



Bu proje Avrupa Birlięi ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.



TRB2 Bölgesi İklim Dirençlilięi Yol Haritası Kalitatif Analizler

GZFT Analizi

Van Gölü Kapalı Havzası Su Kaynakları Yönetimi

Doç.Dr. Erkan Dişli

18.08.2026



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İçindekiler

1	Giriş.....	3
2	Su Kaynakları Yönetimi Tematik Alanı	3
2.1	Tematik alanın Van Gölü Kapalı Havzası Açısından Önemi	3
2.2	P2R Yaklaşımı Çerçevesi.....	3
3	GZFT Analizi - Temel Kolaylaştırıcı Koşullar	5
3.1	Güçlü Yönler	5
3.2	Zayıf Yönler	5
3.3	Fırsatlar	6
3.4	Tehditler.....	7
3.5	Değerlendirme ve öneriler.....	7
4	Van Gölü Kapalı Havzası Olası İklim Tehlikelerine Dair Değerlendirmeler	9
5	Sonuç ve Değerlendirme	10
5.1	Önceliklendirme Sonuçları.....	10
6	Ekler	11
6.1	Kaynaklar.....	11

1 Giriş

Van Gölü Kapalı Havzası, Doğu Anadolu Bölgesi'nin güneyinde yer almakta olup yaklaşık 17.964 km² yüzölçümü ile Türkiye'nin en büyük kapalı havzasını oluşturmaktadır. Havza, Van Gölü'ne dökülen akarsuların su toplama alanlarını kapsamakta; hidrolojik bütünlük esas alınarak Kotur Çayı'nın yukarı havzası da değerlendirme alanı içerisinde yer almaktadır. Havza; Van, Bitlis ve Ağrı illerinin belirli bölümlerini kapsamaktadır.

Yaklaşık 3.713 km² yüzey alanına sahip Van Gölü, Türkiye'nin en büyük gölü olmasının yanı sıra dünyanın en büyük sodalı ve alkali gölleri arasında yer almaktadır. Kapalı havza özelliği nedeniyle su bütçesi yağış, yüzey akışı, yeraltı suyu beslenimi ve buharlaşma süreçleri tarafından belirlenmektedir. Bu özgün hidrolojik yapı, havzayı iklim değişikliği ve insan kaynaklı baskılara karşı hassas hâle getirmektedir.

Uzun yıllar ortalamalarına göre havzada yıllık ortalama yağış 474 mm, yıllık ortalama akım 95,32 m³/s, yıllık ortalama su verimi 6,25 L/s/km² ve akış katsayısı 0,42 olarak verilmiştir. Son yıllarda sıcaklık artışı, buharlaşmanın hızlanması ve yağış rejimindeki düzensizlikler su bütçesini olumsuz etkileyerek kuraklık ve su stresi risklerini artırmaktadır.

Havza; biyolojik çeşitlilik, tarımsal üretim, hayvancılık, balıkçılık, turizm, enerji üretimi ve kültürel miras açısından stratejik öneme sahiptir. İnci kefalı (Alburnus tarichi), Erçek, Nazik ve Aygır gölleri, Nemrut Kalderası ve diğer sulak alanlar önemli ekolojik değerler taşımaktadır.

Bununla birlikte iklim değişikliği, nüfus artışı, plansız kentleşme, tarımsal sulama taleplerinin artması, yeraltı sularının aşırı kullanımı ve evsel, endüstriyel ve tarımsal kirleticiler havza üzerindeki baskıları artırmaktadır. Kapalı havza özelliği nedeniyle kirleticilerin sistemden doğal yollarla uzaklaştırılamaması, su kalitesinin korunmasını su miktarı kadar kritik hâle getirmektedir.

Havza yönetimine ilişkin mevcut çalışmalar; yüzey ve yeraltı sularının miktar ve kalitesinin izlenmesi, kirlilik kaynaklarının belirlenmesi, çevresel altyapının değerlendirilmesi ve kısa, orta ve uzun vadeli yönetim stratejilerinin geliştirilmesini kapsamaktadır. 2013 yılında Van Gölü Havza Koruma Eylem Planı hazırlanmış ve Havza Yönetim Heyeti oluşturulmuştur.

Pathways2Resilience (P2R) yaklaşımı, mevcut havza yönetimini iklim değişikliğine uyum, dirençlilik, risk temelli planlama, veri odaklı karar verme, dijital izleme ve paydaş katılımı perspektifleriyle yeniden değerlendirmek için kullanılmıştır. Bu çalışma, Van Gölü Kapalı Havzası'nın güçlü ve zayıf yönleri ile fırsat ve tehditlerini GZFT yaklaşımıyla sistematik biçimde ortaya koymayı ve dirençlilik odaklı stratejik önceliklere temel oluşturmayı amaçlamaktadır.

2 Su Kaynakları Yönetimi Tematik Alanı

2.1 Tematik alanın Van Gölü Kapalı Havzası Açısından Önemi

Van Gölü Kapalı Havzası'nda su kaynakları yönetimi, iklim değişikliğinin etkileri ile nüfus, kentleşme, tarım ve kirlilik kaynaklı baskıların birlikte ele alınmasını gerektirmektedir. Havzanın kapalı hidrolojik yapısı, su miktarı ve su kalitesine ilişkin risklerin birbirinden bağımsız değerlendirilemeyeceğini göstermektedir.

Mevcut P2R değerlendirmesi; yönetim ve kurumsal koordinasyon, veri-izleme ve karar destek sistemleri, iklim riskleri, sürdürülebilir su yönetimi, finansman ve uygulama kapasitesi, toplum katılımı ve davranış değişikliği, doğa temelli çözümler ile dijital dönüşüm ve yenilikçilik bileşenlerini birlikte ele almaktadır.

2.2 P2R Yaklaşımı Çerçevesi

P2R yaklaşımı, iklim değişikliğinin oluşturduğu risklerin azaltılmasının ötesinde, doğal ve sosyo-ekonomik sistemlerin değişen iklim koşullarına uyum sağlayabilmesini ve uzun vadeli dirençlilik kapasitesinin artırılmasını hedefleyen bütüncül bir planlama yaklaşımıdır.

Van Gölü Kapalı Havzası açısından yaklaşım; veri yönetimi, yönetim, finansman, kurumsal kapasite, toplum katılımı, doğa temelli çözümler ve dijital araçların birlikte değerlendirilmesine dayanmaktadır.

- Yönetişim ve kurumsal koordinasyon
- Veri, izleme ve karar destek sistemleri
- İklim risklerinin değerlendirilmesi
- Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi

- Finansman ve uygulama kapasitesi
- Toplum katılımı ve davranış değişikliği
- Doğa temelli çözümler
- Dijital dönüşüm ve yenilikçi uygulamalar

3 GZFT Analizi - Temel Kolaylaştırıcı Koşullar

3.1 Güçlü Yönler

GÜÇLÜ YÖNLER	
Veri, bilgi ve teknoloji	<p>DSİ akım gözlem istasyonları, yeraltı suyu gözlem kuyuları ve su seviyesi ölçüm sistemleri ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü istasyonlarının bulunması.</p> <ul style="list-style-type: none"> Yüzey ve yeraltı suyu kalite izleme çalışmaları ile uzaktan algılama ve CBS uygulamalarının kullanılması. Uzun dönemli hidrolojik ve meteorolojik verilerin su bütçesi, kuraklık-taşkın izleme ve iklim değerlendirmelerinde kullanılabilmesi. Üniversiteler ve araştırma kuruluşları tarafından oluşturulmuş güçlü hidrolojik, hidrojeolojik, hidrojeokimyasal ve ekolojik bilgi birikimi.
Kurumsal kapasite, altyapı ve yetkinlikler	<p>DSİ, ilgili bakanlıklar, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, il özel idareleri, belediyeler, üniversiteler ve araştırma kuruluşlarından oluşan çok paydaşlı kurumsal yapının mevcut olması.</p> <ul style="list-style-type: none"> Su tahsisi, hidrolojik veri üretimi, su kalitesi, tarımsal sulama, meteorolojik izleme ve bilimsel araştırma alanlarında uzmanlaşmış kurumların bulunması. Havza Koruma Eylem Planları, Su Yönetim Planları ve benzeri planlama çalışmalarının mevcut olması.
Davranış değişikliği	<p>Kaynak dokümanında davranış değişikliğine ilişkin ayrı bir güçlü yön başlığı oluşturulmamıştır.</p> <ul style="list-style-type: none"> Su verimliliği ve paydaş katılımına ilişkin kapasite, raporun diğer bölümlerinde geliştirilmesi gereken alanlarla birlikte ele alınmaktadır.
Yenilikçilik ve stratejik öğrenme	<p>Uzaktan algılama, CBS, hidrolojik modelleme ve iklim projeksiyonları gibi ileri analiz yöntemlerinin kullanılması.</p> <ul style="list-style-type: none"> Üniversite-kamu iş birlikleri ve bilimsel projeler aracılığıyla bilgi üretimi ve karar destek kapasitesinin gelişmesi. Doğa temelli çözümler ve dijital su yönetiminin dirençlilik açısından değerlendirilebilir olması.
İklim Risk Analizlerinin Değerlendirilmesi	<p>Farklı su kaynaklarının birlikte bulunması kuraklık, yağış düzensizlikleri ve aşırı hidrolojik olaylara karşı uyum kapasitesini desteklemektedir.</p> <ul style="list-style-type: none"> Mevcut izleme altyapısı erken uyarı ve karar destek sistemlerinin geliştirilmesi için önemli bir başlangıç kapasitesi sunmaktadır. Bilimsel bilgi birikimi, iklim risklerinin ve farklı yönetim senaryolarının değerlendirilmesine imkân vermektedir.

3.2 Zayıf Yönler

ZAYIF YÖNLER	
Veri, bilgi ve teknoloji	<p>Su bütçesi çalışmalarının önemli bölümünün mevcut hidrolojik koşullar ve geçmiş dönem gözlemlerine dayanması; dinamik su bütçesi yaklaşımının yetersiz kalması.</p> <ul style="list-style-type: none"> Yeraltı suyu sistemlerine ilişkin güncel, güvenilir ve uzun dönemli verilerin eksikliği. Kurumlar arasında veri paylaşımının sınırlı olması ve izleme sistemlerinin büyük ölçüde bağımsız yürütülmesi. Su arzı, talebi ve iklim değişkenlerini birlikte değerlendiren sürekli güncellenen karar destek altyapısına ihtiyaç bulunması.
Kurumsal kapasite, altyapı ve yetkinlikler	<p>Çok aktörlü yapı içinde yetki ve sorumlulukların koordinasyonunda sorunlar yaşanabilmesi.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> İklim değişikliğine uyum planlarının uygulanması, izlenmesi ve değişen koşullara göre güncellenmesinde uygulama kapasitesinin geliştirilmesi gereği. Finansman ve uygulama kapasitesinin uzun vadeli dirençlilik hedeflerini karşılayacak biçimde güçlendirilmesi ihtiyacı.
Davranış değişikliği	<p>Su kullanım verimliliğinin düşük olması ve bilinçsiz sulama uygulamalarının devam etmesi.</p> <ul style="list-style-type: none"> Farklı sektörlerin su kullanım önceliklerinin ortak havza hedefleriyle yeterince bütünleştirilememesi. Su tasarrufu ve verimlilik uygulamalarının yaygınlaştırılması için teknik bilgi ve davranış değişikliği ihtiyacı.
Yenilikçilik stratejik öğrenme ve	<p>Gerçek zamanlı veri paylaşımı, otomatik izleme ve bütünlük karar destek platformlarının henüz yeterince geliştirilmemiş olması.</p> <ul style="list-style-type: none"> Pilot uygulamaların sonuçlarının düzenli izlenmesi ve öğrenilen derslerin karar alma süreçlerine aktarılmasına ihtiyaç bulunması. İklim uyum planlarının uygulama, izleme ve uyarılma kapasitesinin güçlendirilmesi gereği.
İklim Analizlerinin Değerlendirilmesi Risk	<p>Kuraklık, yağış rejimi değişikliği, kar örtüsünün azalması ve buharlaşma artışı su bütçesinde belirsizlik yaratmaktadır.</p> <ul style="list-style-type: none"> Su arzı ile artan tarımsal, kentsel ve sanayi su talebi arasındaki denge giderek daha karmaşık hâle gelmektedir. Su kalitesi üzerindeki kirlenici baskıları ve hidrolojik belirsizlikler dirençlilik kapasitesini sınırlamaktadır.

3.3 Fırsatlar

FIRSATLAR	
Veri, bilgi ve teknoloji	<p>Farklı kurumların verilerinin ortak platformlarda bütünleştirilmesi ve gerçek zamanlı veri paylaşımının geliştirilmesi.</p> <ul style="list-style-type: none"> Uzaktan algılama, CBS, hidrolojik modelleme ve dijital karar destek araçlarının yaygınlaştırılması. Kuraklık, taşkın ve su kalitesine yönelik erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi.
Kurumsal kapasite, altyapı ve yetkinlikler	<p>Entegre Su Kaynakları Yönetimi ile farklı kurum ve sektörlerin ortak karar alma süreçlerinde buluşturulması.</p> <ul style="list-style-type: none"> Üniversite-kamu iş birlikleri ile bilimsel kapasite ve uygulama gücünün birleştirilmesi. Ulusal ve uluslararası iklim finansmanı mekanizmalarının havza ihtiyaçlarına göre kullanılması.
Davranış değişikliği	<p>Su verimliliği uygulamalarının yaygınlaştırılması ve özellikle tarımsal sulamada teknik kapasitenin artırılması.</p> <ul style="list-style-type: none"> Paydaş katılımı ve toplumun su kaynaklarının korunmasına ilişkin farkındalığının güçlendirilmesi. Su kullanımında tasarruf ve verimlilik odaklı uygulamaların desteklenmesi.
Yenilikçilik stratejik öğrenme ve	<p>Dijital su yönetimi, otomatik izleme ve veri temelli karar destek sistemlerinin geliştirilmesi.</p> <ul style="list-style-type: none"> Doğa temelli çözümlerin havza yönetimine ve iklim uyum yatırımlarına entegre edilmesi. Üniversite-kamu-yerel yönetim iş birlikleriyle yenilikçi projelerin geliştirilmesi.

İklim Analizlerinin Değerlendirilmesi	Risk	<p>Entegre su yönetimi, su verimliliği yatırımları ve doğa temelli çözümlerle kuraklık ve su stresi risklerinin azaltılması.</p> <ul style="list-style-type: none"> İklim finansmanı ile dirençlilik yatırımlarının ölçeklendirilmesi. Erken uyarı ve dijital izleme kapasitesinin geliştirilmesi.
--	-------------	--

3.4 Tehditler

TEHDİTLER		
Veri, bilgi ve teknoloji		<p>Yağış, akım, yeraltı suyu, kar örtüsü ve buharlaşma değişkenlerindeki belirsizliklerin karar alma süreçlerini zorlaştırması.</p> <ul style="list-style-type: none"> Veri paylaşımı ve bütünsel izleme yetersizliklerinin erken uyarı ve uyum kapasitesini sınırlaması.
Kurumsal kapasite, altyapı ve yetkinlikler		<p>Kurumsal koordinasyon eksiklikleri ve finansman yetersizliklerinin uyum yatırımlarını sınırlayabilmesi.</p> <ul style="list-style-type: none"> Nüfus artışı, kentleşme ve sektörel gelişmelerin su talebi üzerindeki baskıyı artırması. İklim uyum planlarının uygulama kapasitesinin yetersiz kalması durumunda dirençlilik hedeflerinin aksaması.
Davranış değişikliği		<p>Tarımsal sulama, kentsel kullanım ve diğer sektörlerde artan su talebinin tasarruf ve verimlilik hedefleriyle çelişebilmesi.</p> <ul style="list-style-type: none"> Yeraltı suyu ve diğer kaynakların aşırı kullanımının sürmesi hâlinde su güvenliği riskinin büyümesi.
Yenilikçilik stratejik öğrenme	ve	<p>Değişen iklim koşullarına uyarlanabilir ve esnek yönetim mekanizmalarının yeterince geliştirilememesi.</p> <ul style="list-style-type: none"> Uzun vadeli ve bütünsel uyum yatırımlarının finansman yetersizlikleri nedeniyle gecikmesi.
İklim Analizlerinin Değerlendirilmesi	Risk	<p>Kuraklık sıklığındaki artış ve su stresinin derinleşmesi.</p> <ul style="list-style-type: none"> Kar örtüsünün azalması ve kar erime zamanlarının değişmesi. Yeraltı suyunun aşırı kullanımı, su kalitesinde bozulma ve hidrolojik belirsizliklerin artması. Artan su talebi ile su arzı arasındaki dengenin bozulması.

3.5 Değerlendirme ve öneriler

Veri, bilgi ve teknoloji	
Mevcut durum	<ul style="list-style-type: none"> DSİ ve Meteoroloji başta olmak üzere önemli bir gözlem ve veri altyapısı bulunmaktadır; ancak veriler farklı kurumlarda dağınık tutulabilmektedir.
Boşluklar, ihtiyaçlar	<ul style="list-style-type: none"> Dinamik su bütçesi, ortak veri platformu, kurumlar arası veri paylaşımı, gerçek zamanlı izleme ve karar destek sistemleri güçlendirilmelidir.
Fırsatlar	<ul style="list-style-type: none"> Uzaktan algılama, CBS, hidrolojik modelleme ve dijital teknolojiler kullanılarak kuraklık, taşkın ve su kalitesi için erken uyarı kapasitesi geliştirilebilir.
Kurumsal kapasite, altyapı ve yetkinlikler	
Mevcut durum	<ul style="list-style-type: none"> Çok paydaşlı kurumsal yapı ve mevcut havza planları önemli bir başlangıç

	kapasitesidir.
Boşluklar, ihtiyaçlar	<ul style="list-style-type: none"> Yetki ve sorumlulukların koordinasyonu, uygulama ve izleme kapasitesi ile uzun vadeli finansman güçlendirilmelidir.
Fırsatlar	<ul style="list-style-type: none"> Entegre su yönetimi, üniversite-kamu iş birlikleri ve ulusal/uluslararası iklim finansmanı kapasiteyi artırabilir.
Davranış değişikliği	
Mevcut durum	<ul style="list-style-type: none"> Kaynak dokümanda davranış boyutu daha çok su kullanım verimliliği, bilinçsiz sulama ve paydaş katılımı üzerinden ele alınmaktadır.
Boşluklar, ihtiyaçlar	<ul style="list-style-type: none"> Su tasarrufu, verimli sulama ve farklı sektörlerin su kullanım önceliklerinin bütünleştirilmesine yönelik davranış değişikliği programları gereklidir.
Fırsatlar	<ul style="list-style-type: none"> Su verimliliği yatırımları ve paydaş katılımı, teknik uygulamalarla birlikte davranış değişimini destekleyebilir.
Yenilikçilik ve stratejik öğrenme	
Mevcut durum	<ul style="list-style-type: none"> İleri analiz yöntemleri, bilimsel projeler ve üniversite-kamu iş birlikleri önemli bir kapasite sunmaktadır.
Boşluklar, ihtiyaçlar	<ul style="list-style-type: none"> Gerçek zamanlı izleme, otomatik sistemler, pilot uygulamalar ve izleme-değerlendirme mekanizmaları yaygınlaştırılmalıdır.
Fırsatlar	<ul style="list-style-type: none"> Dijital su yönetimi, doğa temelli çözümler ve üniversite-kamu-yerel yönetim ortaklıkları yenilikçi uygulamaları güçlendirebilir.

