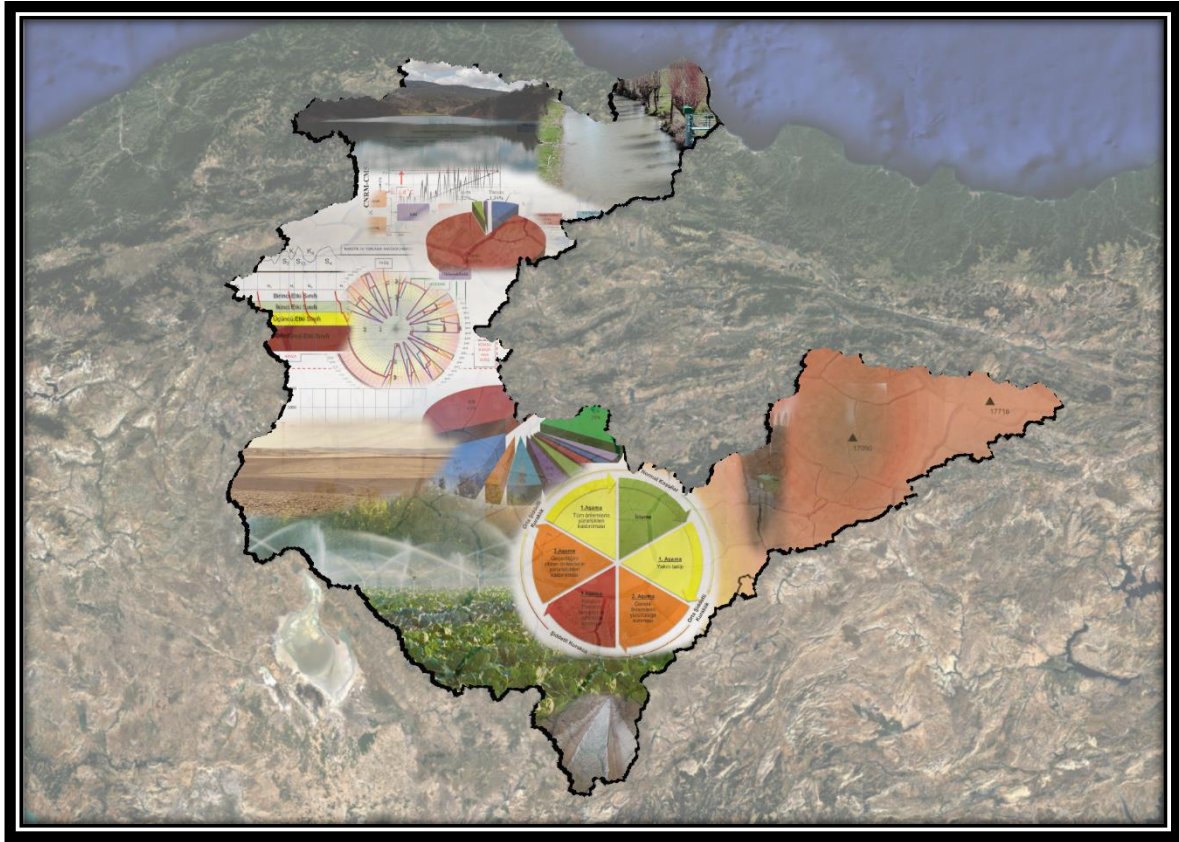




T.C.
TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



KIZILIRMAK HAVZASI
KURAKLIK YÖNETİM PLANI



YÖNETİCİ ÖZETİ



ANKARA / ŞUBAT 2023

Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından
DOLSAR Mühendislik Anonim Şirketine hazırlattırılmıştır.

Her hakkı saklıdır.

Bu doküman ve içeriği Su Yönetimi Genel Müdürlüğünün izni alınmadan kullanılamaz ve
çoğaltılamaz.

SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

AFİRE SEVER	Genel Müdür
MARUF ARAS	Genel Müdür Yardımcısı
SATUK BUĞRA FINDIK	Daire Başkanı
AHMET MURAT ÖZALTIN	Çalışma Grubu Sorumlusu
DR. MUSTAFA BERK DUYGU	Uzman
BAHADIR ÖZÇAM	Mühendis
ÇİĞDEM GÜRLER	Uzman
ELİF SÜRÜCÜ	Mühendis
HAFİZE KAYA	Mühendis
HALDUN AKCENGİZ	Mühendis
YELİZ SARICAN	Uzman

PROJE GRUBU DOLSAR MÜHENDİSLİK ANONİM ŞİRKETİ

ADİL AKYATAN	İnşaat Mühendisi / Proje Müdürü
MUSTAFA KEMAL TÜRKERİ	İnşaat Yüksek Mühendisi
DR. EMRE KÖKEN	İnşaat Yük. Müh. / Çevre Yük. Müh.
ÇAĞDAŞ ŞİMŞEK	İnşaat Yüksek Mühendisi
MELEK GÜNER GÖKDAĞ	Meteoroloji Mühendisi
ŞAHİN KAYA	İnşaat Mühendisi
HARUN ALTAN	Harita Mühendisi
GİZEM IŞIK	Ziraat Yüksek Mühendisi
ALİ HARBALIOĞLU	Çevre Mühendisi
SEVGİ ARSLAN	Çevre Mühendisi
EKİN ALTINOK	Şehir Plancısı
MURAT ŞAHİN	İnşaat Yüksek Mühendisi
SİBEL ALAN	İnşaat Yük. Müh. / Çevre Müh.
ÖZKAN COŞKUN	Jeoloji Mühendisi
MUSTAFA TEKE	İnşaat Mühendisi

DANIŞMAN

PROF. DR. MURAT TÜRKEŞ	Boğaziçi Üniversitesi “İklim Değişikliği ve Politikaları Uygulama ve Araştırma Merkezi” Yönetim Kurulu Üyesi
------------------------	---

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	İV
TABLO LİSTESİ	VI
ŞEKİL LİSTESİ	VIII
KISALTMALAR.....	X
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Kızılırmak Havzası.....	1
1.1.1 Yerleşim Yerleri	2
1.1.2 Demografi.....	3
1.1.3 İklim	4
1.1.4 Su Kaynakları	4
2 KURAKLIK ANALİZLERİ VE DEĞERLENDİRMELERİ	8
2.1 Tarihte Yaşanmış Kuraklıklar	8
2.2 Trend Analizleri	10
2.3 Kuraklık Analizleri	11
2.4 İklim Projeksiyonları	12
2.5 İklim Modelleri Kestirimlerine Dayanarak Öngörülen Gelecek Klimatolojik Değişimler ve Kuraklıklar	13
2.6 Kuraklık Risk Durumu ve Kuraklık Riskinin Gelecekteki Değişimi	13
2.6.1 Kuraklık Riskinin Gelecek Dönemdeki Muhtemel Değişimi	17
3 HAVZA SU KULLANIMLARI VE SU POTANSİYELİNDEKİ DEĞİŞİMİN TESPİTİ	20
3.1 Mevcut ve Mutasavver Su İhtiyaçları	20
3.2 Havza Su Potansiyeli	22

3.2.1 İklim Modelleri Kestirimlerine Dayanarak Öngörülen Havza Su Potansiyelindeki Değişimler	23
3.2.2 Havza Su Bütçesi.....	23
4 SEKTÖREL ETKİLENEBİLİRLİK ANALİZİ	27
4.1 Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Bileşenleri.....	27
4.1.1 Maruziyet.....	28
4.1.2 Duyarlılık.....	30
4.1.3 Ekonomik Değer.....	31
4.1.4 Uyum Kapasitesi	31
4.2 Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları	31
4.2.1 Tarım Sektörü Kuraklık Etkilenebilirlik Değerlendirmeleri	31
4.2.2 İçme ve Kullanma Suyu Sektörü Kuraklık Etkilenebilirlik Değerlendirmeleri	34
4.2.3 Sanayi Sektörü Kuraklık Etkilenebilirlik Değerlendirmeleri	37
4.2.4 Turizm Sektörü Kuraklık Etkilenebilirlik Değerlendirmeleri	39
4.2.5 Ekosistem Sektörü Kuraklık Etkilenebilirlik Değerlendirmeleri	42
4.3 Sektörel Önceliklendirme	44
4.4 Su Tasarrufu Hesaplamaları	45
4.5 Kuraklık Etkilerini Azaltma Kapasitesinin Değerlendirilmesi.....	48
5 KURAKLIK YÖNETİM MODELİ VE TEDBİRLER	49
5.1 Kuraklık Etkilerini Azaltmak İçin Alınacak Tedbirler, Ek Tedbir Önerileri ve Acil Durum Eylem Planı	49
5.2 Kuraklık Yönetim Modeli.....	54
KAYNAKLAR.....	58

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1:	Kızılırmak İçindeki İllerin Toplam ve Havza İçerisinde Kalan Alanları	3
Tablo 2.1:	Kızılırmak Havzası alt havzalarında farklı tekerrür süreleri için hesaplanan yağış kuraklık karakteristikleri: Kurak devre süreleri, eksik yağış miktarları, eksik yağış büyüklükleri ve eksik yağış şiddetleri	14
Tablo 2.2:	Kızılırmak Havzası alt havzalarında farklı tekerrür süreleri için hesaplanan akış kuraklık karakteristikleri: Kurak devre süreleri, eksik akış miktarları, eksik akış büyüklükleri ve eksik akış şiddetleri	16
Tablo 2.3:	HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR Küresel Dolaşım Modellerinin RCP 4.5 ve RCP 8.5 Senaryolarının Yağış Kestirimleri Kullanarak 12-aylık Eklenik Yağış Toplamları için Hesaplanan 2-, 5-, 10-, 25-, 50-, 100-, 250- ve 500-yıl Tekerrürlü (veya %50-, %20-, %10-, %4-, %2-, %1-, %0.04- ve %0.02-riskli aşılma olasılıklı) Kurak Devre (Eksiklik) Süreleri	18
Tablo 2.4:	HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR Küresel Dolaşım Modellerinin RCP 4.5 ve RCP 8.5 Senaryolarının Yağış ve Sıcaklık Kestirimleri Kullanarak 12-aylık Eklenik Klimatolojik Su Açığı (P-PET) Değerleri için Hesaplanan 2-, 5-, 10-, 25-, 50-, 100-, 250- ve 500-yıl Tekerrürlü (veya %50-, %20-, %10-, %4-, %2-, %1-, %0.04- ve %0.02-riskli aşılma olasılıklı) En Büyük Su Açığı Büyüklüğü	19
Tablo 3.1:	Kızılırmak Havzası 1991-2021 Döneminde Alt Havzalar Ölçeğinde Ara Havza Yüzeysuyu ve Yeraltısuyu Potansiyelleri	22
Tablo 3.2:	Kızılırmak Havzası için HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR Küresel İklim Değişim Modellerinin 2022-2049, 2050-2074 ve 2075-2099 Dönemleri Kestirimleri Kullanılarak Koşulan Hidrolojik Model Çıktıları ve Mutasavver Su İhtiyaçları Tahminlerine Dayanarak Oluşturulan Althavza Su Bütçesi Bileşenleri Tablosu	25
Tablo 4.1:	PDSI Değerlerinin Değişen Risk ve Tekerrür Sürelerinde Maruziyet Puanlaması	29
Tablo 4.2:	Kızılırmak Havzası Maruziyet Puanı Sınıfları	30
Tablo 4.3:	Gözlem ve Projeksiyon Dönemleri için Hesaplanan Maruziyet Puanları	30
Tablo 4.4:	2021 Yılı Tarım Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları	32
Tablo 4.5:	2100 Yılı Tarım Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları	32
Tablo 4.6:	2021 Yılı İçme ve Kullanma Suyu Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları	34
Tablo 4.7:	2100 Yılı İçme ve Kullanma Suyu Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları	35
Tablo 4.8:	2021 Yılı Sanayi Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları	37

Tablo 4.9:	2100 Yılı Sanayi Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları	38
Tablo 4.10:	2021 Yılı Turizm Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları	39
Tablo 4.11:	2100 Yılı Turizm Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları	40
Tablo 4.12:	2021 Yılı Ekosistem Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları	42
Tablo 4.13:	2100 Yılı Ekosistem Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları	42
Tablo 5.1:	Farklı Hedef Grupları Altında Tanımlanan Tedbirler	51
Tablo 5.2:	Kuraklık Etkilerini Azaltmak için Alınacak Tedbirler (Özet Tablo)	52
Tablo 5.3:	Acil Durum Eylem Planı Özeti	54

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1:	Kızılırmak Havzası Genel Görünümü ve İdari Sınırları.....	2
Şekil 1.2:	Kızılırmak Havzası Hidrolojik Alt Havzaları.....	5
Şekil 1.3:	Kızılırmak Havzası'ndaki Depolamalı Tesisler Bulduru Haritası.....	6
Şekil 1.4:	Kızılırmak Havzası'ndaki Sulama Tesisleri Bulduru Haritası	6
Şekil 1.5:	Kızılırmak Havzası'ndaki HES Tesisleri Bulduru Haritası.....	7
Şekil 2.1:	Kızılırmak Havzasında HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM-5.1 küresel iklim modellerinin RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları için hesaplanan yıllık Aİ zaman dizilerinin 2022-2049, 2050-2074 ve 2075-2099 dönemleri için uzun süreli ortalaması.....	13
Şekil 2.2:	HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR Küresel Dolaşım Modellerinin RCP 4.5 ve RCP 8.5 Senaryolarının Yağış Kestirimleri Kullanarak 12-aylık Eklenik Yağış Toplamları için Hesaplanan 2-, 5-, 10-, 25-, 50-, 100-, 250- ve 500-yıl Tekerrürlü (veya %50-, %20-, %10-, %4-, %2-, %1-, %0.04- ve %0.02-riskli aşılma olasılıklı) Kurak Devre (Eksiklik) Süreleri.....	17
Şekil 2.3:	HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR Küresel Dolaşım Modellerinin RCP 4.5 ve RCP 8.5 Senaryolarının Yağış ve Sıcaklık Kestirimleri Kullanarak 12-aylık Eklenik Klimatolojik Su Açığı (P-PET) Değerleri için Hesaplanan 2-, 5-, 10-, 25-, 50-, 100-, 250- ve 500-yıl Tekerrürlü (veya %50-, %20-, %10-, %4-, %2-, %1-, %0.04- ve %0.02-riskli aşılma olasılıklı) En Büyük Su Açığı Büyüklüğü..	19
Şekil 3.1:	Kızılırmak Havzası Sektörel Su Kullanımı Dağılımı	20
Şekil 3.2:	Kızılırmak Havzası 2100 Yılı Su İhtiyaç Tahminlerine Göre Su İhtiyaçlarının Sektörel Dağılımı.....	21
Şekil 3.3:	Kızılırmak Havzası Mevcut Durum Su Bilançosu	23
Şekil 3.4:	HadGEM2-ES Küresel İklim Modeli RCP 4.5 Senaryosu Kestirimleri Kullanılarak Koşulan Hidrolojik Model Çıktıları ve Mutasavver Su Kullanımları Projeksiyonları Dikkate Alınarak Hazırlanan 2050-2074 Dönemi Kızılırmak Havzası Su Bilançosu	26
Şekil 4.1:	Etkilenebilirlik Analizi Bileşenleri	27
Şekil 4.2:	Etkilenebilirlik Puanı, Maruziyet Duyarlılık, Ekonomik Değer ve Uyum Kapasitesi İlişkisi.....	28
Şekil 4.3:	2021 Yılı Tarım Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası	33
Şekil 4.4:	2100 Yılı Tarım Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası	34
Şekil 4.5:	2021 Yılı İçmesuyu Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası	36

Şekil 4.6:	2100 Yılı İçmesuyu Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası	36
Şekil 4.7:	2021 Yılı Sanayi Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası	38
Şekil 4.8:	2100 Yılı Sanayi Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası	39
Şekil 4.9:	2021 Yılı Turizm Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası	41
Şekil 4.10:	2100 Yılı Turizm Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası	41
Şekil 4.11:	2021 Yılı Ekosistem Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası	43
Şekil 4.12:	2100 Yılı Ekosistem Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası	44
Şekil 5.1:	Kuraklık Yönetimi Döngüsü.....	57

KISALTMALAR

Kısaltma	Açılımı
AAT	Atıksu Arıtma Tesisi
AB	Avrupa Birliği
ADNKS	TÜİK Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
AFAD	Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AI	Aridite İndisi
ASKİ	Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi
BÜGM	Bitkisel Üretimler Genel Müdürlüğü
CNRM	Fransa Ulusal Meteorolojik Araştırma Merkezi
CORINE	Avrupa Çevre Ajansı Arazi Kullanım Sınıflandırma Koordinasyonu
ÇEM	Çölleşme ve Erozyonla Mücadele (Genel Müdürlüğü)
ÇŞİDB	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
ÇYGM	Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü
DKMP	Doğa Koruma ve Milli Parklar
DSİ	Devlet Su İşleri
EED	AB Endüstriyel Emisyonlar Direktifi
ESM	Yer Sistemleri Modeli
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GCM	Küresel Dolaşım Modeli
HBV	Hidrolojik Büro Su Dengesi Departmanı / Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning
HES	Hidroelektrik Santral
HGM	Hayvancılık Genel Müdürlüğü
HYH	Havza Yönetim Heyeti
ICHARM	Japonya Uluslararası Su Tehlike ve Risk Yönetimi Merkezi
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
IPPC	Entegre Kirliliği Önleme ve Kontrol
IUCN	Uluslararası Doğa Koruma Birliği
İİGM	İller İdaresi Genel Müdürlüğü
İÖİ	İl Özel İdaresi
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
KGE	Kling-Gupta Verimlilik Katsayısı
KOR-TAR	Koruyucu Tarım Teknikleri
KTB	Kültür ve Turizm Bakanlığı
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
MET	Mevcut En İyi Teknikler
METU	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
MGİ	Meteoroloji Gözlem İstasyonu
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MODIS	Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektroradiometresi Projesi
MPI	Max-Planck Enstitüsü
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
NACE	Avrupa Topluluğu'ndaki Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiksel Sınıflandırması (Kodu)
NASA	Amerika Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NDVI	Normalleştirilmiş Vejetasyon Değişim İndisi
NOAA	Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Okyanus ve Atmosfer Kurumu (National Oceanic and Atmospheric Administration)
NSE	Nash-Sutcliffe Verimlilik Katsayısı
OGM	Orman Genel Müdürlüğü

Kısaltma	Açılımı
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
ÖDA	Önemli Doğa Alanı
PDSI	Palmer Kuraklık Şiddet İndisi
PHDI	Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi
PNI	Normalin Yüzdesi İndisi
RCP	Temsili Konsantrasyon Yolları
RDİ	Keşif Kuraklık İndisi
SBGM	Sanayi Bölgeleri Genel Müdürlüğü
SBK	Sulama Birliği Kooperatifleri
SDU	Süleyman Demirel Üniversitesi
SEGE	Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Endeksi
SEYGED	Seyfe Gölü Ekoloji Derneği
SPEI	Standartlaştırılmış Yağış-Evapotranspirasyon İndisi
SPI	Standartlaştırılmış Yağış İndisi
SRSI	Standartlaştırılmış Depolama Temini İndisi
STATİP	Sorunlu Tarım Alanlarının Tespiti ve İyileştirilmesi Projesi
STB	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
SUKİ	Su ve Kanalizasyon İdareleri
SVI	Standartlaştırılmış Vejetasyon İndisi
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
TAGEM	Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü
TAMP	Türkiye Afet Müdahale Planı
TARSİM	Tarım Sigortaları Havuzu
TEPAV	Türkiye Ekonomik Politikalar Araştırma Vakfı
TKK	Tarım Kredi Kooperatifleri
TOB	Tarım ve Orman Bakanlığı
TRGM	Tarım Reformu Genel Müdürlüğü
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TZOB	Türkiye Ziraat Odaları Birliği
UN	Birleşmiş Milletler
UNCCD	Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
US	Birleşik Devletler
USA	Birleşik Devletler
VI	Vejetasyon İndisleri
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
YAS	Yeraltısuyu
YÜS	Yerüstü Suyu
YYGM	Yerel Yönetimler Genel Müdürlüğü
ZIND	Palmer Z-İndisi

1 GİRİŞ

Kuraklık, yağışların kaydedilen normal düzeylerin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu arazi ve kaynak üretim sistemlerini olumsuz olarak etkileyen ve ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan doğal olaydır (UNCCD, 1995).

Kuraklığa bağlı olarak ortaya çıkan su stresi ise su talebinin, sürdürülebilir şartlarda su kaynaklarından alınabilecek su miktarından fazla olması durumudur. Kuraklık ve su stresinin çok ciddi ekonomik, çevresel ve sosyal etkileri olmakta, bu durumlar sonucunda insan sağlığı ve gıda güvenliği olumsuz olarak etkilenebilmektedir.

Kuraklık diğer doğal afetlerden çok farklıdır. Birçok doğal afetin aksine kuraklık yavaş gelişim gösterir, bu nedenle “ağır çekim afet” veya “sessiz afet” olarak tanımlanabilir. Kuraklık, gizli belirtiler ile ortaya çıkmakta olup ekseriyetle ortalama bir vatandaş için fark edilebilir değildir; ancak bu belirtiler kuraklık konusunda ihtisas sahibi uzmanlar tarafından tanımlanabilecek niteliktedir.

Kızılırmak Havzası’nın üretim kaynakları, sosyoekonomisi ve ekosistemi uzun süreli kuraklık koşullarına karşı hassas olup kuraklık etkileri, kuraklığın nerede meydana geldiğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Havzada kuraklık koşullarının erken tespiti ve etkili müdahalesi azami derecede gerekli ve önemlidir.

Kızılırmak Havzası Kuraklık Yönetim Planı, havza sınırları içerisinde yaşanabilecek farklı şiddetlerdeki kuraklık koşullarında kısa veya uzun vadeli olumsuz etkileri azaltmak için etkili ve sistematik bir çerçeve oluşturmak amacıyla hazırlanmaktadır.

Kuraklık Yönetim Planı kapsamında Kızılırmak Havzası’nın kuraklık hassasiyeti belirlenmiş, havza su bütçesi ve iklim değişikliğine bağlı olarak su kaynaklarında beklenen muhtemel değişiklikler ortaya konmuş; sektörel su kullanımı ve sektörlerin kuraklık koşullarından etkilenebilirlikleri analiz edilmiştir. Havzanın su bütçesi, kuraklığa karşı hassasiyeti ve sektörlerin kuraklık koşullarından etkilenebilirlik dereceleri göz önünde bulundurularak, entegre havza yönetimi yaklaşımı ile kuraklığın üretim kaynaklarına ve sosyo-ekonomik hayata olumsuz etkilerinin azaltılması, havzadaki kısıtlı su kaynaklarının akılcı ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması için kuraklık öncesinde, esnasında ve sonrasında su kaynaklarının optimum kullanımını ve tasarrufunu sağlayacak çevresel hedefleri de dikkate alan önlemlerin belirlendiği eylem planı hazırlanmış ve model yönetim çerçevesi oluşturulmuştur.

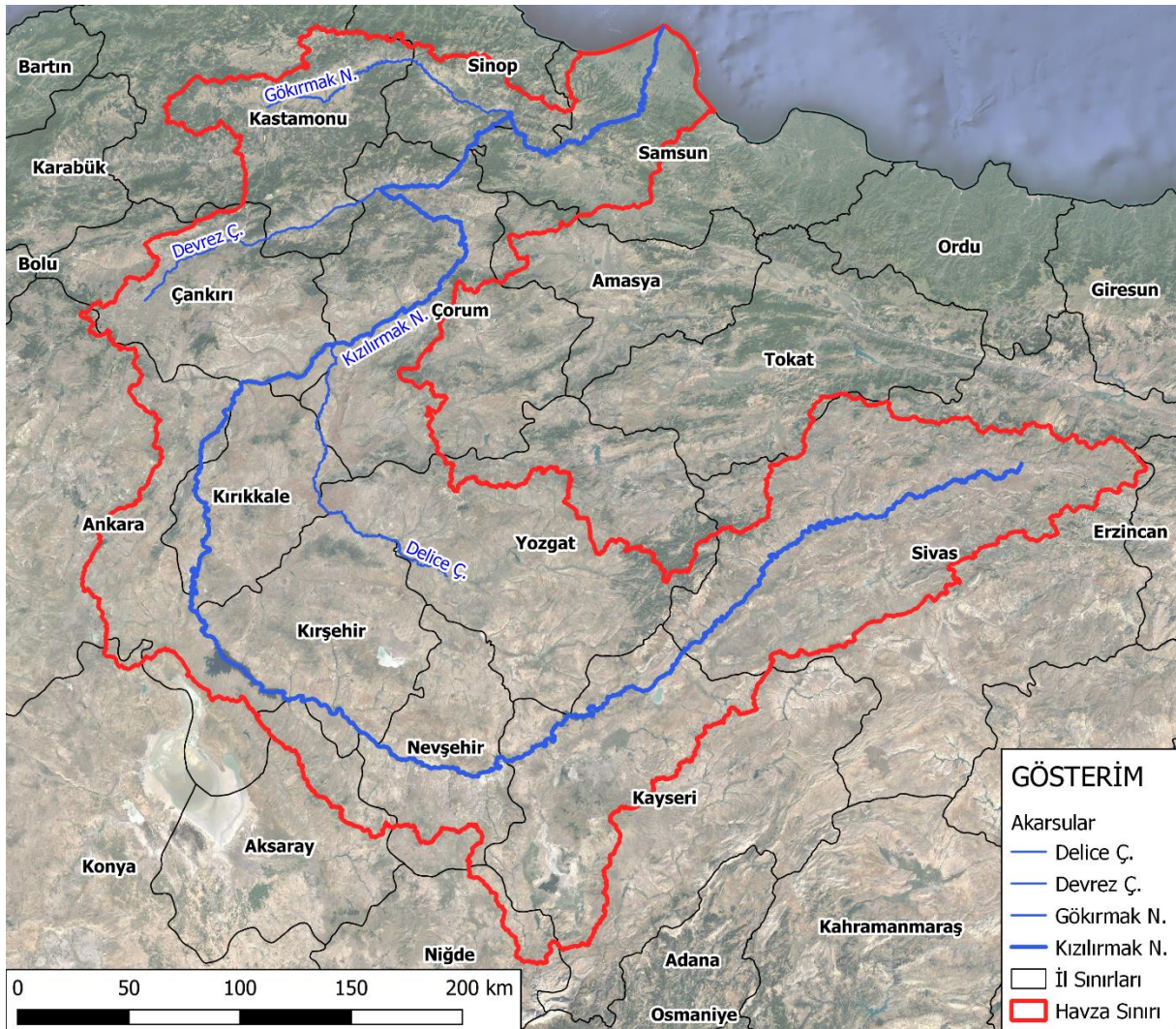
1.1 Kızılırmak Havzası

Kızılırmak Nehri, Türkiye sınırları içerisinde doğarak, Türkiye sınırları içerisinden denize dökülen en uzun akarsu olma özelliğini taşımaktadır. 1.151 km’lik uzunluğa sahip olan Kızılırmak, 82.182 km²’lik bir havzanın sularını Karadeniz’e boşaltmaktadır. Kızılırmak, Sivas-İmranlı çevresinden doğarak sırasıyla, Kayseri, Nevşehir, Aksaray, Kırşehir, Ankara, Kırıkkale, Çankırı, Çorum, Sinop ve Samsun il topraklarından geçerek Bafra Ovası’ndan Karadeniz’e dökülür. Türkiye’nin ikinci büyük havzası olan Kızılırmak Havzası, İç Anadolu’nun doğu bölümünde yer alır. Kızılırmak Havzası, Karadeniz Bölgesi, İç Anadolu

Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi'nin bir bölümünü kapsar. Coğrafi olarak 37°56' – 41°44' kuzey enlemleri ile 32°48' – 38°24' doğu boylamları arasındadır. Kızılırmak Havzası; batıda Batı Karadeniz ve Sakarya Havzaları, güneybatıda Konya Kapalı Havzası, güneyde Seyhan Havzası, güneydoğuda Fırat Havzası, doğuda Yeşilırmak Havzası ve kuzeyde ise Karadeniz ile çevrilmiş açık bir havzadır.

1.1.1 Yerleşim Yerleri

Kızılırmak Havzası'nda Ankara, Çankırı, Yozgat, Çorum, Kırıkkale, Kırşehir, Nevşehir, Kayseri, Sivas, Samsun, Sinop, Kastamonu, Aksaray, Niğde, Tokat, Amasya, Konya ve Erzincan illerinin tamamı veya bir kısmı yer almaktadır. Bu illerin havza sınırları içerisinde kalan alanlarının büyüklükleri Tablo 1.1 ile, Kızılırmak Havzası idari sınırları ise Şekil 1.1 ile verilmektedir.



Şekil 1.1: Kızılırmak Havzası Genel Görünümü ve İdari Sınırları

Tablo 1.1: Kızılırmak İçindeki İllerin Toplam ve Havza İçerisinde Kalan Alanları

İl Adı	İlin Toplam Alanı (km ²)	Havzaya Giren Alan (km ²)	Havzaya Giren Alan Oranı (%)	Havzadaki Alan Yüzdesi (%)
Aksaray	7.661	1.307	%17,1	%2
Amasya	5.635	645	%11,4	%1
Ankara	25.664	5.143	%20,0	%6
Çankırı	7.550	5.873	%77,8	%7
Çorum	12.425	8.219	%66,1	%10
Erzincan	11.812	0,01	%0,0	%0
Kastamonu	13.061	5.839	%44,7	%7
Kayseri	16.967	7.945	%46,8	%10
Kırıkkale	4.793	4.793	%100,00	%6
Kırşehir	6.577	6.577	%100,00	%8
Konya	40.815	128	%0,3	%0,2
Nevşehir	5.487	4.821	%87,9	%6
Niğde	7.235	573	%7,9	%1
Samsun	9.724	4.789	%49,2	%6
Sinop	5.721	2.563	%44,8	%3
Sivas	28.170	13.415	%47,6	%16
Tokat	10.034	63	%0,6	%0,1
Yozgat	13.685	9.475	%69,2	%12
Toplam	233.017	82.182	%35,3	%100

Kaynak: (TÜİK, 2022; DSI, 2018)

1.1.2 Demografi

Kızılırmak Havzası'nda Ankara, Çankırı, Yozgat, Çorum, Kırıkkale, Kırşehir, Nevşehir, Kayseri, Sivas, Samsun, Sinop, Kastamonu, Aksaray, Niğde, Tokat, Amasya, Konya ve Erzincan illerinin tamamı veya bir kısmı yer almaktadır.

TÜİK kayıtlarına göre (TÜİK, 2022) yapılan düzenleme sonucu Havza sınırları içerisinde 18 il, 8 il merkezi, 94 ilçe merkezi (Tüm merkez ilçeler ve il merkezleri dahil), 1.103 büyükşehir mahallesi (Ankara, Kayseri, Konya ve Samsun Büyükşehir Belediyeleri sınırları içerisinde kalan), 44 belde ve 2.985 köy bulunmaktadır. Havza içerisinde kalan büyükşehir belediyesi mahalleleri ile büyükşehir olmayan illerin il merkezi, ilçe merkezi, belde ve köy sayıları toplam 4.204 adettir.

