

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ**  
**ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ'NE**

Bu belge ile, bu uzmanlık tezinde bütün bilgileri akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak hazırlayıp sunduğumu beyan ederim.

Bu kural ve ilkelerin gereği olarak, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçları andığımı ve kaynağını gösterdiğimi ayrıca beyan ederim. (02.09.2015)

Tezi Hazırlayan Uzman Yardımcısı

Simge TEKİÇ RAHMANALR

02.09.2015

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

HAZIRLAYAN  
SİMGE TEKİÇ RAHMANLAR

ENTEĞRE HAVZA YÖNETİMİNDE  
KARAR DESTEK SİSTEMİ OLARAK  
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

TEZ DANIŞMANI  
DOÇ.DR. FÜSUN BALIK ŞANLI

BU TEZ ORMAN VE SU İŞLERİ UZMAN YÖNETMELİĞİ GEREĞİ  
HAZIRLANMIŞ OLUP JÜRİMİZ TARAFINDAN UZMANLIK TEZİ  
OLARAK KABUL EDİLMİŞTİR.

TEZ JÜRİSİ BAŞKANI : PROF.DR. CUMALİ KINACI .....  
ÜYE : HÜSEYİN AKBAŞ .....  
ÜYE : BİLAL DİKMEN .....  
ÜYE : MARUF ARAS .....  
ÜYE : TANER KİMENÇE .....

ANKARA 2015

**T. C.  
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**

**ENTEGRE HAVZA YÖNETİMİNDE KARAR DESTEK SİSTEMİ OLARAK  
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ**

**- UZMANLIK TEZİ -**

**HAZIRLAYAN: SİMGE TEKİÇ RAHMANLAR**

**ANKARA – 2015**

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca anlayış ve değerlendirmeleriyle katkılarını esirgemeyen Su Yönetimi Genel Müdürü Sayın Cumali KINACI'ya;

Veri konusunda her türlü desteği sağlayan Su Yönetimi Genel Müdür Yardımcısı Sayın Yakup KARAASLAN ve Su Kalitesi Yönetimi Daire Başkanı'na;

Tez fikrinin geliştirilmesinden çalışmanın her aşamasında değerli katkıları ve yönlendirmelerini esirgemeyen Daire Başkanım Sayın Taner KİMENÇE ve Şube Müdürüm Sayın Ercan BAYRAK'a;

Tez yazımının tüm aşamalarına engin bilgi ve birikimiyle katkılar veren, yorum ve görüşleriyle yönlendirmeler yapan, özveri ve sabırla elinden gelen her türlü desteği gösteren değerli Tez Danışmanım Sayın Füsun BALIK ŞANLI'ya;

Görüş ve değerlendirmeleriyle bu çalışmanın ilerlemesine ve son şeklini almasına imkân sağlayan Sayın Ufuk ŞAHİN ve Sayın Yusuf EŞİDİR'e;

Yeraltı suyu modeli kurulum sürecinde, kuyular ile ilgili bilgi ve deneyimini paylaşarak teze yön veren DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı Şube Müdürü Sayın Murat Mert TOKLU'ya; Mühendis Sayın Çiğdem YÜCEL'e ve Mühendis Ubeyd SEZER'e;

Kalkınma Bakanlığı'nın konu ile ilgili görüşlerini benimle paylaşan Sayın Ertuğrul BOZA'ya;

Tez'in hazırlanma sürecinde, beni teknik bilgi'den çok moral ve motivasyona ihtiyacım olduğuna inandıran sevgili arkadaşlarım Sayın Ertuğrul KAHVECİ'ye, Sayın Fatma SAĞDIÇ'a, Sayın Nuray AYTEN'e, Sayın Cahit YAYAN'a ve Tuba ÖZDEMİR'e;

Tez sunumumu hazırlarken yardımlarını esirgemeyen Ahmet Vehbi MUSLU'ya, Burak EKİNCİ'ye ve Altunkaya ÇAVUŞ'a;

Bu aşamaya gelene kadar üzerimde emeği olan ve çalışma süresince desteklerini esirgemeyen değerli Havza Yönetimi Daire Başkanlığı çalışanlarına ve çalışmaya katkı verip de isimlerini burada saymadığım tüm arkadaşlarıma;

Tezin başından itibaren hiç eksiltmediği desteği ve katkılarından dolayı ilk öğretmenim, sevgili annem Gönül DÜZGÜN'e;

Her konuda olduğu gibi tez çalışmamda da bana destek olan yol arkadaşım sevgili eşim Musa RAHMANLAR'a;

en içten sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.



## ÖZET

### Uzmanlık Tezi

## ENTEĞRE HAVZA YÖNETİMİNDE KARAR DESTEK SİSTEMİ OLARAK COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

**Simge RAHMANLAR**

Su, insan hayatının yeryüzündeki idamesi için vazgeçilmez ihtiyaçlarından biridir. Su, toprak ve diğer doğal kaynaklar birbirleriyle etkileşim içerisinde olup, herhangi birine verilecek zarar tüm kaynakları etkilemektedir. Dolayısıyla, su kaynaklarında meydana gelen problemlerin çözümünün entegre olmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, su kaynakları yönetiminde etkin, eşit ve sürdürülebilir gelişim ve yönetim için uluslararası alanda entegre su yönetimi kabul görmektedir. Entegre su kaynakları yönetimi (ESKY) planlamalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) oldukça etkili bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Söz konusu sistem, havzanın alansal boyutta değerlendirilmesini sağlayarak gerekli verileri depolar, görüntüler, mekânsal analizini yapar ve uydu görüntüleri gibi diğer kaynaklardan elde edilen çeşitli formatlardaki çok katmanlı bilgilerin entegrasyonunu sağlayarak karar vericiler için karar destek mekanizması oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, uygulama alanı olarak seçilen Akarçay Havzası'nda uydu görüntülerinin de kullanımıyla mekânsal karar destek sistemlerinin sağlayabileceği faydayı göstermek adına basit ama faydalı modeller oluşturulmuştur. Akarçay Havzası'nın CBS ve uzaktan algılama teknolojileri ile morfolojik özellikleri belirlenerek hidrolojik modellemesi yapılmıştır. Akarçay Havzasının alt havzalarından biri seçilerek mevcut su potansiyeli belirlenmiştir. Kuyu seviyeleri kullanılarak jeostatistik tekniklerinden biri olan Kriging yöntemiyle, tüm havzanın yeraltı suyu yüzey haritası ArcGIS yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Yağış ve yeraltı suyu ilişkisine dair ampirik formüller ile süzülme miktarları hesaplanmıştır. Havzada yer almakta olan kuyu verileri ile yağışa bağlı yeraltı suyu seviyesi modeli ortaya konmuştur. Söz konusu model ile yağışlı ve kurak dönemlerdeki su seviyesi tahmin edilmiş bu iki dönem kıyaslanarak yağışa göre en hassas bölgeler belirlenmiştir.

Bu çalışmanın asıl amacı dünyada karar destek sisteminde etkin bir araç olarak kullanılan CBS'nin Türkiye'de havza yönetim aracı olarak uygulanabilirliğinin gösterilmesidir. Aynı zamanda bu çalışma ile Türkiye'de yatırım planlaması konusunda CBS'nin zaman ve para tasarrufu sağlayacağına gösterilmesi hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Coğrafi Bilgi Sistemleri, Entegre Su Kaynakları Yönetimi, Akarçay Havzası, Karar Destek Sistemi, Kriging, Havza Yönetimi, Mekansal Karar Destek Sistemi.

## ABSTRACT

### Expertise Thesis

## ENTEĞRE HAVZA YÖNETİMİNDE KARAR DESTEK SİSTEMİ OLARAK COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

Simge RAHMANLAR

Water is one of the indispensable needs for human life on earth. Water, soil and other natural resources have an interaction with each other. Damaging one resource effects whole. Therefore, water resources management has to be planned as integrated. Integrated water resources management has been internationally accepted for equal, sustainable and effective water resources management. Geographical Information System (GIS) with its capability of integration and analysis of spatial, nonspatial multi-layered information obtained in a wide variety of formats both from remote sensing and other sources has proved to be an effective decision support tool in planning for Integrated Water Resources Management (IWRM).

In this study, basic and useful mathematical models were constructed with the help of satellite images for showing benefits of GIS as an spatial decision support tool in Akarçay Basin which was selected as study area. With the help of GIS and remote sensing techniques morphological characteristics of the basin was defined and hydrological model was created. The flow for the one of the sub basin of the Akarçay basin was calculated. Kriging method as a geostatistical analysis was used to interpolate depth of the wells, to map the ground water surface. Infiltration rate and empirical formulas were calculated for the relationship for between rainfall and ground water. Precipitation based water table model was constructed by using well data in the catchment area. This model helps defining sensitive areas by comparing watertable levels of low and high precipitation seasons.

Main aim of this study is showing applicability of GIS, which is an effective tool for desicion support systems around the world, as a basin management tool in Turkey. Using GIS tool for investment decisions will provide saving time and money thanks to high accuracy rate.

**Keywords:** Geographical Information System, Integrated Water Resources Management, Akarçay Basin, Decision Support Tool, Kriging, Watershed Management, Spatial Decision Support Tool.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa no.</u>
TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
TABLolar .....	viii
ŞEKİLLER.....	ix
GRAFİKLER .....	xi
KISALTMALAR .....	xii
GİRİŞ .....	1
1. SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ VE ENTEGRE HAVZA YÖNETİMİ.....	3
1.1. Su Kaynakları Yönetimi.....	6
1.2. Entegre Su Havzası Yönetimi .....	10
1.3. Avrupa Birliği'nde Entegre Havza Yönetimi.....	14
1.3.1. Su Çerçeve Direktifi'nin Hedefleri .....	15
1.3.2. Su Çerçeve Direktifi'ne Göre Havza Yönetimi Yaklaşımı.....	15
1.3.3. Su Çerçeve Direktifi'nde Havzaların Belirlenmesi ve İdari Koordinasyon .....	15
1.4. Dünyada Entegre Havza Yönetim .....	17
1.4.1. Entegre Su Kaynakları Yönetim Eğilimi .....	17
1.4.2. Entegre Havza Yönetiminin Katkıları.....	19
2. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE MEKÂNSAL KARAR DESTEK SİSTEMLERİ .....	21
2.1. Coğrafi Bilgi Sistemi.....	21
2.1.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri Yapısı .....	22
2.1.2. Veri Depolama Formatları .....	23
2.1.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Genel Fonksiyonları .....	24
2.2. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Havza Yönetimi.....	25
2.2.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin Havza Yönetiminde Avantajları .....	25

2.2.2.	Nehir Havza Yönetimi ve Bütüncül Veritabanı .....	26
2.2.3.	Coğrafi Bilgi Sistemi ile Entegre Havza Yönetiminin Uygulanması ..	30
2.3.	Avrupa Birliği'nde Coğrafi Bilgi Sistemleri .....	31
2.4.	Mekansal Karar Destek Sistemleri ve Coğrafi Bilgi Sistemi .....	33
2.4.1.	Karar Destek Sistemleri .....	33
2.4.2.	Mekansal Karar Destek Sistemleri.....	35
2.4.3.	Coğrafi Bilgi Sisteminin Mekansal Karar Destek Sistemleri ile İlişkisi.....	37
2.5.	..... Dünya'da Havza Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulama Örnekleri.....	37
2.5.1.	Kakund Havzası, HİNDİSTAN .....	38
2.5.2.	Bistrita Akarsu Havzası, ROMANYA.....	40
2.5.3.	Rechna Doab Havzası, PAKİSTAN .....	43
2.5.4.	Yialias Havzası, GÜNEY KIBRIS .....	45
2.5.5.	Maumee Havzası, AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ.....	48
3.	TÜRKİYE'DE ENTEGRE HAVZA YÖNETİMİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ .....	52
3.1.	Suyun Mevcut Durumu .....	52
3.1.1.	Suyun Kullanımı .....	52
3.1.2.	Su Mevzuatı ve İlgili Kurumlar .....	58
3.1.3.	Ulusal Su Politikası.....	67
3.2.	Entegre Havza Yönetimi .....	69
3.3.	Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	75
4.	TÜRKİYE'DE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ YARDIMI İLE ENTEGRE SU KAYNAKLARI YÖNETİM ÖRNEK ÇALIŞMASI.....	82
4.1.	Çalışma Alanı: Akarçay Havzası.....	83
4.2.	Havza'nın Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanımı.....	86
4.2.1.	Sayısal Yükseklik Modeli .....	87
4.2.2.	Eğim .....	88
4.2.3.	Bakı .....	89

4.2.4.	Arazi Kullanım Özellikleri.....	90
4.3.	Havzanın Hidrolojik Analizi .....	91
4.3.1.	Su Akış İstikameti ve Akış Toplamı .....	92
4.3.2.	Alt Havzaların Oluşturulması .....	94
4.4.	Havzadaki Su Potansiyelinin Belirlenmesi .....	95
4.5.	Yeraltı Suyu Süzülmesinin Hesaplanması .....	100
4.6.	Coğrafi Bilgi Sistemi ile Yeraltı Suyu Seviyesinin Modellenmesi .....	105
4.6.1.	Yeraltı Su Seviye Tahmin Modeli .....	107
4.6.2.	Geleceğe Yönelik Tahmin Senaryoları .....	109
5.	SONUÇLAR.....	118
6.	ÖNERİLER.....	120
7.	REFERANSLAR.....	125
	DİZİN.....	136

## TABLolar

	<u>Sayfa no.</u>
Tablo 1.1. İsrail'in şimdiki ve gelecekteki su kaynakları (milyon m <sup>3</sup> ).....	20
Tablo 3.1. Türkiye'de Su ile İlgili Mevzuat .....	64
Tablo 4.1. Akarçay Havzası Genel Karakteristik Değerleri .....	84
Tablo 4.2. Eğim Derecesine Bağlı Yüzde Değişimi .....	89
Tablo 4.3. Akarçay Havzasında Yer Almakta Olan Meteorolojik İstasyonlar .....	97
Tablo 4.4. Model Tarafından Hesaplanan Yıllara Göre Süzülme Miktarı.....	104

## ŞEKİLLER

Sayfa no.

Şekil 1.1. Dünya’da Su Stres İndikatörleri.....	4
Şekil 1.2. Entegre Havza Yönetimi Aşamaları .....	13
Şekil 1.3. Havza Yönetimi Yaklaşımı.....	16
Şekil 2.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Bileşenleri .....	21
Şekil 2.2. Mekânsal ve Tanımlayıcı Verilerin Gösterimi .....	22
Şekil 2.3. Coğrafi Verilerin Raster ve Vektör Veri Üzerinde Görünümü .....	23
Şekil 2.4. Entegre Veritabanı Gelişimi ve KDS İçin Kavramsal Çerçeve .....	28
Şekil 2.5. CBS ile Entegre Veri Tabanı Geliştirilme Metodu .....	29
Şekil 2.6. Sürdürülebilir Havza Yönetim Sistematiği.....	30
Şekil 2.7. KDS’nin Temel Bileşenleri .....	34
Şekil 2.8. Mekansal Karar Destek Sistemi Bileşenleri .....	35
Şekil 2.9. Çalışma Alanı: Bharatpur Bölgesi .....	38
Şekil 2.10. Çalışma Alanı: Bistrita Nehri Bölgesi .....	41
Şekil 2.11. Bistria Havzasında İlişkisel Yapıda Bulunan Katmanlar .....	42
Şekil 2.12. Rechna Doab Yerleşim Haritası, Pakistan .....	44
Şekil 2.13. Kıbrıs Adası Yialias Haritası .....	45
Şekil 2.14. RUSLE ve AHP Modelleri Kullanılarak Oluşturulan Erozyon Risk Haritası .....	46
Şekil 2.15. ALOS PALSAR Görüntüleri İle Tespit Edilmiş Yağış Haritası .....	47
Şekil 2.16. Manuee Nehir Havzası Haritası.....	48
Şekil 2.17. Manuee CBS projesi websitesi .....	50
Şekil 3.1. Ülkemizde Su Yönetim Organizasyonu.....	66
Şekil 3.2. Türkiye’deki 25 Nehir Havzası .....	72
Şekil 3.3. TUCBS Temel Veri Temaları .....	81
Şekil 4.1. Akarçay Havzası Fiziki Haritası .....	83
Şekil 4.2. Akarçay Havzası Sayısal Yükseklik Modeli .....	87
Şekil 4.3. Akarçay Havzası Eğim (Sağdaki) - Bakı (Soldaki) Haritaları .....	90
Şekil 4.4. Akarçay Havzası Arazi Kullanım Haritası .....	91



Şekil 4.5. Hücreleri Ait Yükseklik Değerleri, Akım Yönleri ve Arc Hydro Programında Kullanılacak Veri Tablosu.....	92
Şekil 4.6. Akım Yönleri .....	92
Şekil 4.7. Su Akış İstikameti Haritası .....	93
Şekil 4.8. Su Akış Toplam Haritası <sup>41</sup> .....	93
Şekil 4.9. Sırasıyla Su Toplama Alanları, Alt Havza Sınırları, Drenaj Ağı .....	94
Şekil 4.10. Su Potansiyeli Belirlenmesi Uygulamasının Akış Şeması.....	95
Şekil 4.11. Uygulama Havzası Olan Kali Çayı SYM .....	96
Şekil 4.12. Kali Havzası Ocak Ayı Yağış Dağılımı .....	98
Şekil 4.13. Su Döngüsü.....	100
Şekil 4.14. Yağışlı Dönemlerde Yeraltısuyu Değişimi .....	101
Şekil 4.15. Akarçay Havzasında Yer Almakta Olan Kuyular .....	106
Şekil 4.16. Akarçay Havzasında Hesaplanan Yeraltı Suyu Haritası .....	107
Şekil 4.17. Akarçay Havzası Kurak Dönem Tahmini Yeraltı Suyu Seviyesi .....	110
Şekil 4.18. 20 yıl İçerisinde Meydana Gelebilecek En Kurak Dönem Su Seviyesi Yağış Minimum, Buharlaşma Maksimum .....	111
Şekil 4.19. Akarçay Havzası Yağışlı Dönem Tahmini Yeraltı Suyu Seviyesi .....	112
Şekil 4.20. 20 Yıl İçerisinde Meydana Gelebilecek En Yağışlı Dönem Su Seviyesi .....	113
Şekil 4.21. Akarçay Havzası Yağmursuyu Hassaslık Derecesi .....	114
Şekil 4.22. 2000-1970 Yılları Arasındaki Yeraltısuyu Düşüm Değerleri .....	115

