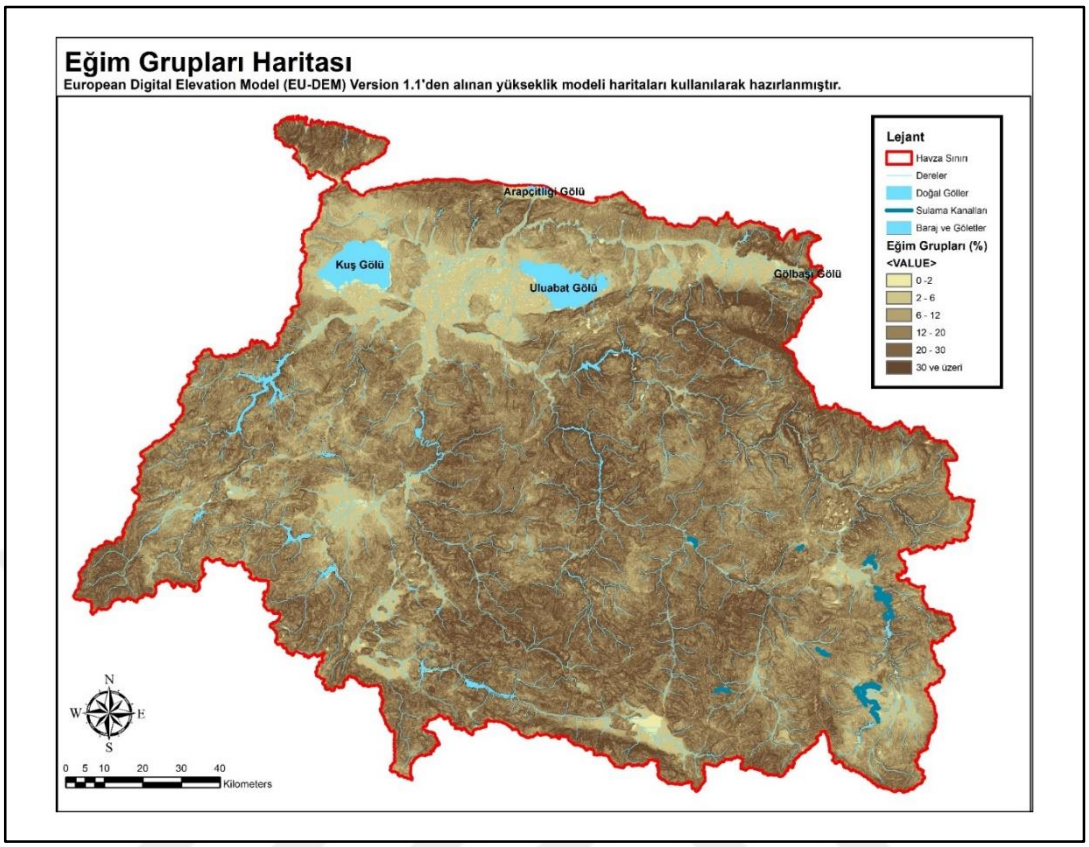
Alanın yüksekliği 0 ile 2531.98 m arasında değişmekte ve ortalama yükseklik ise 631.24 m'dir (Tablo 3.1). Çalışma alanının üst kısmında yer alan Kuş Gölü ve Uluabat Gölü, sol tarafında yer alan Balıkesir ili, bu rezervuarları besleyen ana derelerin geçtiği alanlar en düşük yükseklikliere (0-500 m) sahip iken; Bursa ilinin sağ tarafı ve Uludağ ile yine Kütahya ilinin bulunduğu sağ ve alt kısımları en yüksek (500-2532 m) alanlardır.

Tablo 3.1: Çalışma alanına ait yükseklik grupları alansal ve oransal dağılımı.

Yükseklik Grupları (m)	**Alan (km^2)**	**Alansal Oran (%)**
0-10	466.85	1.92
10-50	1285.67	5.29
50-100	1186.19	4.88
100-300	3759.74	15.47
300-500	3882.50	15.97
500-750	3934.15	16.18
750-1000	4382.10	18.03
1000-1500	4901.63	20.16
1500-2000	457.74	1.88
2000-2250	36.85	0.15
2250-2532	17.30	0.07
Toplam	**24385.31**	**100**

Eğim; Topografik yapıyı oluşturan, özellikle bitki örtüsünde ve toprakta (derinlik, tekstür, organik madde miktarı vb.) etkili olan faktörlerden biri de eğimdir. Eğim ile birlikte yağış dağılımı ve yoğunluğu, jeolojik yapı, havza özellikleri, arazi kullanımları ve arazi kullanım alışkanlıkları (tarım, mera, otlatma, ormancılık faaliyetleri vb.) da değişebilmektedir.

Çalışma alanına ait eğim grupları (Şekil 3.3), % 0-2, % 2-6, % 6-12, % 12-20, % 20-30 ve %30'dan fazla eğim olmak üzere altı grup altında sınıflandırılmıştır.



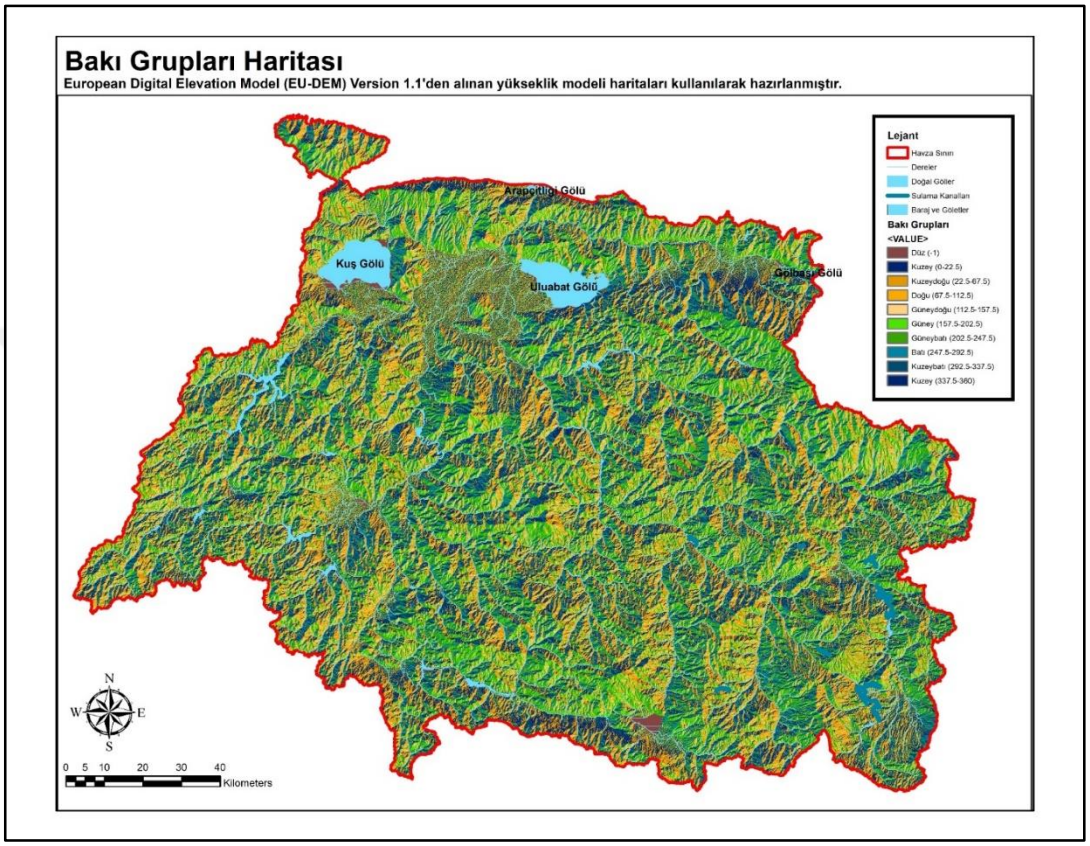
Şekil 3.3: Çalışma alanına ait eğim grupları haritası.

Eğim grupları açısından çalışma alanı incelendiğinde orta eğimli alanların (%6-12) en fazla (7700.26 km²) % 30 ve üzeri eğime sahip alanların ise alanda en az (252.45 km²) yer kapladıkları görülmektedir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2: Çalışma alanına ait yükseklik grupları alansal ve oransal dağılımı.

Eğim Grupları (%)	**Alan (km²)**	**Alansal Oran (%)**
0 – 2 (düz ve düze yakın)	3393.61	13.96
2 – 6 (hafif eğimli)	5385.67	22.15
6 – 12 (orta eğimli)	7700.26	31.67
12 – 20 (dik eğimli)	5653.70	23.26
20 – 30 (çok dik eğimli)	1924.55	7.92
30 ve üzeri (sarp eğimli)	252.45	1.04
Toplam	**24385.31**	**100**

Bakı; eğime bağlı olarak arazinin yönelişini ifade etmektedir. Bir arazi parçasının bakısı toprak oluşumunda etki ettiği gibi bitki örtüsü, sıcaklık, yağış, solar radyasyon, evapotranspirasyonuda etkilemektedir. Çalışma alanına ilişkin bakı grupları Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Çalışma alanı bakı grupları haritası.

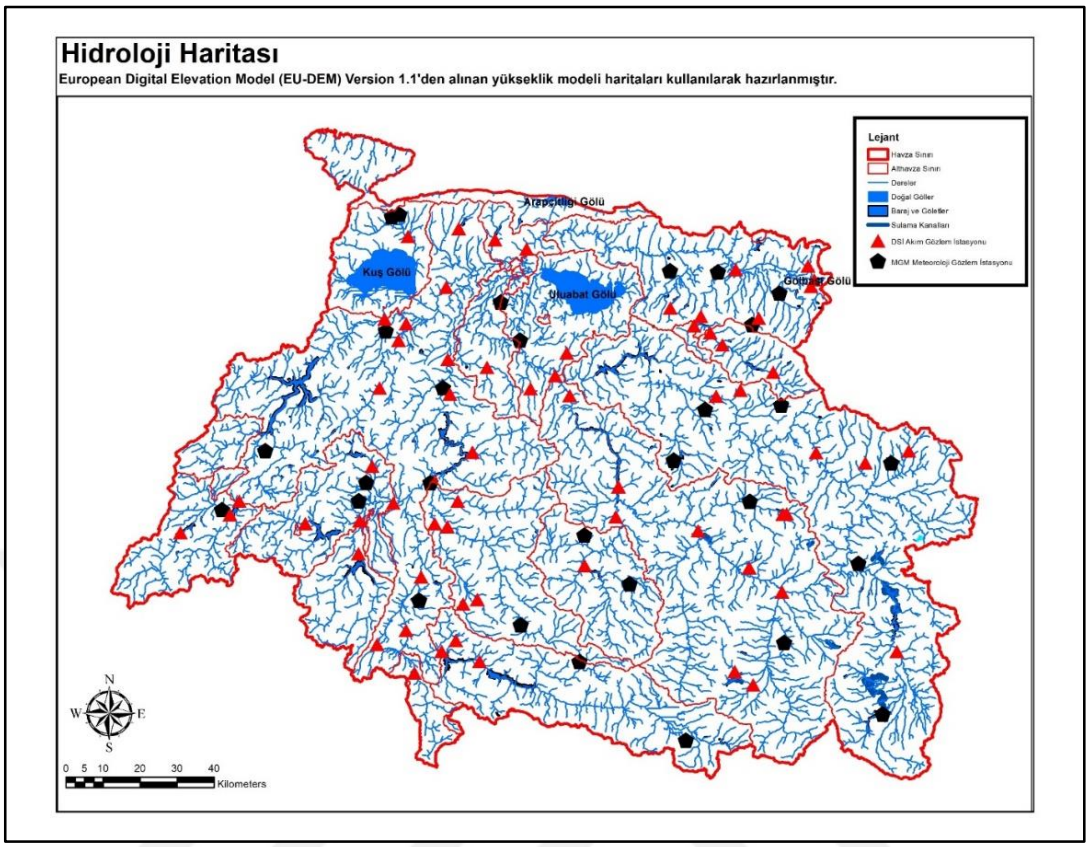
Arazinin bakısı, arazi yüzünün sekiz dilimlik ana ve ara yönlerden hangisine baktığını ifade etmektedir. Alanda tüm yönlerde bakılar farklı oranlarda bulunmaktadır (Tablo 3.3). Alanda en çok kuzeybatı bakı (3303.94 km^2) ve batı bakı (3212.40 km^2) yer alırken; en az oranda (%1.35) bulunan bakı ise düz bakılı alanlardır.

Tablo 3.3: Çalışma alanına ait bakı grupları alansal ve oransal dağılımı.

Bakı Grupları	**Bakının Gördüğü Açı Dereceleri (°)**	**Alan (km²)**	**Alansal Oran (%)**
Düz	-1	329.12	1.35
Kuzey	0-22.5	1466.15	6.03
Kuzeydoğu	22.5-67.5	2783.81	11.45
Doğu	67.5-112.5	2911.53	11.98
Güneydoğu	112.5-157.5	2921.81	12.02
Güney	157.5-202.5	2913.65	11.99
Güneybatı	202.5-247.5	2885.17	11.87
Batı	247.5-292.5	3212.40	13.21
Kuzeybatı	292.5-337.5	3303.94	13.59
Kuzey	337.5-360	1582.63	6.51
Toplam		**24385.31**	**100**

3.1.2.Hidrolojik Yapı

Susurluk Havzasında görülen dendritik tip drenaj dağılımı çalışma alanında da iyi gelişmiş bir dağılımda görülmektedir (Şekil 3.5). Çalışma alanında yer alan derelerin dereceleri ve toplam uzunlukları Tablo 3.4'de yer almaktadır. Çalışma alanındaki Kuş Gölü, Uluabat Gölü, Arapçitliği Gölü ve Gölbaşı Gölü en önemli su yüzeyleridir. Susurluk Havzasının Marmara Denizi ile de kıyısı mevcut olup Simav çayı Susurluk Havzasınını en önemli su kaynağıdır. Başlıca diğer akarsular; Balat Çayı, Kille Çayı, Üzümcü Çayı, Kocaçay, Nilüfer Çayı, Emet Çayı, Mustafakemelpaşa Çayıdır.



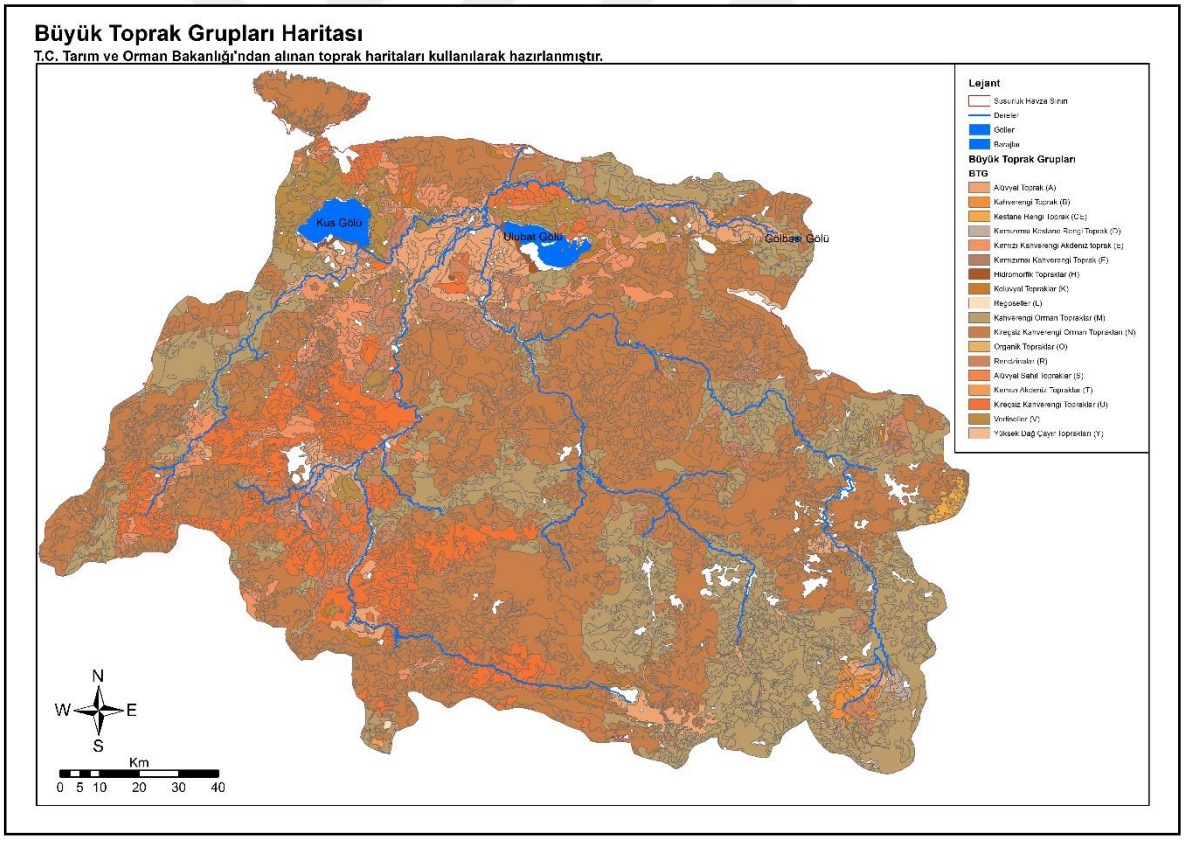
Şekil 3.5: Çalışma alanının hidrolojik yapısı.

Tablo 3.4: Çalışma alanına ait dere dereceleri alansal ve oransal dağılımı.

Dere Dereceleri	**Uzunluk (km)**	**Oranı (%)**
1.	19723.98	46.80
2.	11131.37	26.41
3.	5761.33	13.68
4.	2903.80	6.90
5.	1284.93	3.05
6.	525.08	1.25
7.	629.54	1.50
8.	162.39	0.40
9.	32.52	0.01
Toplam	**42154.93**	**100**

3.1.3.Jeolojik Yapı ve Toprak Yapısı

Çalışma alanının toprak yapısı "Büyük Toprak Grupları" ve "Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfları" olarak iki başlık altında incelenmiştir. Büyük toprak grupları; araştırma alanında iklim, topografya ve ana madde farklılıkları nedeniyle on sekiz farklı büyük toprak grubu bulunmaktadır (Şekil 3.6). Bu toprak grupları, alüvyal topraklar, kahverengi orman toprakları, kireçsiz kahverengi orman toprakları, kahverengi topraklar, kestane rengi topraklar, kırmızımsı kestane rengi topraklar, kırmızı kahverengi akdeniz topraklar, kırmızımsı kahverengi topraklar, hidromorfik topraklar, kolüvyal topraklar, regoseller, organic topraklar, alüvyal sahil topraklar, kırmızı akdeniz topraklar, kireçsiz kahverengi topraklar, yüksek dağ çayır toprakları, rendzinalar ve vertisollerdir (Tablo 3.5).

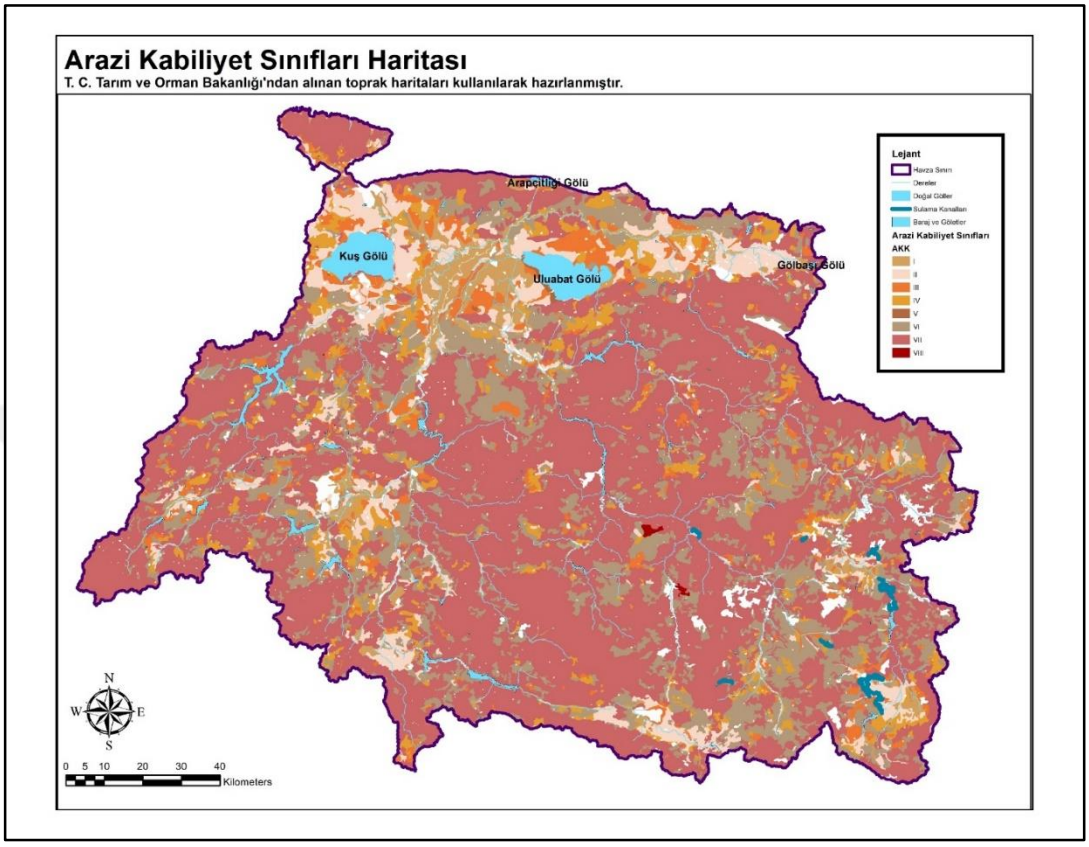


Şekil 3.6: Çalışma alanının hidrolojik yapısı.

Tablo 3.5: Çalışma alanına ait toprak grupları alansal ve oransal dağılımı.

Büyük Toprak Grupları	**Simgesi**	**Alan (km^2)**	**Oranı (%)**
Alüvyal topraklar	A	1528.12	6.06
Kahverengi topraklar	B	102.61	0.41
Kestane rengi topraklar	CE	49.11	0.19
Kırmızımsı kestane rengi topraklar	D	27.96	0.11
Kırmızı kahverengi akdeniz topraklar	E	781.45	3.10
Kırmızımsı kahverengi topraklar	F	1.65	0.01
Hidromorfik topraklar	H	31.94	0.13
Kolüvyal topraklar	K	518.82	2.06
Regoseller	L	3.75	0.01
Kahverengi orman toprakları	M	5759.77	22.84
Kireçsiz kahverengi orman toprakları	N	10848.79	43.03
Organik topraklar	O	9.88	0.04
Rendzinalar	R	1295.42	5.14
Alüvyal sahil topraklar	S	17.78	0.07
Kırmızı akdeniz toprakalr	T	8.91	0.04
Kireçsiz kahverengi topraklar	U	2421.68	9.6
Vertisoller	V	713.74	2.83
Yüksek dağ çayır toprakları	Y	13.08	0.05
Diğer		1079.15	4.28
Toplam		**24385.31**	**100**

Arazi kullanım kabiliyet sınıfları: I, II, III, IV, V, VI, VII ve VIII sınıflarını içermektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Arazi kullanım kabiliyet sınıfları.

Çalışma alanına ait arazi kullanım kabiliyet sınıflarına göre; I. Sınıf araziler araştırma alanının % 3,75'ini kaplamaktadır. I. Sınıf araziler düz ve düze yakın, verimli ve tarım yapılabilen arazilerdir. V. Sınıf araziler % 0,1 ile çalışma alanında en az alana sahip arazilerdir. Beşinci sınıf araziler çayır ve orman gibi uzun ömürlü bitkiler için uygun arazilerdir. Buna karşılık VII. Sınıf araziler % 57,13 ile çalışma alanında en çok alana sahip arazilerdir. Bu tür araziler oldukça fazla meyilli ve erozyona uğramıştır. Bu araziler çayır ve orman olarak muhafaza edilmeli ve kullanılmalıdır (Tablo 3.6).

Tablo 3.6: Çalışma alanına ait arazi kullanım kabiliyet sınıfları alanları ve oransal dağılımı.

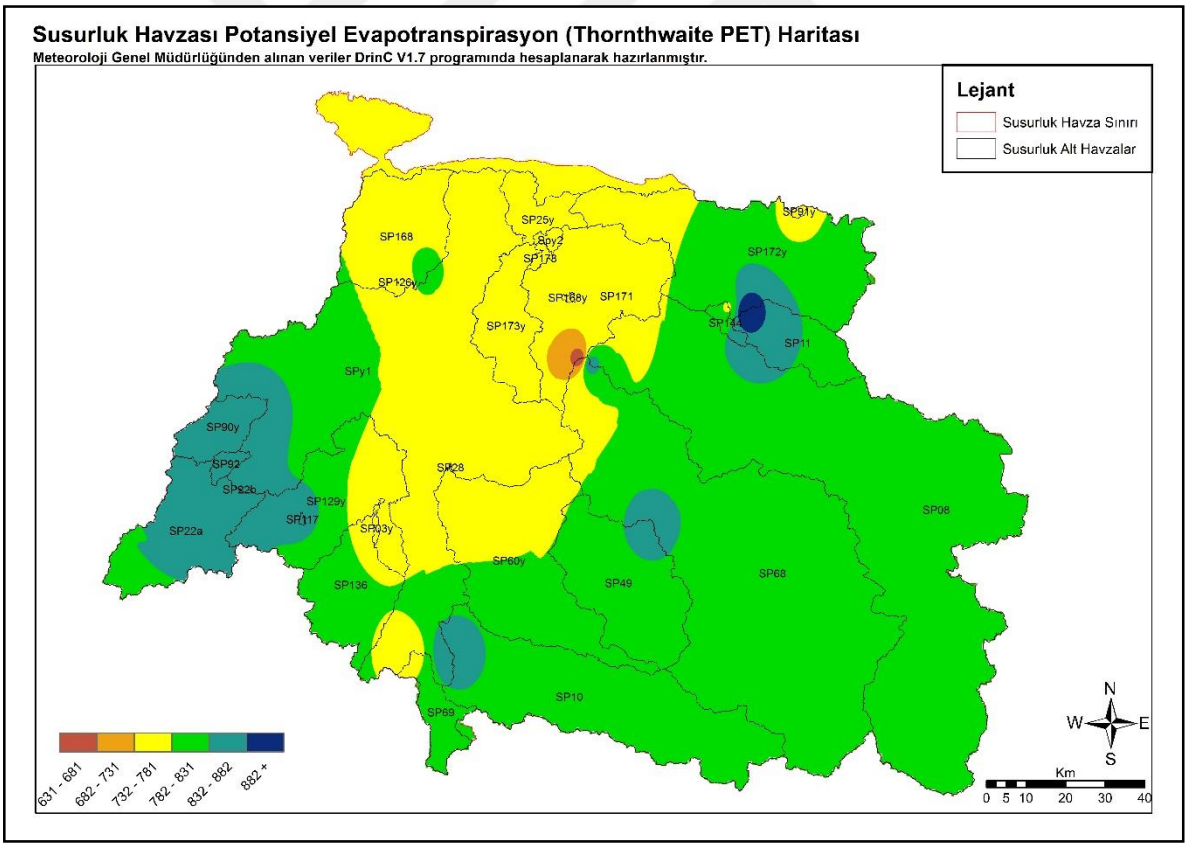
Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Oranı (%)**
I.	320.00	3.75
II.	1757.15	7.17
III.	1255.02	5.12
IV.	1426.73	5.82
V.	23.98	0.10
VI.	4735.56	19.32
VII.	14001.95	57.13
VIII.	391.00	1.60
Toplam	**24385.31**	**100**

3.1.4.İklim

Çalışma alanının yer aldığı Susurluk Havzası Marmara Bölgesi‘nin güneyinde yer alan; Bursa, Balıkesir, Kütahya, Bilecik, Çanakkale, Manisa ve İzmir illerinin bir kısmını içine almaktadır. Ancak en fazla alana sahip olan iller ise Bursa, Balıkesir ve Kütahya illeridir. Susurluk Havzasının kuzeyinde Marmara Denizi yer almaktadır. Susurluk Havzası, Akdeniz ile Karadeniz iklimi ve karasal iklim arasında bir geçiş iklimi tipine sahiptir (Marmara Denizi etkisi). Kışların çok sert geçmediği havzada yaz dönemlerinde de kuraklıklar görülebilmektedir. Yağış – sıcaklık - buharlaşma arasındaki ilişkiye dayanan Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre yağışın buharlaşmadan fazla olduğu yerlerin iklimi nemli, az olduğu yerlerin iklimi ise kuraktır. Susurluk Havzası’nda yer alan şehirlerin Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Bursa yarı nemli diğer iller ise yarı kurak az nemlidir (Tablo 3.7)(Şekil 3.8)(Thornthwaite, 1948; MGM, 2016). Erinç iklim sınıflandırmasına göre ise Susurluk Havzası yarı nemli iklim tipi özellikleri göstermektedir.

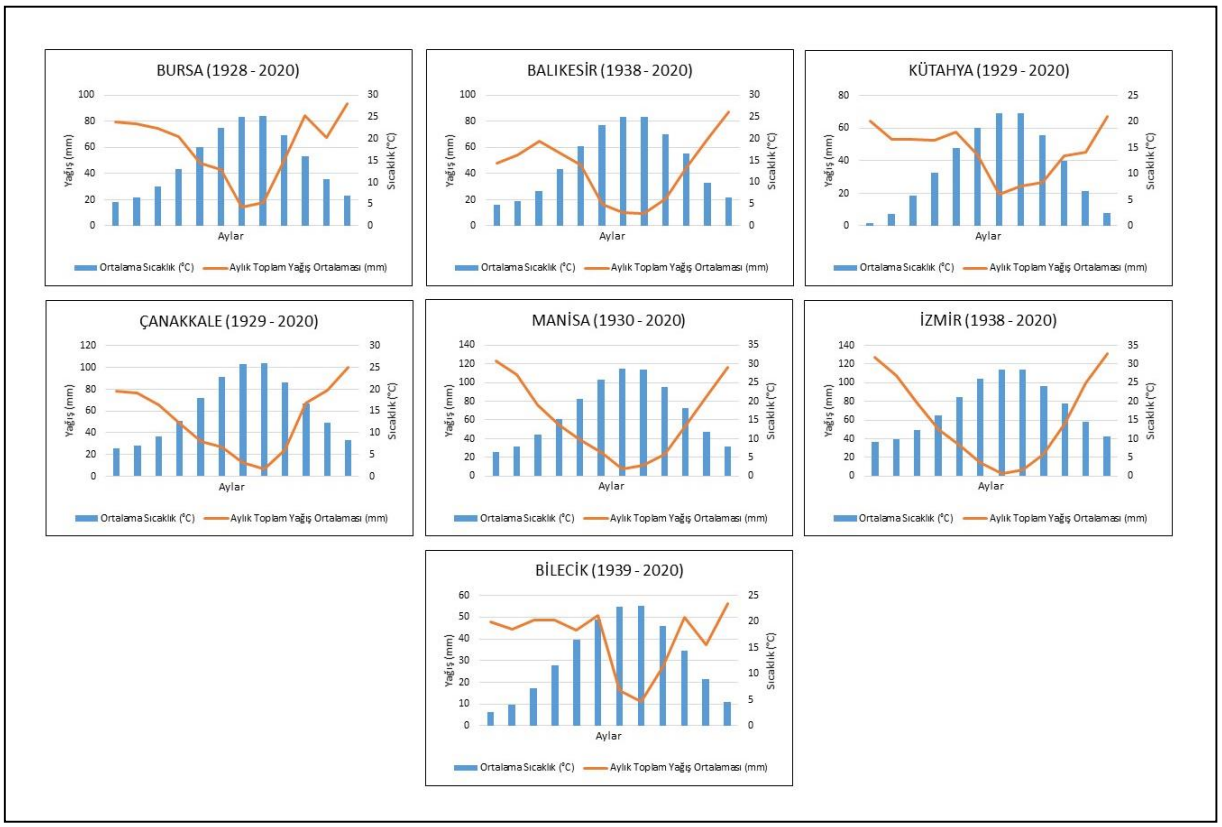
Tablo 3.7: Çalışma alanına ait illerin Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına göre iklim tipleri.

İller	Simge	Açıklama
Balıkesir (1938 – 2020)	C1, B'2, s2, b'3	Yarı kurak az nemli 2. derece mezotermal su açığı yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan
Bursa (1928 – 2020)	C2, B'2, s2, b'3	Yarı nemli 2. derece mezotermal su açığı yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan
Kütahya (1929 – 2020)	C1, B'1, s2, b'3	Yarı kurak az nemli 1. derece mezotermal su açığı yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan
Çanakkale (1929 – 2020)	C1, B'2, s2, b'3	Yarı kurak az nemli 2. derece mezotermal su açığı yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan
Bilecik (1939 – 2020)	C1, B'2, s, b'3	Yarı kurak az nemli su açığı yaz mevsiminde ve orta derece olan
İzmir (1938 – 2020)	C1, B'3, s2, b'3	Yarı kurak az nemli 3. derece mezotermal su açığı yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan
Manisa (1930 – 2020)	C1, B'3, s2, b'3	Yarı kurak az nemli 3. derece mezotermal su açığı yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan



Şekil 3.8: Susurluk Havzası potansiyel evapotranspirasyon (Thornthwaite PET) haritası.

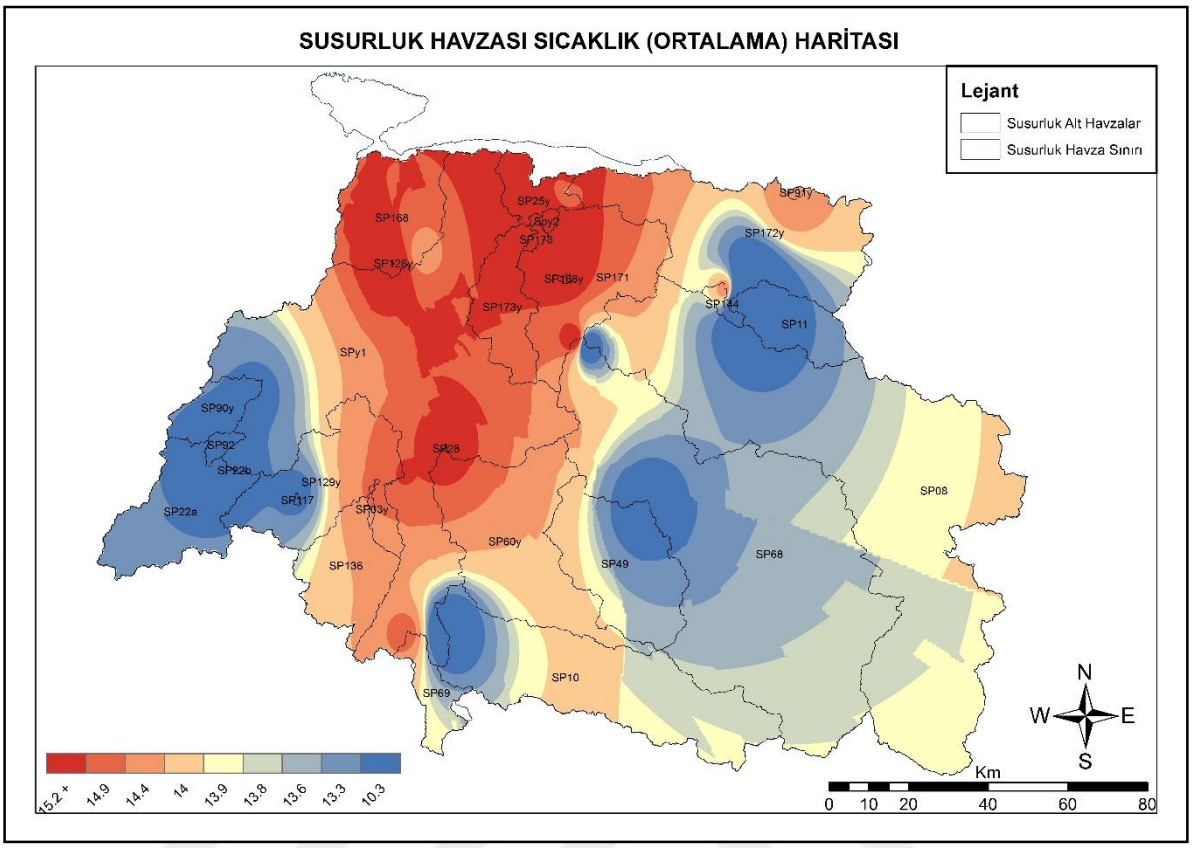
İklim, sıcaklık ve yağış parametreleri olmak üzere çalışma alanında yer alan meteoroloji istasyonlarının aylık ölçümleri üzerinden incelenmiştir. İstasyonlara ait uzun yıllar ortalama sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak iklim diyagramları oluşturulmuştur (Şekil 3.9). Yıllık toplam yağışın çoğunluğu kışın düşmektedir ve Uludağ gibi yüksek rakımlı yerlerde kışlar, karlı ve soğuk geçmektedir.