Proje kapsamındaki yerleşimler 2021 yılı itibarıyla en güncel haline getirilerek coğrafi bilgi sistemleri ortamında noktalanmıştır. Havza içerisinde kalan toplam nüfus 2021 yılı adrese dayalı nüfus kayıt sistemi (ADNKS) sonuçlarına göre 4.119.651 kişidir. Havzadaki en yoğun nüfusa sahip il olan Kayserinin havza içerisinde kalan nüfusu 1.351.472 kişidir. Havzadaki kentsel nüfus 3.145.486 kişi, kırsal nüfus ise 974.165 kişidir. Havza nüfusu, toplam ülke nüfusunun %4,91'ini oluşturmaktadır. (TÜİK, 2022).

1.1.3 İklim

Kızılırmak Nehri oldukça uzun bir akarsu olması sebebiyle sahip olduğu havza geniş bir alanı kaplamaktadır. Kızılırmak Havzası güney kesimlerinde İç Anadolu Bölgesinin, kuzey kesimlerinde ise Karadeniz Bölgesinin iklimsel özelliklerini taşımaktadır. Bu nedenle İç Anadolu ve Karadeniz ikliminin coğrafi bölgelerine özgü ve birbirinden çok önemli farklılıklar gösteren meteorolojik özellikleri Kızılırmak Havzasında görmek mümkündür.

Karadeniz ikliminde kışlar ılık, yazlar serin ve her mevsim yağışlıdır. Karadeniz ikliminde günlük ve yıllık sıcaklık farkları azdır. Yıllık ortalama sıcaklık 13°-15°C arasında olmaktadır. En fazla yağış kış mevsiminde ve en az yağış yaz mevsiminde düşmesine rağmen yağış rejimleri arasında fazla fark yoktur. Yıllık ortalama yağış 1.000-1.200 mm arasında olmaktadır.

İç Anadolu karasal iklimde ise kışlar soğuk ve genellikle kar yağışlı, yazlar sıcak ve kuraktır. Karasal iklimde yıllık ve günlük sıcaklık farkları fazladır. Yıllık ortalama sıcaklık 9°-12°C arasında olmaktadır. Kış sıcaklıkları sık sık sıfırın altına düşmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı 300-600 mm arasında olmaktadır.

Kızılırmak Havzası'nın uzun yıllara ait yıllık ortalama toplam yağış miktarı 432 mm'dir. Havzadaki ortalama sıcaklık ise 10,1°C'dir.

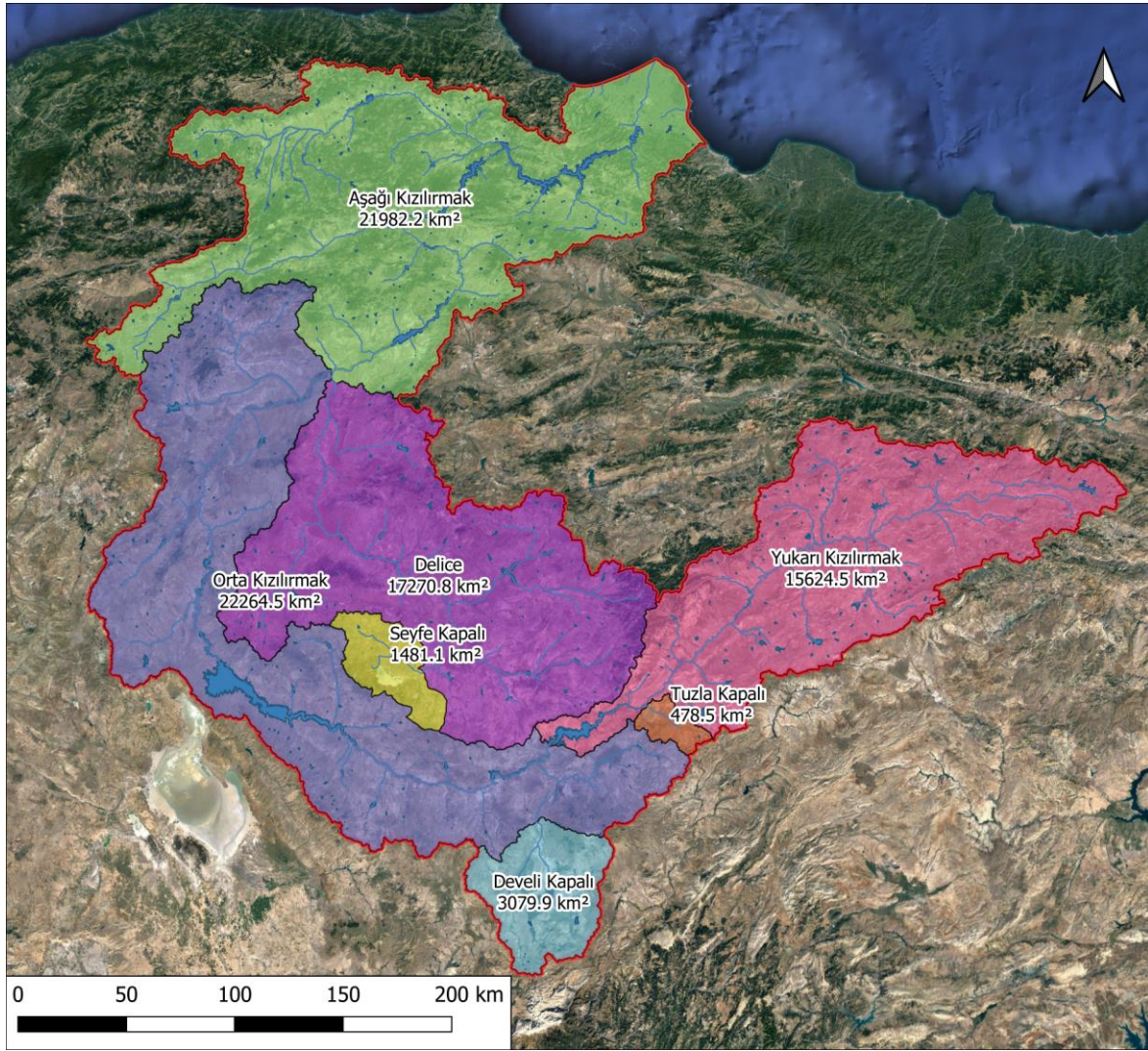
1.1.4 Su Kaynakları

Kızılırmak Nehri, Türkiye topraklarından doğarak yine, Türkiye topraklarından denize dökülen en uzun akarsudur. Kızılırmak Nehri 1.151 km ile Türkiye akarsularının en uzun olan nehir, 82.181,5 km²'lik bir sahanın sularını Karadeniz'e boşaltmaktadır.

Kızılırmak Nehri, İç Anadolu'nun en doğusundaki Sivas ili İmranlı ilçesinde Kızıldağ'ın güney yamaçlarından doğar. Nehir, Zara ve Sivas-Merkez'den geçerek Avanos'a ulaşır. Buradan Gülşehir, Kırıkkale, Hüseyinli, Osmancık üzerinden giderek geniş bir yay çizerek kuzeye akar. Nehir, Osmancık'tan keskin bir dönüşle kuzeybatıya yönelir ve Kargı'nın güneyinden daha keskin ikinci bir dönüşle doğuya akar. Bundan sonra nehir geniş kıvrımlar oluşturarak ilerler ve Durağan ve Bafra'dan geçtikten sonra Karadeniz'e ulaşır. Kızılırmak Nehrinin başlıca kolları Delice, Devrez ve Gökırmak'tır.

Havza temelli planlama ve yönetim çalışmalarında havza, hidromorfolojik ve topografik durum, meteorolojik, jeolojik ve hidrolojik özellikler; arazi örtüsü, arazi kullanımı, toprak özellikleri, baskı unsurları ile birlikte idari durum göz önüne alınarak alt-havzalara ayrılır.

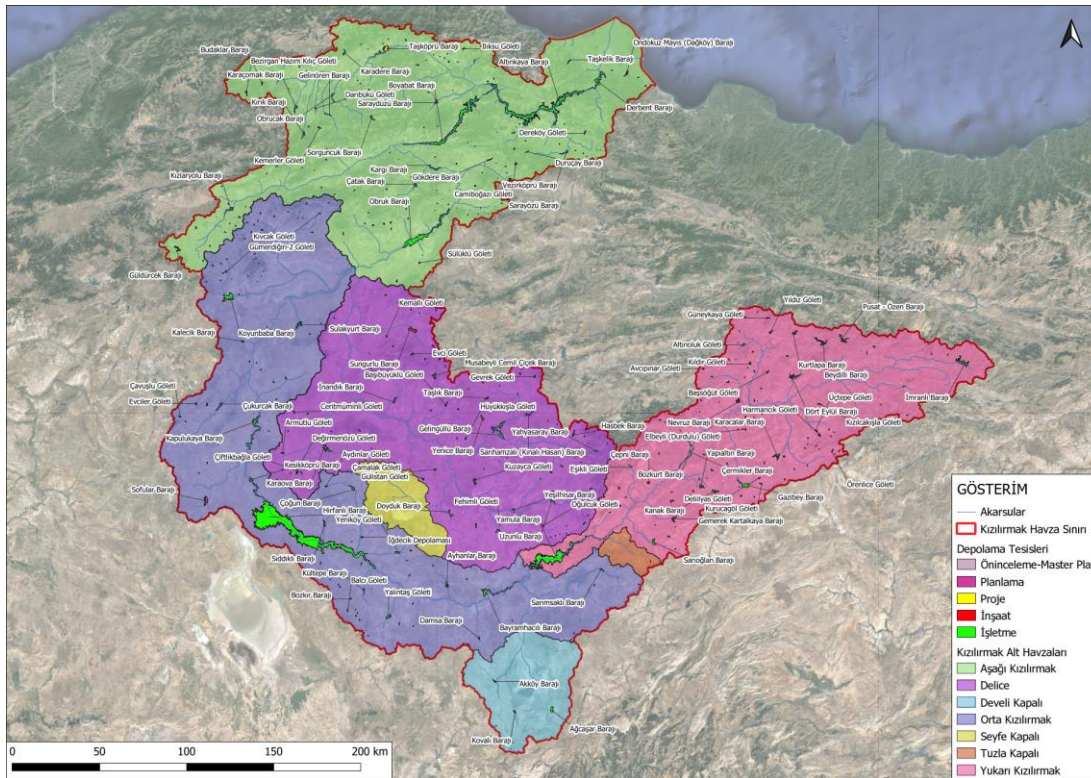
Kızılırmak Havzası iklim, akım karakteristikleri, yer şekilleri, su yapıları, kapalı havza olma ve jeolojik durumu göz önüne alınarak 3'ü kapalı havza olmak üzere 7 adet alt havzaya ayrılmıştır. Belirlenen alt havzalar ve yağış alanları aşağıda harita üzerinde gösterilmiştir.



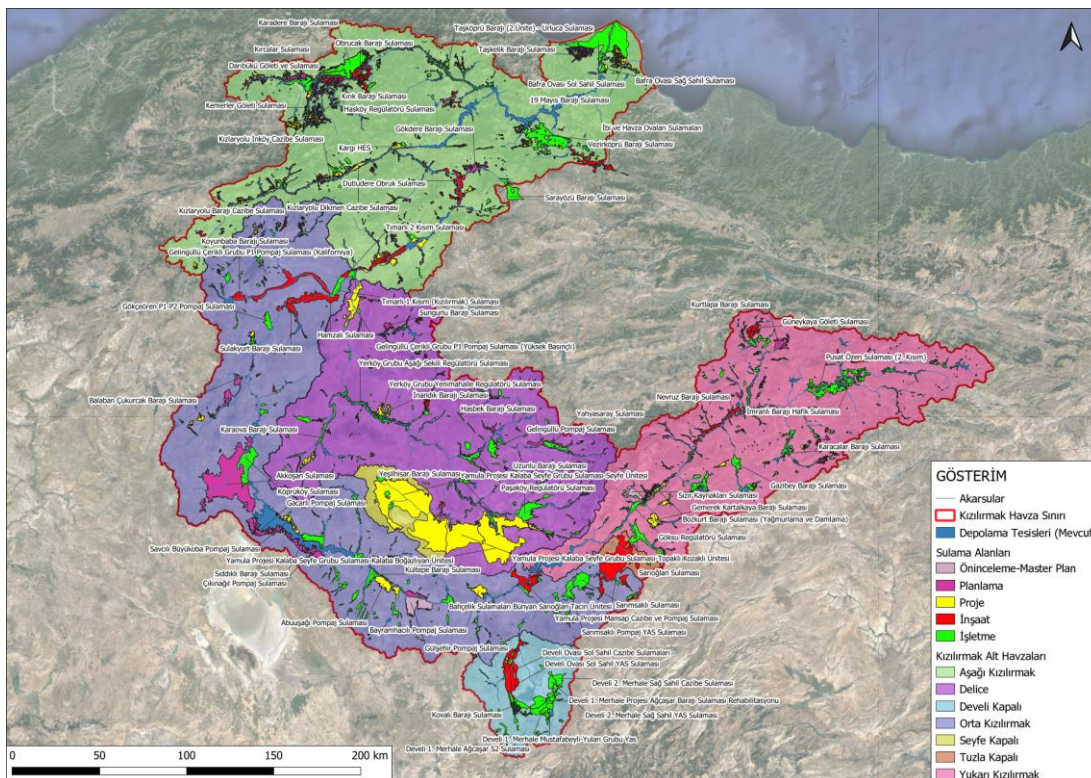
Şekil 1.2: Kızılırmak Havzası Hidrolojik Alt Havzaları

Kızılırmak Havzası'nda, farklı kademelerde olmak üzere; DSİ tarafından gerçekleştirilen sulama, enerji ve içme-kullanma suyu temini projeleri, havza dışına ve havza içine su aktarımı projeleri ve su bilançosunu önemli ölçüde etkileyen sulamalar (Halk+İÖİ sulamaları) yer almaktadır.

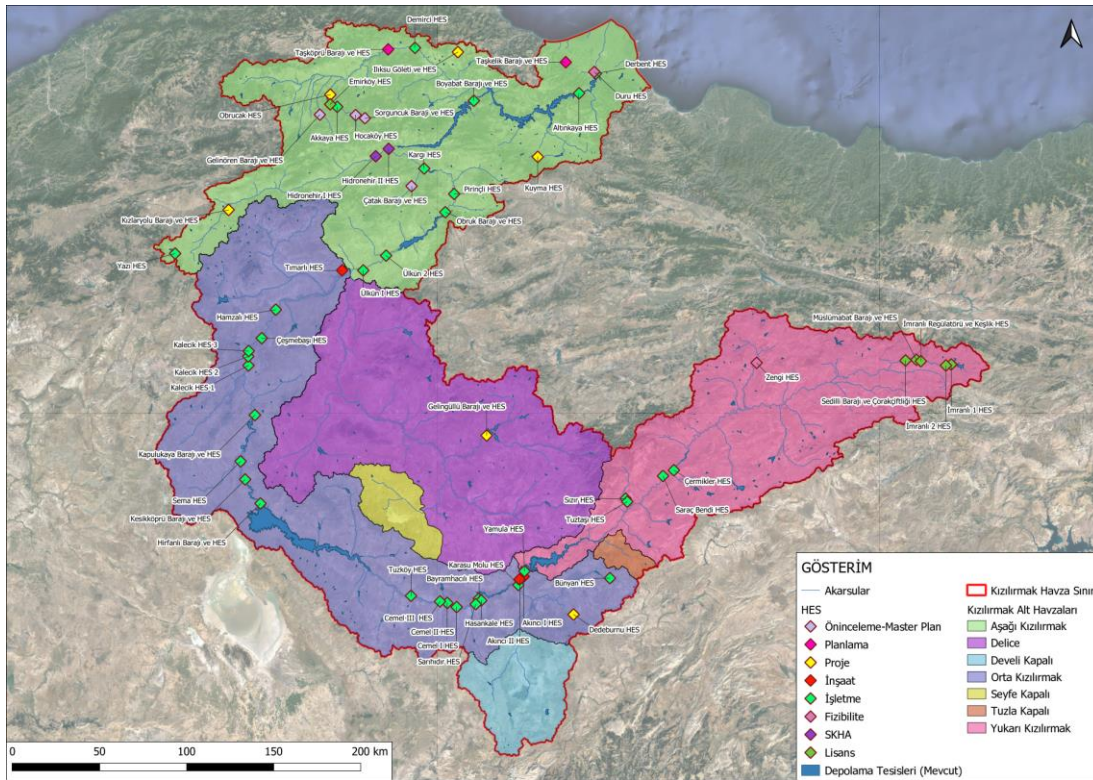
Kızılırmak Havzası'nda işletmeye alınan veya inşaa edilmekte olan toplam **57 adet baraj**, **275 adet gölet**, **1154 adet sulama tesisi** ve **37 adet HES** tesisi bulunmaktadır. Kızılırmak Havzası'nda **486.399 ha yerüstü** ve **25.306 ha yeraltı** olmak üzere **toplam 511.704 ha alan sulanmaktadır**. Kızılırmak Havzası'nda **2224 MW kurulu güce** ve **6900 GWh yıllık enerji üretim kapasitesine** sahip **12 adedi depolamalı** ve **25 adedi depolamasız HES** bulunmaktadır.



Şekil 1.3: Kızılırmak Havzası'ndaki Depolamalı Tesisler Bulduru Haritası



Şekil 1.4: Kızılırmak Havzası’ndaki Sulama Tesisleri Bulduru Haritası



Şekil 1.5: Kızılırmak Havzası’ndaki HES Tesisleri Bulduru Haritası

Kızılırmak Havzası gelişimini büyük oranda tamamlamıştır. Ana kolda yapılacak depolamalı herhangi bir tesis kalmamış olup yan kollarda planlanan tesisler bulunmaktadır.

2 KURAKLIK ANALİZLERİ VE DEĞERLENDİRMELERİ

2.1 Tarihte Yaşanmış Kuraklıklar

Kızılırmak Havzasında son yıllarda yağış rejimindeki değişikliklere bağlı olarak 2000-2001, 2007-2008, 2013-2014, 2017, 2020-2021 yıllarında değişik şiddette kuraklıklar yaşanmıştır.

2000-2001 Kuraklığı: 2001 yılında Türkiye'nin hemen hemen her bölgesinde kurak koşullar yaşanmakla birlikte kuraklığın şiddeti Kızılırmak Havzasında çok daha fazla olmuştur. Kızılırmak Havzasında yer alan merkezlerde Palmer kuraklık indislerine göre aşırı kurak döneme girdiği tespit edilmiştir (Akbaş, 2014). Kuraklık kamuoyuna da yansımış olup 2001 yılında Hürriyet Gazetesi'nde çıkan haberlere göre Türkiye'de kuraklığın kronikleştiği, barajlardaki su seviyesinin sürekli azalması nedeniyle programlı elektrik kesintilerinin gündeme geldiği; 1999 yılının ardından 2000 yılında da kuraklıkla karşı karşıya kaldığı, İç Anadolu'da 392 mm olan ortalama yağış miktarı 1999'da 362 mm, 2000 yılında 375 mm olarak ölçüldüğü aktarılmıştır (Hürriyet Gazetesi, 2001).

2007-2008 Kuraklığı: Türkiye genelinde, ancak başta İç Anadolu Bölgesi olmak üzere, Aralık 2006'den Aralık 2008'e kadar devam eden uzun süreli kuraklık yaşanmış, 2006-2007 tarım yılında İç Anadolu Bölgesinde uzun yıllar normal yağış ortalamasından %22 yağış azalışı olmuştur. Kuraklıktan etkilenen 40 ilin buğday verimlerinde %40'a varan ciddi düşüşler yaşanmış; Aksaray, Ankara ve Kırıkkale illerinde verim düşüşü %30 civarında olduğu kaydedilmiştir. Türkiye'de ve eş zamanlı olarak dünya genelinde yaşanan kuraklık neticesinde, Türkiye'de buğday stokları tükenmiş, dünya buğday stokları da son 30 yılın en düşük seviyelerine (yaklaşık 100 milyon ton) inmiş; Amerikan HRW buğdayının satış fiyatı, 2006 Aralık'ta 213 \$/ton iken 2007 Aralık ayında 387 \$/ton değerine yükselerek %81 artış göstermiştir (Şimşek, Asar, & Şimşek, 2008). Tarım ve Orman Bakanlığı, Türkiye'de 2007 yılında yaşanan kuraklığın zararını 2.5 milyar \$ olarak açıklarken, Türkiye Ziraat Odaları Birliği, kuraklığın Türkiye'ye maliyetini ve üreticilere verdiği toplam zararı 5.08 milyar TL olarak belirlemiştir (Türkiye IX.Tarım Ekonomisi Kongresi, 2010). Bu süreçte havza illerini de kapsayan üç adet Bakanlar Kurulu Kararı çıkarılmış; Ankara'da içmesuyu yetersizliği baş göstermesi sebebiyle, Kesikköprü Barajı'ndan Ankara'ya su temini yapılması hususundaki çalışmalar acil olarak tamamlanmış, 167 hm³/yıl içmesuyu tahsisi yapılmıştır (DSİ, 2018).

2013-2014 Kuraklığı: 2013-2014 Tarım Yılı'nı kapsayan 12 aylık dönemde Kızılırmak Havzasındaki kuraklık, Karadeniz Bölgesi'nin ortası ile doğu iç kesimlerinde, Kırşehir ve Nevşehir civarlarında değişen şiddetlerde yaşandığı tespit edilmiştir. Kırşehir'de kışın kurak geçmesi ve bahar yağmurlarının yetersiz olması sebebiyle barajların doluluk oranları %40 seviyesine kadar çekilmiş, sulama tesislerinde ancak kısıtlı sulama yapılmasına izin verileceği açıklanmıştır (Kırşehir Arena Gazetesi, 2014). Yaşanan kuraklıktan dolayı Nevşehirli çiftçilerin büyük sıkıntı çektiği, kuraklıktan %70'e varan oranda zarar gören çiftçilerin olduğu, ektikleri tarlalara biçer sokmayacakları ve ürünü sürüp toprakta gübre olmasını sağlayacakları haberleştirilmiştir (Muskara Haber Gazetesi, 2014c). Kırıkkale, Kırşehir ve Yozgat illerinde

hububat hasadında rekoltenin %25-30 civarında kayıp oluştuğu ifade edilmiştir (Kale Haber, 2014). Aksaray'da son 20 yılın en kurak dönemi yaşandığını, rekolte %50-60 düşüş beklendiğini ifade edilmiştir (Tarım TV, 2014). Sivas'ta da son yılların en kurak kış mevsimi yaşanması sebebiyle toprağın suya doymadığı, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında istenilen yağışların gerçekleşmesi durumunda dahi hububat rekoltesinde %35-40 civarında azalma olacağını ifade edilmiştir (Su Hakkı Org, 2014). Bu süreçte havza illerini de kapsayan Bakanlar Kurulu Kararı çıkarılmış, Ağustos 2013'ten Aralık 2014'e kadar afetlerden en az %30 oranında zarar gören çiftçilerin borçlarının ertelenmesi kararlaştırılmıştır.

2013-2014 kuraklığı esnasında Seyfe Gölü tamamen kururken, Kızılırmak'ın Sivas girişinde 2013 yılı Mart ayı ortalama debisi 108 m³/s iken 2 Mart 2014'te yapılan anlık ölçümlerde ırmağın debisi 11,1 m³/s olarak rasat edilmiş (Su Hakkı Org, 2014); içmesuyu ihtiyacını yeraltısularından karşılandığı Çorum'da köylerde içmesuyu temini sıkıntısı yaşanmıştır (Çorum Yayla Haber Gazetesi, 2013).

2016-2017 Kuraklığı: Kızılırmak Havzasının yer aldığı İç Anadolu Bölgesinde 2017 yılında 359,8 mm yağış gerçekleşirken normalinden (407,8 mm) %11,8 yağış azalışı gerçekleşmiştir (MGM, 2018). 2016-2017 tarım yılı, son 44 yılın en kurak yılı olduğunu ifade edilmiştir (TZOB, 2018). Bu süreçte havza illerini de kapsayan iki adet Bakanlar Kurulu Kararı çıkarılmış, 2017 yılı sonuna kadar afetlerden en az %30 oranında zarar gören çiftçilerin borçlarının ertelenmesi kararlaştırılmış; ayrıca, bu süreçte TARSİM kuraklık verim sigortası da devreye alınmıştır.

2020-2021 Kuraklığı: Halen içinde bulunduğumuz kurak dönemdir. 2021 su/tarım yılı yağışları, 1 Ekim 2020-31 Temmuz 2021 dönemi dikkate alarak incelendiğinde, yağışlar normalin ve geçen yıl aynı dönem yağışlarının altında gerçekleşmiştir. Türkiye geneli 10 aylık su/tarım yılı yağışları **son 60 yılın en düşük seviyesindedir**. Türkiye genelinde yağışlarda normaline göre %23, 2020 su/tarım yılı yağışlarına göre %22 azalma mevcuttur. İç Anadolu'da ise yağışlarda normaline göre %29, 2020 su/tarım yılı dönem yağışına göre %23 azalma gerçekleşmiştir (MGM, 2021).

2020 yılında en az yağış alan illerin Kırşehir, Kırıkkale, Çorum, Ankara ve Yozgat olduğunu açıklamış; Kırşehir'de Ekim ayında tarlasını eken çiftçilerin yaklaşık iki aydır yağmur beklediğini, ancak bir türlü istenilen seviyede yağış görülmediği ifade edilmiştir (Kırşehir Çiğdem Gazetesi, 2020). Kırşehir'in güney bölgelerinde nohut, mercimek tarlalarının biçilmeyecek durumda olduğu; Kırşehir'de tahıl üreticilerinin % 20-30'unun TARSİM'e kuraklık sigortası yaptırdığı, geri kalan %70'inin sigortası olmadığı raporlanmıştır (Kırşehir Aşıkpasha Gazetesi, 2021). Yozgat'ta çiftçiler kuraklık sebebiyle yanan ekili hububat alanlarında hayvanlarını otlatıp tarlalarını yeniden sürdü; bazı köylerde kuraklık nedeniyle 100 yıldır akan çeşmeler dahi kuruduğu belirtilmiştir (Yozgat Çamlık Gazetesi, 2021). Çorum'un içme suyu ihtiyacının da karşılandığı Hatap Barajı'ndaki su seviyesi 0,305 hm³'e kadar gerilerken doluluk oranının %2,5 olarak gerçekleştiği; kuraklıktan etkilenen tarlaların yüzde 80'i kuruduğu tespit edilmiştir (Çorum Yayla Haber Gazetesi, 2021a; Çorum Yayla Haber Gazetesi, 2021b).

Kastamonu’da kuraklık sebebiyle Devrez Çayı’nın kurumaya yüz tuttuğu, Tosya’da binlerce dönüm alanda çeltik ekimi yapılmadığı, Tosya genelinde 200 ton çeltik tohumu ekildiği, 10 bin ton/yıl rekolte bekliyorken kuraklık nedeniyle rekoltenin 2 bin ton/yıl seviyesine düşeceği tespit edilmiş; Taşköprü’de kuraklık sebebiyle sarımsakların da istendiği gibi sulanamadığı, pancar sezonunda da sulama ihtiyacının karşılanamayacağı öngörüldüğü raporlanmıştır (Kastamonu Gazetesi, 2021a; Kastamonu Gazetesi, 2021b). Ankara’nın Bala ilçesinde %75 oranında verim kaybı yaşandığı, bu büyüklükte verim kaybını ilk kez görüldüğü belirtilmiştir (Hürriyet Gazetesi, 2021). Kayseri’de son 30 yılın en ciddi kuraklığının yaşandığı belirtilmiştir (Kayseri Haber Gazetesi, 2020).

2020-2021 kurak döneminde şu ana kadar iki adet Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi çıkmıştır. Bu kararnamelerde önceki kararnamelerden farklı olarak borç ertelenmesi değil, ÇKS’ye kayıtlı çiftçilerin kuraklık sebepli verim azalışlarının TARSİM tarafından teminat altına alınacağı ve Bakanlıkça belirlen tarım havzalarında %30 ve üzeri verim kaybı yaşayan çiftçilere bir defaya mahsus olmak üzere destekleme ödemesi yapılacağı kararlaştırılmıştır.

2.2 Trend Analizleri

Havza genelinde (tüm Kızılırmak Havzası) değerlendirme yapıldığında yıllık toplam yağışlarda 1971-2020 döneminde istatistiksel açıdan anlamlı bir trend tespit edilememiştir. İstasyonlar özelinde değerlendirildiğinde Mann-Kendall yöntemine göre yalnızca Sinop MGI’de artış, Zara, Boğazlıyan, Kangal ve Ürgüp MGI’lerde azalış trendi tespit edilmiş, diğer istasyonlarda istatistiksel açıdan anlamlı herhangi bir trend tespit edilememiştir. Trend tespitinde çok daha hassas bir yöntem olan Şen Yenilikçi Trend Anlamlılık Testi ise birçok istasyonun yağışlarında artış ve azalış yönlü anlamlı trendler belirleyebilmektedir. Alt havzalar özelinde bakıldığında genel çerçevede istatistiksel açıdan anlamlı bir yağış artış ya da azalış trendi tespit edilememiştir. Ancak alt havzalar özelinde değerlendirildiğinde değişkenliğin artışının belirgin şekilde etkili olduğu en önemli alt havza Tuzla Kapalı Alt Havzası’dır. Değişkenlik artışı, veride herhangi bir anlamlı trend tespit edilmese bile daha kurak ve daha nemli dönemlerin gözlenebileceğine işaret etmektedir.

Havza genelinde (tüm Kızılırmak Havzası) değerlendirme yapıldığında yıllık ortalama sıcaklıklarda 1971-2020 döneminde istatistiksel açıdan anlamlı bir artış trendi tespit edilmiştir. Buna göre havza genelinde hava sıcaklıkları 1996-2020 döneminde 1971-1995 dönemine göre yaklaşık 1,1°C artış göstermiştir. İstasyonlar özelinde değerlendirildiğinde Mann-Kendall yöntemine göre Ilgaz MGI hariç tüm istasyonlarda hava sıcaklıkları artış trendindedir. Şen Yenilikçi Trend Anlamlılık Testi ise tüm istasyonlarda istisnasız olarak artış trendi tespit etmiştir.

Havza geneli için yapılan değerlendirmede genel çerçevede Kızılırmak Havzası yıllık toplam doğal akımlarında anlamlı bir trend tespit edilememiştir. Ancak Şen Yöntemine göre yapılan trend analizinde yer alan üç parçalı analiz sonuçlarına göre az veri grubunda azalış trendi, yüksek veri grubunda ise artış trendi dikkat çekmektedir. Bu durum değişkenlikteki artış yönlü

istatistiksel açıdan anlamlı trend de değerlendirmeye alındığında kurak dönemlerin daha kurak, nemli dönemlerin ise daha nemli gerçekleşmeye başladığı anlamını taşımaktadır.