4 Van Gölü Kapalı Havzası Olası İklim Tehlikelerine Dair Değerlendirmeler

Tematik Alan: Su Kaynakları Yönetimi

İklim Tehlikesi	Geçmiş	Muhtemel	Çözüm
Kuraklık	Kuraklık sıklık ve şiddetinde artış; su bütçesi üzerindeki baskı.	Yağış rejimi değişikliği, buharlaşma artışı ve su stresinin derinleşmesi.	Dinamik su bütçesi, entegre su yönetimi, su verimliliği ve erken uyarı sistemleri.
Kar örtüsünün azalması	Kar örtüsünde azalma ve kar erime zamanlarının değişmesi.	İlkbahar-yaz dönemlerinde su arzının azalması ve kuraklık riskinin artması.	Kar örtüsü izleme, hidrolojik modelleme ve su bütçesinin dinamik güncellenmesi.
Artan su talebi ve yeraltı suyu baskısı	Nüfus artışı, kentleşme, tarımsal sulama ve diğer kullanımlar su talebini artırmakta; yeraltı suyu çekimleri baskı oluşturmaktadır.	Su arzı-talep dengesinin bozulması, yeraltı suyu seviyelerinde düşüş ve su güvenliği riskinin artması.	Su verimliliği yatırımları, kullanım önceliklerinin belirlenmesi, yeraltı suyu izleme ve çekimlerin kontrolü.
Su kalitesinde bozulma	Evsel, endüstriyel ve tarımsal kirletici baskılar mevcut durumun önemli riskleridir.	Kirlilik yüklerinin artması, ötrofikasyon, ağır metal/nitrat ve mikrobiyolojik risklerin büyümesi.	Kirlilik kontrolü, kaynakların korunması, atıksu yönetimi ve bütünsel izleme.
Hidrolojik belirsizlikler	Yağış ve akım değişkenliği ile ekstrem olaylara ilişkin belirsizlikler bulunmaktadır.	Planlama ve yatırım kararlarında belirsizliğin artması; esnek olmayan yönetim modellerinin kırılma riski.	Uyarlanabilir yönetim, senaryo analizi, erken uyarı ve sürekli izleme.

5 Sonuç ve Değerlendirme

Van Gölü Kapalı Havzası, zengin hidrolojik ve ekolojik kaynakları, mevcut gözlem altyapısı, bilimsel bilgi birikimi ve çok paydaşlı kurumsal yapısı sayesinde iklim değişikliğine uyum açısından önemli bir başlangıç kapasitesine sahiptir.

Buna karşılık dinamik su bütçesi yönetiminin yetersizliği, yeraltı suyu verilerindeki eksiklikler, kurumlar arası veri paylaşımının sınırlılığı, düşük su kullanım verimliliği, su kalitesi üzerindeki baskılar ve uygulama/finansman kapasitesi havzanın dirençliliğini sınırlayan başlıca zayıflıklardır.

P2R perspektifinden öne çıkan yaklaşım; veri ve izleme altyapısının bütünleştirilmesi, entegre su kaynakları yönetiminin güçlendirilmesi, su verimliliğinin artırılması, yeraltı suyu ve su kalitesinin korunması, doğa temelli çözümlerin yaygınlaştırılması, dijital su yönetiminin geliştirilmesi ve kurumlar arası koordinasyonun güçlendirilmesidir.

5.1 Önceliklendirme Sonuçları

Kaynak dokümanda ayrı bir katılımcı oylamasıyla üç öncelik listesi verilmemiştir. Aşağıdaki başlıklar, raporda tekrarlanan ihtiyaç ve öneriler esas alınarak öncelikli müdahale alanları olarak düzenlenmiştir.

Öncelik	Sorumlu Kurumlar	Destekleyici Kurumlar
Entegre veri, izleme ve dinamik su bütçesi sisteminin güçlendirilmesi	DSİ, Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve ilgili kamu kurumları	Belediyeler, üniversiteler, araştırma kuruluşları ve diğer havza paydaşları
Su verimliliği ve yeraltı suyu yönetiminin güçlendirilmesi	Tarım ve Orman Bakanlığı, DSİ ve yerel yönetimler	Üniversiteler, sulama birlikleri/kooperatifler ve su kullanıcıları
Havza yönetişimi, iklim finansmanı ve dirençlilik uygulamalarının güçlendirilmesi	İlgili bakanlıklar, valilikler, belediyeler ve havza yönetimi paydaşları	Üniversiteler, araştırma kuruluşları ve ulusal/uluslararası finansman mekanizmaları

6 Ekler

6.1 Kaynaklar

- Adıyaman, M. A. (2026). Van Gölü Havzasının Ekolojik Geleceği Üzerine Etik-Politik Bir Perspektif. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Vangölü Havzası Özel Sayısı (2), 246-258. <https://doi.org/10.53568/yyusbed.1678756>
- Kocabaş, H. M., Mut, R., Karakelle, E., & Kivilcim, M. (2025). İklim Değişikliğine Uyum Bağlamında Su Yönetiminde Güncel Yaklaşımlar: Hollanda, İspanya ve Çin Halk Cumhuriyeti Örneklerinin İncelenmesi. JENAS Journal of Environmental and Natural Studies, 7(2), 142-169.
- Koyuncu, B., Karakılçık, Y. (2018). Van Gölü Havzasının Yönetiminden Sorumlu Olan Paydaşlar. Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 4(2), 20-36. <https://doi.org/10.29131/uiibd.483101>
- Koyuncu, B., & Karakılçık, Y. (2019). Van Gölü Havzasının Yönetimsel Sorunları Üzerine Teorik Bir İnceleme Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 11(27), 170-187. <https://doi.org/10.20875/makusobed.515600>
- Selçuk, S. F., & Cebeci, M. S. (2025). Yukarı Kızılırmak Havzasında Hidrolojik Kuraklık Eğilimleri: SSP2 ve SSP5 Senaryolarının Karşılaştırılması. Artvin Çoruh Üniversitesi Mühendislik Ve Fen Bilimleri Dergisi, 3(1), 16-28. <https://izlik.org/JA89UC45LX>
- Şirin, U., Karaman, S., Tüfenkçi, S. (2019). Application of Totaliter Basin Management System in Van Lake Basin. Turkish Journal of Agriculture -Food Science and Technology, 7(sp3): 17-22.
- Tekoğul, H. (2023). Investigation of Fisheries Production in Van Province Between 2000-2021. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 11(7): 1245-1252.
- Tulan Işıldar, H., & Yalçın Ercoşkun, Ö. (2021). Göller Yöresinde Sürdürülebilirlik ve Dirençlilik. Journal of Management Theory and Practices Research, 2(2), 89-116. <https://izlik.org/JA83NL99EA>
- Reçber, Z., & Safa, M. (2025). Su Ekosistemleri ve İklim Değişikliği: Entegre Bir Yaklaşımla Etkilerin Değerlendirilmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 30(3), 1166-1187. <https://doi.org/10.53433/yyufbed.1747095>

MASA 3 – SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ

ORTAK DEĞERLENDİRME: Bitlis, Van ve Muş illerinin ortak doğal değeri Van Gölü'dür. Havza; su kaynakları, doğa ve turizm bakımından stratejik öneme sahiptir.

EN ÖNEMLİ HUSUSLAR;

1. Su ve alternatif su kaynakları,
2. İçmesuyu kaynaklarının mutlak koruma alanı ilan edilmesi,
3. 13 dere için kıyı temizliği yapılması,
4. Yağmur suyu hasadı yapılması,
5. Uygun bitki (az su tüketimi olan bitkiler) yetiştiriciliği yapılmasıdır.

GÜÇLÜ YÖNLER

DEĞERLENDİRME ALANI	TESPİTLER
Veri, bilgi ve teknoloji	<ul style="list-style-type: none">• DSİ gözlem istasyonları, tali gözlem istasyonları ve taşkın erken uyarı sistemleri bulunmaktadır; veriler yedeklenmekte, değerlendirilmekte ve raporlanmaktadır.• DSİ'nin 2021 yılı verilerine erişim sağlanabilmektedir; sonraki yıllara ait veriler ücret karşılığında temin edilebilmektedir.• Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği birimlerince SAİS ve SEÖS verileri alınarak Bakanlığa iletilmektedir.• Meteoroloji 14. Bölge Müdürlüğü; Van, Muş, Bitlis ve Hakkâri'de istasyon işletmekte, merkez istasyonlara ait yaklaşık 30 yıllık veri arşivini bulundurmakta ve kamu kurumlarına ücretsiz veri sağlamaktadır.• Köylerde yeni meteoroloji istasyonlarının kurulmasına başlanmıştır.
Kurumsal kapasite ve yetkinlikler	<ul style="list-style-type: none">• Bahçesaray Müküs Çayı ve Çatak Bilgi Köyü alternatif içme suyu master plan çalışması başlatılmış ve ihalesi yapılmıştır.• DSİ bünyesinde İklim Modelleme/Havza Şube Müdürlüğü kurulmuş, çalışmalar devam etmektedir.• Regülatörler ve sulama sistemleri mevcut olup CBS aktif şekilde kullanılmaktadır.• Karayolları tarafından Bahçesaray Tüneli Projesi hazırlanmıştır.• Çimento fabrikasında karbon ayak izi ve sera gazı salımı eğitimleri alınmış; karbon ayak izi ve emisyon hesaplamaları yapılmıştır.
Davranış değişikliği	<ul style="list-style-type: none">• Su tasarrufu alışkanlıklarını geliştirmeye yönelik bilinçlendirme faaliyetleri yürütülmesi gerekmektedir.• Akıllı musluk uygulamaları ve atık depolama alanları bulunması gerekmektedir.• Yerel yönetimlerin su kaynaklarının ve çevrenin korunmasına ilişkin sorumlulukları tanınması gerekmektedir.• Dere yatakları, göl çevresi ve piknik alanlarına yönelik farkındalık çalışmaları için uygulama alanları bulunması gerekmektedir.• Kamu kurumlarında geri dönüşüm odaklı projeler ve dijital dönüşüm videoları uygulanması gerekmektedir.• Kurumlar arası veri paylaşım eksikliği giderilmelidir.
Yenilikçilik ve stratejik öğrenme	<ul style="list-style-type: none">• Van Gölü Havza Koruma Eylem Planı bulunmaktadır.• Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğünce Sıfır Atık Projesi yürütülmektedir.• Çimento fabrikasında alternatif yakıt kullanımına dayalı karbon azaltım projesi yürütülmektedir.• Cumhurbaşkanlığı koordinasyonunda iklim değişikliği eğitimleri gerçekleştirilmektedir. (E- devlet üzerinden)
İklim risk analizlerinin değerlendirilmesi	<ul style="list-style-type: none">• Erken uyarı sistemlerinin bulunması.• Acil eylem planlarının bulunması.• İl Afet Risk Azaltma Planı'nın (İRAP) bulunması.

ZAYIF YÖNLER

DEĞERLENDİRME ALANI	TESPİTLER
Veri, bilgi ve teknoloji	<ul style="list-style-type: none">Dijitalleşme ve uydu verilerinden yararlanma düzeyi yetersizdir.Geçmişte yaşanan güvenlik sorunları saha gözlemlerini ve veri sürekliliğini olumsuz etkilemiştir.Kurumlarda uzman personel eksikliği bulunmaktadır.Kurumlarda bütçe ve istasyon ağı yetersizlikleri mevcuttur.Veri erişim düzeyi henüz istenen kolaylık ve bütünlükte değildir.
Kurumsal kapasite ve yetkinlikler	<ul style="list-style-type: none">CBS verilerinin sisteme girişi çoğunlukla ihale süreçleri tamamlandıktan sonra yapılmakta, bu durum veri güncellemeyi geciktirmektedir.Meteoroloji bünyesinde İklim Değişikliği Başkanlığı kurulmuş olmakla birlikte bölgesel kurumlarla koordinasyon eksikliği bulunmaktadır.Yapay zekâ alanında uzman personel ihtiyacı bulunmaktadır.Personelin uzmanlık alanıyla uyumlu görevlerde çalıştırılmaması kurumsal verimliliği azaltmaktadır.Bejingir hattındaki kayıp-kaçaklar ile sulama ve içme suyu altyapısının yenilenme ihtiyacı önemli bir kapasite açığıdır.
Davranış değişikliği	<ul style="list-style-type: none">Sistemsel eksiklikler, personel yetersizliği ve eğitim eksikliği davranış değişikliğini sınırlandırmaktadır.İklim değişikliğinin nedenleri ve etkileri toplumda ve kurumlarda yeterince bilinmemektedir.Bilinçsiz su tüketimi ve doğal kaynakların korunmasına ilişkin farkındalık eksikliği sürmektedir.
Yenilikçilik ve stratejik öğrenme	<ul style="list-style-type: none">Kurumlar arası iş birliği ve veri paylaşımı yetersizdir.Yeni uygulamaların izlenmesi, değerlendirilmesi ve sonuçların karar alma süreçlerine aktarılması için kurumsallaşmış mekanizmalar yetersizdir.
İklim risk analizlerinin değerlendirilmesi	<ul style="list-style-type: none">İklim risklerine ilişkin veri eksikliği ve kurumlar arası koordinasyon yetersizliği bulunmaktadır.Risk analizi ve müdahale için yeterli sayıda teknik personel bulunmamaktadır.Saha çalışmaları ve afet müdahalesi için ekipman yetersizliği bulunmaktadır.

FIRSATLAR

DEĞERLENDİRME ALANI	TESPİTLER
Veri, bilgi ve teknoloji	<ul style="list-style-type: none">DSİ'nin mevcut 13 taşkın erken uyarı sistemine 14 sistemin daha eklenmesi beklenmekte; ayrıca 46 yeni sistem kurulması planlanmaktadır.Tali gözlem istasyonlarının geliştirilmesi ve su potansiyelinin belirlenmesine yönelik çalışmaların artırılması mümkündür.Kurumlar arası ortak veri üretimi ve paylaşımının geliştirilmesi önemli bir fırsattır.Dijitalleşme ve yapay zekâ uygulamalarıyla zaman ve personel maliyetlerinin azaltılması mümkündür.
Kurumsal kapasite ve yetkinlikler	<ul style="list-style-type: none">Buharlaştırma kayıplarını azaltmaya yönelik DSİ çalışmalarının geliştirilmesi.Yenilenebilir enerji kaynakları (RES ve GES) yatırımlarının artırılması. (Vaski GES yatırımı yaptı.)Bölgeye benzer iklim koşullarına sahip ülkelerle koordinasyon kurularak yurt dışı eğitim programlarının gerçekleştirilmesi.Sulama ve içme suyu altyapısının yenilenmesi.Kısa, orta ve uzun vadeli su projeksiyonlarının hazırlanması.Alternatif su kaynaklarının araştırılması ve yağmur suyu hasadı uygulamalarının yaygınlaştırılması.
Davranış değişikliği	<ul style="list-style-type: none">Dijitalleşme süreci; eğitim, zaman ve ekonomik verimlilik açısından önemli bir fırsattır.Sıfır atık ve su tasarrufu eğitimlerinin yaygınlaştırılması.Su ve iklim değişikliği konularının okul müfredatına ders/tema olarak eklenmesi.Az su tüketen uygun bitki türlerinin yetiştiriciliğinin teşvik edilmesi.Kaçak su kullanımının önlenmesine yönelik denetim ve bilinçlendirme çalışmalarının ivedilikle artırılması.
Yenilikçilik ve stratejik öğrenme	<ul style="list-style-type: none">Kurumlar arasında ortak iklim ve su yönetimi projelerinin oluşturulması.Kurum personeline düzenli eğitimler verilmesi ve bilgi-deneyim paylaşımının güçlendirilmesi.Yapay zekâ destekli analiz ve karar alma araçlarının kurumsal süreçlere dahil edilmesi.
İklim risk analizlerinin değerlendirilmesi	<ul style="list-style-type: none">İklim ve afet konusunda bilinçli ve deneyimli personelin bulunması.Bitlis, Van ve Muş'un ortak değeri olan Van Gölü çevresinde su, doğa ve turizm odaklı bütünsel yönetim geliştirilebilmesi.Van Gölü'ne ulaşan 13 derede kıyı ve dere temizliği yapılması.İçme suyu kaynaklarının mutlak koruma alanlarının belirlenmesi ve ilan edilmesi.

TEHDİTLER

DEĞERLENDİRME ALANI	TESPİTLER
Veri, bilgi ve teknoloji	<ul style="list-style-type: none">Taşkın erken uyarı sistemlerinin güncellenmemesi; yapay ağ, uydu ve haberleşme sistemlerinin kurulmaması hâlinde afetlere müdahale kapasitesi zayıflayacaktır.Afet eylem planlarının hazırlanmaması veya güncellenmemesi ciddi can, mal ve altyapı kayıplarına yol açabilir.Veri toplama ve paylaşımının kısıtlı olması, iklim risklerinin doğru değerlendirilmesini engelleyebilir.
Kurumsal kapasite ve yetkinlikler	<ul style="list-style-type: none">Kamu yatırımlarının yetersiz kalması.Kurumsal kapasite ve teknik yapının güçlendirilmemesi.Çevresel atıklara yönelik idari ve cezai yaptırımların yetersiz uygulanması.Doğa ve su kaynaklarının korunmasına ilişkin mevzuatın/yaptırımların yetersiz kalması.
Davranış değişikliği	<ul style="list-style-type: none">Bilinçsiz su tüketiminin devam etmesi.Ekonomik krizler ve finansman yetersizliklerinin uyum yatırımlarını ve davranış değişikliğini geciktirmesi.Teknolojiye uyum sağlayamayan personelin kurumsal dönüşümü yavaşlatması ve deneyimli personelden yararlanılmaması.Dijitalleşme ve yeşil dönüşüm süreçlerinin dışında kalınması.
Yenilikçilik ve stratejik öğrenme	<ul style="list-style-type: none">Ulusal ve uluslararası hibe, proje ve desteklerin alınmaması.Bilgi ve deneyim paylaşımının kurumsallaşamaması.Kurumlar arası ortak çalışma kültürünün gelişmemesi.
İklim risk analizlerinin değerlendirilmesi	<ul style="list-style-type: none">Van Gölü'nün kapalı havza olması nedeniyle kirlilik ve su dengesi açısından yüksek risk taşıması.Aşırı ve ani yağışların sel, taşkın ve diğer doğal afetlere yol açması.Mevsim dışı yağışların tarımsal verimlilik ve üretim planlamasında kayıplara neden olması.Kuraklık, sıcak hava dalgaları ve yoğun kar yağışlarının su temini, altyapı ve ekonomik faaliyetler üzerindeki baskısının artması.

6. EKLER

EK RAPOR

DOÇ. DR. ERKAN DIŞLI_

VAN GÖLÜ KAPALI HAVZASI SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ GZFT ANALİZİNİN P2R PERSPEKTİFİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

P2R (Pathways2Resilience) Tematik Çalışma Grubu Teknik Değerlendirme Raporu

1. Giriş

Van Gölü Kapalı Havzası, Doğu Anadolu Bölgesi'nin güneyinde yer almakta olup yaklaşık 17.964 km² yüzölçümü ile Türkiye'nin en büyük kapalı havzasını oluşturmaktadır. Havza, Van Gölü'ne dökülen tüm akarsuların su toplama alanlarını kapsamakta; hidrolojik bütünlük esas alınarak Aras Nehri'ne katılan Kotur Çayı'nın yukarı havzası da değerlendirme alanı içerisinde yer almaktadır. Havza; Van, Bitlis ve Ağrı illerinin belirli bölümlerini kapsamakta olup, hidrolojik, ekolojik ve sosyoekonomik özellikleriyle Doğu Anadolu'nun en önemli doğal sistemlerinden birini oluşturmaktadır.