Şekil 3.9: İllere ait iklim diyagramları.

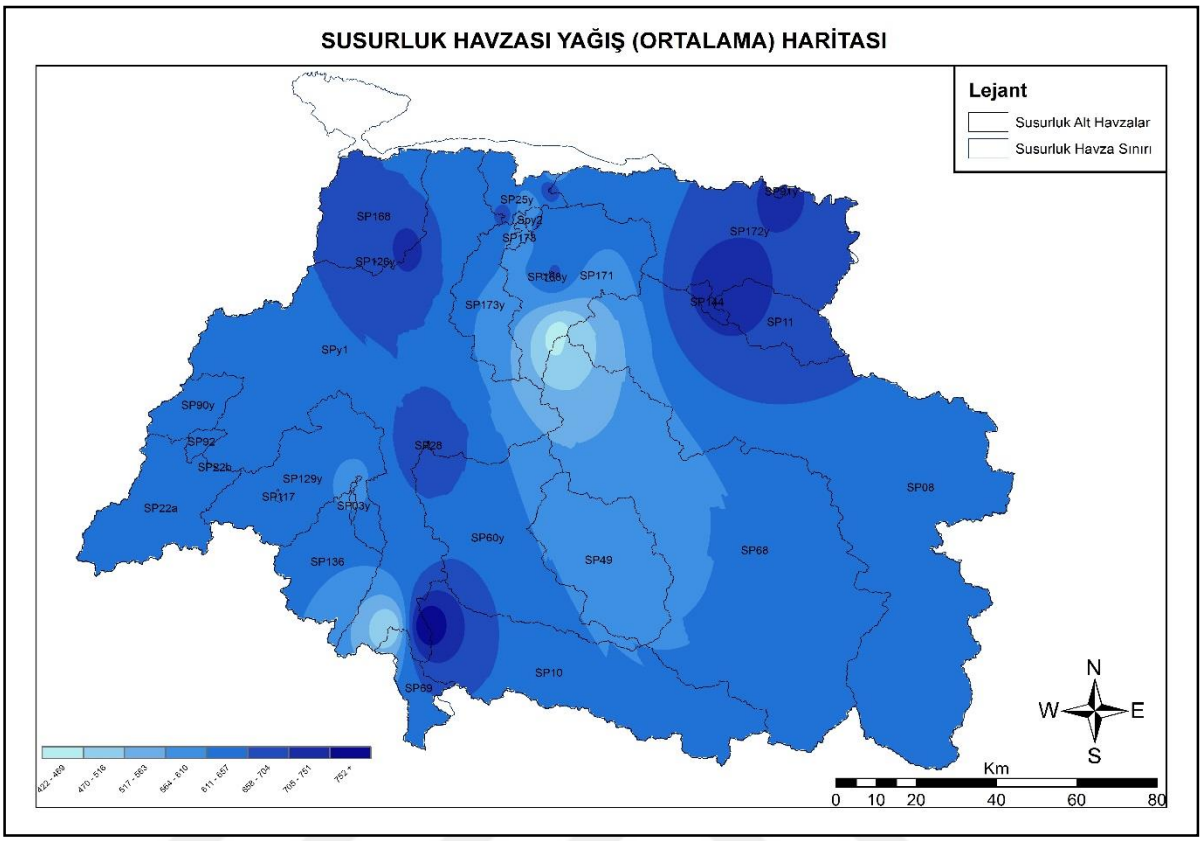
Susurluk Havzası'nda en fazla yere sahip üç büyük il arasında uzun yıllara ait meteorolojik verilere bakıldığı zaman ortalama sıcaklık en fazla olan 14.9 °C ile Bursa (1928 – 2020), en az sıcaklığa sahip il ise 11.2 °C Kütahya'dır (1929 – 2020)[7](Şekil 3.10).

[7] https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A [Ziyaret Tarihi: 8 Nisan 2021]



Şekil 3.10: Susurluk Havzası sıcaklık ortalaması (°C).

Susurluk Havzası'nda uzun yıllara ait meteorolojik verilere bakıldığı zaman ortalama yağış en fazla olan 719.1 mm ile Bursa (1928 – 2020), en az yağışa sahip il ise 524.2 mm ile Balıkesir'dir (1929 – 2020) (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: Susurluk Havzası yağış ortalaması (mm).

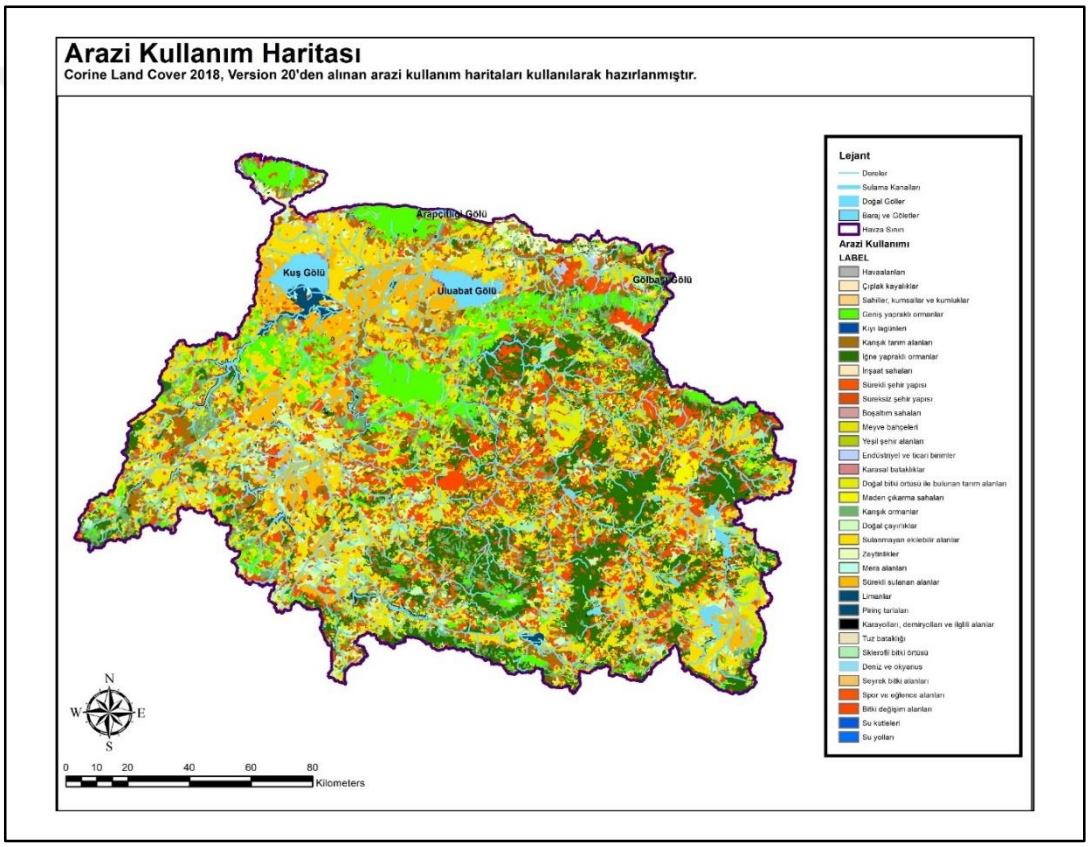
Susurluk Havzası'nda hâkim rüzgâr yönleri incelendiğinde, rüzgâr yönlerinin farklılığında bakının ve denizin etkisi hissedilmektedir. Günlük en yüksek rüzgar hızı Bursa ilinde (47,3 m/sn) Kuzey (K) yönlü, en düşük rüzgar hızı ise Balıkesir ilinde (27,6 m/sn) Kuzey Kuzeybatı (KKB) yönlüdür. Havza genelinde kuzey yönlü rüzgârlar hâkim olduğu görülmektedir (Bursa, Balıkesir ve Kütahya için) (Tablo 3.8).

Tablo 3.8: Çalışma alanına ait hakim rüzgar yön ve hızları.

İller	**Simge**	**Rüzgar Hızı (m/sn)**
Balıkesir (1938 – 2020)	Kuzey Kuzeybatı (KKB)	27,6
Bursa (1928 – 2020)	Kuzey (K)	47,3
Kütahya (1929 – 2020)	Güney (G)	28,7
Çanakkale (1929 – 2020)	Güneybatı (GB)	38,7
Bilecik (1939 – 2020)	Güney Güneybatı (GGB)	31,6
İzmir (1938 – 2020)	Güney Güneydoğu (GGD)	35,3
Manisa (1930 – 2020)	Güney (G)	42,5

3.1.5.Bitki Örtüsü

Çalışma alanında ibreli ormanlar (%15,3), yaprakları ormanlara (%8,5) göre daha fazla yer kaplamaktadır (Corine 2018 verilerine göre) (Şekil 3.12). Orman formasyonunda ağırlıklı olarak Meşe (Quercus sp.), Kayın (Fagus sp.), Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) türleri bulunmaktadır. EK 1'de Susurluk havzası meşcere haritası verilerine göre meşcere türleri açıklamaları ve alanları birlikte verilmiştir.

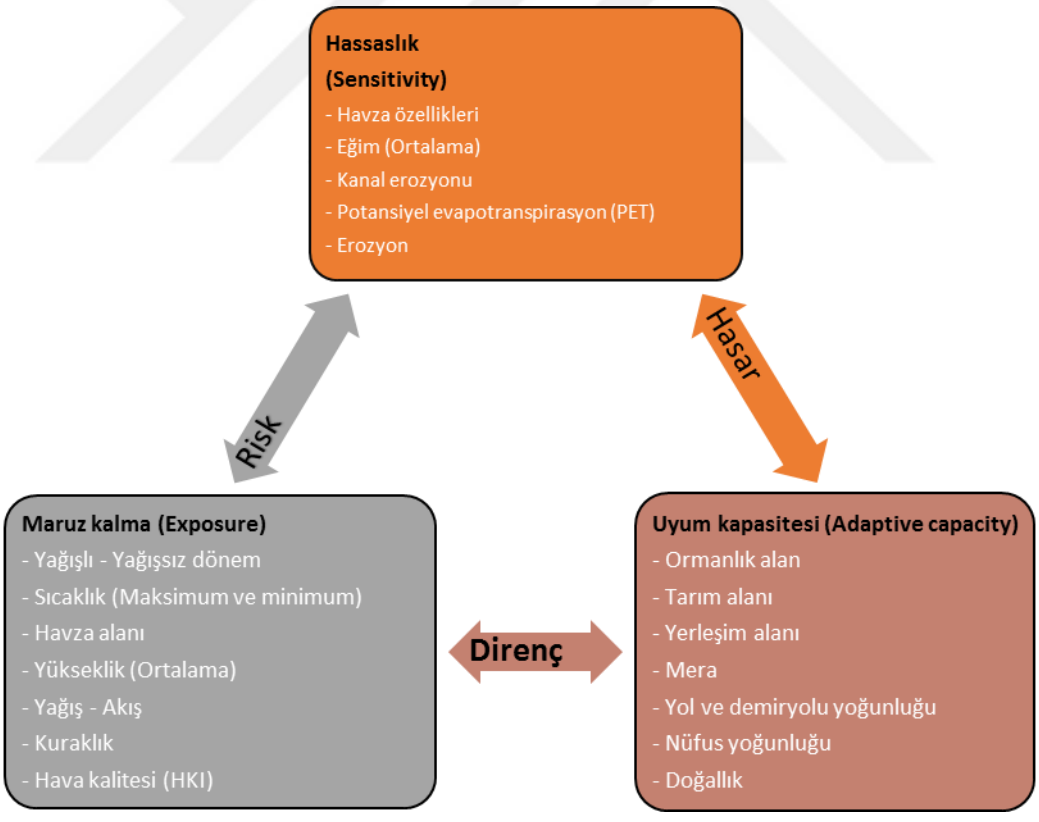


Şekil 3.12: Çalışma alanının Corine 2018 verilerine göre meşcere türleri.

Meşcere haritasına göre çalışma alanında yer alan meşcere tiplerinden 300355.0 ha lık bir yayılış alanına sahip olan farklı yaş ve kapalılıkdaki Karaçam meşcereleri (Çk) çalışma alanında en fazla alan kaplayan meşcere tipidir. Bu meşcereyi farklı yaş ve kapalılıkdaki Meşe meşceresi (M) 120550.7 ha ve Kızılçam (Çz) 80514.6 ha ile takip etmektedir.

3.2.SUSURLUK HAVZASINA MODELİN UYARLANMASI VE GELİŞTİRİLMESİ

GeoReview (Geospatial-based Regional Environmental Vulnerability Index for Ecosystems and Watersheds) modeli, havzalar ve ekosistemler için konum-bazlı bölgesel kırılganlık indeks modelidir. Modelin temeli uyum kapasitesi, hassaslık ve maruz kalma olmak üzere 3 ana başlıktan oluşmaktadır. Her bir parametrenin, havzadaki kırılganlık seviyesini belirlemek için genel bir kırılganlık noktası puanı (overall vulnerability point) hesaplanmaktadır (Tiburan ve diğ., 2013). Bu yaklaşım temel alınarak yeni parametreler geliştirilmiştir. Susurluk Havzası için ölçülebilir ve uygulanabilir tüm parametreler gözden geçirilmiştir. Bu yaklaşım temel alınarak havzanın kırılganlık puanını etkileyebilecek indikatörler mikro ölçekte ve parametreler arasındaki korelasyon değerlendirmesi de yapılarak benzer ağırlıkta olan parametreler eliminize edilerek ve diğer kalan parametreler değerlendirilerek geliştirilmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13: Model baz alınarak geliştirilen parametreler.

Tablo 3.9: Havza kırılganlığını değerlendirme kriterleri ve indikatörleri.

Hassaslık	**Maruz kalma**	**Uyum kapasitesi**
Ana dere derecesi Drenaj yoğunluğu Dere sıklığı Form faktörü Dairesellik oranı Maksimum reliyef Ortalama eğim Kanal erozyonu PET Erozyon	Havza alanı Ortalama yükseklik Maksimum sıcaklık Minimum sıcaklık Yağış Akış Kuraklık Yağışlı sezon Yağışsız sezon Hava kalitesi (HKI)	Orman alanı Tarım alanı Yerleşim Mera Yol yoğunluğu Demiryolu yoğunluğu Nüfus yoğunluğu Doğallık

Literatür incelemeleri sonucunda model ve yöntemler, arazi ölçümlerine, uzaktan algılama ve CBS tekniklerine dayanmaktadır Bu parametreler şu an için hesaplanabilir olması bakımından 28 adet olarak belirlenmiştir. (Tablo 3.9). Hassaslık parametreleri genellikle havzanın fizyografik özellikleriyle ilgili indikatörlerdir. Maruz kalma parametreleri genellikle iklimsel verilerle ilgili indikatörlerdir. Uyum kapasitesi ise sosyo-ekonomik durumla ilgili parametreleri içermektedir. İndikatörler, 1 ile 5 arasında önemlilik derecesi ile ölçeklendirilmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14: Kırılganlık sınıflandırması ölçeği (1 – 5 arası).

Her bir parametrenin verileri 1 ile 5 arasında ölçeklendirilmiştir. Örneğin; ormanlık alanın büyüklüğü arttıkça havzanın kırılganlık direnci artacağı ve 1 ile ölçeklendirileceği, havza alanının azalması kırılganlığı artıracağı ve 5 ile ölçeklendirileceği şeklinde ortaya konmuştur. Bir diğer parametre ortalama eğimin artması sel - taşkın eğiliminin artmasına neden olacağı ve kırılganlığı artıracağından 5 ile ölçeklendirilmiş, ortalama eğimin azalması ise direnci artıracağından 1 ile ölçeklendirilmiştir. Diğer indikatörlerin değerlerinin ortaya konulması ve ölçeklendirilmesi EK 2'de verilmiştir. Havzanın kırılganlık seviyesini değerlendirmek için kapsamlı kırılganlık noktası puanı (OVP; overall vulnerability point) aşağıdaki formül ile hesaplanarak kırılganlık seviyesi belirlenmektedir (Tablo 3.10).

$$OVP = \frac{1/n \sum_{i=1}^{n}(\mathrm{Si})}{Smax}\ x100 \qquad (3.1)$$

Si: i indikatörün ölçeği

Smax: maksimum ölçek

n: toplam indikatör sayısı

Tablo 3.10: Havza kırılganlık puanı ve sınıflandırması değerleri aralığı.

Kategori	**Sınıflandırma**	**Kırılganlık Puan Aralığı**
5	Aşırı kırılgan	OVP > 85
4	Yüksek kırılgan	70 – 85
3	Kırılgan	55 – 70
2	Riskli	40 – 55
1	Dirençli	OVP < 40

Havza kırılganlık değerlendirilmesi uygulama ve kontrol havzaları olacak şekilde hesaplanmıştır. Uygulama havzası için rastgele 14 havza, kontrol havzası için ise 14 havza seçilmiştir. Uygulama ve kontrol havzaları için tüm parametreler yer aldığı (28 parametre) havza kırılganlık puanı hesaplanmıştır. Tüm havzalar için hassaslık (sensitivity), maruz kalma (exposure), uyum kapasitesi (adaptive capacity), risk (hazard), hasar (damage) ve direnç (resistance) değerleride hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarla birlikte 8 indikatörün hesaplamaya katıldığı (ortalama eğim, ormanlık alan, tarım alanı, yerleşim, yol yoğunluğu, nüfus yoğunluğu, yağış ve PET parametreleri) bir havza kırılganlık puanı daha hesaplanmıştır. Tüm parametlerin hesaplamaya dahil edildiği havza kırılganlık puanı uygulama havzası için hesaplanmış ve ekolojik su kalitesi değerleri ile korelasyon analizi yapılmıştır. Uygulama havzaları ile ekolojik su kalitesi değerleri arasında eğilim çizgisi ile R^2 değeri belirlenmiş grafik sonucu elde edilen denklem (y=a+bx) ile kontrol havzasında havza kırılganlık puanı tahmin edilmiştir. Aynı prosedür seçilen 8 indikatör içinde uygulanmıştır. Her iki hesaplama yöntemimize göre havza kırılganlık puanı değerleri en küçük kareler yöntemi ile incelenmiş ve elde edilen tahmin verilerimizin, gerçek değerlere ne kadar yakın olduğu ve hangi yöntemin seçilmesine karar vermemizi sağlamıştır.

3.3.HAVZA KIRILGANLIK DEĞERLENDİRMESİ İÇİN SEÇİLEN PARAMETRELER

Bir havzanın yönetimi ve planlaması için havza karakteristik özelliklerinin bilinmesi önemlidir. Bir havzanın şekli, hidrografının şeklini, taşkın, pik debi ve akış özelliklerini etkilemektedir. Örneğin, aynı yağış için bir havzanın şekli uzun ise konsantrasyon süresi yüksek olacağından akış daha az olacaktır, daha geniş bir şekle sahip havzalarda ise konsantrasyon süresi düşük olacağından akış daha fazla olacaktır[8] (Özhan, 2004). Havza şeklini karakterize eden; form faktörü, şekil faktörü ve dairesellik oranı gibi çeşitli indisler mevcuttur.

[8] https://echo2.epfl.ch [Ziyaret Tarihi: 8 Nisan 2021]

Form faktörü; taşkın hidrografını etkilemekte ve havza alanının havza uzunluğunun karesine oranı olarak tanımlanmaktadır. Şu formül ile gösterilir (Sukristiyanti ve diğ., 2018; Özhan, 2004);

$$F = \frac{A}{L^2} \tag{3.2}$$

A: havza alanı

L: havza uzunluğu

Dairesellik oranı; havza alanının, havza ile aynı çevreye sahip bir dairenin alanına oranı olarak tanımlanır. Şu formül ile gösterilir (Sukristiyanti ve diğ., 2018);

$$Rc = \frac{4\pi A}{P^2} \tag{3.3}$$

Rc: dairesellik oranı

A: havza alanı

P: havza çevresi

Maksimum havza reliyefi; havzanın en yüksek ile en alçak noktaları arsındaki yükseklik farkına denmektedir (Özhan, 2004).

Havza alanı; bir akarsuyun su potansiyelini ve akışını etkilemektedir. Bir havzanın alanı arttıkça yapay bariyerlerde (örneğin yollar, demiryolları) dikkate alınmalıdır. Hidrolojik süreç özellikle yüzeyde gerçekleşir ve yapay akışla değiştirilebilir[9] (Sukristiyanti ve diğ., 2018; Özhan, 2004).

[9] https://echo2.epfl.ch [Ziyaret Tarihi: 8 Nisan 2021]

Drenaj yoğunluğu; tüm akarsu uzunluklarının havza alanına bölünmesiyle elde edilmektedir. Yoğunluğun yüksek oluşu iyi gelişmiş bir drenaj sistemini ve yüzeysel akışın hızlıca oluştuğunu göstermektedir. Çalışma alanında genellikle dendritic drenaj tipi görülmektedir. Bu denaj türüne göre homojen ve yatay tabakalaşmanın olduğu alanlarda görülmektedir (Özhan, 2004).

$$Dd = \frac{L}{A} \tag{3.4}$$

A: havza alanı

L: devamlı ve periyodik derelerin toplam uzunluğu

Dere sırası (ana dere derecesi) ve Rosgen dere sınıflandırması; Akarsu kolları hiyerarşik düzene göre sıralanmaktadır. Bu sıralama 1'den başlayarak n. dereye kadar devam etmektedir. Strahler metodu kullanılarak havza içerisindeki dereler sınıflandırılmıştır (Strahler, 1952; Özhan, 2004). Doğal akarsuların homojen özellik gösterdiği dereler için kullanılan Rosgen Dere Sınıflandırma Sistemi ile alt havzalarda yer alan ana derenin dere türü belirlenmiştir (Rosgen, D., 1994).

Dere frekansı (sıklığı); toplam dere sayısının havza alanına bölünmesiyle elde edilmektedir (Özhan, 2004).

$$Ds = \frac{Ns}{A} \tag{3.5}$$

A: havza alanı

Ns: toplam dere sayısı

Erozyon ve kanal erozyonu; bir durumu nicel olarak ölçme fırsatı sunduğu için her bir alt havza için 0 ile 10 arasında puanlama arasında değerlendirme yapılmıştır. 0 – 10 arası (minimum ve maksimum) puanlama da 0 en iyi 10 ise en kötü olarak değerlendirilmiştir.

Doğallık; bir durumu nicel olarak ölçme fırsatı sunduğu için her bir alt havza için 0 ile 10 arasında puanlama arasında değerlendirme yapılmıştır. 0 – 10 arası (minimum ve maksimum) puanlama da 0 en iyi 10 ise en kötü olarak değerlendirilmiştir.

Nüfus yoğunluğu, yol yoğunluğu ve demiryolu yoğunluğu; karayolu ve demiryolu verileri CBS üzerinden değerlendirilerek yoğunluk şeklinde hesaplanmıştır. Demografi ile ilgili veriler Türkiye İstatistik Kurumu veri portalından (2018 yılına ait nüfus verileri) nüfus verileri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$YY, DY = \frac{L}{A} \tag{3.6}$$

YY, DY: yol yoğunluğu ve demiryolu yoğunluğu

A: alan

L: toplam uzunluk

Orman, tarım, mera ve yerleşim alanı; çalışma alanında ormanlık alan, tarım alanı, mera ve yerleşim alanı büyüklüklükleri Corine 2018 verileri kullanılarak saptanmıştır. Corine 2018 arazi örtüsü sınıfları ve açıklamaları şu şekildedir (Tablo 3.11).

Tablo 3.11: Corine 2018 arazi örtüsü sınıfları açıklamaları.

1.Yapay Alanlar
111 – Sürekli şehir yapısı 112 – Kesikli şehir yapısı 121 – Endüstriyel ve ticari birimler 122 – Karayolları, demiryolları ve ilgili alanlar 123 – Limanlar 124 – Havaalanları 131 – Maden çıkarım sahaları 132 – Boşaltım sahaları 133 – İnşaat sahaları 141 – Yeşil şehir alanları 142 – Spor ve eğlence alanları
2.Tarım Alanları
211 – Sulanmayan ekilebilir alan (tek yıllık) 212 – Sürekli sulanan alan (tek yıllık) 213 – Pirinç tarlaları (tek yıllık) 222 – Meyve bahçeleri (çok yıllık) 223 – Zeytinlikler (çok yıllık) 242 – Karışık tarım alanları 243 – Doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanları **231 – Mera alanları**
3.Orman Alanlar
311 – Geniş yapraklı ormanlar 312 – İğne yapraklı ormanlar 313 – Karışık ormanlar 321 – Doğal çayırlıklar 323 – Sklorifili bitki örtüsü 324 – Bitki değişim alanları 331 – Sahiller, kumsallar ve kumluklar 332 – Çıplak kayalıklar 333 – Seyrek bitki alanları
4.Sulak Alanlar
411 – Karasal bataklıklar 421 – Tuz bataklığı
5.Su Formları
511 – Su yolları 512 – Su kütleleri 521 – Kıyı lagünleri 523 – Deniz ve okyanus

Yükseklik; çalışma alanında yükseklik ortalama değer olarak ele alınmıştır ve alt havzalar için ortalama yükseklik değerleri elde edilmiştir.

Potansiyel evapotranspirasyon (PET); potansiyel evapotranspirasyon toprak neminin ve iklimin en üst düzeyde olması durumunda meydana gelebilecek evapotranspirasyon anlamına gelmektedir. Çalşıma alanı için potansiyel evapotranspirasyon Thornthwaite eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Potansiyel evapotranspirasyon DrinC V1.7 programı ile Thornthwaite yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır (Tigkas ve diğ., 2015; Özhan, 2004).

Maksimum, minimum, ortalama sıcaklık ve yağış; Susurluk havzası için maksimum, minimum, ortalama sıcaklık ve yağış değerleri havza içerisinde yer alan en yakın meteorolojik istasyonlardan yararlanılarak uzun dönem ortalamaları alınarak hesaplanmıştır (Tablo 3.12).

Tablo 3.12: Susurluk havzası meteoroloji istasyonlarına ait veri yılları.

Kodu	Meteoroloji İstasyonu	Veri Yılı
17150	Balıkesir Havaalanı	1995 – 2019
17699	Manyas	2000 – 2019
17704	Tavşanlı	1965 – 2019
17748	Simav	1960 – 2019
17695	Keles	1965 – 2019
17158	Akçaldede radar	2000 – 2019
17116	Bursa	1960 – 2019
17114	Bandırma	1960 – 2019
17675	Mustafakemalpaşa	2000 – 2019
17673	Karacabey	2000 – 2019
17700	Dursunbey	2000 – 2019
17705	Susurluk	2000 – 2019
17707	Emet	2000 – 2019
17698	Bigadiç	2000 - 2019

Akım; Susurluk havzası için akım değerleri DSİ uzun dönem verilerinden havza içerisinde çıkış noktasına en yakın olan istasyonlardan yararlanılarak hesaplanmıştır (Tablo 3.13).

Tablo 3.13: Susurluk havzası akım istasyonları ve veri yılları.

Kodu	Suyun Adı	Akım İstasyonu	Veri Yılı
D03A013	Kille Deresi	İkizcetepeler	1970 – 2015
D03A021	Üzümcü Suyu	Küçükbostancı	1980 – 2015
D03A083	Kocadere	Esatlar	1986 – 2015
D03A034	Simav Çayı	Osmanlar Köprüsü	1970 – 2015
D03A054	Nilüfer Çayı	Güneybayır	1982 – 2015
D03A115	Karadere	İsmetpaşa	2003 – 2015
D03A056	Sultaniye Deresi	Sultaniye	1982 – 2015
D03A136	Kocaçay	Kayaca	2003 – 2015
D03A126	Söğütalan Deresi	Güller	2000 – 2015
D03A027	Gölbaşı Gölü	Çıkış	1970 – 2015
D03A064	Gölecek Deresi	Gölecek	1984 – 2015
D03A008	Madra Çayı	Kahve	1980 – 2015
D03A024	Madra Çayı	Ayaklı	1970 – 2015
D03A108	Karadere	Paşalar	1996 – 2015
D03A052	Dursunbey Deresi	Sinderler	1981 – 2015
D03A084	Değirmencik Deresi	Eyüpbükü	1987 – 2015
D03A086	Kocadere	Adalı	1987 – 2015
D03A073	Simav Çayı	Gökçedağ	1985 – 2015
D03A133	Narlı Dere	Narlıdere Köprüsü	2001 – 2015
D03A067	Mürvetler Deresi	Sol Kanal	1984 – 2015
D03A025	Cüneyt Çayı	Cüneyt Köprüsü	2002 – 2015

Kuraklık; Susurluk havzası için kuraklık indisi DrinC V1.7 programı kullanılarak hesaplanmıştır. Kuraklık indisi için bir çok indikatör ve hesaplama yöntemi mevcuttur. Çalışmamızda kullanılan kuraklık indisi RDI (Reconnaissance Drought Index) indisidir. Bu indisin seçilmesinin nedeni atmosferdeki yağış ve buharlaşma arasındaki toplam açığı hesaplayabildiği için fiziksel olarak sağlam, herhangi bir zaman dilimi için hesaplama yapılabilmesi (12 – 9 – 6 – 3 – 1 aylık vb.), doğrudan bölgenin iklim koşulları ile ilgili olmasıdır (FAO kuraklık indisi ile karşılaştırılabilir). RDI indisi, yağış ve potansiyel evapotranspirasyon değerlerini temel alarak; a0 (başlangıç değeri), normal (normalised) ve standart (standardised) değerleri ile birlikte UNEP kuraklık indisi log-normal dağılıma göre bir referans dönemi seçilerek (12 aylık – 6 aylık – 3 aylık vb.) hesaplanmıştır (Tsakiris ve diğ., 2007).

Yağışlı ve yağışsız sezon (wet – dry season); yağışlı sezon; sel ve fırtınaların ekosistem bozulmasına etkilerini açıklamaktadır. Tüm aylar için son beş (5) yılda ortalama yıllık yağış miktarı (mm), tüm yılların aylık ortalamasından % 20 daha yüksek olan ayları ifade etmektedir. Bu kapsamda Susurluk havzası için yağışlı sezon Eylül ve Mart ayları arasındaki ortalama yağış

miktarları alınmıştır. Yağışsız sezon ise kuraklık ve suyla ilgili sorunlara karşı kırılganlığı tanımlamaktadır. Tüm aylar için son beş (5) yıldaki ortalama yıllık yağış miktarı (mm), tüm yılların aylık ortalamasından % 20 daha düşük olan ayları ifade etmektedir (Tiburan ve diğ., 2009). Susurluk havzası için yağışsız sezon Nisan ve Ağustos ayları arasındaki ortalama yağış miktarları alınmıştır.

Hava kalitesi indisi (HKI); hava kalitesi ile ilgili veriler T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Sürekli İzleme Merkezi veri bankasından (2010 – 2020 yılları arasında) Balıkesir, Bursa ve Kütahya illerinde ölçme yapan istasyonların verileri kullanılarak elde edilmiştir (Tablo 3.14)(EK 3).

Tablo 3.14: Susurluk havzası hava kalitesi ölçüm istasyonları ve parametreler.

Kodu	İstasyon Adı	Veri Yılı	Parametreler
0113677	Balıkesir	2010 – 2020	HKI, NO_2, PM10, SO_2, O_3, NOX, NO
0113680	Balıkesir Merkez	2010 – 2020	HKI, NO_2, PM10, SO_2, O_3, NOX, NO, CO
0113678	Bandırma	2010 – 2020	HKI, NO_2, PM10, SO_2, O_3, NOX, NO
0121938	Bursa	2010 – 2020	HKI, NO_2, PM10, SO_2, O_3, NOX, NO, CO
0121941	Kültürpark	2010 – 2020	HKI, NO_2, PM10, SO_2, O_3, NOX, NO
0121943	Uludağ Üniversitesi	2010 – 2020	HKI, NO_2, PM10, SO_2, O_3, NOX, NO
0145457	Tavşanlı	2010 – 2020	HKI, NO_2, PM10, SO_2, O_3, NOX, NO, CO

Hava kalitesi indeksi 5 temel kirletici baz alınarak değerlendirmeye katılmaktadır (NO_2, PM10, SO_2, O_3, CO). İndeks belirli kategorilerde farklı tanım ve renkler kullanılarak ifade edilmekte ve ölçümü yapılan her kirletici için ayrı ayrı düzenlenmektedir[10]. HKİ hesaplaması EPA kılavuzu dikkate alınarak bu gazların ortalamaları ve saatlik, 8 saatlik yada 24 saatlik ölçümleri dikkate alınarak ifade edilmektedir (Tablo 3.15, 3.16). Susurluk havzası için HKİ hesaplaması, kirletici gazların uzun dönem için (2010 – 2020) en yüksek seviyede olduğu değer olarak alınmıştır.

[10] https://sim.csb.gov.tr [Ziyaret Tarihi: 11 Nisan 2021]

Tablo 3.15: Hava kalitesi indeksi seviyeleri[11].

Hava Kalitesi İndeksi	**Hava Kirliliği Seviyesi**	**Anlamı**
0 – 50	İyi	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya hiç risk teşkil etmiyor.
51 – 100	Orta	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıdaki insanlar için bazı kirleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir.
101 – 150	Hassas	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151 – 200	Sağlıksız	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201 – 300	Kötü	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamının etkilenme olasılığı yüksektir.
301 - 500	Tehlikeli	Sağlık alarmı: Herkes daha ciddi sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

Tablo 3.16: Ulusal hava kalitesi indeksi kesme noktaları[12].