2.3 Kuraklık Analizleri

Çalışma alanında 1971-2020 yılları arasında yaşanan kuraklıklar PNI, SPI, SPEI, RDI, PDSI ve PHDI indisleri kullanarak incelenmiştir. Çalışma alanı geniş bir alanı kapsaması sebebiyle farklı fiziki coğrafî ve klimatolojik koşullar hakimdir. Bu sebeple çalışma alanında yer alan gözlem istasyonlarının %70 ve daha fazlasında en az 3 ay süresince kurak olarak tespit edilen devreler yorumlanmıştır. Kızılırmak Havzasında, 50 yıllık (1971-2020) analiz periyodunda, bütünleşik kuraklığı ifade edebilecek PDSI indisi kullanarak 3 ay ve daha uzun süreli ortak kurak devreler araştırılmıştır. İndislerin ittifak ettiği 8 adet bütünleşik kurak yıl ya da devre tespit edilmiştir. Bu kuraklıklar: **1973-1975, 1994-1995, 2000-2001, 2007-2008, 2012, 2013-2014, 2016-2018, 2019-2020**'dir.

Meteorolojik kuraklıklara bakıldığında, genel itibariyle PNI ve SPI indislerinin 1- ve 3-aylık zaman adımları ile Palmer Nem Anomali (ZIND) indisi ile meteorolojik kuraklıklar iyi tespit edilebilmektedir. Çalışma alanında 1-aylık SPI ve Palmer Nem Anomali (ZIND) ile önemli ortak kurak devre tespit edilememiş olup PNI indisinin 1- ve 3-aylık zaman adımları ile SPI ve RDI indislerinin 3-aylık zaman adımı meteorolojik kuraklıkların tespit edilebildiği sonucuna ulaşılmıştır. İncelenen üç indisten meteorolojik kuraklıkları tespit edebilen en kuvvetli indis **3-aylık SPI** indisi olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra **3-aylık PNI** indisi de meteorolojik kuraklıkların tespit edilmesinde belirlenebilir.

Tarımsal kuraklıklara bakıldığında buğday tarımı referans alınarak, çalışma alanında bitkisel üretim verimlerindeki değişim ve uydu görüntülerine dayalı kuraklık indisleri ile PNI, SPI ve SPEI indislerinin 6- ve 9-aylık zaman dizilerinin 2 ay ve daha uzun süreli ortak kurak devreleri kıyaslayarak tarımsal kuraklıkları iyi tespit edilebilecek indisler araştırılmıştır. Meteorolojik kuraklıklar araştırılırken 3 ay ve daha uzun süreli kurak devreler üzerinde durulurken tarımsal kuraklıkların araştırılmasında kuru tarım ürünlerinin fenolojik gelişim evreleri dikkate alınarak ortak kurak devrelerin 2 ay ve daha uzun süreli olmasına dikkat edilmiştir. İncelenen indislerden tarımsal kuraklıkları tespit etmek amacıyla kullanılabilir indis **6-aylık SPI** olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra **6-aylık PNI** indisi de tarımsal kuraklıkların tespit edilmesinde kullanılabilir. 6-aylık SPI indisi sonuçları kurak dönem kayıtları, bitkisel üretim verimleri ve uzaktan algılamaya dayalı vejetasyon indisleri ile karşılaştırılmış ve havzada güvenilir şekilde tarımsal kuraklıkların tespitinde kullanılabileceği ortaya konmuştur.

Kızılırmak Havzasında, 50 yıllık (1971-2020) analiz periyodunda, hidrolojik kuraklığı ifade edebilecek 12-aylık PNI, 12-aylık SPI, 12-aylık SPEI, PDSI ve PHDI indisleri kullanarak 3 ay ve daha uzun süreli ortak kurak devreler araştırılmıştır. İndislerin ittifak ettiği 7 adet hidrolojik kurak devre tespit edilmiştir. Bu kuraklıklar: **1973-1975, 1994-1995, 2001, 2003, 2007-2008, 2013-2014, 2017-2019, 2019-2020**'dir. İncelenen indislerden hidrolojik kuraklıkları tespit edebilen en kuvvetli indis **12-aylık SPEI** indisi olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra **PHDI**

indisi de meteorolojik kuraklıkların tespit edilmesinde kullanılabilir.

2.4 İklim Projeksiyonları

Çalışmada, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (SYGM, 2016) kapsamında çalışılan RCP senaryolarından ikisine (RCP 4.5 ve RCP 8.5) ve farklı üç küresel dolaşım modeline (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1) göre Kızılırmak Havzasındaki meteorolojik değişkenler değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler ışığında iklim projeksiyonları ile ilgili olarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

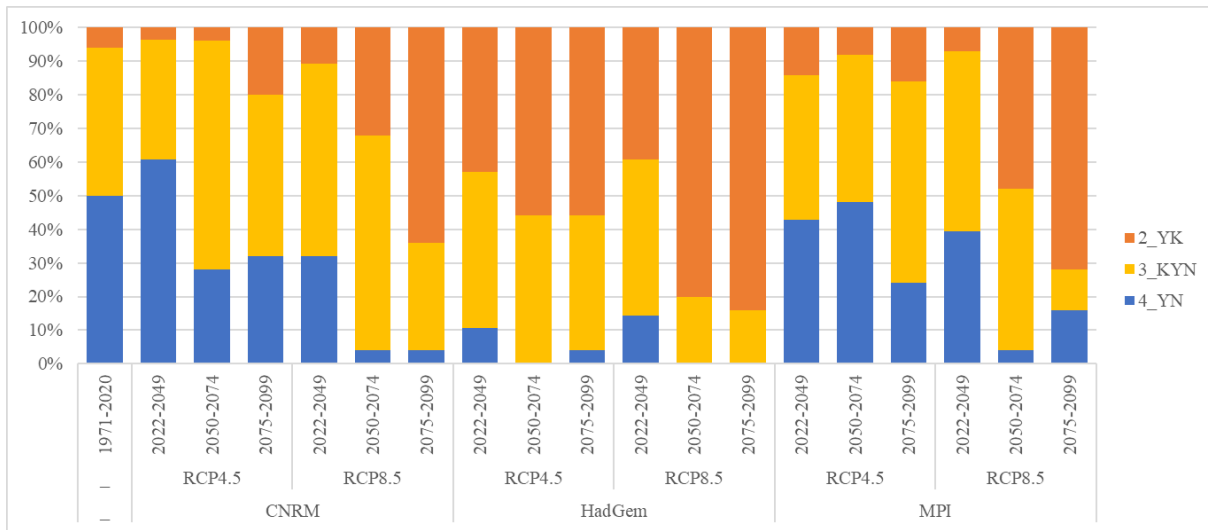
- ◆ Kızılırmak Havzası yağışları en kötümser senaryolar ışığında uzun vadede referans dönemine göre %10'lar mertebesinde azalabilmesine karşın genel çerçevede çok büyük bir değişime uğramayacağı öngörülmektedir.
- ◆ Ortalama hava sıcaklığı değerleri çalışılan tüm iklim projeksiyonlarına göre bir artış trendi izlemektedir. Bu artışın en kötümser senaryo ışığında 2075-2099 döneminde yaklaşık 5°C mertebesinde artması söz konusu olabilecektir. Ancak çalışılan altı adet projeksiyonun ortalaması dikkate alındığında bu artış miktarı Kızılırmak Havzası genelinde 2,7°C mertebesinde kalmaktadır.
- ◆ Ortalama hava sıcaklığındaki artış, potansiyel evapotranspirasyon üzerinde de doğrudan etkilidir.
- ◆ Potansiyel evapotranspirasyondaki artış ise havzada önemli bir yağış değişimi tespit edilmediği için gelecekte yaşanması öngörülen kuraklıkların süresinin ve şiddetinin artmaya başlayacağını bir işaretçisidir. Bu bilgiye ek olarak, havzada önemli bir yağış değişiminin tespit edilmemiş olması sebebiyle gelecekte yaşanması öngörülen kuraklıkların yağış azalışından daha çok hava sıcaklığının artışı kaynaklı olacağı düşünülmektedir.
- ◆ Ortalama hava sıcaklıklarının artışıyla birlikte havzada özellikle tarımsal ve hidrolojik kuraklıkların tespitinde doğrudan yağış verisi kullanan Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) gibi indislerin kuraklık tespiti konusundaki güvenilirlikleri gelecekte azalabilecektir. Kızılırmak Havzasında evapotranspirasyon verisini de dikkate alan (SPEI veya Palmer İndisleri gibi) kuraklık indislerinin kullanımının, gelecekte yapılacak kuraklık tespitlerinin daha güvenilir olmasını sağlayacağı öngörülmektedir.
- ◆ CNRM-CM5.1 modelinin hem RCP 4.5 hem de RCP 8.5 senaryosu Kızılırmak Havzası için çok iyimser sonuçlar vermektedir. Dolayısıyla değerlendirmeler yapılırken bu modelin çıktıları dikkate alınmamıştır. Diğer modellerden MPI-ESM-MR modelinin çıktıları ortalamada kalmakta, HadGEM2-ES modelinin çıktıları ise çok kötümser sonuçlar ortaya koymaktadır.

Mühendislik yaklaşımı olarak güvenli tarafta kalınması amacıyla Kuraklık Yönetim Planı çalışmalarında kötümser sonuçlar ortaya koyduğu için HadGEM2-ES modelinin çıktılarının değerlendirmeye alınması ve yorumlanması kararlaştırılmış, raporun diğer bölümlerinde yapılan analizler bu çerçevede sürdürülmüştür. Ancak bu tercihin bir gelecek öngörüsü değil,

en kötümser koşullar altındaki kuraklık tedbirlerinin ortaya konulması amacı taşıdığı kesinlikle unutulmamalıdır.

2.5 İklim Modelleri Kestirimlerine Dayanarak Öngörülen Gelecek Klimatolojik Değişimler ve Kuraklıklar

Son 50 yıllık gözleme göre havza çözümleme döneminin %6'lık bölümünde yarı-kurak, %44'lük bölümünde kurakça-yarı-nemli ve %50'lik bölümünde yarı-nemli koşullar egemendir. Gelecekte iklim değişikliği etkisi altına havza genelinde yarı-nemli yıllar önemli ölçüde azalacak, kurakça-yarı-nemli yıllarda değişim az olmakla beraber özellikle yarı-kurak yıllar önemli ölçüde artacaktır.



Not: YK: Yarı-Kurak, KYN: Kurakça-Yarı-Nemli, YN: Yarı-nemli

Şekil 2.1: Kızılırmak Havzasında HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM-5.1 küresel iklim modellerinin RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları için hesaplanan yıllık Aİ zaman dizilerinin 2022-2049, 2050-2074 ve 2075-2099 dönemleri için uzun süreli ortalaması

2.6 Kuraklık Risk Durumu ve Kuraklık Riskinin Gelecekteki Değişimi

Bu çalışmada Kızılırmak Havzası alt havzaları için 1971-2020 döneminde hesaplanan aylık toplam yağış (mm) verileri kullanarak yağış kuraklık karakteristikleri, 1971-2020 döneminde alt havzaların çıkışında hesaplanan doğallaştırılmış yıllık toplam akım yükseklikleri (mm) kullanarak akış kuraklık karakteristikleri belirlenmiştir. Bu kapsamda 10-500 yıl arasında değişen tekerrür sürelerinde meydana gelmesi muhtemel kurak dönemlerin karakteristikleri: Kurak devre (eksiklik) süresi, eksik su (yağış/akış) miktarı, eksik su (yağış/akış) büyüklüğü ve eksiklik şiddeti istatistiksel olarak hesaplanmıştır. Yağış kuraklık karakteristikleri Tablo 2.1 ile, akış kuraklık karakteristikleri Tablo 2.2 ile verilmektedir.

Tablo 2.1: Kızılırmak Havzası alt havzalarında farklı tekerrür süreleri için hesaplanan yağış kuraklık karakteristikleri: Kurak devre süreleri, eksik yağış miktarları, eksik yağış büyüklükleri ve eksik yağış şiddetleri

Alt Havza	Yağış Kuraklık Karakteristikleri		Tekerrür Süresi / Risk					
			10 yıl	25 yıl	50 yıl	100 yıl	250 yıl	500 yıl
			10%	4%	2%	1%	0,4%	0,2%
Yukarı Kızılırmak (15/1)	Kurak Devre Süresi	yıl	3,4	4,0	4,4	4,8	5,3	5,6
	Eksik Yağış Toplamı	mm	197,4	263,6	312,0	359,2	420,1	465,2
	Eksik Yağış Büyüklüğü	mm	119,1	147,8	167,6	186,2	209,3	225,9
	Eksik Yağış Şiddeti	mm/yıl	83,0	110,6	133,2	157,6	193,1	222,6
Orta Kızılırmak (15/2)	Kurak Devre Süresi	yıl	4,8	6,1	7,0	7,9	9,0	9,8
	Eksik Yağış Toplamı	mm	234,8	399,7	595,6	886,9	1501,2	2236,2
	Eksik Yağış Büyüklüğü	mm	105,4	113,2	117,7	121,5	125,8	128,5
	Eksik Yağış Şiddeti	mm/yıl	92,7	109,9	122,0	133,6	148,3	159,1
Delice (15/3)	Kurak Devre Süresi	yıl	3,6	4,5	5,0	5,6	6,2	6,7
	Eksik Yağış Toplamı	mm	211,5	337,7	469,3	644,1	967,2	1307,4
	Eksik Yağış Büyüklüğü	mm	111,4	143,5	168,8	195,4	232,5	262,4
	Eksik Yağış Şiddeti	mm/yıl	95,7	126,5	152,1	180,2	221,7	256,8
Aşağı Kızılırmak (15/4)	Kurak Devre Süresi	yıl	3,9	4,6	5,1	5,6	6,1	6,5
	Eksik Yağış Toplamı	mm	311,0	497,4	673,7	885,0	1226,2	1537,6
	Eksik Yağış Büyüklüğü	mm	142,3	176,5	200,1	222,2	249,8	269,5
	Eksik Yağış Şiddeti	mm/yıl	91,9	112,0	125,6	138,3	153,9	165,0
Tuzla Kapalı (15/5)	Kurak Devre Süresi	yıl	3,7	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8
	Eksik Yağış Toplamı	mm	276,9	380,0	457,3	534,4	635,8	712,3
	Eksik Yağış Büyüklüğü	mm	120,6	147,7	166,2	183,4	204,7	219,8
	Eksik Yağış Şiddeti	mm/yıl	117,7	153,9	180,6	206,8	241,0	266,6
Develi Kapalı (15/6)	Kurak Devre Süresi	yıl	4,5	5,6	6,4	7,2	8,1	8,8
	Eksik Yağış Toplamı	mm	267,6	450,1	629,7	851,8	1222,2	1570,2
	Eksik Yağış Büyüklüğü	mm	108,8	121,0	128,1	134,0	140,6	144,9
	Eksik Yağış Şiddeti	mm/yıl	78,7	92,6	101,5	109,3	118,2	124,0
Seyfe Kapalı (15/7)	Kurak Devre Süresi	yıl	4,0	5,4	6,6	7,9	9,8	11,4
	Eksik Yağış Toplamı	mm	222,9	307,0	380,0	462,7	589,7	701,4
	Eksik Yağış Büyüklüğü	mm	117,6	127,4	133,1	137,9	143,2	146,6
	Eksik Yağış Şiddeti	mm/yıl	107,0	117,9	124,2	129,5	135,4	139,3
Kızılırmak Havzası Geneli	Kurak Devre Süresi	yıl	5,0	6,3	7,3	8,2	9,4	10,2
	Eksik Yağış Toplamı	mm	197,4	301,5	414,3	569,3	866,9	1192,4
	Eksik Yağış Büyüklüğü	mm	114,0	136,2	151,9	166,9	186,1	200,1
	Eksik Yağış Şiddeti	mm/yıl	104,0	136,0	161,7	188,9	227,6	258,9

Kızılırmak Havzasında 100 yılda 1 yaşanabilecek bir kuraklık afetinin yağış karakteristik özellikleri Tablo 2.1 ışığında şu şekilde yorumlanmıştır:

- ◆ Kızılırmak Havzasında 100 yılda 1 yaşanabilecek bir kuraklık afetinin 5-8 yıl uzunluğunda sürmesi beklenmektedir. Bu süre havzanın bol yağış alan Yukarı Kızılırmak (15/1) alt havzada 4,8 yıl mertebesindeyken az yağış alan Orta Kızılırmak (15/2) ve Seyfe Kapalı (15/7) alt havzasında 8 yıla yakındır. Bu süre, havzanın en az yağış alan Develi Kapalı (15/6) alt havzasında 7,2 yıl olup Karadeniz İklimi etkilerinin görüldüğü Aşağı Kızılırmak (15/4) ve Delice (15/3) alt havzasında ise 5,6 yıldır.
- ◆ Kızılırmak Havzasında 100 yılda 1 yaşanabilecek bir kuraklık afeti süresince eksik yağış

toplamının 360-870 mm olması beklenmektedir. Eksik yağış en fazla Orta (15/2) ve Aşağı Kızılırmak (15/3) alt havzalarında 885 mm iken, en az Yukarı Kızılırmak (15/1) alt havzasında ve 360 mm mertebesindedir.

- ◆ Kızılırmak Havzasında 100 yılda 1 yaşanabilecek bir kuraklık afeti süresince en kötü yılda 121-222 mm yağış azalışı beklenmektedir. Beklenen kuraklık afetinin en kurak yılında yağış azalışı en az Orta Kızılırmak (15/2) alt havzasında 121,5 mm iken, en fazla Aşağı Kızılırmak (15/2) alt havzasında 222 mm mertebesindedir.
- ◆ Kızılırmak Havzasında 100 yılda 1 yaşanabilecek bir kuraklık afetinde uzun yıllar ortalamasına göre yıllık ortalama 109-207 mm yağış azalışı beklenmektedir. Kuraklık afeti süresince yağış miktarının en az Develi Kapalı (15/6) alt havzasında 109 mm mertebesinde azalması, en fazla Tuzla Kapalı (15/5) alt havzasında 207 mm mertebesinde azalması beklenmektedir.

Aşağıdaki tabloda verilen kuraklık karakteristikleri (Tablo 2.2) yıllık toplam doğal akımlar hm^3 olarak değil, bu değer her bir alt havzanın yağış alanına bölünerek mm cinsinden akış yüksekliği olarak verilmiştir. Bu sayede yağış alanından bağımsız olarak alt havzalar arasında karşılaştırma yapılabilir.

Tablo 2.2: Kızılırmak Havzası alt havzalarında farklı tekerrür süreleri için hesaplanan akış kuraklık karakteristikleri: Kurak devre süreleri, eksik akış miktarları, eksik akış büyüklükleri ve eksik akış şiddetleri

Alt Havza	Akış Kuraklık Karakteristikleri		Tekerrür Süresi / Risk					
			10 yıl	25 yıl	50 yıl	100 yıl	250 yıl	500 yıl
			10%	4%	2%	1%	0,4%	0,2%
Yukarı Kızılırmak (15/1)	Kurak Devre Süresi	yıl	3,3	3,6	3,8	4,0	4,2	4,3
	Eksik Akış Toplamı	mm	108,1	153,0	187,2	221,5	266,9	301,4
	Eksik Akış Büyüklüğü	mm	61,5	83,1	99,2	115,2	136,2	152,0
	Eksik Akış Şiddeti	mm/yıl	46,0	61,7	73,4	85,0	100,1	111,5
Orta Kızılırmak (15/2)	Kurak Devre Süresi	yıl	4,9	6,7	8,1	9,7	12	13,9
	Eksik Akış Toplamı	mm	62,9	99,2	133,1	173,4	238,0	296,4
	Eksik Akış Büyüklüğü	mm	27,1	36,2	43,6	51,7	63,2	72,6
	Eksik Akış Şiddeti	mm/yıl	16,7	21,8	25,9	30,2	36,3	41,2
Delice (15/3)	Kurak Devre Süresi	yıl	4,3	5,5	6,3	7,0	8,0	8,7
	Eksik Akış Toplamı	mm	64,7	157,8	306,8	594,2	1419,7	2741,6
	Eksik Akış Büyüklüğü	mm	21,8	29,5	35,9	42,7	52,7	60,9
	Eksik Akış Şiddeti	mm/yıl	14,8	19,2	23,0	27,3	33,7	39,2
Aşağı Kızılırmak (15/4)	Kurak Devre Süresi	yıl	5,1	5,7	6,0	6,3	6,7	6,9
	Eksik Akış Toplamı	mm	82,4	84,4	85,0	85,2	85,4	85,4
	Eksik Akış Büyüklüğü	mm	47,6	54,8	59,4	63,6	68,6	72,1
	Eksik Akış Şiddeti	mm/yıl	28,1	28,5	28,6	28,7	28,7	28,7
Tuzla Kapalı (15/5)	Kurak Devre Süresi	yıl	3,9	4,6	5,0	5,4	5,9	6,2
	Eksik Akış Toplamı	mm	61,5	81,1	95,2	109,0	126,6	139,6
	Eksik Akış Büyüklüğü	mm	27,6	38,1	46,8	56,4	70,5	82,2
	Eksik Akış Şiddeti	mm/yıl	18,7	22,3	24,7	26,9	29,5	31,4
Develi Kapalı (15/6)	Kurak Devre Süresi	yıl	4,6	5,1	5,4	5,6	5,9	6,0
	Eksik Akış Toplamı	mm	59,0	86,4	110,5	137,9	179,7	215,9
	Eksik Akış Büyüklüğü	mm	25,8	33,2	39,0	45,2	53,8	60,7
	Eksik Akış Şiddeti	mm/yıl	20,1	25,8	30,3	35,1	41,8	47,2
Seyfe Kapalı (15/7)	Kurak Devre Süresi	yıl	4,2	5,8	7,1	8,5	10,6	12,3
	Eksik Akış Toplamı	mm	61,5	98,4	133,3	175,2	242,8	304,6
	Eksik Akış Büyüklüğü	mm	22,9	25,1	26,3	27,4	28,6	29,4
	Eksik Akış Şiddeti	mm/yıl	16,2	17,7	18,5	19,3	20,1	20,6
Kızılırmak Havzası Geneli	Kurak Devre Süresi	yıl	3,3	4,0	4,4	4,8	5,3	5,7
	Eksik Akış Toplamı	mm	53,8	76,9	96,9	119,2	152,8	181,6
	Eksik Akış Büyüklüğü	mm	31,2	40,5	48,0	55,9	67,0	76,0
	Eksik Akış Şiddeti	mm/yıl	24,0	34,4	44,7	57,8	80,9	104,2

Kızılırmak Havzasında 100 yılda 1 yaşanabilecek bir kuraklık afetinin karakteristik özellikleri Tablo 2.2 ışığında şu şekilde değerlendirilebilir:

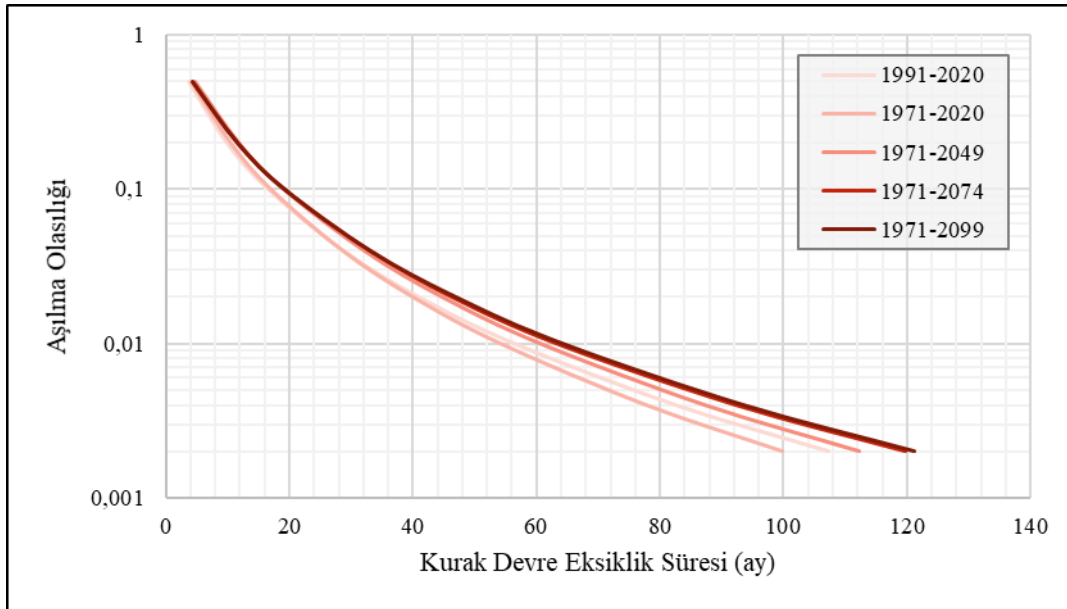
- ◆ Kızılırmak Havzasında 100 yılda 1 yaşanabilecek bir kuraklık afetinin 4-10 yıl uzunluğunda sürmesi beklenmektedir. Bu süre akışın bol olduğu Yukarı (15/1) alt havzada 4 yıl mertebesindeyken akışın az olduğu Orta Kızılırmak (15/2) alt havzasında 10 yıla yakındır. Bu süre, Develi Kapalı (15/6) alt havzasında 8,5 yıl olup Karadeniz

İklimi etkilerinin görüldüğü Aşağı Kızılırmak (15/4) alt havzasında ise 7 yıldır.

- ◆ Kızılırmak Havzasında 100 yılda 1 yaşanabilecek bir kuraklık afeti süresince eksik akış toplamının 85-595 mm olması beklenmektedir. Eksik akış en fazla Delice (15/3) alt havzasında 595 mm mertebesinde iken eksik akış en az Aşağı Kızılırmak (15/4) alt havzasında 85 mm mertebesinde.
- ◆ Kızılırmak Havzasında 100 yılda 1 yaşanabilecek bir kuraklık afeti süresince en kötü yılda 27-115 mm akış azalışı beklenmektedir. Beklenen kuraklık afetinin en kurak yılında akış azalışı en az Seyfe Kapalı (15/7) alt havzasında 27 mm iken, en fazla Yukarı Kızılırmak (15/1) alt havzasında 115 mm mertebesinde.
- ◆ Kızılırmak Havzasında 100 yılda 1 yaşanabilecek bir kuraklık afetinde uzun yıllar ortalamasına göre yıllık ortalama 19-85 mm akış azalışı beklenmektedir. Kuraklık afeti süresince akış miktarının en az Seyfe Kapalı (15/7) alt havzasında 19 mm mertebesinde azalması, en fazla Yukarı Kızılırmak (15/1) alt havzasında 85 mm mertebesinde azalması beklenmektedir.

2.6.1 Kuraklık Riskinin Gelecek Dönemdeki Muhtemel Değişimi

“İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi” kapsamında elde edilen HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR küresel dolaşım modellerinin RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarının yağış ve sıcaklık kestirimleri kullanılarak 2022-2049, 2050-2074 ve 2075-2099 dönemleri için yağış ve klimatolojik su açığı (P-PET) değerleri hesaplanmış; bu değerleri kullanılarak kuraklıkları karakterize eden kurak devre (eksiklik) süresi, eksik su toplamı, en büyük eksik su büyüklüğü ve kuraklık şiddeti değerleri hesaplanmış ve referans dönem (1991-2020) ve gözlem dönem (1971-2020) ile kıyaslayarak gelecek dönemler için değişimler değerlendirilmiştir.



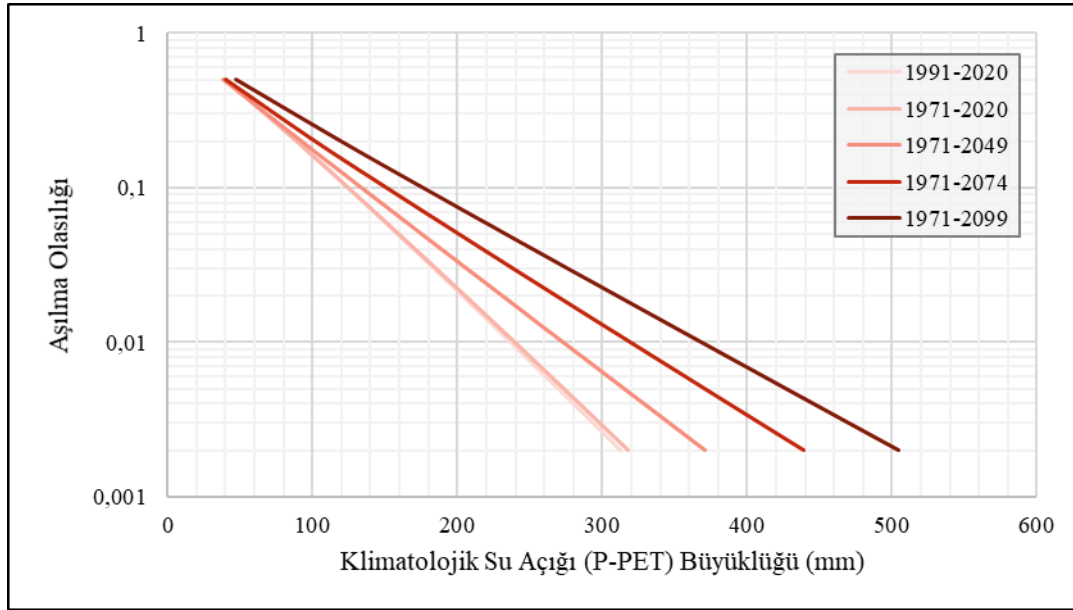
Şekil 2.2: HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR Küresel Dolaşım Modellerinin RCP 4.5 ve RCP 8.5 Senaryolarının Yağış Kestirimleri Kullanarak 12-aylık Eklenik Yağış Toplamları için Hesaplanan 2-, 5-, 10-, 25-, 50-, 100-, 250- ve 500-yıl Tekerrürlü (veya %50-, %20-, %10-, %4-, %2-, %1-, %0.04- ve %0.02-riskli aşılma olasılığı) Kurak Devre (Eksiklik) Süreleri

Havzada farklı tekerrür sürelerinde yağış eksikliğine bağlı kurak devrelerin süreleri Tablo 2.3 ile verilmiştir. Tabloya göre referans dönem için 5-, 10-, 25-, 50-, 100-, 250- ve 500-yılda-1 tekerrürlü kurak devrelerin sırasıyla 10 ay, 17 ay, 29 ay, 41 ay, 56 ay, 82 ay ve 107 ay süreli olduğu görülmektedir. Tablodaki değerler, kurak devre sürelerinin referans döneme kıyasla yüzyılın ilk yarısına kadar %13 mertebesine, ikinci yarısında ise %15 mertebesinde artabileceğine işaret etmektedir.

Tablo 2.3: HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR Küresel Dolaşım Modellerinin RCP 4.5 ve RCP 8.5 Senaryolarının Yağış Kestirimleri Kullanarak 12-aylık Eklenik Yağış Toplamları için Hesaplanan 2-, 5-, 10-, 25-, 50-, 100-, 250- ve 500-yıl Tekerrürlü (veya %50-, %20-, %10-, %4-, %2-, %1-, %0.04- ve %0.02-riskli aşılma olasılığı) Kurak Devre (Eksiklik) Süreleri

Tekerrür	Aşılma olasılığı	1991-2020	1971-2020	1971-2049	1971-2074	1971-2099
2	0,5	3,8	4,1	4,7	4,4	4,4
5	0,2	10	10,5	11,8	11,65	11,7
10	0,1	16,7	17	19,1	19,3	19,3
25	0,04	28,8	28,6	32,1	33,1	33,1
50	0,02	41	40	44,8	46,4	47
100	0,01	56,4	54,1	60,6	63,25	64,2
250	0,004	82,4	77,6	87,2	92,15	93,4
500	0,002	107,2	99,7	112,3	119,65	121,1

Öte yandan gelecek bir dönem için herhangi bir tekerrür süresinde tahmin edilen kurak devre süresinin referans dönemde tekabül ettiği tekerrür süresi birbirleri ile kıyaslanarak beklenen kurak devrenin frekansının nasıl değiştiği de yorumlanabilir. Buradan hareketle referans dönemde 25-yılda-1 yaşanan kuraklıkların yüzyılın sonuna doğru sıklığı giderek artarak 20-yılda-1 yaşanması beklenmektedir. Aynı şekilde, 50-yılda-1 yaşanması öngörülen kuraklıkların yüzyılın ortasında 40-yılda-1 yaşanması beklenmektedir. 100-yılda-1 yaşanması öngörülen kuraklıklar ise yüzyıl sonunda artık 70-yılda-1 yaşanması beklenmektedir.