Yaklaşık 3.713 km² yüzey alanına sahip Van Gölü, Türkiye'nin en büyük gölü olmasının yanı sıra dünyanın en büyük sodalı ve alkali gölleri arasında yer almaktadır. Kapalı havza özelliği nedeniyle göle ulaşan suların denizlere veya başka su sistemlerine doğal çıkışı bulunmamakta; havzanın su bütçesi yağış, yüzey akışı, yeraltı suyu beslenimi ve buharlaşma süreçleri tarafından belirlenmektedir. Bu özgün hidrolojik yapı, havzayı iklim değişikliği ve insan kaynaklı baskılara karşı oldukça hassas hale getirmektedir.

Uzun yıllar ortalamalarına göre havzada yıllık ortalama yağış 474 mm, yıllık ortalama akım ise 95,32 m³/s'dir. Havzanın yıllık ortalama su verimi 6,25 L/s/km², akış katsayısı 0,42 ve iştirak oranı %1,64 olarak hesaplanmıştır. Bu göstergeler, su potansiyelinin büyük ölçüde iklim koşullarına bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Son yıllarda sıcaklıkların artması, buharlaşmanın hızlanması ve yağış rejimindeki düzensizlikler havzanın su bütçesini olumsuz etkilemekte; kuraklık ve su stresi riskini giderek artırmaktadır.

Van Gölü Kapalı Havzası yalnızca su kaynakları bakımından değil, biyolojik çeşitlilik, tarımsal üretim, hayvancılık, balıkçılık, turizm, enerji üretimi ve kültürel miras açısından da ulusal ölçekte stratejik öneme sahiptir. Dünyada yalnızca bu havzada yaşayan inci kefali (*Alburnus tarichi*), Van Gölü ekosisteminin en önemli endemik türlerinden biridir. Ayrıca Erçek Gölü, Nazik Gölü, Aygır Gölü, Nemrut Kalderası ve çok sayıda sulak alan; göçmen kuşlar ile birçok endemik bitki ve hayvan türü için kritik yaşam alanları oluşturmaktadır. Bu özellikleriyle havza, ekosistem hizmetlerinin korunması, biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği ve doğa temelli kalkınma politikaları açısından ulusal ve uluslararası ölçekte önemli bir konuma sahiptir.

Bununla birlikte havza; iklim değışiklięi, hızlı nüfus artışı, plansız kentleşme, tarımsal sulama taleplerinin artması, yeraltı sularının aşırı kullanımı ile evsel, endüstriyel ve tarımsal kaynaklı kirleticilerin oluşturduğu baskılar nedeniyle giderek artan çevresel risklerle karşı karşıyadır. Kapalı havza özellięi nedeniyle göle ulaşan kirleticilerin sistemden doğal yollarla uzaklaştırılamaması, su kalitesinin korunmasını daha da kritik hale getirmektedir. Bu nedenle havzada su miktarının yanı sıra su kalitesinin korunması da sürdürülebilir su yönetiminin temel öncelikleri arasında yer almaktadır.

Havza Yönetimi, Mevcut Durum ve P2R Yaklaşımı

Van Gölü Kapalı Havzası'nda su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir yönetiminin sağlanmasına yönelik olarak son yıllarda kapsamlı çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalar kapsamında yüzey suları, yeraltı suları ve kıyı sularının miktarı ile fiziksel, kimyasal ve ekolojik özellikleri ayrıntılı olarak değerlendirilmiş; su kalitesi, kirlilik durumu ve kirleticiler kaynaklar belirlenmiştir. Ayrıca kentsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerin su kaynakları üzerindeki etkileri analiz edilmiş, havzanın su kullanım potansiyeli değerlendirilmiş ve havza ölçeğinde su kalitesi haritaları hazırlanmıştır. Bunun yanında çevresel altyapının mevcut durumu ortaya konularak su kaynaklarının korunması, kirliliğin azaltılması ve sürdürülebilir kullanımına yönelik kısa, orta ve uzun vadeli yönetim stratejileri geliştirilmiştir.

Bu çalışmaların sonucunda 2013 yılında Van Gölü Havza Koruma Eylem Planı (HKEP) hazırlanmış ve aynı yıl oluşturulan Havza Yönetim Heyeti aracılığıyla plan kapsamında belirlenen faaliyetlerin uygulanması, kurumlar arası koordinasyonun sağlanması ve havza yönetim sürecinin izlenmesine yönelik kurumsal bir yapı oluşturulmuştur. Kamu kurumları, yerel yönetimler, üniversiteler ve diğer paydaşların katılımıyla yürütölen bu yapı, bütünleşik havza yönetimi anlayışının geliştirilmesi açısından önemli bir yönetim mekanizması oluşturmuştur.

Ancak son yıllarda iklim değışiklięinin etkilerinin belirginleşmesi, kuraklık olaylarının sıklık ve şiddetindeki artış, su talebinin yükselmesi ve su kaynakları üzerindeki çevresel baskıların çeşitlenmesi, mevcut yönetim yaklaşımının günümüz koşulları doğrultusunda yeniden değerlendirilmesini zorunlu hâle getirmiştir. Günümüzde havza yönetiminde yalnızca su kaynaklarının korunması yeterli görölmemekte; iklim değışiklięine uyum, dirençlilik (resilience), risk temelli planlama, veri odaklı karar verme, dijital izleme sistemleri ve paydaş katılımı gibi bileşenler sürdürülebilir yönetimin temel unsurları olarak kabul edilmektedir.

Bu kapsamda Avrupa Birlięi tarafından geliştirilen Pathways2Resilience (P2R) yaklaşımı, bölgelerin iklim değışiklięine karşı dirençlilik düzeylerini değerlendirmeyi ve uyum kapasitelerini artırmayı amaçlayan bütünleşik bir planlama çerçevesi sunmaktadır. P2R yaklaşımı; iklim risklerinin belirlenmesi, kırılganlıkların değerlendirilmesi, yönetim kapasitesinin güçlendirilmesi, veri temelli karar alma süreçlerinin geliştirilmesi, paydaş katılımının artırılması ve uygulanabilir uyum stratejilerinin oluşturulması gibi temel bileşenleri içermektedir. Böylece yalnızca mevcut sorunların tanımlanmasına deęil, aynı zamanda gelecekte ortaya çıkabilecek iklim kaynaklı risklere karşı proaktif ve uyarlanabilir yönetim mekanizmalarının geliştirilmesine de olanak sağlamaktadır.

Van Gölü Kapalı Havzası'nda hâlen çok sayıda kurum ve kuruluş su yönetimine ilişkin görev ve sorumluluk üstlenmektedir. Bununla birlikte, çok aktörlü yönetim yapısı zaman zaman yetki çakışmaları, kurumsal koordinasyon eksiklikleri, veri paylaşımındaki yetersizlikler ve uygulama süreçlerindeki farklılıklar nedeniyle yönetim etkinliğini sınırlandırmaktadır. Ayrıca artan su talebi, yanlış arazi kullanımı, plansız kentleşme, bilinçsiz sulama uygulamaları, yayılı kirlilik ve iklim değişikliğinin etkileri havza üzerindeki baskıları giderek artırmaktadır. Bu nedenle gelecekte uygulanacak havza yönetim modellerinin yalnızca mevcut sorunlara çözüm üretmesi değil, aynı zamanda değişen iklim koşullarına uyum sağlayabilen, veri odaklı, katılımcı, esnek ve dirençli bir yönetim anlayışını benimsemesi gerekmektedir.

Bu çalışma, mevcut Havza Koruma Eylem Planı'nı iklim değişikliğine uyum ve dirençlilik perspektifiyle yeniden değerlendiren, P2R metodolojisini GZFT (SWOT) analizi ile bütünleştirerek Van Gölü Kapalı Havzası'nın güçlü ve zayıf yönlerini, karşı karşıya bulunduğu fırsat ve tehditleri sistematik olarak ortaya koyan ilk kapsamlı değerlendirmelerden biridir. Bu yönüyle çalışma, yalnızca mevcut durumun analizini sunmakla kalmamakta; havzanın iklim değişikliğine uyum kapasitesini artırmaya yönelik stratejik öncelikleri belirleyerek gelecekte hazırlanacak dirençlilik eylem planları ve havza yönetim politikaları için bilimsel bir karar destek çerçevesi ortaya koymaktadır.

Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışma, Van Gölü Kapalı Havzası'nın iklim değişikliğine karşı mevcut dirençlilik düzeyini değerlendirmek ve gelecekte karşılaşılabileceği çevresel, kurumsal ve sosyoekonomik riskleri bütüncül bir yaklaşımla analiz etmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu kapsamda, Avrupa Birliği tarafından geliştirilen **Pathways2Resilience (P2R)** metodolojisi temel alınarak havzanın güçlü ve zayıf yönleri ile karşı karşıya bulunduğu fırsatlar ve tehditler GZFT (SWOT) analizi çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Çalışmada havzanın doğal kaynak potansiyeli, hidrolojik ve ekolojik özellikleri, mevcut yönetim yapısı, kurumsal kapasitesi, veri yönetim sistemi, su kaynaklarının korunmasına yönelik uygulamalar ve iklim değişikliğinin oluşturduğu baskılar bütüncül bir yaklaşımla ele alınmıştır. Ayrıca, havzanın iklim değişikliğine uyum kapasitesini etkileyen temel faktörler belirlenmiş; su güvenliği, kuraklık riski, su kalitesi, ekosistem hizmetleri ve doğal kaynak yönetimi açısından mevcut durum değerlendirilmiştir.

Literatürde Van Gölü Kapalı Havzası'na yönelik çalışmaların büyük ölçüde su kaynaklarının korunması, kuraklık, tarımsal su yönetimi, yönetim sorunları ve iklim değişikliğinin etkileri üzerine odaklandığı görülmektedir (Coşkun, 2020; Ercoşkun, 2021; Şirin ve ark., 2019; Hışım ve Karakılçık, 2019). Son yıllarda yayımlanan çalışmalar ise iklim değişikliğinin havza üzerindeki baskılarının giderek arttığını, dirençlilik odaklı planlama yaklaşımlarının geliştirilmesi ve bütüncül havza yönetiminin güçlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Kocabaş ve ark., 2025; Reçber ve Safa, 2025; Selçuk ve Cebeci, 2025).

Bununla birlikte, mevcut çalışmaların büyük çoğunluğu iklim değişikliğine uyum kapasitesini kurumsal yönetim, veri yönetimi, paydaş katılımı ve dirençlilik perspektifini birlikte ele alan bütüncül bir değerlendirme sunmamaktadır. Bu çalışma, Van Gölü Kapalı Havzası'nda ilk kez

Pathways2Resilience (P2R) metodolojisini GZFT analizi ile bütünleştirerek havzanın iklim değişikliğine uyum kapasitesini çevresel, kurumsal ve yönetsel boyutlarıyla kapsamlı biçimde değerlendirmektedir. Bu yönüyle çalışma, mevcut literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

Van Gölü Kapalı Havzası, su kaynaklarının kullanımında farklı paydaşların birbirleriyle çatışan öncelikleri ve bütüncül bir yönetim anlayışının yetersizliği nedeniyle önemli yönetsel sorunlarla karşı karşıyadır (Koyuncu ve Karakılçık, 2019). Havzada görev yapan çok sayıda kurum ve kuruluş arasındaki yetki paylaşımı ve koordinasyon eksiklikleri, su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir yönetimini güçleştirmektedir (Koyuncu ve Karakılçık, 2018). Bunun yanında, su kaynaklarının bilinçsiz kullanımı, yanlış tarımsal uygulamalar ve artan kirlilik baskısı havzanın hassas ekolojik dengesini tehdit etmektedir (Adıyaman, 2026; Şirin ve ark., 2019). Mevcut sorunların temelinde kurumsal koordinasyon eksikliği, denetim yetersizlikleri, veri paylaşımındaki aksaklıklar ve sistematik planlama eksiklikleri yer almaktadır (Tekoğul, 2023).

Bu bağlamda GZFT analizi, havzanın mevcut güçlü ve zayıf yönleri ile dışsal fırsat ve tehditlerin sistematik olarak belirlenmesini sağlarken, P2R yaklaşımı bu bulguların dirençlilik odaklı, katılımcı ve bütünelşik bir planlama çerçevesinde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Böylece iklim değişikliğine uyum kapasitesini artırmaya yönelik stratejik öncelikler belirlenmekte ve ulusal ile uluslararası iyi uygulamalar doğrultusunda uygulanabilir politika önerileri geliştirilmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, Van Gölü Kapalı Havzası için iklim değişikliğine uyum sağlayabilen, risk temelli karar alma süreçlerini destekleyen, veri odaklı, katılımcı ve bütünelşik bir havza yönetim modelinin geliştirilmesine katkı sağlamaktır. Bu kapsamda, havzanın iklim değişikliğine karşı mevcut dirençlilik düzeyi Pathways2Resilience (P2R) metodolojisi ve GZFT (SWOT) analizi birlikte kullanılarak değerlendirilmiş; çevresel, kurumsal ve sosyoekonomik boyutlarda mevcut durum, riskler ve uyum kapasitesi kapsamlı bir yaklaşımla ortaya konulmuştur. Çalışmada geliştirilen stratejik önerilerin su güvenliğinin güçlendirilmesi, su kalitesinin korunması, ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğinin sağlanması, kurumsal koordinasyonun geliştirilmesi ve bölgesel dirençliliğin artırılmasına yönelik karar alma süreçlerine bilimsel katkı sunması amaçlanmaktadır.

Van Gölü Kapalı Havzası'na ilişkin mevcut çalışmaların büyük çoğunluğu su kalitesi, kuraklık, hidrolojik süreçler, tarımsal su yönetimi ve yönetim sorunları gibi belirli konulara odaklanmış olup, iklim değişikliğine uyum kapasitesini çevresel, kurumsal ve sosyoekonomik bileşenleri birlikte ele alan bütüncül bir değerlendirme sunmamaktadır. Ayrıca, havzanın iklim değişikliğine karşı dirençliliğinin uluslararası kabul görmüş bir metodoloji kullanılarak sistematik biçimde değerlendirildiği kapsamlı bir çalışmaya literatürde rastlanmamaktadır. Bu çalışma, Van Gölü Kapalı Havzası'nda ilk kez Avrupa Birliği tarafından geliştirilen Pathways2Resilience (P2R) metodolojisini GZFT (SWOT) analizi ile bütünleştirerek havzanın güçlü ve zayıf yönlerini, iklim değişikliğinden kaynaklanan mevcut ve gelecekteki riskleri, kurumsal kapasitesini ve uyum potansiyelini aynı değerlendirme çerçevesi içerisinde analiz etmektedir. Bunun yanı sıra çalışma, yalnızca mevcut durumun değerlendirilmesiyle

sınırlı kalmayıp; veri yönetimi, paydaş katılımı, yönetim mekanizmaları, su güvenliği ve ekosistem hizmetlerinin geliştirilmesine yönelik uygulanabilir stratejik öneriler ortaya koymaktadır. Bu yönüyle çalışma, Van Gölü Kapalı Havzası için iklim değişikliğine uyum ve dirençlilik planlamasına bilimsel bir temel oluşturmasının yanı sıra, benzer kapalı havzalarda uygulanabilecek bütünlük bir değerlendirme modeli sunarak literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmayı hedeflemektedir.

P2R Yaklaşımı Çerçevesi

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı, iklim değişikliğinin oluşturduğu risklerin azaltılmasının ötesinde, doğal ve sosyo-ekonomik sistemlerin uzun vadede değişen iklim koşullarına uyum sağlayabilmesini ve dirençlilik kapasitesinin artırılmasını hedefleyen bütüncül bir planlama yaklaşımıdır. Bu yaklaşım; yönetim, veri yönetimi, finansman, kurumsal kapasite, toplum katılımı ve doğa temelli çözümleri birlikte ele alarak karar alma süreçlerini güçlendirmektedir.

Van Gölü Kapalı Havzası'nda su kaynakları yönetimi açısından P2R değerlendirmesi aşağıdaki temel bileşenler kapsamında gerçekleştirilmiştir:

- Yönetim ve kurumsal koordinasyon
- Veri, izleme ve karar destek sistemleri
- İklim risklerinin değerlendirilmesi
- Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi
- Finansman ve uygulama kapasitesi
- Toplum katılımı ve davranış değişikliği
- Doğa temelli çözümler
- Dijital dönüşüm ve yenilikçi uygulamalar

GZFT Analizi (Su Kaynakları Yönetimi Açısından)

2.1 Güçlü Yönler

2.1.1. Zengin hidrolojik sistem ve yüzey suyu çeşitliliği

Van Gölü Kapalı Havzası, yaklaşık 3.713 km² drenaj alanına sahip olup Türkiye'nin en büyük kapalı havzasıdır. Havza; Van Gölü'nün yanı sıra çok sayıda akarsu, dere, sulak alan, sazlık, kaynak, mevsimsel akış gösteren su yolları ve küçük göl sistemlerini içeren zengin bir hidrolojik yapıya sahiptir. Bu hidrolojik çeşitlilik, havza içerisindeki su döngüsünün devamlılığını sağlayan temel unsurlardan biridir.

Van Gölü, yüksek tuzluluk ve sodalı su özelliği nedeniyle doğrudan içme ve sulama suyu kaynağı olarak kullanılamamakla birlikte, havzanın hidrolojik ve ekolojik dengesini belirleyen en önemli su kütlesidir. Havzaya ulaşan yüzey akışları ve yeraltı suyu boşalımları Van Gölü'nde sonlanmakta, bu nedenle göldeki su seviyesi ve su kalitesi havzanın genel hidrolojik koşullarını yansıtmaktadır. Bu nedenle su kaynakları yönetiminde Van Gölü ile kullanılabilir tatlı su kaynaklarının ayrı ancak birbirini tamamlayan bileşenler olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Havzada bulunan akarsular, sulak alanlar ve yeraltı suyu sistemleri birçok ekosistem hizmeti sunmaktadır. Bu sistemler;

- biyolojik çeşitliliğin korunmasına,
- sulak alan ekosistemlerinin devamlılığına,
- tarımsal üretim için gerekli suyun sağlanmasına,
- yeraltı suyu akiferlerinin doğal olarak beslenmesine,
- taşkınların doğal olarak düzenlenmesine,
- su kalitesinin korunmasına ve
- bölgesel iklimin dengelenmesine önemli katkılar sağlamaktadır.

İklim değişikliği açısından değerlendirildiğinde, farklı su kaynaklarının bir arada bulunması havzanın dirençlilik kapasitesini artıran önemli bir avantajdır. Kurak dönemlerde yeraltı suları yüzey sularını destekleyebilirken, sulak alanlar ve doğal depolama alanları yağışlı dönemlerde fazla suyu depolayarak hidrolojik sistem üzerindeki baskıyı azaltabilmektedir. Benzer şekilde farklı su kaynaklarının varlığı, su arzının tek bir kaynağa bağımlı olmasını önleyerek iklim değişikliğine bağlı kuraklık, yağış düzensizlikleri ve aşırı hidrolojik olaylara karşı havzanın uyum kapasitesini güçlendirmektedir.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı kapsamında bu hidrolojik çeşitlilik, yalnızca mevcut bir doğal kaynak olarak değil, aynı zamanda iklim değişikliğine uyum sağlayan doğal bir dirençlilik mekanizması olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle yüzey suları, sulak alanlar ve yeraltı suyu beslenme alanlarının korunması, entegre havza yönetimi ve doğa temelli çözümlerin geliştirilmesi açısından stratejik öneme sahiptir.