Hava Kalitesi İndeksi	**SO_2 (µg/m^3)**	**NO_2 (µg/m^3)**	**CO (µg/m^3)**	**O_3 (µg/m^3)**	**PM10 (µg/m^3)**
	Ortalama (1 saat)		**Ortalama (8 saat)**		**Ortalama (24 saat)**
0 – 50	0 – 100	0 – 100	0 – 5500	0 – 120	0 – 50
51 – 100	101 – 250	101 – 200	5501 – 10000	121 – 160	51 – 100
101 – 150	251 – 500	201 – 500	10001 – 16000	161 – 180	101 – 260
151 – 200	501 – 850	501 – 1000	16001 – 24000	181 – 240	261 – 400
201 – 300	851 – 1100	1001 – 2000	24001 – 32000	241 – 700	401 – 520
301 - 500	1101 -	2001 -	32001 -	701 -	521 -

[11] www.epa.gov [Ziyaret Tarihi: 11 Nisan 2021]

[12] https://sim.csb.gov.tr/Home/HKI?baslik=HAVZA%20%C4%B0ZLEME%20S%C4%B0STEM%C4%B0 [Ziyaret Tarihi: 11 Nisan 2021]

Hava kalitesi indeksi (air quality index) şu formül ile hesaplanmaktadır (EPA, 2018);

$$Ip = \frac{(Ihigh - Ilow)}{(Chigh - Clow)} x\ (Cp - Clow) + Ilow \tag{3.7}$$

Ip: kirletici madde

Ihigh: kirletici maddenin değerinin girdiği aralıktaki hava kalitesi indeksi maksimum değeri

Ilow: kirletici maddenin değerinin girdiği aralıktaki hava kalitesi indeksi minimum değeri

Cp: kirletici madde ölçülen değeri

Clow: kirletici maddenin değerinin girdiği aralıktaki minimum değer

Chigh: kirletici maddenin değerinin girdiği aralıktaki maksimum değer

Örneğin PM10 kirleticisinin 24 saatte ölçülen ortalama değeri 120.4 µg/m^3 olsun. Buna göre hava kalitesi indeksi değeri şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$Ipm10 = \frac{(150 - 101)}{(260 - 101)} x\ (120.4 - 101) + 101$$

$$Ipm10 = 107$$

PM10 kirleticisinin 107 değerine göre hava kirliliği seviyesi hassas düzeyde olmaktadır.

3.4.SU KALİTESİ PARAMETRELERİ

Su ekosistemlerinin izlenmesi ve değerlendirilmesi için genel olarak kabul edilmiş indikatörler mevcuttur. Sucul ekosistem göstergeleri genel olarak fiziko-kimyasal indikatörler, biyolojik indikatörler, habitat indikatörleri ve akış indikatörleri olmak üzere 4 gruba ayrılmaktadır (Tablo 3.17).

Tablo 3.17: Su kalitesi parametreleri[13].

Fiziko – kimyasal Parametreler	**Biyolojik Parametreler**	**Habitat Parametreleri**	**Akış Parametreleri**
Besin maddeleri Mikroalgal büyüme (klorofil-a vb.) Bulanıklık Askıda katı madde pH Çözünmüş oksijen Sıcaklık Tuzluluk Metaller (kurşun, bakır vb.) Pestisitler	Makro omurgasızlar Balıklar Bentik algler	Nehir kenarı ve nehir içi habitatlar Nehir kıyısı için; genişlik, süreklilik, gölgeleme boyutu ve tür kompozisyonu Nehir içi; kıyı erozyonu, döküntü materyalleri (odunsu döküntüler, sediment vb.)	Akım hızı

Arazi çalışmalarında su kalitesi indikatörleri her örnek nokta için bir kez ölçülmüştür. Bu indikatörlerden elektrik iletkenlik, pH, bulanıklık, dere genişliği ve derinliği, çözünmüş oksijen, nitrat (NO_3), amonyum (NH_4), fosfat (PO_4-P), su sıcaklığı ve akım hızı parametreleri ölçülmüştür. Ekolojik su kalitesi değerlendirmesi için ise bulanıklık, çözünmüş oksijen, nitrat, amonyum ve fosfat indikatörleri değerlendirmeye alınmıştır. Elektrik iletkenlik ve pH ölçümü WTW Multi340i cihazı ile yapılmıştır. Bulanıklık analizi Spectrofotometre cihazı ile yapılmıştır ve birimi NTU (Nephelometric Turbidity Units) cinsinden ifade edilmektedir. Çözünmüş oksijen (DO) akuatik bitkilerden ve atmosferden gelen oksijen miktarının su ekosistemindeki miktarını ifade etmektedir ve birimi mg/l olarak gösterilmektedir. Nitrat (NO_3) analizi Spectrofotometre cihazı (WTW Photoflex Turb) ile tayin edilmiştir ve tarımsal faaliyetlerden, atıksulardan, azotlu atıkların oksidasyonu sonucu oluşmaktadır ve birimi mg/l olarak ifade edilmektedir. Fosfat (PO_4-P), Spectrofotometre cihazı ile tayin edilmiştir ve doğal

[13]http://environment.des.qld.gov.au/management/water/health-indicators#:~:text=Physico chemical%20indicators%20are%20the,nutrients%20(nitrogen%20and%20phosphorus [Ziyaret Tarihi: 11 Nisan 2021].

veya gübre kullanımı, kanalizasyon ve endüstriyel atıklar sonucu bulunabilir ve birimi mg/l ifade edilmektedir. Amonyum (NH_4), amonyağın (NH_3) su içerisinde iyonlaşması sonucu oluşmaktadır ve Spectrofotometre cihazı (WTW Photoflex Turb) ile ölçülmüştür. Su içersinde pH, amonyum miktarını belirleyen önemli faktörlerden olmakla birlikte organizmalar için genellikle zararsızdır ve birimi mg/l ifade edilmektedir. Ekolojik su kalitesi (WQeco) değerlendirmesi ve puanlaması 1 ve 2 değerleri arasında yapılmıştır (Tablo 3.18). Örneğin; arazide ölçümü yapılan nitrat değeri 5 değerinden küçükse 2 puan verilmekte, fosfat değeri 0.1 değerinden küçükse 1 puan verilmekte bu şekilde tüm parametreler puanlanarak toplanmakta sonuç olarak ekolojik su kalitesi değeri ortaya çıkmaktadır.

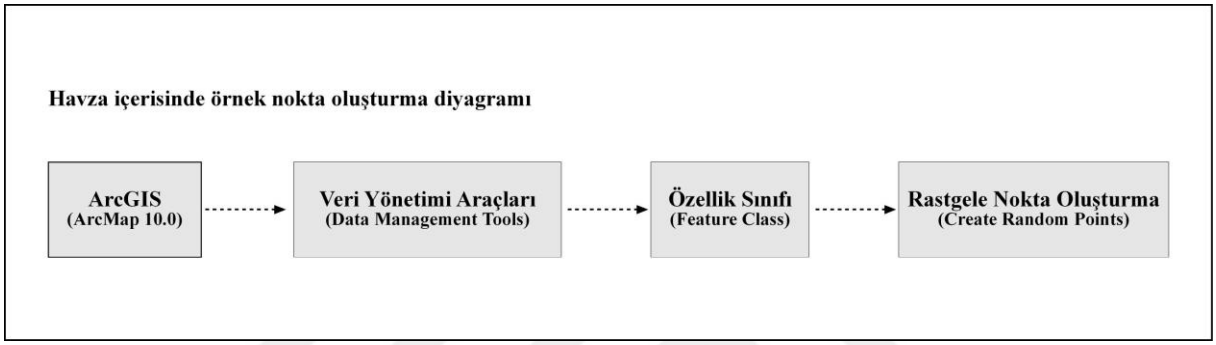
Tablo 3.18: Ekolojik su parametreleri değerleri.

Bulanıklık (NTU)	**Çözünmüş oksijen (DO)(mg/l)**	**Nitrat (NO_3) (mg/l)**	**Amonyum (NH_4) (mg/l)**	**Fosfat (PO_4-P) (mg/l)**
Bulanıklık < 5 2 puan	DO > 8 2 puan	NO_3 < 5 2 puan	$NH_4 \leq 0.2$ 2 puan	$PO_4 - P$ < 0.02 2 puan
Bulanıklık < 50 1 puan	DO > 6 1 puan	NO_3 < 10 1 puan	$NH_4 \leq 1.0$ 1 puan	$PO_4 - P$ < 0.1 1 puan

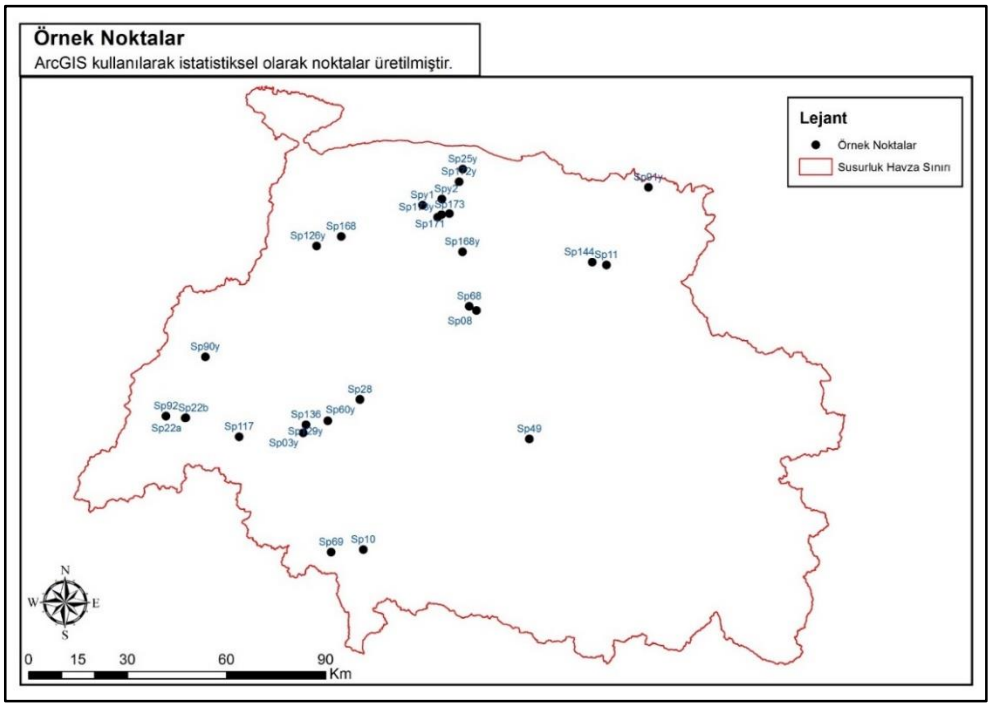
4. BULGULAR

4.1.SUSURLUK HAVZASI ALT HAVZALARI

Susurluk Havzası için ArcGIS programı kullanılarak rastgele örnek noktalar oluşturulmuştur (Şekil 4.1). Susurluk Havzası için havzanın tamamını temsil edebilecek şekilde 28 adet nokta üretilmiştir (Şekil 4.2). Susurluk Havzası alt havzaları üzerinden tüm parametreler hesaplanmıştır.

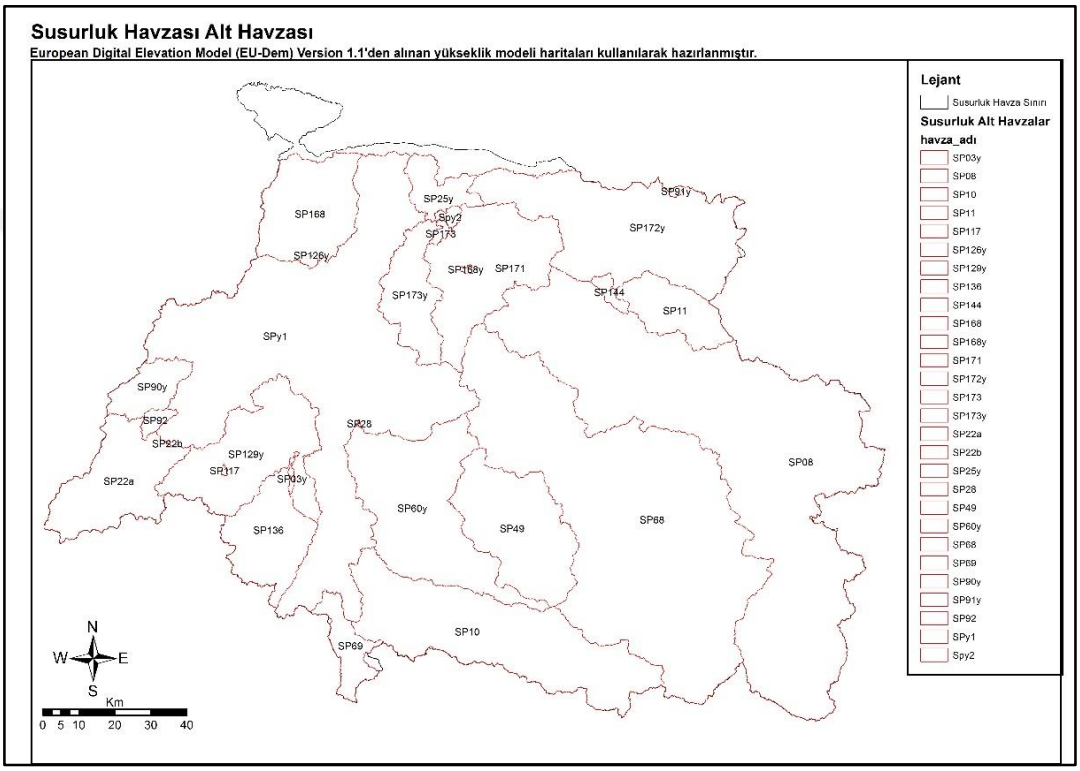


Şekil 4.1: ArcGIS ArcMap 10.0 ile örnek nokta oluşturma diyagramı.



Şekil 4.2: Susurluk Havzası'nda örnek noktaların dağılımı.

Susurluk Havzası sınırları içersinde rastgele oluşturulan 28 nokta kullanılarak alt havzalar oluşturulmuştur (Şekil 4.3). Alt havzaların alansal olarak büyüklüklerine bakıldığı zaman SP08 alt havzası 4667.77 km^2 ile en büyük alt havza, SP126y alt havzası ise 0.12 km^2 ile en küçük alt havzadır (Tablo 4.1).



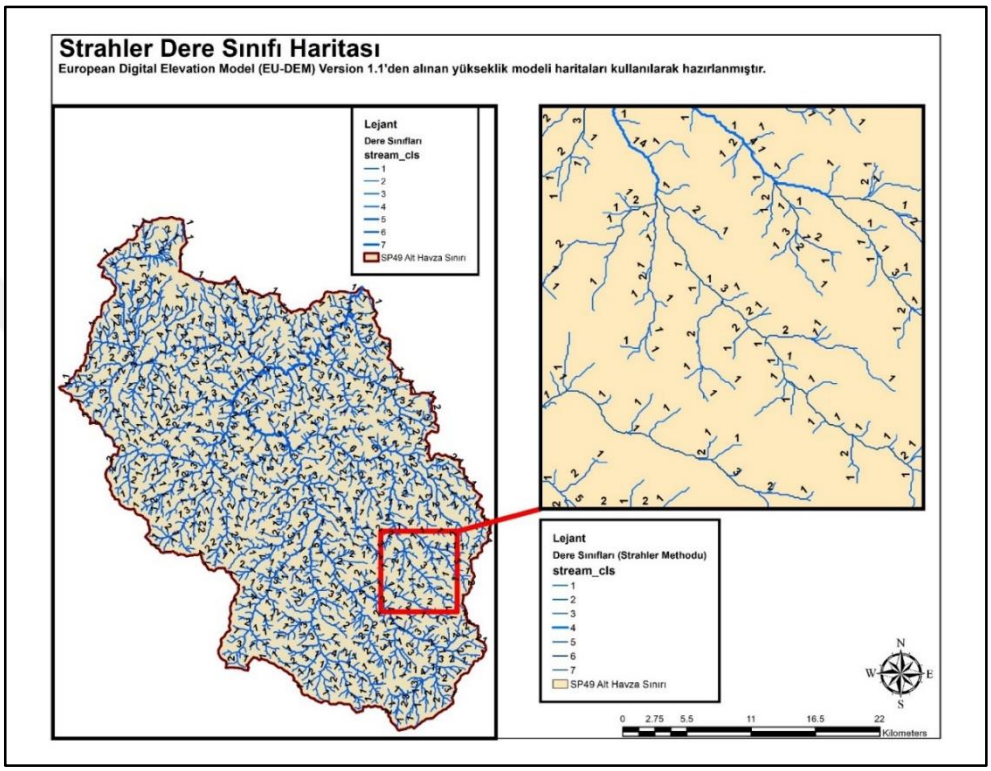
Şekil 4.3: Susurluk Havzası'nda alt havzaların konumu.

Tablo 4.1: Alt havzaların alanları ve oransal dağılımı.

Alt Havzalar	**Alan (km^2)**	**Oranı (%)**
SP11	374.89	1.58
SP144	45.14	0.19
SP173y	429.39	1.81
SP168	699.08	2.94
SP68	4070.62	17.14
SP08	4667.77	19.66
SP49	915.23	3.85
SP91y	8.78	0.04
SP136	559.24	2.36
SP03y	9.50	0.04
SP10	1599.30	6.74
SP69	218.84	0.92
SP117	3.46	0.01
SP92	45.10	0.19
SP22a	722.43	3.04
SP22b	0.17	0.001
SP90y	236.85	1.00
SP129y	931.31	3.92
SP28	1.11	0.005
SP60y	1306.86	5.50
SP126y	0.12	0.001
SP168y	5.61	0.02
SPy1	4126.02	17.38
SP171	951.93	4.01
SP173	23.14	0.10
SPy2	27.3	0.11
SP172y	1551.90	6.54
SP25y	212.62	0.90
Toplam	**24385.31**	**100**

4.1.1. Alt Havzaların Dere Sınıflandırması (Strahler Metodu ve Rosgen Dere Sınıflandırma Sistemi)

Susurluk Havzası alt havzalarının her biri için Strahler Metodu kullanılarak dereler sınıflandırılmıştır ve ana dere derecesi belirlenmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Strahler Metodu kullanılarak ana dere sınıfının belirlenmesi.

Alt havzaların ana dere derecesine bakıldığı zaman SPy1 ile SP25y alt havzaları 9 ile en büyük ana dere derecesine, SP126y alt havzası ise 1 ile en küçük ana dere derecesine sahip alt havzadır. Rosgen Dere Sınıflandırmasına göre ise ortalama eğim % 1 – 4 arasında olmakla birlikte SP92 alt havzası “B” dere türü, SP11 ile SP144 alt havzaları “C” dere türüne sahiptir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2: Alt havzaların ana dere dereceleri ve türleri.

Alt Havzalar	Ana Dere Derecesi	Dere Türü Sınıfı	Açıklama
SP11	6	C	Devamlı dere, eğim <%2
SP144	4	C	Devamlı dere, eğim <%2
SP173y	6	F	Devamlı dere, eğim <%2
SP168	7	F	Devamlı dere, eğim %1
SP68	8	F	Devamlı dere, eğim %1
SP08	7	F	Devamlı dere, eğim %1
SP49	7	F	Mevsimsel dere, eğim %1
SP91y	3	F	Mevsimsel dere, eğim %1
SP136	6	F	Devamlı dere, eğim %1
SP03y	3	F	Devamlı dere, eğim %1
SP10	7	F	Devamlı dere, eğim %1
SP69	5	F	Devamlı dere, eğim %1
SP117	3	F	Devamlı dere, eğim %1
SP92	4	B	Devamlı dere, eğim %2-4
SP22a	7	F	Devamlı dere, eğim %1
SP22b	2	F	Devamlı dere, eğim %1
SP90y	6	F	Devamlı dere, eğim %1
SP129y	7	F	Devamlı dere, eğim %1
SP28	2	F	Devamlı dere, eğim %1
SP60y	6	F	Devamlı dere, eğim %1
SP126y	1	F	Devamlı dere, eğim %1
SP168y	3	F	Devamlı dere, eğim %1
SPy1	9	F	Devamlı dere, eğim %1
SP171	8	F	Devamlı dere, eğim %1
SP173	6	F	Devamlı dere, eğim %1
SPy2	8	F	Devamlı dere, eğim %1
SP172y	7	F	Devamlı dere, eğim %1
SP25y	9	F	Devamlı dere, eğim %1

4.1.2.Drenaj Yoğunluğu ve Dere Sıklığı

Alt havzaların drenaj yoğunluğu hesaplanması sonucunda SP22b alt havzasının drenaj yoğunluğu 3.29 km/km^2 ile en fazla, SP126y alt havzası ise 1.0 km/km^2 ile en az drenaj yoğunluğuna sahip alt havzadır. Dere sıklığı hesaplamaları sonucunda SP22b alt havzasının dere sıklığı 35.29 adet/km^2 en fazla, SP68 ve SP08 alt havzası ise 0.14 adet/km^2 en az dere sıklığına sahip alt havzadır (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Alt havzaların drenaj yoğunluğu ve dere sıklığı.

Alt Havzalar	**Drenaj Yoğunluğu (km/km^2)**	**Dere Sıklığı (adet/km^2)**
SP11	1.94	0.59
SP144	1.80	1.57
SP173y	2.28	0.69
SP168	2.42	0.58
SP68	2.01	0.14
SP08	2.04	0.14
SP49	1.97	0.32
SP91y	1.80	4.44
SP136	1.97	0.51
SP03y	2.13	4.42
SP10	2.11	0.31
SP69	1.99	0.81
SP117	1.84	6.36
SP92	2.03	1.95
SP22a	1.99	0.38
SP22b	3.29	35.29
SP90y	1.92	0.70
SP129y	2.03	0.38
SP28	2.84	17.12
SP60y	1.90	0.27
SP126y	1.00	8.33
SP168y	2.55	7.49
SPy1	2.05	0.17
SP171	2.35	0.50
SP173	2.57	3.33
SPy2	2.32	2.93
SP172y	2.14	0.34
SP25y	2.05	0.82

4.1.3.Form Faktörü, Dairesellik Oranı ve Maksimum Havza Reliyefi

Alt havzaların form faktörü hesaplanması sonucunda SP68 alt havzası 27.04 ile en fazla, SP03y alt havzası ise 0.12 ile en az form faktörüne sahip alt havzadır. Dairesellik oranı hesaplamaları sonucunda SP91y alt havzası 0.78 km^2/km^2 en fazla, SPy1 alt havzası ise 0.11 km^2/km^2 en az dairesellik oranına sahip alt havzadır. Maksimum havza reliyefi SP172y alt havzası için 2526.57 m, SP126y alt havzasında 5.04 m olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.4).

Tablo 4.4: Alt havzaların form faktörü, dairesellik oranı ve maksimum havza reliyefi.

Alt Havzalar	Form Faktörü	Dairesellik Oranı (km^2/km^2)	Maksimum Havza Reliyefi (m)
SP11	0.30	0.45	2203.36
SP144	0.23	0.33	942.04
SP173y	0.26	0.25	1298.09
SP168	0.42	0.49	395.80
SP68	27.04	0.27	2058.87
SP08	21.08	0.17	1975.11
SP49	0.38	0.42	1756.44
SP91y	0.46	0.78	268.78
SP136	0.29	0.31	862.18
SP03y	0.12	0.27	187.09
SP10	0.18	0.25	1860.10
SP69	0.21	0.23	1216.58
SP117	0.31	0.54	268.31
SP92	0.28	0.44	438.90
SP22a	0.33	0.29	1140.16
SP22b	0.21	0.39	166.08
SP90y	0.30	0.42	744.37
SP129y	0.36	0.19	637.58
SP28	0.17	0.30	45.21
SP60y	0.24	0.30	1966.51
SP126y	0.43	0.66	5.04
SP168y	0.40	0.46	121.40
SPy1	23.05	0.11	1299.72
SP171	0.36	0.29	1070.04
SP173	0.31	0.23	40.43
SPy2	0.43	0.34	101.93
SP172y	0.25	0.26	2526.57
SP25y	0.36	0.27	838.30

4.1.4.Eğim ve Yükseklik

Alt havzaların ortalama eğim hesaplanması sonucunda SP11 alt havzası %16.04 ile en fazla, SP173 alt havzası ise % 0.57 ile en az eğime sahip alt havzadır. Ortalama yükseklik hesaplamaları sonucunda SP11 alt havzası 1168.76 m ile en fazla, SP173 alt havzası ise 7.10 m ile en az ortalama yüksekliğe sahip alt havzadır (Tablo 4.5).

Tablo 4.5: Alt havzaların ortalama eğim ve ortalama yüksekliği.

Alt Havzalar	Eğim (%)	Yükseklik (m)
SP11	16.04	1168.76
SP144	15.63	792.38
SP173y	5.36	202.18
SP168	1.89	60.43
SP68	11.93	898.46
SP08	9.75	968.93
SP49	12.3	924.07
SP91y	8.42	295.27
SP136	10.13	439.39
SP03y	3.33	175.69
SP10	11.47	880.30
SP69	10.58	810.57
SP117	10.51	312.63
SP92	7.08	374.06
SP22a	10.62	490.41
SP22b	9.61	274.06
SP90y	9.75	447.74
SP129y	6.85	308.40
SP28	1.00	85.68
SP60y	13.23	729.20
SP126y	0.71	23.05
SP168y	3.09	34.78
SPy1	7.97	295.76
SP171	4.49	141.32
SP173	0.57	7.10
SPy2	1.49	14.63
SP172y	9.08	400.40
SP25y	8.43	220.86

4.1.5.Yağış, Akış ve Potansiyel Evapotranspirasyon

Alt havzaların ortalama yağış miktarı SP10 alt havzası 799.1 mm ile en fazla, SP68 alt havzası ise 422.3 mm ile en az yağışa sahip alt havzadır. Akış verileri sonucunda SP126y alt havzası 431.96 Mm^3/yıl ile en fazla, SP91y alt havzası ise 6.08 Mm^3/yıl ile en az akışa sahip alt havzadır. Potansiyel evapotranspirasyon miktarında ise SP68 alt havzası 934.3 mm ile en fazla, SP11 alt havzası ise 631.1 mm ile en az PET sahip alt havzadır (Tablo 4.6).

Tablo 4.6: Alt havzaların yağış, akış ve PET değerleri.

Alt Havzalar	**Yağış (mm)**	**Akış (Mm^3/yıl)**	**PET (mm)**
SP11	744.0	108.59	631.1
SP144	711.8	17.72	789.3
SP173y	567.1	54.95	823.4
SP168	726.5	394.27	773.0
SP68	422.3	331.03	934.3
SP08	493.6	141.05	679.4
SP49	565.9	185.9	719.2
SP91y	711.8	6.08	789.3
SP136	599.1	79.36	807.5
SP03y	599.1	93.14	807.5
SP10	799.1	236.22	688.7
SP69	469.2	59.05	810.2
SP117	617.1	93.14	716.5
SP92	617.1	80.44	716.5
SP22a	617.1	80.44	716.5
SP22b	617.1	173.4	716.5
SP90y	617.1	41.11	716.5
SP129y	658.0	93.14	787.9
SP28	688.7	41.86	817.2
SP60y	688.7	16.8	817.2
SP126y	658.0	431.96	787.9
SP168y	664.9	41.71	824.6
SPy1	688.7	173.4	817.2
SP171	664.9	41.71	824.6
SP173	567.1	54.95	823.4
SPy2	567.1	35.65	823.4
SP172y	711.8	22.24	789.3
SP25y	567.1	35.65	823.4

4.1.6.Kanal Erozyonu, Erozyon ve Doğallık

Alt havzaların kanal erozyonu değerleri kıyaslandığında SP91y alt havzası 6 ile en fazla, SP168, SP68, SP08, SP136, SP03y, SP28, SP171 alt havzalarının ise 0 ile en az değere sahip alt havzalardır. Erozyon değerleri sonucunda SP10, SP69 alt havzaları 4 ile en fazla, SP136 alt havzası ise 0 ile en az değere sahip alt havzadır. Doğallık değerlerine göre SP129y, SP168y alt havzaları 7 ile en fazla, SP136, SP22a, SP22b alt havzaları ise 1 ile en az değere sahip alt havzalardır (Tablo 4.7).

Tablo 4.7: Alt havzaların kanal erozyonu, erozyon ve doğallık değerleri.

Alt Havzalar	**Kanal Erozyonu (0: iyi – 10: kötü)**	**Erozyon (0: iyi – 10: kötü)**	**Doğallık (0: iyi – 10: kötü)**
SP11	1	1	3
SP144	1	3	3
SP173y	1	2	2
SP168	0	1	4
SP68	0	1	4
SP08	0	1	4
SP49	4	1	4
SP91y	6	1	4
SP136	0	0	1
SP03y	0	1	3
SP10	1	4	6
SP69	1	4	4
SP117	1	3	5
SP92	3	3	4
SP22a	1	2	1
SP22b	1	2	1
SP90y	1	3	4
SP129y	3	3	7
SP28	2	2	3
SP60y	0	3	4
SP126y	2	2	6
SP168y	0	1	7
SPy1	3	3	4
SP171	0	1	6
SP173	2	1	6
SPy2	1	1	4
SP172y	1	1	3
SP25y	2	1	4

4.1.7.Orman, Tarım, Mera ve Yerleşim Alanı

Alt havzaların Corine (2018) verilerine göre ormanlık alan yüzdeleri kıyaslandığında SP22b, SP144 alt havzaları en fazla; SP28, SP126y, SP168y, SPy2, SP173 alt havzaları ise en az ormanlık alana sahip alt havzalardır. Tarım alanlarına göre SP126y, SP03y alt havzaları en fazla; SP22b, SP144 alt havzaları ise en az tarım alanına sahip alt havzalardır. Yerleşim alanlarına göre SP28, SP172y, SPy2, SP173 alt havzaları en fazla; SP91y, SP117, SP22b, SP126y alt havzaları en az yerleşim alanına sahip alt havzalardır. Mera alanlarına göre SP168y alt havzası en fazla; SP11, SP144, SP91y, SP117, SP92, SP22b, SP90y, SP28, SP126y alt havzaları en az mera alanlarına sahip alt havzalardır. Su formlarına (sulak alanlar) göre SP168 alt havzası en fazla; SP144, SP49, SP91y, SP03y, SP69, SP117, SP22b, SP90y, SP28, SP126y alt havzaları ise en az sulak alana sahip alt havzalardır (Tablo 4.8).

Tablo 4.8: Alt havzaların arazi kullanım dağılımları.

Alt Havzalar	Ormanlık Alan (%)	Tarım Alanı (%)	Yerleşim Alanı (%)	Mera Alanları (%)	Sulak Alanlar (%)	Toplam
SP11	71.5	27.8	0.3	0	0.4	100
SP144	91.7	7.7	0.6	0	0	100
SP173y	34.2	59.0	3.04	3.69	0.07	100
SP168	1.7	64.7	4.4	5.21	23.99	100
SP68	65.8	33.1	1.0	0.07	0.03	100
SP08	58	38.0	2.84	0.85	0.31	100
SP49	71.6	27.7	0.63	0.07	0	100
SP91y	12.5	87.5	0	0	0	100
SP136	51.9	42.6	0.74	3.24	1.52	100
SP03y	1.2	95.2	1.1	2.5	0	100
SP10	60.5	36.8	0.84	1.3	0.56	100
SP69	66.14	32.1	1.6	0.16	0	100
SP117	58.4	41.6	0	0	0	100
SP92	35.8	61.5	1.35	0	1.35	100
SP22a	51.4	46.1	1.4	0.7	0.4	100
SP22b	100	0	0	0	0	100
SP90y	42.6	55.6	1.8	0	0	100
SP129y	33.4	53.4	7.74	5.4	0.06	100
SP28	0	54.1	45.9	0	0	100
SP60y	64.3	34.8	0.6	0.29	0.01	100
SP126y	0	100	0	0	0	100
SP168y	0	71.8	9.4	18.4	0.4	100
SPy1	41.0	53.8	2.5	2.34	0.36	100
SP171	24.6	54.8	2.01	2.05	16.54	100
SP173	0	87.9	10.5	0.13	1.47	100
SPy2	0	77.4	10.32	6.7	5.58	100
SP172y	44.5	40.1	14.5	0.47	0.43	100
SP25y	56.1	40.4	1.6	0.98	0.92	100

4.1.8.Yol ve Demiryolu Yoğunluğu

Alt havzaların yol yoğunluklarına göre SP173 alt havzası 0.42 km/km^2 en fazla; SP117, SP22b, SP126y, SP168y alt havzaları ise en az yol yoğunluğuna sahip alt havzalardır. Demiryolu yoğunluklarına göre SPy2 alt havzası 0.21 km/km^2 en fazla; SP11, SP144, SP136, SP03y, SP10, SP69 SP117, SP92, SP22a, SP22b, SP90y, SP28, SP126y alt havzaları ise en az demiryolu yoğunluğuna sahip alt havzalardır (Tablo 4.9).

Tablo 4.9: Alt havzaların yol ve demiryolu yoğunlukları.

Alt Havzalar	**Yol Yoğunluğu (km/km^2)**	**Demiryolu Yoğunluğu (km/km^2)**
SP11	0.04	0
SP144	0.22	0
SP173y	0.12	0.01
SP168	0.18	0.03
SP68	0.10	0.02
SP08	0.10	0.01
SP49	0.11	0.03
SP91y	0.39	0
SP136	0.10	0
SP03y	0.19	0
SP10	0.12	0
SP69	0.16	0
SP117	0	0
SP92	0.11	0
SP22a	0.12	0
SP22b	0	0
SP90y	0.05	0
SP129y	0.12	0.07
SP28	0.41	0
SP60y	0.09	0.03
SP126y	0	0
SP168y	0	0
SPy1	0.12	0.02
SP171	0.16	0.03
SP173	0.42	0.08
SPy2	0.30	0.21
SP172y	0.12	0.04
SP25y	0.13	0.01

4.2.HAVZA PARAMETRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Havzaların 28 parametre için ölçek puanı havza kırılganlık puanı hesaplamasında kullanılmaktadır. Alt havzaların 28 indikatör için ölçek aralığına göre değerlendirildiğinde SP91y alt havzası 87 puan ile en fazla, SP22b ve SP10 alt havzası 60 puan ile en az değere sahip havzalardır (Tablo 4.10). Bu havzaların her bir indikatör için ölçek değerleri aralıklarına bakıldığında en dirençli indikatörler; havza alanı, nüfus yoğunluğu, yerleşim, kanal erozyonu, demiryolu yoğunluğu ve form faktörü iken en kırılgan indikatörler ise ormanlık alan, akış, kuraklık, mera alanı, dere sıklığı ve maksimum sıcaklık parametreleridir.

Tablo 4.10: Alt havzaların indikatör ölçek değeri.

Parametreler	**SP11**	**SP144**	**SP173y**	**SP168**	**SP68**	**SP08**	**SP49**	**SP91y**	**SP136**
Havza alanı	1	1	1	1	5	5	1	1	1
Ana dere derecesi	2	4	2	2	1	2	2	4	2
Drenaj yoğunluğu	4	4	3	2	3	3	3	4	3
Dere sıklığı	2	2	3	1	3	3	3	1	2
Form faktörü	1	1	1	1	5	4	1	1	1
Dairesellik oranı	3	2	2	3	2	1	3	5	2
Maksimum reliyef	5	2	3	1	5	4	4	1	2
Ortalama eğim	5	5	2	1	4	3	4	3	4
Ortalama yükseklik	5	4	1	1	4	5	4	2	2
Kanal erozyonu	1	1	1	1	1	1	2	3	1
Orman	2	1	4	5	2	3	2	5	3
Tarım	2	1	3	4	2	2	2	5	3
Yerleşim	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mera	5	5	4	4	5	5	5	5	5
Yol yoğunluğu	1	3	2	3	2	2	2	5	2
Demiryolu yoğunluğu	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nüfus yoğunluğu	3	2	1	1	1	1	1	5	5
Maks.Sıcaklık	1	5	5	3	3	3	3	5	2
Min.Sıcaklık	1	3	3	3	5	1	2	3	3
Yağış	1	2	4	1	5	4	4	2	1
Akış	3	3	2	5	1	1	2	5	3
PET	1	3	4	3	5	1	2	3	4
Kuraklık	3	4	4	4	5	2	4	4	3
Yağışlı sezon	2	2	3	1	5	5	4	2	4
Yağışsız sezon	1	2	5	4	3	2	4	2	1
Doğallık	2	2	1	2	2	2	2	2	1
Erozyon	2	2	1	1	1	1	1	1	2
HKİ	2	2	1	2	2	2	2	2	4
Toplam	***66***	***73***	***70***	***66***	***86***	***72***	***73***	***87***	***71***

Tablo 4.10 (devam): Alt havzaların indikatör ölçek değeri.