Şekil 2.3: HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR Küresel Dolaşım Modellerinin RCP 4.5 ve RCP 8.5 Senaryolarının Yağış ve Sıcaklık Kestirimleri Kullanarak 12-aylık Eklenik Klimatolojik Su Açığı (P-PET) Değerleri için Hesaplanan 2-, 5-, 10-, 25-, 50-, 100-, 250- ve 500-yıl Tekerrürlü (veya %50-, %20-, %10-, %4-, %2-, %1-, %0.04- ve %0.02-riskli aşılma olasılığı) En Büyük Su Açığı Büyüklüğü

Havzada farklı tekerrür sürelerinde en büyük klimatolojik su açığı değerleri Tablo 2.4 ile verilmiştir. Tabloya göre referans dönem için 5-, 10-, 25-, 50-, 100-, 250- ve 500-yıl tekerrürlü en büyük klimatolojik su açığı değerleri sırasıyla 89,2 mm, 124,4 mm, 169,7 mm, 203,4 mm, 236,7 mm, 280,1 mm ve 312,6 mm olduğu görülmektedir. Tablodaki değerler, en büyük klimatolojik su açığı değerlerinin referans dönemine kıyasla yüzyılın ilk yarısında kadar %15, ikinci yarısında ise %53 mertebesinde artabileceğine işaret etmektedir. Diğer açıdan 100-yıl tekerrürlü en büyük klimatolojik su açığı değerlerinin yüzyılın sonuna doğru 20-yılda tekerrür etmesi beklenmektedir. 500-yıl tekerrürlü en büyük klimatolojik su açığı değerlerinin ise yüzyılın sonuna doğru 50-yılda tekerrür etmesi beklenmektedir.

Tablo 2.4: HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR Küresel Dolaşım Modellerinin RCP 4.5 ve RCP 8.5 Senaryolarının Yağış ve Sıcaklık Kestirimleri Kullanarak 12-aylık Eklenik Klimatolojik Su Açığı (P-PET) Değerleri için Hesaplanan 2-, 5-, 10-, 25-, 50-, 100-, 250- ve 500-yıl Tekerrürlü (veya %50-, %20-, %10-, %4-, %2-, %1-, %0.04- ve %0.02-riskli aşılma olasılığı) En Büyük Su Açığı Büyüklüğü

Tekerrür	Aşılma olasılığı	1991-2020	1971-2020	1971-2049	1971-2074	1971-2099
2	0,5	40,8	40	38,05	40	47,35
5	0,2	89,2	88,7	92,05	101,5	119,75
10	0,1	124,4	124,4	133,55	150,7	176,3
25	0,04	169,7	170,7	188,85	217,1	252,3
50	0,02	203,4	205,2	230,9	267,8	310,3
100	0,01	236,7	239,4	273	319	368,65
250	0,004	280,1	284,1	328,9	386,9	446,05
500	0,002	312,6	317,7	371,2	438,6	504,9

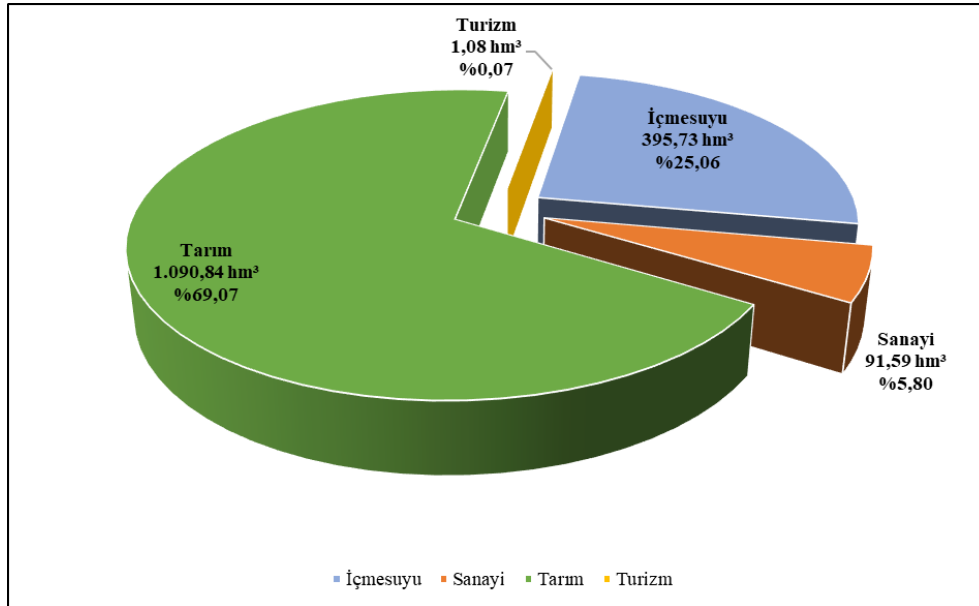
3 HAVZA SU KULLANIMLARI VE SU POTANSİYELİNDEKİ DEĞİŞİMİN TESPİTİ

3.1 Mevcut ve Mutasavver Su İhtiyaçları

Bu çalışma kapsamında Kızılırmak Havzasına ait en güncel tarım, içme ve kullanma suyu, sanayi ve turizm sektörü su ihtiyaçları hem mevcut durum hem de gelecek için belirlenmiştir. Ayrıca doğal hayatın devamı için yatağa bırakılması gereken ekolojik su miktarı da ortaya konmuştur.

Kızılırmak Havzasındaki su ihtiyaçları ile gelecek dönem su ihtiyaç tahminleri değerlendirmeye alındığında Kızılırmak Havzasında mevcut durumda 1.090,84 hm³/yıl (%69) tarım sektöründe, 395,75 hm³/yıl (%25) içme ve kullanma suyu sektöründe, 91,59 hm³/yıl (%5,8) su sanayi sektöründe ve 1,08 hm³/yıl (%0,07) su ise turizm sektöründe olmak üzere toplam 1.579,24 hm³/yıl su kullanımı tespit edilmiştir. Ayrıca Kızılırmak Havzasında ekolojik su ihtiyacı miktarı 578,48 hm³/yıl olarak belirlenmiştir. Havzada en yoğun tarımsal su kullanımı Aşağı Kızılırmak (15/4) Alt Havzasında, en yoğun içme ve kullanma suyu, sanayi ve turizm suyu kullanımı ise Orta Kızılırmak (15/2) Alt Havzasındadır. Kızılırmak Havzasındaki mevcut durum su kullanımlarının sektörel dağılımı Şekil 2 ile sunulmaktadır.

Kızılırmak Havzasındaki YAS ve YÜS kullanımlarına bakıldığında ise havza genelinde YÜS kullanımlarının YAS kullanımlarına göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Havzada miktar açısından en çok YAS kullanılan alt havzası Orta Kızılırmak (15/2) Alt Havzasıdır (toplam 179 hm³/yıl). Ancak havza alanlarına oranla Develi Kapalı (15/6) Alt Havzasında diğer alt havzalara göre çok daha yoğun YAS kullanımı gözlenmektedir (49,7 hm³/yıl).

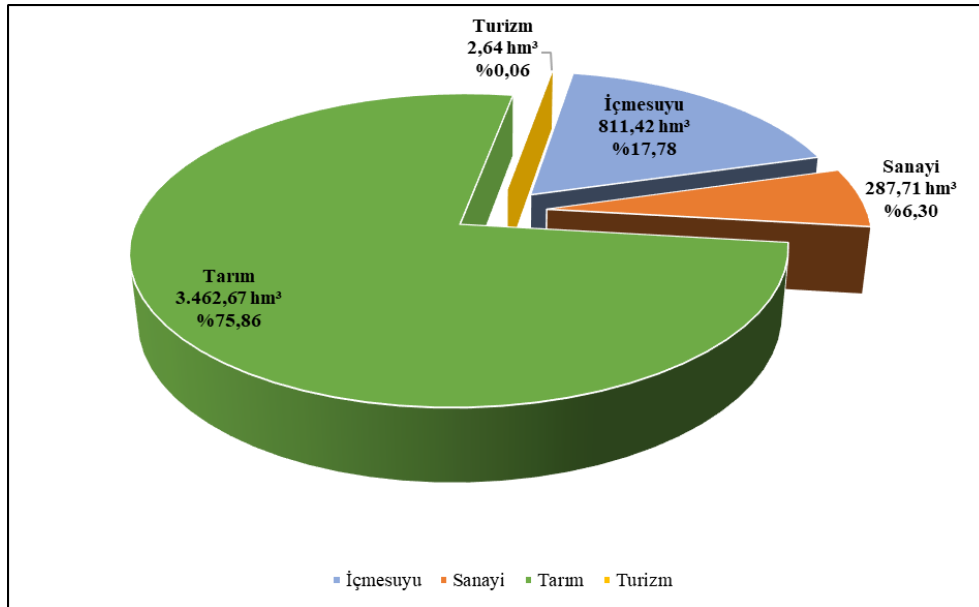


Şekil 3.1: Kızılırmak Havzası Sektörel Su Kullanımı Dağılımı

Kızılırmak Havzasında tarım sektöründe 69 hm³/yıl (toplam YAS kullanımının %20'si), içme ve kullanma suyu sektöründe 213 hm³/yıl (toplam YAS kullanımının %62'si), sanayi sektöründe 61 hm³/yıl (toplam YAS kullanımının %18'i) ve turizm sektörünün tamamı (1,08 hm³/yıl - toplam YAS kullanımının %0,31'i) YAS kullanımı bulunmaktadır. Havzadaki toplam YAS kullanımı 343,4 hm³/yıl'dır (toplam kullanım miktarının %22'si).

Kızılırmak Havzasında tarım sektöründe 1.022 hm³/yıl (toplam YÜS kullanımının %83'ü), içme ve kullanma suyu sektöründe 183 hm³/yıl (toplam YÜS kullanımının %15'i) ve sanayi sektöründe 31 hm³/yıl (toplam YÜS kullanımının %2,5'i) YÜS kullanımı bulunmaktadır. Havzadaki toplam YÜS kullanımı 1.236 hm³/yıl'dır (toplam kullanım miktarının %78'i).

2100 yılına kadar olan nüfus artış kestirimleri ile orantılı olarak içme ve kullanma su ihtiyacı tahminleri, yatırım aşamasındaki sulama tesislerinin devreye alınması ve sulama oranlarının %100'e ulaşması sonucu elde edilen tarımsal su ihtiyacı kestirimleri, sanayi su kullanım projeksiyonları ile 2100 yılına kadar sanayi su ihtiyacı kestirimleri ve turizm sektöründeki su ihtiyacı kestirimleri kullanılarak gelecek dönem su ihtiyaçları tahmin edilmiştir. Buna göre tarımsal su kullanımının 3.463 hm³/yıl'a yükselmesi, içme ve kullanma suyu sektöründeki su kullanım miktarının 811 hm³/yıl değerine yükselmesi, sanayi sektöründeki su kullanımının 288 hm³/yıl'a yükselmesi, turizm sektöründeki su kullanımlarının ise 2,6 hm³/yıl'a yükselmesi öngörülmektedir. Su kullanımlarının gelecekteki muhtemel dağılımına bakıldığında ise toplam su kullanım tahminine göre tarım sektörünün %76, içme ve kullanma sektörünün %18, sanayi sektörünün %6 ve turizm sektörünün ise %0,06 paya sahip olacağı öngörülmektedir. Su kullanımlarının %19'unun YAS, %81'inin ise YÜS olması öngörülmektedir. Kızılırmak Havzasındaki gelecek durumdaki su kullanımlarının sektörel dağılımı Şekil 3 ile sunulmaktadır.



Şekil 3.2: Kızılırmak Havzası 2100 Yılı Su İhtiyacı Tahminlerine Göre Su İhtiyaçlarının Sektörel Dağılımı

3.2 Havza Su Potansiyeli

Üç farklı kavramsal hidrolojik model kullanılarak havzanın su potansiyeli çalışılmıştır. Bu modeller GR4J, Alpine v2 ve HBV-96 modelleridir. Bu rapor kapsamında Yukarı Kızılırmak (15/1), Orta Kızılırmak (15/2), Delice (15/3) ve Aşağı Kızılırmak (15/4) Alt Havzaları için modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiş, modeller kalibre edilmiş ve devamında da farklı kriterler yardımıyla validasyonları yapılmıştır. Ancak hidrolojik modelleme çalışmasında olmazsa olmaz koşul sağlıklı verilerin varlığıdır. Birinci Ara Rapor kapsamında da sunulduğu üzere, Tuzla Kapalı (15/5), Develi Kapalı (15/6) ve Seyfe Kapalı (15/7) Alt Havzaları için hidrolojik modelleme yapılabilecek kalitede veri bulunmamaktadır. Bu sebeple bu alt havzalara en yakın alt havza olan Orta Kızılırmak (15/2) Alt Havzası için oluşturulan model, üç kapalı alt havza için de kullanılmış, bu alt havzaların yüzey ve yeraltısuyu potansiyeli belirlenmiştir.

Kalibrasyon aşamasında özellikle son dönemde en çok kullanılan performans kriterlerinden biri olan Kling-Gupta Verimlilik Katsayısı (KGE) (Gupta, Kling, Yılmaz, & Martinez, 2016) kullanılarak eniyileştirilme gerçekleştirilmiştir. Yapılan eniyileştirme 15'in üzerinde farklı performans kriteri kullanılarak doğrulanmış, elde edilebilecek en iyi performanstaki hidrolojik modeller belirlenerek alt havzaların yerüstü ve yeraltısuyu potansiyelleri elde edilmiştir.

Yapılan kalibrasyon ve validasyon sonuçlarına göre Yukarı Kızılırmak (15/1) ve Aşağı Kızılırmak (15/4) Alt Havzaları için HBV-96 modeli, Orta Kızılırmak (15/2) Alt Havzası için Alpine v2 modeli, Delice (15/3) Alt Havzası için ise GR4J modelinin en yüksek performans gösteren modeller olduğu belirlenmiştir.

Hidrolojik modeller ile belirlenen mevcut durum yüzeysuyu ve yeraltısuyu potansiyelleri alt havzalar ölçeğinde ve havza genelinde Tablo 3.1 ile sunulmaktadır.

Tablo 3.1: Kızılırmak Havzası 1991-2021 Döneminde Alt Havzalar Ölçeğinde Ara Havza Yüzeysuyu ve Yeraltısuyu Potansiyelleri

Alt Havza Adı	Kullanılan Model	1991-2021 Dönemi Yüzeysuyu Potansiyeli (hm ³)	1991-2021 Dönemi Yeraltısuyu Potansiyeli (hm ³)
Yukarı Kızılırmak (15/1) Alt Havzası	HBV-96	2.112,68	288,17
Orta Kızılırmak (15/2) Alt Havzası	Alpine v2	1.481,15	782,35
Delice (15/3) Alt Havzası	GR4J	701,11	492,46
Aşağı Kızılırmak (15/4) Alt Havzası	HBV-96	2.250,36	355,35
Tuzla Kapalı (15/5) Alt Havzası	Alpine v2	32,79	7,11
Develi Kapalı (15/6) Alt Havzası	Alpine v2	179,99	354,73
Seyfe Kapalı (15/7) Alt Havzası	Alpine v2	91,71	33,88
Kızılırmak Havzası Toplamı		6.849,78	2.314,05

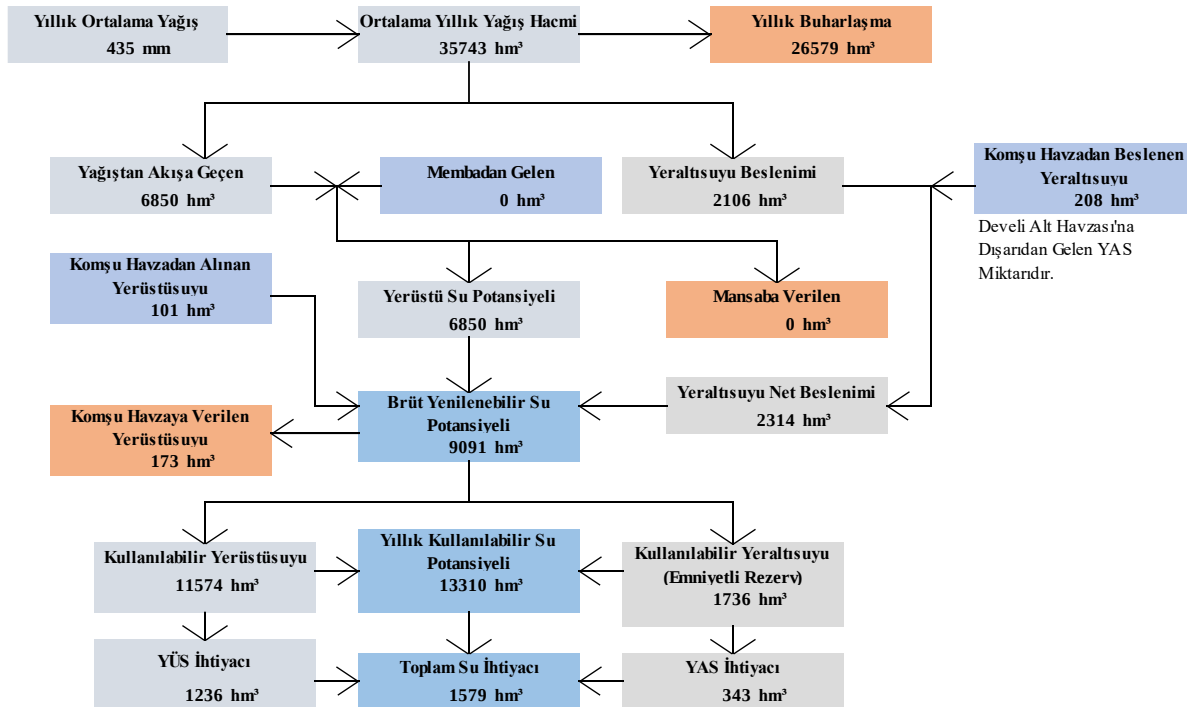
3.2.1 İklim Modelleri Kestirimlerine Dayanarak Öngörülen Havza Su Potansiyelindeki Değişimler

Çalışmada ayrıca Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (SYGM, 2016) kapsamında çalışılan RCP senaryolarından ikisine (RCP 4.5 ve RCP 8.5) ve farklı üç küresel dolaşım modeline (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1) göre Kızılırmak Havzasındaki yüzeysuyu ve yeraltısuyu potansiyelindeki öngörülen değişimler değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler ışığında iklim projeksiyonları ile ilgili olarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- ◆ Kızılırmak Havzası'nın yüzeysuyu ve yeraltısuyu potansiyelinde orta ve uzun vadede etkisini hissettirebilecek düzeyde bir değişim beklenmemektedir.
- ◆ Yüzeysuyu potansiyelindeki değişim miktarı en kötümser model altında %10 azalış mertebesinde kalmaktadır. Yeraltısuyu potansiyelindeki en kötümser azalış havza genelinde %5'ler mertebesinde kalmaktadır.
- ◆ Her ne kadar uzun dönemlerde incelendiğinde iklim değişikliği etkileri belirgin olmasa da kısa süreli dönemlerde incelendiğinde en kötümser model olarak öne çıkan HadGEM2-ES RCP 8.5 projeksiyonunda 2.500 hm³'e kadar inen yüzeysuyu potansiyeli miktarları tespit edilmiştir. Bu durum, Bölüm 4 altında verilen iklim değişikliğinin meteorolojik değişkenler üzerindeki etkisi ile birlikte ele alındığında kuraklıkların şiddetinde bir artışı işaret etmektedir.

3.2.2 Havza Su Bütçesi

Kızılırmak Havzası mevcut durum su bilançosu Şekil 3.3 ile sunulmuştur.



Şekil 3.3: Kızılırmak Havzası Mevcut Durum Su Bilançosu

Havzanın toplam yeraltı ve yerüstü su potansiyeli 1991-2021 periyodunda düşen yıllık ortalama toplam yağış değeri (435 mm) dikkate alınarak hesaplanmıştır. Havzaya ortalama 35.743 hm³ yağış düştüğü hesaplanmıştır. Düşen yağışın 26.371 hm³'ünün buharlaşma ve terleme ile havzadan uzaklaştığı ve neticede 6.850 hm³'lük kısmının yüzeysel akışa geçtiği ve 2.314 hm³'lük kısmının ise yeraltısuyu beslediği hesaplanmıştır.

Yağış kaynaklı yeraltısuyu beslenimine ek olarak Develi Kapalı (15/6) Alt Havzasında her yıl yaklaşık 208 hm³ yeraltısuyu potansiyelinin havza dışından yeraltısuyu akışı şeklinde ulaştığı belirlenmiştir. Dolayısıyla havzanın net yeraltısuyu beslenimi 2.522 hm³ olmaktadır.

Kızılırmak Havzasına, Seyhan Havzasındaki Gümüşören Barajı'ndan Develi Ovası Sulaması için 101 hm³ su transferi yapılmaktadır. Ayrıca, Kesikköprü Barajından Ankara Kent Merkezi içmesuyuna takviye yapmak amacıyla mevcut durumda 167 hm³, Sarayözü Barajından Gümüşhacıköy Sulamasına ise 6,28 hm³ su verilmektedir.

Yerüstü akışı, yeraltısuyu beslenimi ve havzalararası su transferleri dikkate alındığında havzada potansiyel olarak kullanılabilecek brüt yenilenebilir su miktarı 9.091 hm³ olmaktadır.

Havzada aktif hacimlerin toplamı olarak değerlendirilen emniyetli olarak kullanılabilir yerüstü su miktarı 11.574 hm³'tür. Bu değer, havzadaki baraj ve göletlerin bir önceki seneden dolması halinde yıl boyunca verilebilecek maksimum değerdir.

Emniyetli YAS rezervi 2.314 hm³'lük beslenme miktarının %75'i olarak kabul edilmiş ve 1.736 hm³ olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla toplam yıllık kullanılabilir su potansiyeli 13.310 hm³ olarak belirlenmiştir.

Havza yerüstü su potansiyelinin 1.022 hm³'ü tarım, 183 hm³'ü içme ve kullanma suyu, 31 hm³'ü sanayi sektöründe olmak üzere toplam 1236 hm³'ü kullanılmaktadır.

Havza yeraltısuyu potansiyelinin 69 hm³'ü tarım, 213 hm³'ü içme ve kullanma suyu, 61 hm³'ü sanayi ve 1,1 hm³'ü turizm sektörlerinde olmak üzere toplam 343 hm³'ü kullanılmaktadır.

Havzada toplam ihtiyaç duyulan su miktarı 1.579 hm³'tür. Hem brüt yenilenebilir yıllık toplam su potansiyeli, hem de yıllık kullanılabilir su potansiyeli toplam ihtiyaç miktarının üzerindedir. Dolayısıyla mevcut durumda havzada su açığı bulunmamaktadır.

Üç farklı küresel dolaşım modelinin iki farklı ısınım zorlaması senaryolarının yağış ve sıcaklık kestirimlerine dayalı hidrolojik modelleme araçları kullanılarak öngörülme çalışılan havza su potansiyeli ve su potansiyelindeki değişimin tespitine dair elde edilen bulgular Tablo 3.2 ile verilmiştir.

Tablo 3.2: Kızılırmak Havzası için HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR Küresel İklim Değişim Modellerinin 2022-2049, 2050-2074 ve 2075-2099 Dönemleri Kestirimleri Kullanılarak Koşulan Hidrolojik Model Çıktıları ve Mutasavver Su İhtiyaçları Tahminlerine Dayanarak Oluşturulan Althavza Su Bütçesi Bileşenleri Tablosu

Bütçe Bileşeni	Mevcut Durum	Kızılırmak (15)											
		2022-2049 Dönemi				2050-2074 Dönemi				2075-2099 Dönemi			
		HadGEM RCP 4.5	HadGEM RCP 8.5	MPI RCP 4.5	MPI RCP 8.5	HadGEM RCP 4.5	HadGEM RCP 8.5	MPI RCP 4.5	MPI RCP 8.5	HadGEM RCP 4.5	HadGEM RCP 8.5	MPI RCP 4.5	MPI RCP 8.5
Yıllık Toplam Yağış (mm)	434,93	-29,9	-13,9	+3,0	-29,6	-41,8	-37,7	+21,6	-23,7	-34,2	-34,9	+3,9	-5,0
Yıllık Toplam Yağış Hacmi (hm ³)	35.743,00	-2.457,9	-1.143,5	+246,3	-2.435,4	-3.435,7	-3.094,2	+1.776,4	-1.946,8	-2.813,8	-2.870,5	+322,9	-407,9
Yıllık Toplam Buharlaşma (hm ³)	26.579,17	-2.002,7	-1.007,4	-69,7	+1.106,0	-2.620,7	-2.341,9	+1.014,1	-1.698,9	-2.500,3	-2.465,9	-4,6	-285,0
Yağıştan Akışa Geçen (hm ³)	6.849,78	-425,1	-151,8	+259,6	+1.084,4	-697,9	-653,1	+636,4	-218,5	-298,6	-350,5	+287,5	-70,2
Mansaba Aktarılan (hm ³)	0,00								+0,0				
Membadan Gelen (hm ³)	0,00								+0,0				
Komşu Alt Havzaya Verilen (hm ³)	0,00								+0,0				
Komşu Alt Havzadan Alınan (hm ³)	0,00								+0,0				
Dış Havzaya Aktarım (hm ³)	173,28								+290,8				
Dış Havzadan Aktarım (hm ³)	100,80								+163,9				
YÜS Potansiyeli (hm ³)	6.849,78	-425,1	-151,8	+259,6	+1.084,4	-697,9	-653,1	+636,4	-218,5	-298,6	-350,5	+287,5	-70,2
YAS Beslenimi (hm ³)	2.106,21	-47,7	-12,2	+20,0	+191,0	-131,1	-114,0	+90,0	-58,5	-37,6	-77,5	+16,7	-73,8
YAS Dış Beslenim (hm ³)	207,83	+17,7	+27,9	+36,3	+54,0	+14,0	+14,8	+35,9	+29,1	+22,6	+23,3	+23,2	+21,2
YAS Net Beslenimi (hm ³)	2.314,05	-30,0	+15,7	+56,4	+245,0	-117,0	-99,2	+125,8	-29,4	-15,0	-54,1	+40,0	-52,6
Emniyetli YAS Potansiyeli (hm ³)	1.735,53	-22,5	+11,8	+42,3	+183,8	-87,8	-74,4	+94,4	-22,0	-11,2	-40,6	+30,0	-39,4
Brüt Su Potansiyeli (hm ³)	9.091,35	-582,1	-263,0	+189,1	+1.202,5	-941,9	-879,2	+635,3	-374,7	-440,5	-531,5	+200,6	-249,7
Kullanılabilir Yüzeysel Su (hm ³)	11.574,13								+987,6				
Kullanılabilir Su Potansiyeli (hm ³)	13.309,66	+965,1	+999,4	+1.029,9	+1.171,4	+899,8	+913,2	+1.082,0	+965,6	+976,4	+947,0	+1.017,6	+948,2
YAS İhtiyacı (hm ³)	343,42			+373,5				+524,3				+536,1	
YÜS İhtiyacı (hm ³)	1.235,82			+2.390,7				+2.445,7				+2.449,1	
Toplam Su İhtiyacı (hm ³)	1.579,24			+2.764,1				+2.969,9				+2.985,2	

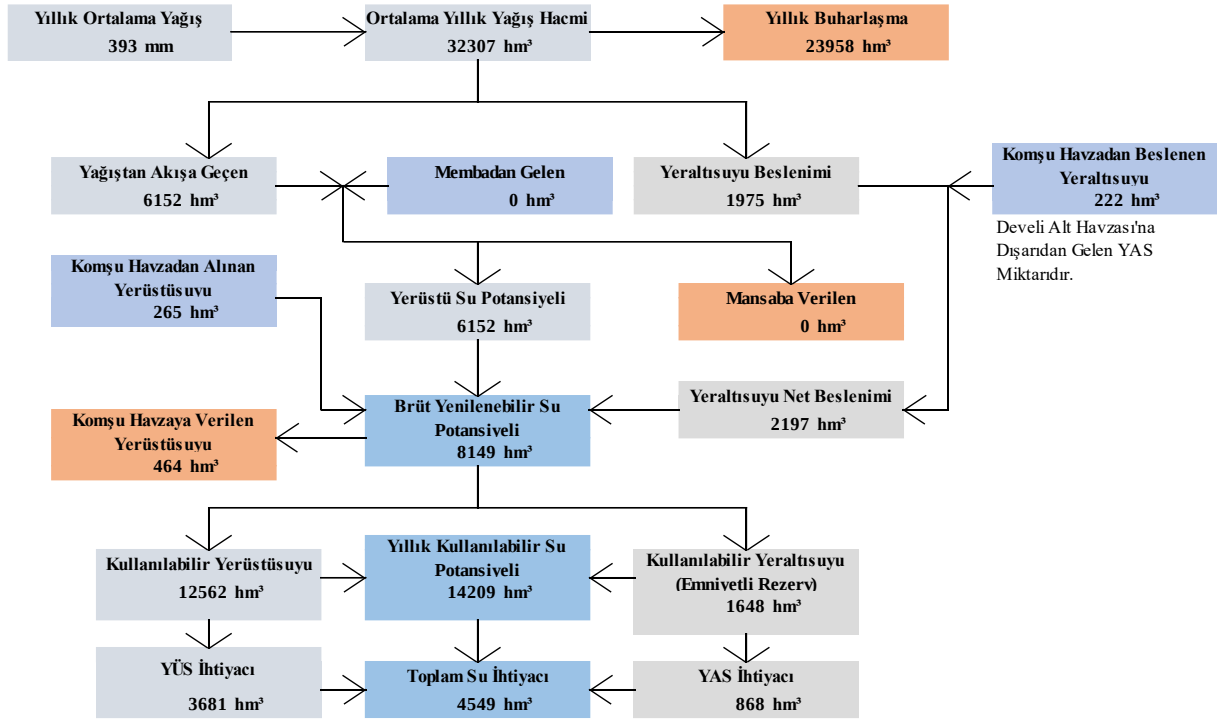
Havzada yağıştan akışa geçen su hacmi iklim değişikliğinin etkisiyle %10 mertebesinde azalması beklenmektedir. Bu oran yaklaşık 650-700 hm³ mertebesinde bir yerüstü su potansiyelin yitirilmesi demektir.

Havzada yağış ve akışın azalmasına bağlı olarak YAS besleniminin %5 mertebesinde azalması beklenmektedir. Bu oran yaklaşık 100-120 hm³ mertebesinde bir potansiyelin yitirilmesi demektir.