## GRAFİKLER

	<u>Sayfa no.</u>
Grafik 1.1. Dünya’da Sektörlere Göre Su Kullanımı.....	3
Grafik 1.2. Türkiye’de Sektörlere Göre Su Kullanımı.....	5
Grafik 1.3. Entegre Su Kaynakları Yönetimi.....	9
Grafik 3.1.Yıllara Göre Sulama Suyu Miktarları (DSİ, 2015).....	52
Grafik 3.2. Belediyeler Tarafından Çekilen Su Miktarı ve Kişi Başı Su Tüketimi ..	53
Grafik 3.3. Yıllara Göre İçmesuyu Hizmeti Verilen Nüfus Sayısı ve Oranı .....	53
Grafik 3.4. Yıllara Göre Kanalizasyon Hizmeti Verilen Nüfus Sayısı ve Oranı .....	54
Grafik 3.5. Yıllara Göre Hidroelektrik Enerji Ve Toplam Enerji Değişimi ve Hidroelektrik Enerjinin Toplam Enerjiye Oranı .....	55
Grafik 3.6. Türkiyenin Hidroelektrik Potansiyeli <sup>26</sup> .....	55
Grafik 3.7. Sektörlere Göre DSİ’nin ayırdığı yatırım payı .....	56
Grafik 3.8. Havza Koruma Eylem Planlarına Göre Atıksu Arıtım Tesisi Yatırım İhtiyacı.....	57
Grafik 4.1. Akarçay Havzası Aylara Göre Yağış ve Sıcaklık Ortalaması .....	85
Grafik 4.2. Aylara göre Kali Çayı havzası Yağış (mm) Akım(m <sup>3</sup> /s) Grafiği .....	98
Grafik 4.3. Oluşturulan Model ile Yağışın İlişkisi.....	99
Grafik 4.4. Toplam Yağış ile Yeraltı Minimum Eğim Ve Maksimum Seviye Arasındaki Fark .....	102
Grafik 4.5. DSİ 726 Numaralı Kuyu Seviyesi ve Yağış Arasındaki İlişki .....	102
Grafik 4.6. Yıllara Göre Kuyu Seviye Farkının Hesabı .....	103
Grafik 4.7. Korkmaz (1988)’e göre Oluşturulan Ampirik Denklem ile Gerçek Değerlerin Kıyaslanması .....	103
Grafik 4.8. Yeraltı Suyu Akışı ve Buharlaştırma, Yüzey Akışı Grafiği.....	104
Grafik 4.9. Model Kalibrasyonu .....	108
Grafik 4.10. Model Validasyonu .....	109

## KISALTMALAR

AAT	Atıksu Arıtma Tesisi
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AGİ	Akım Gözlem İstasyonu
BM	Birleşmiş Milletler
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CORINE	Çevresel Bilgilerin Koordinasyonu Projesi
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EC	Avrupa Komisyonu
EHY	Entegre Havza Yönetimi
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
GPS	Küresel Konum Belirleme Sistemi
HES	Hidroelektrik Santrali
HGK	Harita Genel Komutanlığı
HKEP	Havza Koruma Eylem Planı
HYH	Havza Yönetim Heyetleri
INSPIRE	Avrupa Birliği Konumsal Veri Altyapısı
ISO	Uluslararası Standartlar Teşkilatı

KDS	Karar Destek Sistemleri
KHK	Kanun Hükümünde Kararname
MGM	Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
MKDS	Mekansal Karar Destek Sistemi
MTA	Maden Tektik ve Arama Genel Müdürlüğü
NHYP	Nehir Havza Yönetim Planları
OGC	Açık Coğrafi Bilgi Konsorsiyumu
ORBİS	Orman Bilgi Sistemi
OSİB	Orman ve Su İşleri Bakanlığı
SÇD	Su Çerçeve Direktifi
SKD	Sürdürülebilir Kalkınma Derneği
SUEN	Türkiye Su Enstitüsü
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
SYKK	Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
TAKBİS	Tapu Kadastro Bilgi Sistemi
TKGM	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
TMMOB	Türkiye Mimarlar Mühendisler Odası Birliği
TUCBS	Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Projesi
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UA	Uzaktan Algılama
UHYSEP	Ulusal Havza Yönetim Stratejisi ve Eylem Planı
UKVA	Ulusal Konumsal Veri Altyapısı

UNESCO

Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü

USEPA

Amerika Birleşik Devletleri Koruma Ajansı

## GİRİŞ

Tüm yaşam formları için hayati öneme sahip olan suya ihtiyaç duyulan anda, miktarda ve kalitede erişim tüm canlıların ortak hakkıdır. Dünya yüzey alanının üçte ikisinden fazlasını yerküre üzerinde yer alan su kaynakları kaplamaktadır. Ancak bu suyun sadece yüzde 0,83'ü içmesuyu olarak kullanılabilir (İlhan, 2011).

Su kaynakları dağılımı yalnızca bulunduğu karasal alan büyüklüğüne bağlı olmayıp, bu dağılımda hidrolojik ve demografik parametreler de önemli rol oynamaktadır. 2010 yılı verileri göz önüne alındığında kişi başına düşen tatlı su kaynakları 3.209,46 m<sup>3</sup> brüt, 1.534,18 m<sup>3</sup> faydalanabilir su potansiyeline sahip Türkiye'nin; 7.837,38 m<sup>3</sup> su potansiyel ortalamasına sahip Avrupa Birliği (AB) ortalamasının altında olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu durum Falkenmark<sup>1</sup> göstergesine göre ülkemizi faydalanabilir su potansiyeli açısından su baskısı sınıfında yer alan ülkeler arasına sokmaktadır. 2025 yılına gelindiğinde Türkiye, hidrolojik döngüde herhangi bir kırılma olmayacağı düşünülürse Falkenmark göstergesi' ne göre su kıtlığı eşiğine yaklaşacaktır (Köle, 2014).

Su kaynaklarının bilinçsiz şekilde kullanımı ve iklim değişikliği, miktarsal bir değişim beklenmeyen tatlı su kaynaklarında, alansal ve miktarsal değişimlerin ortaya çıkma riskini de arttırmaktadır (Köle, 2014). Bu sebeple, Türkiye'nin elindeki mevcut kaynakları en optimize şekilde, en güncel veriler ve teknolojiler ile yönetmesi gerekmektedir. Bu çalışmada Türkiye'de Entegre Havza Yönetimi'nin incelenmesi ve karar destek mekanizması olarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)'nin kullanımı konusu araştırılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde öncelikle kavramsal bir çerçeve oluşturulması amacıyla su kaynakları yönetimi ve entegre havza yönetimi konuları incelenmiş, AB ve dünyadaki su yönetimi uygulamaları irdelenmiştir. Entegre Havza Yönetimin tüm

---

<sup>1</sup> Falkenmark ve ark.(1989) su kıtlığı eşiğini tanımlamak için "Falkenmark su stres indisi" adını verdikleri bir gösterge geliştirmişlerdir. Bu göstergeye göre bir ülkede kişi başına yıllık su arzı 1700 m<sup>3</sup> altında ise o ülkede su kıtlığı var demektir. Eğer su arzı bu miktarın üzerinde ise su kıtlığı çok nadirdir veya bu problem sadece birkaç küçük alanda görülmektedir. Su arzı kişi başına yılda 1700 m<sup>3</sup> 'ün altında olan bir ülke ise mevsimlik veya sürekli su stresi ile karşı karşıyadır. Eğer su arzı 1000 m<sup>3</sup> 'ün altına düşerse insanın yaşam koşullarında sıkıntılar ve su kıtlığı baş gösterir. Eğer su arzı 500 m<sup>3</sup> ün altına düşerse insan yaşamında ciddi sıkıntılar ortaya çıkar ki, bu mutlak su kıtlığı olarak nitelendirilmektedir.

dünyada kabul gören yönetim biçimi olduğunu göstermek adına dünyada sağladığı fayda ekonomik açıdan değerlendirilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde entegre havza yönetimi ve karar destek sistemlerinde coğrafi bilgi sistemi teknolojilerinin sağladığı fayda, uygulama alanları ve Türkiye'ye uygulanabilir model hakkında fikir vermesi amacıyla dünya örnekleri incelenmiştir.

Üçüncü bölümde ise Türkiyedeki mevcut durum mevzuat ve ilgili kurumlar Türkiyenin su politikası ve Türkiye'nin entegre havza yönetiminde hangi aşamada olduğu araştırılmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde ise Türkiye'de örnek bir havza uygulama alanı olarak seçilerek seçilmiş, söz konusu havzanın morfolojik özellikleri CBS ve uzaktan algılama teknolojileri kullanılarak belirlenmiştir. Daha sonra oluşturulan CBS altyapısına basit matematiksel modeller ve Kriging yöntemi uygulanarak karar vericiler için mevcut durum değerlendirilmesi ve ileriye yönelik tahmin yapılması sağlanmıştır.

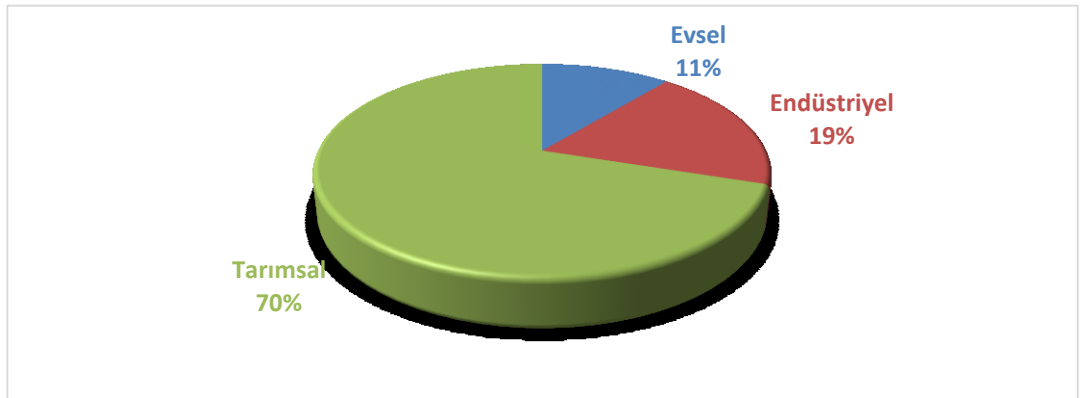
Çalışmanın sonuç kısmında ise Türkiye'de oluşturulacak entegre yönetim modeli'ne CBS ile nasıl katkı sağlanacağından bahsedilmiş, CBS ile Entegre Yönetim konusunda neler yapılabileceği, nelerin eksik olduğu Türkiye'nin ihtiyaçları konusu vurgulanmıştır.

## 1. SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ VE ENTEGRE HAVZA YÖNETİMİ

Bu bölümde, yeryüzünde yaşamın sürdürülebilmesi için gerekli temel unsur olan ve dünya tarihinde uygarlıkların istikametini tayin etmiş, fiziksel, kültürel ve ekonomik gelişmelerinde önemli rol oynamış, suyun yönetimine dair genel eğilim irdelenmiştir.

Doğal denge içerisinde su kaynaklarının günümüz talepleri ve gelecek nesillerin ihtiyaçları gözetilerek etkin bir şekilde yönetilmesine su kaynakları yönetimi denir. Söz konusu yönetim, sürdürülebilir kalkınmanın temel taşlarını oluşturan çevre, toplum ve ekonomi faktörlerinin gözetilerek su kaynaklarının planlı bir şekilde geliştirilmesi, korunması, kullanılması ve tahsis edilmesini içermektedir (Meriç, 2004).

Su kaynaklarının dünyada kullanımları incelenerek Grafik 1.1 elde edilmiştir. Dünyada suyun büyük kısmı tarım sektöründe kullanılmaktadır. Su kullanımını gelişmişlik seviyesine göre değerlendirecek olursak gelişmekte olan ülkelerde tarımsal su kullanımı yüksek iken gelişmiş ülkelerde bu oran düşmekte; tarımsal tüketimin yerini endüstriyel kullanım almaktadır. Örnek vermek gerekirse, Batı Avrupa’da endüstriyel su kullanımı yüzde 72 seviyelerinde iken, Güney Asya’ da tarımsal su kullanımı yüzde 91 seviyesindedir (FAO, 2014).



**Grafik 1.1.** Dünya’da Sektörlere Göre Su Kullanımı <sup>2</sup>

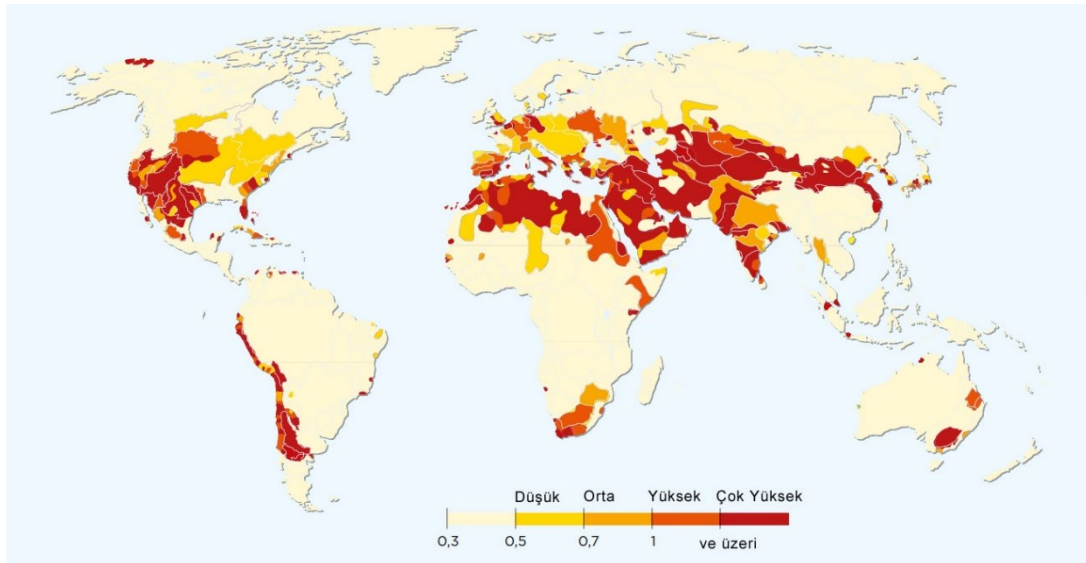
Yapılan araştırmalar gelişmiş ülkelerde, su yönetiminin ne kadar önemli olduğunun farkına varıldığı; gelişmekte olan ülkelerde ise böylesi bir farkındalıktan

<sup>2</sup> FAO, 2014.



uzak olunduğu, su potansiyelinin sabit kalmasına rağmen, tarımsal üretim talebinin artacağını göstermektedir. Bu sebeple su yönetimi konusunun, su yönetimine önem vermeyen ülkelerin dahi gündeminde olması beklenmektedir (Aküzüm vd., 2010).

Yıllık yenilenebilir tatlı su miktarı bir ülkede su kaynaklarının yeterli olup olmadığının en belirgin göstergesidir. Su kullanım kategorilerine göre 1000 m<sup>3</sup> altı ülkeler “su fakiri”, 1000-3000 m<sup>3</sup> arası “su stresi çeken ülke”, 3.000 m<sup>3</sup> üzeri ise “su zengini” olarak sınıflandırılmaktadır. Kalkınma Bakanlığı tarafından hazırlanan 2015 yılı programına göre 2030 yılında kişi başına düşen 1.100 m<sup>3</sup> kullanılabilir su miktarıyla, Türkiye'nin su sıkıntısı çeken bir ülke durumuna gelebileğinden bahsedilmiştir (Çınar vd., 2006; Küçük ,2007; Çakmak vd., 2006; Kalkınma Bakanlığı, 2014b). Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*, UNESCO) tarafından hazırlanmış olan raporda benzer sonuçlar elde edilmiş (Şekil 1.1), Türkiye'nin bazı bölgeleri su stres indeksine göre çok yüksek değerlere sahipken geneli itibarıyla stres göstergeleri orta ve üzeri çıkmıştır (UNESCO, 2012).

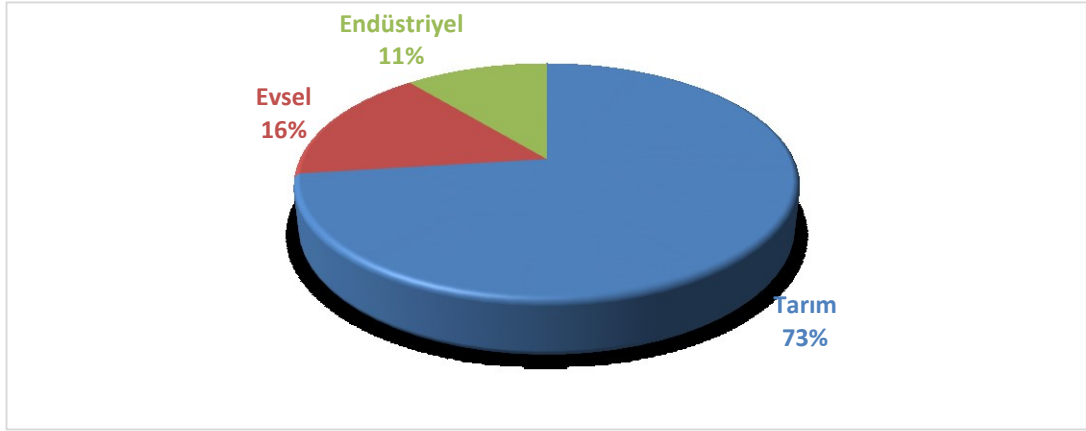


**Şekil 1.1.** Dünya’da Su Stres İndikatörleri <sup>3</sup>

Ülkemizde mevcut 112 milyar m<sup>3</sup> kullanılabilir su kaynağından yararlanma oranı yaklaşık yüzde 39 olup, Grafik 1.2.’de gösterildiği üzere bu kaynağın 32 milyar

<sup>3</sup> UNESCO,2012.

m<sup>3</sup>'ü sulamada, 7 milyar m<sup>3</sup>'ü içme ve kullanmada, 5 milyar m<sup>3</sup>'ü sanayide kullanılmaktadır (Kalkınma Bakanlığı, 2014b).



**Grafik 1.2.** Türkiye’de Sektörlere Göre Su Kullanımı <sup>4</sup>

Türkiye 1981-2010 periyodu yıllık alansal yağış normali 574 mm ile 800 mm olan dünya yıllık yağış ortalamasının altındadır. Tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 km<sup>3</sup> olan Türkiye’ nin, 1990-2010 yılları arasında tüketilen toplam su miktarında yüzde 40,5 oranında artış yaşanmıştır. Dolayısıyla gelecek 25 yıl içinde ihtiyaç duyulacak su miktarının, günümüzdeki su tüketiminin üç katı olacağı varsayılmakta ve 2023 yılına kadar toplam kullanılabilir su potansiyelinin tamamını kullanması hedeflenmektedir (ÇŞB, 2011; MGM, 2015).

Artan su ihtiyacının karşılanması su kaynakları üzerinde baskı oluşturmaktadır. Söz konusu baskılar, Türkiye’deki 25 havzanın nüfusu ve yağış potansiyeli birbirinden farklılık gösterdiği için havzalar arasında farklı yoğunluklarda hissedilmektedir. Türkiye’de toplam yıllık su akış miktarının yarısı 25 havzanın 5 inde bulunmaktadır. Bu havzalar; Fırat-Dicle, Doğu Karadeniz, Doğu Akdeniz, Antalya ve Batı Karadeniz dir. Toplam nüfusun yüzde 28’inin yaşadığı Marmara Havzası su akışının yüzde 4’lük kısmına sahiptir (DSİ, 2015). Çoruh, Batı Akdeniz ve Antalya havzaları su zenginiyken; Marmara, Küçük Menderes ve Asi havzaları ise su fakiridir. Meriç-Ergene Havzası’nda durum su kıtlığı sınırındadır. İklim değişikliği tahminlerine bakıldığında ise Fırat-Dicle Havzası ve Seyhan Havzası, yağış ve sıcaklık değerleri

<sup>4</sup> Kalkınma Bakanlığı, 2014b.

açısından su sorunu yaşamayı beklenen havzalar olarak karşımıza çıkmaktadır (SKD Türkiye, 2014).

Bu çerçevede, Türkiye'nin gelecek yıllar içerisinde su sorunları ile karşılaşması muhtemeldir dolayısıyla akılcı, sürdürülebilir su yönetimine ihtiyacı vardır.