Parametreler	**SP03y**	**SP10**	**SP69**	**SP117**	**SP92**	**SP22a**	**SP22b**	**SP90y**	**SP129y**
Havza alanı	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Ana dere derecesi	4	2	3	4	4	2	5	2	2
Drenaj yoğunluğu	3	3	3	4	3	3	1	3	3
Dere sıklığı	3	2	2	3	3	3	1	2	3
Form faktörü	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dairesellik oranı	2	2	1	4	3	2	3	3	1
Maksimum reliyef	1	4	3	1	1	3	1	2	2
Ortalama eğim	1	4	4	4	3	4	3	3	3
Ortalama yükseklik	1	4	4	2	2	3	2	2	2
Kanal erozyonu	1	1	1	1	2	1	1	1	2
Orman	5	2	2	3	4	3	1	3	4
Tarım	5	2	2	3	4	3	1	3	3
Yerleşim	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mera	5	5	5	5	5	5	5	5	4
Yol yoğunluğu	3	2	2	1	2	2	1	1	2
Demiryolu yoğunluğu	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Nüfus yoğunluğu	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Maks.Sıcaklık	5	3	5	2	2	2	2	2	5
Min.Sıcaklık	2	1	3	3	3	3	3	3	3
Yağış	3	1	5	3	3	3	3	3	2
Akış	5	1	2	5	5	1	5	2	1
PET	3	1	3	2	2	2	2	2	3
Kuraklık	2	1	4	4	4	1	4	4	4
Yağışlı sezon	3	1	4	3	3	3	3	3	2
Yağışsız sezon	4	2	5	4	4	4	4	4	5
Doğallık	2	3	2	3	2	1	1	2	4
Erozyon	1	2	2	2	2	1	1	2	2
HKİ	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Toplam	***73***	***60***	***77***	***75***	***75***	***64***	***60***	***67***	***72***

Tablo 4.10 (devam): Alt havzaların indikatör ölçek değeri.

Parametreler	**SP28**	**SP60y**	**SP126y**	**SP168y**	**SPy1**	**SP171**	**SP173**	**SPy2**	**SP172y**	**SP25y**
Havza alanı	1	2	1	1	5	2	1	1	2	1
Ana dere derecesi	5	2	5	4	1	1	2	1	2	1
Drenaj yoğunluğu	1	4	5	2	3	3	2	3	3	3
Dere sıklığı	5	2	1	5	3	2	4	4	3	3
Form faktörü	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1
Dairesellik oranı	2	2	5	3	1	2	1	2	2	2
Maksimum reliyef	1	4	1	1	3	3	1	1	5	2
Ortalama eğim	1	5	1	1	3	2	1	1	3	3
Ortalama yükseklik	1	4	1	1	2	1	1	1	2	1
Kanal erozyonu	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Orman	5	2	5	5	3	4	5	5	3	3
Tarım	3	2	5	4	3	3	5	4	3	3
Yerleşim	5	1	1	2	1	1	2	2	2	1
Mera	5	5	5	1	5	5	5	4	5	5
Yol yoğunluğu	5	2	1	1	2	2	5	4	2	2
Demiryolu yoğunluğu	1	1	1	1	1	1	2	5	1	1
Nüfus yoğunluğu	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1
Maks.Sıcaklık	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Min.Sıcaklık	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Yağış	2	2	2	2	2	2	4	4	2	4
Akış	5	1	5	5	1	1	5	5	1	2
PET	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4
Kuraklık	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Yağışlı sezon	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2
Yağışsız sezon	4	4	5	4	4	4	5	5	2	5
Doğallık	2	2	3	4	2	3	3	2	2	2
Erozyon	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
HKİ	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1
Toplam	***75***	***74***	***79***	***70***	***76***	***69***	***78***	***78***	***74***	***69***

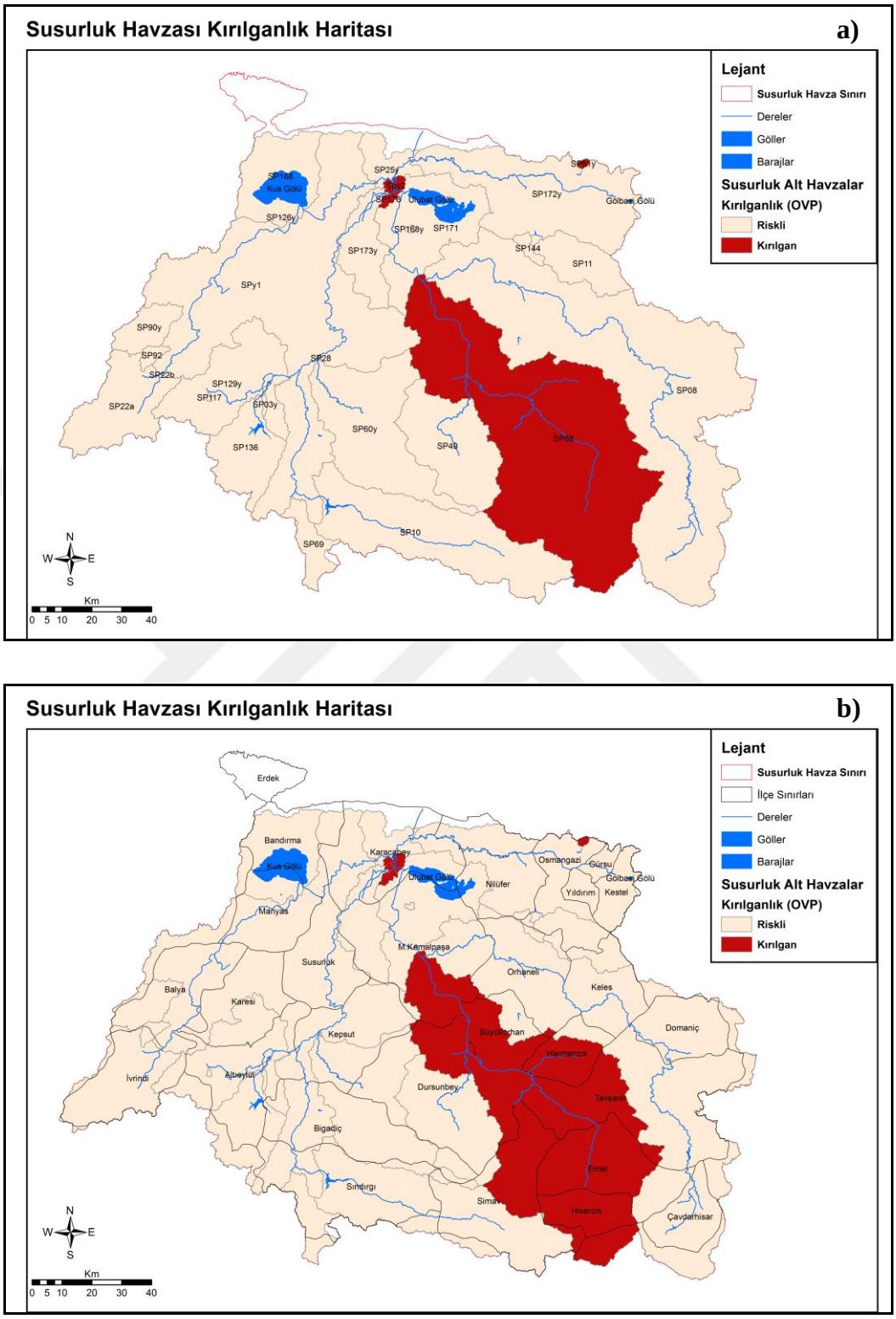
4.3.HAVZA KIRILGANLIK ANALİZİ

Tüm indikatörlerin dahil edildiği havza kırılganlık değerlendirilmesi sonucunda SP91y alt havzası 62.14 puan ile en fazla, SP10 ve SP22b alt havzası 42.86 puan ile en az değere sahip alt havzadır. Ortalama eğim, ormanlık alan, yerleşim, tarım alanı, yol yoğunluğu, nüfus yoğunluğu, yağış ve PET indikatörleri için (8 indikatör) havza kırılganlık puanı SP91y alt havzasında 72.5 ile en fazla, SP22b alt havzasında 32.5 ile en az değere sahip alt havzadır. Hassaslık değerlerine göre SP68 alt havzası 3.2 ile en fazla, SP173 ve SP22b alt havzası 1.9 ile en az değere sahip alt havzadır. Maruz kalma değerlerine göre SP68 alt havzası 3.7 ile en fazla, SP10 alt havzası 1.8 ile en az değere sahip alt havzadır. Uyum kapasitesi değerlerine göre SP91y alt havzası 3.63 ile en fazla, SP22b alt havzası 1.5 ile en az değere sahip alt havzadır (Tablo 4.11).

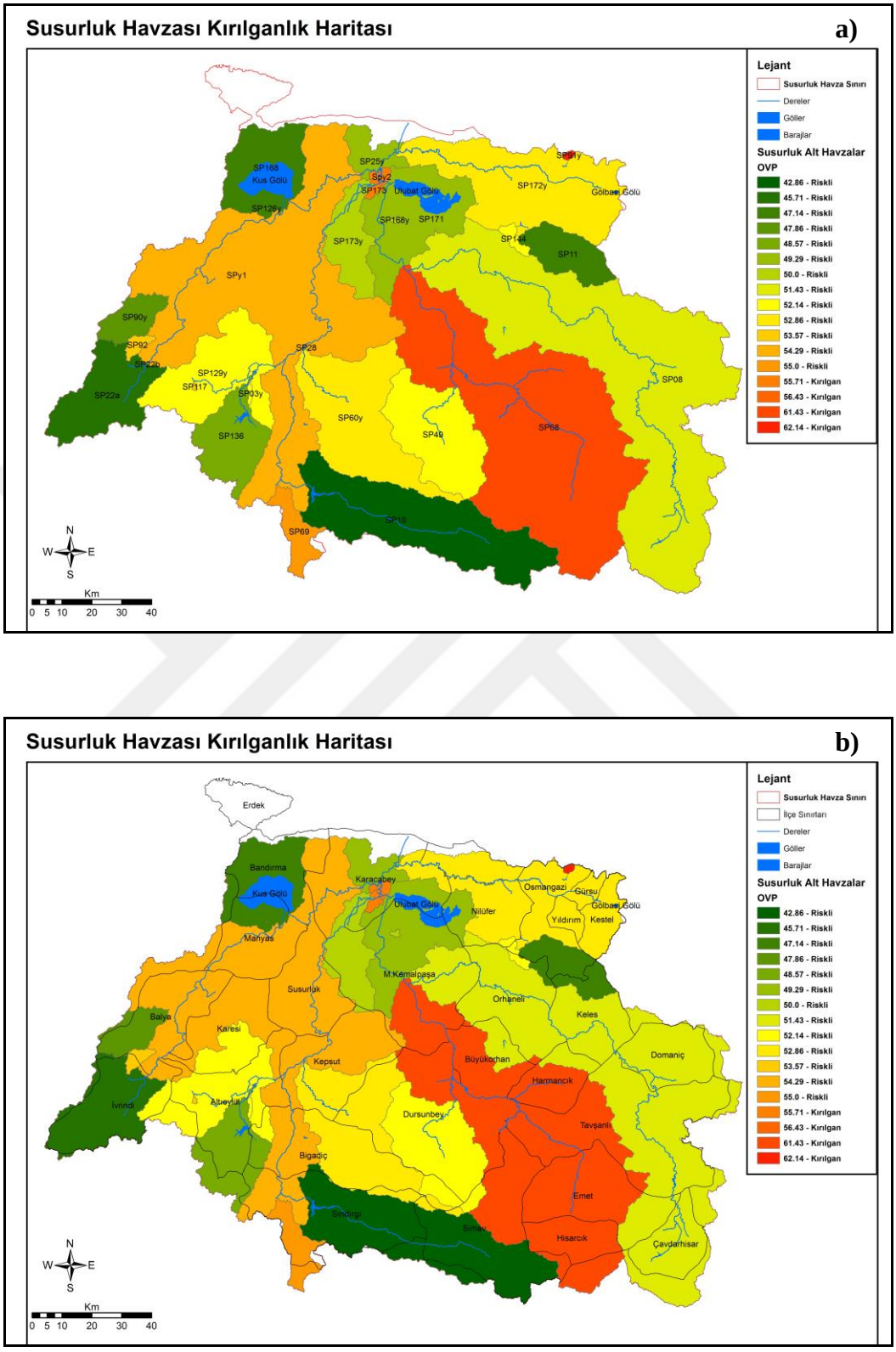
Susurluk Havzası hem alt havzalar olarak hem de ilçeler olarak değerlendirilmiştir ve analizi yapılan parametreler değerlendirilerek kırılganlık sınıfına göre havza kırılganlık haritası (Şekil 4.5), kırılganlık puanına göre havza kırılganlık haritası (Şekil 4.6), hassaslık sınıfına göre hassaslık haritası (Şekil 4.7), hassaslık puanına göre hassaslık haritası (Şekil 4.8), maruz kalma sınıfına göre maruz kalma haritası (Şekil 4.9), maruz kalma puanına göre maruz kalma haritası (Şekil 4.10), uyum kapasitesi sınıfına göre uyum kapasitesi haritası (Şekil 4.11), uyum kapasitesi puanına göre uyum kapasitesi haritası (Şekil 4.12), 8 indikatöre göre hesaplanmış kırılganlık sınıfına göre kırılganlık haritası (Şekil 4.13), kırılganlık puanına göre havza kırılganlık haritası (Şekil 4.14) ile ifade edilmiştir.

Tablo 4.11: Alt havzaların havza kırılganlık, 8-indikatör için kırılganlık, hassaslık, maruz kalma, uyum kapasitesi, risk, hasar, direnç değerleri.

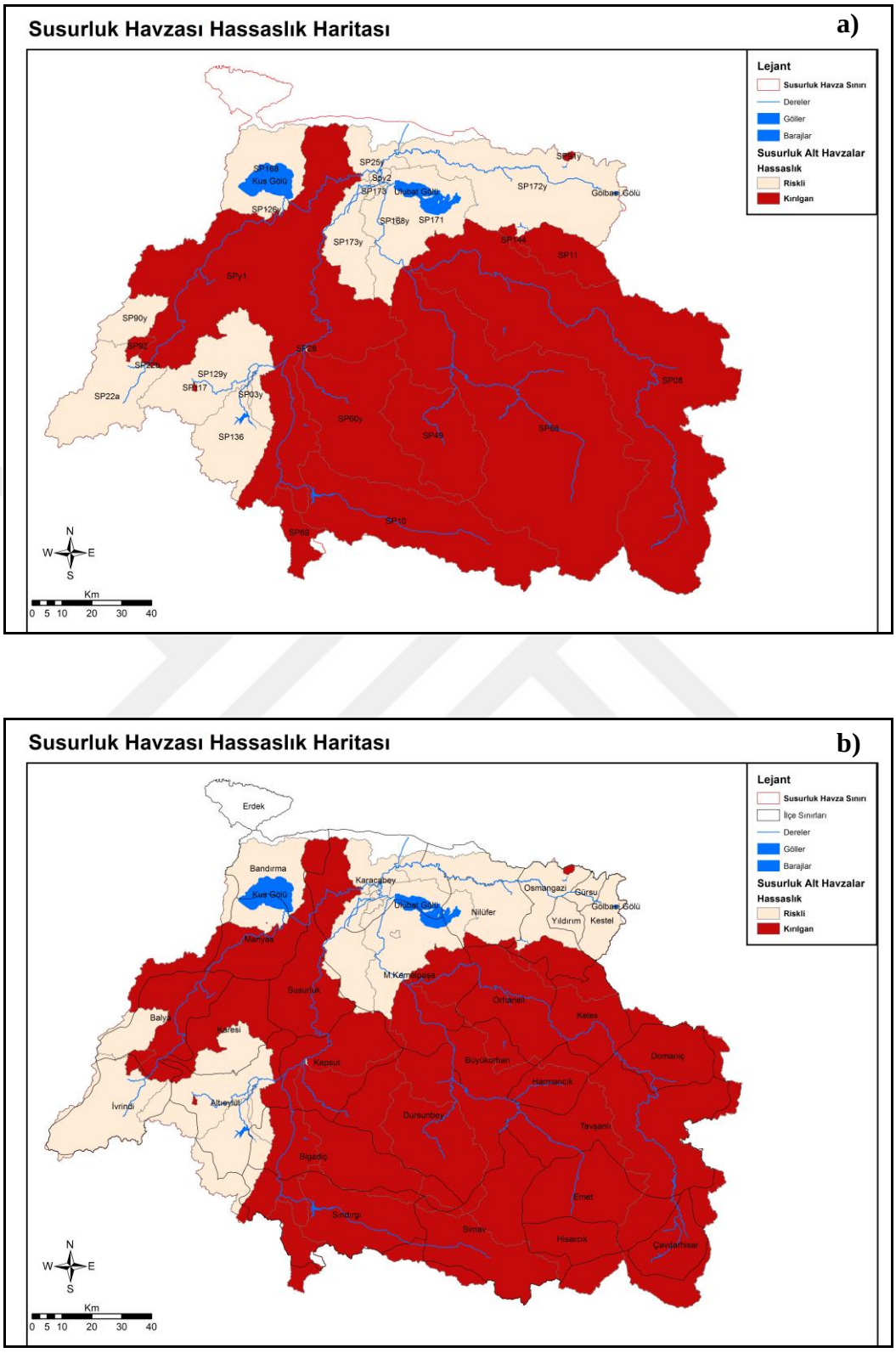
Alt Havzalar	OVP	8-ind. OVP	Hassaslık	Maruz kalma	Uyum kapasitesi	Risk	Hasar	Direnç
SP11	47.14	40.0	2.9	2.0	2.13	2.45	2.52	2.07
SP144	52.14	45.0	2.9	2.8	2.0	2.85	2.45	2.4
SP173y	50.0	52.5	2.4	2.9	2.13	2.65	2.27	2.52
SP168	47.14	47.5	2.0	2.5	2.63	2.25	2.32	2.57
SP68	61.43	55.0	3.2	3.7	2.0	3.45	2.60	2.85
SP08	51.43	42.5	2.5	2.3	2.13	2.40	2.32	2.22
SP49	52.14	45.0	2.7	3.0	2.0	2.85	2.35	2.5
SP91y	62.14	72.5	3.0	2.8	3.63	2.90	3.32	3.22
SP136	48.57	50.0	2.4	2.1	2.29	2.25	2.35	2.2
SP03y	52.14	55.0	2.2	2.8	2.88	2.50	2.54	2.84
SP10	42.86	35.0	2.5	1.8	2.13	2.15	2.32	1.97
SP69	55.0	50.0	2.6	3.5	2.0	3.05	2.30	2.75
SP117	53.57	45.0	2.8	2.9	2.25	2.85	2.53	2.58
SP92	53.57	50.0	2.6	2.9	2.5	2.75	2.55	2.7
SP22a	45.71	47.5	2.4	2.3	2.13	2.35	2.27	2.22
SP22b	42.86	32.5	1.9	2.9	1.5	2.40	1.70	2.2
SP90y	47.86	42.5	2.4	2.6	2.13	2.50	2.27	2.37
SP129y	52.14	47.5	2.4	2.7	2.75	2.55	2.58	2.73
SP28	53.57	65.0	2.0	2.8	3.38	2.40	2.69	3.09
SP60y	52.86	47.5	3.0	2.8	2.0	2.90	2.50	2.4
SP126y	56.43	47.5	2.7	3.0	2.75	2.85	2.73	2.88
SP168y	50.0	50.0	2.2	2.9	2.38	2.55	2.29	2.64
SPy1	54.29	47.5	2.9	2.9	2.25	2.90	2.58	2.58
SP171	49.29	47.5	2.3	2.6	2.5	2.45	2.40	2.55
SP173	55.71	67.5	1.9	3.1	3.5	2.50	2.70	3.3
SPy2	55.71	62.5	2.0	3.1	3.38	2.55	2.69	3.24
SP172y	52.86	57.5	2.6	2.5	2.88	2.55	2.74	2.69
SP25y	49.29	52.5	2.3	2.8	2.25	2.55	2.28	2.53
Ortalama	***51.71***	***50.0***	***2.49***	***2.75***	***2.45***	***2.62***	***2.47***	***2.6***
	Riskli	***Riskli***						



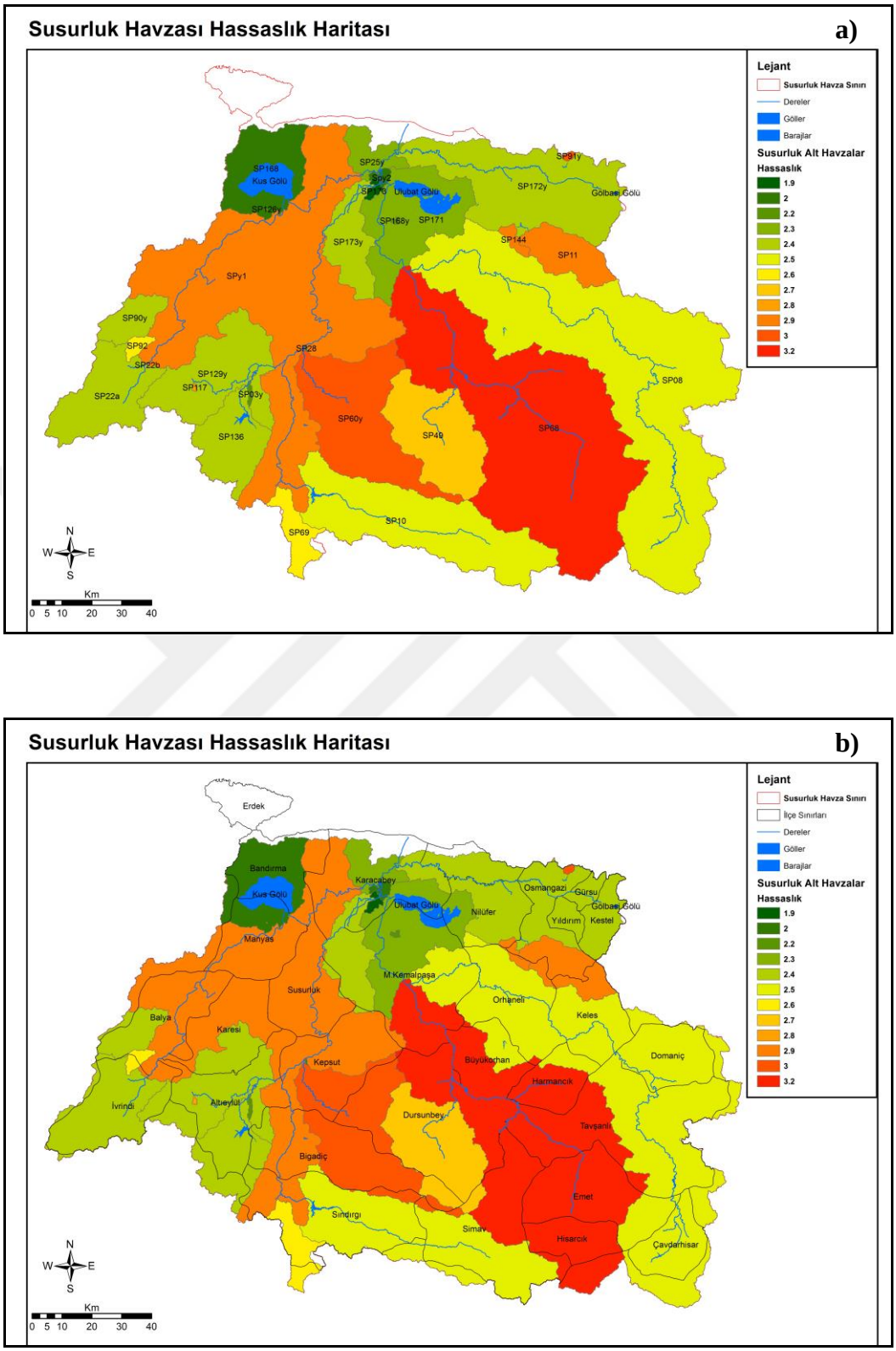
Şekil 4.5: Susurluk Havzası kırılganlık sınıfı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı kırılganlık noktası değerleri.



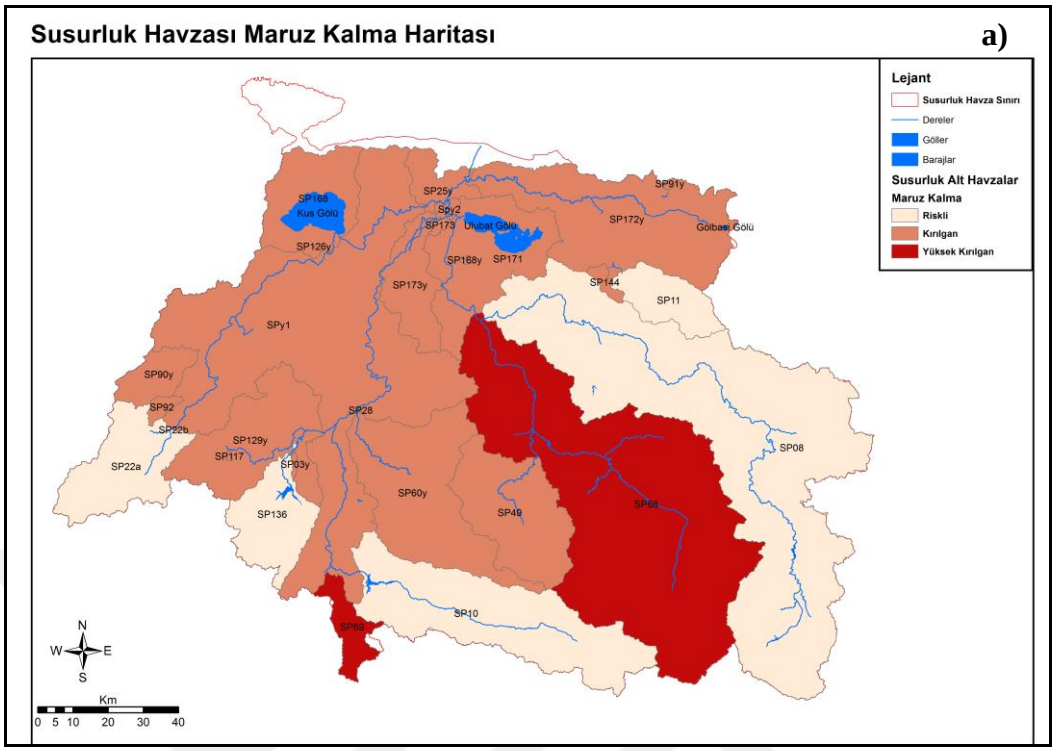
Şekil 4.6: Susurluk Havzası kırılganlık noktası puanı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı kırılganlık noktası değerleri.

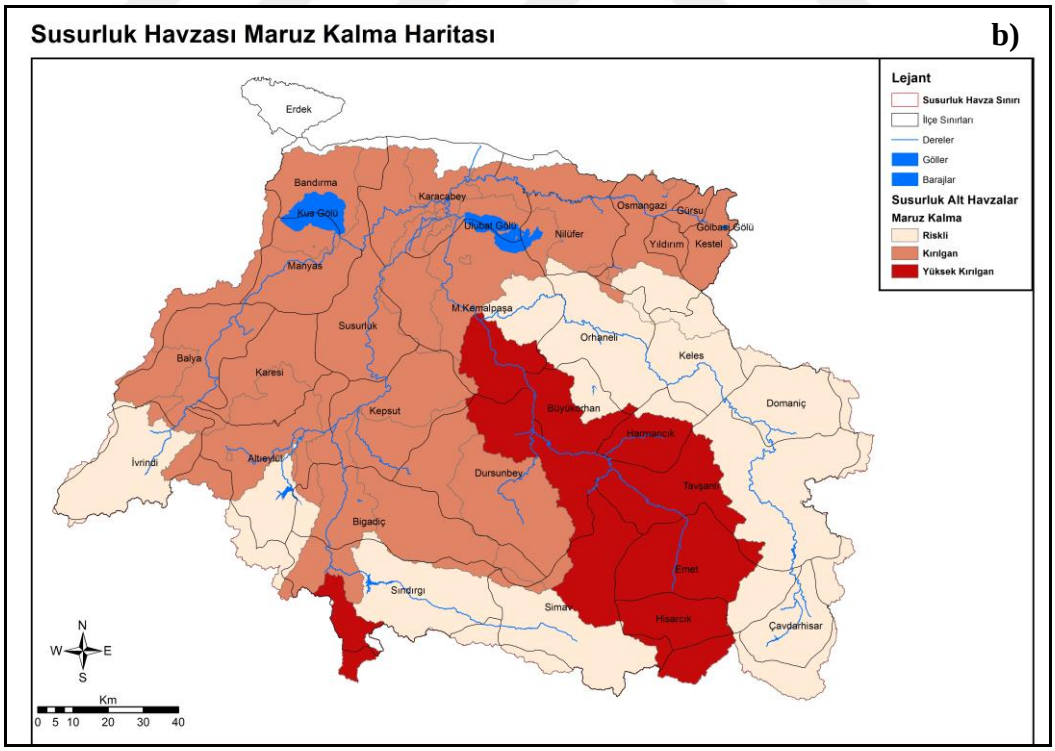


Şekil 4.7: Susurluk Havzası hassaslık sınıfı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı hassaslık değerleri.

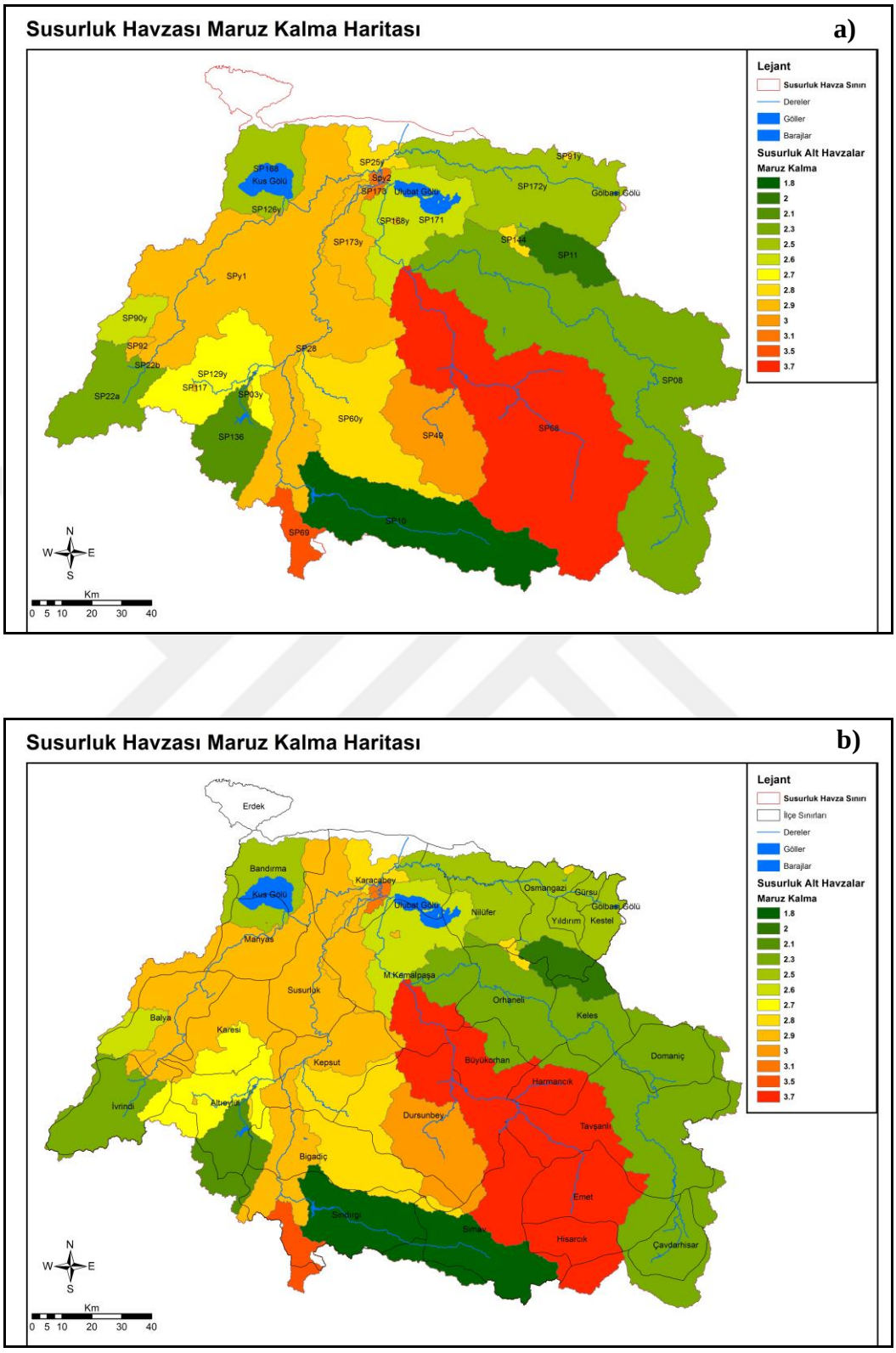


Şekil 4.8: Susurluk Havzası hassaslık puanları için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı hassaslık değerleri.