2.1.2. Mevcut hidrolojik ve meteorolojik izleme altyapısı

Van Gölü Kapalı Havzası'nda su kaynaklarının izlenmesine yönelik önemli bir gözlem altyapısı bulunmaktadır. Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilen akım gözlem istasyonları, yeraltı suyu gözlem kuyuları ve su seviyesi ölçüm sistemleri ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından işletilen meteoroloji istasyonları, havzanın hidrolojik ve iklimsel özelliklerinin düzenli olarak izlenmesini sağlamaktadır. Ayrıca farklı kurumlar tarafından yürütülen yüzey ve yeraltı suyu kalite izleme çalışmaları ile uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerine dayalı uygulamalar, su kaynaklarının miktar ve kalite durumunun değerlendirilmesine katkı sunmaktadır.

Bu izleme altyapısı sayesinde yağış, sıcaklık, buharlaşma, akım, yeraltı suyu seviyesi ve temel su kalite parametreleri gibi kritik hidrolojik veriler düzenli olarak elde edilebilmektedir. Elde edilen veriler; su kaynaklarının mevcut durumunun belirlenmesi, kuraklık ve taşkın gibi hidrolojik olayların izlenmesi, su bütçesi hesaplamalarının yapılması ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi açısından önemli bir bilgi tabanı oluşturmaktadır. Ayrıca uzun dönemli gözlem verileri, hidrolojik eğilimlerin belirlenmesi ve geleceğe yönelik iklim senaryolarının geliştirilmesinde temel girdi niteliği taşımaktadır.

Bununla birlikte, mevcut izleme sistemlerinin büyük ölçüde farklı kurumlar tarafından bağımsız olarak işletilmesi, veri paylaşımı ve bütünleşik değerlendirme süreçlerinde bazı sınırlılıklar oluşturmaktadır. P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı kapsamında mevcut izleme altyapısının güçlendirilmesi, farklı kurumlar arasında veri entegrasyonunun sağlanması ve gerçek zamanlı veri paylaşımının geliştirilmesi öncelikli konular arasında yer almaktadır. Böylece hidrolojik ve meteorolojik verilerin coğrafi bilgi sistemleri, uzaktan algılama teknolojileri ve hidrolojik modelleme araçları ile entegre edilmesi mümkün olacak; kuraklık, taşkın ve su kalitesindeki değişimlere yönelik erken uyarı sistemleri ile karar destek mekanizmalarının etkinliği artırılacaktır.

Sonuç olarak, Van Gölü Kapalı Havzası'nda mevcut gözlem altyapısı iklim değişikliğine uyum açısından önemli bir başlangıç kapasitesi sunmaktadır. Bu altyapının dijital teknolojiler, otomatik izleme sistemleri ve bütünleşik karar destek platformları ile geliştirilmesi, havzanın iklim değişikliğine karşı dirençliliğinin artırılmasına ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimine önemli katkılar sağlayacaktır.

2.1.3. Bilimsel bilgi altyapısının güçlü olması

Van Gölü Kapalı Havzası, su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir yönetimi açısından uzun yıllardır çeşitli kurumlar, üniversiteler ve araştırma kuruluşları tarafından kapsamlı biçimde incelenmektedir. Bu çalışmalar sonucunda havzanın hidrolojik, hidrojeolojik, hidrojeokimyasal, ekolojik ve iklimsel özelliklerine ilişkin önemli bir bilimsel bilgi birikimi oluşmuştur. Mevcut bilgi altyapısı, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi ve geleceğe yönelik uyum stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Havza Koruma Eylem Planları, Su Yönetim Planları ve Nehir Havza Yönetim Planları kapsamında havzanın yüzey ve yeraltı su kaynakları, su kalitesi, kirletici baskıları, ekolojik durum, su kullanım şekilleri ve sektörel su talepleri ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmalar sayesinde havzanın mevcut su potansiyeli ortaya konulmuş, su kaynaklarını tehdit eden temel baskılar belirlenmiş ve su kalitesinin korunmasına yönelik öncelikli tedbirler geliştirilmiştir. Aynı zamanda su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını destekleyecek yönetim stratejileri oluşturulmuştur.

Yeraltı suyu araştırmaları kapsamında akifer sistemlerinin hidrojeolojik özellikleri, beslenme alanları, yeraltı suyu seviyeleri, akım yönleri, rezerv potansiyeli ve su bütçesi bileşenleri incelenmiştir. Ayrıca hidrojeokimyasal çalışmalar ile yeraltı ve yüzey sularının kimyasal karakteristikleri belirlenmiş; su-kayaç etkileşimleri, çözünme süreçleri, iyon değişimi

mekanizmaları, kirletici taşınımı ve doğal jeokimyasal süreçler ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Özellikle arsenik, florür, bor ve diğer eser elementlere ilişkin gerçekleştirilen araştırmalar, doğal kirlenme süreçlerinin anlaşılmasına önemli katkılar sağlamıştır.

Son yıllarda gerçekleştirilen iklim değişikliği analizleri ve kuraklık değerlendirmeleri ise havzanın gelecekte karşılaşılabileceği hidrolojik değişimlerin ortaya konulmasına olanak sağlamıştır. Yağış rejimindeki değişimler, sıcaklık artışları, buharlaşma miktarlarındaki artış, kar örtüsünün azalması ve akarsu akımlarındaki olası değişiklikler farklı iklim senaryoları altında değerlendirilmiş; bu değişimlerin su arzı, tarımsal üretim, ekosistemler ve yeraltı suyu beslenmesi üzerindeki olası etkileri analiz edilmiştir. Böylece iklim değişikliğine bağlı risklerin önceden belirlenmesine yönelik önemli bilimsel altyapı oluşturulmuştur.

Bunun yanında üniversiteler, kamu kurumları ve uluslararası kuruluşlar tarafından yürütülen bilimsel projeler sayesinde uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), hidrolojik modelleme ve iklim projeksiyonları gibi ileri analiz yöntemleri havza çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum, su kaynaklarının yalnızca mevcut durumunun değerlendirilmesine değil, gelecekte oluşabilecek risklerin öngörülmesine ve farklı yönetim senaryolarının analiz edilmesine de olanak sağlamaktadır.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı açısından güçlü bir bilimsel bilgi altyapısının bulunması, dirençlilik planlamasının en önemli bileşenlerinden biridir. Güvenilir ve güncel bilimsel veriler; risk değerlendirmelerinin doğruluğunu artırmakta, iklim değişikliğine uyum politikalarının bilimsel temellere dayandırılmasını sağlamakta ve karar vericilerin farklı senaryolar altında en uygun yönetim seçeneklerini belirlemesine katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle Van Gölü Kapalı Havzası'nda mevcut bilimsel bilgi birikimi, iklim değişikliğine uyum, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi ve uzun dönemli dirençlilik stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemli bir kurumsal ve teknik kapasite olarak değerlendirilmektedir.

2.1.4. Kurumsal yapının mevcut olması

Van Gölü Kapalı Havzası'nda su kaynaklarının planlanması, korunması ve sürdürülebilir yönetimine yönelik görev ve sorumluluklar farklı kamu kurumları, yerel yönetimler, üniversiteler ve araştırma kuruluşları tarafından yürütülmektedir. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, il özel idareleri, belediyeler, üniversiteler ve ilgili diğer kurumlar havza yönetiminde aktif rol üstlenmektedir. Bu çok paydaşlı kurumsal yapı, su kaynaklarının farklı boyutlarıyla ele alınmasına ve disiplinler arası iş birliğinin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

DSİ, yüzey ve yeraltı su kaynaklarının geliştirilmesi, izlenmesi ve tahsisi ile hidrolojik veri üretiminden sorumluyken; Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı su kalitesinin korunması, havza koruma planlarının hazırlanması ve çevresel izleme faaliyetlerini yürütmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı, tarımsal sulama, su verimliliği uygulamaları ve kırsal kalkınma faaliyetleriyle su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımına katkı sağlarken, Meteoroloji Genel Müdürlüğü yağış, sıcaklık, buharlaşma ve diğer meteorolojik

parametrelere ilişkin uzun dönemli gözlem verilerini sağlayarak hidrolojik değerlendirmelere önemli destek sunmaktadır. Yerel yönetimler ise içme ve kullanma suyu temini, atıksu yönetimi ve kentsel su altyapısının işletilmesinden sorumludur. Üniversiteler ve araştırma kurumları tarafından yürütülen hidrojeoloji, hidrojeokimya, iklim değişikliği ve ekosistem araştırmaları ise bilimsel bilgi üretimine ve karar alma süreçlerinin desteklenmesine katkı sağlamaktadır.

Bu kurumsal çeşitlilik, iklim değişikliğine uyum ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından önemli bir kapasite oluşturmaktadır. Farklı kurumların uzmanlık alanlarının birbirini tamamlaması; veri üretimi, planlama, uygulama ve izleme süreçlerinin daha kapsamlı yürütülmesine olanak vermektedir. Ayrıca son yıllarda hazırlanan Havza Koruma Eylem Planları, Su Yönetim Planları ve iklim değişikliğine uyum stratejileri, kurumlar arası iş birliğinin güçlenmesine katkı sağlamıştır.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı açısından güçlü bir kurumsal yapının varlığı, iklim değişikliğine karşı dirençliliğin artırılmasında temel unsurlardan biridir. Ancak bu kapasitenin etkin şekilde kullanılabilmesi için kurumlar arasında veri paylaşımının güçlendirilmesi, ortak karar destek sistemlerinin geliştirilmesi, yetki ve sorumlulukların daha etkin koordine edilmesi ve paydaşlar arasında sürekli iş birliğinin sağlanması önem taşımaktadır. Bu doğrultuda mevcut kurumsal yapı, Van Gölü Kapalı Havzası'nda iklim değişikliğine uyum politikalarının uygulanması ve uzun dönemli dirençlilik stratejilerinin hayata geçirilmesi açısından önemli bir avantaj olarak değerlendirilmektedir.

2.1.5. Doğal ekosistemlerin dirençlilik potansiyeli

Van Gölü Kapalı Havzası, sulak alanlar, delta sistemleri, yeraltı suyu beslenme alanları, sazlıklar, alüvyal ovalar ve yüksek dağlık alanlar gibi farklı doğal ekosistemleri bünyesinde barındırmaktadır. Bu ekosistemler yalnızca biyolojik çeşitliliğin korunması açısından değil, aynı zamanda iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasında da önemli ekosistem hizmetleri sunmaktadır. Doğal sistemlerin sağlıklı işleyişi, havzanın hidrolojik dengesinin korunmasına ve iklim değişikliğine karşı uyum kapasitesinin artırılmasına doğrudan katkı sağlamaktadır.

Sulak alanlar ve sazlık ekosistemleri, yağışlı dönemlerde fazla suyu depolayarak taşkın riskini azaltmakta, kurak dönemlerde ise depoladıkları suyu kademeli olarak sisteme geri vererek akarsu rejiminin korunmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca bu alanlar, sediment ve kirleticilerin doğal olarak tutulmasını sağlayarak su kalitesinin iyileştirilmesinde önemli bir filtre görevi üstlenmektedir. Van Gölü çevresindeki sulak alanlar aynı zamanda çok sayıda endemik tür ile göçmen kuş için kritik yaşam alanları oluşturarak ekolojik sürdürülebilirliğe katkı sunmaktadır.

Akarsu deltaları ve alüvyal taşkın ovaları, yüzey sularının yeraltı suyuna doğal olarak sızmasını sağlayan önemli beslenme alanlarıdır. Bu alanlar yeraltı suyu rezervlerinin yenilenmesine katkıda bulunurken, aşırı yağış dönemlerinde suyun doğal olarak depolanmasını sağlayarak taşkınların olumsuz etkilerini azaltmaktadır. Yeraltı suyu beslenme

alanlarının korunması, özellikle kurak dönemlerde içme suyu ve tarımsal sulama açısından stratejik öneme sahip olan akiferlerin sürdürülebilirliğini desteklemektedir.

Havzanın yüksek dağlık alanları ise kar yağışını depolayan doğal rezervuarlar olarak işlev görmektedir. Kar örtüsü, ilkbahar ve yaz aylarında kontrollü erime yoluyla akarsuları beslemekte ve havzanın su bütçesinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bunun yanında dağlık alanlardaki doğal bitki örtüsü, erozyonun azaltılmasına, yüzey akışının düzenlenmesine ve infiltrasyonun artırılmasına katkı sağlayarak hidrolojik döngünün devamlılığını desteklemektedir. Ancak iklim değişikliğine bağlı olarak kar örtüsünün azalması ve erime zamanlarının değişmesi, bu doğal düzenleme mekanizmalarının etkinliğini azaltabilecek önemli bir risk oluşturmaktadır.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı kapsamında doğal ekosistemler, iklim değişikliğine uyumun temel bileşenlerinden biri olan doğa temelli çözümler (Nature-based Solutions, NbS) açısından büyük önem taşımaktadır. Sulak alanların korunması ve restorasyonu, dere ve taşkın yatağı rehabilitasyonu, yeraltı suyu beslenme alanlarının korunması, erozyon kontrolü, havza ağaçlandırma çalışmaları ve doğal taşkın depolama alanlarının geliştirilmesi gibi uygulamalar, iklim değişikliğinin etkilerini azaltırken aynı zamanda ekosistem hizmetlerinin devamlılığını da sağlamaktadır.

Bu nedenle Van Gölü Kapalı Havzası'ndaki doğal ekosistemlerin korunması ve iyileştirilmesi, yalnızca çevresel bir koruma faaliyeti olarak değil, su güvenliğini artıran, iklim risklerini azaltan ve havzanın uzun dönemli dirençliliğini güçlendiren stratejik bir yatırım olarak değerlendirilmelidir. Doğal ekosistemlerin sunduğu bu dirençlilik potansiyeli, P2R yaklaşımının temel ilkeleri doğrultusunda sürdürülebilir su kaynakları yönetiminin en önemli güçlü yönlerinden birini oluşturmaktadır.

2.2 Zayıf Yönler

2.2.1. Dinamik su bütçesi yönetiminin yetersizliği

Van Gölü Kapalı Havzası'nda su kaynaklarının planlanmasına yönelik çeşitli su bütçesi çalışmaları gerçekleştirilmiş olmakla birlikte, mevcut değerlendirmeler büyük ölçüde mevcut hidrolojik koşulları ve geçmiş dönem gözlemlerini yansıtmaktadır. Ancak iklim değişikliğinin yağış rejimi, sıcaklık, buharlaşma ve hidrolojik döngü üzerindeki etkileri dikkate alındığında, su bütçesinin statik veriler yerine sürekli güncellenen dinamik bir yaklaşımla yönetilmesi gerekmektedir. Bu durum, özellikle kapalı havza özelliğine sahip Van Gölü Havzası için daha da önem taşımaktadır; çünkü havzaya giren ve çıkan su miktarındaki değişimler doğrudan göl seviyesi, yeraltı suyu rezervleri ve kullanılabilir tatlı su kaynaklarını etkilemektedir.

İklim değişikliğine bağlı olarak yağış miktarı ve mevsimsel dağılımındaki değişimler, kar örtüsünün azalması, kar erime zamanlarının öne kayması, sıcaklık artışına bağlı buharlaşmanın hızlanması ve yeraltı suyu beslenimindeki azalmalar, havzanın su bütçesinde önemli belirsizlikler oluşturmaktadır. Bunun yanında nüfus artışı, tarımsal sulama talepleri, sanayi ve kentsel su kullanımı gibi sosyoekonomik baskılar da su arzı ile su talebi arasındaki dengeyi giderek daha karmaşık hâle getirmektedir. Bu nedenle yalnızca mevcut su

potansiyelinin belirlenmesi yeterli olmayıp, gelecekteki iklim ve kullanım senaryolarını da kapsayan bütüncül bir su bütçesi yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı kapsamında dirençli bir su yönetim sistemi oluşturulabilmesi için yağış, akım, yeraltı suyu seviyeleri, buharlaşma, kar örtüsü, rezervuar doluluk oranları ve su tüketimine ilişkin verilerin düzenli olarak izlenmesi ve hidrolojik modeller aracılığıyla sürekli güncellenmesi gerekmektedir. Dinamik su bütçesi modelleri sayesinde kuraklık, taşkın ve su kıtlığı gibi iklim kaynaklı riskler önceden öngörülebilir; farklı iklim senaryoları altında su arzı ve talebi analiz edilerek uyum stratejileri geliştirilebilir. Ayrıca gerçek zamanlı hidrolojik verilerin karar destek sistemleriyle bütünleştirilmesi, su tahsis planlarının güncellenmesine ve su kaynaklarının daha etkin yönetilmesine katkı sağlayacaktır.

Mevcut durumda bu tür dinamik ve bütünlük su bütçesi yönetim sistemlerinin sınırlı olması, iklim değişikliğine uyum kapasitesini zayıflatan önemli unsurlardan biridir. Bu nedenle Van Gölü Kapalı Havzası'nda iklim projeksiyonlarını, hidrolojik modellemeleri ve gerçek zamanlı izleme verilerini birlikte kullanan dinamik su bütçesi yönetim sistemlerinin geliştirilmesi, P2R yaklaşımının temel önceliklerinden biri olarak değerlendirilmelidir.

2.2.2. Yeraltı suyu kaynaklarına ilişkin bilgi eksiklikleri

Yeraltı suları, Van Gölü Kapalı Havzası'nda özellikle kurak dönemlerde yüzey suyu kaynaklarının azalmasını dengeleyen en önemli stratejik su rezervlerinden biridir. İçme ve kullanma suyu temini, tarımsal sulama ve kırsal yerleşimlerin su ihtiyacının karşılanmasında yeraltı suyu kaynakları önemli bir rol oynamaktadır. İklim değişikliğine bağlı olarak kuraklıkların sıklığı ve şiddetinin artması beklenirken, yeraltı sularının su güvenliği açısından önemi daha da artmaktadır.

Buna karşın, havzadaki yeraltı suyu sistemlerine ilişkin mevcut bilgi düzeyi, sürdürülebilir yönetim için her zaman yeterli değildir. Özellikle akiferlerin hidrojeolojik özellikleri, hidrolik iletkenlik ve depolama katsayısı gibi temel akifer parametreleri, yeraltı suyu beslenme alanlarının sınırları, doğal beslenme miktarları, sürdürülebilir çekim kapasitesi ve uzun dönem yeraltı suyu seviye değişimlerine ilişkin veriler bazı bölgelerde sınırlıdır. Ayrıca yeraltı suyu ile yüzey suyu arasındaki hidrolik ilişkinin ve iklim değişikliğinin bu sistemler üzerindeki etkilerinin daha ayrıntılı olarak değerlendirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Yeraltı suyu seviyelerinin düzenli olarak izlenmemesi veya izleme ağının yeterince yaygın olmaması, akiferlerde meydana gelebilecek su seviyesi düşüşlerinin, aşırı su çekiminin ve rezerv kayıplarının zamanında tespit edilmesini güçleştirebilmektedir. Özellikle tarımsal sulama amacıyla gerçekleştirilen yoğun yeraltı suyu kullanımı, uzun vadede akiferlerin yenilenme kapasitesini aşarak su seviyelerinde düşüşe, kaynak debilerinin azalmasına ve ekosistemlerin olumsuz etkilenmesine neden olabilmektedir.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı açısından yeraltı suyu sistemlerine ilişkin güncel, güvenilir ve uzun dönemli verilerin bulunması, iklim değişikliğine uyumun temel bileşenlerinden biridir. Yeraltı suyu gözlem ağlarının güçlendirilmesi, akiferlerin hidrojeolojik karakterizasyonunun ayrıntılı olarak ortaya konulması, beslenme alanlarının belirlenmesi ve

iklim senaryolarını içeren yeraltı suyu modellerinin geliştirilmesi; su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve kuraklık dönemlerine karşı dirençliliğin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu nedenle, yeraltı suyu sistemlerine ilişkin bilgi eksikliklerinin giderilmesi ve izleme altyapısının geliştirilmesi, Van Gölü Kapalı Havzası'nda su güvenliğinin sağlanması ve iklim değişikliğine uyum kapasitesinin artırılması açısından öncelikli geliştirme alanlarından biri olarak değerlendirilmektedir

2.2.3. Su kullanım verimliliğinin düşük olması

Van Gölü Kapalı Havzası'nda tarım sektörü, toplam su tüketiminin en büyük bölümünü oluşturmaktadır. Havzanın ekonomisinde tarımsal faaliyetlerin önemli bir yer tutması nedeniyle sulama suyu talebi her geçen yıl artmaktadır. Ancak mevcut sulama uygulamalarında görülen verimlilik sorunları, kullanılabilir su kaynakları üzerindeki baskıyı artırmakta ve iklim değişikliğine karşı su yönetiminin kırılganlığını yükseltmektedir.