### **1.1. Su Kaynakları Yönetimi**

Tarih içinde en ilkel kabilelerden bu yana çok değerli kabul edilen su kaynağının kullanımı toplumlar arasında anlaşmazlıklara, hatta savaflara yol açmış, yeterli su kaynağını sağlayamayan çoğu uygarlık ya daha uygun yerlere göç etmiş; ya da yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmıştır. Günümüzde teknoloji ne kadar ilerlemiş olsa da su kaynakları konusundaki anlaşmazlıklar gerek toplum gerekse de ülkeler arasında çözümü karmaşık problemler olarak uluslararası politikalarda dahi önemli rol oynamaktadır (Meriç, 2004).

Günümüzde su kaynakları yönetiminin en öncelikli sorunu, kısıtlı su kaynakları ile artan su talebini karşılamaktır. Suya olan talebin sürekli olarak artması, mevcut kaynakların gün geçtikçe azalması, su kaynaklarının verimli kullanımı için suyun yönetimini zorunlu hale getirmiştir (Kalkınma Bakanlığı, 2014a).

İnsani ihtiyaçların ve yaşamın devam etmesi için zorunlu gereksinimlerin karşılandıktan sonra diğer ihtiyaçların giderilmesi, su yönetiminde ülkeler tarafından kabul görmüş bir öncelik olarak karşımıza çıkmaktadır. Onuncu Kalkınma Planında bu önceliklendirme sırasıyla içme ve kullanma suyu, hayvanlar ve doğal hayat, tarımsal üretim, enerji ve sanayi, ticaret turizm olarak sıralanmıştır (Kalkınma Bakanlığı, 2014c).

Geçmişe bakacak olursak 1970'lerden itibaren uluslararası platformlarda suyun yönetimi ile ilgili genel ilkeler oluşturabilmek amacıyla çalışmalara başlanmıştır. Suyun etkin kullanımı ve ihtiyaçların karşılanması ile ilgili politikalar Dünyada gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler tarafından benimsenmiştir (Çınar vd., 2006).

Su yönetiminde büyük su projelerinin hayata geçirilmesinde finans kaynaklarının yetersiz kalması ile 1970'li yıllarda baş gösteren yoğun çevre hareketleri

su yönetiminde önemli dönüşümlere sebep olmuştur. Havza yönetimi kavramı, ilk olarak 1970’li yıllarda gelişmekte olan ülkelerde aşağı havza kaynaklarının ve yüksek arazilerdeki doğal kaynak yönetiminde yapılan iyileştirmeler ile korunması için tasarlanan programlarla öne çıkmıştır. Havza yönetimi yaklaşımları zaman içerisinde kurak alanlarda da denenmiştir Küresel düzeyde su politikalarının oluşturulmasında, 1972 yılında Stockholm’de yapılan BM İnsan Çevre Konferansı ile başlayıp Dublin Su ve Çevre Konferansı, Rio Kalkınma ve Çevre Konferansı, Gündem 21, Binyıl Kalkınma Hedefleri, Sürdürülebilir Kalkınma Dünya Zirvesi ve Dünya Su Forumları gibi konferanslar önemli köşe taşları olarak görülmektedir (Çınar vd., 2006; Dünya Bankası, 2008).

Su konusu, “Su, toprak hava ve doğal ekosistemlerin gelecek nesiller için planlama ya da yönetim yoluyla korunması” şeklinde 1972 yılında Stockholm’de yapılan BM İnsan Çevresi Konferansı sonuçlarında çevre ile ilgili 26 ilkeden yalnızca birinde yer almıştır (TMMOB, 2009). Sanayi devrimi ile birlikte genişleyen suyun kullanım amaçları temel ihtiyaçları karşılamanın yanı sıra enerji üretimi ve endüstriyel amaçlı kullanımlar ülkelerin suya verdiği değeri arttırmıştır. Bu çerçevede, enerji, gıda, içme ve kullanma amaçlı su taleplerini karşılamaya yönelik çok sayıda baraj ve sulama kanallarını içeren su kaynakları yönetimi anlayışı sanayileşmekte olan ülkeler tarafından benimsenmiştir. Su konusundaki ilk konferans olan 1977 yılında Mar Del Plata’da (Arjantin) toplanan BM Su Konferans metninde “sosyo-ekonomik koşullar ve kalkınma düzeyi ne olursa olsun, bütün halkların temel ihtiyacını karşılayacak miktar ve kalitede suya ulaşma hakları vardır” denmiştir (Kalkınma Bakanlığı, 2014a). UNESCO Dünya Su Programı bu konferansın ardından başlamış ve “Uluslararası İçme Suyu ihtiyacı ve Suyun Kalitesinin Bozulması Deklarasyonu” 1980 yılında BM Genel Kurulu tarafından yayımlanmıştır (Kayır, 2002). İçme suyuna erişimin bir insan hakkı olduğu sonucu bahse konu konferansın en önemli çıktılarında biri olmuştur.

1990’lı yılların başından itibaren ise genel anlamda kaynakların korunmasına ek olarak geçim kaynaklarının iyileştirilmesi ve yoksulluğun azaltılmasının hedeflendiği yeni havza yönetim projeleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Tarımsal, endüstriyel ve evsel su kullanımlarında daha çok tasarrufun, daha çok su kullanımına imkân vereceği 1992 yılında Dublin’de gerçekleştirilen Uluslararası Su ve Çevre Konferansı’nda belirtilmiştir. Özet olarak, “suyun ekonomik bir mal” olduğu kararı

benimsenmiştir. Bu karar ile birlikte kamu hizmeti anlayışı dışına çıkılarak, su piyasa koşullarına açılmıştır (TMH, 2009; Dünya Bankası, 2008).

1992 yılında düzenlenen Rio Zirvesi olarak bilinen BM Çevre ve Kalkınma Konferansı, su ile ilgili programlar arasındaki bağların güçlendirilmesine, sektörler arasında eşgüdüm sağlayacak yaklaşımlar geliştirilmesine, su kaynakları yönetiminin iyileştirilmesinde çevresel etkilerin ve gelişme fırsatlarının göz önüne alınmasına ve suyun ekonomik bir mal olarak değerlendirilmesine dikkat çekmiştir. Rio Zirvesi'nin sonuçlarından olan “Gündem 21” eylem planında, bütünleşik su kaynakları yönetiminin geliştirilmesi gerektiği ifade edilmiştir (Kalkınma Bakanlığı, 2014a).

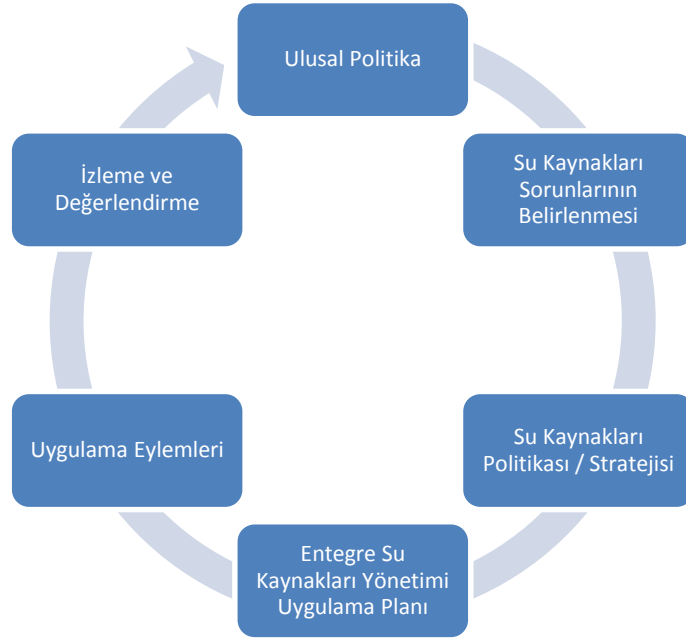
1997 yılında su ile ilgili sorunları ele almak için Su Forumları başlatılmıştır. 2000 yılında Hollanda'da yapılan İkinci Dünya Su Forumu, gıda ve çevre güvenliği için su güvenliğinin önemini ortaya koymuştur. Uluslararası havzalarda işbirliğini artırarak suyun bilinçli ve etkin kullanılmasının önemi belirtilmiştir. Forumun anahtar mesajı “su herkesi ilgilendirir” söylemi olmuştur (Kalkınma Bakanlığı, 2014a).

2001 yılında Almanya'nın Bonn kentinde düzenlenen “Sürdürülebilir Kalkınma'nın Anahtarı: Su” konferansında altyapı ve sağlığa uygunluk ihtiyacı karşılanmadıkça sürdürülebilir kalkınma sağlanamayacağından bahsedilmiştir (Kalkınma Bakanlığı, 2014a).

Küresel ölçekte su kaynaklarıyla ilgili en önemli kararların alındığı 2000 yılında düzenlenen BM Binyıl Konseyi'nde oluşturulan Binyıl Kalkınma Hedefi'nde 2015 yılına kadar sağlıklı içme suyuna sürdürülebilir erişimi olmayan insanların oranını yarıya indirmek amacı belirtilmiştir (DPT, 2010). Bu anlamda su yönetimi, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesinde önemli bir yaklaşım olarak kabul edilmiştir.

Uluslararası kuruluşlar tarafından yapılan konferanslar ve sunulan raporlar, su kaynaklarının karşılaştığı tehlikeleri tanımlamaktadırlar. Aynı zamanda, su kıtlığı yaklaşımı doğrultusunda, su kirliliği ve bunun beraberinde getirdiği olumsuzluklar çerçevesinde su yönetiminin küresel bir sorun olduğu sonucunu ortaya koymaktadırlar. İlk zamanlarda su yönetiminin temelinde, kamu kuruluşlarının suyu ekonomik bir mal gibi yönetmelerini sağlayacak tedbirler yer almakta iken, günümüzde, suyun yönetiminde kamu kurumlarının olumsuzluklarından söz edilerek,

özellikle 2009 yılında İstanbul’da düzenlenen 5. Dünya Su Forumunda gündemde yer alan özel sektörlerin de etkinliğinin artırılması politikası ağırlık kazanmaktadır.



**Grafik 1.3.** Entegre Su Kaynakları Yönetimi <sup>5</sup>

Özetlemek gerekirse su kaynakları yönetiminde dünyada yapılan çalışmalar iki konu üzerinde odaklanmıştır: Havza bazlı yönetim ve sürdürülebilirlik. Havza bazında ele alınmayan projelerin başarısı, makro çerçevede bakılmamasından dolayı sınırlı seviyede kalmaktadır. Havza ölçeğinde su kaynaklarında gerek miktar gerekse nitelik olarak meydana gelen değişikliklerin gözlenmesi, herhangi bir olumsuz durumda gerekli önlemlerin alınması açısından da avantaj sağlamaktadır. Sürdürülebilirlik ise gelecek nesillere kullanılan ekosistemin değer kaybetmeden devredilmesi olarak ifade edilebilir (Meriç, 2004). 1992 yılından bu yana Dünya’da düzenlenen konferanslarda kaynak yönetiminin de havza bazında ve diğer doğal kaynaklarla “entegre” biçimde gerçekleştirilmesi gerektiği, su kaynaklarının çevre bütünü içerisinde değerlendirilmesi zorunluluğu vurgulanmıştır (Harmancıoğlu vd., 2002). Grafik 1.3’te Birleşmiş Milletler (BM) tarafından hazırlanmış olan raporda entegre su kaynakları yönetimi uygulamasının aşamaları ve izlenecek yol belirtilmiştir.

<sup>5</sup> UN-Water, 2008.

## 1.2. Entegre Su Havzası Yönetimi

Su kaynakları çevresel faktörlerden en çok etkilenen doğal kaynak tipi olmasından dolayı, su, hava, toprak gibi doğal kaynaklar açısından bir bütün oluşturan “çevre” olgusu içerisinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Başka bir deyişle havza bazında ve diğer doğal kaynaklarla “entegre” biçimde yönetilmesi günümüzde gelişen su yönetimi yaklaşımı olarak karşımıza çıkmaktadır (Harmancıoğlu vd., 2002).

Entegre havza yönetimi; “bir nehir havzasındaki doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve planlamasının koordine edilmesi” ve su kaynaklarının, ilgi gruplarının katılımıyla, havza ölçeğinde ele alındığı bir planlama anlayışıdır. Entegre havza yönetimi, günümüzde tüm dünyada su kaynaklarının planlanması ve yönetiminde yeni bir yaklaşım olarak ele alınmaktadır. Bu yaklaşımda, tüm kesimlerin görüş, beklenti ve amaçlarını dengeleyecek bir planlama, organizasyon ve kontrol mekanizması uygulanması esas alınmaktadır (Karaer, 2014).

Literatürde Grigg (1999), Entegre havza yönetiminin tüm su kullanıcıları tarafından sahiplenilerek, onların ihtiyaçlarına göre planlanması ve kontrol edilmesinin gerekliliğini vurgulamıştır. Cobourn (1999) ise kuruluşlar ve organizasyonlar arasındaki koordinasyona dikkat çekmiştir. Koç ve ark. (2010) ise havza sınırları içerisinde yerüstü ve yeraltı sularını, su ve toprak kaynaklarını birlikte ele alan; havzanın memba ve mansabı arasındaki ilişkileri, suyu farklı yerde farklı amaçlarla kullanan ve yönetenlerin arasındaki ilişkileri, suya gereksinim duyan ekosistemlerin suyla olan ilişkileri gibi temel ilişkilerin belirlenmesini ve bu ilişkiler arasında işbirliği sağlayacak yasal ve kurumsal mekanizmalar oluşturulmasını entegre havza yönetimi olarak tanımlamışlardır.

Entegre Havza yönetimini gerekli kılan üç neden mevcuttur:

Birincisi: Hava, toprak, su gibi birbirleriyle sürekli etkileşim halinde olan kaynaklar tarafından oluşturulan çevre bir bütündür. Bu kapsamda, kaynaklardan birine yapılan müdahale diğer kaynakları da etkilemektedir. Özetle; su kaynaklarının diğer çevresel faktörlerle ve havza bazında yönetimi kaçınılmazdır (Kalkınma Bakanlığı, 2014a).

İkincisi; günümüzde ana politika haline gelen çevresel sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınmadır. Havza gelişiminin politik, ekonomik, sosyal, yasal, idari unsurlarla beraber, bütüncül bir biçimde ele alınması gereklidir. Aksi takdirde hızlı ekonomik gelişim neticesinde çevrede onarılamaz hasarlar meydana gelmektedir (Kalkınma Bakanlığı, 2014a).

Üçüncüsü ise küresel iklim değişikliğidir. Tüm çevresel kaynaklar iklim değişikliğinden etkilenmekte ve bu etkileşimleri birbirlerine yansıtmaktadırlar. Böylece bütüncül kaynak yönetimi zorunlu hale gelmektedir (Kalkınma Bakanlığı, 2014a).

Entegre kelimesi entegrasyon, başka bir deyişle bütünleşme kavramlarını ifade etmektedir. Havza bazında bütünleşme ise aşağıdaki faktörler ile ifade edilebilir:

- Çevresel ortamların entegrasyonu (hava, su, toprak, yüzeysel sular, yeraltı suyu, arazi kullanımı, erozyon, sulak alanlar, kıyılar vs. ve bunların etkileşimleri)
- Çevresel faktörlerle sosyal, ekonomik, politik, kurumsal ve yasal unsurların entegrasyonu (Sürdürülebilirlik)
- Disiplinlerin entegrasyonu
- Aktörlerin entegrasyonu (Koordinasyon)
- Mali kaynakların entegrasyonu
- Yönetim araçlarının entegrasyonu (Karar destek sistemleri (KDS), veri tabanları, modeller, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), uzman sistemler)
- İklim değişikliği etkileri, risk ve belirsizliklerin tanımlanması (Kalkınma Bakanlığı, 2014a).

Aşama aşama entegre havza yönetimini inceleyecek olursak, bir akarsu havzasının bütüncül bir yaklaşımla yönetilmesi hedeflendiğinde öncelikle havzanın su kaynakları açısından problemlerinin tanımlanması ve bu problemlere göre bir yönetim belirlenmesi gerekmektedir. Politika analizi gerektiren böyle bir çalışmada toplumun her kesimini, farklı disiplinleri ve kurumları ilgilendiren çeşitli hedeflerin ve amaçların değerlendirilmesi gerekmektedir. Ortaya çıkan amaçların çokluğu belirlenen hedeflere ulaşmayı daha da zor hale getirmektedir. Bu çerçevede havza yönetiminden sorumlu

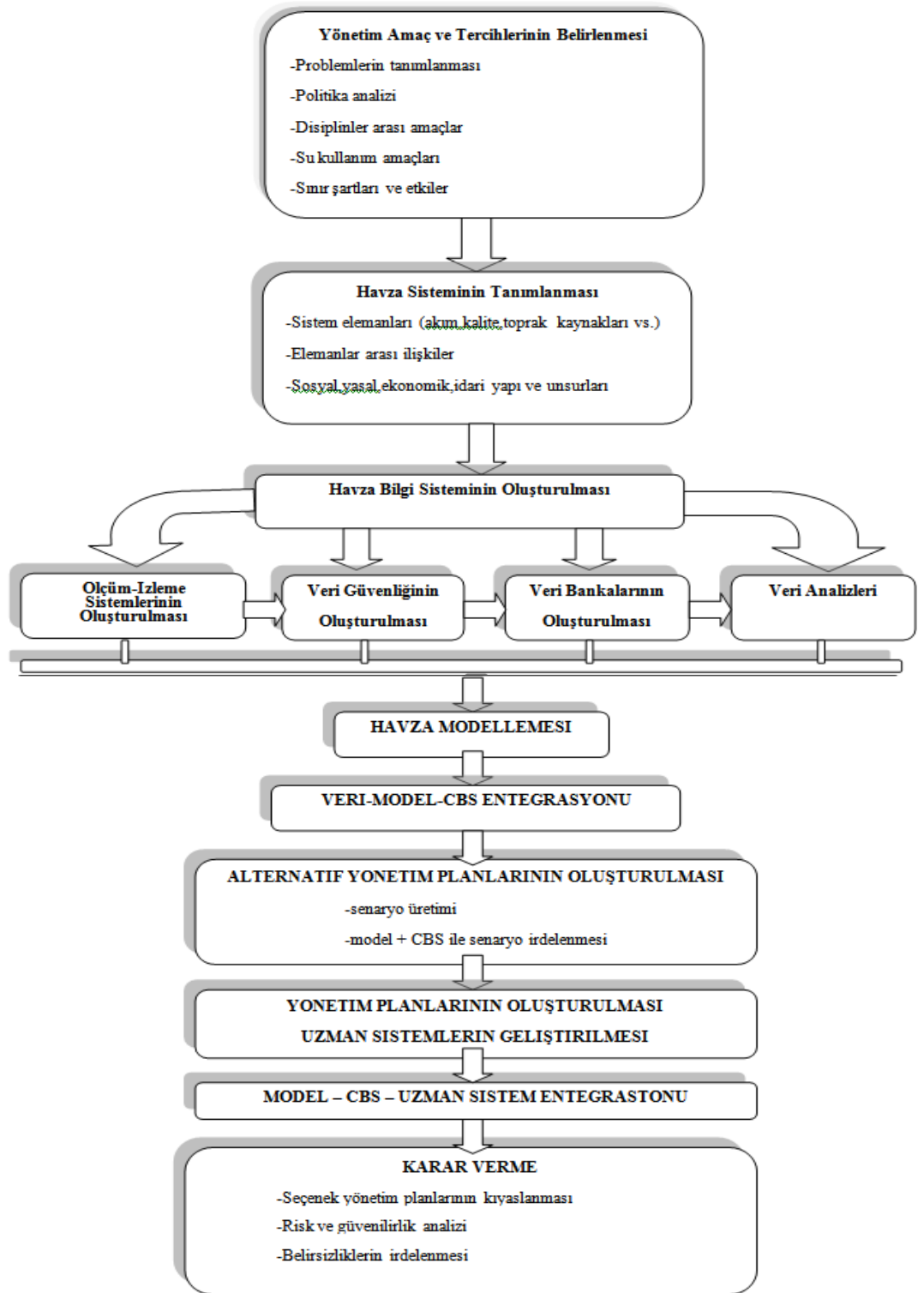


idari mekanizmanın oluşturulması büyük önem arz etmektedir. Böylece görev ve sorumlulukların paylaşımı yönlendirilerek yönetim faaliyetlerinin her aşaması için koordinasyon gerçekleştirilebilir (Harmancıoğlu vd., 2002).