Havzalararası geliştirilmekte olan projelerin tam kapasite devreye alınmasıyla, mevcut durumda havza dışına aktarımlar 2,7 kat artarak 464 hm³ mertebesine çıkacak, havza içine yapılacak aktarımlar 1,6 kat artarak 265 hm³ mertebesine ulaşacaktır. Dış havzaya aktarılan suyun büyük bölümü, Kesikköprü Barajından Ankara Kent Merkezinin içmesuyunun karşılanması maksadıyla çekilen sudur. Dış havzadan aktarılan suyun büyük bölümü ise Seyhan Havzasından Develi Ovası Sulaması, Bünyan-Tacin-Sarıoğlan Sulamasına aktarılan sular ile Tacin ve Elbaşı Kaynaklarından Kayseri Kent Merkezi içmesuyuna yapılan takviye oluşturacaktır.

Havzada geliştirilmekte olan projelerin tam kapasite devreye alınmasıyla, alt havzalar arasında önemli su aktarımları gerçekleşecektir. Özellikle DSİ tarafından geliştirilen Yamula Projesi Kalaba-Seyfe Sulamasının devreye alınmasıyla Yukarı Kızılırmak (15/1) alt havzasından Delice (15/3) ve Seyfe Kapalı (15/7) alt havzalarına toplamda 435,6 hm³ su aktarılacaktır. Bu aktarım Orta (15/2) ve Aşağı (15/4) Kızılırmak alt havzalarında mevcut su akışını %75 mertebesinde azalması beklenmektedir. Bir başka deyişle, gelecekte alt havzanın mansabında görülebilecek su eksikliğinin sebebi iklim değişikliğinden ziyade üst havzalarda 'içsel' su aktarımı ve su kullanım miktarındaki önemli ölçüde artıştan kaynaklanması muhtemeldir.

Kızılırmak Havzasının 2050-2074 dönemi için benzeştirilen gelecek su bilançosu Şekil 3.4 ile sunulmuştur.

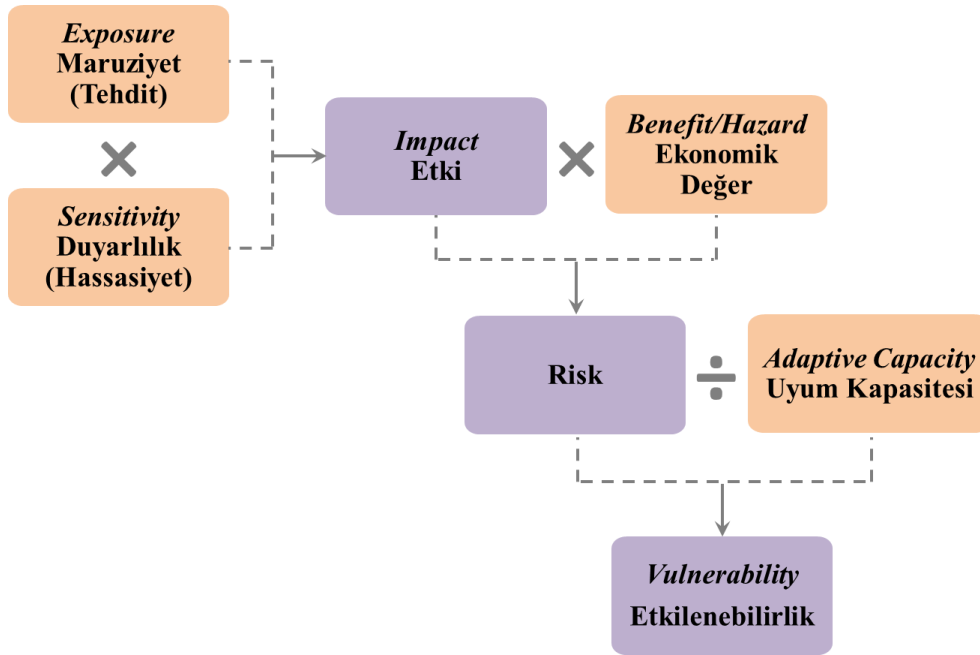


Şekil 3.4: HadGEM2-ES Küresel İklim Modeli RCP 4.5 Senaryosu Kestirimleri Kullanılarak Koşulan Hidrolojik Model Çıktıları ve Mutasavver Su Kullanımları Projeksiyonları Dikkate Alınarak Hazırlanan 2050-2074 Dönemi Kızılırmak Havzası Su Bilançosu

4 SEKTÖREL ETKİLENEBİLİRLİK ANALİZİ

Kızılırmak Havzasının kuraklık analizi çalışmaları ile sektörel etkilenebilirlik analizi çalışmalarının alt havza ölçeğinde değerlendirilerek yorumlanması amacıyla geliştirilen metodolojinin detayları ve bu metodolojiye sadık kalınarak gerçekleştirilen hesaplar sonucunda Kızılırmak Havzası alt havzalarının kuraklık maruziyetleri ve alt havzalarda su kullanan farklı sektörlerin kuraklıktan etkilenebilirlik düzeyleri yıllara sari olarak belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilerek havzanın kuraklık etkilenebilirlik durumu belirlenmiştir. Sektörel etkilenebilirlik çalışmaları metodolojisi, proje teknik şartnamesinde Şekil 4.1 ile verilmiş olan kavramlar çerçevesinde oluşturulmuştur. Sektörel etkilenebilirlik analizleri, kabaca sektörel bazda gerçekleştirilmiş olan kuraklık etkilenebilirlik değerlendirmelerini ifade etmekte olup çalışmada irdelenen sektörler; tarım, içme ve kullanma suyu, sanayi, turizm ve ekosistem sektörleridir. Yönetici Özeti kapsamında, ilk başta sektörel etkilenebilirlik analizleri gerçekleştirilirken kullanılan metodolojinin detayları verilmekte, nihayetinde de analizin sonucunda elde edilen alt havzaların kuraklık etkilenebilirlik değerleri sunulmaktadır.

4.1 Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Bileşenleri



Şekil 4.1: Etkilenebilirlik Analizi Bileşenleri

Risk esaslı kuraklık etkilenebilirlik çalışmasında, yağış eksikliğine bağlı meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklıklarla şekillenen maruziyet parametresi doğal süreç bağımsız değişkenini oluştururken, çoğunlukla insan müdahalesi ile şekillenen nüfus artışı ve göç, kentleşme, arazi kullanımı, tarımsal bitki deseni, su kullanım alışkanlıkları, teknolojik gelişmeler, devlet politikaları ve sosyo-ekonomik gelişmişlik gibi sosyolojik, kültürel, ekonomik ve politik/idari koşullar çevresel etkiler bağımlı değişkenlerini oluşturmaktadır. Sonunda, doğal süreç ve çevresel etkiler değişkenleri Şekil 4.2 ile gösterildiği gibi bütünleşik olarak değerlendirilip her bir sektör için alt havzalarda “Etkilenebilirlik Puanı” değerleri hesaplanmıştır.

$$\text{Etkilenebilirlik Puanı} = \text{Maruziyet} \times \frac{\text{Duyarlılık} \times \text{Ekonomik Değer}}{\text{Uyum Kapasitesi}}$$

Şekil 4.2: Etkilenebilirlik Puanı, Maruziyet Duyarlılık, Ekonomik Değer ve Uyum Kapasitesi İlişkisi

4.1.1 Maruziyet

Maruziyet bileşeni kontrolden bağımsız ve iklimsel değişimlere bağlı olarak değişen bir parametredir. Bu çerçevede “İndis, İndikatör ve Eşik Değerlerinin Hesaplanması Raporu” (Birinci Ara Rapor) ile “Havza Su Potansiyeli ve Su Potansiyelindeki Değişimin Tespiti Raporu”nda (İkinci Ara Rapor) yapılan yorum ve değerlendirmelerin ışığında havzadaki kuraklık durumunu gösteren ve takibinin yapılabileceği bir puanlama sistemi geliştirilmiş ve bu sistemin maruziyet bileşeni olarak kullanılması uygun görülmüştür.

Kuraklık etkilenebilirlik analizinde yapılan genel yaklaşım, maruziyet indisi olarak kuraklık indislerinin kullanılmasıdır. Birinci Ara Rapor kapsamında çalışma alanında 1971-2020 yılları arasında yaşanan kuraklıklar PNI, SPI, SPEI, RDI, PDSI ve PHDI indisleri kullanarak incelenmiştir. Hidrolojik ve bütünleşik kurak devreleri en iyi ve en güvenilir şekilde tespit eden indislerin yağış ve evapotranspirasyonu dikkate alan Palmer indisleri ve 12-aylık Standartlaştırılmış Yağış-Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) olduğu belirlenmiştir. Tüm dünyada güvenilir bir şekilde kullanılan, hidrolojik kuraklığın bir göstergesi olarak kabul edilen 12-aylık zaman adımında hesaplanan Standartlaştırılmış Yağış İndisinin (SPI) ise 2012 yılındaki kuraklığı tespit edemediği, 2007-2008, 2013-2014, 2016-2018, 2019-2020 yıllarındaki kuraklıkları ise olduğundan yarı yarıya daha kısa süreli tespit edebildiği raporlanmıştır. Buradan hareketle havzadaki kuraklıkların oluşumu ve gelişiminde yağış ile birlikte evapotranspirasyon etkisinin de önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

İklim modeli kestirimleri, havzada gelecek dönemde, referans döneme göre yağışların %10 mertebesinde azalabileceğine, ortalama sıcaklıkların ise 2,7°C mertebesinde artacağına işaret etmektedir. İklim modeli kestirimleri yağıştan ziyade sıcaklıkların önemli ölçüde değişeceğine işaret ettiğinden, SPI gibi yalnız yağışa dayalı indislerin gelecekte yaşanması beklenen kuraklıkları yeterli doğrulukta tanımlayamayacaktır. Bu sebeple gelecek kuraklıkları belirleyebilecek en iyi indisin yağış ve evapotranspirasyonu dikkate alarak hesaplanan SPEI veya Palmer indisleri olduğu mütala edilmiştir.

PDSI indisi ve 12-aylık SPEI indisi NDVI ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada CORINE-2018 verisi kullanılarak mera, çayır ve kuru tarım alanlarındaki NDVI değerleri kontrol edilmiş, her bir alt havza ve havza genelindeki mera alanlarında (CORINE kodu 231) kuraklık etkileri değerlendirilmiştir. Bu seçimin nedeni mera alanlarındaki kuraklık etkilerinin NDVI ile daha doğru ve güvenilir olarak anlaşılabilmesidir. İki farklı indisin verilerinin karşılaştırılabilmesi

için öncelikle NDVI değerleri trend etkisinden kurtarılmıştır. Devamında NDVI, PDSI ve SPEI-12 verilerinin tümü 0 ile 1 arasında normalize edilmiştir. Aylık olarak elde edilen değerlerin yıllık ortalaması alınmış ve yıllık ortalama normalize değerler elde edilmiştir. Bu analizin sonunda 2006-2020 döneminde NDVI-PDSI ve NDVI-SPEI-12 arasındaki korelasyon kontrol edilmiştir. Elde edilen korelasyonda NDVI ve PDSI arasındaki ilişkinin NDVI ve SPEI-12 arasındaki ilişkiden daha kuvvetli olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan karşılaştırma sonucu bu projede Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (PDSI) maruziyet indisi olarak seçilmiştir. Maruziyet puanlaması yapılırken 1971-2021 yılları arası meteorolojik gözlem verileri ve İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi'nin (SYGM, 2016) çıktılarından en kötümser sonuçları veren HadGEM2-ES RCP 8.5 iklim modelinin 2022-2099 yılları için yağış ve sıcaklık kestirimleri birleştirilerek elde edilen komposit zaman serisi için PDSI değerleri hesaplanmıştır. Modelin kestirimlerinin gözlem verisine eklenmesiyle birlikte 2099 yılına kadar maruziyet puanlaması elde edilmiş, geleceğe yönelik etkilenebilirlik hesabı da yapılabilmektedir.

PDSI değerlerine göre maruziyet puanlamasına dair risk ve tekerrür sınıfları ise Tablo 4.1 ile verilmiştir.

Tablo 4.1: PDSI Değerlerinin Değişen Risk ve Tekerrür Sürelerinde Maruziyet Puanlaması

Risk Yüzdesi (%)	Tekerrür Süresi (Yıl)	Etki Puanlaması
>%20	<5 yıl	1
%20> - >%4	5< - <25 yıl	2
%4> - >%0,4	25< - <250 yıl	3
<%0,4	>250 yıl	4

PDSI değerlerine amprik dağılım sınaması yapılarak her bir alt havza için 2,5-, 5- ve 25-yıl tekerrürlü (sırasıyla %40-, %20- ve %4-olasılıklı/riskli) eşik değerleri belirlenmiştir. Analiz dönemi süresince aylık ölçekte hesaplanan PDSI değerleri, hesaplanan eşik değerlerle kıyas edilerek, 2,5-yıldan daha kısa sürelerde tekerrür etmesi halinde 1 puan, 2,5-yıldan daha uzun ancak 5-yıldan daha kısa sürelerde tekerrür etmesi halinde 2 puan, 5-yıldan daha uzun ancak 25-yıldan daha kısa sürelerde etmesi halinde 3 puan ve 25-yıldan daha uzun sürelerde tekerrür etmesi halinde 4 puan atanması yapılarak 1 ilâ 4 arasında değişen bir maruziyet puanlaması sistemi oluşturulmuştur. Hesaplanan maruziyet puanı sınıfları Tablo 4.2 ile verilmektedir.

Tablo 4.2: Kızılırmak Havzası Maruziyet Puanı Sınıfları

Alt Havza	Kuraklık Tekerrür Seviyesi PDSI Değerlerine Göre						
	Normal Durum	Eşik Değer	>2,5 yıl	Eşik Değer	>5 yıl	Eşik Değer	>25 yıl
Yukarı Kızılırmak	Maruziyet Puanı = 1	-0,98	Maruziyet Puanı = 2	-2,89	Maruziyet Puanı = 3	-5,82	Maruziyet Puanı = 4
Orta Kızılırmak		-1,08		-3,02		-6,35	
Delice		-1,04		-3,08		-6,46	
Aşağı Kızılırmak		-0,74		-3,04		-5,46	
Tuzla Kapalı		-1,21		-2,91		-5,79	
Develi Kapalı		-0,78		-2,74		-6,06	
Seyfe Kapalı		-1,14		-2,87		-6,28	
Kızılırmak Havzası		-0,90		-3,13		-6,36	

Gözlem dönemi ve projeksiyon dönemlerinde en sık tekrar eden puan o dönemin maruziyet puanı olarak dikkate alınarak bu puanlar Tablo 4.3 ile verilmiştir. 2050 yılı öncesinde ve sonrasında iki farklı tablo ortaya çıkmaktadır. Gözlem ve 2022-2049 dönemlerinde kuraklık tehditine maruziyeti 1 puan iken, 2050-2074 ve 2075-2099 dönemlerinde kuraklık tehditine maruziyet 4 puandır. Bir başka deyişle, günümüzde 25-yılda-1 beklenen kuraklık, 2050 sonrasında çok daha fazla sıklıkla yaşanması beklenmektedir.

Tablo 4.3: Gözlem ve Projeksiyon Dönemleri için Hesaplanan Maruziyet Puanları

Analiz Dönemi	15/1	15/2	15/3	15/4	15/5	15/6	15/7	15
1991-2021	2	1	2	1	2	1	2	1
2022-2049	2	2	1	1	2	2	2	1
2050-2074	3	2	2	3	3	2	2	3
2075-2099	4	4	4	4	3	4	4	4

4.1.2 Duyarlılık

Alt havzalardaki farklı su kullanım sektörlerinin duyarlılıkları, o sektörlerin farklı kuraklık şiddetlerine ya da yağış eksikliklerine maruz kaldıklarında etkilenme eğilimlerini belirleyen faktörlerin ilişkisi sonucunda şekillenmektedir. Bu faktörler, ilgili alt havzadaki söz konusu sektörün yapısı, eksiklikleri, kuraklığa toleransı ve/veya su bağımlılığı gibi unsurlarla oluşturulmaktadır. Farklı alt havzalarda aynı şiddette kuraklığa maruz kalan bir su kullanım sektörünün (ör.: tarım) kuraklık duyarlılığı farklı olabileceği gibi, aynı alt havzadaki farklı sektörlerin (ör.: tarım, sanayi, vb.) de aynı kuraklık maruziyetine karşı duyarlılık seviyeleri farklı olabilmektedir.

Bazı alt havzalarda, kuraklık koşulları su kullanıcı sektörlerin yüksek su bağımlılıkları ve/veya kuraklığa karşı düşük dirençleri sebebiyle çok hızlı bir biçimde şiddetlenebilmekte; hafif ve orta şiddetli kuraklık koşulları yaşanmadan doğrudan şiddetli kuraklık koşulları baş gösterebilmektedir.

Yukarıda da bahsedildiği gibi, her bir sektör için ayrı ayrı olmak üzere farklı alt havzaların kuraklığın etkilerine duyarlılığı farklı olabilmektedir. Bazı alt havzalarda mevcut olan bitki deseni çeşitliliği, nüfus yoğunluğu ve mevcut bitki desenin kuraklığa toleransı gibi etkenler o alt havzanın kuraklık koşullarından daha geç etkilenmesini veya hiç etkilenmemesini de sağlayabilmektedir.

4.1.3 Ekonomik Değer

Kuraklık koşullarından etkilecek sektörlerin doğrudan ya da dolaylı olarak kaybedebileceği finansal, stratejik ya da yerine yeniden konulamaz finansal olmayan potansiyeli veya değeri nitelenmektedir. Ekonomik değer metrikleri ve puanlamalarıyla, önemli tarım ve sanayi ürünlerinin Türkiye ile uluslararası pazardaki önemi veya kuraklık etkileri sonucu ekosistemde etkilenebilecek endemik hayvan ve bitki türlerinin sayısı gibi çok çeşitli etmenler göz önünde bulundurularak değerlendirilebilmektedir.

4.1.4 Uyum Kapasitesi

Alt havza sektörlerinin sistem verimliliği, kaynak esnekliği, su eksikliğini zarar görmeden atlatabilme imkanları ve kuraklık etkilerine karşı alınan önlemlerle güçlendirilme kapasiteleriyle oluşturulan uyumluluk puanıdır. Yüksek tesis randımanı ya da düşük kayıp-kaçak oranları, kaynakların sektöre tahsis edilen suyu sağlama rahatlığı, geri kazanım ve yeniden kullanım imkanları, gerektiğinde arıtabilmek için deniz suyuna yakınlık ve ormanlık alanların yaygınlığı gibi unsurlar, sektörlerin kuraklık baskılarına karşı uyum kapasitesini oluşturmaktadır.

4.2 Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

Aşağıdaki kısımlarda, Kızılırmak Havzası alt havzalarında bulunan farklı su kullanım sektörlerinin kuraklıktan etkilenebilirliğini gösteren hesaplamaların sonuç tabloları sunulmuştur. Hesaplamalar sonucunda hangi sektörlerde hangi alt havzaların kuraklıktan etkilenebilirliğinin daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiş ve nedenleri tartışılmıştır.

4.2.1 Tarım Sektörü Kuraklık Etkilenebilirlik Değerlendirmeleri

Tarım sektörü kuraklık etkilenebilirlik analizi 2021, 2050, 2075 ve 2100 yılları için gerçekleştirilmiş olup 2021 yılı sonuçları Tablo 4.4 ile 2100 yılı sonuçları ise Tablo 4.5 ile verilmiştir.

Tarım sektöründe etkilenebilirliğin en yüksek olduğu alt havza Delice'dir (15/3). Yukarı Kızılırmak (15/1), Orta Kızılırmak (15/2), Aşağı Kızılırmak (15/4) ve Tuzla Kapalı (15/5) alt havzalarının etkilenebilirliği 2 puan olarak derecelendirilirken Develi Kapalı (15/6) ve Seyfe Kapalı (15/7) alt-havzalarının etkilenebilirliği 1 puan olarak derecelendirilmiştir.

Tablo 4.4: 2021 Yılı Tarım Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

Tarım Sektörü Etkilenebilirlik Analizi								
Alt Havza Adı	Maruziyet Puanı	Duyarlılık Puanı	Etki Puanı	Ekonomik Değer Puanı	Risk Puanı	Uyum Kapasitesi	Etkilenebilirlik Puanı	Normalize Etkilenebilirlik Puanı
	(1)	(2)	(3) = (1) x (2)	(4)	(5) = (3) x (4)	(6)	(7) = (5) / (6)	(8)
Yukarı Kızılırmak (15/1)	2	2,53	5,05	1,75	8,84	3,00	2,95	2
Orta Kızılırmak (15/2)	1	2,70	2,70	3,70	9,99	2,60	3,84	2
Delice (15/3)	2	3,20	6,40	2,60	16,64	2,50	6,66	4
Aşağı Kızılırmak (15/4)	1	2,40	2,40	3,05	7,32	2,30	3,18	2
Tuzla Kapalı (15/5)	2	2,70	5,40	1,00	5,40	2,20	2,45	2
Develi Kapalı (15/6)	1	2,00	2,00	1,35	2,70	2,15	1,26	1
Seyfe Kapalı (15/7)	2	2,60	5,20	1,00	5,20	2,85	1,82	1

Delice (15/3) Alt-Havzasında maruziyet puanı ve duyarlılık puanı yüksek olması sebebiyle etki puanı çok yüksektir. Alt-havzanın ekonomik değer puanı nispeten düşük olsa dahi etki puanının yüksek olmasından dolayı risk puanı yüksektir. Alt-havzadaki uyum kapasitesinin vasat olması sebebiyle nihai etkilenebilirlik puanı en yüksek puanla değerlendirilmiştir.

Delice (15/3) Alt-Havzasında kuru tarım yapılan alanın fazla olması, sulama suyu ihtiyacının yüksek olması, iletim ve çiftlik randımanlarının yüksek olması ile beraber su kalitesinin yüksek kalitede olmamasından dolayı alt-havzanın kuraklık tehditlerine duyarlılık puanı yüksektir. Alt-havzanın tarım sektörü GSYH'nın nispeten düşük olması, tarımdaki istihdamın nispeten düşük olması, tarım sektörü ihracatının yüksek olması, yetişen tarım ürünlerinin öneminin yüksek olması ve hayvan sayısının az olması sebebiyle ekonomik değer puanı nispeten düşüktür. Buna rağmen etki puanının yüksek olmasından dolayı risk puanı yüksektir. Sulamaya verilen suyun aktif hacime oranla yüksek seviyede olması, sulama suyu ihtiyacının büyük oranda yerüstü sularından karşılanması, nispeten yüksek miktarda bağ ve meyvecilik yapılması sebebiyle uyum kapasitesi nispeten düşük olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.5: 2100 Yılı Tarım Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

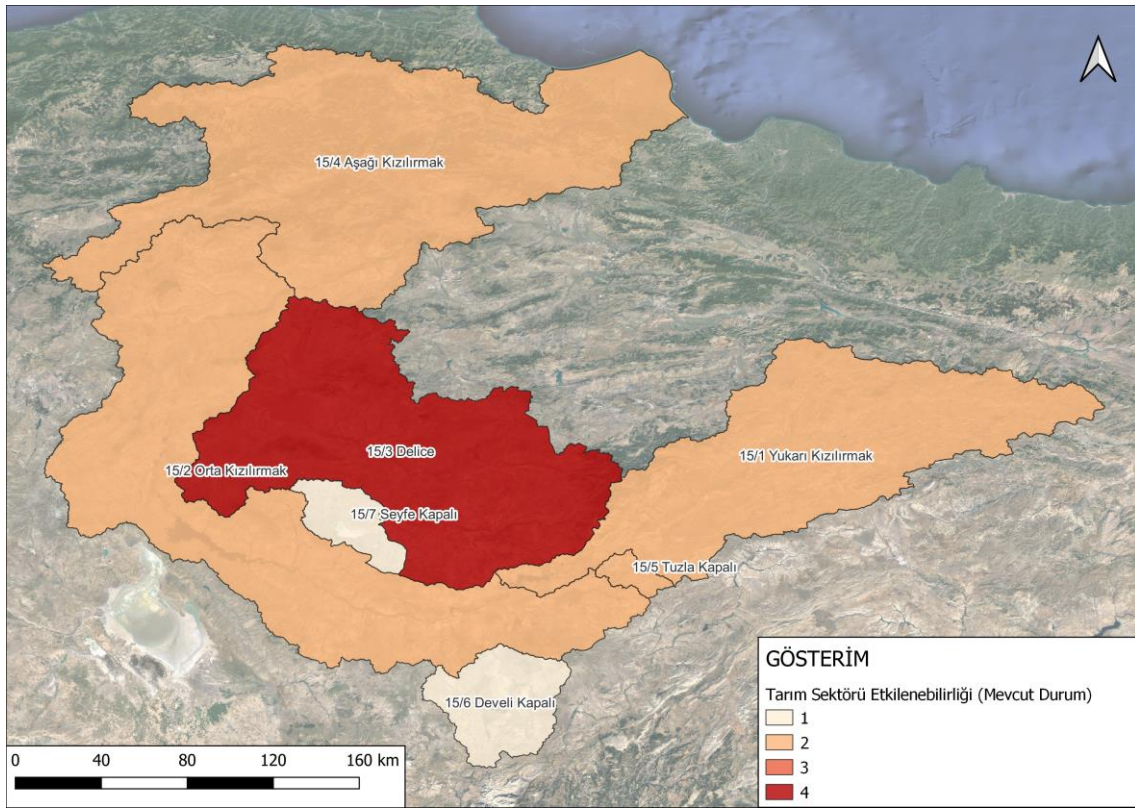
Tarım Sektörü Etkilenebilirlik Analizi								
Alt Havza Adı	Maruziyet Puanı	Duyarlılık Puanı	Etki Puanı	Ekonomik Değer Puanı	Risk Puanı	Uyum Kapasitesi	Etkilenebilirlik Puanı	Normalize Etkilenebilirlik Puanı
	(1)	(2)	(3) = (1) x (2)	(4)	(5) = (3) x (4)	(6)	(7) = (5) / (6)	(8)
Yukarı Kızılırmak (15/1)	4	2,45	9,80	1,75	17,15	3,15	5,44	2
Orta Kızılırmak (15/2)	4	2,45	9,80	3,70	36,26	2,70	13,43	4
Delice (15/3)	4	2,45	9,80	2,60	25,48	2,05	12,43	4
Aşağı Kızılırmak (15/4)	4	2,10	8,40	3,05	25,62	2,55	10,05	3
Tuzla Kapalı (15/5)	3	1,90	5,70	1,00	5,70	2,65	2,15	1
Develi Kapalı (15/6)	4	2,20	8,80	1,35	11,88	2,25	5,28	2
Seyfe Kapalı (15/7)	4	1,95	7,80	1,00	7,80	2,40	3,25	1

Tarım sektöründe gelecekte etkilenebilirliğin en yüksek olduğu alt-havzalar Delice (15/3) ve Orta Kızılırmak'tır (15/2). Aşağı Kızılırmak (15/4) alt havzasının etkilenebilirliği 3 puan olarak derecelendirilirken Yukarı Kızılırmak (15/1) ve Develi Kapalı (15/6) alt-havzalarının

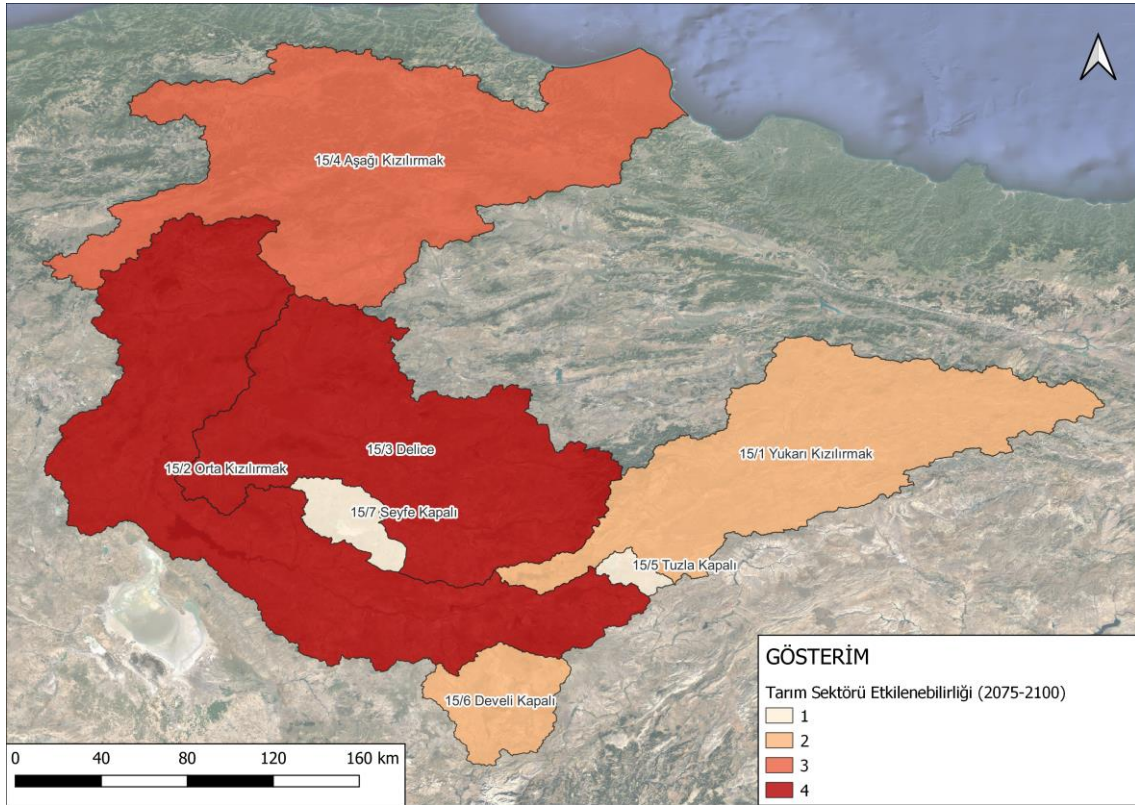
etkilenebilirliği 2 puan olarak derecelendirilmiştir. Tuzla Kapalı (15/5) ve Seyfe Kapalı (15/7) alt-havzalarının etkilenebilirlikleri ise yalnızca 1 puandır.

Günümüze kıyasla maruziyet puanları 2 katından daha yüksek mertebede artmıştır. Alınması planlanan tedbirler hem duyarlılık puanının azalmasını hem de uyum kapasitesi puanlarının artmasını sağlamıştır.

Yukarı Kızılırmak (15/1), Orta Kızılırmak (15/2) ve Delice (15/3) alt-havzalarının hesaplanan maruziyet ve duyarlılık puanlarının eşit olmasından dolayı etki puanları da eşittir. Ancak, Orta Kızılırmak (15/2) alt-havzasının ekonomik değer puanının çok yüksek olmasından dolayı risk puanı diğer iki alt-havzadan çok yüksekken, uyum kapasitesi puanının da yüksek olması sebebiyle genel etkilenebilirlik puanı azalarak Delice (15/3) alt-havzasıyla aynı puanla kıymetlendirilmiştir.