Havzada su kullanım verimliliğini azaltan temel sorunların başında geleneksel salma sulama yöntemlerinin yaygın olarak kullanılması gelmektedir. Bu yöntem, suyun büyük bir kısmının yüzey akışı, derine sızma ve buharlaşma yoluyla kaybedilmesine neden olmakta, bitkilerin ihtiyaç duyduğu suyun etkin kullanılmasını engellemektedir. Bunun yanı sıra, sulama kanalları ve iletim altyapısındaki fiziksel kayıplar, suyun tarım alanlarına ulaşmadan önemli ölçüde azalmasına yol açmaktadır. Açık kanal sistemlerinde meydana gelen sızıntılar ve buharlaşma kayıpları, özellikle kurak dönemlerde su kaynakları üzerindeki baskıyı daha da artırmaktadır.

Bir diğer önemli sorun ise havzanın su potansiyeli ile tam uyumlu olmayan ürün desenidir. Su tüketimi yüksek bitkilerin yaygın olarak yetiştirilmesi, özellikle yağışın az olduğu dönemlerde sulama talebini artırarak yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca sulama planlamasının çoğu zaman bitki su ihtiyacına, toprak özelliklerine ve meteorolojik verilere dayalı olarak yapılmaması, gereğinden fazla su kullanımına neden olmaktadır. Bu durum hem su kaynaklarının etkin kullanımını azaltmakta hem de enerji tüketimini ve üretim maliyetlerini artırmaktadır.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı açısından su kullanım verimliliğinin artırılması, iklim değişikliğine uyumun en önemli bileşenlerinden biridir. Su arzını artırmaya yönelik yeni yatırımların yanı sıra mevcut su kaynaklarının daha etkin kullanılması, havzanın dirençliliğini önemli ölçüde güçlendirecektir. Bu kapsamda basınçlı sulama sistemlerinin (damla ve yağmurlama sulama) yaygınlaştırılması, sulama altyapısının modernize edilmesi, kapalı iletim sistemlerine geçilmesi, akıllı sulama teknolojilerinin kullanılması, bitki su ihtiyacına dayalı sulama planlamasının uygulanması ve su tüketimi düşük ürün desenlerinin teşvik edilmesi öncelikli uygulamalar arasında yer almaktadır.

Ayrıca çiftçilere yönelik eğitim ve yayım faaliyetlerinin artırılması, su tasarrufu konusunda farkındalığın geliştirilmesi ve su kullanımının izlenmesine yönelik dijital sistemlerin yaygınlaştırılması da su verimliliğinin artırılmasına önemli katkı sağlayacaktır. Bu doğrultuda su kullanım verimliliğinin iyileştirilmesi, yalnızca su kaynaklarının korunmasına değil, aynı

zamanda tarımsal üretimin sürdürülebilirliğine, kuraklık riskinin azaltılmasına ve Van Gölü Kapalı Havzası'nın iklim değişikliğine karşı dirençliliğinin güçlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

2.2.4. Kurumlar arası veri paylaşımının sınırlı olması

Van Gölü Kapalı Havzası'nda su kaynaklarının yönetimine ilişkin çok sayıda kurum tarafından farklı ölçekte ve amaçlarla veri üretilmektedir. Devlet Su İşleri (DSİ), Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Tarım ve Orman Bakanlığı, yerel yönetimler, üniversiteler ve araştırma kuruluşları tarafından üretilen hidrolojik, meteorolojik, hidrojeolojik ve su kalite verileri, havzanın mevcut durumunun değerlendirilmesi açısından önemli bir bilgi kaynağı oluşturmaktadır. Ancak bu verilerin çoğu zaman farklı kurumların kendi çalışma sistemleri içerisinde tutulması ve ortak bir veri yönetim platformunda bütünleştirilmemesi, havza ölçeğinde bütüncül su yönetimi açısından önemli bir sınırlılık oluşturmaktadır.

Verilerin farklı formatlarda, farklı zaman aralıklarında ve farklı yöntemlerle toplanması; veri standardizasyonu, erişilebilirlik ve birlikte değerlendirme süreçlerinde zorluklara neden olmaktadır. Özellikle yağış, akım, yeraltı suyu seviyesi, su kullanım miktarları, su kalite parametreleri ve iklim göstergelerine ilişkin verilerin tek bir entegre sistem içerisinde değerlendirilmemesi, havzanın hidrolojik davranışının bütüncül olarak anlaşılmasını zorlaştırmaktadır.

Bu durum özellikle iklim değişikliğine bağlı risklerin yönetiminde önemli kısıtlamalar oluşturmaktadır. Güvenilir ve güncel verilere hızlı erişimin sınırlı olması;

- kuraklık ve taşkın gibi ekstrem olaylara yönelik erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesini,
- su arzı ve talebi arasındaki dengenin doğru değerlendirilmesini,
- yeraltı suyu kullanım baskılarının izlenmesini,
- iklim değişikliğine uyum planlarının güncellenmesini,
- farklı yönetim senaryolarının karşılaştırılmasını

zorlaştırmaktadır.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı açısından etkin veri yönetimi, dirençli bir su yönetim sisteminin temel bileşenlerinden biridir. Kurumlar arasında sürekli veri paylaşımını sağlayacak ortak bir havza bilgi sistemi oluşturulması; hidrolojik, meteorolojik, hidrojeolojik ve sosyoekonomik verilerin bütünlük olarak analiz edilmesine olanak sağlayacaktır. Böyle bir sistem, karar vericilerin daha hızlı ve bilimsel temelli kararlar almasını, iklim risklerini önceden belirlemesini ve uyum stratejilerini daha etkin biçimde uygulamasını sağlayacaktır.

Bu kapsamda Van Gölü Kapalı Havzası için ortak veri standartlarının geliştirilmesi, kurumlar arası veri paylaşım protokollerinin oluşturulması, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı entegre havza bilgi platformlarının kurulması ve gerçek zamanlı izleme sistemlerinin

yaygınlaştırılması öncelikli ihtiyaçlar arasında değerlendirilmektedir. Böylece mevcut kurumsal bilgi birikimi daha etkin kullanılabilir ve havzanın iklim değişikliğine karşı uzun dönemli dirençlilik kapasitesi artırılabilir.

2.2.5. Su kalitesi üzerindeki baskılar

Van Gölü Kapalı Havzası'nın kapalı havza özelliği, su kaynaklarının miktarı kadar su kalitesi açısından da önemli bir hassasiyet oluşturmaktadır. Açık havzalardan farklı olarak, havza içerisindeki kirleticilerin sistem dışına taşınması sınırlı olduğundan, yüzey ve yeraltı sularına ulaşan kirletici yükleri uzun süre sistem içerisinde kalabilmekte ve zaman içerisinde birikim gösterebilmektedir. Bu durum, özellikle göl ekosistemi, sulak alanlar, akarsular ve yeraltı suyu kaynakları üzerinde uzun dönemli baskılar oluşturabilmektedir.

Havzadaki başlıca su kalitesi baskılarının önemli bir bölümü insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Nüfus artışı, kentsel gelişim, tarımsal üretimde yoğunlaşma ve ekonomik faaliyetlerdeki değişimler, su kaynaklarına ulaşan kirletici yüklerinin artmasına neden olabilmektedir.

Evsel atıksular, özellikle küçük yerleşim alanlarında yeterli arıtma altyapısının bulunmaması durumunda önemli bir kirlilik kaynağı oluşturmaktadır. Arıtılmadan veya yetersiz arıtılarak alıcı ortamlara verilen atıksular; organik madde, azot ve fosfor bileşikler ile mikrobiyolojik kirleticilerin su sistemlerine taşınmasına neden olabilir. Bu durum özellikle durgun veya düşük akışlı su ortamlarında ötrofikasyon riskini artırmaktadır.

Tarımsal faaliyetler ve drenaj suları, havzadaki su kalitesi üzerinde önemli bir diğer baskı unsurudur. Gübre ve pestisit kullanımından kaynaklanan nitrat, fosfat ve diğer kimyasal bileşenler yağış ve sulama sonrası yüzey akışı yoluyla akarsulara ve yeraltı sularına taşınabilmektedir. Özellikle yoğun tarımsal faaliyet yürütülen alanlarda bu tür kirleticilerin uzun dönemli birikimi, yeraltı suyu kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir.

Hayvancılık faaliyetleri de organik yük ve besin elementi açısından önemli bir baskı oluşturmaktadır. Hayvan atıkları uygun şekilde yönetilmediğinde azot, fosfor, patojen mikroorganizmalar ve organik maddeler su kaynaklarına ulaşabilmektedir. Bu durum özellikle kırsal yerleşimlerin yoğun olduğu bölgelerde yüzey ve yeraltı suyu kalitesini etkileyebilecek potansiyele sahiptir.

Endüstriyel faaliyetler, havzanın belirli bölgelerinde su kaynakları üzerinde kimyasal kirlenme riski oluşturmaktadır. Sanayi kaynaklı atıksular içerisinde bulunabilecek ağır metaller, toksik bileşikler ve çeşitli kimyasal maddeler, yeterli kontrol ve arıtma sağlanmadığında su ekosistemleri üzerinde uzun süreli etkiler meydana getirebilir.

Bunun yanında katı atık depolama alanları, özellikle geçirimsizliği yeterli olmayan veya uygun yönetilmeyen alanlarda sızıntı suyu oluşumu yoluyla yeraltı ve yüzey sularını tehdit edebilmektedir. Sızıntı suları organik maddeler, azot bileşikler, ağır metaller ve diğer kirleticileri içerebildiğinden, kapalı havza koşullarında önemli bir çevresel risk oluşturabilir.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı açısından su kalitesinin korunması, yalnızca mevcut kirlilik kaynaklarının kontrol edilmesini değil, aynı zamanda gelecekte artabilecek iklim

kaynaklı baskıların da dikkate alınmasını gerektirmektedir. İklim değişikliği ile birlikte artabilecek kuraklık koşulları, su miktarının azalmasına bağlı olarak kirleticilerin seyrelme kapasitesini düşürebilir ve su kalitesi sorunlarını daha belirgin hâle getirebilir. Bu nedenle su kalitesi yönetiminin iklim uyum stratejileriyle birlikte ele alınması önem taşımaktadır.

Bu kapsamda öncelikli uygulamalar arasında; atıksu arıtma altyapılarının geliştirilmesi, tarımsal kaynaklı kirliliğin azaltılması, iyi tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması, hayvancılık atıklarının kontrollü yönetimi, katı atık depolama alanlarının iyileştirilmesi, su kalite izleme ağlarının güçlendirilmesi ve kirleticili kaynaklara yönelik erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi yer almaktadır. Bu yaklaşımlar, Van Gölü Kapalı Havzası'nın su güvenliğini artırarak iklim değişikliğine karşı uzun dönemli dirençlilik kapasitesinin güçlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

2.2.6. İklim uyum planlarının uygulama kapasitesi

Van Gölü Kapalı Havzası'nda iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik çeşitli planlama çalışmaları, strateji belgeleri ve bilimsel araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Havza Koruma Eylem Planları, Su Yönetim Planları, kuraklık yönetimi çalışmaları ve iklim değişikliğine uyum stratejileri, havzanın karşı karşıya olduğu risklerin belirlenmesi ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi açısından önemli bir planlama altyapısı oluşturmaktadır. Bu çalışmalar; su kaynaklarının korunması, su kullanımının iyileştirilmesi, kirlilik baskılarının azaltılması ve iklim kaynaklı risklerin yönetilmesi için gerekli bilimsel ve kurumsal çerçeveyi sağlamaktadır.

Bununla birlikte, mevcut planların etkin bir şekilde uygulanabilmesi için uygulama kapasitesinin daha da güçlendirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. İklim uyum planlarının hazırlanması kadar, bu planlarda belirlenen hedeflerin sahada uygulanması, sonuçlarının izlenmesi ve gerektiğinde güncellenmesi de büyük önem taşımaktadır. Bu süreçte karşılaşılan temel sınırlılıklardan biri, belirlenen uyum önlemlerinin uygulanması için gerekli finansal kaynakların ve sürdürülebilir yatırım mekanizmalarının yeterli düzeyde olmamasıdır. Özellikle su verimliliği yatırımları, izleme sistemlerinin geliştirilmesi, altyapı iyileştirmeleri ve doğa temelli çözümlerin uygulanması uzun vadeli ve düzenli finansman gerektirmektedir.

Bunun yanında, planların uygulanmasında kurumlar arası koordinasyon, teknik kapasite ve yerel uygulama olanakları önemli rol oynamaktadır. İklim uyum çalışmaları çoğu zaman birden fazla kurumun sorumluluk alanına girdiğinden, görev paylaşımı, uygulama süreçleri ve karar alma mekanizmalarının etkin şekilde koordine edilmesi gerekmektedir. Yerel yönetimlerin, su kullanıcılarının ve ilgili paydaşların süreçlere yeterli düzeyde dahil edilmemesi, planlanan uygulamaların başarısını sınırlayabilecek önemli bir faktördür.

Bir diğer önemli konu ise performans izleme ve değerlendirme mekanizmalarının geliştirilmesidir. Uygulanan iklim uyum faaliyetlerinin su kaynakları üzerindeki etkisinin belirlenmesi için ölçülebilir göstergelerin oluşturulması gerekmektedir. Örneğin;

- su kullanım verimliliğindeki değişimler,

- yeraltı suyu seviyelerindeki eğilimler,
- su kalite parametrelerindeki değişimler,
- kuraklık etkilerinin azaltılması,
- ekosistem hizmetlerindeki iyileşmeler

düzenli olarak izlenmeli ve elde edilen sonuçlara göre yönetim stratejileri güncellenmelidir.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı açısından dirençlilik, yalnızca risklerin belirlenmesi veya planların hazırlanmasıyla değil, bu planların uygulanabilir, izlenebilir ve değişen koşullara uyarlanabilir olmasıyla mümkündür. Bu nedenle Van Gölü Kapalı Havzası'nda iklim uyum planlarının başarısı için finansman kaynaklarının çeşitlendirilmesi, kurumsal uygulama kapasitesinin artırılması, yerel paydaş katılımının güçlendirilmesi ve sürekli performans değerlendirme sistemlerinin kurulması gerekmektedir.

Sonuç olarak, havzada mevcut planlama altyapısı önemli bir güçlü yön oluşturmakla birlikte, uygulama kapasitesinin geliştirilmesi gelecekteki iklim risklerine karşı dirençliliğin artırılması açısından kritik bir öncelik alanıdır.

2.3 Fırsatlar

2.3.1. Entegre Su Kaynakları Yönetimi

Van Gölü Kapalı Havzası gibi iklim değişikliğine karşı hassas ve kapalı havza özelliğine sahip bölgelerde, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için geleneksel su arzını artırmaya dayalı yaklaşımların yerine bütüncül ve dengeli yönetim modellerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda Entegre Su Kaynakları Yönetimi (ESKY) yaklaşımı, yüzey ve yeraltı su kaynaklarının miktar ve kalite açısından birlikte değerlendirilmesini, su kullanım önceliklerinin belirlenmesini ve farklı sektörler arasındaki su paylaşımının sürdürülebilir bir şekilde planlanmasını amaçlamaktadır.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı kapsamında entegre su yönetimi, iklim değişikliğinin oluşturduğu belirsizliklere karşı havzanın uyum kapasitesini artıran önemli bir fırsat alanı olarak değerlendirilmektedir. Bu yaklaşım, su kaynaklarının yalnızca ekonomik bir girdi olarak değil, aynı zamanda ekolojik sistemlerin devamlılığını sağlayan doğal bir varlık olarak ele alınmasını sağlamaktadır.

Entegre su kaynakları yönetimi kapsamında;

- Su arzının değerlendirilmesi: Havzadaki yüzey suyu, yeraltı suyu, yağış ve diğer su kaynaklarının mevcut durumu, gelecekteki iklim senaryoları dikkate alınarak değerlendirilmelidir. Su potansiyelindeki olası değişimler belirlenerek sürdürülebilir kullanım sınırları ortaya konulmalıdır.
- Su talebinin yönetilmesi: Tarım, içme-kullanma suyu, hayvancılık, sanayi ve ekosistem ihtiyaçları arasındaki su talepleri dengelenmelidir. Özellikle tarımsal sulamada su kullanım verimliliğinin artırılması, toplam su talebinin azaltılması açısından önemli bir fırsat sunmaktadır.

- Ekolojik ihtiyaçların korunması: Sulak alanlar, akarsu sistemleri, yeraltı suyu bağımlı ekosistemler ve Van Gölü'nün ekolojik dengesi için gerekli minimum su ihtiyaçları dikkate alınmalıdır. Ekosistemlerin korunması, uzun vadede su kaynaklarının doğal yenilenme kapasitesinin devam ettirilmesine katkı sağlayacaktır.
- Ekonomik gelişme ile su kullanımı arasındaki dengenin sağlanması: Tarımsal üretim, ekonomik faaliyetler ve bölgesel kalkınma hedefleri belirlenirken su kaynaklarının taşıma kapasitesi göz önünde bulundurulmalıdır. Su yoğun sektörlerde verimlilik artırıcı teknolojilerin kullanılması, ekonomik büyümenin su kaynakları üzerindeki baskısını azaltacaktır.

P2R yaklaşımı açısından entegre su yönetiminin önemli bir avantajı, karar alma süreçlerinde farklı disiplinleri ve paydaşları bir araya getirmesidir. Kamu kurumları, yerel yönetimler, çiftçiler, sanayi temsilcileri, sivil toplum kuruluşları ve bilim insanlarının ortak bir yönetim anlayışı içerisinde hareket etmesi, havza ölçeğinde daha etkin ve uygulanabilir çözümler geliştirilmesini sağlayacaktır.

Van Gölü Kapalı Havzası için entegre su kaynakları yönetiminin uygulanması;

- su arzı ve talebi arasındaki dengenin korunmasına,
- kuraklık risklerinin azaltılmasına,
- su kullanım verimliliğinin artırılmasına,
- su kalitesinin korunmasına,
- ekosistem hizmetlerinin devamlılığının sağlanmasına

katkı sağlayacaktır.

Bu nedenle P2R çerçevesinde Entegre Su Kaynakları Yönetimi, Van Gölü Kapalı Havzası'nın iklim değişikliğine karşı dirençliliğini artıracak, sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile su güvenliği arasında denge kuracak temel fırsat alanlarından biri olarak değerlendirilmektedir.