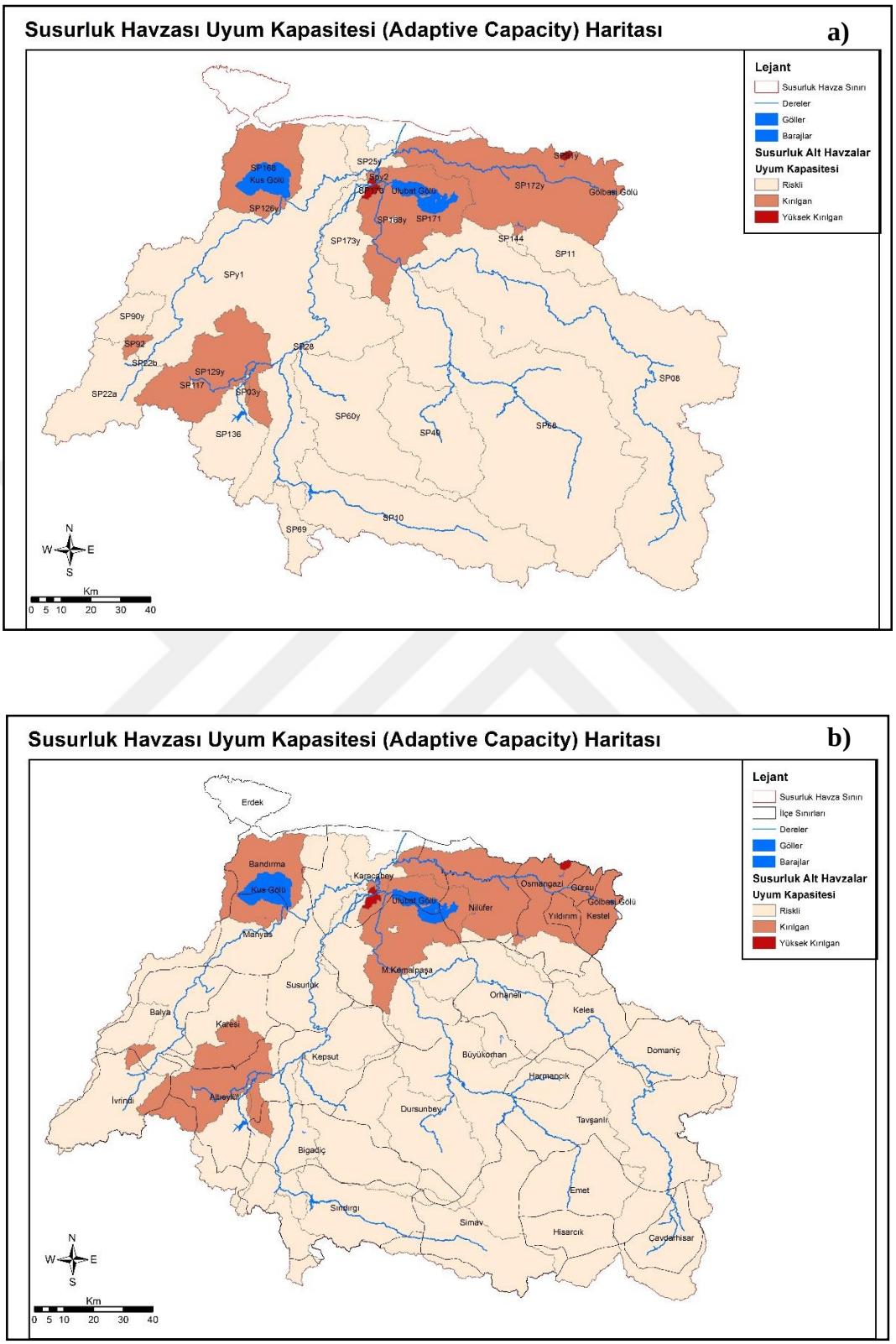




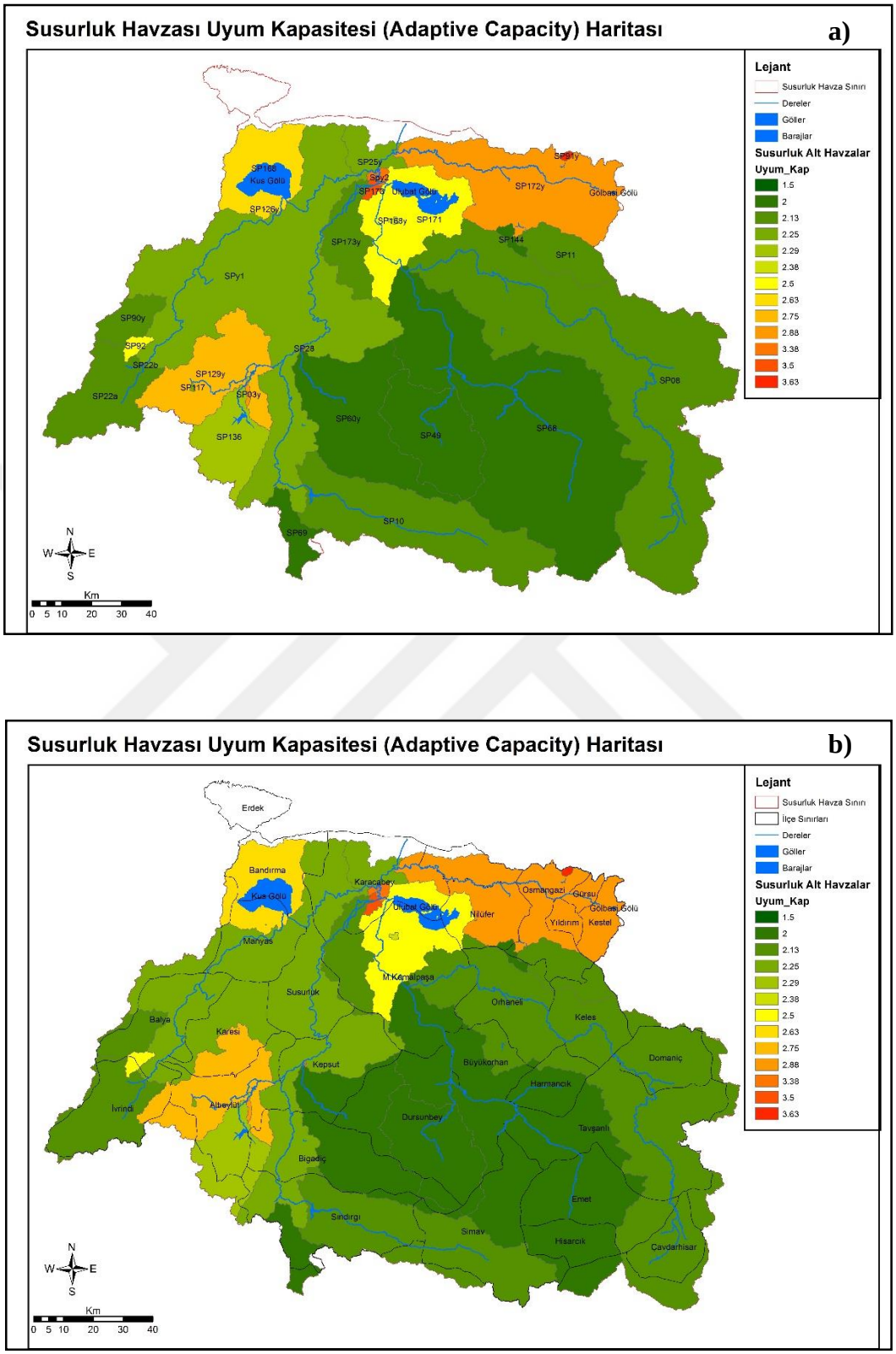
Şekil 4.9: Susurluk Havzası maruz kalma sınıfı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı maruz kalma değerleri.



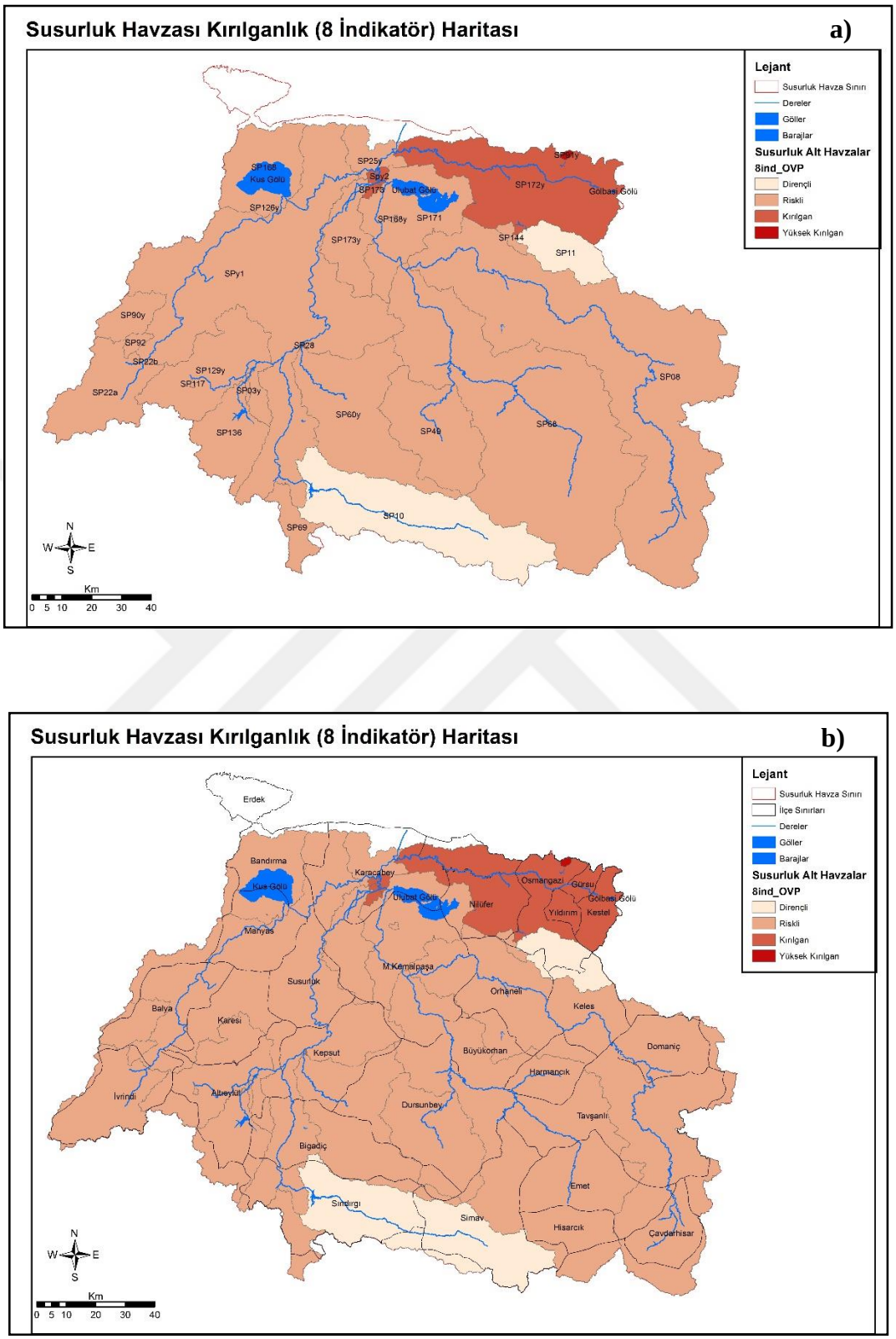
Şekil 4.10: Susurluk Havzası maruz kalma sınıfı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı maruz kalma değerleri.



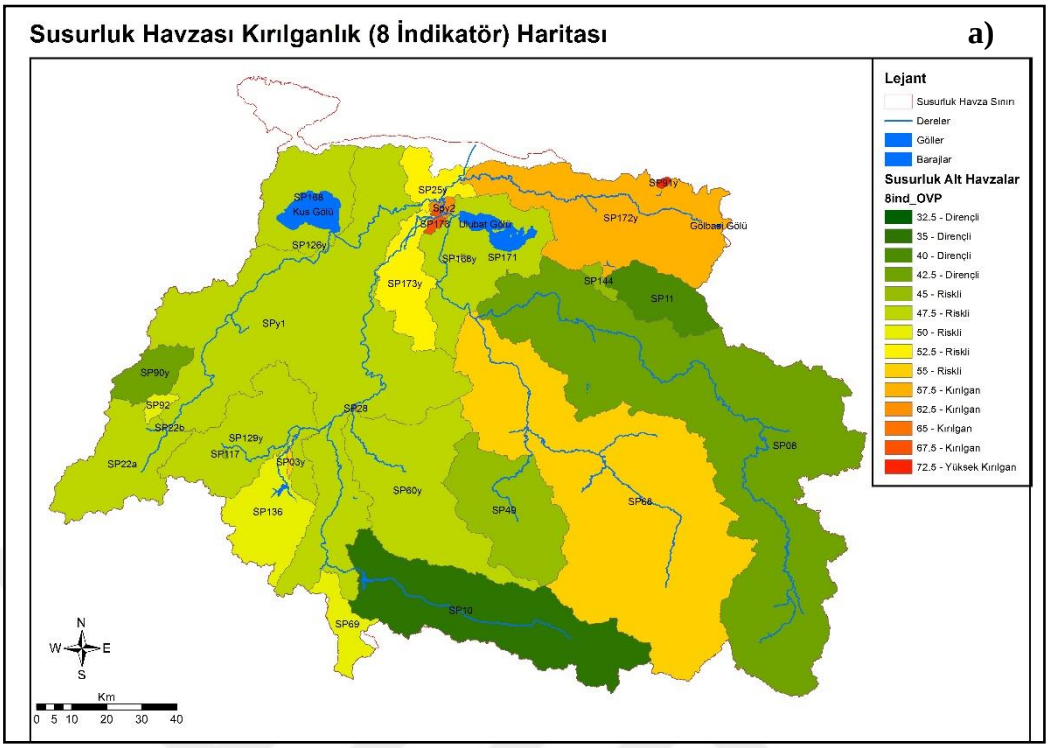
Şekil 4.11: Susurluk Havzası uyum kapasitesi sınıfı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı uyum kapasitesi değerleri.

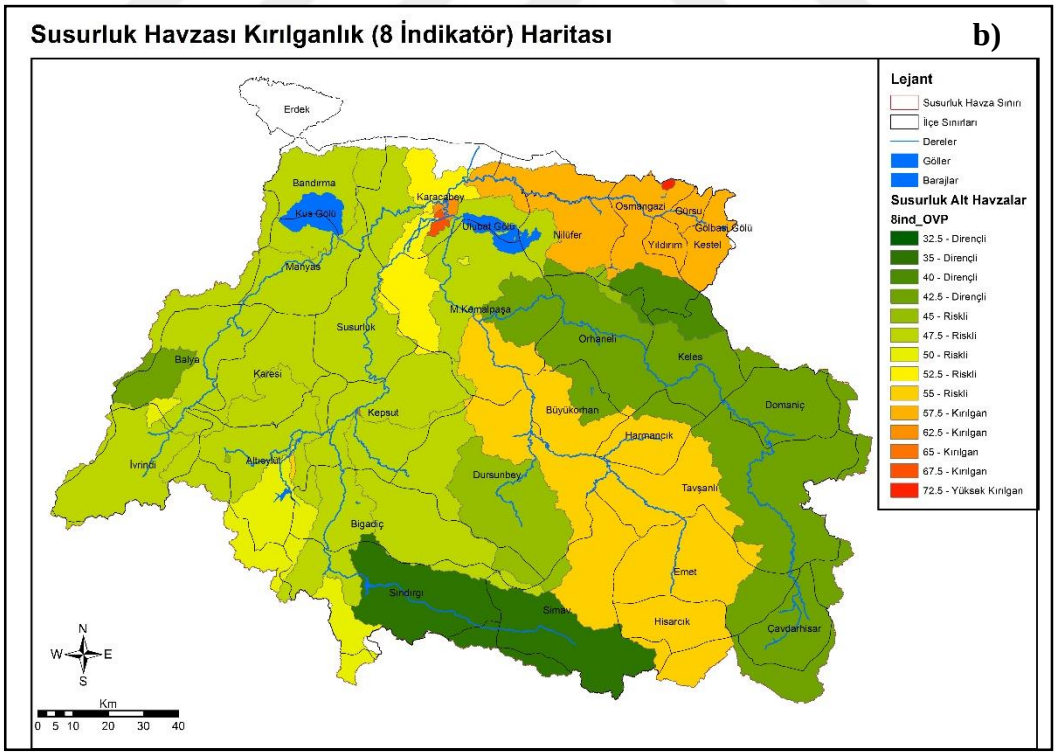


Şekil 4.12: Susurluk Havzası uyum kapasitesi puanı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı uyum kapasitesi değerleri.



Şekil 4.13: Susurluk Havzası 8 indikatör için kırılganlık sınıfı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı kırılganlık değerleri.





Şekil 4.14: Susurluk Havzası 8 indikatör için kırılganlık puanı için; a) alt havzaların yer aldığı, b) ilçelerin yer aldığı kırılganlık değerleri.

4.4.EKOLOJİK SU KALİTESİ İNDİKATÖRLERİ

Havzaların, su kalitesi parametrelerinin değerlendirmesine göre SP126y alt havzası 10 ile en fazla, SP172y alt havzası 0 ile en az değere sahip alt havzalardır (Tablo 4.12).

Tablo 4.12: Alt havzaların bulanıklık, çözünmüş oksijen, nitrat, amonyum, fosfat ve ekolojik su kalitesi değerleri.

Alt Havzalar	**Bulanıklık < 5 (NTU)**	**Bulanıklık < 50 (NTU)**	**Çözünmüş oksijen DO > 8**	**Çözünmüş oksijen DO > 6**	**Nitrat NO_3 < 5**	**Nitrat NO_3 < 10**
SP11	1	0	1	0	1	0
SP144	1	0	1	0	0	1
SP173y	0	1	0	0	0	1
SP168	0	1	1	0	1	0
SP68	0	1	1	0	0	0
SP08	1	0	1	0	0	0
SP49	0	0	1	0	0	0
SP91y	0	0	1	0	0	0
SP136	1	0	0	1	1	0
SP03y	0	1	0	1	1	0
SP10	0	1	0	0	1	0
SP69	0	1	1	0	1	0
SP117	0	1	1	0	0	1
SP92	0	0	1	0	0	0
SP22a	1	0	0	1	1	0
SP22b	1	0	0	1	1	0
SP90y	1	0	1	0	1	0
SP129y	0	1	1	0	1	0
SP28	0	1	1	0	1	0
SP60y	0	1	0	0	1	0
SP126y	0	1	1	0	1	0
SP168y	0	0	0	1	1	0
SPy1	0	0	0	0	1	0
SP171	0	1	0	1	1	0
SP173	0	1	1	0	1	0
SPy2	0	1	0	1	0	0
SP172y	0	0	0	0	0	0
SP25y	0	1	0	0	0	0

Tablo 4.12 (devam): Alt havzaların bulanıklık, çözünmüş oksijen, nitrat, amonyum, fosfat ve ekolojik su kalitesi değerleri.

Alt Havzalar	Amonyum $NH_4 \leq 0.2$	Amonyum $NH_4 \leq 1.0$	Fosfat PO_4-P < 0.02	Fosfat PO_4-P < 0.1	WQeco
SP11	1	0	0	1	9
SP144	1	0	0	1	8
SP173y	0	1	0	1	4
SP168	1	0	0	1	8
SP68	0	0	0	1	4
SP08	0	0	0	1	5
SP49	0	0	0	0	2
SP91y	0	0	0	0	2
SP136	0	0	0	1	6
SP03y	1	0	0	1	7
SP10	0	1	0	1	5
SP69	1	0	0	1	8
SP117	0	1	0	1	6
SP92	0	0	0	0	2
SP22a	1	0	0	1	8
SP22b	0	1	0	1	7
SP90y	1	0	0	1	9
SP129y	0	0	0	1	6
SP28	1	0	0	1	8
SP60y	0	0	0	1	4
SP126y	1	0	1	1	10
SP168y	0	1	0	1	5
SPy1	1	0	0	1	5
SP171	1	0	0	1	7
SP173	0	0	0	1	6
SPy2	0	0	0	1	3
SP172y	0	0	0	0	0
SP25y	0	0	0	1	2

4.5.HAVZA KIRILGANLIĞI VE EKOLOJİK SU KALİTESİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Havza kırılganlık noktası puanı (OVP) ile su kalitesi değerleri uygulama havzası seçilen 14 havza için korelasyon ve regresyon analizi istatistik sonuçları tabloda verilmiştir (Tablo 4.13, 4.14). İstatistiki değerlendirmeler sonucunda, tüm parametrelere göre hesaplanan havza kırılganlık noktası puanı ile ekolojik su kalitesi değerleri arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermiştir (P < 0,001).

Tablo 4.13: Alt havzaların (uygulama) havza kırılganlık noktası puanı, ekolojik su kalitesi değerleri.

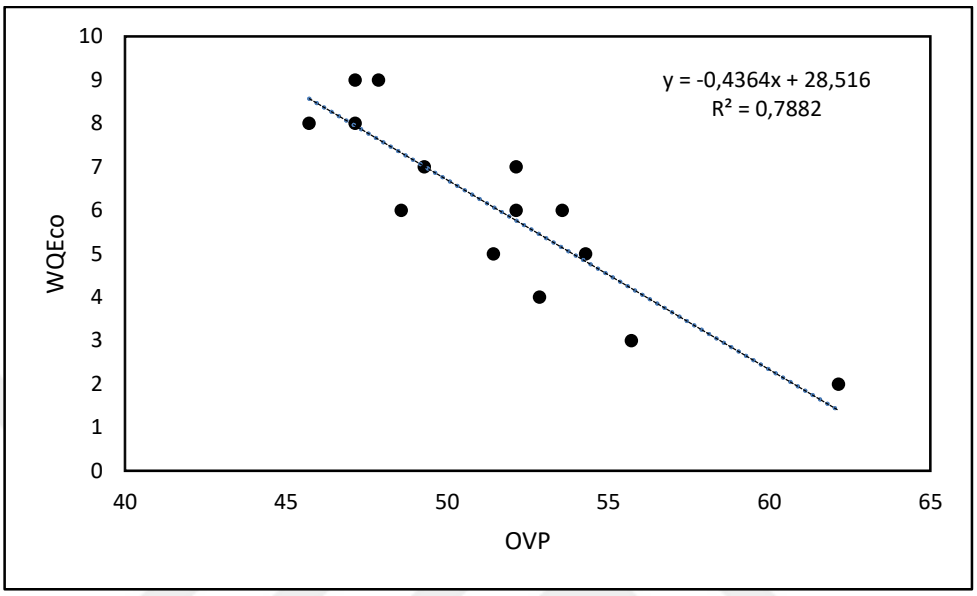
Alt Havzalar (Uygulama)	OVP	WQEco
SP117	53.57	6
SP91y	62.14	2
SPy2	55.71	3
SPy1	54.29	5
SP03y	52.14	7
SP11	47.14	9
SP90y	47.86	9
SP136	48.57	6
SP22a	45.71	8
SP171	49.29	7
SP129y	52.14	6
SP08	51.43	5
SP168	47.14	8
SP60y	52.86	4

Tablo 4.14: Tüm parametrelere göre alt havzaların kırılganlık noktası puanı ile ekolojik su kalitesi değerlerinin istatistiki sonuç özeti.

Correlation matrix		OVP	WQEco
OVP	Pearson's r	-	- 0.89***
	p – value		< 0.001
	95% CI Upper		- 0.68
	95% CI Lower		- 0.96
	Spearman's rho		- 0.87***
	p-value		< 0.001
	R^2		0.7882
***Not.* * p < .05, ** p < .01, *** p < .001**			

Havza kırılganlık noktası puanı (OVP) ile su kalitesi değerleri arasındaki regresyon analizi grafiği ve denklemine göre kontrol havzası olarak seçilen havzaların, havza kırılganlık puanı

tahmin edilmiştir. Havza kırılganlık noktası puanı (OVP) ile tahmin edilen havza kırılganlık noktası puanları arasında en küçük kareler yöntemi ile fark 31.68 olarak bulunmuştur (Şekil 4.15, Tablo 4.15).



Şekil 4.15: Tüm parametrelere göre alt havzaların kırılganlık noktası puanı ile ekolojik su kalitesi değerleri arasındaki regresyon denklemi.

Tablo 4.15: Alt havzaların havza kırılganlık noktası puanı, tahmin edilen havza kırılganlık puanı ile en küçük kareler yöntemi değerleri.

Alt Havzalar (Kontrol)	**OVP**	**Tahmin edilen OVP**	**WQEco**	**EKKY[14]**
SP25y	49.29	***60.76***	2	131.58
SP144	52.14	***47.01***	8	26.28
SP173y	50.0	***56.18***	4	38.17
SP22b	42.86	***49.30***	7	41.51
SP68	61.43	***56.18***	4	27.58
SP172y	52.86	***65.34***	0	155.84
SP49	52.14	***60.76***	2	74.32
SP173	55.71	***51.59***	6	16.93
SP126y	56.43	***42.43***	10	196.03
SP28	53.57	***47.01***	8	43.01
SP10	42.86	***53.89***	5	121.58
SP69	55.0	***47.01***	8	63.81
SP168y	50.0	***53.89***	5	15.10
SP92	53.57	***60.76***	2	51.71

[14] EKKY: En Küçük Kareler Yöntemi.

Bir diğer hesaplama ise seçilen 8 indikatör dikkate alınarak yapılmıştır ve bu indikatörlerin hesaba katıldığı havza kırılganlık noktası puanı (OVP) ile su kalitesi değerleri uygulama havzası seçilen 14 havza için korelasyon ve regresyon analizi istatistik sonuçları tabloda verilmiştir (Tablo 4.16, 4.17). İstatistiki değerlendirmeler sonucunda, 8 indikatöre göre hesaplanan havza kırılganlık noktası puanı ile ekolojik su kalitesi değerleri arasında nispeten daha az bir ilişki olduğunu göstermiştir ($P < 0,001$).

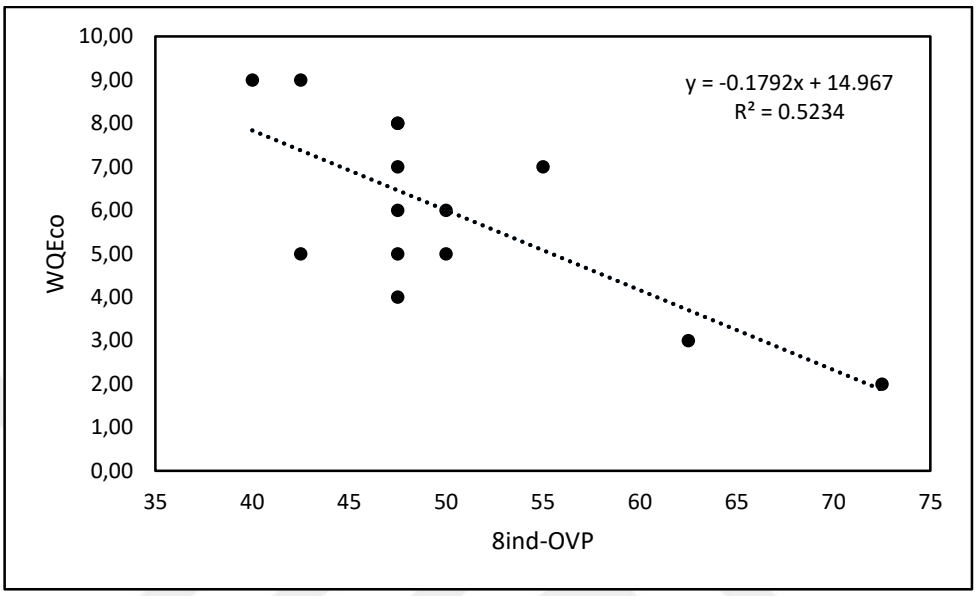
Tablo 4.16: Alt havzaların (uygulama) havza kırılganlık noktası puanı, ekolojik su kalitesi değerleri.

Alt Havzalar (Uygulama)	**8ind. - OVP**	**WQEco**
SP117	45.0	6
SP91y	72.5	2
SPy2	62.5	3
SPy1	47.5	5
SP03y	55.0	7
SP11	40.0	9
SP90y	42.5	9
SP136	50.0	6
SP22a	47.5	8
SP171	47.5	7
SP129y	47.5	6
SP08	42.5	5
SP168	47.5	8
SP60y	47.5	4

Tablo 4.17: Belirlenen 8 indikatöre göre alt havzaların kırılganlık noktası puanı ile ekolojik su kalitesi değerlerinin istatistiki sonuç özeti.

Correlation matrix		**8ind-OVP**	**WQEco**
8ind-OVP	Pearson’s r	-	- 0.72***
	p – value		< 0.003
	95% CI Upper		- 0.313
	95% CI Lower		- 0.906
	Spearman's rho		- 0.543***
	p-value		0.045
	R^2		0.5234
***Not.* * p < .05, ** p < .01, *** p < .001**			

Havza kırılganlık noktası puanı (OVP) ile su kalitesi değerleri arasındaki regresyon analizi grafiği ve denklemine göre kontrol havzası olarak seçilen havzaların, havza kırılganlık puanı tahmin edilmiştir (Şekil 4.16, Tablo 4.18).



Şekil 4.16: 8 parametrenin hesaba katıldığı alt havzaların kırılganlık noktası puanı ile ekolojik su kalitesi değerleri arasındaki regresyon denklemi.

Havza kırılganlık noktası puanı (OVP) ile tahmin edilen havza kırılganlık noktası puanları arasında en küçük kareler yöntemi ile fark 67.63 olarak bulunmuştur.

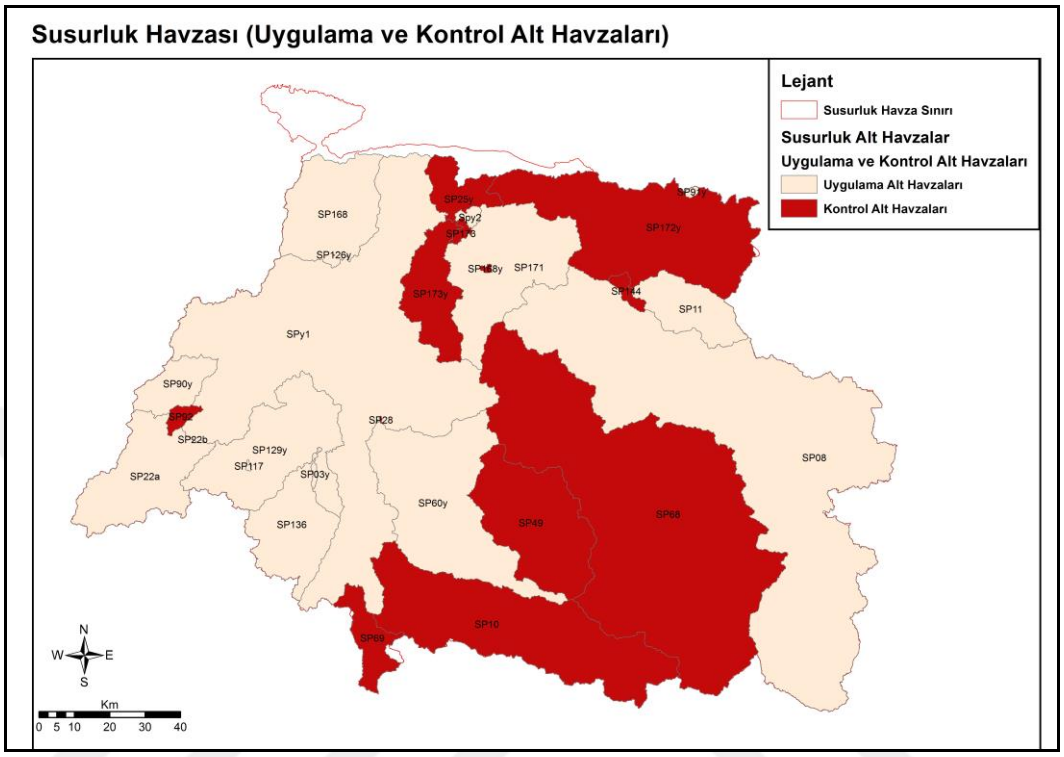
Tablo 4.18: Alt havzaların havza kırılganlık noktası puanı (8 indikatör), tahmin edilen havza kırılganlık puanı ile en küçük kareler yöntemi değerleri.

Alt Havzalar (Kontrol)	8ind. - OVP	Tahmin edilen OVP	WQEco	EKKY[15]
SP25y	52.50	***72.36***	2	394.44
SP144	45.0	***38.88***	8	37.47
SP173y	52.5	***61.20***	4	75.69
SP22b	32.5	***44.46***	7	143.01
SP68	55.0	***61.20***	4	38.44
SP172y	57.5	***83.52***	0	677.10
SP49	45.0	***72.36***	2	748.60
SP173	67.5	***50.04***	6	304.88
SP126y	47.5	***27.72***	10	391.34
SP28	65.0	***38.88***	8	682.34
SP10	35.0	***55.62***	5	425.16
SP69	50.0	***38.88***	8	123.69
SP117	50.0	***55.62***	5	31.58
SP92	50.0	***72.36***	2	499.99

Sonuç olarak; Susurluk Havzası için 28 alt havza oluşturulmuştur. Susurluk Havzası'nın havza kırılganlığını değerlendirebilmek için 28 parametre ortaya konmuştur. Her bir alt havzanın su kalitesi değerleri ile ilişkisinin olup olmadığını ortaya koymak için 2 farklı yaklaşımla istatistiki olarak analiz yapılmıştır. İlk yaklaşım havzalar rastgele olarak uygulama ve kontrol havzaları olarak ayrılmıştır (14 alt havza uygulama, 14 alt havza kontrol) (Şekil 4.17). Uygulama havzası için tüm parametrelerin dahil olduğu kırılganlık noktası puanı hesaplanmıştır ve değerler ile aynı havzaların su kalitesi değerleri arasındaki istatistiki olarak ilişki olup olmadığı analiz edilmiştir. Regresyon analizi sonucunda çıkan denklem ile kontrol havzasının kırılganlık noktası puanları tahmin edilmiştir. Kontrol havzasının hesaplanan kırılganlık noktası değeleri ile tahmin edilen kırılganlık noktası değeleri arasında farkın olup olmadığı saptanmıştır. İkinci yaklaşımda ise uygulama ve kontrol havzalarında belirlenen 8 indikatör için kırılganlık noktası puanı hesaplanmıştır (ortalama eğim, ormanlık alan, tarım alanı, yerleşim, nüfus yoğunluğu, yağış, PET ve yol yoğunluğu) ve aynı prosedür ikinci yaklaşım içinde uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre; tüm parametrelerin dahil edildiği ilk yaklaşım daha kuvvetli bir tahmin

[15] EKKY: En Küçük Kareler Yöntemi.

modeli sunmuştur. Sadece 8 indikatörün hesaba katıldığı ikinci yaklaşım ise nispeten daha az tahmin modeli ortaya koymuştur.



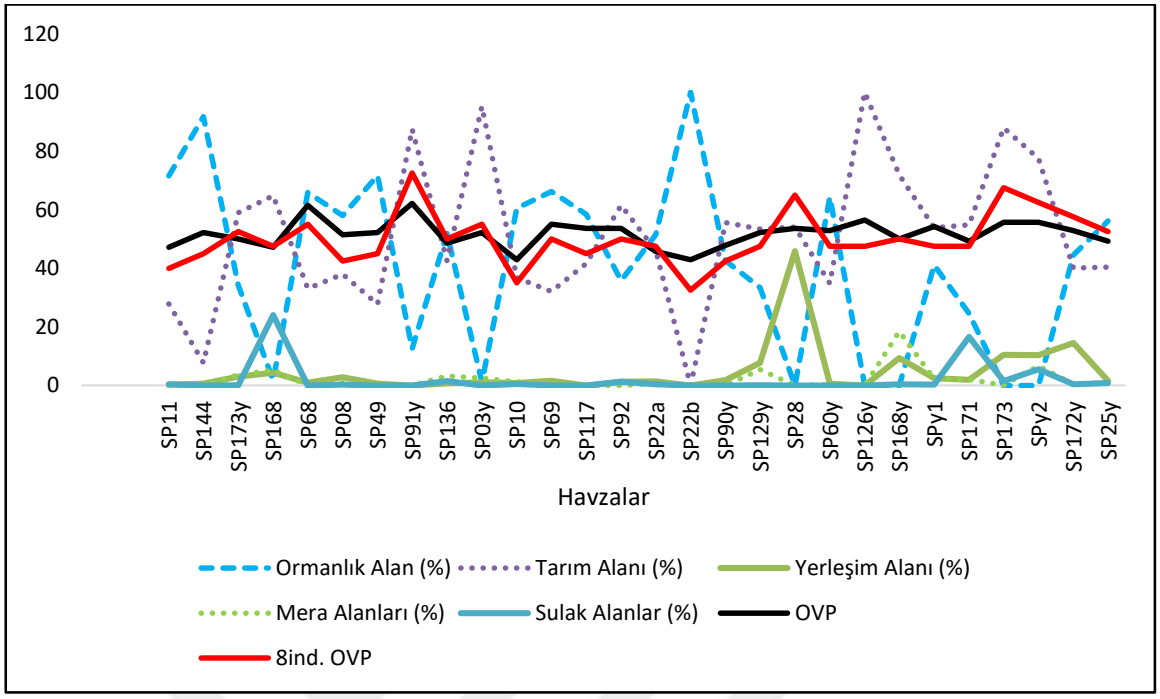
Şekil 4.17: Uygulama ve kontrol havzaları.