Şekil 4.3: 2021 Yılı Tarım Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası



Şekil 4.4: 2100 Yılı Tarım Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası

4.2.2 İçme ve Kullanma Suyu Sektörü Kuraklık Etkilenebilirlik Değerlendirmeleri

İçme ve kullanma suyu sektörü sektörü kuraklık etkilenebilirlik analizi 2021, 2050, 2075 ve 2100 yılları için gerçekleştirilmiş olup 2021 yılı sonuçları Tablo 4.6 ile 2100 yılı sonuçları ise Tablo 4.7 ile verilmiştir.

Tablo 4.6: 2021 Yılı İçme ve Kullanma Suyu Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

İçmesuyu Sektörü Etkilenebilirlik Analizi								
Alt Havza Adı	Maruziyet Puanı	Duyarlılık Puanı	Etki Puanı	Ekonomik Değer Puanı	Risk Puanı	Uyum Kapasitesi	Etkilenebilirlik Puanı	Normalize Etkilenebilirlik Puanı
	(1)	(2)	(3) = (1) x (2)	(4)	(5) = (3) x (4)	(6)	(7) = (5) / (6)	(8)
Yukarı Kızılırmak (15/1)	2	2,20	4,40	1,75	7,70	2,55	3,02	3
Orta Kızılırmak (15/2)	1	3,00	3,00	3,70	11,10	2,95	3,76	3
Delice (15/3)	2	2,70	5,40	2,60	14,04	2,70	5,20	4
Aşağı Kızılırmak (15/4)	1	2,40	2,40	3,05	7,32	2,75	2,66	2
Tuzla Kapalı (15/5)	2	1,85	3,70	1,00	3,70	1,75	2,11	2
Develi Kapalı (15/6)	1	1,35	1,35	1,35	1,82	2,80	0,65	1
Seyfe Kapalı (15/7)	2	1,20	2,40	1,00	2,40	2,70	0,89	1

İçme ve kullanma suyu sektöründe etkilenebilirliğin en yüksek olduğu alt-havza Delice'dir (15/3). Yukarı Kızılırmak (15/1) ve Orta Kızılırmak (15/2) alt havzalarının etkilenebilirliği 3 puan olarak derecelendirilirken Aşağı Kızılırmak (15/4) ve Tuzla Kapalı (15/5) alt-havzalarının

etkilenebilirliği 2 puan olarak derecelendirilmiştir. Seyfe Kapalı (15/7) alt-havzasının etkilenebilirliği ise yalnızca 1 puandır.

Orta Kızılırmak (15/2) alt-havzasının duyarlılık puanı gerek Delice (15/3) gerekse Yukarı Kızılırmak (15/1) alt-havzalarından yüksekken, bu iki alt-havzanın maruziyet puanları daha yüksek olması sebebiyle Orta Kızılırmak (15/2) alt-havzasının etki puanı daha düşüktür. Orta Kızılırmak (15/2) alt-havzasının ekonomik değer puanı da gerek Delice (15/3) gerekse Yukarı Kızılırmak (15/1) alt-havzalarından çok yüksekken, diğer iki alt-havzanın etki puanları daha yüksek olması sebebiyle Orta Kızılırmak (15/2) alt-havzasının risk puanı daha düşüktür. Orta Kızılırmak (15/2) alt-havzasının uyum kapasitesi diğer iki alt-havzadan yüksek olması sebebiyle alt-havzanın genel etkilenebilirlik puanı, Yukarı Kızılırmak (15/1) alt-havzası ile eşit ve Delice (15/3) alt-havzasından daha düşük puanla kıymetlendirilmiştir.

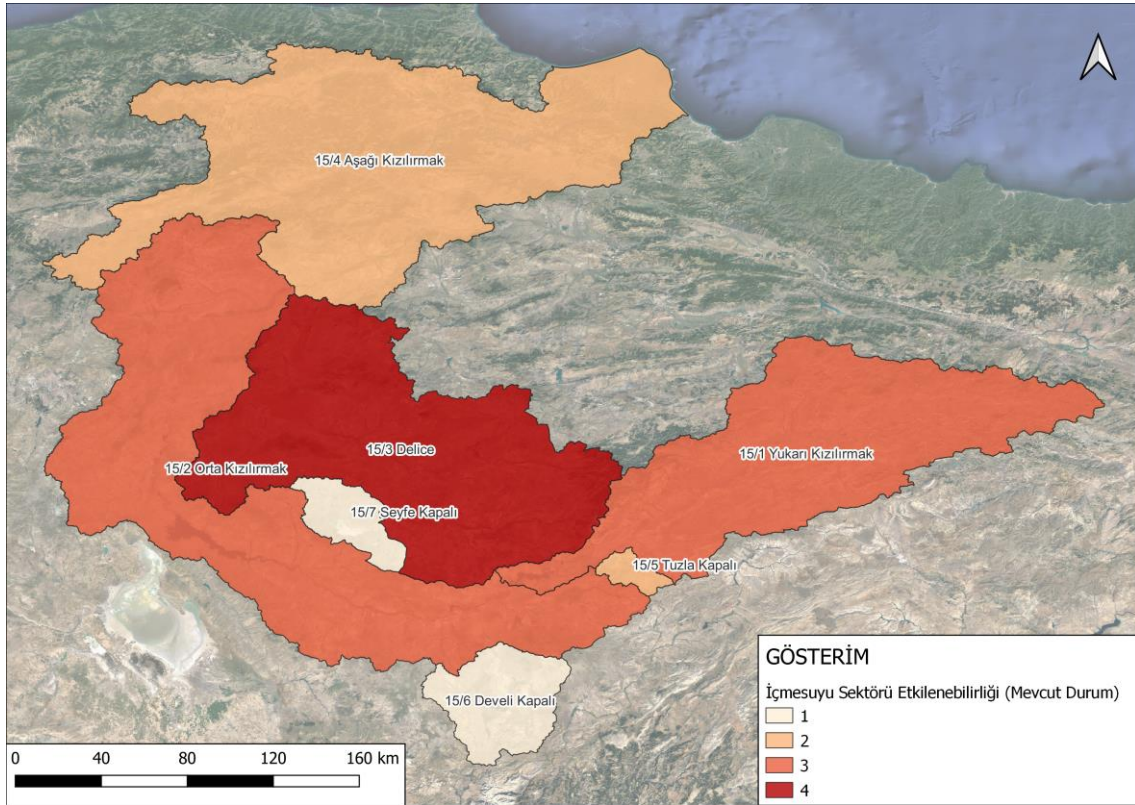
Gelecekte Tuzla Kapalı (15/5) hariç diğer tüm alt-havzaların maruziyet puanı en yüksek puanla kıymetlendirildiğinden diğer parametrelerin genel etkilenebilirlik puanı üzerindeki etkisi daha sarıh görülebilmektedir.

İçme ve kullanma suyu sektöründe etkilenebilirliğin en yüksek olduğu alt-havza, beklenilebileceği üzere, Orta Kızılırmak (15/2) alt-havzasıdır. Gerek duyarlılık puanı gerekse ekonomik değer puanının yüksek olması, sırasıyla etki puanı ve risk puanını çok arttırmış, uyum kapasitesi puanının yüksek olmasına rağmen bu alt-havzayı en etkilenebilir alt-havza kılmıştır.

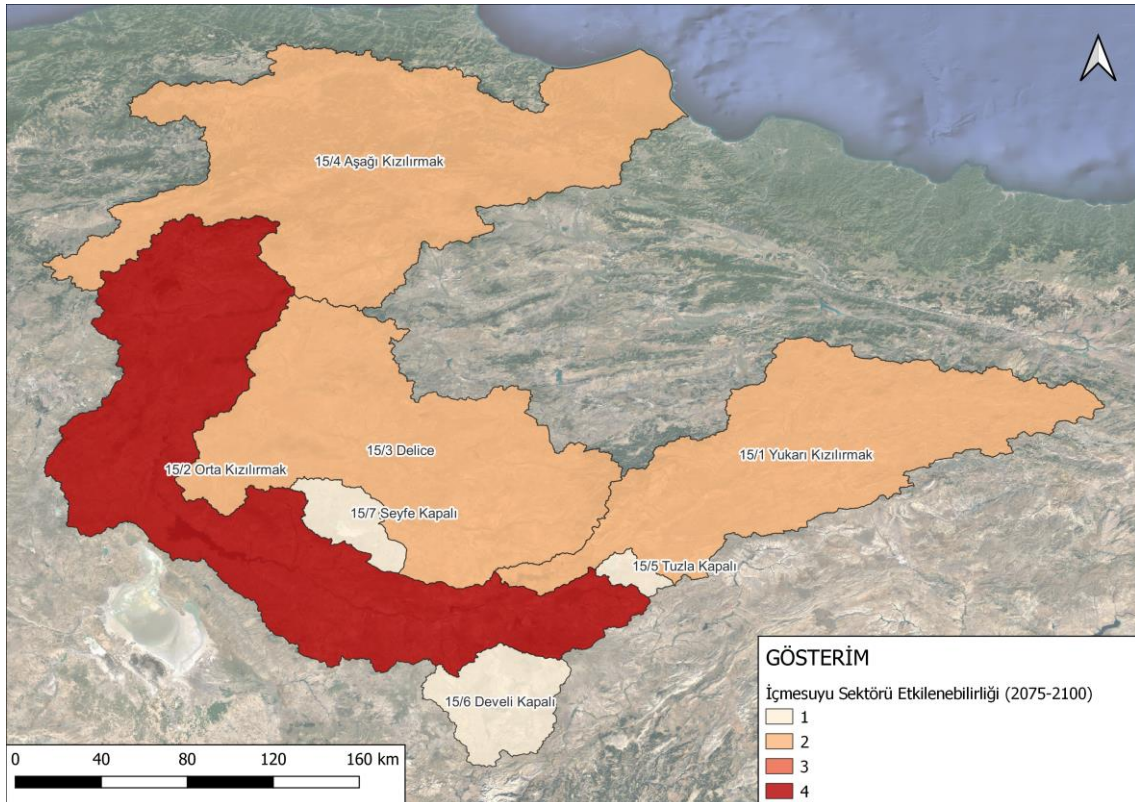
Tablo 4.7: 2100 Yılı İçme ve Kullanma Suyu Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

İçmesuyu Sektörü Etkilenebilirlik Analizi								
Alt Havza Adı	Maruziyet Puanı	Duyarlılık Puanı	Etki Puanı	Ekonomik Değer Puanı	Risk Puanı	Uyum Kapasitesi	Etkilenebilirlik Puanı	Normalize Etkilenebilirlik Puanı
	(1)	(2)	(3) = (1) x (2)	(4)	(5) = (3) x (4)	(6)	(7) = (5) / (6)	(8)
Yukarı Kızılırmak (15/1)	4	1,75	7,00	1,75	12,25	2,70	4,54	2
Orta Kızılırmak (15/2)	4	2,95	11,80	3,70	43,66	3,10	14,08	4
Delice (15/3)	4	1,85	7,40	2,60	19,24	2,85	6,75	2
Aşağı Kızılırmak (15/4)	4	1,60	6,40	3,05	19,52	3,20	6,10	2
Tuzla Kapalı (15/5)	3	1,30	3,90	1,00	3,90	2,20	1,77	1
Develi Kapalı (15/6)	4	1,30	5,20	1,35	7,02	2,95	2,38	1
Seyfe Kapalı (15/7)	4	1,15	4,60	1,00	4,60	2,85	1,61	1

Yukarı Kızılırmak (15/1), Delice (15/3) ve Aşağı Kızılırmak (15/4) alt-havzalarında duyarlılık, ekonomik değer ve uyum kapasitesi puanlarının puanları birbirine yakın olması sebebiyle genel etkilenebilirlik puanları eşit olarak kıymetlendirilmiştir.



Şekil 4.5: 2021 Yılı İçmesuyu Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası



Şekil 4.6: 2100 Yılı İçmesuyu Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası

4.2.3 Sanayi Sektörü Kuraklık Etkilenebilirlik Değerlendirmeleri

Sanayi sektörü kuraklık etkilenebilirlik analizi 2021, 2050, 2075 ve 2100 yılları için gerçekleştirilmiş olup 2021 yılı sonuçları Tablo 4.8 ile, 2100 yılı sonuçları ise Tablo 4.9 ile verilmiştir.

Tablo 4.8: 2021 Yılı Sanayi Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

Sanayi Sektörü Etkilenebilirlik Analizi								
Alt Havza Adı	Maruziyet Puanı	Duyarlılık Puanı	Etki Puanı	Ekonomik Değer Puanı	Risk Puanı	Uyum Kapasitesi	Etkilenebilirlik Puanı	Normalize Etkilenebilirlik Puanı
	(1)	(2)	(3) = (1) x (2)	(4)	(5) = (3) x (4)	(6)	(7) = (5) / (6)	(8)
Yukarı Kızılırmak (15/1)	2	2,70	5,40	1,00	5,40	1,90	2,84	2
Orta Kızılırmak (15/2)	1	4,00	4,00	4,00	16,00	2,50	6,40	4
Delice (15/3)	2	2,80	5,60	1,00	5,60	1,75	3,20	2
Aşağı Kızılırmak (15/4)	1	2,90	2,90	1,30	3,77	1,95	1,93	2
Tuzla Kapalı (15/5)	2	1,00	2,00	1,00	2,00	2,35	0,85	1
Develi Kapalı (15/6)	1	1,00	1,00	1,00	1,00	2,35	0,43	1
Seyfe Kapalı (15/7)	2	1,00	2,00	1,00	2,00	2,25	0,89	1

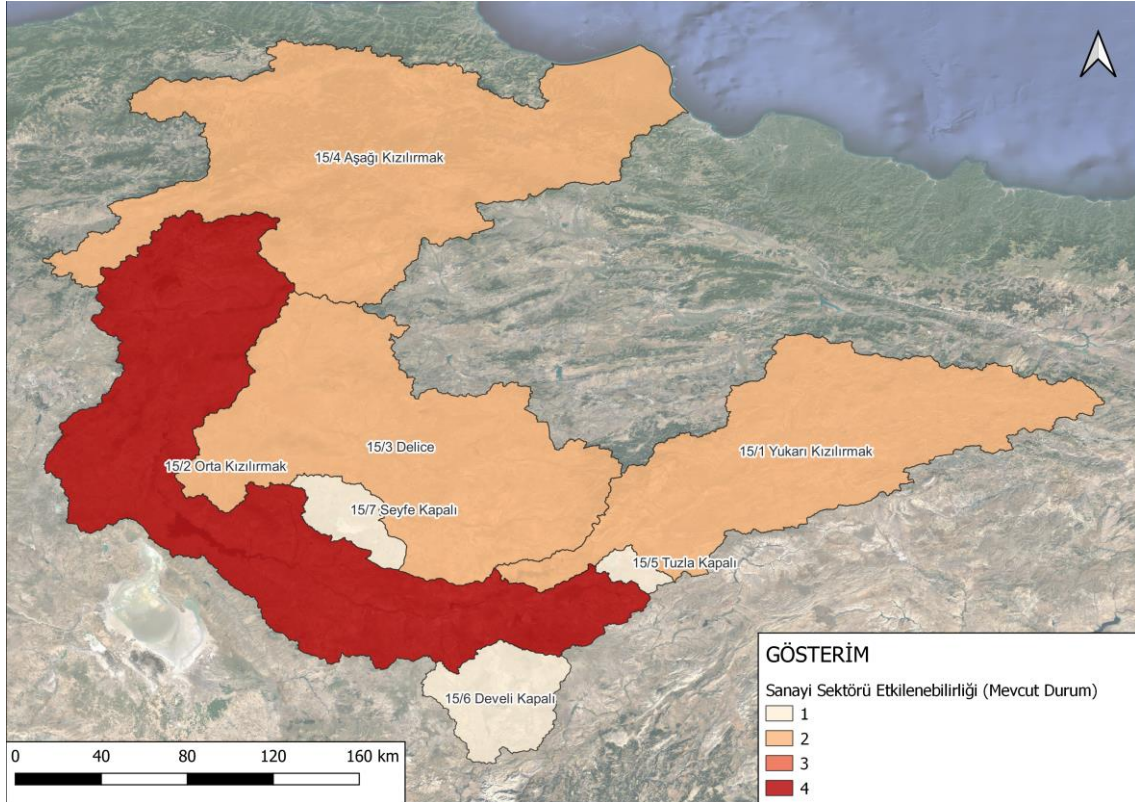
Sanayi sektöründe etkilenebilirliğin en yüksek olduğu alt havza, beklenildiği gibi, Orta Kızılırmak'tır (15/2). Bunun en önemli sebebi ihtiyaç duyulan su ihtiyacının yüksek olmasından dolayı duyarlılık puanının yüksek olması ve sanayi sektöründeki GSYH'nın, istihdamın ve ihracatın yüksek olması sebebiyle ekonomik değer puanının yüksek olmasına bağlı olarak risk puanının yüksek olmasıdır.

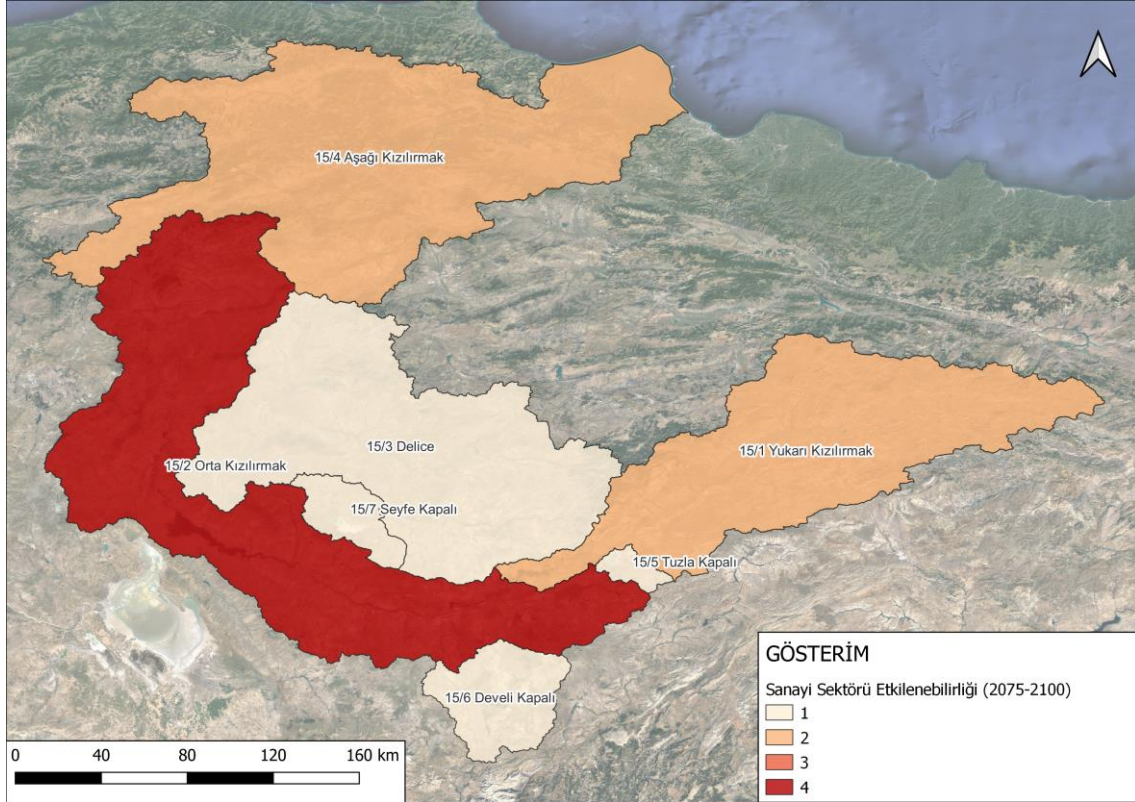
Yukarı Kızılırmak (15/1), Delice (15/3) ve Aşağı Kızılırmak (15/4) alt havzalarının etkilenebilirliği 2 puan olarak derecelendirilmiştir. Üç alt-havzanın duyarlılık puanları birbirine çok yakındır, ancak Aşağı Kızılırmak (15/4) alt havzasının maruziyet puanı düşük olduğu için diğer iki alt-havzanın etki puanları birbirine çok yakın iken Aşağı Kızılırmak (15/4) alt havzasının etki puanı daha düşük kalmıştır. Her üç alt-havzanın ekonomik değer puanları ve uyum kapasitesi puanları da birbirine çok yakındır. Bu sebeple her üç alt-havza eşit etkilenebilirlik puanıyla kıymetlendirilmiştir.

Tablo 4.9: 2100 Yılı Sanayi Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

Sanayi Sektörü Etkilenebilirlik Analizi								
Alt Havza Adı	Maruziyet Puanı	Duyarlılık Puanı	Etki Puanı	Ekonomik Değer Puanı	Risk Puanı	Uyum Kapasitesi	Etkilenebilirlik Puanı	Normalize Etkilenebilirlik Puanı
	(1)	(2)	(3) = (1) x (2)	(4)	(5) = (3) x (4)	(6)	(7) = (5) / (6)	(8)
Yukarı Kızılırmak (15/1)	4	3,50	14,00	1,00	14,00	2,20	6,36	2
Orta Kızılırmak (15/2)	4	4,00	16,00	4,00	64,00	2,80	22,86	4
Delice (15/3)	4	2,00	8,00	1,00	8,00	2,05	3,90	1
Aşağı Kızılırmak (15/4)	4	2,90	11,60	1,30	15,08	2,25	6,70	2
Tuzla Kapalı (15/5)	3	1,00	3,00	1,00	3,00	2,65	1,13	1
Develi Kapalı (15/6)	4	1,80	7,20	1,00	7,20	2,65	2,72	1
Seyfe Kapalı (15/7)	4	1,00	4,00	1,00	4,00	2,55	1,57	1

Sanayi sektörü açısından gelecekte de günümüzde olduğu gibi en etkilenebilir alt-havza Orta Kızılırmak (15/2) Alt-Havzasıdır. Özellikle ekonomik değer puanının diğer alt-havzalara göre çok yüksek olması, alt-havzanın genel etkilenebilirlik puanını doğrudan etkilemektedir.

**Şekil 4.7: 2021 Yılı Sanayi Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası**



Şekil 4.8: 2100 Yılı Sanayi Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası

4.2.4 Turizm Sektörü Kuraklık Etkilenebilirlik Değerlendirmeleri

Turizm sektörü kuraklık etkilenebilirlik analizi 2021, 2050, 2075 ve 2100 yılları için gerçekleştirilmiş olup 2021 yılı sonuçları Tablo 4.10 ile, 2100 yılı sonuçları ise Tablo 4.11 ile verilmiştir.

Tablo 4.10: 2021 Yılı Turizm Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

Turizm Sektörü Etkilenebilirlik Analizi								
Alt Havza Adı	Maruziyet Puanı	Duyarlılık Puanı	Etki Puanı	Ekonomik Değer Puanı	Risk Puanı	Uyum Kapasitesi	Etkilenebilirlik Puanı	Normalize Etkilenebilirlik Puanı
	(1)	(2)	(3) = (1) x (2)	(4)	(5) = (3) x (4)	(6)	(7) = (5) / (6)	(8)
Yukarı Kızılırmak (15/1)	2	1,20	2,40	1,85	4,44	3,90	1,14	1
Orta Kızılırmak (15/2)	1	3,90	3,90	3,60	14,04	1,45	9,68	4
Delice (15/3)	2	1,20	2,40	1,70	4,08	3,65	1,12	1
Aşağı Kızılırmak (15/4)	1	1,20	1,20	2,20	2,64	3,70	0,71	1
Tuzla Kapalı (15/5)	2	1,10	2,20	1,00	2,20	3,70	0,59	1
Develi Kapalı (15/6)	1	1,10	1,10	1,70	1,87	3,70	0,51	1
Seyfe Kapalı (15/7)	2	1,10	2,20	1,15	2,53	3,60	0,70	1

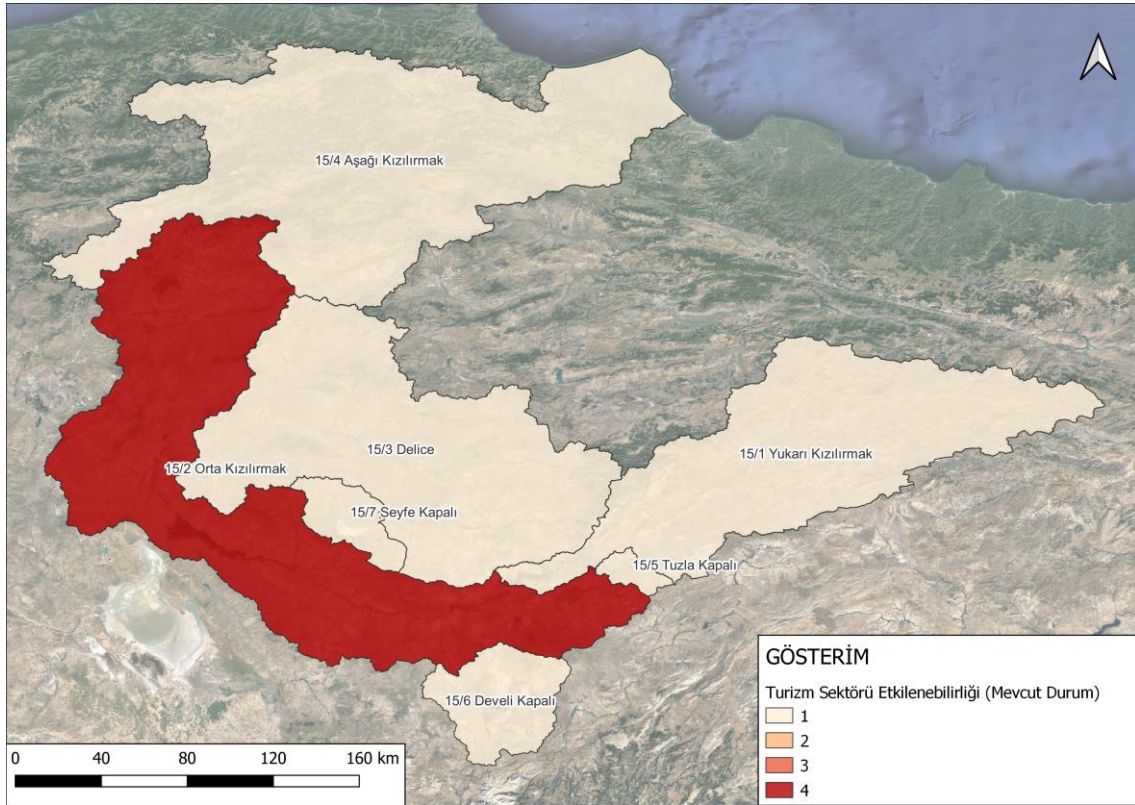
Tablo 4.11: 2100 Yılı Turizm Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

Turizm Sektörü Etkilenebilirlik Analizi								
Alt Havza Adı	Maruziyet Puanı	Duyarlılık Puanı	Etki Puanı	Ekonomik Değer Puanı	Risk Puanı	Uyum Kapasitesi	Etkilenebilirlik Puanı	Normalize Etkilenebilirlik Puanı
	(1)	(2)	(3) = (1) x (2)	(4)	(5) = (3) x (4)	(6)	(7) = (5) / (6)	(8)
Yukarı Kızılırmak (15/1)	4	1,65	6,60	1,85	12,21	4,10	2,98	1
Orta Kızılırmak (15/2)	4	3,65	14,60	3,60	52,56	1,65	31,85	4
Delice (15/3)	4	0,95	3,80	1,70	6,46	3,85	1,68	1
Aşağı Kızılırmak (15/4)	4	0,95	3,80	2,20	8,36	3,90	2,14	1
Tuzla Kapalı (15/5)	3	0,95	2,85	1,00	2,85	3,90	0,73	1
Develi Kapalı (15/6)	4	0,95	3,80	1,70	6,46	3,90	1,66	1
Seyfe Kapalı (15/7)	4	0,95	3,80	1,15	4,37	3,80	1,15	1

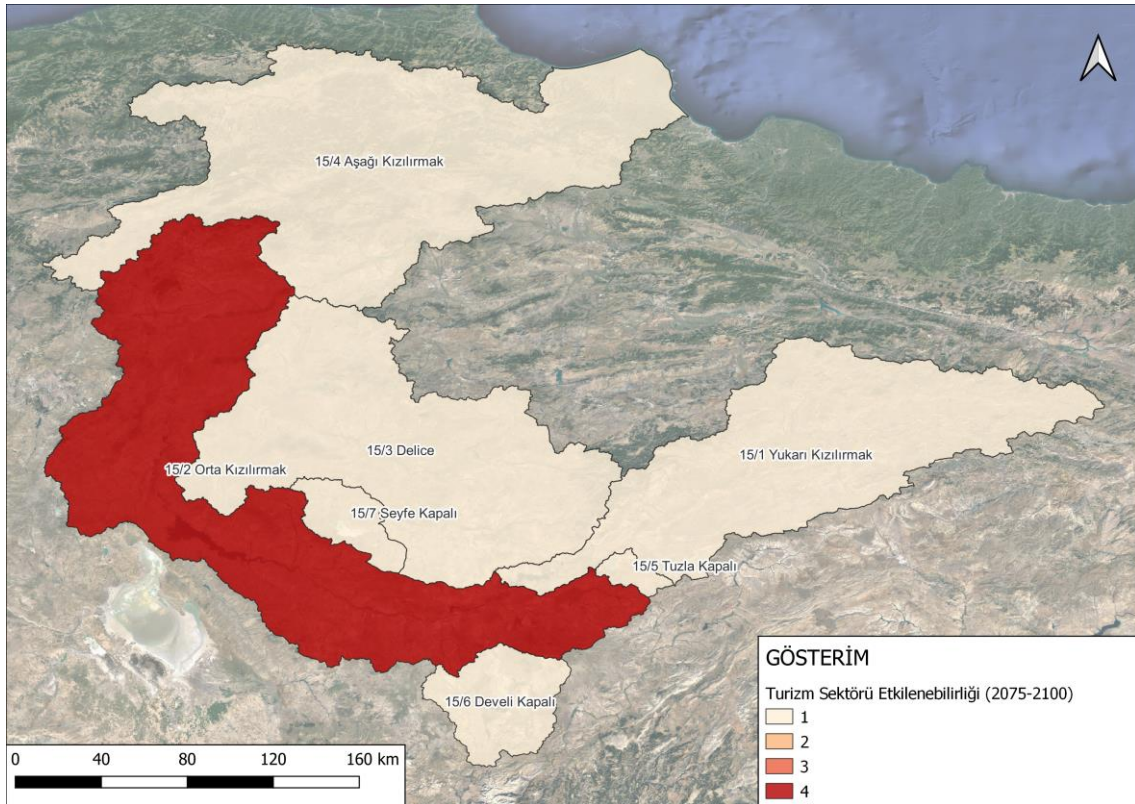
Havzada Nevşehir hariç yoğun turizme sahip bir yerleşim bulunmamaktadır. 549 adet turizm tesisinin 428 adedi Nevşehir ilinde yer almaktadır. Bu yönüyle Orta Kızılırmak (15/2) alt havzası etkilenebilirlikte öne çıkmaktadır. Tuzla Kapalı (15/5) ve Seyfe Kapalı (15/7) Alt Havzalarında turizm tesisi bulunmamaktadır. Develi Kapalı (15/6) Alt Havzasında ise 8 yatak kapasiteli 1 adet tesis tespit edilebilmiştir. Dolayısıyla bu alt havzalarda turizm sektörünün faaliyet göstermediği düşünülebilir.