2.3.2. Dijital su yönetimi

İklim değişikliği ile birlikte su kaynaklarının miktarı ve kalitesine ilişkin belirsizliklerin artması, geleneksel su yönetimi yaklaşımlarının daha gelişmiş izleme, analiz ve karar destek sistemleriyle desteklenmesini gerekli kılmaktadır. Bu kapsamda dijital su yönetimi uygulamaları, su kaynaklarının gerçek zamanlı izlenmesi, değişimlerin erken tespit edilmesi ve daha etkin yönetim kararlarının alınması açısından önemli bir fırsat alanı oluşturmaktadır.

Van Gölü Kapalı Havzası gibi iklim değişikliğine duyarlı ve su kaynakları üzerinde farklı kullanım baskılarının bulunduğu havzalarda dijital teknolojilerin kullanılması; yüzey suyu, yeraltı suyu, meteorolojik koşullar ve su kullanım faaliyetlerinin bütüncül olarak değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır. Bu yaklaşım, P2R (Pathways to Resilience) kapsamında havzanın izleme, öngörü ve uyum kapasitesinin artırılmasına doğrudan katkı sağlamaktadır.

Dijital su yönetimi kapsamında kullanılabilecek başlıca teknolojiler şunlardır:

- IoT (Nesnelerin İnterneti) sensörleri:

Akarsu debisi, su seviyesi, yeraltı suyu seviyesi, su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, pH, çözülmüş oksijen ve diğer su kalite parametrelerinin sürekli ve otomatik olarak izlenmesini sağlayabilir. Gerçek zamanlı veri üretimi sayesinde ani değişimler, kirlilik olayları veya kuraklık belirtileri erken aşamada tespit edilebilir.

- SCADA (Denetleyici Kontrol ve Veri Toplama Sistemleri):

İçme suyu sistemleri, sulama altyapıları, depolama tesisleri ve su dağıtım ağlarının merkezi olarak izlenmesi ve kontrol edilmesini sağlar. SCADA sistemleri ile su kayıplarının azaltılması, işletme verimliliğinin artırılması ve altyapı performansının sürekli değerlendirilmesi mümkün olmaktadır.

- Uzaktan algılama teknolojileri:

Uydu görüntüleri ve hava platformlarından elde edilen veriler kullanarak arazi kullanım değişimleri, sulak alanların durumu, tarımsal sulama alanları, bitki su stresi, kar örtüsü değişimleri ve yüzey suyu alanlarındaki değişimler izlenebilir. Bu yöntemler, geniş alanlara sahip havzalarda düşük maliyetli ve sürekli izleme imkânı sunmaktadır.

- Uydu verileri:

Özellikle yağış, sıcaklık, buharlaşma, toprak nemi, kuraklık göstergeleri ve su yüzey alanlarının belirlenmesinde kullanılabilir. Uydu tabanlı iklim ve hidrolojik veriler, ölçüm istasyonlarının yetersiz olduğu bölgelerde önemli tamamlayıcı bilgiler sağlamaktadır.

- Yapay zekâ ve büyük veri analizi:

Uzun dönemli hidrolojik, meteorolojik ve su kullanım verilerinin analiz edilerek geleceğe yönelik tahminler yapılmasına olanak sağlar. Yapay zekâ tabanlı modeller; kuraklık erken uyarısı, su talebi tahmini, kaçak tespiti, su kalitesi değişimlerinin öngörülmesi ve farklı yönetim senaryolarının değerlendirilmesinde kullanılabilir.

- Hidrolojik ve hidrojeolojik modelleme:

Havzanın mevcut su bütçesinin belirlenmesi, iklim değişikliğinin gelecekteki etkilerinin değerlendirilmesi ve farklı su yönetimi senaryolarının karşılaştırılması açısından önemli bir araçtır. Bu modeller sayesinde yağış değişimleri, yeraltı suyu beslenimi, akım süreçleri ve su kullanım baskılarının havza üzerindeki etkileri analiz edilebilir.

P2R yaklaşımı açısından dijital su yönetimi, yalnızca teknolojik bir yenilik değil, aynı zamanda daha hızlı, şeffaf ve bilimsel temelli karar alma süreçlerini destekleyen stratejik bir araçtır. Kurumlar arasında veri paylaşımının güçlendirilmesi, farklı kaynaklardan gelen verilerin ortak platformlarda birleştirilmesi ve karar destek sistemleriyle entegre edilmesi, havzanın iklim değişikliğine karşı uyum kapasitesini önemli ölçüde artıracaktır.

Van Gölü Kapalı Havzası'nda dijital su yönetimi uygulamalarının geliştirilmesi;

- kuraklık ve taşkın risklerinin daha erken belirlenmesine,
- su kaynaklarının etkin izlenmesine,
- su kullanım verimliliğinin artırılmasına,
- su kalitesi sorunlarının hızlı tespit edilmesine,
- kurumlar arası koordinasyonun güçlendirilmesine

katkı sağlayacaktır.

Bu nedenle dijital teknolojilerin su yönetimine entegre edilmesi, Van Gölü Kapalı Havzası'nın gelecekteki iklim koşullarına karşı daha dirençli, esnek ve sürdürülebilir bir yönetim yapısına kavuşması açısından önemli bir fırsat alanı olarak değerlendirilmektedir.

2.3.3. Doğa temelli çözümler

İklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkilerinin azaltılmasında yalnızca mühendislik temelli altyapı yatırımları değil, aynı zamanda doğal ekosistemlerin korunması ve iyileştirilmesine dayalı doğa temelli çözümler (Nature-based Solutions, NbS) önemli bir fırsat alanı oluşturmaktadır. Doğa temelli çözümler; ekosistemlerin doğal işleyişinden yararlanarak su güvenliğinin artırılması, taşkın ve kuraklık risklerinin azaltılması, su kalitesinin iyileştirilmesi ve biyolojik çeşitliliğin korunmasını amaçlamaktadır.

Van Gölü Kapalı Havzası, sulak alanlar, akarsu sistemleri, yüksek dağlık alanlar ve yeraltı suyu beslenme bölgeleri açısından önemli doğal ekosistemlere sahiptir. Bu alanlar, iklim değişikliğinin etkilerini azaltabilecek doğal düzenleyici mekanizmalar sağlamakta ve havzanın hidrolojik dirençliliğini artırmaktadır. P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı kapsamında bu doğal kapasitenin korunması ve güçlendirilmesi, sürdürülebilir su yönetimi için önemli bir stratejik fırsat olarak değerlendirilmektedir.

- Sulak alan restorasyonu:

Sulak alanlar, doğal su depolama alanları olarak yağış ve yüzey akışlarını düzenleyen önemli ekosistemlerdir. Bu alanlar, taşkın dönemlerinde fazla suyu tutarak akış hızını azaltmakta, kurak dönemlerde ise suyun ekosistemde daha uzun süre kalmasını sağlamaktadır. Ayrıca sulak alan bitkileri ve sedimanlar aracılığıyla azot, fosfor ve çeşitli kirleticilerin tutulmasına katkı sağlayarak doğal su arıtım işlevi görmektedir. Van Gölü Kapalı Havzası'ndaki sulak alanların korunması ve bozulan alanların rehabilite edilmesi, hem su kalitesinin iyileştirilmesine hem de biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkı sağlayacaktır.

- Taşkın tampon alanları:

İklim değişikliği ile birlikte kısa süreli ve yüksek şiddetli yağış olaylarının artması beklenmektedir. Bu nedenle akarsu çevrelerinde taşkın riski yüksek alanların doğal tampon bölgeler olarak korunması, taşkın zararlarının azaltılması açısından önemlidir. Taşkın ovaları, doğal bitki örtüsü alanları ve akarsu kıyı zonları; yüksek akış dönemlerinde fazla suyu

depolayarak yerleşim alanları ve tarım arazileri üzerindeki baskıyı azaltabilir. Bu alanların yapılaşmadan korunması, geleneksel taşkın kontrol yapılarının yanında düşük maliyetli ve sürdürülebilir bir uyum yaklaşımı sunmaktadır.

- Dere rehabilitasyonu:

Havzadaki küçük akarsular ve dere sistemleri, suyun taşınması, ekosistemlerin beslenmesi ve yeraltı suyu ile yüzey suyu arasındaki ilişkinin sürdürülmesi açısından kritik öneme sahiptir. Dere yataklarının doğal yapısının bozulması, kıyı bitki örtüsünün kaybı ve aşırı düzenleme çalışmaları, ekolojik işlevleri azaltabilmektedir. Dere rehabilitasyonu kapsamında doğal akış rejiminin desteklenmesi, kıyı ekosistemlerinin iyileştirilmesi, erozyonun azaltılması ve su kalitesinin korunmasına yönelik uygulamalar gerçekleştirilebilir.

- Doğal yeraltı suyu besleniminin artırılması:

Yeraltı suları, özellikle kurak dönemlerde havzanın stratejik su kaynaklarından biridir. Doğal beslenim alanlarının korunması, yeraltı suyu rezervlerinin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Ormanlık alanların, geçirgen yüzeylerin, sulak alanların ve yüksek infiltrasyon kapasitesine sahip bölgelerin korunması, yağış sularının yüzeysel akış yerine yeraltına geçmesini desteklemektedir. Bunun yanında yapay beslenim uygulamaları, yağmur suyu yönetimi ve geçirgen yüzeylerin artırılması gibi çözümler de yeraltı suyu güvenliğini güçlendirebilir.

P2R yaklaşımı açısından doğa temelli çözümler, yalnızca iklim risklerini azaltan uygulamalar değil, aynı zamanda ekolojik, ekonomik ve sosyal faydalar sağlayan çok yönlü uyum araçlarıdır. Bu çözümler;

- su kaynaklarının doğal yenilenme kapasitesinin korunmasına,
- kuraklık ve taşkın risklerinin azaltılmasına,
- su kalitesinin iyileştirilmesine,
- karbon depolama kapasitesinin artırılmasına,
- biyolojik çeşitliliğin korunmasına

katkı sağlamaktadır.

Van Gölü Kapalı Havzası'nda doğa temelli çözümlerin yaygınlaştırılması, klasik su altyapılarına alternatif değil, onları tamamlayan bir yaklaşım olarak değerlendirilmelidir. Bu kapsamda sulak alanların korunması, doğal hidrolojik süreçlerin desteklenmesi ve ekosistem tabanlı yönetim anlayışının benimsenmesi, havzanın iklim değişikliğine karşı uzun dönemli dirençlilik kapasitesini önemli ölçüde artıracaktır.

2.3.4. İklim finansmanı

İklim değişikliğine uyum ve dirençlilik çalışmalarının başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için güçlü bir finansman altyapısına ihtiyaç bulunmaktadır. Van Gölü Kapalı Havzası gibi iklim değişikliğine karşı hassas bölgelerde su kaynaklarının korunması, su verimliliğinin

artırılması, ekosistemlerin iyileştirilmesi, izleme sistemlerinin geliştirilmesi ve sürdürülebilir altyapı yatırımlarının gerçekleştirilmesi önemli miktarda uzun vadeli finansman gerektirmektedir.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı kapsamında iklim finansmanı, yalnızca mevcut risklere müdahale etmek için kullanılan bir kaynak değil, aynı zamanda havzanın gelecekteki iklim koşullarına uyum kapasitesini geliştiren stratejik bir araç olarak değerlendirilmektedir. Bu kapsamda ulusal kaynakların yanı sıra uluslararası iklim fonları ve kalkınma kuruluşlarının sağladığı finansman mekanizmaları önemli fırsatlar sunmaktadır.

Van Gölü Kapalı Havzası için değerlendirilebilecek başlıca uluslararası finansman kaynakları şunlardır:

- Avrupa Birliği (AB) finansman mekanizmaları:

Avrupa Birliği tarafından sağlanan çevre, iklim değişikliği, su yönetimi ve sürdürülebilir kalkınma odaklı fonlar; havza ölçekli uyum projelerinin desteklenmesi açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. AB fonları özellikle su verimliliği, atıksu yönetimi, iklim uyum planlarının uygulanması, doğa temelli çözümler ve kurumsal kapasite geliştirme çalışmalarında kullanılabilir.

- Yeşil İklim Fonu (Green Climate Fund, GCF):

Gelişmekte olan ülkelerin iklim değişikliğine uyum ve sera gazı azaltım projelerini destekleyen önemli uluslararası finansman mekanizmalarından biridir. Su güvenliği, kuraklıkla mücadele, iklim dirençli tarım, erken uyarı sistemleri ve ekosistem restorasyonu gibi alanlarda uzun vadeli finansman desteği sağlayabilir.

- IPA (Katılım Öncesi Yardım Aracı):

Türkiye'nin Avrupa Birliği ile uyum sürecinde yararlanabildiği IPA fonları; çevre altyapısı, su yönetimi, iklim değişikliğine uyum, kapasite geliştirme ve kurumsal güçlendirme alanlarında önemli destek sağlamaktadır. Van Gölü Kapalı Havzası için su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir yönetimi kapsamında IPA destekli projeler geliştirilebilir.

- Dünya Bankası finansmanı:

Dünya Bankası, iklim dirençliliği, sürdürülebilir su yönetimi, tarımsal verimlilik, afet risklerinin azaltılması ve kurumsal kapasite geliştirme alanlarında kredi ve teknik destek sağlamaktadır. Havza ölçeğinde su altyapısının modernizasyonu, dijital izleme sistemleri ve iklim uyum yatırımları için önemli bir finansman kaynağı olabilir.

- Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP):

UNDP, iklim değişikliğine uyum, doğal kaynak yönetimi, sürdürülebilir kalkınma ve yerel kapasite geliştirme konularında proje desteği sağlamaktadır. Özellikle yerel yönetimlerin, toplumların ve ilgili paydaşların iklim risklerine karşı güçlendirilmesine yönelik uygulamalarda önemli katkılar sunabilir.

- Küresel Çevre Fonu (Global Environment Facility, GEF):

GEF; biyolojik çeşitlilik, iklim değişikliği, arazi bozunumu, su kaynaklarının korunması ve ekosistem yönetimi alanlarında hibe destekleri sağlamaktadır. Van Gölü Kapalı Havzası'ndaki sulak alanların korunması, ekosistem restorasyonu ve doğa temelli çözümlerin uygulanması için uygun finansman olanakları sağlayabilir.

P2R yaklaşımı açısından iklim finansmanının etkin kullanımı için yalnızca kaynak sağlanması yeterli değildir. Projelerin havzanın gerçek ihtiyaçlarına göre önceliklendirilmesi, kurumlar arası koordinasyonun sağlanması, teknik kapasitenin geliştirilmesi ve uygulama sonuçlarının izlenmesi gerekmektedir. Ayrıca farklı finansman kaynaklarının birbirini tamamlayacak şekilde kullanılması, daha kapsamlı ve sürdürülebilir uyum programlarının geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

Van Gölü Kapalı Havzası özelinde iklim finansmanı;

- su verimliliği yatırımlarının desteklenmesi,
- modern sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması,
- yeraltı suyu izleme ağlarının geliştirilmesi,
- su kalite yönetiminin güçlendirilmesi,
- doğa temelli çözümlerin uygulanması,
- dijital su yönetimi altyapısının kurulması

gibi öncelikli alanlarda önemli bir fırsat oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, ulusal ve uluslararası iklim finansmanı mekanizmalarının etkin şekilde kullanılması, Van Gölü Kapalı Havzası'nın iklim değişikliğine karşı uyum kapasitesini artıracak ve P2R yaklaşımının uygulanabilirliğini güçlendirecektir.

2.3.5. Su verimliliği yatırımları

Van Gölü Kapalı Havzası'nda iklim değişikliği, artan su talebi ve kuraklık riskleri dikkate alındığında, mevcut su kaynaklarının daha etkin ve verimli kullanılması önemli bir uyum stratejisi olarak öne çıkmaktadır. Yeni su kaynakları geliştirmeye yönelik arz odaklı yaklaşımların yanı sıra, mevcut suyun kayıplarını azaltan ve kullanım etkinliğini artıran su verimliliği yatırımları, havzanın uzun dönemli su güvenliği açısından önemli fırsatlar sunmaktadır.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı kapsamında su verimliliği, yalnızca teknik bir iyileştirme değil, aynı zamanda iklim değişikliğine karşı ekonomik, ekolojik ve sosyal dirençliliği artıran bütüncül bir yönetim aracı olarak değerlendirilmektedir. Özellikle havzadaki en büyük su kullanıcısı olan tarım sektöründe uygulanacak verimlilik artırıcı teknolojiler, su talebinin azaltılmasına ve su kaynakları üzerindeki baskının hafifletilmesine önemli katkı sağlayacaktır.

Başlıca su verimliliği yatırımları aşağıdaki alanlarda değerlendirilebilir:

- Damla sulama sistemleri:

Damla sulama, suyun doğrudan bitki kök bölgesine kontrollü olarak verilmesini sağlayarak geleneksel sulama yöntemlerine göre önemli ölçüde su tasarrufu sağlamaktadır. Bu sistem sayesinde buharlaşma, yüzey akışı ve gereksiz derine sızma kayıpları azaltılmakta, bitkinin ihtiyaç duyduğu su daha etkin kullanılmaktadır. Özellikle su kısıtı bulunan bölgelerde ürün verimliliğinin korunmasına ve sulama suyu ihtiyacının azaltılmasına katkı sağlar.

- Yağmurlama sulama sistemleri:

Yağmurlama sulama, suyun kontrollü bir şekilde yağış benzeri dağıtılması esasına dayanmaktadır. Geleneksel sulamaya göre daha yüksek sulama randımanı sağlayan bu sistem, özellikle eğimli arazilerde ve su dağıtımının zor olduğu alanlarda önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, sistem tasarımının iklim koşulları, rüzgâr hızı ve bitki özelliklerine uygun yapılması gerekmektedir.

- Arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımı:

Kentsel ve endüstriyel kaynaklı arıtılmış atıksuların uygun kalite standartları sağlanarak tarımsal sulamada yeniden kullanılması, tatlı su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltabilecek önemli bir uygulamadır. Bu yaklaşım, su döngüsünün kapatılmasına katkı sağlayarak hem su kaynaklarının korunmasını hem de atıksu yönetiminin iyileştirilmesini sağlar.

- Yağmur suyu hasadı:

Yağmur suyu hasadı, yağış dönemlerinde oluşan yüzey akışlarının toplanarak daha sonra kullanılması veya yeraltı suyu beslenimini desteklemesi amacıyla uygulanabilir. Özellikle kurak ve yarı kurak iklim koşullarında yağışın zamansal düzensizliğini azaltmak ve yerel su kaynaklarını desteklemek açısından önemli bir yöntemdir. Kentsel alanlarda çatı sistemleri, kırsal alanlarda ise küçük ölçekli depolama yapıları ile uygulanabilir.

- Akıllı sulama sistemleri:

Akıllı sulama sistemleri; toprak nem sensörleri, meteorolojik veriler, uzaktan algılama ve otomatik kontrol teknolojilerini kullanarak bitkinin gerçek su ihtiyacına göre sulama yapılmasını sağlar. Bu sistemler gereksiz sulamanın önüne geçerek su tüketimini azaltırken, aynı zamanda enerji kullanımını ve üretim maliyetlerini de düşürmektedir. Dijital su yönetimi uygulamalarıyla entegre edildiğinde, havza ölçeğinde daha etkin sulama planlaması yapılmasına olanak sağlar.