4.6.ARAZİ KULLANIMI İLE HAVZA KIRILGANLIĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Arazi kullanımı ile havza kırılganlığı değerlendirildiğinde genel olarak ormanlık alan oranı arttıkça havzaların direncinin arttığı eğilimini göstermektedir. Örneğin, SP22b alt havzası ormanlık alan oranı en fazla olan havzadır ve en dirençli havza olduğu görülmektedir. Buna karşılık yerleşim alanı oranı en fazla olan SP28 alt havzasında ise kırılgan eğilim göstermektedir. Bir diğer havza kırılganlığında (8 indikatör) ise tarım ve yerleşim alan oranının arttığı havzalarda kırılgan yüksek oranlarda eğilim göstermektedir (Tablo 4.19) (Şekil 4.18).

Tablo 4.19: Arazi kullanımı ile havza kırılganlık değerleri arasındaki ilişki.

Alt Havzalar	Ormanlık Alan (%)	Tarım Alanı (%)	Yerleşim Alanı (%)	Mera Alanları (%)	Sulak Alanlar (%)	OVP	8ind. OVP
SP11	71.5	27.8	0.3	0	0.4	47.14	40.0
SP144	91.7	7.7	0.6	0	0	52.14	45.0
SP173y	34.2	59.0	3.04	3.69	0.07	50.0	52.5
SP168	1.7	64.7	4.4	5.21	23.99	47.14	47.5
SP68	65.8	33.1	1.0	0.07	0.03	61.43	55.0
SP08	58	38.0	2.84	0.85	0.31	51.43	42.5
SP49	71.6	27.7	0.63	0.07	0	52.14	45.0
SP91y	12.5	87.5	0	0	0	62.14	72.5
SP136	51.9	42.6	0.74	3.24	1.52	48.57	50.0
SP03y	1.2	95.2	1.1	2.5	0	52.14	55.0
SP10	60.5	36.8	0.84	1.3	0.56	42.86	35.0
SP69	66.14	32.1	1.6	0.16	0	55.0	50.0
SP117	58.4	41.6	0	0	0	53.57	45.0
SP92	35.8	61.5	1.35	0	1.35	53.57	50.0
SP22a	51.4	46.1	1.4	0.7	0.4	45.71	47.5
SP22b	100	0	0	0	0	42.86	32.5
SP90y	42.6	55.6	1.8	0	0	47.86	42.5
SP129y	33.4	53.4	7.74	5.4	0.06	52.14	47.5
SP28	0	54.1	45.9	0	0	53.57	65.0
SP60y	64.3	34.8	0.6	0.29	0.01	52.86	47.5
SP126y	0	100	0	0	0	56.43	47.5
SP168y	0	71.8	9.4	18.4	0.4	50.0	50.0
SPy1	41.0	53.8	2.5	2.34	0.36	54.29	47.5
SP171	24.6	54.8	2.01	2.05	16.54	49.29	47.5
SP173	0	87.9	10.5	0.13	1.47	55.71	67.5
SPy2	0	77.4	10.32	6.7	5.58	55.71	62.5
SP172y	44.5	40.1	14.5	0.47	0.43	52.86	57.5
SP25y	56.1	40.4	1.6	0.98	0.92	49.29	52.5



Şekil 4.18: Arazi kullanımı ile havza kırılganlığının değerlendirilmesi.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

İklim değişikliğinin etkilerinden dolayı havzaların yönetimi ve sürdürülebilirliği, çeşitli çevresel tehlikelere maruz kaldığı ve etkilere karşı önlemlerin alınabilmesi için öncelikli havzaları (duyarlı-kırılgan, dayanıklı-dirençli) ortaya koymak gerekmektedir. Bazı indikatörler geliştirilerek havzaların adaptif kapasitesi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu tür yaklaşımlara "havza kırılganlık analizi (HKA)" adı verilmektedir. Bu tez çalışmasının amacı ülkemize özgü bir havza kırılganlık analizi metodu geliştirmeye yönelik olup ülkemizde yapılacak ilk çalışmalardan biri olması bakımından önemlidir. Bu amaçla, Akdeniz ve Karadeniz iklimi ile karasal iklim arasında bir geçiş iklimi tipine sahip olan (iklim değişikliğinin olası etkilerinin görüleceği) Susurluk Havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. İlk aşama literatür taraması ve uygun parametreler ile model altlığının geliştirilmesi, ikinci aşama Susurluk Havzası'nda iki yıl süre boyunca verilerin (su kalitesi, toprak kalitesi vb.) toplanması, üçüncü aşama ise toplanan veriler ile elde edilen verilerin (MGM, DSİ, Uzaktan algılama vb.) Coğrafi Bilgi Sistemleri üzerinden entegre edilerek hem istatistiksel hem de mekânsal olarak değerlendirilmesi aşamalarından oluşmaktadır.

İklim değişikliğine uyum, zararı hafifleten veya faydalı fırsatları kullanan iklim değişikliklerinin etkilerine tepki olarak ekolojik, sosyal ve ekonomik sistemlerde yapılan düzenlemeler anlamına gelmektedir. Azaltım, iklim değişikliğinin nedenlerini ele alırken, adaptasyon olgunun etkilerini ele almaktadır. Uluslararası platformlarda genellikle azaltım konusu üzerinde durulmuş ve bilimsel çalışmalar, projeler, ana hedef vb. çalışmalar azaltıma yönelik olmuştur. İklim değişikliğinin birçok olumsuz etkilerine karşı yeni fırsatlarda sunması iklim değişikliğine karşı adaptasyon üzerine yönelimi artırmıştır. Tez çalışmamızın ana çıkış noktasını oluşturan havza kırılganlık analizi; iklim değişikliğine uyum altında yer aldığı için kırılganlığı tanımlayan maruz kalma (maruziyet), hassaslık ve uyum kapasitesi başlıkları üzerinde durularak genel perspektif bu başlıklar üzerinden değerlendirilmiştir.

5.1.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM KAPSAMINDA SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışma alanımızı oluşturan Susurluk Havzası'ndan elde edilen verilerin daha iyi değerlendirilebilmesi için hidrolojik birim olarak alt havzalara ayrılmıştır. Bir havza için fiziksel, biyolojik, sosyo-ekonomik ve jeomorfolojik parametreler havza karakterizasyonunu oluşturduğu için bu parametrelerin altında yer alan indikatörlerin en az biri analiz edilmeye çalışılmıştır.

Bu kapsamda, alt havzaların büyüklükleri su potansiyelini ve akışı etkilemektedir. Alt havzaların büyüklükleri, 0,12 – 4667,77 km^2 arasında değişmektedir ve ortalama büyüklük 870,90 km^2'dir. Alt havzaların ana dere derecesine bakıldığı zaman en fazla ana dere derecesi 7 olan dereler mevcuttur. Rosgen Dere Sınıflandırmasına göre ise eğimi % 1 olan devamlı derelerin (F) sayısı fazladır. Bu sonuçlar havzamızda yer alan akarsu ağının iyi gelişim gösterdiğini ifade etmektedir.

Drenaj yoğunlukları kıyaslandığı zaman alan bakımından küçük havzalardan olan SP22b alt havzası (0,17 km^2) drenaj yoğunluğu bakımından en fazla değere sahip havzadır. Dere sıklığı, havza içersinde yer alan derelerin toplam sayısının havza alanı ile ilişkili olduğu için SP22b alt havzası 35,25 adet/km^2 en fazla değere sahip ve orman alanı ağırlıklı bir havza olmasına rağmen dere sıklığı bakımından iyi gelişme göstermiş bir havzadır buna karşılık SP68 ve SP08 alt havzası 0,14 adet/km^2 en az değere sahip ve ormanlık ve tarım alan ağırlıklı alt havza olmasına rağmen alan başına düşen toplam dere sayısının az olması dere sıklığını düşük çıkarmıştır. Drenaj yoğunluğunun yüksek olması, havzanın iyi gelişmiş drenaj sistemine sahip olduğunu ve yüzeysel akışın hemen oluştuğunu göstermektedir (Özhan, 2004). Vincy ve diğ. (2012) çalışmasına göre; bir havzanın morfometrik parametrelerinin CBS kullanılarak nicel analizinin, nehir havzası değerlendirmesinde, toprak ve su koruma için havza önceliklendirmesinde ve mikro düzeyde doğal kaynak yönetimine büyük fayda sağladığı saptanmıştır. Bir yandan, Payappara alt havzası için çok düşük drenaj yoğunluğu değerleri (1.69 km / km^2), geçirgen alt yüzey litolojisinin ve düşük rölyefin varlığına bağlanmaktadır. Öte yandan, Tikovil alt havzası yüksek kümülatif dere uzunluğuna ve düşük form faktörüne sahiptir, bu da havzanın daha uzun süre yüksek akış hacmine sahip olduğunu ve derin toprakların sızması ve gelişmesi için elverişsiz olduğunu göstermektedir. Farklı jeolojik ve iklim koşullarında yüksek çözünürlüklü uydu verileriyle bağlantılı çalışmalar, yer şekillerinin durumunun ve süreçlerinin, toprağın,

toprak erozyonunun, drenaj yönetiminin ve havza planlaması ve yönetimi için yeraltı suyu potansiyel koşullarının daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmaktadır.

Havza şeklini karakterize eden; form faktörü, şekil faktörü ve dairesellik oranı gibi çeşitli indisler, havza eğimi ile birlikte taşkın ve akış özelliklerini etkilemektedir. Form faktörü değeri ne kadar küçük ise havzanın şekli o kadar dar ve uzundur. Burada ki ilişki alan – uzunluk olduğu için SP68 alan bakımından büyük bir havza (4070,62 km^2) iken SP03y küçük alana (9,50 km^2) sahip alt havzadır.

Reliyef ve eğim özellikleri, havza içerisindeki hidrolojik tepkiler sonucuna etki etmektedir. Havzanın eğimi ve reliyefi taşkın olaylarını etkilemektedir. Bir havzanın eğimi arttıkça taşkın miktarıda artmaktadır. Maksimum havza reliyefi bir havzanın en yüksek ve en alçak noktaları arasındaki yükseklik farkını ifade ettiği için maksimum havza reliyefi SP172y alt havzası için 2526,57 m, SP126y alt havzasında 5,04 m olarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda SP172y alt havzası sel ve taşkın bakımından en riskli alt havzadır. Çalışma alanımızın ortalama eğimi % 7,9, ortalama yükseklik 631,5 m sahip ve eğim bakımından orta derecede eğime sahip bir havzadır. Susurluk Havzası'nın ortalama yağışı 629,29 mm, potansiyel evapotranspirasyonu ise 777,55 mm olarak gerçekleşmektedir. Susurluk Havzası için yağış miktarı buharlaşma miktarından az olduğu için yarı kurak iklim tipine sahiptir. İklim değişikliğinin olası etkilerinden olumsuz etkilenecektir.

Alt havzaların kanal erozyonu değerleri kıyaslandığında SP91y alt havzası 6 ile en fazla, bu havzanın arazi kullanımı ise çoğunluğu tarım alanıdır. SP168, SP68, SP08, SP136, SP03y, SP28, SP171 alt havzalarının ise 0 ile en az değere sahip alt havzalardır. SP68 ve SP08 alt havzaları arazi kullanımı olarak ormanlık alanı fazla alt havzalar iken diğer havzalar tarım arazisi ağırlıklı alt havzalardır. Erozyon değerleri sonucunda SP10, SP69 alt havzaları 4 ile en fazla, SP136 alt havzası ise 0 ile en az değere sahip alt havzadır. Doğallık değerlerine göre SP129y, SP168y alt havzaları 7 ile en fazla, SP136, SP22a, SP22b alt havzaları ise 1 ile en az değere sahip alt havzalardır. Doğallık açısında ormanlık alanlar daha doğal bir yapıya sahipken, yerleşim yeri olan alanlar ise doğallık bakımından daha zayıf kalmaktadır.

Susurluk Havzası'nın tamamında tüm parametreler incelendiği zaman en dirençli indikatörler; havza alanı, nüfus yoğunluğu, yerleşim, kanal erozyonu, demiryolu yoğunluğu ve form faktörü iken en kırılgan indikatörler ise ormanlık alan, akış, kuraklık, mera alanı ve maksimum sıcaklık

parametreleridir. Ormanlık alan, akış, kuraklık, mera alanı ve maksimum sıcaklık değerleri, iklim değişikliğinin etkilerine karşı en hassas parametrelerdir ve iklim değişikliğinin etkilerine karşı oldukça kırılgan özellik gösterecektir. Havza alanı, nüfus yoğunluğu, yerleşim, kanal erozyonu, demiryolu yoğunluğu ve form faktörü (sel-taşkın) parametreleri iklim değişkenliğine karşı direnç gösterebilecek veya mukavemet gösterebilecek parametrelerdir.

Richardson ve diğ., (2019) yapmış olduğu araştırmaya göre; New Mexico'da FIS (Fuzzy Inference System) metodolojisi kullanılarak bölgesel ölçekli risk indeksi haritası oluşturulmuştur. Bu yöntemde havza kırılganlığını değerlendirmek için birincil faktörler olarak drenaj yoğunluğu, eğim, yağış, bitki örtüsü, arazi kullanımı ve arazi örtüsü, toprak erozyonu, toprak dokusu ve toprak geçirgenliğini ele alınmıştır ve ArcGIS üzerinden haritalandırılmıştır. Bu yaklaşımın, potansiyel olarak kırılgan havza alanlarını belirlemek için kullanımı, saha araştırmalarıyla doğrulanmayı beklerken, bu yaklaşımın bu çalışma alanına uygulanmasıyla gösterilmektedir.

Susurluk Havzası'nın % 82,61'i "Riskli" grupta yer alırken, % 17,39'u "Kırılgan" kategoride yer almaktadır (tüm parametrelere göre). 8 indikatörün hesaba katıldığı havza kırılganlık noktası puanına göre ise % 8,32'i "Dirençli", % 84,89'i "Riskli", % 6,75'i "Kırılgan", % 0,04'i " Yüksek kırılgan" kategorisinde yer almaktadır. İstatistiki değerlendirme sonuçlarına göre; tüm parametrelerin dahil edildiği ilk yaklaşım ile su kalitesi parametreleri arasında daha kuvvetli bir tahmin modeli sunmuştur. Sadece 8 indikatörün hesaba katıldığı ikinci yaklaşım ise nispeten daha az tahmin modeli ortaya koymuştur. Havza kırılganlık noktası puanı (OVP) ile su kalitesi değerleri uygulama havzası seçilen 14 havza için korelasyon ve regresyon analizi istatistik sonucunda, tüm parametrelere göre hesaplanan havza kırılganlık noktası puanı ile ekolojik su kalitesi değerleri arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermiştir ($P < 0,001$). Susurluk Havzası için havza kırılganlık puanı değerlendirmesi sonucu yüksek korelasyon ile havzaların su kalitesi parametreleri ile doğrulanmıştır. Sonuç olarak modelimiz altlık olarak değerlendirme, projelendirme, perspektif sunma, yönetim becerilerini geliştirme ve öncelik alanları belirleme anlamında hem mekansal olarak hem uzaktan algılama hem de istatistiki açıdan değerlendirebilme fırsatı sunmuş ve bu yöntemlerin entegre edilerek bir metodoloji sunma açısından olumlu bir yaklaşım sunmuştur.

5.2.HAVZA KIRILGANLIK ANALİZİNİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM İLE BİRLİKTE DEĞERLENDİRİLMESİ

Uluslararası çalışmalara bakıldığında çalışmamızı destekleyen birçok proje ve araştırma mevcuttur. Bu çalışmaların birçoğu iklim değişikliği etkilerine karşı mücadele yaklaşımlarını ve davranışsal modelleri ortaya koymaktadır. Örneğin; Chang (2008) yapmış olduğu çalışmaya göre uzamsal regresyon modelleri, su kalitesinin değişimlerini en küçük kareler yöntemiyle daha iyi açıklandığını ortaya koymuştur. Özellikle daha geniş bir bölgesel alanda meydana gelen nokta kaynaklı olmayan kirlilik için geçerli olup, su kalitesi yönetimi için mekansal bir yaklaşımın yararlı olacağını söylemektedir. Bu çalışma, su kalitesinin karmaşık dinamiklerini bütünsel olarak anlamak için peyzaj analizi ve mekansal olarak yoğun izlemenin entegrasyonunu desteklemektedir. Peyzaj ve doğal faktörlerin akış suyu kalitesini birden çok ölçekte nasıl kısıtladığını ve ilişkilerin zaman içinde nasıl değiştiğini anlamak, su kaynakları yöneticilerinin su kalitesi yönetimi çabalarının iyileştirilmesi için uygun ölçekleri ve faktörleri hedeflemelerine yardımcı olacağı sonucu ortaya atmıştır.

USDA (2013)'nın su kaynaklarının iklim değişikliğine karşı yararlı, yerel temelli değerlendirmelerini tamamlamak için kullanabileceği bir süreci geliştiren ve test eden, havza kırılganlık değerlendirme projesine göre; iklim değişikliğine karşı en kırılgan ve en dirençli havzaların ayırt edilmesiyle öncelikli alanların yer bazlı tanımlanmasını sağlamıştır. Kırılganlığın değerlendirilmesi, iklim değişikliğine uyum sağlamanın temel ilk adımı ve yöneticilere havza direncini sürdürmek veya iyileştirmek için sınırlı kaynaklara yatırım yapmayı hedeflemeleri için bir temel sağlamak olduğunu vurgulamıştır. Susurluk Havzası için kırılgan ve dirençli havzalar belirlenmiş (%82.61'i riskli, %17.39'u kırılgan) ve bu havzalar uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak görselleştirilmiştir. Sonuç olarak öncelikli alanların belirlenmesiyle planlama kararları verilirken bu kriterler dikkate alınarak ekosistemlerin sürdürülebilirliği çerçevesinde bir yöntem belirlenmeye çalışılmasına perspektif sunulmaya çalışılmıştır.

Havzaların çoğunluğu yangından, kabuk böceği salgınlarından, yollardan, patikalardan, istilacı türlerden, kirlilikten ve bozulmuş nehir kenarı habitatlarından etkilenmektedir. Örneğin bir havzanın maruz kalma derecesi; hava sıcaklığının artması, buharlaşmanın fazla olması, kuraklık dönemlerinin sık, yoğun ve uzun olması, düşük akış miktarı ve sel olaylarının aşırı meydana gelmesinden kaynaklanmaktadır. Hassaslık derecesi; hidrolojik işlevin iklim

koşullarının olumsuz etkilerine karşı bozulmaya başlaması, kuraklıktan kaynaklanan dere akışının azalması, taşkınların altyapılara zarar vermesi, yangınlardan sonra taşkınların erozyonlara neden olması gösterilebilir. Uyum kapasitesi ise iklim değişikliğine ve iklim dışı baskı (kabuk böceği salgınlarının orman yapısını değiştirmesi, yeraltı suyu çekimleri, rekreasyonel kullanımlar, yollar, tarımsal ve kentsel arazi kullanımları, barajlar, otlatma ve enerji gelişimi hava ve su kirliliğine) faktörlerine karşı direnci (dayanaklılığı) ve uyum kapasitesini artırmak için birçok yönetim seçeneği mevcuttur (Rice ve diğ., 2017).

Bir başka yaklaşıma göre bir sistemin konumu, coğrafi dağılımı gibi çeşitli faktörler maruz kalmayı etkilemektedir. Örneğin; riske açık bir alandaki konumu (sel bölgeleri, kentsel ısı adaları, kuraklığa eğilimli alanlar, dağlık alanlar, kıyılar vb.), konut kalitesi (evlerin yüksek derecede termal izolasyonu ısı transfer oranını azaltır), coğrafi hareketliliği etkileyen faktörlerin bazı örneklerini temsil etmektedir (Ribeiro ve diğ., 2009). İklim değişikliğinin Akdeniz havzalarının ekohidrolojik süreçleri üzerinde; yaz yağışlarını azaltması, kurak günleri artırması, sıcak hava dalgalarını artırması ve kuraklık dönemlerini uzatması vb. etkileri olması beklenmektedir. Etkilenen ekohidrolojik süreçler arasında akış, toprak nemi, göl ekolojisi ve evapotranspirasyon yer almaktadır. Akdeniz ekohidrolojisi iklim değişikliğine karşı kırılgandır. Akdeniz bölgesindeki havzaların korunması, sürdürülebilirliği, var olan ekosistemlerin devamlılığını sürdürmek için önemlidir (Erol ve diğ., 2012). Susurluk Havzası, iklim değişikliği etkilerine karşı maruz kalma potansiyeli kırılgan olarak belirlenmiştir (Tablo 4.11). İklim değişikliği etkilerine karşı maruz kalma derecesi havza genelinde riskli (%42.8), kırılgan (%40.0) ve yüksek kırılgan (%17.2) olarak belirlenmiştir. Susurluk havzası olası iklim değişikliği etkilerine karşı maruz kalma derecesi oldukça risklidir ve planlama aşamasında havzaların maruz kalma dereceleri dikkate alınarak planlama yapılmalıdır.

İklim değişikliğinin bir sonucu olarak bir sistemin etkilenmesi muhtemel ise, iklim değişikliğine hassas olduğu düşünülmelidir. Örneğin, iklim değişikliğinin sonucu olarak sıcaklık değişikliğindeki artış veya azalış tarım ürünü verimindeki sonucu doğrudan bir etkiye, deniz seviyesinin artmasıyla kıyı sel artışının neden olduğu hasarlar ise dolaylı etkilere örnektir. Bu kapsamda hassaslık derecesi iklim değişikliğine uyum kapsamında önemli bir indistir. Susurluk Havzası için hassaslık derecesine bakıldığı zaman havzaların hassaslığa karşı kırılganlık oranı %53.3 iken risk oranı ise %46.7 olarak belirlenmiştir. Susurluk Havzası genel olarak iklim değişikliği etkilerine karşı hassas (duyarlı) eğilim göstermektedir. Susurluk

Havzası'nda meydana gelebilecek kuraklık, sel-taşkın, orman yangınları, tür çeşitliliğindeki değişim ve sıcaklıklardaki değişim havza genelinde yüksek oranda kendini gösterecektir.

Uyum kapasitesinin değerlendirilmesi, bir planlama aşamasının kırılganlık değerlendirmesinden sonraki adımdır. Uyum kapasitesi, bir ekosistemi yönetmekten, bir topluluğa veya kentsel kamusal alanlara liderlik etmekten sorumlu bir kuruluşun, bilgi toplamak ve analiz etmek, iletişim kurmak, planlamak ve nihayetinde iklim değişikliği etkilerine karşı kırılganlığı azaltan uyum stratejileri uygulamak konusundaki yeteneklerini de yansıtabilir (Giordano ve diğ., 2013).

Uyum kapasitesi veya azaltım miktarını belirleyen faktörler, değişen iklimin neden olduğu baskılara özgü değildir. Aslında, bireyler, topluluklar ve kurumlar, iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya ve azaltım sonuçlarından geriye kalan durumla (uyum) başa çıkmaya çalışarak baskılara yanıt verirler. Böylelikle iklim değişikliğine karşı uyum kapasitesinin nasıl geliştirilebileceği konusunda fikir verecektir (Yohe, 2001). Susurluk Havzası için uyum kapasitesi derecesi riskli olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak alt havzaların iklim değişikliği etkilerine karşı uyum kapasitesi derecesine göre %86.3'u riskli, %13.66'sı kırılgan, %0.037'si yüksek kırılgan ve %0.001'i ise dirençlidir. Havza geneli uyum kapasitesi bakımından iklim değişikliği etkilerine karşı adaptif etki gösterebileceği öngörülmektedir.

İklim değişikliğini anlamak ve etkileri ile başa çıkabilmek adına planlamalar yapabilmek için havza bazlı değerlendirme yapmak gerekmektedir. Bu kapsamda bir bölge için daha küçük alanlarda kırılganlık değerlendirmesi belirlenebilecektir. Çalışmamız iklim değişikliği etkilerini karşı havza bazlı değerlendirmeye indirgemeye çalışmıştır. Havza bazlı değerlendirme bize daha küçük alanlarda değişen koşullara karşı yorum yapabilme ve değerlendirme fırsatı sunmaktadır.

Örneğin; FAO'nun 1970'li yıllardan beri dünya çapında havza yönetimi temel yaklaşımlarından biridir ve farklı arazi kullanımı sistemlerini entegre etmek için bir çerçeve sağlamaktadır (ormancılık, otlak ve tarım vb.). İklim değişikliğiyle birlikte, havza yönetiminin mümkün olduğunda iklim değişikliğine uyum ve azaltıma katkıda bulunmasını sağlamanın da getirdiği yeni zorluklar ortaya çıkmaktadır. Havza yönetimi; ormancılık ve ormancılıkla ilgili hidroloji konusuna odaklanırken insanlara ve sosyo-ekonomik yönlere eğilim göstermemekteydi. Süreç içerisinde yerel halkın katılımı ve katkısıyla "katılımcı ve entegre" havza yönetimine

dönüşmüştür (Joosten ve diğ., 2017). Havza tabanlı planlama bir ekosistem için en uygun yöntem olabilir. Çünkü; havza durumu, su ekosistemlerini destekleyen hidrolojik ve toprak işlevlerini etkileyen havza içindeki fiziksel ve biyolojik özelliklerin durumunu göstermektedir. Örneğin; Potyondy ve diğ., (2011), havza durumunu genellikle ne kadar müdahale görmüş ve doğallıktan uzaklaşırsa (fragmantasyon, arazi kullanımın değişmesi, arazi kabiliyet sınıflarının bozulması, biyoçeşitliliğin azalması, popülasyon yoğunluğu vb.) sağladığı fonsiyonlar bozulmaya başladığını ifade etmişlerdir. Bir havza ister kentsel havza olsun ister kırsal havza olsun karakteristik özellikleri (büyüklüğü, eğim, ormanlık alan, tarım alanı, yükseklik, yağış rejimi vb.) bozulmaya başladıkça iklim değişikliği etkilerine karşı daha hassas olmakta ve havzanın kırılganlığı artmaktadır. Williams ve diğ., (1997), doğal ve sağlıklı havzalar; yüksek biyotik bütünlük sağlamakta, beşeri baskılara karşı dirençli olmakta, toprak verimliliğini korumakta, akıntı boyunca taşkın yatağı, yer altı ve yer üstü suları ile güçlü ilişki göstermekte, su kalitesinin iyileştirilmesi, nehir kıyıları boyunca yer alan biyoçeşitliliği desteklemesi gibi fonksiyonlar sağladığına değinmişlerdir. Çalışmamız da alt havzaların arazi kullanımları dikkate alındığında daha doğal alanlar (ormanlık vb) kırılganlık anlamında daha dirençli olduğunu göstermiştir. Yerleşim yeri yoğunluğu ve ormanlık alan fragmantasyonu arttıkça havzaların direnç gösterebilme özelliğinin azaldığını ve daha kırılgan olduğunu sonuçlar göstermiştir.

Smit (2006) yapmış olduğu çalışmaya göre; insan topluluklarındaki adaptasyonun, uyum kapasitesi ve kırılganlık ile yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Özellikle, kırılganlığın hem iklim değişikliği gibi uyaranlara karşı toplulukların farklı maruz kalma ve hassaslığı hem de maruz kalma ile ilişkili risklerle başa çıkmak için bu toplulukların belirli uyum kapasiteleri ile ilgili olduğunu göstermiştir. İklim değişikliği risklerini ele alan önlemler (risk yönetimi, arazi kullanım planlaması, geçim kaynaklarının iyileştirilmesi, su ve diğer kaynak yönetimi sistemleri, kalkınma girişimleri vb.) ile ilgili pratik uygulamada bir miktar başarı görülmüştür. Sonuç olarak duyarlılık değerlendirmelerinin temel amacı, topluluklarda uygulanabilir ve pratik olan uyum stratejilerini belirlemek olduğunu göstermiştir.

Dünyanın birçok bölgesinde adaptasyon kapasiteleri belirlenmiş ve bu uyum kapasitelerini uygulayabilmek için çeşitli stratejiler geliştirilmiştir. Örneğin; Amerika Birleşik Devletleri, Washington Eyaleti için hazırlanan strateji raporunda; iklim değişikliğine uyum sağlamasına

yardımcı olabilecek yedi yüksek öncelikli, kapsayıcı müdahale stratejisini tanımlamaktadır (Adelsman ve diğ., 2012):

- Ortaya çıkan tehditleri ve iklimle ilgili acil durumları izlemek, tespit etmek, planlamak ve bunlara müdahale etmek için halk sağlığı kapasitesini artırarak iklim etkilerine karşı en kırılgan kişileri ve toplulukları korumak

- İklim değişikliğinin; binalara, ulaşım sistemlerine ve diğer altyapılara zarar verme riskinin azaltılması. Kırılgan alanların belirlenerek sık ve şiddetli sellere, artan deniz seviyelerine, orman yangınlarına ve enerji arz ve talebindeki değişikliklere karşı kapasitenin artırılması

- Okyanus ve kıyı şeridindeki risklerin azaltılarak, habitatların bozulmasınının önlenmesi ve deniz canlılarının kırılganlığının azaltılması

- Gelecekteki su ihtiyacını dikkate alarak ve sulanan mahsuller, belediye ve evsel su ihtiyaçları ve enerji üretimi için rekabet eden su taleplerini ele alan entegre yaklaşımları teşvik ederek su yönetimini iyileştirilmesi

- Zararlıların ve hastalıkların karşı orman ve tarımsal kırılganlığın azaltılması. Değişen iklim koşullarına dirençli türlerin teşvik edilmesi ve bu türlere geçiş yapılması, üretken ve adaptif orman ve tarım arazilerinin korunması ve hassas alanlarda orman ve orman yangını riskini azaltılması

- İklim değişikliğine karşı yaban hayatı habitatlarının geliştirilmesi

- Halkın katılım kapasitesini güçlendirilerek, yerel düzeyde uyum çalışmalarını desteklemek için mevcut ve yeni finansman mekanizmalarını belirlenmesi.

Dünya Bankası (2010) raporuna göre, 2 °C'lik ısınma bile maliyetli bir uyum stratejileri gerektireceğini öngörmektedir. Bu kapsamda; insanların hazırlandığı risk türlerini değiştirmek, yaşadıkları yerleri ve yiyecekleri, agroekolojik ve kentsel sistemleri tasarlama, geliştirme, yönetme yolları dikkate alındığında hem azaltım hem de uyum zorlukları büyük olduğunu göstermektedir. İklim değişikliğine karşı kırılgan olan ve adaptasyona yatırım yapmak için sermayeye daha az erişimi olan yoksul ülkelerde en ciddi iklim riskleri ve çatışmaları beklenmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde gıda ve su mevcudiyeti üzerindeki yıkıcı etkiler, eriyen buzul suyunun kaybı gibi büyük ölçekli olaylar, nüfus hareketlerini tetikleyebilir.

Önleyici bir iklim politikası, iklim değişikliğine karşı küresel bir güvenlik topluluğu oluşturmak için gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler arasındaki kurumları ve işbirliğini güçlendirmeye çalışacaktır (Scheffran ve diğ., 2011).

Liu ve diğ., (2019) çalışmalarına göre; uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi teknolojisine dayalı olarak; uzaktan algılama verileri, meteorolojik veriler ve ekonomik istatistik verileri ile havza kırılganlık analizi yapılmıştır. Temel değerlendirme birimi olarak uzaktan algılama görüntü pikseline dayanan "neden sonuç" değerlendirme modeli kullanılarak, ekolojik kırılganlık ve havzanın dinamik değişiklikleri analitik hiyerarşi süreci (AHP) yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. 1974 – 2015 yılları arasındaki ekolojik kırılganlık değerlendirmesi yapılmıştır ve mikro (ekolojik kırılganlık seviyesi) düzeyde kırılganlık artmıştır. Mikro düzey (2 – 4 ekolojik kırılganlık indeksinin değeri) kararlı ekosistem, düşük baskı, dış müdahalelere karşı kendini kurtarma yeteneği güçlü ve dirençli yapısı, ekolojik anormallikler olasılığı ve düşük ekolojik kırılganlığı mevcuttur.

Çeşitli araştırma çalışmaları, Akdeniz ve ve ılıman bölgelerdeki orman ekosistemlerinde iklim değişikliğinin etkilerini modellemiş ve bu modelleri adaptif yönetim yanıtları hakkında önerilerde bulunarak, karbon depolama yoluyla iklim değişikliğinin azaltılmasına katkıda bulunurken orman direncini artırmayı amaçlamıştır. İklim değişikliği etkilerine karşı uyum kapasitesinin geliştirilmesi ve azaltım kapsamında çeşitli ormancılık uygulamaları yapılabilir. Belli başlı uygulamalar şu şekilde özetlenebilir (FAO, 2010):

1. Silvikültürel uygulamalardaki değişimler;

- Müdahalelerde adaptif aralama çalışmaları iklim değişikliğinin neden olduğu artan su kıtlığı ve evapotranspirasyon kapsamında, ağaç yoğunluğunun topraktaki su mevcudiyeti üzerindeki etkisi, ağaç yoğunluğunun ve kuru biyokütlenin azaltılması, yangın riskini azaltmakta, baltalık ormanlarda büyüme durgunluğunu ortadan kaldırmakta ve daha yüksek miktarda karbon depolayabilen daha iyi yapılandırılmış ve daha yaşlı orman ağaçlarını desteklemektedir.

- Yoğun bir çalı tabakası yangın riskini artıracağından bu formun ormandan uzaklaştırılması gerekmektedir.

- Ölü ağaç dallarının budanması orman yangının yayılma riskini azaltmaktadır.

- Periyot süresindeki değişiklikler (uzun periyot süresi; su kısıtlamaları, ağaç biyokütlesi, ile orman toprağı ve bitki örtüsünde tutulan artan karbon miktarı nedeniyle büyüme oranındaki azalmayı telafi etmesi beklenebilir).

- Kesim dönemlerindeki değişiklikler

- Tür çeşitliliği ve doğaya yakın ormancılık yönetiminin arttırılması (günümüzde orman politikalarının çoğunda çok işlevli orman yönetiminin ana hedef olduğu ve odun üretiminin Yakın Doğu ormanlarında genellikle marjinal bir ürün olduğu dikkate alındığında, tek bir orman ürününün yoğunlaşmasından kaçınılmalı, yerli ağaç türlerinin (özellikle kuraklığa duyarlı olanların) iklim değişikliği altında yüksek bir kereste üretimi ve geniş yapraklı türlerin iklim değişikliği altında daha iyi performans gösterebilecekleri için karışık ormanlardaki payının artırılması).

2. Restorasyon yoluyla orman direncinin artırılması.

- Mevcut iklim değişikliği senaryosuna göre orman restorasyonu şunlara yönelik olmalıdır; orman ekosistemlerinin ve su havzalarının aşırı hava olaylarına, sıcak hava dalgalarına, yangınlara, toprak kaymalarına, seller vb. karşı direncini artırmak ve su kısıtlamalarını azaltılması.

- Kereste dışı orman ürünleri için teşviklerin ve pazar fırsatlarının getirilmesi, yerel geliri çeşitlendirme ve artırma fırsatları da sunubilir.