Turizm faaliyetleri ve turizm sektöründe en büyük öneme sahip metrik olan turizm suyu ihtiyacı özelinde bakıldığında en yoğun turizm faaliyetine sahip Orta Kızılırmak (15/2) alt havzası en çok etkilenebilirliğe sahip alt havzadır.

Gelecekte de günümüze benzer puanlar elde edilmiştir.



Şekil 4.9: 2021 Yılı Turizm Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası



Şekil 4.10: 2100 Yılı Turizm Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası

4.2.5 Ekosistem Sektörü Kuraklık Etkilenebilirlik Değerlendirmeleri

Ekosistem sektörü kuraklık etkilenebilirlik analizi 2021, 2050, 2075 ve 2100 yılları için gerçekleştirilmiş olup 2021 yılı sonuçları Tablo 4.12 ile, 2100 yılı sonuçları ise Tablo 4.13 ile verilmiştir.

Tablo 4.12: 2021 Yılı Ekosistem Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

Ekosistem Sektörü Etkilenebilirlik Analizi								
Alt Havza Adı	Maruziyet Puanı	Duyarlılık Puanı	Etki Puanı	Ekonomik Değer Puanı	Risk Puanı	Uyum Kapasitesi	Etkilenebilirlik Puanı	Normalize Etkilenebilirlik Puanı
	(1)	(2)	(3) = (1) x (2)	(4)	(5) = (3) x (4)	(6)	(7) = (5) / (6)	(8)
Yukarı Kızılırmak (15/1)	2	3,80	7,60	1,80	13,68	2,55	5,36	2
Orta Kızılırmak (15/2)	1	1,40	1,40	2,40	3,36	3,20	1,05	1
Delice (15/3)	2	2,20	4,40	0,90	3,96	1,45	2,73	1
Aşağı Kızılırmak (15/4)	1	1,40	1,40	2,10	2,94	2,15	1,37	1
Tuzla Kapalı (15/5)	2	3,60	7,20	2,20	15,84	1,40	11,31	4
Develi Kapalı (15/6)	1	3,60	3,60	3,30	11,88	1,45	8,19	3
Seyfe Kapalı (15/7)	2	4,00	8,00	2,10	16,80	1,40	12,00	4

Tablo 4.13: 2100 Yılı Ekosistem Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları

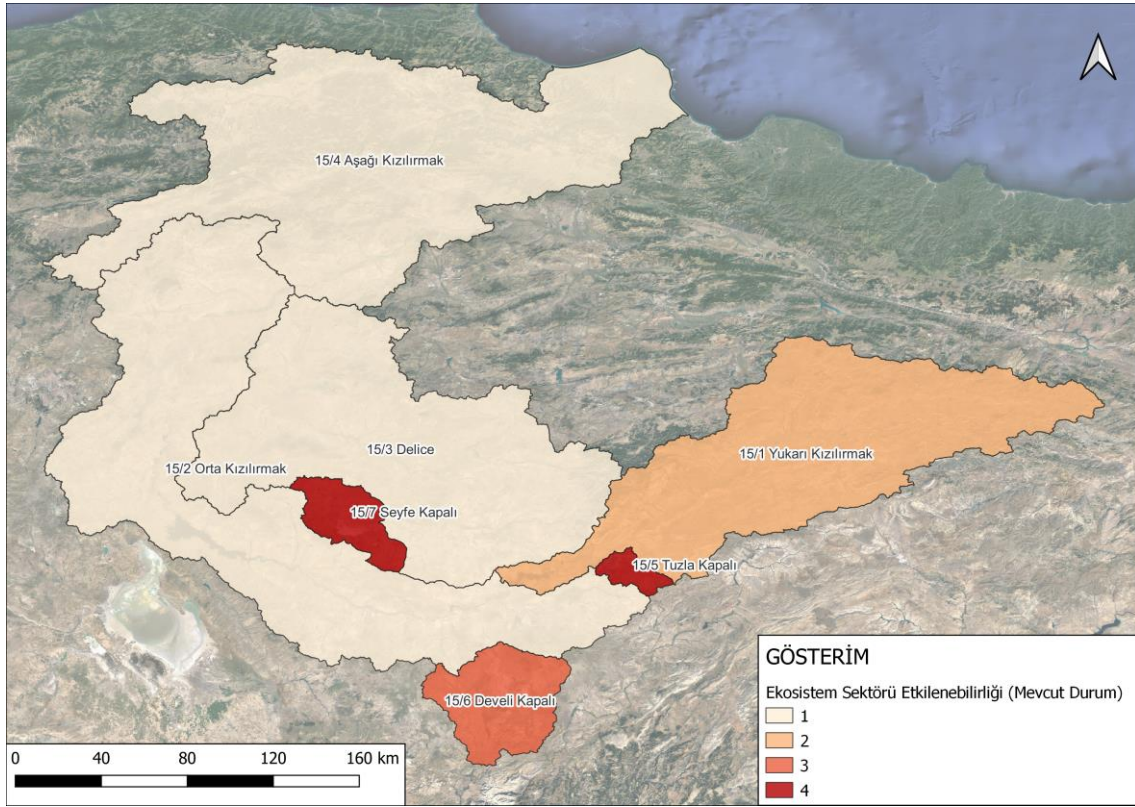
Ekosistem Sektörü Etkilenebilirlik Analizi								
Alt Havza Adı	Maruziyet Puanı	Duyarlılık Puanı	Etki Puanı	Ekonomik Değer Puanı	Risk Puanı	Uyum Kapasitesi	Etkilenebilirlik Puanı	Normalize Etkilenebilirlik Puanı
	(1)	(2)	(3) = (1) x (2)	(4)	(5) = (3) x (4)	(6)	(7) = (5) / (6)	(8)
Yukarı Kızılırmak (15/1)	2	3,60	7,20	1,80	12,96	2,60	4,98	2
Orta Kızılırmak (15/2)	2	2,00	4,00	2,40	9,60	3,25	2,95	1
Delice (15/3)	1	2,00	2,00	0,90	1,80	1,50	1,20	1
Aşağı Kızılırmak (15/4)	1	1,20	1,20	2,10	2,52	2,70	0,93	1
Tuzla Kapalı (15/5)	2	2,60	5,20	2,20	11,44	1,45	7,89	2
Develi Kapalı (15/6)	2	2,60	5,20	3,30	17,16	1,00	17,16	4
Seyfe Kapalı (15/7)	2	1,40	2,80	2,10	5,88	1,45	4,06	2

Ekosistem sektörü altında incelenen en önemli konu önemli doğa alanları ve bu doğa alanlarda yaşayan canlı çeşitliliğidir. Kızılırmak havzasında yer alan 17 önemli doğa alanı yer almakta, bu alanda yaşayan 564 adet bitki, kuş, sürüngen, balık ve memeli taksonu bulunmaktadır. Bu taksonların 22 tanesi bölgesel olarak, 3 tanesi ise küresel olarak kritik seviyededir. Bununla

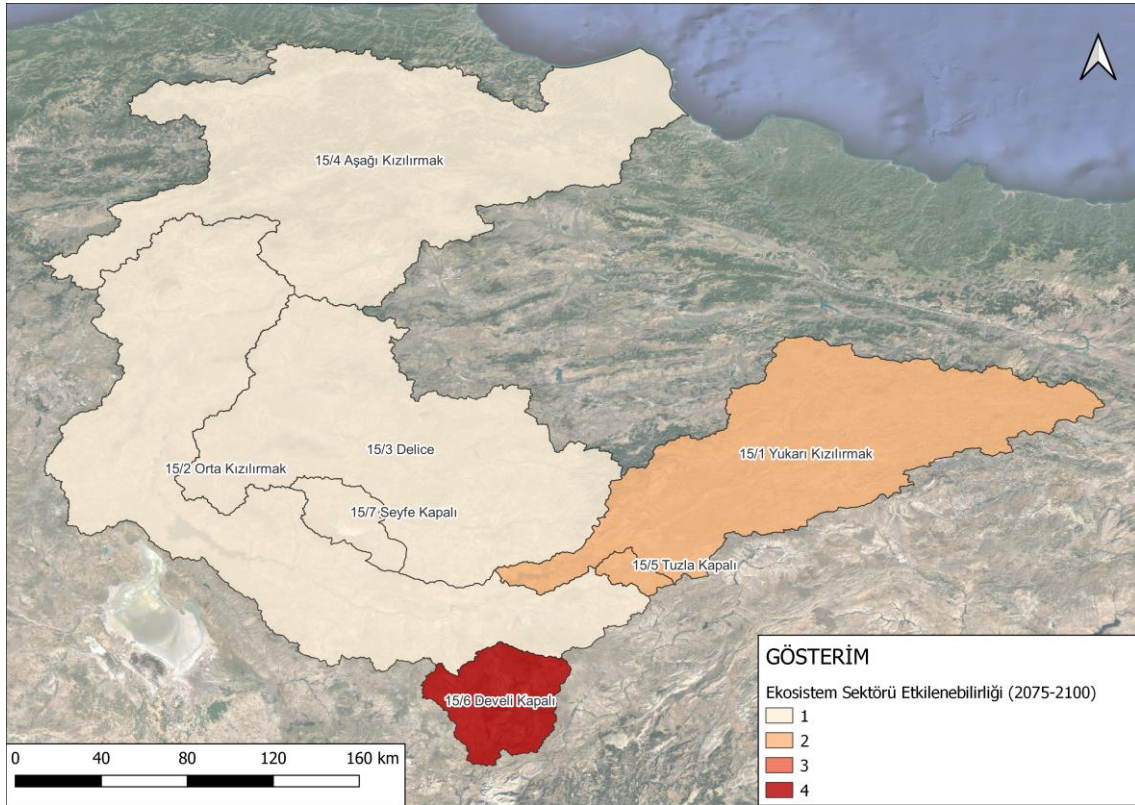
birlikte çoğu Kızılırmak Deltasındaki balık türleri olmak üzere 14 adet takson küresel ölçekte endemiktir. En çok farklı takson bulunan alt havza, Sultansazlığı ve Aladağlar ÖDA'larını içeren Develi Kapalı (15/6) alt havzasıdır.

Ekosistem sektörü altında incelenen bir diğer konu da korunan alan ve sulak alanlardır. Seyfe (15/7), Tuzla (15/5) ve Develi (15/6) Kapalı alt havzalarında yer alan Seyfe Gölü, Tuzla (Palas) Gölü ve Sultansazlığı alanları, bu alt havzalarının ekosistem sektörü altındaki etkilenebilirliklerini arttırmaktadır. Hirfanlı Baraj gölü ise sulak alan olarak sayıldığı için Orta Kızılırmak (15/2) alt havzası sulak alanları yönüyle öne çıkan alt havzalardan biri haline gelmektedir. Aşağı Kızılırmak (15/4) alt havzasında bulunan Kızılırmak Deltası ise hem bir sulak alan olması yönüyle hem de endemik türleri barındıran bir ÖDA olması sebebiyle öne çıkan bir alt havza haline gelmektedir.

Kapalı alt-havzalar, açık havzalara göre ekosistem açısından daha etkilenebilirdir. Kapalı alt-havzalarda ekosistemin hem ekonomik değer puanı yüksek hem de uyum kapasitesi düşüktür. Buna bağlı olarak genel etkilenebilirlik puanları daha yüksek çıkmaktadır.



Şekil 4.11: 2021 Yılı Ekosistem Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası



Şekil 4.12: 2100 Yılı Ekosistem Sektörü Etkilenebilirlik Analizi Haritası

4.3 Sektörel Önceliklendirme

Yukarıda özetlenen sektörel etkilenebilirlik analizi sonuçlarına göre alt havzalarda aşağıdaki alt havzalar ölçeğinde anlatıldığı gibi bir önceliklendirme yapılmıştır.

Yukarı Kızılırmak (15/1) Alt Havzasında en çok etkilenebilir olarak belirlenen sektör içmesuyu sektörü olarak belirlenmiştir. Bu konu özellikle Sivas il merkezinin alt havza içerisinde olmasından kaynaklıdır. İçmesuyu sektörünü tarım, sanayi ve ekosistem sektörleri takip etmektedir. **Bu sebeple Yukarı Kızılırmak (15/1) Alt Havzasında tedbirler belirlenirken içmesuyu sektörüne ait tedbirler önceliklendirilmiştir.**

Orta Kızılırmak (15/2) Alt Havzasında en çok etkilenebilir sektörler sanayi ve turizm sektörleridir. Bu durumun başlıca sebebi havzadaki en önemli turistik tesislerin bu alt havzada bulunması ve yine en önemli OSB'lerin de bu alt havzada yer almasıdır. Bu sektörleri içmesuyu sektörü takip eder. İçmesuyu sektörü her ne kadar en çok etkilenebilir sektör olmasa da içmesuyu konusunda alınacak tedbirler doğrudan sanayi ve turizm sektörlerini de olumlu yönde etkilemektedir. Gelecek dönemdeki muhtemel değişimler de incelenmiş, gelecekte alt havzada en çok etkilenebilir sektörün içmesuyu sektörü haline geldiği görülmüştür. Bu sebeple başta Kayseri il merkezinin Orta Kızılırmak (15/2) Alt Havzası içerisinde bulunması sebebiyle insan su ihtiyacı olan içmesuyu sektörünün önceliği artırılmış, **Orta Kızılırmak (15/2) Alt Havzasında tedbirler belirlenirken içmesuyu sektörüne ait tedbirler önceliklendirilmiştir. Bununla birlikte sanayi sektörü altında önerilen tedbirlerin diğer alt havzalardan önce**

Orta Kızılırmak (15/2) Alt Havzasında gerçekleştirilmesi önerilir. Bu sebeple sanayi sektörüne yönelik tedbirler de Orta Kızılırmak (15/2) Alt Havzasında diğer alt havzalardan daha önce olacak şekilde önceliklendirilmiştir.

Delice (15/3) Alt Havzasında en çok etkilenebilir sektörler içmesuyu ve tarım sektörleridir. Dolayısıyla Delice (15/3) Alt Havzasında tedbirler belirlenirken içmesuyu ve tarım sektörlerine öncelik verilmiştir. **Ancak özellikle gelecek dönemdeki muhtemel değişimlere bakıldığında tarım sektörünün alt havzada çok daha fazla etkilenebilir hale geleceği görülmüştür. Bu sebeple tarım sektörüne yönelik tedbirlerde Delice (15/3) Alt Havzasında önceliklendirmenin gerekliliği dikkat çekmektedir.**

Aşağı Kızılırmak (15/4) Alt Havzasında en çok etkilenebilir sektörler etkilenebilirlik analizi sonuçlarına göre içmesuyu, tarım ve sanayi sektörleridir. Ancak gelecekteki muhtemel değişimler değerlendirmeye alındığında tarım sektörünün daha fazla öne çıktığı görülmektedir. **Bu sebeple Aşağı Kızılırmak (15/4) Alt Havzasında tedbirler önceliklendirilirken tarım sektörüne yönelik tedbirlere öncelik verilmiştir.**

Tuzla Kapalı (15/5) Alt Havzasında sektörel etkilenebilirlik analizi sonuçlarına göre alt havzada önemli bir yerleşimin bulunmaması, sadece göl ekosisteminin (Tuzla-Palas Gölü) yer alması sebebiyle ekosistem sektörü öne çıkmaktadır. **Bu sebeple Tuzla Kapalı (15/5) Alt Havzasında ekosistem sektörüne yönelik tedbirler önceliklendirilmiştir.**

Develi Kapalı (15/6) Alt Havzasında sektörel etkilenebilirlik analizi sonuçlarına göre özellikle Sultansazlığı'nın bu alt havzada bulunması sebebiyle ekosistem sektörü öne çıkmaktadır. Ekosistem sektörünü takip eden sektör ise tarım sektörüdür. **Bu sebeple Develi Kapalı (15/6) Alt Havzasında ekosistem ve tarım sektörüne yönelik tedbirler önceliklendirilmiştir.**

Seyfe Kapalı (15/7) Alt Havzasında sektörel etkilenebilirlik analizi sonuçlarına göre alt havzada önemli bir yerleşimin bulunmaması, sadece göl ekosisteminin (Seyfe Gölü) yer alması sebebiyle ekosistem sektörü öne çıkmaktadır. **Bu sebeple Seyfe Kapalı (15/7) Alt Havzasında ekosistem sektörüne yönelik tedbirler önceliklendirilmiştir.**

Tedbirler alt havzalara göre önceliklendirilirken tedbir sıralaması dikkate alınmaktadır. Yani bu başlık altında ve ilerleyen alt başlıklarda sunulan tedbirlerin sıralaması, sektörel etkilenebilirlik analizi sonuçları dikkate alınarak önceliklendirilmiştir.

4.4 Su Tasarrufu Hesaplamaları

Su tasarrufu hesaplamaları tarım, içmesuyu ve sanayi sektörleri altında ayrı ayrı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Tarım sektörü altında uygun bitki deseni kullanılması ve sulama yönteminin rehabilite edilmesi halinde edilebilecek tasarruf miktarı ortaya konmuştur. Bu çalışmada ayrıca kurak dönemde su verimliliği sağlayan bitki tipleri de değerlendirilmiş ve sunulmuştur. Havza genelinde önerilen bitki deseninin uygulanması ile toplam 329,8 hm³ suyun tasarruf edilebileceği tespit edilmiştir.

Sulama yönteminin modernize edilmesi ve rehabilitasyon çalışmaları ile havza genelinde

94,7 hm³, yeni projelerin geliştirilmesi ile halk sulamaları ve İl Özel İdaresi sulamalarının rehabilitasyonu vasıtasıyla 346,3 hm³ su tasarrufu yapılabileceği ortaya konmuştur. Buna göre tarım sektöründeki toplam su tasarrufu miktarı havza genelinde 773 hm³ olarak belirlenmiştir. Tasarruf miktarları her bir sulama için ayrı ayrı olacak şekilde ortaya konmuş ve fayda-maliyet analizi sonuçları da dikkate alınarak önceliklendirmesi yapılmıştır.

İçmesuyu sektörü altında kayıp-kaçak oranlarının düşürülmesiyle ne kadar suyun tasarruf edilebileceği ortaya konmuştur. Bu çalışmada özellikle 25.000 ve üzeri nüfusa sahip olan yerleşimler dikkate alınmış, mevcut durum ve gelecekte yaşanabilecek muhtemel su yetersizleri ve su açıkları da belirlenmiştir.

İçmesuyu sektörü altında Kızılırmak Havzası'ndaki tüm yerleşimler için kayıp-kaçak oranları temin edilmiş, edilemeyen kayıp-kaçak oranları için de ilgili yerleşimin merkez ilçesine ait kayıp-kaçak oranı kullanılarak bir yaklaşım gerçekleştirilmiştir. Temin edilen kayıp-kaçak oranlarının 10/7/2018 tarihli ve 30474 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 1 sayılı Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi'nin 421 inci maddesinin birinci fıkrasının (a) bendine dayanılarak hazırlanan 8/5/2014 tarihli ve 28894 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliğinin 9 uncu maddesi gereğince 2023, 2028 ve 2033 yıllarında olmak üzere tüm yerleşimlerin ilgili Yönetmelik çerçevesindeki yeri dikkate alınarak 2100 yılına kadar mevcut durumun devamı senaryosuna göre farklılıkları ortaya konmuştur. Buna göre ilgili Yönetmeliğin gereğinin gerçekleştirilmesi halinde 2023, 2028, 2033, 2050, 2075 ve 2100 yıllarına kadar gerçekleştirilebilecek toplam tasarruf miktarları belirlenmiştir.

8/5/2014 tarihli ve 28894 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliğinde yer alan esasların harfiyen gerçekleştirilmesi halinde içmesuyu talep projeksiyonlarındaki muhtemel değişimler ortaya konmaktadır. 10/7/2018 tarihli ve 30474 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 1 sayılı Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi'nin 421 inci maddesinin birinci fıkrasının (a) bendine dayanılarak hazırlanan 8/5/2014 tarihli ve 28894 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliğinin 9 uncu maddesi gereğince büyükşehir ve il belediyeleri, su kayıplarını 2023 yılına kadar en fazla %30, 2028 yılına kadar ise en fazla %25 düzeyine; diğer belediyeler su kayıplarını 2023 yılına kadar en fazla %35, 2028 yılına kadar en fazla %30, 2033 yılına kadar ise en fazla %25 düzeyine indirmekle yükümlüdürler. Bu konuda 04/10/2021 tarihinde SYGM tarafından 2021-47 genelgesiyle iş termin planı hazırlanması şartı getirilmiştir. Senaryo kapsamında dikkate alınan hususlarda mevcut durumda genelgenin gerekliliklerini sağlayan yerleşimlerin kayıp-kaçak oranlarını aynı miktarda tuttukları varsayımı kabul edilmiştir.

Havza genelinde kayıp-kaçak oranlarının düşürülmesiyle 2050 yılına kadar tüm yerleşimlerde toplam 3.691,47 hm³ su tasarrufu yapılabileceği; bu değer havza genelinde 2100 yılına kadar 15.109,11 hm³'e yükseleceği belirlenmiştir. Yıllık ortalama değer olarak bakıldığında 2050 yılına kadar havzada yıllık 123,05 hm³/yıl, 2100 yılına

kadar ise havzada yıllık 188,86 hm³/yıl su tasarruf edilebileceği görülmüştür. 2100 yılında ulaşılması muhtemel içmesuyu tasarruf miktarı havzadaki mevcut su ihtiyacının %46'sına tekabül etmektedir.

Sanayi sektöründe mevcut en iyi tekniklerin (MET) uygulanması ile su verimliliği arttırılabilecek ve su tasarrufu sağlanabilecektir. Sektöre özgü su tüketimini azaltıcı ve su verimliliğini artırıcı MET'ler, AB Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (EED)-Entegre Kirliliği Önleme ve Kontrol (IPPC) Sektörel BREF dokümanları ve literatüründen seçilmiştir. MET'lerin uygulanması ile sağlanacak potansiyel su tasarrufları, bu tasarrufu sağlamak için gerekli ilk yatırım maliyetleri ve potansiyel ekonomik tasarrufları tahmin edilmiştir.

IPPC BREF dokümanları araştırılarak havzadaki sektörler için potansiyel su verimliliği MET'leri tespit edilmiş; su tasarrufu, ekonomik tasarruf, çevresel fayda, uygulanabilirlik ve yan etki kriterleri göz önüne alınarak geliştirilen puanlama sistemine göre kümülatif puanlar hesaplanmış, havzadaki NACE kodları için uygulanabilecek MET'ler belirlenmiştir.

Buna göre MET'lerin uygulanması ile 2025 yılında havza genelinde 52,5 hm³, 2050 yılında 63,3 hm³, 2075 yılında 68,9 hm³, 2100 yılında ise 72,7 hm³ su tasarrufu yapılabileceği belirlenmiştir. Gerçekleştirilen fayda-maliyet analizine göre gerekli önceliklendirme yapılmıştır.

Tüm sektörlerle yönelik bir diğer su tasarrufu yapılabilecek alan ise geri kazanım sularının mor şebeke ile park, bahçe, tarımsal alan sulamalarında ve sanayide kullanımıdır. Mor şebeke uygulamalarında arıtılmış suyun kalitesi çok önemli olduğu için özellikle ileri biyolojik atıksu arıtma tesislerinden verilebilecek suların mor şebekede kullanımı uygun olmaktadır. Bu sebeple Kızılırmak Havzasındaki çalışır durumdaki ileri biyolojik arıtma tesisleri tespit edilmiş, bu tesislerden çıkan arıtılmış suların mor şebekede kullanılabilecek miktarları tahmin edilmiştir.

Değerlendirmede tesislerin yıl boyunca ortalama %60 kapasiteyle çalıştırıldığı varsayımı yapılmış, bu kapasite ile arıtılan toplam su miktarının ise %70'inin mor su şebekesine aktarılabilmesi ve bu suyun tasarruf olarak değerlendirilebileceği varsayımından hareket edilmiştir.

Buna göre Kızılırmak Havzası genelinde toplam kapasitesi 321.578 m³/gün olan 21 adet ileri biyolojik atıksu arıtma tesisinden (AAT) arıtıldığı varsayılan 70,43 hm³/yıl suyun 49,30 hm³/yıl kadarı mor şebekede kullanılabilir su olarak belirlenmiştir.

4.5 Kuraklık Etkilerini Azaltma Kapasitesinin Değerlendirilmesi

Kuraklık etkilerini azaltma kapasitesinin değerlendirilmesinde afet yönetiminde söz sahibi kurullar; kuraklık öncesi, esnası ve sonrası afet yönetimine dair belirlenen politikalar, stratejiler, eylemler ve çalışmalar; kuraklık etkilerinin azaltılması veya önlenmesine doğrudan veya dolaylı olarak katkı sağlayacak kanunlar, yönetmelikler ve diğer yasal mevzuat ile kuraklık destekleri dahil edilmiştir.

Bu çerçevede ulusal, havza ve il düzeyindeki afet müdahale örgütlenmeleri, koordinasyon, bu örgütlenmelerin kuraklık konusunda yapmakta oldukları veya yapabilecekleri görevler listelenmiştir. Çalışmada ayrıca kuraklık konusundaki finansal destekler ve kuraklık etkilerini azaltma kapasitesi de değerlendirmeye alınmıştır.

5 KURAKLIK YÖNETİM MODELİ VE TEDBİRLER

5.1 Kuraklık Etkilerini Azaltmak İçin Alınacak Tedbirler, Ek Tedbir Önerileri ve Acil Durum Eylem Planı

Kuraklığın üretim kaynaklarına ve sosyo-ekonomik hayata olumsuz etkilerinin azaltılması ve/veya önlenmesi, kuraklık şartlarında suyun sektörler arasında paylaşımı, kısıtlı su kaynaklarının akılcı ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması amacıyla Kızılırmak Havzası'nda uygulanacak ekonomik, sürdürülebilir ve teknik olarak uygulanabilir tedbirler ve her bir tedbirin kuraklık etkilerini azaltma hedefinin tamamına nasıl katkı sağladığını tespit edilmiş, değerlendirilmiş ve öncelik sırasına konulmuştur.

Kuraklık, yağışların kaydedilen normal düzeylerin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu arazi ve su kaynakları ile üretim sistemlerini olumsuz olarak etkileyen ve ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan doğal bir olaydır (UNCCD, 1995).

Kuraklığa bağlı olarak ortaya çıkan su stresi ise su talebinin, sürdürülebilir şartlarda su kaynaklarından alınabilecek su miktarından fazla olması durumudur. Kuraklık ve su stresinin çok ciddi ekonomik, çevresel ve sosyal etkileri olmakta, bu durumlar sonucunda insan sağlığı ve gıda güvenliği olumsuz olarak etkilenebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, yaşanması muhtemel kuraklık sebebiyle meydana gelecek havza yüzey suyu ve yeraltı suyu bütçesindeki değişime bağlı olarak içme-kullanma suyunun, tarımsal sulamanın, sanayinin, turizmin ve ekosistemin ne şekilde etkileneceği belirlenerek alınması gereken tedbirler ortaya konulmuştur.

Bu rapor kapsamında önerilen tedbirlerin Tarım ve Orman Bakanlığı koordinasyonunda hazırlanan “Ulusal Kuraklık Yönetimi Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2017-2023)” ve “Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı (2018-2022)” dökümanlarına uyumlu olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca bu süreçte (Mülga) Kalkınma Bakanlığı koordinasyonunda hazırlanan “Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018)” ve “Bölgesel Gelişme Ulusal Stratejisi (2014-2023)” ile Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP), Tarım ve Orman Bakanlığı Stratejik Planı (2018-2022); Erozyonla Mücadele Eylem Planı (2013-2019); Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından belirlenen 2023 hedefleri ve “DSİ Stratejik Plan 2017-2021” dökümanlarında belirlenen politikalar, stratejiler ve eylemler göz önünde bulundurulmuştur.

Tedbirler belirlenirken planlanan sulama yatırımları ve tarım politikaları da dikkate alınarak iklim değişikliğinin havzanın düşük, orta ve şiddetli kuraklık riskleri üzerindeki etkisi, gelecekte yaşanması muhtemel kuraklıklar, gelecek su bütçesi, su kullanan tüm sektörlerin (içme-kullanma, tarım, sanayi ve ekosistem) ne şekilde etkileneceği gibi hususlar göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca ulusal ve uluslararası kaynaklar (eylem planları, strateji belgeleri, akademik yayınlar, projeler) incelenerek Kızılırmak Havzası'nda da uygulanabilecek yeni yöntemler dahil edilmiştir.

Tedbirlerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi süreci, genel anlamda kuraklık etkilerinin en aza indirilmesi için ne yapılması gerektiğine dair planlamanın ilk basamağıdır.

Alınabilecek tedbirlerin değerlendirilmesi ve seçiminde kurum ve kuruluşların strateji ve eylem planlarında kuraklık, toprak ve su yönetimi ile ilgili belirlenen tedbirler ve uluslararası literatürde önerilen eylem ve faaliyetler uzman kurulu ve danışma kurulunun görüşlerine sunularak Kızılırmak Havzası koşullarına uygun olanları belirlenmiştir.

Bu temel önerilerin belirlenmesi sırasında içme ve kullanma suyu, sanayi, turizm, tarım ve ekosistem sektörlerinin kuraklık koşullarına uyum kapasiteleri ve sektörlerin uyum kapasitelerini güçlendirmeye yönelik “Sektörel Etkilenebilirlik Analizi” ekinde yer alan tavsiyeler göz önünde bulundurulmuştur.

Tedbirlerin önceliği belirlenirken fayda-maliyet analizinin önemi üzerinde durulmuştur. Bazı tedbirler düşük maliyetle gerçekleştirilebilir; veya sorumlu kurumun yatırım programındaki projeler ile bütünleştirilebilir. Tedbirlerin finansmanı için ekonomi kriteri gereklidir, ancak belirlenen tedbirlerin birçoğu yapısal değildir; bu sebeple ekonomi kriterini ölçmek güçtür. Belirlenen yapısal tedbirlerin ayrıntılı mühendislik çalışmaları, yatırım maliyetleri ve fayda-maliyet analizleri, sorumlu kurum tarafından yapılacak fizibilite ve uygulama projeleriyle gerçekleştirilecektir.

Kuraklık etkilerini azaltmak için alınacak tedbirler, su döngüsünün farklı merhalelerine müdahaleleri hedeflemektedir. Bu nedenle tedbirler değerlendirilirken, kullanım suyunun geçtiği bu merhaleleri dikkate alınarak bir hedef metodolojisi oluşturulmuştur.