P2R yaklaşımı açısından su verimliliği yatırımlarının yaygınlaştırılması için yalnızca teknolojik altyapının geliştirilmesi yeterli değildir. Çiftçilerin teknik bilgi kapasitesinin artırılması, finansal destek mekanizmalarının oluşturulması, sulama birliklerinin güçlendirilmesi ve su kullanımının izlenmesine yönelik sistemlerin kurulması gerekmektedir.

Van Gölü Kapalı Havzası'nda su verimliliği uygulamalarının artırılması;

- tarımsal su tüketiminin azaltılmasına,
- yeraltı suyu üzerindeki çekim baskısının düşürülmesine,

- kuraklık dönemlerinde su güvenliğinin artırılmasına,
- enerji tüketiminin azaltılmasına,
- tarımsal üretimin sürdürülebilirliğinin sağlanmasına

katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, su verimliliği yatırımları, Van Gölü Kapalı Havzası'nın iklim değişikliğine uyum kapasitesini güçlendiren, ekonomik fayda sağlayan ve doğal su kaynaklarının korunmasına katkıda bulunan temel fırsat alanlarından biri olarak değerlendirilmektedir.

2.3.6. Üniversite–kamu iş birlikleri

İklim değişikliğine uyum ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, çok disiplinli bilimsel bilgiye ve güçlü kurumsal iş birliğine ihtiyaç duyan karmaşık süreçlerdir. Bu nedenle üniversiteler, kamu kurumları, yerel yönetimler ve diğer paydaşlar arasındaki iş birlikleri, Van Gölü Kapalı Havzası'nın iklim dirençliliğinin artırılması açısından önemli bir fırsat alanı oluşturmaktadır.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı kapsamında üniversite–kamu iş birlikleri, bilimsel bilginin karar alma süreçlerine aktarılmasını, yerel ölçekte karşılaşılan sorunlara yönelik yenilikçi çözümler geliştirilmesini ve iklim uyum politikalarının daha etkin uygulanmasını sağlayan temel mekanizmalardan biridir.

Bölgede faaliyet gösteren üniversitelerin özellikle;

- hidrojeoloji,
- hidroloji,
- su kaynakları yönetimi,
- hidrojeokimya,
- iklim bilimi,
- uzaktan algılama,
- coğrafi bilgi sistemleri (CBS),
- ekoloji ve biyolojik çeşitlilik

alanlarındaki akademik bilgi birikimi, havza yönetimi için önemli bir bilimsel altyapı oluşturmaktadır.

Üniversiteler tarafından gerçekleştirilecek araştırmalar;

- yeraltı suyu rezervlerinin belirlenmesi,
- akiferlerin sürdürülebilir kullanım kapasitesinin değerlendirilmesi,
- iklim değişikliğinin su bütçesine etkilerinin modellenmesi,

- kuraklık ve taşkın risklerinin analiz edilmesi,
- su kalitesi değişimlerinin izlenmesi,
- kirlilik kaynaklarının belirlenmesi

gibi konularda karar vericilere bilimsel destek sağlayabilir.

Üniversite–kamu iş birlikleri kapsamında geliştirilecek karar destek sistemleri, farklı kaynaklardan elde edilen hidrolojik, meteorolojik ve çevresel verilerin birlikte değerlendirilmesine olanak sağlayabilir. Bu sistemler sayesinde su kaynaklarındaki değişimler daha erken belirlenebilir, geleceğe yönelik senaryolar oluşturulabilir ve yönetim kararları bilimsel verilere dayalı olarak alınabilir.

Bu iş birlikleri aynı zamanda;

- kamu kurumlarının teknik kapasitesinin geliştirilmesine,
- genç araştırmacıların havza sorunlarına yönelik çalışmalar yapmasına,
- yerel problemlere özgü yenilikçi çözümlerin geliştirilmesine,
- ulusal ve uluslararası proje kapasitelerinin artırılmasına

katkı sağlayacaktır.

Özellikle Van Gölü Kapalı Havzası gibi iklim değişikliği, su kıtlığı, su kalitesi bozulması ve yeraltı suyu baskıları gibi çok boyutlu sorunların bulunduğu alanlarda, üniversitelerin uzun dönemli izleme çalışmaları yürütmesi ve elde edilen sonuçların kamu politikalarına aktarılması büyük önem taşımaktadır.

P2R yaklaşımı açısından üniversite–kamu iş birliklerinin güçlendirilmesi;

- bilimsel bilgi ile uygulama arasındaki boşluğun azaltılmasına,
- iklim uyum stratejilerinin daha gerçekçi hazırlanmasına,
- havza ölçeğinde sürdürülebilir yönetim modellerinin geliştirilmesine

olanak sağlayacaktır.

Sonuç olarak, üniversitelerin sahip olduğu bilimsel kapasitenin kamu kurumlarının uygulama gücüyle birleştirilmesi, Van Gölü Kapalı Havzası'nın iklim değişikliğine karşı daha dirençli, bilgiye dayalı ve sürdürülebilir bir yönetim yapısına kavuşması açısından önemli bir fırsat olarak değerlendirilmektedir.

2.4.1. Kuraklık sıklığındaki artış

İklim değişikliğinin Van Gölü Kapalı Havzası üzerindeki en önemli tehditlerinden biri, kuraklık olaylarının sıklığı, süresi ve şiddetindeki artıştır. Havzanın kapalı havza özelliği taşıması ve su kaynaklarının sınırlı olması, kuraklık etkilerinin daha belirgin hissedilmesine neden olmaktadır. Yağış miktarındaki azalma, sıcaklık artışı ve buharlaşma oranlarındaki

yükselme, mevcut su kaynakları üzerindeki baskıyı artırarak hidrolojik sistemin dengesini olumsuz yönde etkileyebilir.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı kapsamında kuraklık, yalnızca geçici bir su kıtlığı problemi olarak değil, havzanın ekolojik, ekonomik ve sosyal sistemlerini etkileyen uzun dönemli bir iklim riski olarak değerlendirilmelidir.

Uzun süreli kuraklıkların başlıca etkileri aşağıdaki şekilde ortaya çıkabilir:

- Yüzey akımlarının azalması:

Yağış miktarındaki azalma ve kar örtüsünün erken erimesi, akarsu debilerinde düşüşlere neden olabilir. Özellikle ilkbahar ve yaz dönemlerinde yüzeysel akışların azalması, akarsu sistemlerinin sürekliliğini etkileyerek sulama, ekosistem ihtiyaçları ve su temini açısından önemli baskılar oluşturabilir. Akım rejimindeki değişimler, havzadaki küçük akarsuların ve sulak alanların su ile beslenmesini de azaltabilir.

- Yeraltı suyu besleniminin azalması:

Kurak dönemlerde yağışların azalması ve yüzey akışlarının zayıflaması, akiferlerin doğal beslenim miktarını düşürebilir. Yeraltı suları, özellikle kurak dönemlerde stratejik bir su kaynağı olarak önem taşıdığından, beslenim miktarındaki azalma uzun vadede yeraltı suyu seviyelerinde düşüşlere neden olabilir. Bu durum, kuyularda su seviyelerinin azalmasına, çekim maliyetlerinin artmasına ve sürdürülebilir kullanım kapasitesinin düşmesine yol açabilir.

- Sulak alanların olumsuz etkilenmesi:

Sulak alanlar, su depolama, biyolojik çeşitliliğin korunması ve su kalitesinin iyileştirilmesi açısından kritik ekosistemlerdir. Kuraklık nedeniyle su seviyelerinin azalması, sulak alanların küçülmesine, habitat kayıplarına ve ekolojik işlevlerin zayıflamasına neden olabilir. Özellikle suya bağımlı canlı türleri ve göçmen kuş habitatları bu durumdan olumsuz etkilenebilir.

Kuraklığın etkileri yalnızca doğal sistemlerle sınırlı kalmayıp tarım, hayvancılık ve yerel ekonomik faaliyetler üzerinde de önemli sonuçlar doğurabilir. Tarımsal sulama ihtiyacının artması, su kaynakları üzerindeki çekim baskısını artırarak yeraltı ve yüzey suyu kaynaklarının daha hızlı tükenmesine neden olabilir.

Bu nedenle Van Gölü Kapalı Havzası'nda kuraklık riskinin azaltılması için;

- kuraklık erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi,
- su bütçelerinin iklim senaryolarına göre düzenli olarak güncellenmesi,
- yeraltı suyu kullanımının sürdürülebilir sınırlar içerisinde yönetilmesi,
- su verimliliği uygulamalarının yaygınlaştırılması,
- sulak alan ve doğal beslenim alanlarının korunması

gerekmektedir.

P2R yaklaşımı açısından kuraklıkla mücadele, yalnızca kriz dönemlerinde alınacak önlemlerle değil, uzun vadeli uyum stratejileri ve dirençlilik planları ile ele alınmalıdır. Van Gölü Kapalı Havzası'nda iklim değişikliğine bağlı kuraklık risklerinin yönetilmesi, su güvenliğinin sağlanması ve ekosistemlerin korunması açısından temel önceliklerden biri olarak değerlendirilmektedir.

2.4.2. Kar örtüsünün azalması

Van Gölü Kapalı Havzası'nda kar örtüsü, hidrolojik sistemin önemli bileşenlerinden biridir. Özellikle yüksek rakımlı dağlık alanlarda biriken kar, kış döneminde doğal bir su depolama mekanizması oluşturarak ilkbahar ve erken yaz dönemlerinde erime yoluyla akarsuları ve yeraltı suyu sistemlerini beslemektedir. Bu nedenle kar örtüsündeki değişimler, havzanın mevsimsel su arzı üzerinde doğrudan etkili olan önemli iklim değişikliği tehditlerinden biridir.

İklim değişikliği ile birlikte artan sıcaklıklar, kar yağışı yerine yağmur şeklindeki yağışların artmasına, kar örtüsünün daha erken erimesine ve karın yerde kalma süresinin kısılmasına neden olabilir. Bu durum, karın doğal bir su depolama rezervi olarak işlevini azaltarak havzanın hidrolojik dengesini olumsuz etkileyebilir.

Kar örtüsünün azalmasının başlıca etkileri aşağıdaki şekilde değerlendirilebilir:

- İlkbahar akımlarının azalması:

Kar erimesi, Van Gölü Kapalı Havzası'ndaki birçok akarsuyun özellikle ilkbahar dönemindeki temel beslenme kaynaklarından biridir. Kar örtüsünün azalması veya daha erken dönemde erimesi, ilkbahar aylarında oluşan akım miktarını azaltabilir. Bu durum, tarımsal sulama döneminin başlangıcında su arzının azalmasına ve su talebi ile kullanılabilir su miktarı arasındaki dengenin bozulmasına neden olabilir.

- Mevsimsel su dağılımının değişmesi:

Karın daha erken erimesi, suyun yıl içerisindeki dağılımını değiştirebilir. Kış ve erken ilkbahar dönemlerinde kısa süreli yüksek akımlar oluşurken, yaz dönemlerinde su kaynaklarında azalma görülebilir. Bu durum, özellikle yaz aylarında sulama, ekosistem ihtiyaçları ve içme-kullanma suyu temini açısından ek baskılar oluşturabilir.

- Yeraltı suyu besleniminin etkilenmesi:

Kar erimesinden kaynaklanan yavaş ve sürekli infiltrasyon, birçok akifer sistemi için önemli bir doğal beslenme kaynağıdır. Kar örtüsündeki azalma ve hızlı erime, suyun toprağa sızmadan yüzeysel akışa geçmesine neden olarak yeraltı suyu yenilenmesini azaltabilir. Uzun vadede bu durum, yeraltı suyu seviyelerinde düşüş ve akiferlerin sürdürülebilir kullanım kapasitesinde azalma oluşturabilir.

- Ekosistemler üzerindeki etkiler:

Kar kaynaklı su girdilerinin azalması, akarsu ekosistemleri, sulak alanlar ve suya bağımlı habitatlar üzerinde baskı oluşturabilir. Özellikle yüksek dağlık alanlardan beslenen küçük akarsu sistemlerinde su sürekliliğinin azalması, biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetleri açısından risk oluşturabilir.

P2R yaklaşımı kapsamında kar örtüsündeki değişimler, yalnızca hidrolojik bir süreç olarak değil, havzanın iklim dirençliliğini etkileyen kritik bir gösterge olarak değerlendirilmelidir. Bu kapsamda;

- kar kalınlığı ve kar su eşdeğerinin düzenli izlenmesi,
- uydu verileri ve uzaktan algılama yöntemleriyle kar alanlarının takip edilmesi,
- iklim modelleri kullanılarak gelecekteki kar rejimi değişimlerinin belirlenmesi,
- su bütçesi hesaplamalarında kar erimesinin etkilerinin dikkate alınması

önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, Van Gölü Kapalı Havzası'nda kar örtüsünün azalması, özellikle ilkbahar ve yaz dönemlerindeki su arzını etkileyerek kuraklık riskini artırabilecek önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Kar kaynaklı su girdilerinin korunması ve değişen kar rejimine uyum sağlayacak yönetim stratejilerinin geliştirilmesi, havzanın uzun dönemli su güvenliği açısından kritik öneme sahiptir.

2.4.3. Artan su talebi

Van Gölü Kapalı Havzası'nda iklim değişikliğine bağlı olarak su kaynaklarının azalması riski devam ederken, aynı zamanda farklı sektörlerden kaynaklanan su talebinin artması gelecekte önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Su kaynakları üzerindeki baskı yalnızca iklim kaynaklı değişimlerden değil, nüfus artışı, kentleşme, ekonomik faaliyetlerin gelişmesi ve tarımsal üretim ihtiyaçlarının artması gibi sosyoekonomik faktörlerden de kaynaklanmaktadır.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı kapsamında artan su talebi, havzanın mevcut su arzı ile gelecekteki kullanım ihtiyaçları arasındaki dengenin korunması açısından kritik bir risk unsuru olarak değerlendirilmektedir. Su talebindeki artış, özellikle kurak dönemlerde yüzey ve yeraltı su kaynakları üzerinde aşırı kullanım baskısı oluşturabilir.

Artan su talebinin başlıca kaynakları aşağıdaki şekilde değerlendirilebilir:

- Nüfus artışı ve kentsel su ihtiyacının yükselmesi:

Nüfus artışı, içme ve kullanma suyu ihtiyacını doğrudan artırmaktadır. Kentleşmenin hızlanmasıyla birlikte konutlar, kamu hizmetleri, ticari faaliyetler ve altyapı sistemleri için daha fazla suya ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle kurak dönemlerde kentsel su talebinin artması, mevcut su kaynaklarının farklı kullanım alanları arasında paylaşımını zorlaştırabilir.

- Kentleşmenin su kaynakları üzerindeki etkisi:

Kentsel alanların genişlemesi, geçirimsiz yüzeylerin artmasına ve doğal infiltrasyon süreçlerinin azalmasına neden olabilir. Bu durum yağış sularının yeraltı suyunu besleme kapasitesini azaltırken, yüzeysel akış ve ani taşkın risklerini artırabilir. Ayrıca kentsel atıksu yüklerinin artması, uygun arıtma yapılmadığı durumlarda su kalitesi üzerinde baskı oluşturabilir.

- Sanayi ve ekonomik faaliyetlerden kaynaklanan su ihtiyacı:

Sanayi faaliyetlerinin gelişmesi, üretim süreçlerinde kullanılan su miktarını artırabilir. Endüstriyel kullanımlar, yalnızca su tüketimi açısından değil, aynı zamanda oluşabilecek atıksu yükleri nedeniyle su kalitesi açısından da önem taşımaktadır. Sanayi kaynaklı su kullanımının sürdürülebilir yönetimi için su verimliliği uygulamalarının ve geri kazanım sistemlerinin yaygınlaştırılması gerekmektedir.

- Tarımsal sulama talebindeki artış:

Van Gölü Kapalı Havzası'nda tarım sektörü, su kullanımında en önemli paya sahip sektörlerden biridir. Tarımsal üretimin artırılması amacıyla sulama alanlarının genişlemesi, özellikle kurak dönemlerde su kaynakları üzerindeki baskıyı artırabilir. Geleneksel sulama yöntemlerinin yaygın olması, su kayıplarını artırarak mevcut kaynakların daha hızlı tüketilmesine neden olmaktadır.

Artan su talebi ile birlikte ortaya çıkabilecek başlıca riskler şunlardır:

- yeraltı suyu seviyelerinde düşüş,
- akarsu debilerinde azalma,
- sulak alanların su ihtiyacının karşılanamaması,
- su kullanıcıları arasında rekabetin artması,
- su kalitesi bozulmalarının hızlanması,
- kuraklık dönemlerinde su güvenliğinin zayıflaması.

Bu nedenle P2R yaklaşımı kapsamında su talebinin yönetimi, yalnızca yeni su kaynakları geliştirme anlayışıyla değil, mevcut kaynakların daha verimli kullanılması ve kullanım önceliklerinin belirlenmesi yoluyla ele alınmalıdır.

Van Gölü Kapalı Havzası'nda artan su talebinin sürdürülebilir şekilde yönetilmesi için;

- tarımsal sulamada su verimliliğinin artırılması,
- kayıp ve kaçakların azaltılması,
- kentsel su kullanımında tasarruf uygulamalarının yaygınlaştırılması,
- endüstriyel su geri kazanım sistemlerinin geliştirilmesi,
- su tahsislerinin havza ölçeğinde planlanması

öncelikli uygulamalar arasında yer almalıdır.

Sonuç olarak, nüfus artışı, kentleşme, sanayi gelişimi ve tarımsal sulama ihtiyaçlarından kaynaklanan artan su talebi, Van Gölü Kapalı Havzası'nın gelecekteki su güvenliği açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu tehdidin azaltılması için arz-talep dengesini esas alan, su verimliliğini artıran ve iklim değişikliği senaryolarını dikkate alan bütüncül bir su yönetimi yaklaşımına ihtiyaç bulunmaktadır.

2.4.4. Yeraltı suyunun aşırı kullanımı

Yeraltı suları, Van Gölü Kapalı Havzası'nda özellikle kurak dönemlerde yüzey sularının yetersiz kaldığı zamanlarda önemli bir stratejik su kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ancak iklim değişikliği nedeniyle yağış rejimindeki değişimler, kurak dönemlerin uzaması ve su talebindeki artış, yeraltı suyu kaynakları üzerindeki kullanım baskısını artırmaktadır. Sürdürülebilir beslenme kapasitesinin üzerinde gerçekleşen kontrolsüz yeraltı suyu çekimleri, uzun vadede akifer sistemlerinin dengelerini bozabilecek önemli bir tehdit oluşturmaktadır.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı kapsamında yeraltı suyunun aşırı kullanımı, yalnızca bir su miktarı problemi olarak değil, hidrolojik sistemin bütünlüğünü, ekosistemleri ve su güvenliğini etkileyen çok boyutlu bir risk olarak değerlendirilmektedir.

Kontrolsüz yeraltı suyu çekimlerinin başlıca etkileri aşağıdaki şekilde ortaya çıkabilir:

- Yeraltı suyu seviyelerinde düşüş:

Akiferlerden doğal beslenme miktarından daha fazla su çekilmesi, zaman içerisinde yeraltı suyu seviyelerinin azalmasına neden olabilir. Su seviyelerindeki sürekli düşüş, kuyularda verim kayıplarına, daha derin sondaj ihtiyacına ve su temin maliyetlerinin artmasına yol açabilir. Özellikle tarımsal sulama amacıyla yoğun kullanılan alanlarda bu risk daha belirgin hale gelmektedir.