3. Orman yangın risklerine karşı; izleme, erken uyarı, hazırlıklı olma, önleme, bastırma ve restorasyon dahil olmak üzere etkili yangın yönetimi için politika önlemlerinden ve kurumsal kapasitenin geliştirilerek ulusal yangın stratejileri oluşturulmalıdır.

4. Orman sertifikasyonu programları geliştirilmelidir (iyi yönetilen ormanlardan orman ürünlerine katma değer sağlayarak sürdürülebilir orman yönetimini teşvik etmek için kullanılan bir etiketleme sistemidir). Orman sertifikasyonu; sürdürülebilir orman yönetimi sağlamak, orman bozulmasının ve ormansızlaşmanın azaltılması için gerekli koşulları oluşturmak için etkili bir aracı temsil etmektedir. FSC (Forest Stewardship Council) gibi belirli sertifika programları, sürdürülebilir orman yönetiminin gerçekleştirilmesinde daha etkilidir, yani

ormanların çevreye uygun, sosyal açıdan yararlı ve ekonomik olarak uygun bir şekilde yönetilmesi, çoklu paydaş katılım süreçleri ve yönetişim mekanizmalarını oluşturmaktadır.

Yapılan çalışmaların çoğu iklim değişikliğine uyum kapsamında gerçekleşmiştir. Bu çalışmalar bir çok projeksiyon sunmaktadır. Bu kapsamda, Bali'de gerçekleşen (2007 yılında) BMİDÇS Taraflar Konferansı'nda (COP), ormansızlaşma ve bozulmanın önlenmesinden kaynaklanan azaltılmış emisyonları telafi etmek için bir mekanizma geliştirilmesine karar verilmiştir. Ormansızlaşma ve orman bozulması (REDD) kaynaklı emisyonların azaltılması, Bali'deki orijinal konsepte koruma, sürdürülebilir yönetim ve karbon stoklarının iyileştirilmesi eklendikten sonra REDD Plus (REDD+) olmuştur. 1991 yılında kurulan Küresel Çevre Fonu (GEF), küresel çevreyi iyileştirmeye yönelik projelerin en büyük fon sağlayıcısıdır. Gelişmekte olan ülkelere ve geçiş ekonomisi olan ülkelere, yerel, ulusal ve küresel çevresel zorlukları birbirine bağlayarak ve sürdürülebilir geçim kaynaklarını teşvik ederek hibe sağlamaktadır. Aynı zamanda UNFCCC, CBD ve UNCCD gibi uluslararası sözleşmelerin uygulanmasına yönelik bir mali mekanizma olarak da çalışır. Yakın Doğu ülkeleri, ormanların ve kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için ilgili bir politika çerçevesi belirleyen bir dizi çok taraflı çevre anlaşması (MEA) imzalamıştır. Bunların arasında, Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi (UNCCD), Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (CBD), İklim Değişikliği Sözleşmesi (UNFCCC) ve Birleşik Ormanlar Forumu (UNFF), yüksek etkileri nedeniyle önemli sözleşmelerdir. Bu fonların tamamı ülkelerin iklim değişikliği etkileri ile mücadelesine katkı sağlamak ve adaptif kapasitelerini geliştirmeye yöneliktir.

COVID-19 ile bağlantılı mevcut kriz, ortaya çıkan hastalıkları hızla tespit edebilen ve bir salgın durumunda anında tepki verebilen daha güçlü sağlık hizmetleri sistemlerine olan ihtiyacı göstermektedir. Nüfusun sağlıkla ilgili iklim değişikliği etkilerine karşı direncini oluşturmakla ilgili sinerji mevcuttur. Önümüzdeki birkaç yıl içinde, dünyanın salgınları ve yeni hastalıkları yönetme yeteneğini geliştirmek için sağlık sistemlerine önemli yatırımlar bekleyebiliriz. Bu yeni sistemlerin, iklim değişikliğinden kaynaklanan yeni ortaya çıkan hastalıkları hızlı bir şekilde tespit etmek ve bir aciliyet sağlamak için tasarlanmasını sağlamak için bir fırsat var olduğu ortaya çıkmaktadır (Hallegatte ve diğ., 2020).

Bir orman ekosisteminin iklim değişikliğine karşı direncini belirleyen özellikleri arasında biyoçeşitliliği, meşcere yapısı ve geçmişte maruz kaldığı etkiler ve ormancılık uygulamaları yer almaktadır (tohum orijini, yangın, tür seçimi, üretim, yol inşaatı vb.). Ormanın planlanma ve

işletilme şekli direnç seviyesini belirlemektedir. RCP 2.6 senaryosuna göre yüzyıl sonunda küresel ortalama sıcaklığın sanayi devrimi öncesine göre en az 1.7 ºC'ye kadar artması beklenmektedir (Serengil, 2018). İklim değişikliğinin, RCP 8.5 senaryosuna göre 21. yüzyılın sonunda şu anda kurak olan bölgelerde meteorolojik kuraklıkların (daha az yağış) ve tarımsal kuraklıkların (daha az toprak nemi) sıklığının artırması muhtemeldir (Jimenez ve diğ., 2014).

Birleşmiş Milletler (BM) tarafından 2015 yılında başta iklim değişikliği, enerji, eğitim, yoksulluk ve istihdam gibi belirli konu başlıklarında kabul edilen Sürdürülebilir Kalkınma Hedefine (2030 yılına kadar) ulaşmak için küresel çabalara yeni bir ivme kazandırmıştır. Avrupa Birliği sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda 2030 yılına kadar bu hedefleri gerçekleştirmek için en iyiden en kötüye göre amaç göstergesi sunmaktadır. Bu amaç doğrultusunda sağlık-refah, eğitim, temiz enerji, sürdürülebilir şehirler ve topluluklar, sorumlu tüketim ve üretim, cinsiyet eşitliği, ekonomik büyüme, hedefler için ortaklık, yoksulluk ile mücadele, yaşam alanları, açlıkla mücadele, endüstri – yenilik ve altyapı, eşitsizlikle mücadele, temiz su ve arıtma, iklim aksiyonları, su altı canlıları, barış – adalet ve güçlü kurumlar seviyelerini geliştirmeyi amaçlamaktadır (EC, 2018).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi çerçevesinde sera gazları salınımını azaltmayı amaçlayan bir anlaşma olan Paris İklim Antlaşması (2016); küresel sıcaklık artışının sanayi devrimi öncesi döneme göre 2 ºC'nin altında tutulmasını, sera gazı salınımının azaltımını amaçlamaktadır. Anlaşmaya göre; gelişmiş ülkeler gelişmemiş ülkelere destek vermesi yönüyle, ülkelerin amaçları doğrultusunda projeye 2020 senesine kadar yılda en az 100 milyar dolar yıllık bütçeyle destek vermesi beklenmektedir. Bu fon anlaşma kapsamında oluşturulacak Yeşil İklim Fonu üzerinden projeler desteklenerek dağıtılacaktır. 2021 yılı itibariyle Yeşil İklim Fonu Kurulu tarafından onaylanan projelere tahsis edilen miktar 8,3 milyar dolar, toplam proje sayısı 173 iken direnci artması beklenen kişi sayısı 498 milyon olarak gerçekleşmiştir. Şu an için fonlanan konu başlıklarına göre; adaptasyonun oranı % 48 iken azaltımın % 52'dir fakat bu oran gelecek yıllarda % 50 – 50 olarak gerçekleşmesi beklenmektedir. Fonun belli başlı desteklediği konu başlıklarına göre projeler; orman ve arazi kullanımı 1,3 milyar dolar ile (50 proje - azaltım), ekosistem ve ekosistem hizmetleri 526,9 milyon dolar ile (55 proje – adaptasyon), sağlık – yiyecek ve gıda güvenliği 815 milyon dolar ile (74 proje – adaptasyon), insan ve toplulukların geçim kaynağı 996,7 milyon dolar ile (109 proje – adaptasyon) desteklenmektedir.

Sonuç olarak; mevcut durumdaki çalışmaların tamamına göre iklim değişikliği etkileri şu an ve önümüzdeki yüzyıl için en önemli küresel çevre sorunudur. İklim değişikliği etkileri ile mücadele etmek ülkelerin mikro, makro ve küresel ölçekte ortak hareket ederek yerine getirmesi gerekli önlemlerdendir. İklim değişikliği ile mücadele eden ülkeler iklim değişikliği etkilerini azaltıcı ya da etkileri hafifletici planlamalar yapmak ve bu planlamaları gerçekleştirme uygulamalarını ortaya koymak suretiyle yeni stratejiler geliştirmelidirler. Çalışmaların çoğu da gösteriyor ki iklim değişikliği tek başına ele alınabilecek konu değildir. İklim değişikliği ile mücadelede azaltım ve uyum yöntemlerinin birlikte ele alındığı ve entegre bir çalışma üzerinde bir çerçeve sunmalıdır. İklim değişikliğine uyum kırılgan yapılara karşı bu hassaslık seviyesinin belirlenmesi ile öncelik olan konular üzerinde acil eylem planları geliştirmeyi sağlamaktadır. Bu yaklaşımlar neticesinde Susurluk Havzası için ölçülebilir, uzun yıllara ait veri potansiyeli olan, analiz edilebilir ve sonuçların görselleştirilebildiği bir metodolojik alttlık oluşturulmaya çalışılmıştır.

Bu sonuçlar, adaptasyon planlamasında belirlenen yönetim stratejilerinin çeşitliliğini vurgulayarak yöneticiler için hem mevcut hem de beklenen iklim değişikliği etkilerinin yanı sıra kısa ve uzun vadeli yönetim hedefleri ve hedeflerini ele alan bir dizi adaptasyon seçeneği sunmaktadır.

Bu tez çalışması, doğal ve doğal olmayan ekosistemlerin, kentsel ve kırsal havzaların değişen iklim değişikliği etkilerine karşı kırılganlığını değerlendirmek ve direnç kapasitelerini ölçmek için Susurluk Havzası genelinde havza bazlı uyum stratejileri oluşturmak ve geliştirmeye yöneliktir. Genel olarak, uyum çerçevesi havzanın uzun vadeli sürdürülebilirliği hakkında bilgi vererek paydaşların çeşitli faaliyetlerini koordine etmek için perspektif sunmaktadır. Tez kapsamında yapılmış olan bu çalışma ormancılık faaliyetleri, amenajman planları, silvikültürel uygulamalar, hidrolojik planlamalar, şehirlerin iklim değişikliğine karşı direnç kapasiteleri ve iklim değişikliğinin havza bazlı uyum kapasitesini geliştirmek ve duyarlılık metodolojisi için altlık oluşturmak için bu konuda ülkemizde yapılmış olan ilk doktora tez çalışmasıdır. Tez kapsamında yapılmış olan bu çalışma, Susurluk Havzası için geçerli olmakta ve buradan elde edilen yaklaşımlar diğer benzer havzalar içinde kullanılabilir ve değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

Adelsman, H., Ekrem, J., 2012, *Preparing for a Changing Climate: Washington State's Integrated Climate Response Strategy (Full Report)*, Washington State Department of Ecology.

Allen, M.R., Stott, P.A., Mitchell, J.F.B., Schnur, R., Delworth, T. L., 2000, Quantifying the uncertainty in forecasts of anthropogenic climate change, *Nature*, 407, 617–620.

Arnell, N., 1999, Climate change and global water resources, *Global Environmental Change*, 9 (1), S31–S49.

Arnold, C. A., 2010, Adaptive Watershed Planning and Climate Change, *Environmental and Energy Law and Policy Journal*, 5, 417-488.

Azar, C., 1999, Weight Factors in Cost-Benefit Analysis of Climate Change, *Environmental and Resource Economics*, 13, 249–268.

Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), 2015, *Implementation framework for climate change adaptation planning at a watershed scale*, PN 1529, ISBN 978-1-77202-011-3.

Capon, S. J., Chambers, L. E., Nally, R. M., Naiman, R. J., Davies, P., Marshall, N., Pittock, J., Reid, M., Capon, T., Douglas, M., Catford, J., Baldwin, D. S., Stewardson, M., Roberts, J., Parsons, M., Williams, S. E., 2013, Riparian Ecosystems in the 21st Century: Hotspots for Climate Change Adaptation?, *Ecosystems*, 16, 359 – 381.

Chang, H., 2008, Spatial analysis of water quality trends in the Han river basin, South Korea, *Water Research*, 42, 3285-3304.

Cubasch, U., D. Wuebbles, D. Chen, M.C. Facchini, D. Frame, N. Mahowald, J.G. Winther, 2013, *Introduction. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Döll, P., Zhang, J., 2010, Impact of climate change on freshwater ecosystems: a global scale analysis of ecologically relevant river flow alterations, *Hydrology and Earth System Sciences*, 14, 783-799.

European Comissions, 2018, *Sustainable development in the European Union Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context: 2018 edition*, Luxembourg Publications Office of the European Union, ISBN 978-92-79-88744-4.

EEA, 2008, *Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator – based assessment. EEA Official Publications of the European Communities*, ISBN: 978-92-9167-372-8.

EEA, 2012, *Climate Change, impacts and vulnerability in Europe 2012,* An Indicator Based Report, EEA No. 2012 – 12.

EEA, 2014, *Digest of EEA Indicators, EEA Technical Reports, Luxembourg: Publications Office of the European Union*, ISBN 978-92-9213-459-4.

EPA, 2008, *Climate Change Effects on Stream and River Biological Indicators: A Preliminary Analysis*, Global Change Research Program, National Center for Environmental Assessment, Washington, DC.

EPA, 2018, *Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI)*, Office of Air Quality Planning and Standards Air Quality Assessment Division Research Triangle Park, NC.

Erol, A., Randhir, T. O., 2012, Climatic change impacts on the ecohydrology of Mediterranean watersheds, *Climatic Change*, 114 (2), 319-341.

FAO, 2010, *Forests and climate change in the Near East Region*, Forests and Climate Change Working Paper 9.

Furniss, M.J., Staab, B.P., Hazelhurst, S., Clifton, C. F., Roby, K. B., Ilhadrt, B. L., Larry, E.B., Todd, A.H., Reid, L.M., Hines, S.J., Bennett, K. A., Luce, C. H., Edwards, P. J., 2010, *Water, climate change, and forests: watershed stewardship for a changing climate*. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-812. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

Füssel, H.M., Klein, R.J.T., 2006. Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking, *Climatic Change*, 75(3), 301-329.

Gallopin, G. C., 2006, Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity, *Global Environmental Change*, 16, 293-303.

Giordano, F., Mascolo, R., Finocchiaro, G., Capriolo, A., 2013, *Planning for adaptation to climate change guidelines for municipalities*, Publisher: Life Project No LIFE08 ENV/IT/000436.

Gitz, V., Rose, S., Meybeck, A., 2019, *Climate change vulnerability assessment of forests and forest-dependent people*, FAO Framework Methodology, Rome.

Hallegatte S., Jun R., Julie R., 2020, *Adaptation Principles—A Guide for Designing Strategies for Climate Change Adaptation and Resilience*, Washington, DC: World Bank.

Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., van der Linden, P. J., Xiaosu, D. (eds.): 2001, *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC, 1995, *IPCC Second Assessment Climate Change*, Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC, 2014a, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2014b, *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]*, IPCC, Geneva, Switzerland.

IPCC, 2018, *Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)], In Press.

IPCC, 2019, *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Isoard, S., Grothmann, T., Zebisch, M., 2008, *Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation: Theory and Concepts*, Workshop Climate Change Impacts and Adaptation in the European Alps: Focus Water, UBA Vienna.

Jiménez, C.B.E., Taikan, O., Arnell, N.W., Benito, G., Cogley, J.G., Döll, P., Jiang, T., Mwakalila, S.S., 2014, *Freshwater resources. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Joosten, K., Grey, S. 2017, *Integrating climate change adaptation and mitigation into the watershed management approach in Eastern Africa – Discussion paper and good practices*, Addis Ababa, FAO.

Lim, B., Siegfried E. S., 2004, *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures*, UNDP Cambridge University Press.

Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Gonzalo, J. G., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, M. J., Marchetti, M., 2010, Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems, *Forest Ecology and Management.* 259, 698 – 709.

Liu, G., Wang, J., Li, S., Li, J., Duan, P., 2019, Dynamic Evaluation of Ecological Vulnerability in a Lake Watershed Based on RS and GIS Technology. Pol. J. *Environ. Stud*., 28 (3), 1785-1798.

McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K.S. (Eds.), 2001, *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge.

MGM, 2016, *Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına göre Türkiye İklimi*, Araştırma Daire Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü.

Nakicenovic, N., 1995, *IPCC Special Report on Emissions Scenarios*, Published by The Press Syndicate of The University of Cambridge, The Pitt Building, Trampington Street, Cambridge, United Kingdom.

Nunes, J. P., Pacheco, N. R., 2007, Vulnerability of water resources, vegetation productivity and soil erosion to climate change in Mediterranean watersheds, *Hydrology Process*, 22 (16), 3115-3134.

Özhan, S., 2004, *Havza Amenajmanı*, Çantay Kitap-Kırtasiye-Fotokopi San. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul, ISBN: 975-4040-739-1.

Palmer, M. A., Lettenmaier, D. P., Poff, N. L., Postel, S. L., Richter, B., Warner, R., 2009, Climate change and river ecosystems: protection and adaptation options, *Environmental Management*, 44, 1053 – 1068.

Pasco, M. M., Picut, N. G., 2011, Vulnerability Assessment of Cugman River Watershed, *IUFRO World Series*, 29, 50.

Potyondy, J. P., Geier, T. W., 2011, *Watershed Condition Classification Tehnical Guide*, USDA Forest Service.

Randhir, T., Ekness, P., Tsvetkova, O., 2014, *Climatic Change Impacts on Watershed Hydrologic Dynamics: A Systems Approach to Adaptation*, Watershed Management, Restoration and Environmental Impact.

Ribeiro M., Losenno C., Dworak T., Massey E., Swart R., Benzie M., Laaser C., 2009, *Design of guidelines for the elaboration of Regional Climate Change Adaptations Strategies,* Study for European Commission – DG Environment – Tender DG ENV. G.1/ETU/2008/0093r. Ecologic Institute, Vienna.

Rice, J., Bardsley, T., Gomben, P., Bambrough, D., Weems, S., Leahy, S., Plunkett, C., Condrat, C., Joyce, L.A., 2017, *Assessment of watershed vulnerability to climate change for the Uinta-Wasatch-Cache and Ashley National Forests, Utah*, Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-362. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

Richardson, C. P., Amankwatia, K., 2019, *Assessing Watershed Vulnerability in Bernalillo County, New Mexico Using GIS-Based Fuzzy Inference. Journal of Water Resource and Protection*, https://doi.org/10.4236/jwarp.2019.112007.

Rosgen, D., 1994, A Classification of Natural Rivers. *Catena,* 22 (3), 169 – 199.

Roy, U., Majumder, M., 2016. *IPCC Watersheds to Climate Change Assessed by Neural Network and Analytical Hierarchy Process. Springer Briefs in Water Science and Technology*, Springer, ISBN 978-981-287-343-9.

Serengil, Y., 2018, *İklim Değişikliği ve Karbon Yönetimi. Tarım, Orman ve Diğer Arazi Kullanımları*, UNDP, Ankara, ISBN: 978-605-9239-11-0.

Shannon, P. D., Swanston, C. W., Janowiak, M. K., Handler, S. D., Schmitt, K. M., Brandt, L. A., Butler-Leopold, P. R., Ontl, T., 2019, Adaptation strategies and approaches for forested watersheds, *Climate Services*, 13, 51-64.

Scheffran, J., Battaglini, A., 2011, Climate and conflicts: the security risks of global warming. *Regional Environmental Change*, 11 (1), 27-39.

Schneider, S., Sarukhan, J., Adejuwon, J., Azar, C., Baethgen, W., Hope, C., Moss, R., Leary, N., Richels, R., Ypersele, J.P.V., Kuntz-Duriseti, K., Jones, R.N., 2001, *Overview of impacts, adaptation, and vulnerability to climate change: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* Cambridge University Press, Books, 40 West 20th Street New York NY 10011-4211 USA.

Smit, B., Burton, I., Klein, R. J., Street, R., 1999, The Science of adaptation: a framework for assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4 (3-4), 199-213.

Smit, B., Pilifosova, O., 2003, *Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity, in J. J. McCarthy, O. Canziani, N. A. Leary, D. Dokken and K. S. White (Eds.), Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability.*

Smit, B., Wandel, J., 2006, Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16, 282–292.

Smith, R., Boardley, S., Nelitz, M., 2013, *Tools for climate change vulnerability assessments for watersheds*, Canadian Council of Ministers of the Environment, Essa Technologies Ltd.

Strahler, A. N. (1952), "Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology", *Geological Society of America Bulletin*, 63 (11), 1117–1142.

Sukristiyanti, S., Maria, R., Lestiana, H., 2018, Watershed-based Morphometric Analysis: A Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 118, Global Colloquium on GeoSciences and Engineering 201718–19 October 2017, Bandung, Indonesia.

Tapia, C., Guerreiro, S., Mendizabal, M., Kilsby, C., Feliu, E. Glenis, V. Dawson, R.,Eluwa, C. 2015, *High level quantified assessment of key vulnerabilities and priorityrisks for urban areas in the EU.*

Tiburan, C.L., Galang, M. A., Malabrigo, P. L., Balatibat, J. B., Tapia, M. A., 2008, *Watershed Characterization and Vulnerability Assessment using Geographic Information System and Remote Sensing*, Department of Environment and Natural Resources, Forest Management Bureau.

Tiburan, C., Kobayashi, S., Mizuno, K., Saizen, I., 2009, Developing a spatial-based approach for vulnerability assessment of Philippine watersheds and its potential in disaster management, *Disaster Management and Human Health Risk*, 110, 21-32.

Tiburan, C.J.R., Saizen, I., Kobayashi, S., Mizuno, K., 2010, Geospatial-based vulnerability assessment of watersheds in the Philippines, *USM R&D Journal*, 18 (2), 161-169.

Tiburan, C.J.R., Saizen, I., Kobayashi, S., 2013. *Geospatial-based vulnerability assessment of an urban watershed*, The 3rd International Conference on Sustainable Future for Human Security SUSTAIN 2012.

Tigkas D., Vangelis H., Tsakiris G., 2015, DrinC: a software for drought analysis based on drought indices, *Earth Science Informatics*, 8(3):697-709.

Thornthwaite, C.W., 1948, An Approach toward a rational classification of climate, *Geographical Review*, 38 (1), 55-94.

Tsakiris, G., Pangalou, D., Vangelis, H., 2007, Regional Drought Assessment Based on the Reconnaissance Drought Index (RDI), *Water Resources Management*, 21, 821 – 833.

UNFCCC, 1992, *What is the United Nations Framework Convention on Climate Change?*

UNFCCC, 2007, *Climate Change: Impacts, Vulnerabilities and Adaptation in Developing Countries*, Climate Change Secretariat (UNFCCC), Bonn, Germany.

UN, 2019, *World Population Prospects 2019: Highlights*, Department of Economic and Social Affairs, Population Divisio, 2019.

UNEP, 2003, *Assessing human vulnerability to environmental change: concepts, issues, methods and case studies*, UNEP/DEWA/RS.03-5.

USDA, 2013, *Assessing the Vulnerability of Watersheds to Climate Change, Results of National Forest Watershed Vulnerability Pilot Assessments*. General Technical Report.

Vincy, M. V., Rajan, B., Pradeepkumar, A. P., 2012, Geographic information system–based morphometric characterization of sub-watersheds of Meenachil river basin, Kottayam district, Kerala, India, *Geocarto International*, 27(8), 661-684.

Yohe, G., 2001, Mitigative Capacity – the Mirror Image of Adaptive Capacity on the Emissions Side, *Climatic Change*, 49, 247–262.

Yohe, G., Tol, R. S. J., 2002, Indicators for social and economic coping capacity moving toward a working definition of adaptive capacity, *Global Environmental Change*. 12, 25 – 40.

Watson, R. T., Zinyowera, M. C., Moss, R. H., Dokken, D. J., 1996, *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change Scientific-Technical Analyses*. Cambridge University Press.

Watson, R. T., 2001, *Climate Change 2001: Synthesis Report*, IPCC Third Assessment Report.

Williams, J.E. Wood, C.A. Dombeck, M.P., eds. 1997, *Watershed restoration: principles and practices*. Bethesda, MD: American Fisheries Society.

Winter, T. C., 2000, The Vulnerability of Wetlands to Climate Change: A Hydrologic Landscape Perspective, *Journal of the American Water Resources Association*, 36 (2), 305 – 311.

World Bank, 2010, *World development report 2010: development and climate change*, Washington DC.

EKLER

EK 1. Susurluk Havzası meşcere tipleri.

Meşcere tipleri	Meşcere tipi açıklama	Yayılış alanı (ha)
2B	2B ile orman dışı bırakılmış	1.468
Ag0	Ağaçlandırmaya hazırlanmış açık alan	342.00
AgÇk0a	Karaçam fidanı dikilen başarısız alanlar	1947.40
AgCvBm0a	Ceviz ağırlıklı badem fidanı dikilen başarısız alanlar	6.2
AgÇz0a	Kızılçam fidanı dikilen başarısız alanlar	28.7
AgYki0a	Yabani kiraz fidanı dikilen başarısız alanlar	33.4
Ara, Arab2, Arab1, Arb1, Arbc1, Arb1-T, Arbc1-T, Arcd1, Arb2, Arb2-T, Arb2/a, Arbc2	Ardıç	7890.0
ArMab2, ArMb1, ArMb2, ArMbc1, ArMcd1	Ardıç ağırlıklı meşe	538.40
Bar, Bar-T	Bozuk ardıç	31888.60
BArÇk, BArÇk-T	Bozuk ardıç ağırlıklı karaçam	1051.40
BArM, BArM-T	Bozuk ardıç ağırlıklı meşe	7465.0
BArMl, BArMl-T	Bozuk ardıç ağırlıklı saçlı meşe	2820.0
BÇf	Bozuk fıstıkçamı	269.40
BÇfÇm	Bozuk fıstıkçamı ağırlıklı sahilçamı	41.80
BÇk, BÇk0, BÇk0Y, BÇk, BÇk-E, BÇk-T	Bozuk karaçam	44020.3
BÇkAr, BÇkAr-T	Bozuk karaçam ağırlıklı ardıç	6438.0
BÇkÇf	Bozuk karaçam ağırlıklı fıstıkçamı	48.90
BÇkÇz, BÇkÇz-T	Bozuk karaçam ağırlıklı kızılçam	165.80
BÇkDy0a	Bozuk karaçam ağırlıklı diğer yapraklı	9.2
BÇkKn	Bozuk karaçam ağırlıklı kayın	209.80
BÇkKs	Bozuk karaçam ağırlıklı kestane	74.7
BÇkKv	Bozuk karaçam ağırlıklı kavak	91.4
BÇkM, BÇkM-T	Bozuk karaçam ağırlıklı meşe	21178.90
BÇkMl, BÇkMl-T	Bozuk karaçam ağırlıklı saçlı meşe	1714.0
BÇkMm	Bozuk karaçam ağırlıklı mazı meşesi	38.0
BÇm	Bozuk sahilçamı	44.80
BÇmÇf	Bozuk sahilçamı ağırlıklı fıstıkçamı	19.0
BÇmDy	Bozuk sahilçamı ağırlıklı diğer yapraklı	115.30

EK 1 (devam). Susurluk Havzası meşcere tipleri.

Meşcere tipleri	Meşcere tipi açıklama	Yayılış alanı (ha)
BÇn	Bozuk çınar	228.0
BÇs	Bozuk sarıçam	318.0
BÇsÇk	Bozuk sarıçam ağırlıklı karaçam	8.30
BÇzAr	Bozuk kızılçam arğırlıklı ardıç	2774.0
BÇz, BÇz-E, BÇz-T	Bozuk kızılçam	16238.0
BÇzÇk	Bozuk kızılçam ağırlıklı karaçam	36.7
BÇzDy	Bozuk kızılçam ağırlıklı diğer yapraklı	932.60
BÇzM	Bozuk kızılçam ağırlıklı meşe	2328.0
BÇzMl	Bozuk kızılçam ağırlıklı saçlı meşe	323.0
BÇzMm	Bozuk kızılçam ağırlıklı mazı meşesi	29.8
BDf, BDf-T	Bozuk defne	484.0
BDy, BDy-T	Bozuk diğer yapraklı	12032.5
BDyM	Bozuk diğer yapraklı ağırlıklı meşe	1828.0
BDş	Bozuk dişbudak	4.5
BDşDy	Bozuk dişbudak ağırlıklı diğer yapraklı	105.0
BG, BG-T	Bozuk göknar	332.6
BGÇk-T	Bozuk göknar ağırlıklı karaçam	31.5
BGKn, BGKn-T	Bozuk göknar ağırlıklı kayın	227.3
BGn	Bozuk gürgen	80.8
Bk	Bataklık, sazlık	4555.9
BKn, Bkn-T	Bozuk kayın	1087.7
BKnG, BknG-T	Bozuk kayın ağırlıklı göknar	80.7
BKnKs	Bozuk kayın ağırlıklı kestane	18.8
BKnM	Bozuk kayın ağırlıklı meşe	30.3
BKnMz, BKnMz-T	Bozuk kayın ağırlıklı sapsız meşesi	21.9
BKs	Bozuk kestane	101.6
BKsKn	Bozuk kestane ağırlıklı kayın	150.0
BKsM	Bozuk kestane ağırlıklı meşe	237.8
BKsMl	Bozuk kestane ağırlıklı saçlı meşe	35.9
BKzDş	Bozuk kızılağaç ağırlıklı dişbudak	359.0
BKvAr-T	Bozuk kavak ağırlıklı ardıç	5.8
BIhKs	Bozuk ıhlamur ğırlıklı kestane	58.7
BIL	Bozul ılgın	2.7
BM, BM-T, BM-E	Bozuk meşe	47119.6
Bma, Bma0	Badem	215.1
BMak, BMak-T	Bozuk maki	26807.2
BMcr-T, BMcr,	Bozuk macar meşesi	2438.8

EK 1 (devam). Susurluk Havzası meşcere tipleri.

Meşcere tipleri	Meşcere tipi açıklama	Yayılış alanı (ha)
BmCva	Badem ağırlıklı ceviz	35.6
BMÇk-T, BMÇk	Bozuk meşe ağırlıklı karaçam	569.1
BMÇz	Bozuk meşe ağırlıklı kızılçam	268.8
BMDy, BMDy-T	Bozuk meşe ağırlıklı diğer yapraklı	6077.9
BmDya0, BmDya	Badem ağırlıklı diğer yapraklı	58.6
BMGn	Bozuk meşe ağırlıklı gürgen	13.9
BMkr	Bozuk kermes meşesi	0.8
BMKs	Bozuk meşe ağırlıklı kestane	235.0
BMl, BMl-T	Bozuk saçlı meşe	9933.4
BMAr, BMAr-T	Bozuk meşe ağırlıklı ardıç	7331.0
BMlAr-T	Bozuk saçlı meşe ağırlıklı ardıç	372.0
BMlÇk, BMlÇk-T	Bozuk saçlı meşe ağırlıklı karaçam	761.0
BMlIh	Bozuk saçlı meşe ağırlıklı ıhlamur	21.8
BMlGn	Bozuk saçlı meşe ağırlıklı gürgen	51.4
BMlMcr	Bozuk saçlı meşe ağırlıklı macar meşesi	407.0
BMlMm	Bozuk saçlı meşe ağırlıklı mazı meşesi	233.0
BMm	Bozuk mazı meşesi	6.60
BMmAr	Bozuk mazı meşesi ağırlıklı ardıç	616.0
BMt	Bozuk tüylü meşe	1401.0
BMz, BMz-T	Bozuk sapsız meşe	3436.5
BMzKn	Bozuk sapsız meşe ağırlıklı kayın	22.6
BMSr	Bozuk meşe ağırlıklı servi	18.8
BYkiDy0a	Bozuk yabani kiraz ağırlıklı diğer yapraklı	17.9
BS	Bozuk sedir	37.7
BZyDy-T	Bozuk yabani zeytin ağırlıklı diğer yapraklı	69.0
Cva, Cva0	Ceviz	690.1
CvDya0	Ceviz ağırlıklı diğer yapraklı	4.5
CvYaa0	Ceviz ağırlıklı yalancı akasya	11.3
CVBma, CvBma0	Ceviz ağırlıklı badem	153.9
CvKsa	Ceviz ağırlıklı kestane	73.2
ÇfDya	Ceviz ağırlıklı diğer yapraklı	36.1
ÇfYkia	Fıstıkçamı ağırlıklı yabani kiraz	27.7
Çf0a, Çfa, Çfa3, Çfab2, Çfab3, Çfb1, Çfb2, Çfb3, Çfbc2, Çfbc3, Çfc1, Çfc2, Çfc3, Çfcd1, Çfcd2, Çfd2	Fıstıkçamı	15231.2
ÇfBma	Fıstıkçamı ağırlıklı badem	34.1
ÇfCv0, ÇfCva	Fıstıkçamı ağırlıklı ceviz	89.9

EK 1 (devam). Susurluk Havzası meşcere tipleri.

Meşcere tipleri	Meşcere tipi açıklama	Yayılış alanı (ha)
ÇfÇma, ÇfÇma0	Fıstıkçamı ağırlıklı sahilçamı	232.0
ÇfÇza, ÇfÇzbc2, ÇfCzc2	Fıstıkçamı ağırlıklı kızılçam	89.4
ÇfIha	Fıstıkçamı ağırlıklı ıhlamur	27.4
ÇfSa	Fıstıkçamı ağırlıklı sedir	17.4
ÇfKna	Fıstıkçamı ağırlıklı kayın	4.7
ÇfMa, ÇfMa3, ÇfMbc3	Fıstıkçamı ağırlıklı meşe	131.6
ÇfSr0a	Fıstıkçamı ağırlıklı servi	77.1
ÇkArb1, ÇkArbc2, ÇkArbc2-T	Karaçam ağırlıklı ardıç	240.0
Çk0, Çk0a, Çk0Y, Çka, Çka0, Çka3, Çkab2, Çkab3, Çka3-T, Çkb1, Çkb2, Çkb3, Çkbc1, Çkbc2, Çkbc2-T, Çkbc3, Çkbc3-T, Çkc1-T, Çkc1, Çkc2, Çkc2/a, Çkc3, Çkcd/a3, Çkcd/b3, Çkcd1, Çkcd1-T, Çkcd1/a, Çkcd1/a0, Çkcd1/ab2, Çkcd1/ab3, Çkcd1/a3, Çkcd1/b2, Çkcd2, Çkcd2-T, Çkc1/a, Çkcd2/a, Çkcd2/a3, Çkcd2/a0, Çkc1/ab3, Çkcd2/ab3, Çkc2Y, Çkcd3, Çkd, Çkd/0a, Çkd/a, Çkd/ab3, Çkd/b3, Çkd/bc3, Çkd1, Çkd1/0a, Çkd1/a, Çkd1/a3, Çkd1/a0, Çkd1/ab2, Çkd1/ab3, Çkd1/b2, Çkd2-T, Çkd2, Çkd2/0a, Çkd2/a, Çkd2/a0, Çkd2/a3, Çkd2/ab3, Çkd2/b3, Çkd3, Çkde1, Çkde2, Çkde3, Çkde2/bc3, Çke/bc3, Çke1, Çke1/a0, Çke3, Çke2,	Karaçam	264092.7
Çkc1/Ma3, Çkc2/Ma3, Çkcd/Mbc2, Çkd/Ma3, Çkd/Ma, Çkd1/Mab3	Karaçam ve Meşe	494.8
Çkcd/Kna3, Çkcd/Knb3, Çkcd1/Knab3, Çkcd2/Kna3, ÇkKncd2, Çkd/Knb3, Çkd/Knab3, Çkd1/Knab3, Çkd1/Knbc2, Çkd1/Knb3, Çkd2/Knbc3, Çkde/Knbc2, Çkde/Knbc3, Çkde1/Knab3, Çkde1/Knbc2, Çkde1/Knbc3	Karaçam ve Kayın	4133.7
Çkcd1/Mlab3, Çkcd1/Mlb3, Çkc1/Mlab3, Çkcd2/Mlab3, Çkd/Mlab2, Çkd/Mlab3, Çkd1/Mlb3, Çkd1/Mlab3	Karaçam ve Saçlı meşe	487.0
Çkcd3/Kva, Çkd/Kva	Karaçam ve Kavak	92.2
ÇkÇfa	Karaçam ağırlıklı fıstıkçamı	21.3
ÇkÇsa, ÇkÇscd2, ÇkÇscd3, ÇkÇsbc3, ÇkÇsc3, ÇkÇsd1, ÇkÇsd2, ÇkÇsd3,	Karaçam ağırlıklı sarıçam	970.7

EK 1 (devam). Susurluk Havzası meşcere tipleri.