Tablo 5.1: Farklı Hedef Grupları Altında Tanımlanan Tedbirler

HEDEF I – HASAT		
1	A	Yağışı artırıcı veya daha çok suyun havzada tutulmasını sağlayıcı tedbirler
	B	Havzaya düşen ve havzada tutulan su potansiyeli miktarının ölçülebilme hassasiyetini artırıcı tedbirler
	C	Alternatif su kaynaklarının tespitine yönelik çalışmalar
	D	Yağış miktarı ve sıcaklık ölçümleriyle kuraklığın tespiti ve kuraklık erken uyarı sistemine yönelik çalışmalar
HEDEF II – DEPOLAMA		
2	A	YAS ve YÜS tesislerine giren, tesislerden çıkan ve tesislerde kaybolan su miktarını belirlemeye yönelik tedbirler
	B	İçme ve kullanma suyu kalitesini belirlemeye yönelik tedbirler
	C	Yeni su depolama tesislerinin ve alternatif depolama yöntemlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar
	D	Tesislerin doğru işletilmesi ile su kaynaklarının etkin yönetimini sağlamaya yönelik çalışmalar
	E	Tesislerin verimliliğini ve güvenilirliğini artırmaya yönelik çalışmalar
HEDEF III – İLETİM		
3	A	Su iletim sistemlerinden su kayıplarını azaltıcı ve sistemlerin verimliliğini artıracak tedbirler
HEDEF IV – KULLANIM		
4	A	Su kullanım verimini artırıcı tedbirler – Bunlar, kullanıcı sayısını ya da sulanan alanı azaltmadan kişi başına ya da birim alandaki su tüketimini azaltarak toplam su kullanımını düşürmeye yönelik tedbirleri ifade etmektedir.
	B	Kullanılan su ve birim su miktarının belirlenmesi ve ölçüm hassasiyetini artırıcı tedbirler
	C	Kuraklığın etkilerinin sektörler tarafından daha az ya da yakın düzeyde hissedilmesini sağlamaya yönelik önlem ya da tedavi amaçlı tedbirler
	D	Kamunun, halkın ve su tüketici sektörlerin kuraklık konusunda bilgilendirilmesi ve bilinçlendirilmesi yönündeki tedbirler
	E	Su kullanım miktarını azaltıcı tedbirler – Bunlar, gerekli görüldüğü halde kullanıcı sayısını ya da sulanan alanı azaltarak toplam su kullanımını düşürmeye yönelik tedbirleri ifade etmektedir.
	F	(Gelecek dönem) Su kullanım miktarlarının öngörülebilirliğini artırmaya yönelik tedbirler
	G	Kuraklıkla ilgili kurumsal yapı ve paydaşların koordinasyonunu artırmaya yönelik düzenlemeler
HEDEF V – EKOSİSTEM		
5	A	Ekosistemin kuraklık etkilerine karşı güçlendirilmesini hedefleyen tedbirler
	B	Ekosistemin diğer sektörlerin su kullanımından kaynaklanması muhtemel etkilere karşı korunması
HEDEF VI – GERİ KAZANIM		
6	A	Aritma işlemine tabi tutulmayan kullanım suyunun yeniden kullanılması
	B	Aritma işlemine tabi tutulan kullanım suyunun yeniden kullanılması

Kızılırmak Havzası Kuraklık Yönetim Planı kapsamında Kızılırmak Havzası'nda kuraklığın ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerini azaltmak ve/veya önlemek için kuraklık öncesinde, esnasında ve sonrasında düşük, orta ve şiddetli kuraklık dereceleri için alınabilecek tedbirler ve eylem planı belirlenmiştir. Belirlenen tedbirler 10 ayrı grup altında toplam 369 adet tedbiri içermektedir.

Tablo 5.2: Kuraklık Etkilerini Azaltmak için Alınacak Tedbirler (Özet Tablo)

Sıra No	Tedbir Kapsamı	İlgili Sektör(ler)	Sorumlu Kurum	İlgili Kurum	Uygulama Dönemi
1	Sulama Sistemlerinin Verimliliğinin Arttırılması ve Rehabilitasyon	Tarım	İl Tarım ve Orman Müd.	DSİ, TRGM	2023-2050
2	Bitkisel Üretimin ve Tarımsal Bitki Desenin Kurak Koşullara Göre Planlanması	Tarım	İl Tarım ve Orman Müd.	DSİ, TRGM, BÜGM, TAGEM, Üretici Bir., Sulama Birlikleri ve Kooperatifleri, Arş. Ens.	2023-2050
3	İçme ve Kullanma Suyu İsale ve Şebekelerindeki Kayıp Kaçakların Azaltılması	İçmesuyu	SUKİ / Bel.	SYGM, DSİ, İlbank	2023-2050
4	Konvansiyonel Yöntemle Artırılmış Atıksuların İleri Arıtmadan Geçirilerek Mor Şebeke ile Kentsel Tarım, Park ve Bahçe Sulamalarında Kullanılması	İçmesuyu, Sanayi, Tarım	SUKİ / Bel.	ÇYGM, SYGM	2023-2050
5	Kuraklığa Karşı Bilinçlendirme Faaliyetleri	Tüm Sektörler	İl Tarım ve Orman Müd., MEB		2023-2099
6	Kurumlar Arası Koordinasyon	Tüm Sektörler	TRGM, DSİ	Kuraklık ile ilgili tüm kurumlar	2023-2099
7	Meteorolojik ve Hidrolojik Veri Ağının Güçlendirilmesi	Tüm Sektörler	DSİ, MGM, TRGM		2023-2099
8	Sanayi Tesislerinde Su Verimliliğine Yönelik Mevcut En İyi Tekniklerin Uygulanması	Sanayi	OSB Müd., STB, ÇYGM	SUKİ / Bel.	2023-2099
9	Su Tasarrufu Sağlanması	Tüm Sektörler	SUKİ / Bel., DSİ, TRGM		2023-2099
10	Ekosistemin Korunması ve Sürdürülebilirlik Faaliyetlerinin Gerçekleştirilmesi	Tüm Sektörler	DKMP, TAGEM	ÇEM, OGM, SYGM, DSİ, SUKİ / Bel.	2023-2099

Bahsi geçen tedbir grupları altındaki gerekçelere bakıldığında;

1. **Sulama Sistemlerinin Verimliliğinin Arttırılması ve Rehabilitasyon** grubu altında farklı dönemler ve gruplar halinde hangi sulamaların rehabilite edilmesi gerektiği vurgulanmış ve bu rehabilitasyon sonucunda ne kadar su tasarrufu yapılabileceğine vurgu yapılmıştır. Bu grup ayrıca halk sulamaları ve İÖİ sulamalarının modernizasyonunu da içermektedir.
2. **Bitkisel Üretimin ve Tarımsal Bitki Deseninin Kurak Koşullara Göre Planlanması** grubu altında önerilen bitki deseninin uygulanması halinde hangi sulamalarda su tasarrufu yapılabileceği ortaya konmaktadır.
3. **İçme ve Kullanma Suyu İsale ve Şebekelerindeki Kayıp Kaçakların Azaltılması** grubu altında içmesuyu hatları ve şebekelerinde kayıp ve kaçakların azaltılması halinde yapılabilecek su tasarrufuna vurgu yapılmaktadır.
4. **Konvansiyonel Yöntemle Arıtılmış Atıksuların İleri Arıtmadan Geçirilerek Mor Şebeke ile Kentsel Tarım, Park ve Bahçe Sulamalarında Kullanılması** grubunda ise havzada yer alan ileri biyolojik atıksu arıtma tesislerinde gerekli ekipmanın tesis edilmesiyle mor şebekeye verilebilecek muhtemel geri kazanılmış su miktarlarına vurgu yapılmıştır.
5. **Kuraklığa Karşı Bilinçlendirme Faaliyetleri** grubu altında okullarda çocuklara kuraklık ve su kullanımı ile ilgili eğitimler verilmesi ve toplumda farkındalık sağlanması ve iyi tarım uygulamalarına yönelik eğitimler ile ilgili tedbirler yer alır.
6. **Kurumlararası Koordinasyon** grubu altında modern tarımsal sulama yöntemleri ile ilgili finansal destek programı hazırlanması, toprak ve su kaynakları proje envanterinin güncelliğinin korunması ve tarımsal rekolte tahmin ve izleme sisteminin geliştirilmesi ile ilgili tedbirler yer alır.
7. **Meteorolojik ve Hidrolojik Veri Ağının Güçlendirilmesi** grubunda kuraklık değerlendirmesi için olmazsa olmaz meteorolojik, hidrolojik, hidrojeolojik ve toprak nemi gözlem ağının yaygınlaştırılmasına yönelik tedbirler ortaya konmuştur.
8. **Sanayi Tesislerinde Su Verimliliğine Yönelik Mevcut En İyi Tekniklerin Uygulanması** grubu altında Mevcut En iyi Tekniklerin uygulanması halinde her bir OSB ve tekil sanayilerde yapılabilecek tasarruf ortaya konmuştur.
9. **Su Tasarrufu Sağlanması** grubu altında yağmur suyu hasadı ve yağmur suyu hasadının teşvik edilmesi, su depolama ve dağıtım sistemlerinde su tasarrufuna yönelik otomasyon sistemlerinin kurulması, OSB'ler dışında faaliyet gösterecek yeni sanayi tesislerinde yağmur suyu toplama sistemlerinin kurulması, havzada su ihtiyacı yüksek olan bitkilerin (şeker pancarı gibi) üretim alanlarının devlet kontrolünde belirlenmesi ve su kaynaklarının durumunun uygun olduğu yerlerde bu bitkilerin üretiminin yapılması amacıyla sorumlu kurumların ortak karar verebileceği bir heyetin kurulması, il ve ilçelerde park ve bahçe sulamalarının gece saatlerinde yapılması, İl ve ilçelerde peyzaj alanlarında kuraklığa daha dayanıklı ve suya daha az ihtiyaç duyan peyzaj bitkileri kullanılması, içme ve kullanma suyu sektörü tüketicilerinin tasarruflu sistemler kullanmaya teşvik edilmesine yönelik tedbirler yer alır.

10. Ekosistemin Korunması ve Sürdürülebilirlik Faaliyetlerinin Gerçekleştirilmesi

grubu altında havza içerisindeki göller ile Kızılırmak Deltası'nda flora ve faunanın korunması ve/veya geri kazanılmasına yönelik tedbirler yer alır.

Farklı kuraklık şiddetlerinde müdahale seviyesine göre hazırlanan acil durum eylem planı özeti aşağıda sunulmaktadır.

Tablo 5.3: Acil Durum Eylem Planı Özeti

Sıra No	Eylem Kapsamı	Önerilen Acil Durum Eylemlerinin Kapsamı	İlgili Sektör(ler)
1	Suyun Sulamada Tasarruflu Kullanılması Konusunda Farkındalık	Suyun tasarruflu kullanılması konusunda farkındalığın sağlanması, sulama tasarrufları konusunda yönetim ve yönlendirme faaliyetleri.	Tarım
2	Eğitim, Yayım ve Yayın Çalışmaları	Kuraklık konusunda eğitim, yayım ve yayın çalışmaları yapılarak halkın bilinçlendirilmesi.	Tüm Sektörler
3	Sulama Su İhtiyacının Azaltılması	Sulama suyu ihtiyacı az olan ve kuraklığa nispeten dayanıklı tür ve çeşitlerin yetiştiriciliğinin teşviki, modern sulama sistemlerinin teşviki, farklı il ve ilçelere özgü su tüketimi daha az olan bitki tiplerine destekleme yapılması veya mevcut desteklemenin artırılması, şiddetli kuraklık yaşanan durumlarda bazı ürünlerdeki desteklemenin tümüyle kaldırılmasına yönelik detaylı tedbirler.	Tarım
4	Bitki ve Hayvan Hastalıkları	Bitki ve hayvan hastalıkları ile ilgili bilgilendirmelerin artırılması, çiftçilerin bitki ve hayvan hastalıkları konusunda desteklenmesi, hastalıkların yayılmasının önüne geçilmesi.	Tarım
5	Acil Durum Müdahale Planının Uygulanması	AFAD'ın görev ve sorumlulukları altında yer alan görevlerin belirtilmesi ve kuraklık seviyesine göre devreye sokulması.	Tüm Sektörler
6	Havza Yönetim Heyeti Acil Durum Eylemleri	Havza Yönetim Heyeti'nin görev ve faaliyetlerinin kuraklık seviyesine göre devreye sokulmasına yönelik tedbirler.	Tüm Sektörler
7	İçme ve Kullanma Suyuna Yönelik Eylemler	Park ve bahçe sulamalarının kısıtlanması, su kesintileri yapılması, kişi başı su tüketiminin kurak dönemlerde kısıtlanmasına yönelik tedbirler.	İçmesuyu
8	Sanayi Sektörüne Yönelik Eylemler	Kuraklık konusunda sanayi tesislerinin bilgilendirilmesi ve bilinçlendirilmesi, kuraklık seviyesine göre gerekli duyulması halinde sanayi su tüketiminin kısıtlanması (gıda sektörü hariç).	Sanayi

5.2 Kuraklık Yönetim Modeli

Kuraklık Yönetim Modeli, Kızılırmak Havzası'nın kuraklık hassasiyetinin belirlenmesi, su bütçesi ve su kaynaklarında muhtemel değişikliklerin ortaya konması, mevcut şartlarda ve değişik derecelerdeki kuraklık şartlarında sektörel su kullanımının kapsamlı değerlendirmesi ile kuraklık etkilerini azaltmak için kuraklık öncesinde, esnasında ve sonrasında su kaynaklarının optimum kullanımını ve tasarrufunu sağlayacak çevresel hedefleri de dikkate alan önlemlerin belirlendiği eylem planına dayandırılarak oluşturulmuştur.

Havzada kuraklık afetinden etkilenen veya etkilenecek bölgelerin ihtiyaçlarını belirleyecek; kuraklık etkilerinin azaltılması için belirlenen tedbirleri uygulayacak ve denetleyecek kuraklık afetinden sorumlu Havza Yönetim Heyeti'nin ve HYH'nin görevlendireceği kurum ve kuruluşların (görev gücü) gerçekleştireceği eylemlerin etkinleştirileceği aşamalar yönetim

modelinde belirlenmiştir.

Kuraklık Yönetim Planı hazırlanırken havza illerinde hazırlanan (ya da yakın süreçte hazırlanacak) “Tarımsal Kuraklık Eylem Planı”, “Tarımsal Kriz Yönetim Planı”, “Afet Müdahale Planı” ve “Kuraklık Olay Türü Planı” gibi dökümanlar ile uyum içerisinde çalışılabilir olmasına dikkat edildiği gibi Kuraklık Yönetim Modeli hazırlanırken de adı geçen planların sahibi ve yürütmekle görevli teşekküller (Tarımsal Kuraklık Yönetimi Organizasyonu ve Afet ve Acil Durum Hizmetleri Koordinasyonu) ile ortak müdahale çalışmalarının yapılabilir olmasına dikkat edilmiştir. Bu hassasiyetle, kuraklık yönetiminde kurumlar arası paydaş koordinasyonu geliştirmek, müdahale eylemleri süresince valilikler, kurum ve kuruluşların merkez ve taşra teşkilatları ile yerel yönetimler arasında müdahale eylemlerinde kusursuz bir eşgüdüm sağlamak amaçlanmıştır.

Kuraklık Yönetim Modeli, havza sınırları içerisinde yaşanabilecek küçük veya büyük çaplı alanları etkisi altına alabilecek farklı şiddetlerdeki kuraklık koşullarında uygulanabilecek şekilde tasarlanmıştır. Kuraklık Yönetim Modelinin geliştirilmesi sırasında bir kuraklık afetinin müdahalesine yönelik tüm gereksinimlerin karşılanmasına dikkat edilmiştir. Kuraklık Yönetimi kapsamında kısa, orta ve uzun vadeli eylemlerin aşamalı olarak etkinleştirilmesinde (uygulamaya alınmasında) yaşamın ve doğal hayatın korunması, ekonominin sürdürülmesi ve çevrenin korunması maksadıyla gereken su kaynaklarının korunması ve varlığını sürdürmesi esasına dayandırılmıştır.

Kuraklık afeti tipik olarak benzersizdir; ve diğer doğal afetlerden çok farklıdır. Birçok doğal afet hızlı bir şekilde ve uyarı vermeden etkilerken kuraklık “ağır çekim afet” veya “sessiz afet” olarak tanımlanabilir. Kuraklık, öncelikli olarak konusunda ihtisas sahibi uzmanlarca belirlenebilecek gizli belirtiler ile ortaya çıkmakta olup ekseriyetle ortalama bir vatandaş için fark edilebilir değildir.

Kızılırmak Havzası halkı, üretim kaynakları, sosyoekonomisi ve ekosistemi uzun süreli kuraklık koşullarına karşı hassas olup kuraklık etkileri, kuraklığın nerede meydana geldiğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu sebeple havzada kuraklık koşullarına erken müdahale azami derecede gerekli ve önemlidir. Kuraklık koşullarının oluştuğuna dair gizli ipuçlarının belirlenmesi, kuraklığa karşı en zaaf (etkilenebilirliği yüksek) sektörler için erken müdahale eylemlerinin etkinleştirilmesini mümkün kılar. Bu sebeple kuraklık afetine yönelik ilk müdahale, ağırlıklı olarak gözlem ve artan sıklıklarda izleme ve veri toplanma faaliyetleri içerir. “İzleme (Monitoring) Süreci” olarak adlandırılan bu dönemde sorumlu kurum ve kuruluşların merkez ve taşra teşkilatları ile yerel yönetimlerce eğitim, tatbikat ve eylemlerin gözden geçirilmesi ve yenilenmesi gibi süregiden eylemlerin sürdürülmesi gerekmektedir.

Kuraklık göstergeleri ve belirtileri yoğunlaşıp sektörler üzerindeki etkileri daha belirgin görüldükçe Havza Yönetim Heyeti’nce görevlendirilen kurum ve kuruluşların merkez ve taşra teşkilatları ile yerel yönetimler mevcut su kaynaklarının korunması ve kuraklık etkilerini azaltmak maksadıyla hazırlanan eylem planı dahilinde faaliyete geçmelidir. Yaşanan kuraklıkların şiddetine bağlı olarak “Karar Alma (Assessment)” ve “Tedbir Alma (Mitigation)” süreçleri olarak tanımlanabilecek bu aşamalar, kuraklık koşullarının baş göstermesinden sonra

aylar veya yıllar ölçeğinde devam edebilecek uzun süreli eylemlerdir.

Kuraklık şiddetinin en üst seviyeye tırmanmasıyla oluşan “Mücadele (Response)” sürecinde afete uğrayan halkın acil ihtiyaçlarını karşılamak için kısa süreli önlemler almak gerekmektedir. Mücadele süreci, sektörlerin (genellikle tarım) ekonomik istikrar ve güveni yeniden kazanmasını sağlamak (ör: Borç erteleme), zarar gören tesisleri (ör: Kuruyan içmesuyu kuyuları, sağlık açısından tehlike arz eden içmesuyu şebekeleri) yeniden tesis etmek ve kamusal güvenlik ihtiyaçlarını karşılamak amaçlı acil hizmetlerinden (personel, ekipman, program, vb. destekler) oluşmaktadır.

Model yönetim çerçevesi, kuraklık koşullarının baş gösterdiği başlangıç sürecinden aylar-yıllar ölçeğinde devam edebilecek uzun süreli kuraklık süreçlerine, kuraklık koşullarını izleme, değerlendirme ve yönetmede yetkilendirilmiş teşekküllerden “Kızılırmak Havzası Havza Yönetim Heyeti”nin izleyeceği yol haritasını ortaya koymaktadır.

Kuraklık koşullarının ve kurak dönem etkilerinin izlenmesi sürekli takip edilmesi gereken uzun soluklu faaliyetlerdir; ve, HYH’nin koordinasyonunda gerçekleştirilir. Kuraklık kararının alınması aşamasında HYH, sorumlu kurum ve kuruluşların (TOB, SYGM, MGM, DSİ, AFAD, vd.) merkez ve taşra teşkilatlarındaki birimlere, uzmanlara, akademisyenlere görüş sorabilir ve teknik destek isteyebilir.

Tedbir alma ve müdahale etme süreçlerinde kuraklık koşullarına bağlı olarak HYH kurumlar arasındaki faaliyetleri koordine eder. HYH, sorumlu kurum ve kuruluşların yanı sıra diğer valiliklerinden de yardım ve görev talep edebilir.

Kuraklık etkilerinin ciddi bir şekilde hissedilmeye başlanması durumunda HYH, Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu’nun kararlarının doğrultusunda gerekli tedbirlerin uygulanmasında koordinasyonu sağlar.

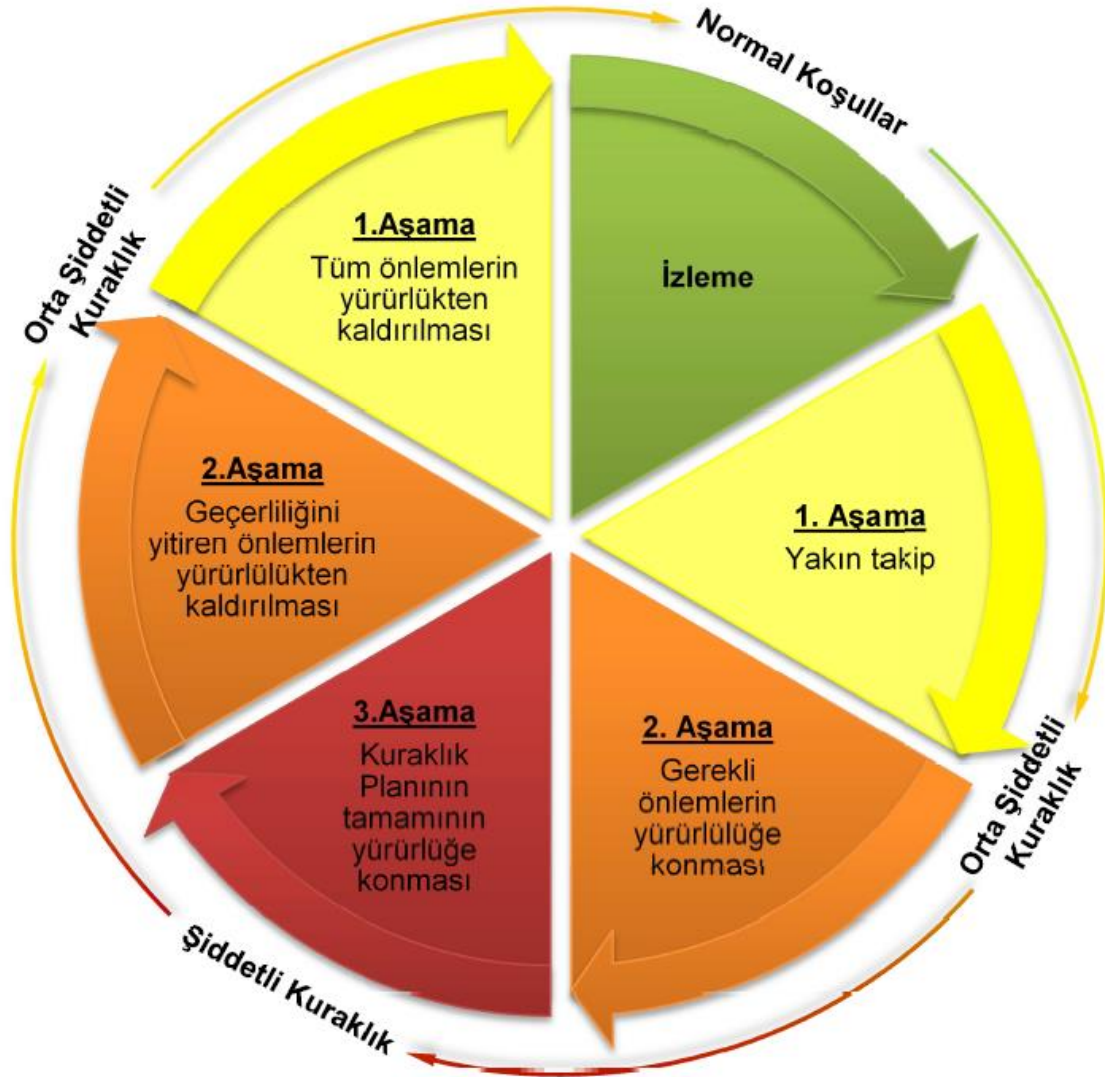
Kuraklık Yönetim Planı, kuraklık öncesi, esnası ve sonrasında gereken müdahaleyi sağlamak amacıyla kısmen veya tamamen uygulanabilir. Planda uygulanacak adımlar kuraklık şiddetine göre tanımlanmıştır; bu sebeple kuraklık şiddetinin izlenmesi gerekmektedir. Kuraklık izleme faaliyetleri Türkiye çapında MGM, havza çapında ise SYGM tarafından yürütülmektedir.

Kuraklık indis ve indikatörlerinin haricinde kuraklık sınıflandırmasının belirlenmesinde Üçüncü Ara Rapor kapsamında detaylandırılan Maruziyet Puanı da kullanılmıştır. Bu puanın diğer kuraklık indisleriyle birlikte veya tek başına değerlendirilmesi mümkündür.

Kuraklık seviyeleri için verilen eşik şiddetleri, Kızılırmak Havzası ve yakın civarındaki meteoroloji gözlem istasyonlarında 1971-2021 döneminde kaydedilen hidrometeorolojik veriler kullanılarak yapılan kuraklık analizleri ve tespit edilen kurak yılların Kızılırmak Havzası su ve toprak kaynakları ile su kullanan sektörleri üzerinde yarattığı baskı ve etkilerin değerlendirilmesi sonucu elde edilmiş ortalama bir değerdir. Bir başka ifadeyle, eşik şiddetleri, havzadaki kuraklığın genel çerçevesini ortaya koymaktadır. Herhangi bir indisin eşik şiddetini aşması durumunda bir üst seviyenin gerektirdiği tüm müdahale eylemlerin kısmen ya da tamamen devreye alınması gerektirdiğini ifade etmemektedir. Kurak şartların oluşup

oluşmadığı HYH'nce ya da HYH'nin görevlendireceği uzmanlarca değerlendirilmesi gerekmektedir. Gerekli görüldüğü takdirde uzmanlarca ileri düzey analiz yapılması da gerekli olabilir.

Müdahale seviyesinin belirlenmesinde kuraklığın başlangıç zamanı, oluştuğu yer, kapladığı alan, su temini başta olmak üzere kaynaklar ve sektörler üzerinde yarattığı baskılara dair değerlendirmeler ve uzman görüşlerine göre karar verilmelidir. Ayrıca diğer yerel ve ulusal düzeyde koordinasyon kurullarınca verilen kararlar göz önüne alınmalıdır. Havzanın farklı bölgelerinde farklı şiddetlerde kuraklıkların yaşanabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 5.1: Kuraklık Yönetimi Döngüsü

KAYNAKLAR

- Akbaş, A. (2014). Türkiye Üzerindeki Önemli Kurak Yıllar. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 101-118.
- Çorum Yayla Haber Gazetesi. (2013, 11 12). *Çorum'da Kuraklık 2013'te Zirve Yaptı*.
- Çorum Yayla Haber Gazetesi. (2021a, 05 26). *Çorum'da 250 bin Dönüm Tarım Arazisini Kuraklık Vurdu*. www.yaylahaber.com.tr/son-dakika/corum-da-250-bin-donum-tarim-arazisini-kuraklik-vurdu-. adresinden alındı
- Çorum Yayla Haber Gazetesi. (2021b, 06 13). *Çorum'daki Hatap Barajı Yaşanan Kuraklık Nedeniyle Kuruma Noktasına Geldi*. <https://www.yaylahaber.com.tr/son-dakika/corum-u-kuraklik-vurdu-iste-corum-da-kurakligin-boyutu-h129877.html>. adresinden alındı
- DSİ. (2018). *Kızılırmak Havzası Master Planı*. Ankara.
- Gupta, H. V., Kling, H., Yılmaz, K. K., & Martinez, G. F. (2016). Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modelling. *J. Hydrol.*, 377(1-2), 80-91.
- Hürriyet Gazetesi. (2001, 01 22). https://bigpara.hurriyet.com.tr/haberler/genel-haberler/turkiye-de-kuraklik-kroniklesiyor_ID352115/. www.hurriyet.com.tr. adresinden alındı
- Hürriyet Gazetesi. (2021, 05 31). *Kuraklık vurdu destek şart oldu*. <https://www.hurriyet.com.tr/yerel-haberler/ankara/kuraklik-vurdu-destek-sart-oldu-41822403>. adresinden alındı
- Kale Haber. (2014, 07 05). *Hububata Kuraklık Darbesi*. www.kalehaber.net. adresinden alındı
- Kastamonu Gazetesi. (2021a, 05 31). *Çeltikte Durum Vahim*. www.kastamonugazetesi.com.tr/celtikte-durum-vahim. adresinden alındı
- Kastamonu Gazetesi. (2021b, 05 31). *Sarımsak Üreticileri Endişeli*. www.kastamonugazetesi.com.tr/sarimsak-ureticileri-endiseli. adresinden alındı
- Kayseri Haber Gazetesi. (2020, 12 20). *Güneş'ten Kuraklık Uyarısı*. www.kayserihaber.com.tr/haber/gunesten_kuraklik_uyarisi-50564.html. adresinden alındı
- Kırşehir Arena Gazetesi. (2014, 08 05). *Dikkat Kuraklık*. www.kirsehirarenagazetesi.com. adresinden alındı
- Kırşehir Aşıkpasa Gazetesi. (2021, 05 24). *Çiftçiler Endişeli*. www.asikpasagazetesi.com/haber/7212711/ciftciler-endiseli. adresinden alındı
- Kırşehir Çiğdem Gazetesi. (2020, 12 07). <https://www.kirsehircigdem.com/ekonomi/kuraklik-ciddi-boyutlarda-h95457.html>. www.kirsehircigdem.com. adresinden alındı
- MGM. (2018). *2017 Yılı İklim Değerlendirme raporu*. Ankara: MGM.
- MGM. (2021, 08 31). *2020-2021 Su Yılı 10 Aylık Alansal Kümülatif Yağış Raporu (Temmuz 2021)*. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=k>. adresinden alındı
- Muskara Haber Gazetesi. (2014c, 06 02). *Kuraklık Dondan Çok Zarar Verdi*. www.muskarahaber.com.tr. adresinden alındı

- Su Hakkı Org. (2014, 03 16). *Sivas'ta Kuraklık Endişesi*. <https://www.suhakki.org/2014/03/sivasta-kuraklik-endisesi>. adresinden alındı
- SYGM. (2016). *İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi - Proje Nihai Raporu*. Ankara: Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- SYGM. (2016). *İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi- Proje Nihai Raporu*. Ankara: SYGM.
- Şimşek, O., Asar, M., & Şimşek, B. (2008). *2006–2007 TARIM YILININ KURAKLIK ANALİZİ*. 2021 tarihinde www.mgm.gov.tr. adresinden alındı
- Tarım TV. (2014, 01 14). *Aksaray'da Kuraklık Tehlikesi*. www.tarimtv.gov.tr/tr/video-detay/aksarayda-kuraklik-tehlike-3900. adresinden alındı
- TÜİK. (2022). *Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları*.
- Türkiye IX.Tarım Ekonomisi Kongresi. (2010). Türkiye’de İklim Değişikliğine Karşı Tarım Sektöründe Alınması Gereken Önlemler., (s. 956-963). Şanlıurfa.
- TZOB. (2018, 01 10). *Çiftçi yağış bekliyor....*. <http://ziraatodasi.org.tr/basin-odasi/haberler/ciftci-yagis-bekliyor>. adresinden alındı
- UNCCD. (1995). *The United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa*. Geneva: United Nations Environment Programme (UNEP).
- Yozgat Çamlık Gazetesi. (2021, 05 17). *Yozgat'ta Kuraklık Ürünleri Yaktı, Tarlalar Otlak Oldu*. www.yozgatchamlık.com/gundem/yozyat-ta-kuraklik-urunleri-yakti-tarlalar-otlak-oldu-h349303.html. adresinden alındı