Disiplinler arası bir çalışma ile havzanın bir bütün olarak tanımlanması ve fiziksel özellikleriyle beraber ekonomik, sosyal, yasal ve idari unsurlarında ortaya konması gerekir. Aynı zamanda akım, kalite, yağış, sediment, toprak kaynakları, arazi kullanımı gibi havza sisteminde yer alan tüm elemanlar arasındaki etkileşimlerin de belirlenmesi söz konusudur (Harmancıoğlu vd., 2002).

Veri ve model, planlama çalışmalarının temel araçlarından olup, oluşturulması ve kullanılması esnasında yeni ihtiyaç ve yaklaşımlar, entegre yönetim eğilimi ile ortaya çıkmıştır. Veriler açısından, birçok işlem adımlarını içeren farklı disiplinler arası entegrasyonu sağlayacak “Veri Yönetimi Sistemi” olması gerekmektedir. Böylece çok sayıda verinin üretilip havza yönetimi için ihtiyaç duyulan bilginin üretilmemesi gibi durumların önüne geçilmiş olacaktır. Bahse konu işlem adımları veri toplama sistemlerinin tasarımı ile başlamakta, gözlem yapılması, laboratuvar analizleri, verilerin depolanıp işlenmesi ile devam etmektedir (Harmancıoğlu vd., 2002).

Entegre yönetimin kaçınılmaz bir unsuru da havzanın alansal boyutta incelenmesini sağlayan görüntüleme, matematiksel işlem, veri depolama, çıktı hazırlama gibi pek çok işlevi birlikte yerine getiren Coğrafî Bilgi Sistemlerinin kullanılmasıdır. Bilgisayar programı niteliğinde olan bu sistemler, yönetimin diğer iki aracı olan veri ve modellerle entegre edildiğinde, havzanın mevcut veriler veya girdiler altındaki davranışı, model çıktılarının alanda dağılışı gibi çeşitli işlemleri gerçekleştirmek mümkün olmaktadır. Veri, model ve CBS entegrasyonunun havza yönetimi açısından sağladığı temel olanak, alternatif yönetim politikalarının veya yönetim senaryolarının irdelenebilmesidir. Esas olarak yönetim kararları, çeşitli senaryoların oluşturulup; havzanın verilen kararlara davranışını model veya verilerle irdelemek ve bunları CBS ile görüntülemek suretiyle sınanmaktadır. Böylelikle daha iyi ve etkin yönetim planlarının oluşturulması mümkün olmaktadır (Öztürk, 2007). Şekil 1.2’de entegre havza yönetimi aşamaları özetlenmiştir.



Şekil 1.2. Entegre Havza Yönetimi Aşamaları <sup>6</sup>

<sup>6</sup> Karaer, 2014.

### 1.3. Avrupa Birliği'nde Entegre Havza Yönetimi

23 Ekim 2000 tarih ve 2000/60/EC sayılı Avrupa Birliği (AB) Su Çerçeve Direktifi, 22 Aralık 2000 tarihinde yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Direktif, birçok uzman, paydaş ve politika saptayıcıları arasında süren beş yılı aşkın tartışmalar ve görüşmeler sonucunda ortaya çıkmıştır (Yıldız vd., 2006).

AB Su Çerçeve Direktifinin gelişimi süreci üç ana dönem içinde özetlenebilir: (Sümer vd., 2011).

- Birinci Dönem (1975-1980) “su kalite standartlarının” yüzey ve yeraltı sularının kalitelerinin korunması, halk sağlığının korunması amacı ile belirlenmiş “emisyon limit değerlerinin” kullanım amacına göre tespit edilmiştir.
- İkinci Dönem (1981-1995) mevcut yasal mevzuatın geliştirilmesi amacıyla yeniden gözden geçirildiği dönem olmuştur. 1988’de Frankfurt’ta yapılan Topluluk Su Politikası hakkındaki Bakanlar Seminerinde, ekolojik kaliteyi içeren Topluluk mevzuatı gereksinimi dile getirilmiştir. 1991 Yeraltı suları hakkındaki Bakanlar Seminerinde, 2000 yılı itibariyle, tatlı su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve korunmasını amaçlayan eylem programının uygulanması çağrısı yapılmıştır. 18 Aralık 1995’te AB Konseyi tarafından, Avrupa Birliğinde sürdürülebilir su politikalarının temel ilkelerinin düzenlendiği yeni bir Çerçeve Direktifinin gerekliliği kabul edilmiştir.
- Üçüncü Dönem, 1995’te başlayıp günümüzde devam eden dönemdir. 21 Şubat 1996’da AB Komisyonu’nun, Avrupa Parlamentosu ve AB Konseyi’ne, topluluk su politikası ilkelerinin ortaya koyma bildiriminde bulunmuştur. 9 Eylül 1996’da AB Komisyonu’nun, Avrupa Parlamentosu ve AB Konseyi’ne, entegre yeraltı suyu koruma ve yönetimi eylem programı hakkında bir Karar teklifini sunmuştur. 26 Eylül 1996’da Ekonomik ve Sosyal Komite’nin, 23 Ekim 1996’da Avrupa Parlamentosu’nun, AB Komisyonu’ndan, Avrupa su politikası hakkında bir Konsey Direktifi teklifi oluşturulması talebinde bulunmuştur. Su Yönetimindeki dağınık ve çok sayıdaki direktifin tek bir çatı

altında toplanabilmesi amacıyla Su ereve Direktifi (SD) oluşturulmuştur. 1995-2000 yılları arasında oluşturulma süreci tamamlanarak 2000 yılında yrrlge girmiştir. Su ereve Direktifi, Yüzey Suyu ekimi Hakkındaki Direktif, Tatlısu Balıkları Direktifi, Tehlikeli Maddeler Direktifi, Yüzme Suyu Direktifi ve Yeraltı Suyu Direktiflerinin yerini almış; sularla ilgili mevzuat tek bir direktif altında birleştirilmiştir. Böylece bütüncül bir bakış açısı getirmiştir. Aynı zamanda, Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi, Nitrat Direktifi, Entegre Kirlilik Koruma ve Kontrol Direktifi yürürlükte kalmıştır (Yıldız vd., 2006).

23 Ekim 2000 tarih ve 2000/60/EC sayılı AB Su ereve Direktifi gerek AB Komisyonu ve gerekse ye ülkeler açısında bazı temel amaçlar ve ereve etrafında şekillenmiştir.

### **1.3.1. Su ereve Direktifi'nin Hedefleri**

Su ereve Direktifi (SD) i sular, geçiş suları, kıyı suları ve yeraltı suyunun korunmasıyla ilgili bir ereve oluşturmaktadır. Direktif aracılığı ile sel ve kuraklık etkilerinin azaltılması, yeraltı su kirliliğinin azaltılıp daha fazla kirlenmesinin engellenmesi, sucul ekosistemlerin ileri derecede korunması ve iyileştirilmesi, su kaynaklarının uzun vadeli korunmasıyla sürdürülebilir su kullanımının desteklenmesi, su kaynaklarının daha fazla tahribatının önlenmesi, korunması ve iyileştirilmesi hedeflenmektedir. Özetle; tüm suların (i sular, geçiş suları, kıyı suları ve yeraltı suyu) "iyi su durumuna" 2015 yılı itibariyle ulaştırılması istenmektedir (Yıldız vd., 2006). şekil 1.3'te AB SD'ye göre havza yönetim yaklaşımı özetlenmiştir.

### **1.3.2. Su ereve Direktifi'ne Göre Havza Yönetimi Yaklaşımı**

Bütünleşik havza yönetimi Su ereve Direktifinin temel yapısını oluşturarak, direktif hedeflerine ulaşmada ana araç olarak kullanılmaktadır. İ sular, geçiş suları, kıyı suları, belirlenecek havzalarda tanımlanması ve yönetimlerinin havza bazında sürdürülmesi planlanmıştır.

### **1.3.3. Su ereve Direktifi'nde Havzaların Belirlenmesi ve İdari Koordinasyon**

Su ereve Direktifi'nde, tüm su kaynakları, coğrafi veya idari birimlere ayrılmaktadır: akarsu havzası, akarsu havza alanı ve su kaynakları. Nitekim akarsu



yönetimini düzenleyen yasaların pek çoğu eski tarihli olup, çeşitli kanunlar içerisinde dağınık şekilde yer almaktadır. Başka bir deyişle, ülkemizde bütüncü bir su yasası mevcut değildir ve bu eksiklik üzerine son yıllarda çeşitli çalışmalar yapılmış, ancak sonuçlandırılmamıştır. AB'ye katılım sürecinde ise Çerçeve Su Yasası'nın SÇD'ye uyum sağlanarak çıkarılması öngörülmektedir (Aküzüm vd., 2010). Türkiye'de SÇD kapsamında yapılan çalışmalar, Türkiye başlığı altında ayrıntılı olarak değerlendirilecektir.

#### **1.4. Dünyada Entegre Havza Yönetim**

##### **1.4.1. Entegre Su Kaynakları Yönetim Eğilimi**

Havzayı esas alan su kaynakları yönetimi kavramı 1890 yılında Amerika Birleşik Devletleri (ABD) dâhili su yolları komisyonunun çalışmalarıyla başlatılmıştır. ABD Başkanı Theodore Roosevelt'in desteğiyle kurulan komisyon her bir nehir sistemi için entegre bir sistemden söz etmiştir. Su kaynakları yönetiminin hedefi; enerji üretimi, denizcilik, akış kontrolü, sulama ve içme suyu gibi amaçlar ile su kaynaklarının akıllı ve etkin kullanımınıdır (Öztürk, 2007).

Entegre su kaynakları yönetimi (ESKY) köklü bir geçmişe sahip olmasına rağmen, ilk kez 1977 yılındaki Birleşmiş Milletler Su Konferansı'nda adını duyurmuştur. Örnek olarak, 10. Yüzyıldan beri İspanya'nın Valensiya şehrinde çok paydaşlı katılımcı su kurulları bulunmaktadır (Rahaman ve Varis, 2005). Ayrıca, 1926 yılında havza bazında su kaynakları yönetimi çalışmalarını gerçekleştiren ilk ülkenin İspanya olduğu düşünülmektedir. ABD ise 1933 yılında entegre su kaynakları yönetimi Tennessee eyaletinde gerçekleştirilmiştir (Harmancıoğlu vd., 2002).

Günümüzdeki entegre su kaynakları yönetim eğilimi ile Tennessee Vadisi Kurulu eğilimi büyük benzerlik göstermektedir. Söz konusu kurul, halk sağlığı, erozyon kontrolü ve refah konularında karar alma süreçlerine suyla ilişkili enerji üretimi, taşkın kontrolü ve nehir ulaşımı gibi hizmetleri ilk kez entegre etmiştir. Sürdürülebilir kalkınmanın ayaklarını oluşturan sosyal, çevresel ve ekonomik hedefler birlikte değerlendirilmiştir. Almanya'nın Hessen şehrinde 1960'lı yıllarda entegre su kaynakları yönetimi planları hazırlanmıştır (Rahaman vd., 2005). Avrupanın birçok ülkesinde 70'li yıllarda havza bazında yönetim planları uygulanmıştır. Yine aynı

dönemde, su kaynaklarının daha etkili biçimde kullanılabilmesi amacıyla su miktarı bazlı projelerden, çok yönlü projelere geçiş yaşanmıştır. Optimizasyon, su kaynaklarının geliştirilmesinde geçerlilik kazanan yaklaşımlardan olmuştur (Harmancıoğlu vd., 2002).

1980'li senelerde baş gösteren çevre kirliliği sorunlarından en çok etkilenen su kaynakları olmuştur. Kullanılabilir su kaynakları suyun kalitesinin bozulmasıyla birlikte daha da sınırlı hale gelmeye başlamıştır. Akarsuya noktasal olarak deşarj edilen kirlilik yüklerinin tanımlanması su kirliliği kontrolü çalışmaları açısından kolay olmuş fakat yayılı olarak akarsuya ulaşan kirleticilerin akarsuya ne şekilde ulaştığını belirlemek günümüzde dahi tam anlamıyla gerçekleşmemektedir. En büyük payı tarım oluşturmak üzere arazi kullanım biçimleri, erozyon, toprağın yapısı, sediment taşınımı gibi faktörler yayılı kirlilik kaynaklarını oluşturmaktadır. Bu çerçevede, havzada insan yaşam faaliyetlerinin incelenerek su-toprak ilişkilerinin irdelenmesi akarsu kirliliğinin tanımlanabilmesi için büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, 1990'lı yılların başında su kaynakları çevre bütününe bir parçası olarak değerlendirilmeye başlanmıştır. Böylece doğal kaynakların entegre olarak yönetilmelerinin gerekliliği benimsenmiştir (Harmancıoğlu vd., 2002).

1990'lar ve 2000'li yıllarda gerçekleştirilen uluslararası toplantılardan bazıları ise suyun ve ESKY'nin siyasi gündemdeki yerini geri kazanmasını sağlamıştır: Uluslararası Su ve Çevre Konferansı (1992, Dublin), 2. Dünya Su Forumu ve Bakanlar Konferansı (2000, Lahey), Uluslararası Tatlısu Konferansı (2001, Bonn) ve Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi (2002, Johannesburg; Rahaman vd., 2004). Bu konferansların tamamında suyun yönetiminde katılımcı yaklaşımın önemi, karar alma süreçlerinde kadının rolü öne çıkartılmış ve yönetim kararlarının yerel ölçekte alınmasının önemi vurgulanmıştır (Rahaman vd., 2004). 2012 yılında düzenlene Brezilya'nın Rio de Jenario şehrinde düzenlenen Rio +20 konferansı su yönetimi ve su tahsisi konularında önemli noktalara parmak basmıştır.

Havza yönetimi, su kaynaklarının etkili ve verimli şekilde yönetilmesi, su kalite ve miktarının iyileştirilmesi, artırılması, su ekosistemlerinin sürdürülebilirliği, vb. yararları nedeniyle, çok çeşitli ülkede yönetim ve planlama çalışmalarında uygulanmaktadır.

#### 1.4.2. Entegre Havza Yönetiminin Katkıları

Yüksek kaliteli sular etrafına yerleşim yapan halkın hayat standardı artmaktadır. Bir kıyas yapmak gerekirse; yüksek kaliteli su etrafında yaşayan halk düşük kaliteli su etrafında yaşayan halka göre yüzde 11-18 arasında daha fazla fayda sağlamaktadır. Etkin bir havza yönetimi ile su kalitesi iyileştirilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Koruma Ajansı (USEPA) tarafından yapılan çalışma göstermiştir ki son 30 yıl içerisinde su kirliliğine yapılan yasalar sayesinde aile başına 110 Amerikan Doları, toplamda ise yaklaşık 11 milyar Amerikan Doları kâr edilmiştir. İngiltere’de ise, AB Su Çerçeve Direktifi ile ilgili yapılan fayda maliyet analizlerinde İngiltere ve Galler’in net faydası yıllık 10 milyon Amerikan Doları civarındadır (OECD, 2011).

##### Kutu 1: Kore Cumhuriyeti Örneği

Kore Cumhuriyeti’ni inceleyecek olursak, 1990’lı yıllarda su kirliliğinin artması üzerine kirli sular kısmi arıtılarak denize deşarj edilmiştir. Ancak denizdeki kirliliğe bağlı besin artışı Kore Cumhuriyetinin en önemli gelir kaynağı olan deniz yosunlarını etkilemiştir. Kore Cumhuriyeti’nin içmesuyu kaynaklarının limitli olması hükümetin su ile ilgili kararlar almasını zorunlu kılmıştır. 1990 yılında Ulusal Su Geliştirme Programları, 1992’de ise Su Kalite Master Planları uygulamaya alınmıştır. Kirli suyun etkileri ve kısıtlı kaynaklar, entegre su yönetimi kavramının gelişmesini sağlamıştır. Kore Cumhuriyeti’nin yeni teknoloji, yaratıcı buluşları, farklı bakış açıları atıksu konusunda dünyaya yön vermiştir. 1994 yılından itibaren Kore Cumhuriyeti kısmi arıtılan suların tarımda geri kullanılmasını sağlayarak daha az maliyetle denizlere zarar vermeden fayda sağlamıştır (Mc Cullogh vd., 1993).

Entegre havza yönetimi sayesinde içmesuyu konusu sadece atıksu gibi suyu ilgilendiren konularla değil aynı zamanda sosyal ve ekonomik boyutlarıyla ele alınmaktadır. Örnek vermek gerekirse 1990 yılından önce Karadeniz’e birçok ülke atıksularını arıtmadan deşarj etmiş bu da azot- fosfor oranı artışına dayalı besin artışına sebep olmuştur. Bilindiği üzere, besin miktarı ile artan alg sayısı su kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. 1973 – 1990 yılları arasında 2 milyar Amerikan Doları



değerinde yaklaşık 5 milyon ton'u balık olmak üzere 60 milyon ton su canlısı ölmüştür (Zaitsev vd., 1997). Su canlılarının ölümü ekolojik olarak facia olarak görülse de ekonomik anlamda da devletleri zarara uğratmıştır.

Su kalitesi kültür ve turizm cazibesi açısından da önem arz etmektedir. Bazı kentler için suyun turizme kattığı değer bölgenin diğer getiri sağlayan kaynaklarına göre daha fazladır. Fransa'nın Normandiya Bölgesi'nde kıyı plajlarının yüzde 40'ının kapanması durumunda bölgeye gelen ziyaretçi sayısında yüzde 14 civarı bir düşüş yaşanması beklenmektedir. Bu düşüş 2.000 kişinin işsiz kalmasına ve yıllık 350 milyon Avro'luk kayıba eşdeğerdir. Bu sebeple Entegre Havza Yönetimi tüm Dünya'da kabul gören örnekler arasında yer almaktadır (Mc Cullogh vd., 1993).

#### Kutu 2: İsrail Örneği

1990'lı yıllara kadar İsrail, su kaynakları kısıtlı olmasına rağmen kirlilikten uzaklaştırma suretiyle kurtulmuştur. Merkezi yönetimin içme sularındaki riski fark etmesiyle İsrail'in bakış açısı ve su politikaları yeniden şekillenmeye başlamıştır (Hophmayer Tokich vd., 2008; Water Authority Of Israel, 2011).

Atıksuların ve içmesularının entegre bir şekilde yönetilmesi gerekliliği ile İsrail entegre su yönetimine geçmiştir. İsrail 2131 milyon küp metre'lik kaynağının, 1044'ünü tarım, 764'ünü evsel, 143'ünü bölgesel, 120'sini endüstriyel, 60'mı doğal ihtiyaçlar için kullanmaktadır. Tarım için arıtılan su, acısular ve tatlısular kullanılırken, endüstriyel ve doğal kullanım için acı ve tatlısular kullanılmakta olup, içmesuyu için sadece tatlı sular kullanılmaktadır (Becker, 2013).