- Kaynak debilerinin azalması:

Yeraltı suları birçok kaynak, dere ve sulak alan sisteminin temel beslenme unsurlarından biridir. Akifer seviyelerindeki düşüş, yeraltı suyu ile yüzey suyu arasındaki bağlantıyı zayıflatarak kaynak debilerinin azalmasına neden olabilir. Bu durum özellikle kurak dönemlerde akarsu sürekliliğini ve ekolojik su ihtiyaçlarını olumsuz etkileyebilir.

- Ekosistem bozulmaları:

Yeraltı suyu seviyelerindeki azalma, yeraltı suyuna bağımlı ekosistemler üzerinde doğrudan baskı oluşturabilir. Sulak alanların kuruması, bitki topluluklarının değişmesi ve suya bağımlı canlı türlerinin yaşam alanlarının daralması, aşırı yeraltı suyu kullanımının önemli çevresel sonuçları arasında yer almaktadır.

- Su kalitesinde bozulma riski:

Aşırı çekimler, bazı bölgelerde akifer içindeki hidrojeokimyasal dengelerin değişmesine neden olabilir. Yeraltı suyu seviyesinin düşmesi, daha derindeki mineralize su kütlelerinin

sisteme karışmasına, çözünmüş madde konsantrasyonlarının artmasına veya kirleticilerin akifere taşınma riskinin yükselmesine neden olabilir.

- Akifer sürdürülebilirliğinin azalması:

Yeraltı suyu sistemleri uzun sürelerde yenilenen doğal kaynaklardır. Beslenim miktarının üzerinde yapılan çekimler, akiferlerin yenilenme kapasitesini azaltarak gelecekteki su güvenliğini tehdit edebilir. Bu durum özellikle kuraklık dönemlerinde alternatif su kaynaklarının sınırlı olduğu kapalı havzalarda daha kritik hale gelmektedir.

Van Gölü Kapalı Havzası'nda yeraltı suyu kullanımının sürdürülebilir yönetimi için;

- akiferlerin hidrojeolojik özelliklerinin ayrıntılı olarak belirlenmesi,
- yeraltı suyu seviyelerinin uzun dönemli izlenmesi,
- sürdürülebilir çekim miktarlarının hesaplanması,
- ruhsatsız ve kontrolsüz kuyuların denetlenmesi,
- tarımsal sulamada su verimliliğinin artırılması,
- yeraltı suyu beslenim alanlarının korunması

gerekmektedir.

P2R yaklaşımı açısından yeraltı suyunun korunması, havzanın iklim değişikliğine karşı dirençliliğinin temel unsurlarından biridir. Yeraltı suyu kaynaklarının miktar ve kalite açısından sürdürülebilir şekilde yönetilmesi, yalnızca mevcut su ihtiyacının karşılanmasını değil, aynı zamanda gelecek nesiller için güvenilir su kaynaklarının korunmasını sağlayacaktır.

Sonuç olarak, kontrolsüz yeraltı suyu çekimleri Van Gölü Kapalı Havzası'nda su güvenliği, ekosistem bütünlüğü ve iklim uyumu açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle yeraltı suyu yönetiminin bilimsel verilere dayalı, izleme temelli ve havza ölçekli bir yaklaşımla gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

2.4.5. Su kalitesinde bozulma

Van Gölü Kapalı Havzası'nda su kalitesi, iklim değişikliği, artan nüfus, tarımsal faaliyetler, hayvancılık, kentsel gelişim ve ekonomik faaliyetler nedeniyle giderek daha fazla baskı altında kalmaktadır. Kapalı havza özelliği nedeniyle dışa akışın sınırlı olması, kirleticilerin sistem içerisinde daha uzun süre kalmasına ve birikme eğilimi göstermesine neden olmaktadır. Bu durum, yüzey ve yeraltı su kaynaklarının kalitesinin korunmasını havzanın sürdürülebilir yönetimi açısından kritik bir konu haline getirmektedir.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı kapsamında su kalitesindeki bozulma, yalnızca çevresel bir sorun olarak değil; halk sağlığı, ekosistem sürdürülebilirliği, tarımsal üretim ve su güvenliği üzerinde etkili olan önemli bir iklim riski olarak değerlendirilmektedir.

Artan kirletici yüklerinin oluşturabileceği başlıca riskler aşağıdaki şekilde değerlendirilebilir:

- Ötrofikasyon riski:

Tarım alanlarından gelen gübre kaynaklı azot ve fosfor yükleri ile evsel atıksular, yüzey sularında besin elementi birikimini artırabilir. Bu durum alg çoğalması, sudaki çözünmüş oksijen seviyelerinin azalması ve sucul ekosistem dengesinin bozulması gibi süreçlere yol açabilir. Özellikle göl ve sulak alan sistemlerinde ötrofikasyon, su kalitesinin uzun dönemli bozulmasına ve biyolojik çeşitlilik kayıplarına neden olabilir.

- Ağır metal birikimi:

Madencilik faaliyetleri, endüstriyel kaynaklar, kentsel atıklar ve doğal jeolojik süreçler sonucunda ağır metaller su ortamlarına taşınabilir. Arsenik, kurşun, kadmiyum ve diğer iz elementlerin yüzey ve yeraltı sularında birikmesi, hem insan sağlığı hem de sucul canlılar açısından önemli riskler oluşturabilir. Özellikle yeraltı suyu sistemlerinde uzun süreli su-kaya etkileşimleri ve değişen redoks koşulları, bazı elementlerin çözünürlüğünü artırabilir.

- Nitrat kirliliği:

Tarımsal gübre kullanımı, hayvancılık faaliyetleri ve yetersiz atıksu yönetimi, yeraltı ve yüzey sularında nitrat konsantrasyonlarının artmasına neden olabilecek başlıca kaynaklardır. Nitrat kirliliği özellikle yoğun tarımsal faaliyetlerin bulunduğu alanlarda yeraltı suyu kalitesi açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Yüksek nitrat seviyeleri, içme suyu güvenliği açısından sağlık riskleri oluşturabileceğinden düzenli izleme gerektirmektedir.

- Mikrobiyolojik kirlenme:

Evsel atıksular, kanalizasyon sistemlerindeki yetersizlikler, hayvancılık faaliyetleri ve kontrolsüz atık deşarjları, su kaynaklarında mikrobiyolojik kirlilik riskini artırabilir. Bu tür kirleticiler özellikle yüzey sularında ve sığ yeraltı suyu sistemlerinde halk sağlığı açısından önemli sorunlara neden olabilir.

Su kalitesindeki bozulma risklerinin azaltılması için Van Gölü Kapalı Havzası'nda;

- evsel ve endüstriyel atıksu arıtma altyapısının geliştirilmesi,
- tarımsal gübre ve pestisit kullanımının kontrollü hale getirilmesi,
- hayvancılık kaynaklı atıkların uygun şekilde yönetilmesi,
- su kalite izleme ağlarının güçlendirilmesi,
- kirletici kaynakların havza ölçeğinde belirlenmesi,
- erken uyarı ve karar destek sistemlerinin geliştirilmesi

gerekmektedir.

P2R yaklaşımı açısından su kalitesinin korunması, yalnızca kirliliğin azaltılmasına yönelik önlemlerle değil, aynı zamanda kaynakların korunması, sürdürülebilir arazi kullanım planlaması ve doğal ekosistemlerin güçlendirilmesi ile birlikte ele alınmalıdır.

Sonuç olarak, artan kirletici yükleri Van Gölü Kapalı Havzası'nda ötrofikasyon, ağır metal birikimi, nitrat kirliliği ve mikrobiyolojik kirlenme gibi çok boyutlu riskleri artırmaktadır. Bu nedenle su kalitesinin korunması, havzanın iklim değişikliğine karşı dirençliliğini artıran temel yönetim önceliklerinden biri olarak değerlendirilmelidir.

2.4.6. Hidrolojik belirsizlikler

İklim değişikliği, Van Gölü Kapalı Havzası'nın hidrolojik sistemlerinde geleceğe yönelik önemli belirsizliklerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Sıcaklık artışları, yağış rejimindeki değişimler, kar örtüsündeki azalma ve ekstrem hidrolojik olayların sıklığındaki artış, havzanın su bütçesi üzerinde doğrudan etkili olabilecek temel faktörlerdir. Bu değişkenlikler, mevcut su kaynaklarının miktarının ve zamansal dağılımının öngörülmesini zorlaştırarak sürdürülebilir su yönetimi açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı kapsamında hidrolojik belirsizlikler, yalnızca gelecekteki su miktarının tahmin edilmesindeki zorluklar olarak değil, karar alma süreçlerinde esnek ve uyarlanabilir yönetim modellerinin geliştirilmesini gerektiren kritik bir risk alanı olarak değerlendirilmektedir.

Hidrolojik belirsizliklerin başlıca etkileri aşağıdaki şekilde açıklanabilir:

- Yağış rejimindeki değişimler:

İklim değişikliği, yağışların miktarı kadar mevsimsel dağılımını ve oluşum karakterini de değiştirebilir. Yağışların daha düzensiz hale gelmesi, uzun süreli kurak dönemlerin yanı sıra kısa süreli ancak yüksek şiddetli yağış olaylarının artmasına neden olabilir. Bu durum, su kaynaklarının doğal olarak yenilenme süreçlerini etkileyerek havzanın su arz güvenliğini zorlaştırabilir.

- Akım miktarındaki belirsizlikler:

Yağış, kar erimesi ve sıcaklık koşullarındaki değişimler, akarsu akımlarının miktarı ve zamanlaması üzerinde önemli etkiler oluşturabilir. Özellikle karla beslenen akarsularda erken kar erimesi, ilkbahar akımlarının azalmasına ve yaz döneminde su kıtlığı riskinin artmasına neden olabilir. Akım rejimindeki bu değişimler, tarımsal sulama planlaması, ekosistem su ihtiyaçları ve su tahsisleri açısından belirsizlik oluşturmaktadır.

- Ekstrem hidrolojik olayların artması:

İklim değişikliği, yalnızca kuraklık riskini değil, aynı zamanda ani ve aşırı yağış olaylarının görülme olasılığını da artırabilir. Kısa süreli yoğun yağışlar taşkın, erozyon ve yüzeysel kirletici taşınımı risklerini artırırken; uzun süreli kuraklıklar su kaynaklarında ciddi azalmaya neden olabilir. Bu iki zıt hidrolojik durumun birlikte görülmesi, geleneksel su yönetimi yaklaşımlarının etkinliğini azaltabilir.

- Su bütçesi ve planlama süreçlerinde belirsizlik:

Gelecekteki yağış, buharlaşma, yüzey akışı ve yeraltı suyu beslenimi süreçlerindeki değişimler, havzanın su bütçesinin güvenilir şekilde hesaplanmasını zorlaştırabilir. Bu nedenle

mevcut su yönetimi planlarının yalnızca geçmiş hidrolojik verilere değil, farklı iklim senaryolarına dayalı dinamik değerlendirmelere göre güncellenmesi gerekmektedir.

Hidrolojik belirsizliklerin azaltılması ve iklim dirençliliğinin artırılması için;

- uzun dönemli hidrolojik ve meteorolojik izleme ağlarının güçlendirilmesi,
- iklim modelleri ve hidrolojik modellerin birlikte kullanılması,
- gerçek zamanlı veri tabanlarının oluşturulması,
- kuraklık ve taşkın erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi,
- su yönetimi planlarının farklı iklim senaryolarına göre esnek hale getirilmesi

öncelikli uygulamalar arasında yer almalıdır.

P2R yaklaşımı açısından Van Gölü Kapalı Havzası'nda hidrolojik belirsizliklerin yönetimi, gelecekte ortaya çıkabilecek değişimlere karşı uyarlanabilir ve esnek bir su yönetim sistemi oluşturulmasını gerektirmektedir. Bu kapsamda belirsizliklerin tamamen ortadan kaldırılması mümkün olmasa da, gelişmiş izleme sistemleri, bilimsel modelleme ve senaryo tabanlı planlama ile etkilerinin azaltılması mümkündür.

Sonuç olarak, yağış rejimi, akım miktarı ve ekstrem hidrolojik olaylardaki belirsizliklerin artması, Van Gölü Kapalı Havzası'nın su güvenliği açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle geleceğe yönelik su yönetimi stratejilerinin belirsizlikleri dikkate alan, esnek ve uyarlanabilir bir yaklaşım temelinde geliştirilmesi gerekmektedir.

2.4.7. Kurumsal ve ekonomik riskler

Van Gölü Kapalı Havzası'nda iklim değişikliğine karşı dirençlilik oluşturulması, yalnızca teknik ve ekolojik önlemlerle değil, aynı zamanda güçlü kurumsal yapı, sürdürülebilir finansman mekanizmaları ve etkin yönetim süreçleriyle mümkündür. Ancak iklim uyum yatırımlarının yüksek maliyetli olması, finansman kaynaklarının sınırlı kalması ve kurumlar arasında yeterli koordinasyonun sağlanamaması, havzada uygulanması planlanan dirençlilik stratejileri açısından önemli riskler oluşturmaktadır.

P2R (Pathways to Resilience) yaklaşımı kapsamında kurumsal ve ekonomik riskler, iklim değişikliğine uyum kapasitesini belirleyen temel unsurlardan biri olarak değerlendirilmektedir. Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, farklı kurumların ortak hedefler doğrultusunda hareket etmesini, veri paylaşımını ve uzun vadeli yatırım planlamasını gerektirmektedir.

Kurumsal ve ekonomik risklerin başlıca etkileri aşağıdaki şekilde değerlendirilebilir:

- İklim uyum yatırımlarında finansman yetersizliği:

Su kaynaklarının korunması, altyapının iyileştirilmesi, dijital izleme sistemlerinin kurulması, atıksu yönetiminin geliştirilmesi ve doğa temelli çözümlerin uygulanması önemli finansal kaynak gerektirmektedir. Yeterli ve sürdürülebilir finansman sağlanamaması durumunda, planlanan uyum projeleri gecikebilir veya yalnızca sınırlı ölçekte uygulanabilir.

Özellikle;

- su verimliliği yatırımları,
- modern sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması,
- yeraltı suyu izleme ağlarının geliştirilmesi,
- su kalite kontrol altyapısının güçlendirilmesi,
- sulak alan restorasyon projeleri

uzun vadeli finansman gerektiren başlıca uygulama alanlarıdır.

- Kurumlar arası koordinasyon eksikliği:

Van Gölü Kapalı Havzası'nda su yönetimi; DSI, Tarım ve Orman Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, yerel yönetimler, üniversiteler ve diğer paydaşların ortak çalışmasını gerektiren çok disiplinli bir süreçtir.

Farklı kurumların veri üretimi, planlama ve uygulama süreçlerinde yeterli koordinasyon sağlayamaması;

- karar alma süreçlerinin yavaşlamasına,
- kaynakların etkin kullanılamamasına,
- mükerrer çalışmaların oluşmasına,
- havza ölçekli yönetim yaklaşımlarının zayıflamasına

neden olabilir.

- Veri paylaşımı ve kurumsal kapasite sorunları:

İklim uyumu için gerekli olan hidrolojik, meteorolojik, hidrojeolojik ve sosyoekonomik verilerin farklı kurumlarda dağınık halde bulunması, bütüncül değerlendirme yapılmasını zorlaştırabilir. Ayrıca bazı kurumlarda teknik personel, uzmanlık ve finansal kapasite eksiklikleri, uzun dönemli izleme ve uygulama süreçlerini sınırlandırabilir.

- Kısa vadeli planlama yaklaşımı:

İklim değişikliğine uyum çalışmaları uzun vadeli süreçler gerektirmektedir. Ancak yatırım kararlarının kısa dönemli ekonomik önceliklere göre şekillenmesi, sürdürülebilir olmayan uygulamaların devam etmesine neden olabilir. Özellikle su kaynakları yönetiminde yalnızca mevcut ihtiyaçlara yönelik çözümler geliştirilmesi, gelecekte artan iklim risklerine karşı yeterli direnç oluşturmayabilir.

Kurumsal ve ekonomik risklerin azaltılması için;

- havza ölçeğinde güçlü bir yönetim mekanizmasının oluşturulması,
- kurumlar arası veri paylaşım platformlarının geliştirilmesi,

- iklim uyum yatırımları için sürdürülebilir finansman kaynaklarının çeşitlendirilmesi,
- ulusal ve uluslararası iklim fonlarından etkin yararlanılması,
- yerel yönetimlerin teknik ve kurumsal kapasitesinin artırılması,
- üniversite-kamu-özel sektör iş birliklerinin güçlendirilmesi

gerekmektedir.

P2R yaklaşımı açısından dirençlilik yalnızca fiziksel altyapının geliştirilmesiyle değil, aynı zamanda kurumların değişen koşullara uyum sağlama kapasitesinin artırılmasıyla mümkündür. Bu nedenle Van Gölü Kapalı Havzası'nda iklim değişikliğine yönelik stratejilerin başarılı olabilmesi için güçlü yönetim, yeterli finansman ve etkin koordinasyon temel öncelikler arasında yer almalıdır.

Sonuç olarak, finansman yetersizlikleri ve kurumsal koordinasyon eksiklikleri, havzanın iklim değişikliğine karşı dirençlilik kapasitesini sınırlayabilecek önemli tehditlerdir. Bu risklerin azaltılması, uzun vadeli, bütünsel ve paydaş katılımlı bir yönetim anlayışının uygulanmasına bağlıdır.

Kaynaklar

Adıyaman, M. A. (2026). Van Gölü Havzasının Ekolojik Geleceği Üzerine Etik-Politik Bir Perspektif. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Vangölü Havzası Özel Sayısı (2)*, 246-258. <https://doi.org/10.53568/yyusbed.1678756>

Kocabaş, H. M., Mut, R., Karakelle, E., & Kivilcim, M. (2025). İklim Değişikliğine Uyum Bağlamında Su Yönetiminde Güncel Yaklaşımlar: Hollanda, İspanya ve Çin Halk Cumhuriyeti Örneklerinin İncelenmesi. *JENAS Journal of Environmental and Natural Studies*, 7(2), 142-169.

Koyuncu, B., Karakılçık, Y. (2018). Van Gölü Havzasının Yönetiminden Sorumlu Olan Paydaşlar. *Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 4(2), 20-36. <https://doi.org/10.29131/uiibd.483101>

Koyuncu, B., & Karakılçık, Y. (2019). Van Gölü Havzasının Yönetimsel Sorunları Üzerine Teorik Bir İnceleme *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(27), 170-187. <https://doi.org/10.20875/makusobed.515600>

Selçuk, S. F., & Cebeci, M. S. (2025). Yukarı Kızılırmak Havzasında Hidrolojik Kuraklık Eğilimleri: SSP2 ve SSP5 Senaryolarının Karşılaştırılması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Mühendislik Ve Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1), 16-28. <https://izlik.org/JA89UC45LX>

Şirin, U., Karaman, S., Tüfenkçi, S. (2019). Application of Totaliter Basin Management System in Van Lake Basin. *Turkish Journal of Agriculture -Food Science and Technology*, 7(sp3): 17-22.

Tekoğul, H. (2023). Investigation of Fisheries Production in Van Province Between 2000-2021. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(7): 1245-1252.

Tulan Işıldar, H., & Yalçın Ercoşkun, Ö. (2021). Göller Yöresinde Sürdürülebilirlik ve Dirençlilik. *Journal of Management Theory and Practices Research*, 2(2), 89-116. <https://izlik.org/JA83NL99EA>

Reçber, Z., & Safa, M. (2025). Su Ekosistemleri ve İklim Değişikliği: Entegre Bir Yaklaşımla Etkilerin Değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30(3), 1166-1187. <https://doi.org/10.53433/yyufbed.1747095>