Meşcere tipleri	Meşcere tipi açıklama	Yayılış alanı (ha)
ÇkÇsKnab3	Karaçam ağırlıklı sarıçam ve kayın	47.6
ÇkÇza, ÇkÇza0, ÇkÇzab3, ÇkÇzb3, ÇkÇzbc2, ÇkÇzbc3, ÇkÇzc1, ÇkÇzc2, ÇkÇzc3, ÇkÇzcd1, ÇkÇzcd2, ÇkÇzc2Y, ÇkÇzcd3, ÇkÇzd1, ÇkÇzd2	Karaçam ağırlıklı kızılçam	9876.4
ÇkÇzDya0	Karaçam ağırlıklı kızılçam ve diğer yapraklı	28.8
ÇkCva0	Karaçam ağırlıklı ceviz	206.0
Çkd/MlMzanb2,	Karaçam ve Saçlı meşe	297.1
Çkd1/Mzab3, Çkd1/Mzb3, Çkd/Mzab2, Çkd/Mzb3	Karaçam ve Saçlı meşe ağırlıklı sapsız meşe	256.0
Çkd1/Arbc2	Karaçam ve Ardıç	116.0
ÇkDya	Karaçam ağırlıklı diğer yapraklı	78.0
ÇkGa3	Karaçam ağırlıklı göknar	324.9
ÇkGnbc3, ÇkGnc3	Karaçam ağırlıklı gürgen	117.4
ÇkGKncd3	Karaçam ağırlıklı göknar ve kayın	153.8
ÇkKna3, ÇkKnab3, ÇkKnbc3, ÇkKnc3, ÇkKnd/0a, ÇkKncd1, ÇkKncd2, ÇkKncd3, ÇkKnd2/0a, ÇkKnd2, ÇkKnd3,	Karaçam ağırlıklı kayın	2343.7
ÇkKsc3, ÇkKscd2, ÇkKscd3	Karaçam ağırlıklı kestane	78.6
ÇkKvab3, ÇkKvb3, ÇkKvbc3, ÇkKvc3	Karaçam ağırlıklı kavak	1013.4
ÇkMa, ÇkMa3, ÇkMab2, ÇkMab3, ÇkMb1, ÇkMb2, ÇkMb3, ÇkMbc1, ÇkMbc2, ÇkMbc3, ÇkMbc2-T, ÇkMc2, ÇkMcd2, ÇkMcd3, ÇkMd1, ÇkMd2, ÇkMd3,	Karaçam ağırlıklı meşe	9666.9
ÇkMcrd3, ÇkMcrbc2, ÇkMcrbc3, ÇkMcrcd2, ÇkMcrcd3,	Karaçam ağırlıklı macar meşesi	1239.4
ÇkMlb3, ÇkMlbc2, ÇkMlbc3, ÇkMlcd2, ÇkMlcd3	Karaçam ağırlıklı saçlı meşe	1595.6
ÇkMzb3, ÇkMzbc3, ÇkMzcd2, ÇkMzcd3, ÇkMzc3, ÇkMzd2	Karaçam ağırlıklı sapsız meşe	1163.5
ÇkSa0, ÇkSa, ÇkSbc3	Karaçam ağırlıklı sedir	537.0
ÇkYaa	Karaçam ağırlıklı yalancı akasya	26.0
ÇkYkia	Karaçam ağırlıklı yabani kiraz	63.0
Çma, Çma3, Çab2, Çmab3, Çma/01, Çma/02, Çma/03, Çma/04, Çma/2, Çma/4, Çma/8, Çmb3, Çmbc2, Çmbc3, Çmc1, Çmc2, Çmc3, Çmcd2, Çmd1	Sahilçamı	2488.6
Çmc/Mcrab3	Sahilçamı ve Macar meşesi	20.1
ÇmÇfa, ÇmÇfbc2, ÇmÇfa/2, ÇmÇfa/3	Sahilçamı ağırlıklı fıstıkçamı	275.2
ÇmÇzc2, ÇmÇzbc2	Sahilçamı ağırlıklı kızılçam	68.5

EK 1 (devam). Susurluk Havzası meşcere tipleri.

Meşcere tipleri	Meşcere tipi açıklama	Yayılış alanı (ha)
Çnbc2, Çnbc3, Çncd2, Çncd3	Çınar	590.5
ÇnMlcd3	Çınar ağırlıklı saçlı meşe	20.6
ÇnDyde1	Çınar ağırlıklı diğer yapraklı	112.0
Çsb3, Çsbc2, Çsc2, Çsc3, Çscd3, Çscd2, Çsd1/0a, Çsd1, Çsd2, Çsd3	Sarıçam	742.8
ÇsÇkbc2, ÇsÇkc3, ÇsÇkcd2, ÇsÇkcd3, ÇsÇkd/a, ÇsÇkd1, ÇsÇkd1/a, ÇsÇkd2, ÇsÇkd3	Sarıçam ağırlıklı karaçam	780.8
ÇsGd2, ÇsGcd2, ÇsGcd3	Sarıçam ağırlıklı göknar	172.6
Çz0a, Çza0, Çz0Y, Çz0/00, Çza, Çza-T, Çza/01, Çza/03, Çza0/01, Çza0, Çza3, Çzab1, Çzab2, Çzab3, Çza/1, Çza/2, Çza/3, Çzb1, Çzb2, Çzb3, Çzbc1, Çzbc2, Çzbc3, Çzc1, Çzc2, Çzc3, Çzcd1, Çzcd1-T, Çzcd2, Çzcd3	Kızılçam	64691.2
Çzcd/MDya, Çzcd/MDya3	Kızılçam ve Meşe ağırlıklı diğer yapraklı	407.3
Çzcd1/Mbc2, Çzd1/Mbc2	Kızılçam ve Meşe	41.2
ÇzÇfa, ÇzÇfa0, ÇzÇfa3, ÇzÇfcd2	Kızılçam ağırlıklı fıstıkçamı	1250.5
ÇzÇfÇka0	Kızılçam ağırlıklı fıstıkçamı ve karaçam	158.0
ÇzÇka, ÇzÇka0, ÇzÇkab2, ÇzÇkab3, ÇzÇkb2, ÇzÇkb3, ÇzÇkbc1, ÇzÇkbc2, ÇzÇkbc3, ÇzÇkc1, ÇzÇkc2, ÇzÇkc3, ÇzÇkcd1, ÇzÇkcd2, ÇzÇkcd3, ÇzÇkd1, ÇzÇkd2, Çzd/bc2, Çzd1, Çzd1/a, Çzd2, Çzd3, Çzd2Y, Çzde2,	Kızılçam ağırlıklı karaçam	9819.0
ÇzÇma3, ÇzÇmc2	Kızılçam ağırlıklı sahilçamı	108.9
ÇzDşa3	Kızılçam ağırlıklı dişbudak	8.1
ÇzMa, ÇzMa3, ÇzMab2, ÇzMab3, ÇzMb3, ÇzMbc2, ÇzMbc3, ÇzMcd2, ÇzMd1	Kızılçam ağırlıklı meşe	2061.0
ÇzMacrb3, ÇzMcrc3, ÇzMcrbc3	Kızılçam ağırlıklı macar meşesi	920.0
ÇzMla, ÇzMla3, ÇzMlab3, ÇzMlb3, ÇzMlbc2, ÇzMlc3, ÇzMlc2, ÇzMlbc3, ÇzMlcd1, ÇzMlc3	Kızılçam ağırlıklı saçlı meşe	873.9
ÇzMza3, ÇzMzb3	Kızılçam ağırlıklı sapsız meşe	67.0
ÇzSa, ÇzSa3, ÇzSbc3	Kızılçam ağırlıklı sedir	108.3
DA	Diğer alanlar	661.0
Dp	Orman deposu	275.0
Dya, Dya0, Dya3	Diğer yapraklı	183.2
DyMa, DyMa-T, DyMa3	Diğer yapraklı ağırlıklı meşe	1806.5
Dfa, Dfa3	Defne	1549.0
Dşa3, Dşbc3, Dşcd2, Dşd1,	Dişbudak	163.4

EK 1 (devam). Susurluk Havzası meşcere tipleri.

Meşcere tipleri	Meşcere tipi açıklama	Yayılış alanı (ha)
Çnbc2, Çnbc3, Çncd2, Çncd3	Çınar	590.5
ÇnMlcd3	Çınar ağırlıklı saçlı meşe	20.6
ÇnDyde1	Çınar ağırlıklı diğer yapraklı	112.0
Çsb3, Çsbc2, Çsc2, Çsc3, Çscd3, Çscd2, Çsd1/0a, Çsd1, Çsd2, Çsd3	Sarıçam	742.8
ÇsÇkbc2, ÇsÇkc3, ÇsÇkcd2, ÇsÇkcd3, ÇsÇkd/a, ÇsÇkd1, ÇsÇkd1/a, ÇsÇkd2, ÇsÇkd3	Sarıçam ağırlıklı karaçam	780.8
ÇsGd2, ÇsGcd2, ÇsGcd3	Sarıçam ağırlıklı göknar	172.6
Çz0a, Çza0, Çz0Y, Çz0/00, Çza, Çza-T, Çza/01, Çza/03, Çza0/01, Çza0, Çza3, Çzab1, Çzab2, Çzab3, Çza/1, Çza/2, Çza/3, Çzb1, Çzb2, Çzb3, Çzbc1, Çzbc2, Çzbc3, Çzc1, Çzc2, Çzc3, Çzcd1, Çzcd1-T, Çzcd2, Çzcd3	Kızılçam	64691.2
Çzcd/MDya, Çzcd/MDya3	Kızılçam ve Meşe ağırlıklı diğer yapraklı	407.3
Çzcd1/Mbc2, Çzd1/Mbc2	Kızılçam ve Meşe	41.2
ÇzÇfa, ÇzÇfa0, ÇzÇfa3, ÇzÇfcd2	Kızılçam ağırlıklı fıstıkçamı	1250.5
ÇzÇfÇka0	Kızılçam ağırlıklı fıstıkçamı ve karaçam	158.0
ÇzÇka, ÇzÇka0, ÇzÇkab2, ÇzÇkab3, ÇzÇkb2, ÇzÇkb3, ÇzÇkbc1, ÇzÇkbc2, ÇzÇkbc3, ÇzÇkc1, ÇzÇkc2, ÇzÇkc3, ÇzÇkcd1, ÇzÇkcd2, ÇzÇkcd3, ÇzÇkd1, ÇzÇkd2, Çzd/bc2, Çzd1, Çzd1/a, Çzd2, Çzd3, Çzd2Y, Çzde2,	Kızılçam ağırlıklı karaçam	9819.0
ÇzÇma3, ÇzÇmc2	Kızılçam ağırlıklı sahilçamı	108.9
ÇzDşa3	Kızılçam ağırlıklı dişbudak	8.1
ÇzMa, ÇzMa3, ÇzMab2, ÇzMab3, ÇzMb3, ÇzMbc2, ÇzMbc3, ÇzMcd2, ÇzMd1	Kızılçam ağırlıklı meşe	2061.0
ÇzMacrb3, ÇzMcrc3, ÇzMcrbc3	Kızılçam ağırlıklı macar meşesi	920.0
ÇzMla, ÇzMla3, ÇzMlab3, ÇzMlb3, ÇzMlbc2, ÇzMlc3, ÇzMlc2, ÇzMlbc3, ÇzMlcd1, ÇzMlc3	Kızılçam ağırlıklı saçlı meşe	873.9
ÇzMza3, ÇzMzb3	Kızılçam ağırlıklı sapsız meşe	67.0
ÇzSa, ÇzSa3, ÇzSbc3	Kızılçam ağırlıklı sedir	108.3
DA	Diğer alanlar	661.0
Dp	Orman deposu	275.0
Dya, Dya0, Dya3	Diğer yapraklı	183.2
DyMa, DyMa-T, DyMa3	Diğer yapraklı ağırlıklı meşe	1806.5
Dfa, Dfa3	Defne	1549.0
Dşa3, Dşbc3, Dşcd2, Dşd1,	Dişbudak	163.4

EK 1 (devam). Susurluk Havzası meşcere tipleri.

Meşcere tipleri	Meşcere tipi açıklama	Yayılış alanı (ha)
DşDycd2	Dişbudak ağırlıklı diğer yapraklı	169.0
DşKvb3, DşKvbc3	Dişbudak ağırlıklı kavak	147.2
EH	Elektrik, doğalgaz, HES vb.	409.0
F	Orman fidanlığı	9.2
GA, GB, GC, GD	Göknar seçme ormanı	1208.3
Gbc3, Gc3, Gcd2, Gcd2-T, Gcd3, Gd2, Gd3	Göknar	1071.0
Gcd2/Knab3	Göknar ve Kayın	62.9
GKnbc3, GKncd2, GKncd3	Göknar ağırlıklı kayın	627.9
GKnA, GKnB, GKnC, GKnD	Göknar ağırlıklı kayın seçme ormanı	822.5
GÇkA, GÇkB, GÇkC, GÇkD	Göknar ağırlıklı karaçam seçme ormanı	366.7
GÇkcd3Y, GÇkbc3, GÇkcd2, GÇkcd3	Göknar ağırlıklı karaçam	411.4
GÇsd1, GÇsd2, GÇscd3	Göknar ağırlıklı sarıçam	156.8
GMc3, GMc3-T	Göknar ağırlıklı meşe	23.9
Gnab3, Gnb3, Gnbc3	Gürgen	213.1
GnGbc3	Gürgen ağırlıklı göknar	38.5
GnDya3	Gürgen ağırlıklı diğer yapraklı	2.0
GnKnc3, GnKnd2, GnKnbc3, GnKncd3	Gürgen ağırlıklı kayın	174.1
GnMa3, GnMbc3	Gürgen ağırlıklı meşe	136.5
GnMDyb3	Gürgen ağırlıklı meşe ve diğer yapraklı	96.5
GnIhb3	Gürgen ağırlıklı ıhlamur	77.5
GnKvcd3	Gürgen ağırlıklı kavak	6.0
İgYkia	İğde ağırlıklı yabani kiraz	66.1
Ihb3, Ihbc3, Ihcd2	Ihlamur	185.4
IhDybc3, IhDycd1, IhDycd2, IhDycd3, IhDyab3	Ihlamur ağırlıklı diğer yapraklı	694.2
IhGnbc3	Ihlamur ağırlıklı gürgen	9.6
IhKsc3, IhKscd2, IhKscd3	Ihlamur ağırlıklı kestane	789.6
IhMcrcd3	Ihlamur ağırlıklı macar meşesi	6.9
IhMlcd3, IhMld2	Ihlamur ağırlıklı saçlı meşe	332.0
İs	İskan	42707.7
KDA	Kadastro dışı ağaçlık alan	9909.2

EK 1 (devam). Susurluk Havzası meşcere tipleri.

Meşcere tipleri	Meşcere tipi açıklama	Yayılış alanı (ha)
Kn0a, Kn0Y, Kna, Kna3, Knab3, Knb3, Knbc2, Knbc3, Knbc4, Knc/a, Knc1, Knc2, Knc3, Kncd1, Kncd1/ab3, Kncd2, Kncd2/a, Kncd2/a0, Kncd3, Knd/a, Knd/a3, Knd/ab3, Knd/0a, Knd1, Knd1/a, Knd1/0a, Knd1/a3, Knd1/ab3, Knd1/b3, Knd2, Knd2/a, Knd2/a0, Knd3/0a, Knd3, Knde1/a, Knde2, Knde2/a, Knde3, Kne1/a, Kne1/ab3, Kne2, Kne3	Kayın	25126.9
KnÇsbc3	Kayın ağırlıklı sarıçam	16.7
KnÇkab3, KnÇkbc3, KnÇkc3, KnÇkcd2, KnÇkcd3, KnÇkd2, KnÇkd3, KnÇkd/0a,	Kayın ağırlıklı karaçam	3501.2
KnGc3, KnGbc3, KnGcd2, KnGcd3, KnGcd3-T,	Kayın ağırlıklı göknar	3314.1
KnGKvbc3	Kayın ağırlıklı göknar ve kavak	18.0
KnGnab3, KnGnb3, KnGnbc3, KnGncd3	Kayın ağırlıklı gürgen	892.0
KnGnMe3	Kayın ağırlıklı gürgen ve mera	9.1
KnIhbc3, KnIhcd3, KnIhd2, KnIhc3	Kayın ağırlıklı ıhlamur	412.0
KnKsa3, KnKsbc3, KnKscd3	Kayın ağırlıklı kestane	1545.2
KnKva3	Kayın ağırlıklı kavak	16.3
KnMab3, KnMb3, KnMbc2, KnMbc3, KnMc3, KnMcd2, KnMcd3, KnMd3	Kayın ağırlıklı meşe	3690.1
KnMcrcd3	Kayın ağırlıklı macar meşesi	42.7
KnMlb3, KnMlbc3, KnMlbc3, KnMlcd3, KnMld2	Kayın ağırlıklı saçlı meşe	795.8
KnMza, KnMza3, KnMzab3, KnMzb3, KnMzbc3, KnMzc3, KnMzcd2, KnMzcd3, KnMzd2, KnMzd3	Kayın ağırlıklı sapsız meşe	2826.9
KnDycd3	Kayın ağırlıklı diğer yapraklı	465.0
Ksa, Ksa0, Ksa3, Ksb1, Ksb3, Ksbc3, Ksc3, Kscd2, Kscd3, Ksd2	Kestane	908.3
KsDfa	Kestane ağırlıklı defne	25.7
KsDycd3	Kestane ağırlıklı diğer yapraklı	116.0
KsÇkd2	Kestane ağırlıklı karaçam	108.0
KsGbc3	Kestane ağırlıklı göknar	42.0
KsIhbc3, KsIhcd2, KsIhcd3, KsIhd/b3	Kestane ağırlıklı ıhlamur	246.3
KsKnbc3, KsKncd3	Kestane ağırlıklı kayın	769.3
KsMlcd3	Kestane ağırlıklı saçlı meşe	87.4
KsMb2, KsMbc2, KsMbc3, KsMc3, KsMcd2, KsMcd3,	Kestane ağırlıklı meşe	2072.8
Ku	Kum	1411.1

EK 1 (devam). Susurluk Havzası meşcere tipleri.

Meşcere tipleri	Meşcere tipi açıklama	Yayılış alanı (ha)
Kva, Kva3, Kvab3, Kvbc3, Kvc2	Kavak	138.9
KvÇkab3	Kvak ağırlıklı karaçam	155.0
Kzbc3, Kzcd3, Kzd1	Kızılağaç	90.0
KzDşcd2	Kızılağaç ağırlıklı dişbudak	52.8
Mak3, Mak3-T, Maka, Maka3, Maka3-T, Ma-T,	Maki	4727.8
Me	Mera	4789.0
Ma, Ma3, Mab2, Mab3, Mb1, Mb2, Mb3, Mbc1, Mbc1-T, Mb2-T, Mbc2, Mbc3, Mc1, Mc2, Mc3, Mcd1, Mcd1-T, Mcd2, Mcd2-T, Mcd3, Md/bc3, Md1, Md1/ab2, Md2, Md3	Meşe	44285.9
MAra, MAra3, MArb2, MArab2,	Meşe ağırlıklı ardıç	360.6
Mbc1/Dya, Mbc1/Dya3, Mcd2/Dya3	Meşe ve Diğer yapraklı	557.3
Mcrd2, Mcrab3, Mcrbc2, Mcrbc3, Mcrb3, Mcrc2, Mcrc3, Mcrcd2, Mcrcd3	Macar meşesi	1253.7
McrÇka3, McrÇkbc3, McrÇkcd2, McrÇkcd3	Macar meşesi ağırlıklı karaçam	197.5
McrÇza3	Macar meşesi ağırlıklı kızılçam	27.5
McrGnbc3	Macar meşesi ağırlıklı gürgen	25.9
McrKsc2	Macar meşesi ağırlıklı kestane	14.6
McrMla, McrMla3, McrMlab3, McrMlb2, McrMlb3, McrMlbc2, McrMlbc3, McrMlc3, McrMlcd2, McrMlcd3, McrMld2	Macar meşesi ağırlıklı saçlı meşe	11280.1
McrMza3, McrMzab3, McrMzb3, McrMzbc3, McrMzcd2, McrMzcd3, McrMzd1/a	Macar meşesi ağırlıklı sapsız meşe	1042.0
MCva	Meşe ağırlıklı ceviz	15.2
MÇfa, MÇfa0	Meşe ağırlıklı fıstıkçamı	214.8
MÇka, MÇkab2, MÇka3, MÇkb2, MÇkb3, MÇkbc1, MÇkbc2, MÇkbc3, MÇkcd1, MÇkcd2, MÇkcd3, MÇkd2	Meşe ağırlıklı karaçam	2265.0
MÇza, MÇza3, MÇzbc3, MÇzcd2	Meşe ağırlıklı kızılçam	422.6
MDya, MDya0, MDya3, MDyab3	Meşe ağırlıklı diğer yapraklı	7669.0
MGbc2, MGcd2	Meşe ağırlıklı göknar	32.9
MGc3/Ga3	Meşe ve Göknar	12.1

EK 1 (devam). Susurluk Havzası meşcere tipleri.

Meşcere tipleri	Meşcere tipi açıklama	Yayılış alanı (ha)
MGna3, MGnab3, MGnb3, MGnbc3 MGnc2	Meşe ağırlıklı gürgen	593.8
MKna3, MKnab3, MKnb3, MKnbc2, MKnbc3, MKnc3, MKncd2, MKncd3, MKnd3	Meşe ağırlıklı kayın	1922.6
MKsbc3, MKsc2, MKsc3, MKscd3	Meşe ağırlıklı kestane	2679.8
Mla, Mla3, Mlab2, Mlab3, Mlb2, Mlb3, Mlbc2, Mlbc3, Mlbc2-T, Mlc2 Mlcd1, Mlcd2, Mlcd3, Mlcd1/a3	Saçlı meşe	6040.0
MlÇkb3, MlÇkbc3, MlÇkcd3	Saçlı meşe ağırlıklı karaçam	461.6
MlÇza3, MlÇzcd3	Saçlı meşe ağırlıklı kızılçam	138.0
MlDfa3	Saçlı meşe ağırlıklı defne	794.0
MlDşab2	Saçlı meşe ağırlıklı dişbudak	190.0
MlDya3, MlDycd3, MlDyd1	Saçlı meşe ağırlıklı diğer yapraklı	433.6
MlFnb3, MlFncd1, MlFncd2	Saçlı meşe ağırlıklı fındık	123.3
Mıha3, Mıhc3, MIhcd2, MIhcd3	Saçlı meşe ağırlıklı ıhlamur	546.7
MlKncd3	Saçlı meşe ağırlıklı kayın	60.3
MlKscd3	Saçlı meşe ağırlıklı kestane	85.0
MlMcra, MlMcra3, MlMcrab3, MlMcrb2, MlMcrb3, MlMcrbc2, MlMcrbc2-T, MlMcrbc3, MlMcrcd2, MlMcrcd3, MlMcrc2, MlMcrc3	Saçlı meşe ağırlıklı macar meşesi	12665.1
MlMma3, MlMmab3, MlMmb3, MlMmc2	Saçlı meşe ağırlıklı mazı meşesi	712.6
MlMncd1	Saçlı meşe ağırlıklı Makedonya meşesi	26.8
MlMza3, MlMzab3, MlMzb2, MlMzb3, MlMzbc3, MlMzc3, MlMzcd3	Saçlı meşe ağırlıklı sapsız meşe	4973.0
Mma	Mazı meşesi	1.1
MmMlab3	Mazı meşesi ağırlıklı saçlı meşe	70.9
MnMmab3	Makedonya meşesi ağırlıklı mazı meşesi	19.8
Mtab3, Mtbc3	Tüylü meşe	183.0
Mza, Mza3, Mzab2, Mzab3, Mzb2, Mzb3, Mzbc2, Mzbc3, Mzc3, Mzcd2, Mzcd3, Mzd1/a	Sapsız meşe	8572.4
MzÇka3, MzÇkb3, MzÇkcd2, MzÇkcd3	Sapsız meşe ağırlıklı karaçam	396.9

EK 1 (devam). Susurluk Havzası meşcere tipleri.

Meşcere tipleri	Meşcere tipi açıklama	Yayılış alanı (ha)
MzÇza3	Sapsız meşe ağırlıklı kızılçam	26.5
MzIhbc3	Sapsız meşe ağırlıklı ıhlamur	53.5
MzKna3, MzKnab3, MzKnbc3, MzKnc3, MzKncd2, MzKncd3, MzKnd3	Sapsız meşe ağırlıklı kayın	1753.8
MzKsbc3	Sapsız meşe ağırlıklı kestane	46.9
MzMcra3, MzMcrb2, MzMcrb3, MzMcrbc2, MzMcrbc3, MzMcrc2, MzMcrc3, MzMcrcd2, MzMcrcd3	Sapsız meşe ağırlıklı macar meşesi	2018.0
MzMla3, MzMlab3, MzMlb3, MzMlbc2, MzMlbc3, MzMlc1, MzMlc2, MzMlc3, MzMlcd2, MzMlcd2-T, MzMlcd3	Sapsız meşe ağırlıklı saçlı meşe	5436.0
Mzl	Devlet ormanı alanı dışındaki mezarlıklar	379.0
Oc	Ocak	13669.5
OT, OT-E, OT-T, OT-Z	Orman toprağı	40262.20
OY	Otoyol ve bölünmüş yol şevleriyle birlikte	1345.4
ÖA	Özel ağaçlandırmalar	1574.0
ÖO	Özel ormanlar	676.0
Sa, Sa0, Sa3, Sab3, Sb3, Sbc3, Sc3	Sedir	241.6
SBma0	Sedir ağırlıklı badem	23.6
SÇka, SÇka0, SÇka3, SÇkb2, SÇkbc3	Sedir ağırlıklı karaçam	20.0
SÇkDya, SÇkDya0	Sedir ağırlıklı karaçam ve diğer yapraklı	64.1
SÇkMa	Sedir ağırlıklı karaçam ve meşe	49.1
SÇza, SÇza0	Sedir ağırlıklı kızılçam	92.6
Srb3	Servi	6.9
SMzbc3	Sedir ağırlıklı sapsız meşe	1.6
Su	Göl, bent, baraj, nehir	18289.1
T	Kayalık, taşlık	3350.8
Ts	İzin verilmiş alanlar	1132.0
Yaa, Yaa3, Yabc3	Yalancı akasya	120.0
YaÇfa	Yalancı akasya ağırlıklı fıstıkçamı	3.4
YaÇkDya	Yalancı akasya ağırlıklı karaçam ve dğier yapraklı	6.2
YaÇza, YaÇzb3	Yalancı akasya ağırlıklı kızılçam	28.8
YaDya, YaDya0	Yalancı akasya ağırlıklı diğer yapraklı	145.6
YDZ	Yangın durdurma zonu	70.2
Ykia	Yabani kiraz	26.1

EK 1 (devam). Susurluk Havzası meşcere tipleri.

Meşcere tipleri	**Meşcere tipi açıklama**	**Yayılış alanı (ha)**
YkiBmYaa0	Yabani kiraz ağırlıklı badem ve yalancı akasya	67.0
YkiDya0	Yabani kiraz ağırlıklı diğer yapraklı	9.8
Yy	Yayla alanları	94.1
Z	Tarım arazisi	601668.4
Zya, Zya3, Zyb2	Yabani zeytin	276.1

EK 2. Susurluk Havzası indikatörlerin değerleri ve sınıflandırılması.

İndikatörler					
Alan (km^2) (0.12 – 4667.77)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
	0.12 – 933.50	933.51 – 1866.89	1866.9 – 2800.28	2800.29 – 3733.67	3733.68 – 4667.77
Ana dere derecesi (1 – 9)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
	7.44 – 9.1	5.83 – 7.43	4.22 – 5.82	2.61 – 4.21	1.00 – 2.60
Drenaj yoğunluğu (km/km^2) (1 – 3.29)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
	2.84 – 3.29	2.38 – 2.83	1.92 – 2.37	1.46 – 1.91	1.00 – 1.45
Dere sıklığı ($adet/km^2$) (0.14 – 35.29)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
	0.14 – 7.17	7.18 – 14.21	14.22 – 21.25	21.26 – 28.29	28.30 – 35.33
Form faktörü (0.12 – 27.04)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
	0.12 – 5.50	5.51 – 10.88	10.89 – 16.27	16.28 – 21.65	21.66 – 27.04
Dairesellik oranı (km^2/km^2) (0.11 – 0.78)	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
	0.11 – 0.24	0.25 – 0.37	0.38 – 0.51	0.52 – 0.64	0.65 – 0.78
Maksimum reliyef (m) (5.04 – 2526.57)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	5.04 – 509.346	509.347 – 1013.65	1013.66 – 1517.96	1517.97 – 2022.27	2022.28 – 2526.58
Ortalama eğim (%) (0.57 – 16.04)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	0.57 – 3.66	3.67 – 6.75	6.76 – 9.85	9.86 – 12.94	12.95 – 16.04
Ort. yükseklik (m) (7.1 – 1168.76)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	7.1 – 239.432	239.433 – 471.765	471.766 – 704.098	704.099 – 936.431	936.432 – 1168.76

EK 2 (devam). Susurluk Havzası indikatörlerin değerleri ve sınıflandırılması.

İndikatörler					
Kanal erozyonu (0 – 10)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	0 – 2	2.1 – 4.0	4.1 – 6.0	6.1 – 8.0	8.1 – 10.0
Orman arazisi (%) (0 – 100)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	80.1 – 100.0	60.1 – 80.0	40.1 – 60	20.1 - 40	0 - 20
Tarım arazisi (%) (0 – 100)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	0 – 20	20.1 – 40.0	40.1 – 60.0	60.1 – 80.0	80.1 – 100.0
Yerleşim (%) (0 – 46.08)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	0 – 9.36	9.37 – 18.73	18.74 – 28.1	28.11 – 37.47	37.48 – 46.84
Mera (%) (0 – 18.39)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	14.716 – 18.394	11.037 – 14.715	7.358 – 11.036	3.679 – 7.357	0 – 3.678
Yol yoğunluğu (km/km^2) (0 – 0.42)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	0 – 0.084	0.085 – 0.169	0.17 – 0.254	0.255 – 0.339	0.34 – 0.424
Demiryolu yoğunluğu (km/km^2) (0.01 – 0.21)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	0 – 0.042	0.043 – 0.085	0.086 – 0.128	0.129 – 0.171	0.172 – 0.214
Nüfus yoğunluğu (km^2/adet) (16.76 – 1428.93)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	16.76 – 298.434	298.435 – 580.869	580.870 – 863.304	863.305 – 1145.73	1145.74 – 1428.93
Maksimum Sıcaklık (ºC) (15.8 – 21.1)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	15.8 – 16.8	16.9 – 17.9	18.0 – 19.0	19.1 – 20.1	20.2 – 21.3
Minimum Sıcaklık (ºC) (4.7 – 14.7)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	4.7 – 6.7	6.71 – 8.71	8.72 – 10.72	10.73 – 12.73	12.74 – 14.74
Yağış (mm) (422.3 – 799.1)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	723.77 – 799.13	648.40 – 723.76	573.03 – 648.39	497.67 – 573.02	422.3 – 497.66
Akış (mm) (12.86 – 692.48)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	12.86 – 148.76	148.77 – 284.67	284.68 – 420.58	420.59 – 556.49	556.50 - ∞
PET(mm) (631.1 – 934.3)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	631.1 – 691.74	691.75 – 752.39	752.4 – 813.04	813.05 – 873.69	873.7 – 934.34

EK 2 (devam). Susurluk Havzası indikatörlerin değerleri ve sınıflandırılması.

İndikatörler					
Kuraklık İndisi	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	0.75 - ∞	0.65 – 0.75	0.5 – 0.65	0.2 – 0.5	∞ - 0.2
Yağışlı sezon (mm) (269.2 – 621.1)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	550.76 – 621.14	480.37 – 550.75	409.98 – 480.36	339.59 – 409.97	269.2 – 339.58
Yağışsız sezon (mm) (105.9 – 212.28)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	191.06 – 212.34	169.77 – 191.05	148.48 – 169.76	127.19 – 148.47	105.9 – 127.18
Doğallık (0 – 10)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	0 – 2	2.1 – 4	4.1 – 6	6.1 – 8	8.1 – 10
Erozyon (0 – 10)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	0 – 2	2.1 – 4	4.1 – 6	6.1 – 8	8.1 – 10
HKI (0 – 500)	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
	0 – 50	51 – 100	101 – 150	151 – 200	201 - 500

EK 3. Hava kalitesi parametreleri[16].

Parametre Adı	**Sembolü**	**Birimi**	**Açıklama**
Karbonmonoksit	CO	mg/m^3	Birincil düzeyde hava kirletici ve yanıcıların eksik yanma sonucunda oluşur. Tam yanması sonucunda CO_2 oluşmaktadır.
Azotdioksit	NO_2	$\mu g/m^3$	Kentsel bölgelerde trafik, ısınma ve sanayi nedeniyle oluşan en önemli hava kirleticilerden biridir.
Partikül madde	PM10	$\mu g/m^3$	Partiküllerin boyutu 10 µm'den küçük olanlar PM10 olarak tanımlanmaktadır ve hava içinde askıda bulunan partiküllerin çeşitli karışımını içerir. Partiküler madde doğal (rüzgar, yangın vb.)ve antropojenik (fabrikalar, yakma tesisleri vb.) faaliyetler sonucu oluşur.
Kükürtdioksit	SO_2	$\mu g/m^3$	Ana kaynağı kükürt oranı yüksek yağların, kömür ve linyitin yakılması sonucu ısınma, sanayi ve trafik bölgeleri ile oluşan bir kirleticidir.
Ozon	O_3	$\mu g/m^3$	Yer seviyesi ozon (troposferik) kirliliği atmosfere doğrudan salınmamaktadır. Güneş ışığının etkisiyle, atmosfere salınan azot oksitler ve uçucu organiklerin karmaşık kimyasal tepkimeleri neticesinde oluşmaktadır ve bu kirleticilerinin temel kaynakları olan trafik, çözücü kullanımı ve sanayi tesisleri dolaylı olarak yer seviyesi ozon kirliliğine yol açmaktadır.
Azotoksitler	NOx, NO	$\mu g/m^3$	Kentsel bölgelerde trafik, ısınma ve sanayi nedeniyle oluşan en önemli hava kirleticilerden biridir.

[16] http://dd.eionet.europa.eu/vocabularyconcept/aq/pollutant [Ziyaret Tarihi: 20.04.2021].

ÖZGEÇMİŞ