**Tablo 1.1.** İsrail'in şimdiki ve gelecekteki su kaynakları (milyon m<sup>3</sup>)

Yıllar	Tatlı su	Acı su	Arıtılmış Su	Acıtuzlu su	Denizsuyu	Ek	Toplam
2010	1200	174	450	23	280	4	2131
2020	1140	150	573	50	750	9	2672
2030	1080	140	685	60	750	50	2765
2050	1020	130	930	70	750	671	3571

Kaynak: (Becker, 2013)

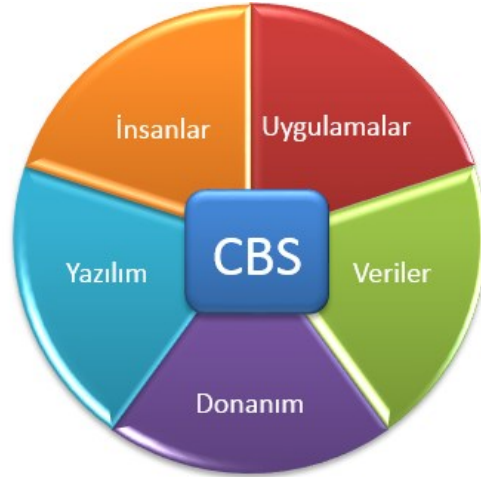
İsrail su fakiri bir ülke olmasına rağmen, denizsuyu, atıksu, acısu gibi kaynaklardan entegre yönetim ve planlama sayesinde maksimum verim elde etmektedir.

## 2. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ VE MEKÂNSAL KARAR DESTEK SİSTEMLERİ

### 2.1. Coğrafi Bilgi Sistemi

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), sistemli bir şekilde veri ve bilginin toplanarak depolanması ve işlenerek anlamlı hale dönüştürülmesi amacıyla oluşturulmuş sistemdir. Söz konusu sistem karar verme sürecini kısaltarak, karar verme işlemini kolaylaştırmaktadır (Reis vd., 2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri ise konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Yomralıoğlu, 2002).

CBS üzerinde çalışılan alan ile ilgili; bilgi toplayan ve toplanan bu bilgiyi yeniden değerlendiren ve kaydedebilen aynı zamanda veri takımları arasındaki ilişkiyi bularak, mekânsal verilerin analizini yapan ve karar vermeye yardımcı olan bir sistemdir (Dursun vd., 2009).



Şekil 2.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Bileşenleri <sup>7</sup>

1960'lı yıllarda bilgisayar destekli harita birleştirme maksadı ile geliştirilen CBS teknolojisi, günümüzde farklı alanlarda değişik amaçlar için kullanılmakla birlikte genelde, aşağıdaki üç amaca ulaşmayı hedeflemektedir:

- Harita ve coğrafi bilgileri kullanarak üretkenliği artırmak,
- Coğrafi veri tabanında yönetimi geliştirmek

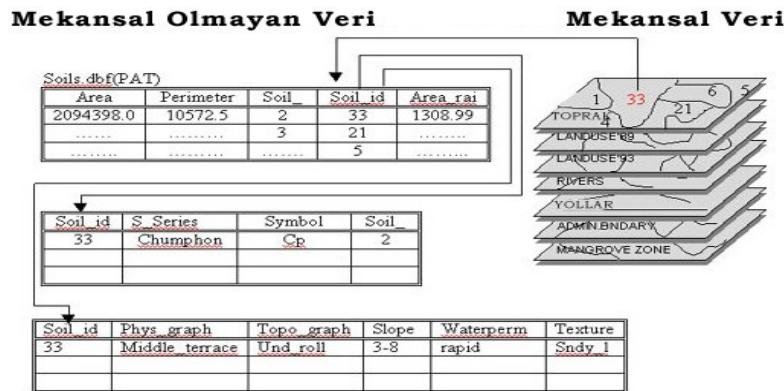
<sup>7</sup> ESRI, 2014.

c) Karar vermeyi destekleyen coğrafi verileri kullanacak daha iyi strateji yolları ortaya koymak (Tecim, 2008; Reis vd., 2000 ).

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veri en önemli ve vazgeçilmez bileşen olup sistemin özünü oluşturur. Bilgi sisteminin düzgün çalışabilmesi amacıyla verilerin işlenebileceği ve analiz edilebileceği bir yazılıma ihtiyacı vardır. Yüksek kalitede bir donanım ile yazılımdan maksimum performans elde edilir. İstenen ürünün ortaya çıkabilmesi, başarılı işlemlerin gerçekleştirilebilmesi amacıyla yöntem ya da yöntemlerin çok iyi planlanması gerekmektedir. Karar destek sistemi olan CBS insan odaklıdır. Problemler karşısında, karar verici ve sistem geliştirici olan insan sistemin en önemli bileşenidir. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin en önemli ihtiyacı bu konuda yetişmiş uzman ve personeldir. CBS'nin başarısı sistemi kullanan insanın eğitimine bağlı olup, en önemli faktör yetişmiş insandır (ESRI, 2014; Dursun vd., 2009). Şekil 2.1'de yukarıda bahsedilen Coğrafi Bilgi sistemlerinin bileşenleri özetlenmiştir.

### 2.1.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri Yapısı

Coğrafi veri yapısı; mekânsal ve mekânsal olmayan (tanımlayıcı) olarak iki grupta incelenir. Mekânsal bilgi özelliklerin veya coğrafi varlıkların yerini, şeklini ve diğer mekânsal veriler ile ilişkilerini belirler. Tanımlayıcı bilgi ise coğrafi varlıklara ya da özelliklere ait bilgilerin veri tabanında tutulmasıdır (ESRI, 2014). Kısacası mekânsal veri arazide yapılan uygulamanın koordinatlarını içerirken, tanımlayıcı veri ise bu uygulamaların değerlerini içerir. Şekil 2.2'te mekânsal veri katmanları ve tanımlayıcı veriler gösterilmiştir.



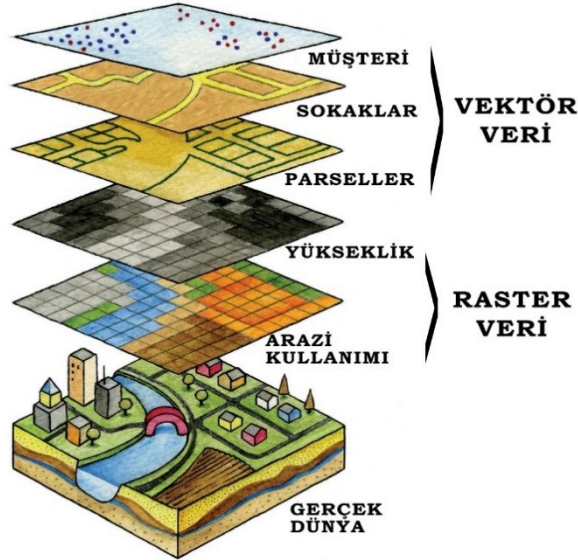
Şekil 2.2. Mekânsal ve Tanımlayıcı Verilerin Gösterimi <sup>8</sup>

<sup>8</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur.

### 2.1.2. Veri Depolama Formatları

Coğrafi Bilgi sisteminde coğrafi varlıklar ve yeryüzüne ait veriler, vektör ve raster formatlarında olmak üzere farklı tabakalar şeklinde depolanırlar (ESRI, 2014; Olgun, 2012).

Vektörel veriler coğrafi varlıkların kesin konumlarını tanımlar. Vektörel veri, nokta (*point*), çizgi (*line*), alan özellikleriyle belirli koordinat (x,y) değerleri ile depolanırlar. Tek bir (x,y) koordinat çifti ile temsil edilen veriler noktasal verilerdir. Örnek olarak, elektrik direkleri, kuyular, ağaçlar noktasal verilerdir. Birbirini izleyen bir başlangıç ve bir bitiş noktası olan x, y koordinatlar dizisi ile sistemde depolanan veriler çizgisel (*line*) veriler olup yol, akarsu, elektrik hattı örnek olarak verilebilir. Alan (*polygon*) verileri ise başlangıç ve bitiş noktası aynı koordinata (x,y) sahip x, y koordinatlar dizisi ile temsil edilirler. Örnek olarak, yerleşim sınırları, göller, parseller, binalar, arazi kullanımı, orman alanı verilebilir (ESRI, 2014; Olgun, 2012).



Şekil 2.3. Coğrafi Verilerin Raster ve Vektör Veri Üzerinde Görünümü<sup>9</sup>

Raster veriler hücelere (*pixel*) bağlı olarak temsil edilen veriler olup birbirine komşu kare (*grid*) yapıdaki hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşurlar. Vektör verilere kıyasla daha fazla veri depolama kapasitesine sahiptirler. Yer analizi, maliyet analizi gibi bazı konumsal analizler raster verilerde daha kolay yapılmaktadır. Verinin

<sup>9</sup> ESRI, 2014 verileri derlenerek yazar tarafından oluşturulmuştur.

hassasiyeti hücre boyutu (*pixel size*) ile orantılıdır. Raster veride her bir piksel bir değere sahip olup bu değer coğrafi özelliğe ait kod değeri olarak tanımlanmaktadır (ESRI, 2014; Olgun, 2012). Grafik objelere ait öznitelik bilgilerine ulaşma ve güncelleme vektörel verilerde raster verilerine göre daha kolay olmaktadır. Fakat vektörel veriler süreklilik özelliği gösteren coğrafi varlıkların, örneğin yüzey özelliklerinin değişimlerinin ifadesinde daha az kullanışlıdır.

Vektör ve raster veri modelleri aynı anda kullanılabilen ve birbirlerine göre üstün ve zayıf yönleri vardır (ESRI, 2014; Olgun, 2012).

### **2.1.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Genel Fonksiyonları**

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veri toplamadan veri üretmeye, veri depolamadan görüntülemeye kadar birçok fonksiyon vardır. Ancak Coğrafi Bilgi Sistemleri fonksiyonlarını beş başlık altında toplanmaktadır; veri işlemleri, sorgulamalar, mekânsal analizler, senaryo analizleri ve çıktıdır (Dönmez, 2012).

#### **2.1.3.1. Veri İşlemleri**

Verinin toplanması, depolanması, güncellenmesi ve CBS’de üretilmesi ile ilgili tüm uygulamalara veri işlemleri adı verilmektedir. Grafik veriler, çizelgesel veriler ve görüntü verileri gibi veriler entegre edilmektedir (Dönmez, 2012).

#### **2.1.3.2. Sorgulamalar**

CBS’de mekânsal ve mekânsal olmayan olarak iki tip sorgulama yöntemi vardır. Mekânsal olmayan sorgulamalar öznitelik verileri, mekânsal sorgulamalar ise grafik ve grafik olmayan verilerin birbirleri ile bütünleşik olarak sorgulanmasına olanak tanımaktadır. Özetle, sözel veriden konumsal veriye, konumsal veriden sözel veriye erişim sağlar. (ESRI, 2014; Dönmez, 2012 )

#### **2.1.3.3. Mekânsal Analizler**

CBS’nin mekânsal analiz özelliği sayesinde CBS’de var olan verilerden yararlanılarak yeni veriler üretilebilmektedir. Başlıca mekânsal analizler: Temel Mekânsal Analizler, Ağ analizleri, Geometrik ve istatistiksel işlemler, sayısal arazi yükseklik modelleridir (Dönmez, 2012). Mekânsal analizler ile birlikte coğrafi verinin

sorgulanıp, görüntülenmesi mümkün olmakta böylece Coğrafi Bilgi Sistemi'nde depolanan veriler üzerinde konuma dayalı karar verilebilmektedir (ESRI, 2014).

Bahse konu temel analizler; Tampon Bölgeleme (*Buffer*), Bindirme Analizleri (*Overlay*), Yakınlık Analizleri (*Proximity*), Görünürlük Analizleri (*Viewshed Analysis*), Taşkın Analizleri, Yerleşim Analizleri, Yoğunluk analizleri (*Density Analysis*), Kısayol ve Altyapı Yönetim Analizleri (*Network Analysis*), Yüzey Analizleri (*3D, Aspect, Slope, Elevation, Visibility, Line of Site, Cut&Fill*) vb. dir (ESRI, 2014).

#### **2.1.3.4. Senaryo Analizleri**

CBS'de bir önceki bölümde de bahsettiğimiz mekânsal analiz fonksiyonlarının çokluğu ve veri çeşitliliği farklı senaryoların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu sayede CBS mekânsal karar destek sistemlerinde etkin bir araç olarak kullanılmaktadır. Doğal afet, çevre etki değerlendirmesi ya da geleceğe yönelik tehminlerde senaryo analizleri uygulanmaktadır (Dönmez, 2012).

#### **2.1.3.5. Çıktılar**

Yapılan senaryolar neticesinde ortaya çıkan sonuç verileri karmaşık tablolar veya grafikler yerine anlaşılır görsel dokümanlar olarak ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda geliştirilen Web tabanlı CBS uygulamaları sayesinde sonuç dokümanlar büyük kitlelere kısa bir süre içerisinde sunulabilmektedir.

### **2.2. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Havza Yönetimi**

#### **2.2.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin Havza Yönetiminde Avantajları**

Havza yönetiminin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için doğru ve nitelikli veriye ihtiyaç duyulmaktadır. CBS'nin sayısallaştırma, uydu görüntülerinin kullanımı, hava fotoğrafları, küresel konum belirleme (GPS) yöntemleri ile uzun zaman alan, zahmetli, pahalı ve emek isteyen arazi çalışmalarına gerek kalmadan veri temin edilebilmektedir (Bahadır, 2011). CBS için elde edilmiş olan veriler güvenilir ve paylaşılabilir olmaktadır (Torun, 2008).

Havza yönetim planlarının, noktasal olmayan kaynaklarının da değerlendirilebildiği karasal sistem tanımlaması baz alınarak geliştirilmesi zorunludur (Yüceil vd., 2006). Günümüzde çevre analizleri için geniş kapsamlı alan bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Çevre hakkında daha sağlıklı bilgi sahibi olmak ve çevre düzenlemesine ilişkin daha doğru kararlar verebilmek ancak söz konusu çevrenin tüm özellikleriyle bilinmesine bağlıdır. Bilgisayar ortamında oluşturulan arazi modelleri, bilhassa uydu görüntüleri ile desteklenen mevcut konum bilgileriyle, çevre hakkında kullanıcılara çok yönlü dinamik bir sorgulama ortamı sunulmaktadır. Bu sebeple, CBS çevre sorunlarının çözümünde de etkili bir teknolojik olarak karşımıza çıkmaktadır (Yomralıoğlu vd., 1999).

CBS'nin diğer bir avantajı ise aynı maksat için toplanmamış olsa dahi verileri standartlaştırarak çoklu sorgulama ve analiz imkânı sunmasıdır. Farklı amaçlarda toplanmış olan veriler çakıştırılarak ihtiyaç olan bilgi derlenmektedir (Bahadır, 2011). Örnek vermek gerekirse CBS kullanılarak; arazi kullanımı, arazi örtüsü, drenaj, ulaşım ağı ve yerleşim gibi konularla bağlantılı haritalar ortaya konularak oluşturulacak modellere altlık sağlanmaktadır (Dünya Bankası, 2008). Özellikle mekânsal analiz ve üç boyutlu analiz yöntemleri sıklıkla uygulanmaktadır.

CBS ile çalışılarak mevcut dosyalar üzerine bilgi işlemesi yapılmaktadır. Bu sayede aynı verinin tekrar toplanması engellenerek, zaman ve emekten tasarruf edilmiş, hata payının azaltılması sağlanmış olur (Gümrükçüoğlu, 2003). Havza alanları ile ilgili tüm doğal eşik özelliklerinin tespiti ve CBS oluşturulması için ilk çalışma olarak, tematik haritalar dijital ortamda, eş koordinat sisteminde ve yeterli hassasiyette derlenmektedir. Saha çalışmalarının da bulunduğu birçok tematik haritanın CBS'de çakıştırılması sonucu planlama aşaması başlamaktadır. Ayrıca saha çalışmaları ile güvenilirliği, hassasiyeti ya da çözünürlüğü düşük tematik haritalar ya da diğer veri kaynakları sınanabilmektedir (Torun, 2008).

### **2.2.2. Nehir Havza Yönetimi ve Bütüncül Veritabanı**

Havza perspektifi, aşağı havza ve yukarı havza konularının entegre edilerek su kullanım ve kullanıcılarının birbirlerine bağımlı olduklarının kavranmasını sağlar. Söz konusu perspektif, su kaynakları yönetiminin diğer doğal kaynaklarla ve insan müdahaleleriyle birlikte ele alınmasını sağlar (Qureshi, 2002).

Havza ölçeğindeki çalışmaların bir çoğunu sektörel odaklı (hidroloji, tarım, çevre ve benzeri) ve spesifik bir amaca yönelik çalışmalar oluşturmaktadır. Birbirleriyle çakışan ve çelişen birçok uygulamanın önüne geçilebilmesi amacıyla, bütün aktörlerin davranışlarını entegre eden karşılaştırılabilir çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı zamanda gerçek durumu baz alan bir çok çalışmanın detaylı bir resme sahip olmadığı görülmektedir. Bu kapsamda, suya yönelik tutumlar, suyun nasıl paylaşıldığı ve kullanıldığının bilinmesi, havzanın tarihsel gelişiminin incelenerek mevcut durum ve gelecekte olması muhtemel olayların analiz edilmesi gerekmektedir.

Var olan birçok çalışmanın parçalı oluşu ve kendilerini kıyaslamaya izin vermemesi sorunu farklı fiziksel ve sosyo kültürel yapıya sahip nehir havzalarındaki çalışmalar için ortak bir protokol kabul edilerek aşılabilmektedir. Böylece havzalar ortak yönlerinin ve belirli yerlere ait özel durumların anlaşılması sağlanmaktadır.

Havza çalışmalarının ana amacını, üretmek, sentezlemek, yararlı bilgileri yaygınlaştırarak havza bazında su yönetiminin gereksinimlerini Entegre Su Kaynakları Yönetimi'ne uygulayıcılar, politika yapıcılar, kalkınma ajansları, yatırımcılar için katkıda bulunmaktır.

Adil ve sürdürülebilir gelişimin güvenilir ve doğru bilgiye dayandırılması gereksinimi, alınacak kararların coğrafi konumlardan etkilenmesi coğrafi bilgi teknolojileri uygulamalarının önemini arttırmıştır. Coğrafi alan özelliklerini tanımlayan sayısal konumsal veriye, karmaşık analizlerin gerçekleştirilebilmesi amacıyla ihtiyaç duyulmaktadır.

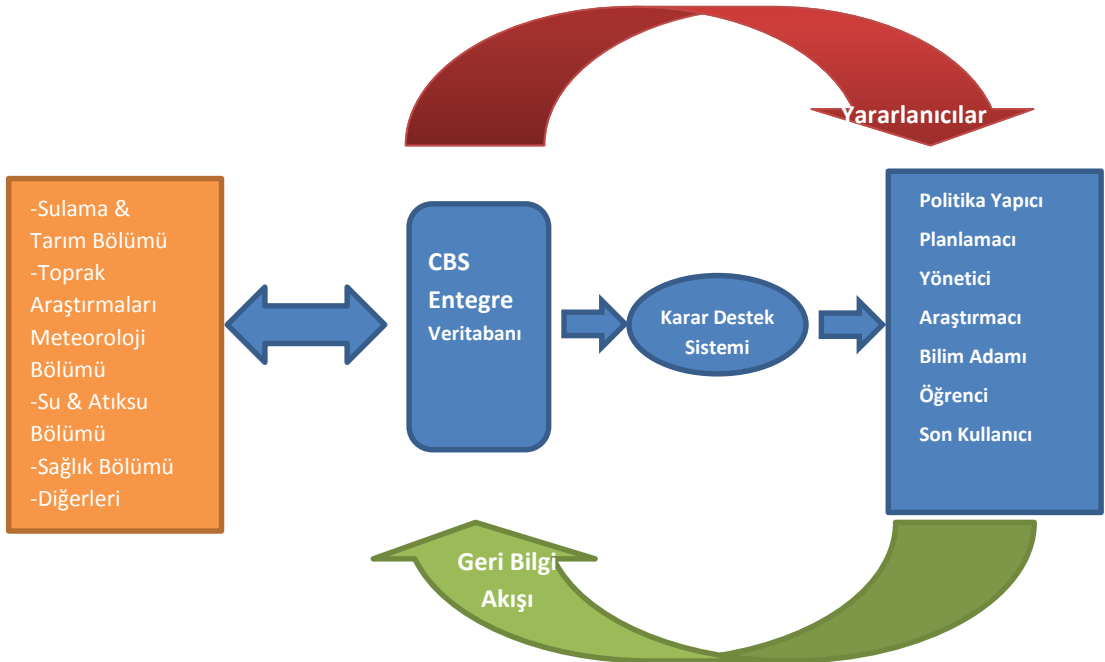
Su kaynakları yönetiminde karmaşık problemlerin çözüme ulaştırılabilmesi amacıyla; doğru ve güncel bilginin entegre mekansal bileşen ile birlikte ulaşılabilir, karşılaştırılabilir temel tahminlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Kurumlar mekânsal veriyi temin etmek, depolamak, işlemek, analiz etmek ve görüntülemek için farklı metotlar geliştirmişlerdir. Çevresel farkındalıkların oluşması, yöneticilerin üzerindeki baskı, farklı sektörlerin kısıtlı bütçe ile daha verimli olmayı istemeleri ile veri paylaşımı ve farklı kaynaklardan elde edilen verinin entegre edilmesi önem kazanmaya başlamıştır.



Bu yüzden sistematik bir yaklaşımın getirilerek kısıtlı kaynakların etkili, verimli kullanımı amacıyla farklı sektörler arasındaki toprak, su ve çevre için mekânsal veri setinin geliştirilmesine gereksinim duyulmaktadır. Mekânsal bilginin zor elde edilmesi, güncel ve doğru olmayışı şeklindeki hususlar politika yapıcılar ve hizmet vericiler gibi karar vericilerin mekânsal bilgi kullanımını verimsiz ve etkisiz hale getirmektedir. Değişik ölçeklerde ve farklı koordinat sistemlerindeki veriler üst üste bindirildiğinde ve entegre edilmeye çalışıldığında güçlük çıkarmaktadır. Ayrıca kent yönetimi için üretilen büyük ölçeklerdeki haritalar tutarlı bir şekilde tanımlanmış veri olmadığından dolayı düşük standartta olup kullanışlı değildir. Metaveri ise belgelendirilmemiş olduğundan dolayı gelecekte yapılacak çalışmalar için verimsiz kalmaktadır.

Tecrübeler göstermiştir ki farklı kaynaklardaki mekânsal veriyi bir araya getirmek ve entegre etmek imkansız değilse de çok zordur. Veri tabanının geliştirilmesi, su kaynakları yönetiminde karar vermede etkili kullanımı hayati rol oynamaktadır. Belirli ve özellikli bilgiye organize ve standart formatta ulaşılması kurulmuş veri setinin avantajlarından birini oluşturmaktadır.

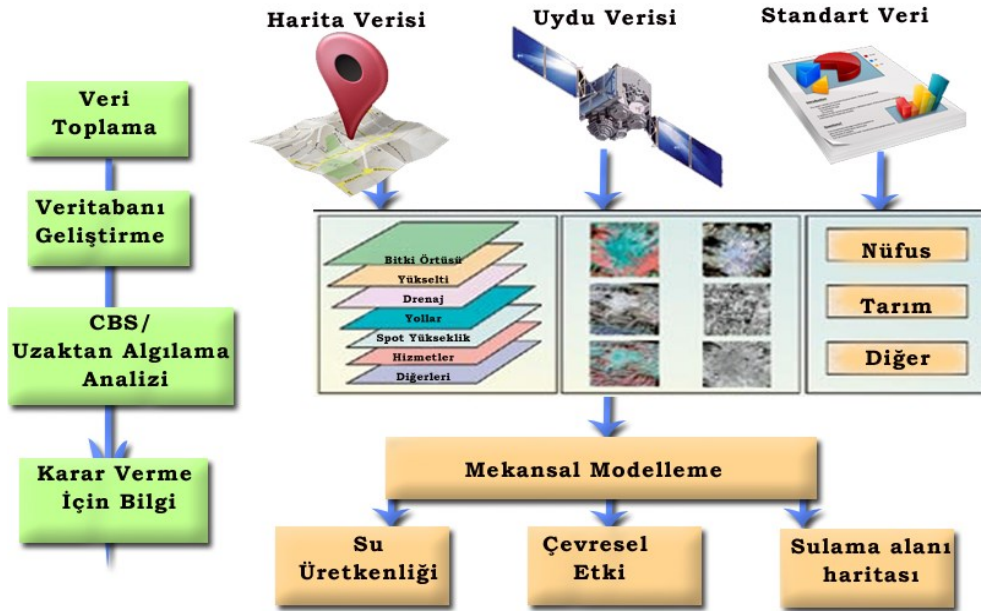


**Şekil 2.4.** Entegre Veritabanı Gelişimi ve KDS İçin Kavramsal Çerçeve <sup>10</sup>

<sup>10</sup> Qureshi, 2002.

Bilgi teknolojilerindeki gelişmeler bilgi işlemin kapsamını değiştirmiştir. Bilgisayarlar günümüzde mekânsal ve mekânsal olmayan veriyi işleyebilmekte, bu verileri birleştirerek onlara ayrı bir değer katabilmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemi araçları kullanılarak, farklı biçimlerdeki veriler için kullanıcı arayüzü geliştirilmektedir. CBS tabanlı veri seti diğer bilgi sistemlerinden ayırt edilebilir nitelikte olup planlama stratejileri ve çok sektörlü analizler için kullanılmaktadır. Kullanıcı arayüzü, basit ve anlaşılır formatta, harita, tablo ve grafik biçiminde bilgi sağlamaktadır. Entegre veri setinin kavramsal çerçevesi Şekil 2.4'te gösterilmektedir.

Coğrafi bilgi sistemleri, uzaktan algılama, Excel, SQL ve diğer Visual Basic gibi gelişmiş yazılımlar ile daha etkili ve verimli veri setleri kurulabilmektedir. Entegre veri seti kurulumu; devlet kurumları, araştırma enstitüleri ve üniversitelerin nehir havzasında su kaynakları yönetimine dâhil olmaları ile elde edilmektedir. Kurulumu sağlanan veri seti, uygulayıcılar, kalkınma ajansları, politika yapıcılar, su kaynakları yöneticileri ve araştırmacılar için anlamlı bilgi elde edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Şekil 2.5). Söz konusu veri seti, genel bilgileri ve birçok kapsamdaki seçeneği ayıklamak yerine farklı senaryoları hesaplanabilmesini, çok disiplinli ve karşılaştırmalı çalışmaların yapılabilmesini sağlamaktadır.



Şekil 2.5. CBS ile Entegre Veri Tabanı Geliştirilme Metodu <sup>11</sup>

<sup>11</sup> Qureshi,2002.

### 2.2.3. Coğrafi Bilgi Sistemi ile Entegre Havza Yönetiminin Uygulanması

İnsanlara, basit haritaların hazırlanmasından karmaşık kararların alınmasına kadar hizmet eden CBS teknolojisi ile konumsal veriler toplanmakta, saklanmakta, analiz edilmekte ve değerlendirilmektedir (Torun, 2008). Bu çerçevede CBS havza planlamada verileri iyi bir şekilde bağlayabilme, daha etkin ve doğru veri elde edilebilme özelliği ile kullanım alanı bulmuştur. Çok değişik uygulama alanları olan Şekil 2.6'da gösterildiği üzere CBS ile güvenilir ve hızlı bir şekilde veriler elde edilerek çevre ile ilişkili olaylar üzerinde doğru kararlar verilmesi sağlanmaktadır. Karar destek sistemlerinin alansal (*continual*) bir tabana göre oluşturulması havzaların sürdürülebilir yönetiminin gerçekleştirilmesi için gereklidir (Terwilliger vd., 2005).



**Şekil 2.6.** Sürdürülebilir Havza Yönetim Sistematiği

Entegre Havza Yönetimi Planı hazırlanmasında havzadaki bütün faktörlerin ortaya konulması için konumsal veri olarak ifade ettiğimiz doğal ve beşeri kaynaklara ait verilerin iyi tanımlanması ve bilinmesi gerekmektedir. CBS verileri ile havza unsurlarının kendi aralarındaki etkileşimleri, eğilimleri ve geleceğe yönelik projeksiyonları çıkartılmaktadır. Bunlar yapılırken öncelikli olarak durum tespiti yapılmakta, böylelikle havzanın tanınması, potansiyelleri, sorunları ortaya konmaktadır (Bahadır, 2011).

Arazi çalışmalarında güncel arazi kullanımı, fotoğraflar, numuneler, kesitler alınarak CBS formatında sayısallaştırılmaktadır. Ayrıca doğal ve beşeri özellikler analizlere dayalı olarak bilgisayarda değişik programlar aracılığı ile analiz edilmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin en önemli kombinasyonu temin edilen verilerin, ölçme, sorgulama, sınıflama ve karşılaştırma analizlerinin yapılabilmesini sağlamasıdır (Bahadır, 2011).

CBS ortamında hazırlanan veri setleri üzerine ihtiyaca göre modeller kurularak karar destek mekanizması oluşturulmaktadır. Bu modeller ekonomik, sosyal çevresel analiz modelleri olabileceği gibi tarım, içmesuyu vb. sektöre bağlı modeller de olabilmektedir. Dünya örnekleri bölümünde Entegre Havza yönetiminde dünyada uygulanan çalışmalar incelenerek modeller ve uygulamalar hakkında fikir verilmesi sağlanacaktır.

### **2.3. Avrupa Birliği'nde Coğrafi Bilgi Sistemleri**

Avrupa Birliği açısından hayati önem taşıyan konuların başında çevresel sorunlar gelmektedir. 1998–2002 yılları arasında Avrupa'da meydana gelen doğal afetlerin yüzde 43'ünü sellerin oluşturduğu, büyük ölçekte 100 sel felaketinin meydana geldiği, bunların 700'ün üzerinde ölüme neden olduğu, yarım milyondan fazla insanın yerini terk etmek zorunda kaldığı ve en az 25 milyar Avroluk ekonomik kaybın olduğu belirtilmektedir (Akıncı vd., 2009).

Avrupa Birliği Konumsal Veri Altyapısı (*Infrastructure for Spatial Information in the European Community*, INSPIRE), Avrupa Komisyonu tarafından 2001 yılında başlatılan ve Avrupa Birliği'ne üye ülkeler ile katılımcı ülkelerin işbirliği ile geliştirilen bir girişimdir. Avrupa Birliği (AB), çevresel sorunların yönetilmesi ve çevresel politikaların geliştirilmesi amacıyla konumsal verinin etkin bir şekilde sağlanmasına ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle Avrupa Komisyonu, çevresel politikaları hazırlamak, uygulanmak ve izlemek için INSPIRE girişimini başlatmıştır. Bu çerçevede, çevresel politikalardan başlayarak ulaşım, tarım ve birçok sektörü de içine alacak şekilde yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası düzeyde vatandaşların ve iş çevrelerinin kaliteli konumsal veriye ulaşımını kolaylaştırmaktadır (Akıncı vd., 2009).

Politikacılar, plancılar, Avrupa’da ulusal ve yerel düzeydeki yöneticiler, vatandaşlar ve organizasyonlar INSPIRE’in kullanıcı kitlesini oluşturmaktadır. INSPIRE da bilgilendirilmiş halkın yönetime katılarak karar vericilere karar verme aşamasında yön vermesi büyük önem arz etmektedir (Akıncı vd., 2009).

INSPIRE Direktifi’ne göre bir mekansal veri altyapısı; Metaveri, Mekansal Veri Setleri ve Mekansal Veri Servisleri, Ağ Servisleri ve Teknoloji Paylaşım, Erişim ve Kullanıma İlişkin Anlaşmalar, Koordinasyon ve İzleme Mekanizmaları olarak 5 temel bileşenden oluşmaktadır (Akıncı vd., 2009).

15 Mayıs 2007 tarihinde yürürlüğe giren ve 2019 yılında tamamlanması planlanan INSPIRE Direktifi ile Avrupa Birliği Üye Ülkelerinin aşağıdaki maddelere uyması beklenmektedir:

- Coğrafi veri setlerine ve coğrafi veri hizmetlerine ilişkin metaverileri (INSPIRE Teknik Yönetmeliğine uygun olarak) hazırlayacaklar ve güncel tutacaklardır. Metaveriler, veri ve hizmet kullanım haklarını, coğrafi veri kalitesi bilgilerini, bu veri ve hizmetleri sunmaya yetkili halka açık otorite kuruluşlarını (public authorities), halka açıklık konusunda kısıtlama olan coğrafi veri setleri ve söz konusu kısıtlamaların nedenlerini içerecektir.
- Direktifin ekinde (EK I) yer alan aşağıdaki coğrafi detaylara ilişkin metaverileri, direktifin yayın tarihinden itibaren 2 yıl içerisinde hazırlayacaklardır: Coğrafi referans sistemleri, coğrafi grid sistemleri, coğrafi yer isimleri, idari birimler, ulaşım ağları, hidroğrafya, koruma altına alınmış alanlar, direktifin ekinde (EK II ve EK III) yer alan aşağıdaki coğrafi detaylara ilişkin metaverileri, direktifin yayın tarihinden itibaren 5 yıl içerisinde hazırlayacaklardır: Sayısal arazi yükseklik verileri, adres verileri, kadastro ve tapu bilgileri, arazi örtüsü, orto-görüntüler. İstatistik verileri (nüfus, vb.), binalar, toprak, jeoloji, arazi kullanımı, insan sağlığı ve güvenliği, kamu hizmeti tesisleri (hastane, okul, atık su tesisleri, vb.), endüstri tesisleri, tarım tesisleri, demografi, doğal afet bölgeleri, meteorolojik detaylar, oşinografik detaylar, habitat bölgeleri, endemik bitki ve hayvanların yaşadığı bölgeler.
- Kamu (halk) yararına kullanılan tüm coğrafi bilgilerin kullanımına ilişkin engeller kaldırılacaktır.

- Coğrafi veri altyapılarını oluşturacaklar ve bu altyapılarını Avrupa Birliği Coğrafi veri altyapısı ile entegre edeceklerdir.
- Coğrafi verilerini ve metaverilerini sunacakları web portalları kuracaklar ve bu portalları Avrupa Birliği Coğrafi Web Portalı ile entegre edeceklerdir.
- Ulusal düzeyde coğrafi bilgi faaliyetlerini koordine edecek yapı (kurul) oluşturacaklar ve Avrupa düzeyinde kurulacak Coğrafi Veri Koordinasyon Yapısı (kurul) ile entegre edeceklerdir.
- Metaverilerin sunulması ve coğrafi verilerin görüntülenmesi, büyütülüp küçültülmesi, kaydırılması, farklı veri setlerinin birlikte lejant ile görüntülenmesi hizmetlerini ağ üzerinden ve ücretsiz olarak sağlayacaklardır.
- Coğrafi verilerin indirilmesi, farklı format ve referans sistemlerine dönüştürülmesi hizmetleri, e-Ticaret yolu ile yapılacaktır.
- Kamu (halka) hizmeti veren kurumlar arası coğrafi veri mübadelesi için gerekli önlemleri alacaklardır.
- Direktif konusunda yetkili bir kamusal otorite (kurul, kuruluş, kurum) atayacaklardır.
- Direktifin uygulanması konusunda Avrupa Komisyonuna yazılı rapor vereceklerdir.
- Direktif ile ilgili ulusal yasal düzenlemeleri yapacaklardır (Eylem 47, Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü).

Avrupa Birliği üye ülkeleri ve aday ülkeler söz konusu direktife uymak amacıyla altyapı çalışmalarını sürdürmektedirler. Türkiye’de yapılan çalışmalar Türkiye’de Entegre Havza Yönetimi ve CBS bölüm başlığı altında detaylandırılacaktır.

## **2.4. Mekansal Karar Destek Sistemleri ve Coğrafi Bilgi Sistemi**

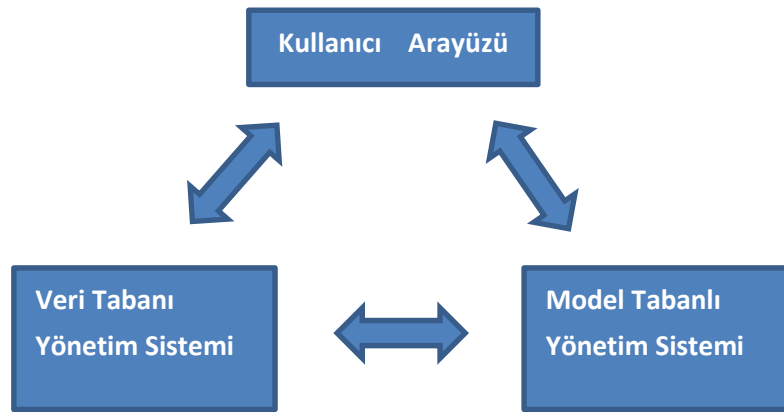
### **2.4.1. Karar Destek Sistemleri**

En küçük ölçekte dahi doğa durumuna ilişkin alternatif çözümlerin varlığı, karar vericiyi karar verme aşamasında oldukça zorlamaktadır. Bilindiği üzere bilgisayar teknolojisine bağlı olarak sürekli artan veri miktarı, alınacak karar sayısını arttırarak karmaşıklığa neden olmaktadır. Daha etkili ve verimli bir karar süreci için

Karar destek sistemleri (KDS) olarak isimlendirilen yardımcı araçlar geliştirilmiştir. Karar destek sistemleri karar vericileri kararların değerlendirilmesi ve inşa edilmesi sürecinde yardım eder ve bilginin değerlendirilmesi (modeller) ve görüntülenmesi (CBS) için kullanımı kolay araçlar sağlar. Bu bağlamda, karar destek sistemleri (*Decision Support Systems*), ‘Bir yöneticiye karar alma sürecinde yardımcı olmak için, kararların ve işlenen verinin yapay zeka ile yorumlanarak sunulduğu bir model olarak tanımlanır (Aydın vd., 2011, Uyan M., 2011 ).

Karar Destek Sistemleri, kısaca karmaşık problemleri çözebilmek için tasarlanmış olup, insan zekâsından, bilgi teknolojisinden ve bilgisayar yazılımlarından faydalanarak sonuç üretirler. KDS’de esas olan kararın alınmasından ziyade, bilgilerin toplanması, işlenmesi, analiz edilmesi ile kararın alınmasına destek olunmasıdır. Bu kapsamda, KDS değişik veri kaynaklarından bilgi toplar, topladığı bilgiler içinden verileri süzer ve kalanlar üzerinde düzenlemeler yapar, ardından karar alma sürecine etki edecek fonksiyonu oluşturur. Veriler söz konusu fonksiyona göre değerlendirilerek sonuçlar karar mercilerine sunulur (Uyan M., 2011, Aydın vd., 2011).

Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS), Model Tabanlı Yönetim Sistemi (MTYS), Kullanıcı Arayüzü olmak üzere, Şekil 2.7’de gösterilmekte olan KDS üç ana bileşenden oluşmaktadır.



Şekil 2.7. KDS'nin Temel Bileşenleri <sup>12</sup>

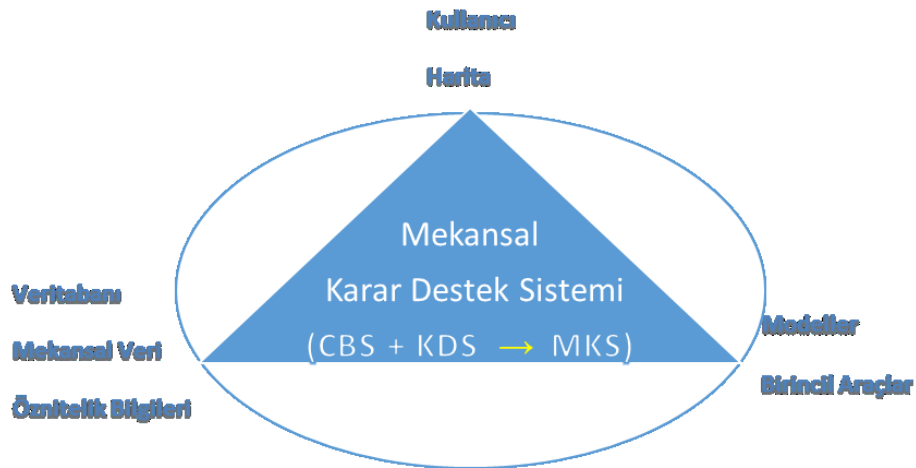
<sup>12</sup> Uyan M., 2011.

Asla bir insanın sahip olduğu hayal gücüne erişemeyecek olan KDS, sadece kendisine hangi bilgi verilirse onunla çalışabilir. Bu yüzden karar vericilerin isteklerini yerine getirmede zaman zaman yetersiz kalabilir. Dolayısıyla bahse konu sistemler karar veren değil, karar vermeye yardımcı sistemlerdir.

#### 2.4.2. Mekansal Karar Destek Sistemleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Karar Destek Sistemlerinin entegrasyonu olarak değerlendirilen Mekansal Karar Destek Sistemi (MKDS) yeni bir alan olup, mekana dayalı problemlerle ilgili verilen kararlarda yüksek başarı sağlanması amacıyla tasarlanan bilgisayar tabanlı sistemlerdir (Malczewski, 1999, Aydın vd., 2011 ).

MKDS nin karar sürecine verdiği destek konusunda birçok araştırmacı hemfikirken literatürde söz konusu terimin tanımlanması konusunda farklı görüşler mevcuttur. Bazı görüşlere göre CBS paketlerinin yeniden düzenlenmiş bir hali olarak görülen MKDS, bazı görüşlere göre modeller veya karar destek sistemlerinin analiz sonuçlarını grafik olarak gösterebilme kabiliyetine sahip bir sistemdir. MKDS, Densham'a göre KDS'ye ek olarak mekânsal veri girişi bir mekanizma sağlayarak mekânsal veride ortak olan karmaşık ilişki ve yapıların sunumuna imkân sağlamaktadır. Aynı zamanda mekânsal analiz imkânı sağlayarak, mekânsal formların çıktı verilerini, görsel sunumlarını sağlamaktadır. Şekil 2.8.'de mekansal karar destek sisteminin bileşenleri gösterilmektedir.



Şekil 2.8. Mekansal Karar Destek Sistemi Bileşenleri<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Ekinci Ö., vd., 2013.



Mekansal karar destek sistemlerinde en önemli unsur veri ve veri transferi işleminin gerçekleştirilebilmesidir. Ülkelerde uygulanan örnekler incelendiğinde, verilerin standartlaştırılması en büyük problemlerin başında gelmektedir. Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere, Fransa ve Kanada CBS alanında standartlar geliştirerek bu problemi çözümlmesine katkıda bulunmuşlardır. CBS de mevcut olan araçlar ile veri alma, haritaların çakıştırılması ve ağ analizi gibi coğrafi işlemler ve kartografik modelleme işlevleri ile mekânsal analiz gerçekleştirilmektedir. Özellikle harita çakıştırılması, mekânsal analiz yapılırken karar vericilerin en sık başvurduğu yöntemdir.

Özetlemek gerekirse, CBS büyük ölçüde veri alma, gelişim denetimi, haritalama, yer seçimi, arazi kullanım planlaması, arazi uygunluk analizi işlevleri ile mekânsal karar destek sisteminin diğer bir formu olarak kabul edilebilir.

Entegre havza yönetiminde kullanılan karar destek araçları;

- Çevresel koşullar ile ilgili data toplayan izleme sistemleri,
- Açık veri tabanları,
- Onaylı göstergeler ve indeksler, bugünkü durum ile ilgili değerlendirme yapabilen eşik analizi,
- Havzada, su miktarı, kalitesi, biyolojik özelliği (faaliyetlerde kullanımı daha iyi) modellemeleri, senaryoların etkilerinin değerlendirilmesi, tahmin edilmesi, geçmişten gelen verilerin kullanılarak matematiksel modelin test edilmesi için araçlardır.
- CBS tabanlı veri tabanı bilgi ve olgu verisi toplamada araç olarak kullanılır.
- Nehir havzası, su kütlelerinin kadastro:
  - Nehirler havzalarının listesi ve su kütlelerinin hidrografik tanımları
  - Su dengesi, besin dengesi, sediman dengesi
  - Su Kullanıcıları kadastro
  - Su durumu ve arazi kullanımı gelişimi ile ilgili zaman serileri (uzaktan algılama veya arazi ölçümleri)

olarak sıralanabilir (Gönenç vd., 2008).

### **2.4.3. Coğrafi Bilgi Sisteminin Mekansal Karar Destek Sistemleri ile İlişkisi**

Endüstri devrimiyle beraber insanoğlunun hayatta kalma içgüdüğü ile doğal şartlara ve çevreye uyumlu bir yaşam tasarımı rafa kalkmıştır. Fakat insanoğlu doğal gereklilikleri hiçe sayarak kendini mekânsal kararlar alacak güçte görmesinin bedelini çevre sorunları ve felaketler yaşayarak ödemiştir. Doğanın ve yaşanan coğrafyada meydana gelen her ilişkinin hesaba katılarak mekânsal kararların alınmasının gerekliliği birçok bilim insanı ve araştırmacı tarafından belirtilmektedir. CBS, 1970'lerin başından itibaren kökeni 1990'lara dayanan mekânsal karar destek sistemlerinde mekânsal karar üretme aracı olarak gelişmiştir. Dolayısıyla, mekansal karar vermede Coğrafi Bilgi Sistemlerine her geçen gün daha çok ihtiyaç duyulmakta ve kullanımı artmaktadır (Çabuk, S.N., 2014).

CBS'nin mekânsal ve sözel bilgileri bir arada tutarak veri görüntüleme, sorgulama ve ölçme gibi sayısal kabiliyetlere sahip olması, etkili ve verimli çözüm elde edilmesini sağlamaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin sunduğu veri tabanı yönetim sistemleri, grafik ekran özellikleri ve tablo raporlama özelliklerine MKDS ile analitik modelleme yeteneği ve karar vericilere uzman bilgi sağlanması eklenir.

### **2.5. Dünya'da Havza Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulama Örnekleri**

Havza çalışmalarının ana amacını, üretmek, sentezlemek, yararlı bilgileri yaygınlaştırarak havza bazında entegre su kaynakları yönetiminin gereksinimlerini uygulayıcılar, politika yapıcılar, kalkınma ajansları, yatırımcılar için katkıda bulunulması oluşturmaktadır.

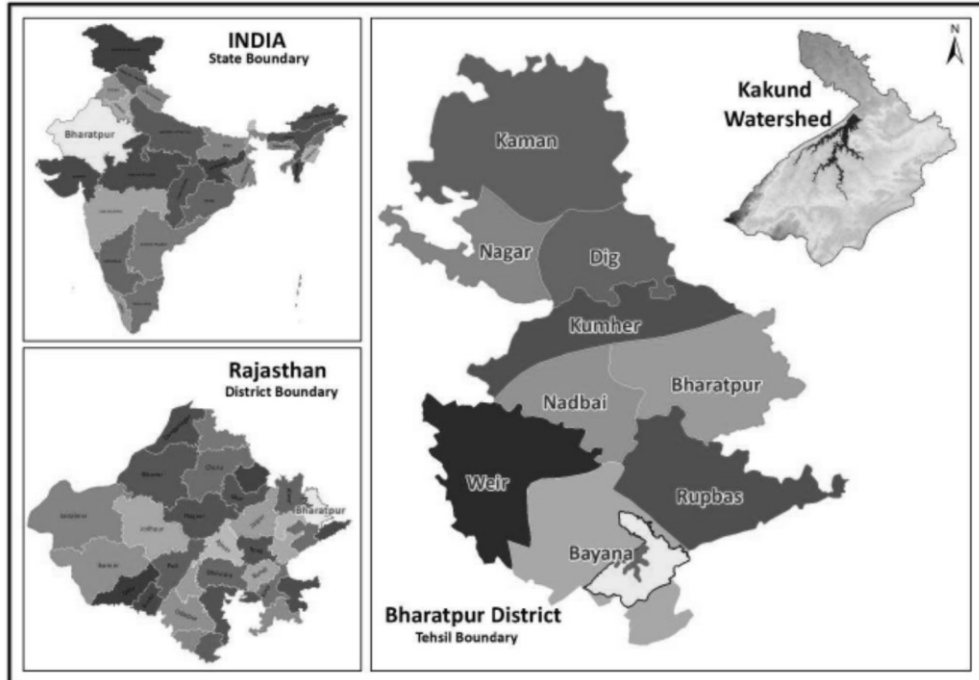
Farklı kaynaklardan elde edilen verilerin entegre edilmesi, işlenmesi ve üretilen yeni haritalarla konumsal ilişkiyi anlamada oldukça yararlı olan CBS, planlama stratejilerinin belirlenmesini sağlamanın yanında oldukça yararlı bir yönetim aracı olarak karşımıza çıkmaktadır. Aynı zamanda havza modellerinin yayılı kirletici kaynaklarının uzun dönemli etkilerini belirlemede ihtiyaç duyduğu girdi verilerini sağlayarak sonuçlar grafikler, tematik haritalar ve raporlar olarak sunulabilmektedir (Şeker vd., 2009). Bu bölümde dünyada gerçekleştirilen havza yönetiminde CBS uygulamalarıyla ilgili birkaç çalışma özetlenmiştir.

### 2.5.1. Kakund Havzası, HİNDİSTAN

Bu çalışmada CBS kullanılarak yeraltı suyu yönetiminin gerçekleştirilebilmesi amacıyla yeraltı sularının derinliği ve yeraltı suyunun coğrafi konuma göre dağılımları hesaplanmıştır.

Söz konusu Şekil 2.9’da gösterilmekte olan çalışma alanı, Hindistan’ın Bharatpur bölgesi, Kakund Nehir havzası, 26° 78’, 26° 96’ kuzey enlemi ve 77° 25’, 77° 45’ güney boylamında yer almakta olup, 163,31 km<sup>2</sup> lik alanı kaplamaktadır.

4.94 km<sup>2</sup> alanı kaplayan bölgenin önemli bir gölü olan Baretha Gölü, yağmur suyu depolanmasında kullanılmakta olup komşu yerleşimler ve Bayana’ daki içme ve tarım uygulamaları için kullanılmaktadır. Bölgedeki Yıllık ortalama yağış 1049.76 mm olup, en yüksek sıcaklık 45°C, drenaj yoğunluğu ise 1-7 km/km<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Toprak tuzluluğu ve alkalinitesi havzanın problemleri arasında yer almakta olup, sulama yapılan alanlarda, kuyu ve sulama kanalında daha fazladır. Granite, Quartzite ve Sandstone’daki kırık bölgeler uygun hidrolojik koşullarda, kayalarda potansiyel su tutulmasını sağlamaktadır.



Şekil 2.9. Çalışma Alanı: Bharatpur Bölgesi <sup>14</sup>

<sup>14</sup> Pareta, 2013.

Havza alanı, tektonik olarak dağılmış, farklı formasyonlarda faya sahiptir. Çalışma alanı, alüvyon ve rüzgârla taşınmış kum, dhaulpur şist, kum taşından oluşmaktadır. Yeraltı suyu genellikle el pompaları, açık kuyular ve sığ, derin olmayan kuyulardan çıkarılmaktadır. Sulama kanalları sınırlı olduğu için sulamanın çoğu sığ kuyulardan sağlanan su ile yapılmaktadır. Yeraltı suyunun genel akış yönü batıdan doğu yönündedir. Yapılan çalışmalar ile yıllık yeraltı suyu artışının sadece yağışa bağlı olmadığı, aynı zamanda sulama için yapılan yüzey suyu uygulamalarına da bağlı olduğu görülmüştür. Platodaki bütün açık kuyular kuru olduğundan dolayı su seviyesi dalgalanmaları ve su varlığı ile ilgili net bir tanım yapılamamıştır.

Çalışmada, 1/50.000 ölçekli topografik harita, 5.8 m mekânsal çözünürlüklü-2013 yılına ait IRS (ResourceSAT-2) LISS-IV Mx, 23.5 m mekânsal çözünürlüklü-2011 yılına ait IRS (ResourceSAT-2) LISS-III, 30.0 m çözünürlüklü 2001 yılına ait LANDSAT-7 ETM uydu görüntüleri, RS-2 LISS-IV Mx uydu görüntü verisiyle güncelleştirilen jeoloji haritası, jeomorfoloji haritası, eğim haritası, arazi kullanımı ve arazi örtüsü haritası, toprak haritası, yeraltı suyu verisi, iklim verisi, nüfus verisi kullanılmıştır.

Çalışma alanında su derinliğinin izlenebilmesi amacıyla farklı kaynaklarda 13 adet gözleme kuyusundan yeraltı su seviyesi kullanılmıştır. Muson mevsimi öncesi ve sonrası yeraltı su seviyesi Ekim 2012 ve Mayıs 2013 ayları olmak üzere izlenmiştir. Toplanan verilere dayanılarak, yeraltı su seviyesi derinliği ve yeraltı suyu dalgalanmaları haritası hazırlanmıştır.

Yıllık yeraltı suyu artışı belirlenmesinde dalgalanma metodu kullanılmıştır. Söz konusu metodun kullanabilmesi amacıyla, yeraltı suyu dalgalanmasında 2 metre aralıkla 2 (iki) adet yatay çizgi grafiksel metod kullanılarak belirlenmiştir. Daha sonra elde edilen alan iki çizgi arasındaki yeraltı suyu seviyesindeki ortalama dalgalanma kalınlığı ile çarpılmıştır. Böylece iki çizgi arasındaki doymuş akifer malzemenin hacmi elde edilmiştir. Birbirini izleyen çizgi çiftinin arasındaki doymuş akifer malzemenin hacmi, toplam doymuş akifer metaryeli hacmini elde edebilmek amacıyla akiferden geçen tüm yatay çizgiler için toplanmıştır. Farklı akiferler için verim değerleri, boşaltımın hesaplanması amacıyla kullanılmıştır.

$$\text{Yıllık Yeraltı Suyu Artışı} = \text{Doymuş Malzemelerin Hacmi} \times \text{Verim} \quad (2.1)$$

$$\text{Yıllık Yeraltı Suyu Kullanımı} = \text{Kuyu Sayısı} \times \text{Deşarj Ortalama Oranları} \times \text{Yıllık Pompalama Sayısı} \quad (2.2)$$

Formül (2.1) ile yeraltı suyu akışı, formül (2.2) ile yıllık yeraltı suyu kullanımı hesaplanmıştır.

Bu çalışma uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri teknikleri ile birlikte, arazi kullanımı, arazi örtüsü, hidrojeolojik, su seviyesi dalgalanmaları, jeolojik haritalamanın yeraltı suyu yönetiminde ne kadar yararlı olduğunu göstermiştir. Havza sınırlarının, akış birikiminin, akış yönünün, dere düzenlenmesi (*stream ordering*), kontur (*hat*), eğim yönünün belirlenmesinde ESRI, ArcGIS 10.2 yazılımı kullanılmıştır.

Çalışmada yıllık yeraltı suyu birikimi bölgede 1.165,31 dönüm ve yıllık yeraltı suyu çekimi 320,66 dönüm olarak bulunmuştur. Yeraltı suyunun dengesinin sağlanabilmesi amacıyla kullanılabilir su miktarı 844,65 dönüm olarak ortaya çıkmıştır. Yeraltı suyunun büyük bir bölümünün, yaz mevsiminde Kakund nehri ve diğer akıntularla birlikte dışarıya gitmekte olduğu tespit edilmiş; yeraltı suyunun geliştirilebilmesi amacıyla, yüzeysel ve sığ kuyular, derin tüp kuyu gibi yapıların inşa edilmesinin gerektiği öngörülmüştür. Kakund Havzasında, yüzey suyunun drene edilebilmesi ve yeraltı suyunun arttırılması için 37 adet su kanalı, 15 kontrol bendi, 1 adet kagir baraj, 6 adet köy havuzu & tankı, 8 adet süzülme sızma tankı, 10 adet besleme kuyusu önerilmiştir. Önerilen yapıların besleme miktarının 2.595 mcm olarak tahmin edilmiştir (Pareta, 2013).

### **2.5.2. Bistrita Akarsu Havzası, ROMANYA**

Bistrita akarsu havzasındaki uygulama, Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojileri kullanılarak entegre havza yönetimi sisteminin geliştirildiği Life DIMINISH projesinin bir çalışmasıdır. Söz konusu çalışmanın ana amacı eylem planının geliştirilmesi ve uygulanmasını, uzun dönemli bilgiler arasında ilişkinin kurulmasını, yaklaşımların kullanılarak insan faaliyetlerinden kaynaklanan kirliliğin tahmin

edilmesini, çevresel maliyet değerlendirilmesinin yapılabilmesi amacıyla ekonomik sistemlerin ve sosyo ekonomik analizin gerçekleştirilebilmesini sağlamaktır.

Çalışmada kullanılan yaklaşımlar; besin kirliliğine maruz kalmış alanlarda su kalitesinin geliştirilebilmesi amacıyla eş zamanlı olarak kirleticilerin yayılımının izlenmesi, kirletici yayılımlarının önlenmesi, alınması planlanan önlemlerin kamusal sonuçlarının öngörülmesidir.

Şekil 2.10'da gösterilmekte olan çalışma alanındaki Bistrita nehri 283 km uzunluğuna ve 7.039 km<sup>2</sup> alana sahip olup ortalama yüksekliği 919 m dir. Havzanın nüfüsü 550.000 olup söz konusu nüfusun yüzde 55'i kentsel alanlarda yaşamaktadır. Aynı zamanda nüfusun yüzde 43'ü içme suyu ve kanalizasyon sistemine bağlıdır. 375 adet yerleşim yerinin 10 adet toplama yeri atıksu arıtma tesisine sahiptir.

Havzanın çevresel problemleri, havza çıkışında yüksek konsantrasyonlarda amonyum, organik madde, nitrat ve askıda madde bulunması, atıksu istasyonlarının yeterli işlemeşi, tarım yapılan bölgede yüzeysel sulardan süzülen su ile yeraltı suyunun kalitesinin bozulması, içme suyu kaynaklarındaki azalma, insan faaliyetlerine bağlı olarak amonyum, nitrat, organik madde ve fosfat konsantrasyonunun artması, atıksuların boşaltımı ile birlikte nitrojen ve fosfor arasındaki doğal dengenin bozulması sonucunda yüzeysel sularda besin değerinin yükselmesidir.



**Şekil 2.10.** Çalışma Alanı: Bistrita Nehri Bölgesi <sup>15</sup>

<sup>15</sup> Trifu, 2007.



Havzadaki hidrometeorolojik baskılar, morfolojik baskılar, yersel sistemden gelen veriler, modellenerek besinlerin mevsimsel değişimleri, besin bütçesi, besin tutma elde edilmiştir. Ekolojik işleyiş modellenmiş; kuyu izleme verisi, jeolojik veritabanı, hidrolojik, hidrokimyasal veri tabanı kullanılarak karar vericiler tarafından kullanılabilen pizometrik haritalar, kirleticiler, konsantrasyon haritaları oluşturulmuştur.

Bistra nehir havzasındaki besin yönetimine odaklanan CBS sistemi, uzaktan kullanıcılar için havza yönetim değerlendirmesinin açık web tabanlı sorgulamanın ve analiz bilişim araçlarının kullanılarak yapılabileceği; hidrolojik, jeolojik, çevresel arazi verisinin entegre edildiği ilk çevrimiçi CBS sistemidir. Bu çalışmada geliştirilmiş sistemin sonuçlarının; ekolojik neden sonuç ilişkilerinin değerlendirilmesi ve alınacak önlemlerin seçilmesinde kullanılabilen kanıtlanmıştır. Besin bütçe hesaplamaları ve fayda maliyet analizi, atıksu arıtma planı iyileştirmesinin, tarımda besin azaltımını amaçlayan tedbirlerden daha maliyetli olduğunu göstermiştir.

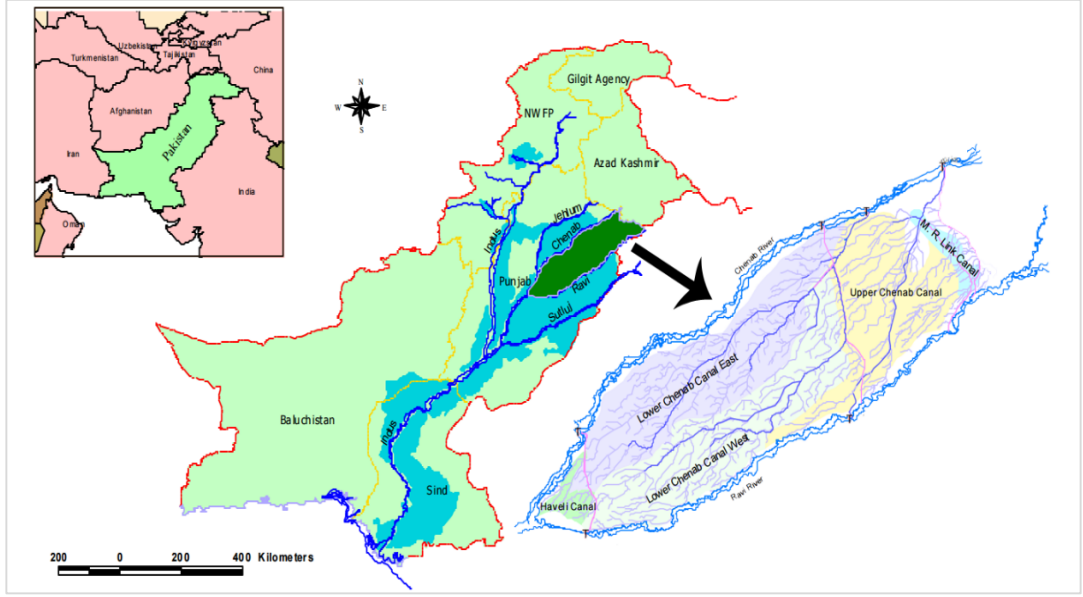
Havza yönetim planlarının bir parçası olarak, her nehir havza bölgesi için etkili önlemler kombinasyonunun analizi ve değerlendirmesi yönetim programlarının oluşturulmasında temel adımı oluşturur. Bu kapsamda, Diminish online sistemi ile havzadaki beslenme trendini simule ve tahmin edilerek karar vericiler için ayrıntılı bir rehber oluşturmuştur. (Trifu, 2007)

### **2.5.3. Rechna Doab Havzası, PAKİSTAN**

Bu çalışmanın ana amacı, Sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için etkili kararlar alınması maksadıyla, bütün su kaynakları yöneticileri için mekansal referanslı veritabanı geliştirmek ve dizayn etmektir.

Şekil 2.12’de gösterilmekte olan Rechna Doab havzası, Chenab ve Ravi nehirlerinin arasında kalan 2,3 milyon hektarlık bir alanı kapsamaktadır. Çalışmada Entegre veritabanı gelişimi prototipi için Rechna Doab’ın 28 tane sulama alt havzasından biri olan ‘Buchiana’ sulama alt havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir.





**Şekil 2.12.** Rechina Doab Yerleşim Haritası, Pakistan <sup>17</sup>

Farklı ulusal organizasyonlardan elde edilen 2 (iki) yıllık verilerin entegrasyonunun sağlanabilmesi amacıyla veriler CBS formatında toplanmıştır. Kanal ağı, yollar, demiryolları, tarım gibi mevcut haritalarında sayısallaştırma işlemi bilgi çıkarılması maksadıyla ILWIS 1.4 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Uydu görüntüleri veya taranmış veri görüntü işleme tekniği ile mekânsal olmayan veri ilişkisel veritabanı içerisinde düzenlenmiştir. Kanalların dizaynı, verim, ürün deseni gibi bilgiler tarım ve sulama bölümlerinden elde edilerek veritabanına entegre edilmeye çalışılmıştır.

Kanal ağları, demiryolları, drenaj, sivil ve tarım idari sınırları CHAK planlardan; toprak, yüzey tuzluluğu, toprak ürün elverişliliği, drene edebilirliği, 1:250.000 ölçekli Soil Survey ve WAPDA master planından, toprak tuzluluğu haritaları WASID BULL harita paftalarından, basınç ölçer lokasyonları, doğal yüzey seviyeleri; WAPDA yeraltı suyu derinliği haritaları, Landsat tm görüntü datası altlık harita olarak kullanılmıştır.

Bu çalışma ile havzaya katılımcı yaklaşımla şekil verilebilmesi amacıyla, havzadaki su kaynaklarının sürdürülebilir kullanım senaryoları ve alternatifleri araştırılarak havzaya olan baskı ve etkiler belirlenmektedir (Qureshi, 2002).

<sup>17</sup> Qureshi, 2002.

#### 2.5.4. Yialias Havzası, GÜNEY KIBRIS

Çalışmanın asıl amacı, bütüncül bir yaklaşım ile havza izleme ve yönetimine dayalı bağımsız uzaktan algılama methodolojilerinin entegre edilmesidir. Çalışma kapsamında uydu görüntülerinin iyileştirilmesi sağlanmış daha sonra bu görüntülerden haritalar elde edilerek CBS ile erozyon risk haritası üretilmiştir. Uydu görüntüleri kullanılarak bölgenin sel haritası çıkartılmıştır. CBS ile arazi ölçümlerinin kentsel yayılmanın kayıt edilerek hesaplanması sunulmuş, arazi haritası ve arazi kullanımlar modellenerek sel baskınına maruz kalabilecek alanların tespit edilmesiyle sel risk analizi yapılmış, uzaktan algılamanın havza yönetimine katkıları ortaya çıkarılmıştır.

Çalışma alanı, Kıbrıs adasının Yialias havzası olup, Akdenizin kuzey doğu köşesinde yer almaktadır, tipik bir Doğu Akdeniz iklimine sahiptir.

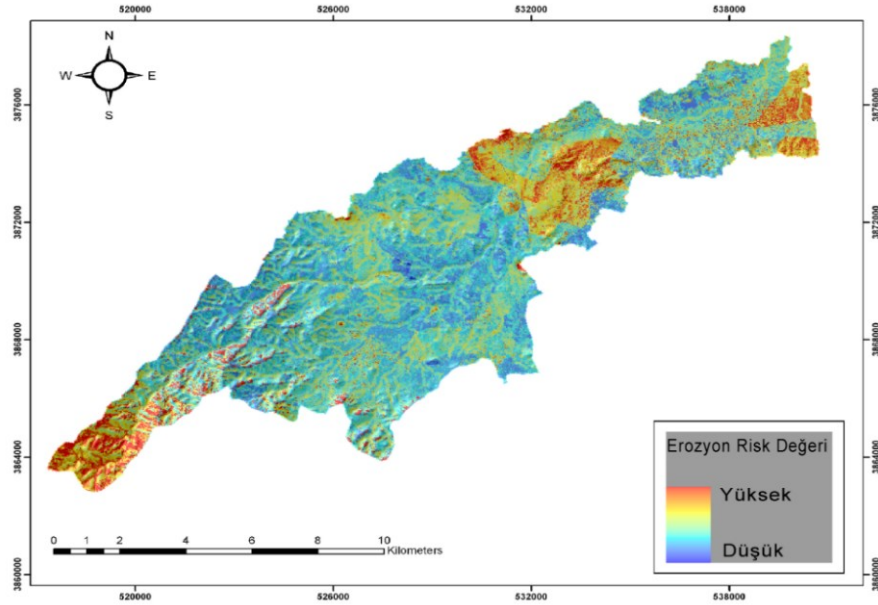
Çalışmada, arazi örtüsü değişiminin belirlenmesinde en etkili araç olan multispectral uydu görüntü sınıflandırılması kullanılmıştır. Sınıflandırma sonuçlarına göre; kentsel alanlar ve spesifik jeolojik formasyonlarda spektral karıştırma gözlenmiştir. Çalışma kapsamında 4 adet LANDSAT TM / ETM ( 30x30 m<sup>2</sup> piksel boyutu) orta çözünürlükteki multispektral görüntü ve Kıbrıs Meteoroloji Servisinden yağış verisi elde edilerek tüm veriler uydu görüntüsüyle karşılaştırılmıştır.



Şekil 2.13. Kıbrıs Adası Yialias Haritası <sup>18</sup>

<sup>18</sup> Hadjimitsis vd., 2013 makalesi baz alınarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bu çalışma ile Şekil 2.13’de gösterilmekte olan Yilias bölgesinden arazi numuneleri alınarak spektral davranışları incelenmiş, farklı nem koşullarındaki durumları araştırılmış, toprak nem ölçücü ile toprak nemi ölçülmüştür. Farklı nem koşullarındaki spektral cevabı Spektrometre kullanarak test edilmiştir. Sulak alanlardaki yansıtma değerlerinin nem arttıkça kentsel örneklerinden kolayca ayırt edilmekte olduğu gözlemlenmiştir. Görüntüler arasındaki sınıflandırma doğruluğunun karşılaştırılabilmesi için, farklı yağış koşullarında kaydedilen Landsat TM / ETM + 2 Haziran 2005 “kuru” ve 23 Temmuz 2009 (23,7 mm yağış) “yağışlı” görüntüler sınıflandırılmış ve kaydedilmiştir. Yağışlı ve kuru günlerin görüntüleri kıyaslanıp araziden numuneler alınarak çeşitli algoritmalar (*isodata, Maximum Likelihood-ML*) ile arazi sınıflandırılması optimize edilmiştir.



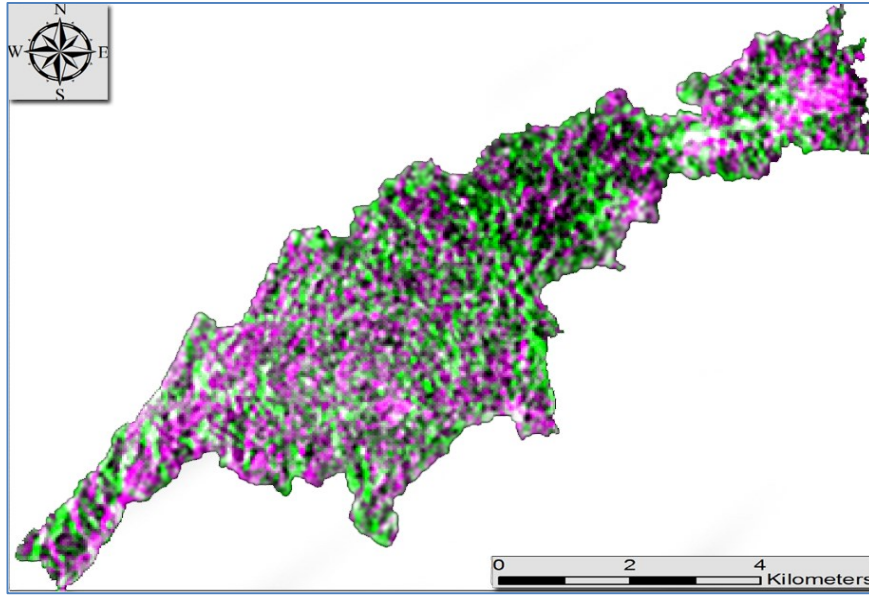
**Şekil 2.14.** RUSLE ve AHP Modelleri Kullanılarak Oluşturulan Erozyon Risk Haritası <sup>19</sup>

Daha sonra iki farklı erozyon modeli ile havzadaki risk değerlendirilmiştir. Birinci model analitik hiyerarşi modeli (AHP) olup, uzman tecrübelerine dayanan çok parametrelidir. İkinci model ise, toprak kaybı değerlendirilmesinde son yıllarda kullanılan RUSLE isimli popüler bir modeldir. Bu modelde yağmur, erozyona yatkınlık, topografik yapı, bitki örtüsü deseni, uygulama katsayıları hesaplanmıştır. Uzaktan algılama ve CBS teknolojileri kullanılarak havza bazında kara vericiler için iki

<sup>19</sup> Hadjimitsis vd., 2013.

erozyon risk modeli oluşturulmuş, Şekil 2.14’de görüldüğü üzere farklar kıyaslanmış ve erozyon risk haritası optimize edilmiştir.

Proje kapsamında yapılan bir başka çalışmada ise, SAR teknolojisi kullanarak L bandı dalga boyunda gece ve gündüz çalışabilen, buluttan geçebilen, orman örtüsü ile kaplı alanlarda dağınık yansımaya yaparak su yüzeyi ve ağaç dallarını ayırabilen, ileri arazi gözlem uydusu (ALOS) PALSAR görüntüleri (polarizasyonu HH, piksel boyutu 50 m) kullanılmıştır. Söz konusu görüntüler ile toprak nemi ve sel baskını potansiyeli doku analizi yapılarak tespit edilmiştir. İki adet yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip GeoEye-1 uydu görüntüleri ise referans tematik haritanın ( arazi örtüsü haritası ) oluşturulması için kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, farklı arazi örtüsü örtüsü sınıflarının farklı geri yansıtım değerlerine sahip olduğu ortaya çıkmış, Şekil 2.15’de gösterilmekte olan ALOS PALSAR görüntülerinin sel baskını potansiyelinin araştırılmasında toprak neminin incelenmesi amacıyla kaydedilmesinin faydalı olduğu görülmüştür.



**Şekil 2.15.** ALOS PALSAR Görüntüleri İle Tespit Edilmiş Yağış Haritası <sup>20</sup>

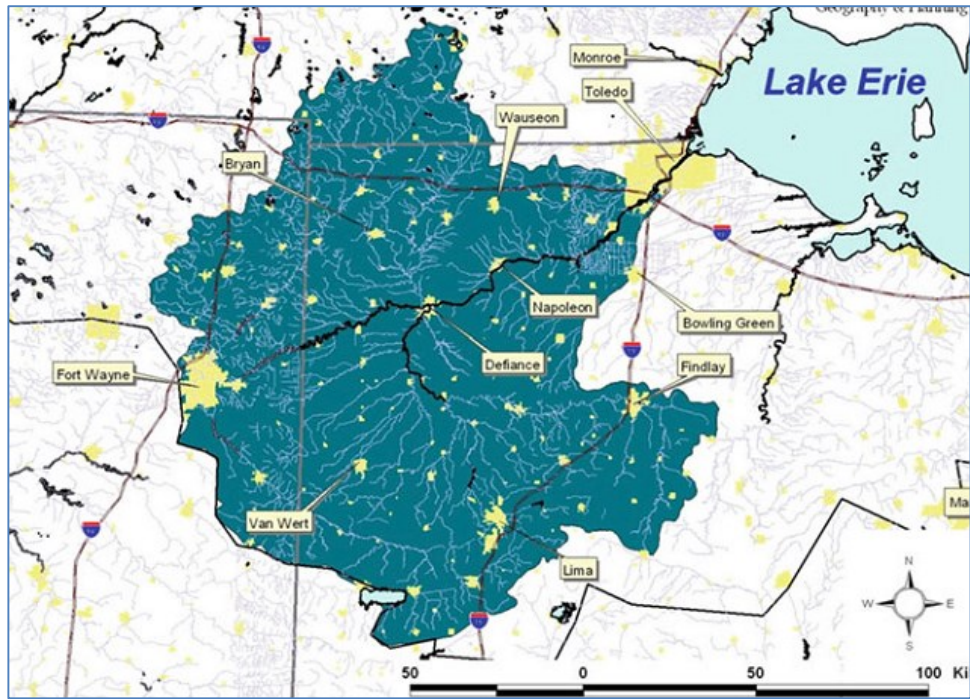
Son olarak ise ASTER uydusundan alınan görüntüler ile bölgenin DEM verisi karşılaştırılarak şehrin kurulduğu alanlar, tarım alanları gibi arazi kullanımı ve arazi örtüsü haritaları elde edilmiştir (Hadjimitsis vd., 2013).

<sup>20</sup> Yağıştan en çok etkilenen bölgeler yeşil ile gösterilmiştir.  
Hadjimitsis vd., 2013.

Bu çalışma ile uzaktan algılama ve CBS teknolojilerinin entegre kullanımının sürdürülebilir havza yönetimine önemli ölçüde katkı sağladığı gözler önüne serilmiştir.

### 2.5.5. Maumee Havzası, AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ

Bu çalışmanın ana amacı havzaya ait CBS veri tabanının oluşturulması suretiyle, arazi kullanımındaki değişimlerin tespiti, ekin rotasyonu ve toprak işleme uygulamalarının değerlendirilebilmesi çalışmalarının en etkili şekilde gerçekleştirilebilmesidir.



Şekil 2.16. Maumee Nehir Havzası Haritası<sup>21</sup>

Şekil 2.16’da gösterilmekte olan Maumee nehir havzası, büyük göllere boşalan en büyük drenaj havzası olup, 140 km uzunluğundaki Maumee nehri Ohio, Michigan ve Indiana eyaletleri arasında uzanmaktadır. Havzada Fort Wayne ve Toledo gibi sanayi şehirleri yer almaktadır. Çalışma alanı, güney Ohio-Michigan hattı boyunca Eria Gölü’nün içine drene edilen kısmı içermektedir. Arazi kullanımının yüzde 71’i tarım, geri kalan kısmı ise kentsel alan ve yoldan oluşmaktadır. Çalışma alanındaki toprağın drenajı kötü olup, geliştirilebilmesi için yüzey hendeği ve yeraltı dreni

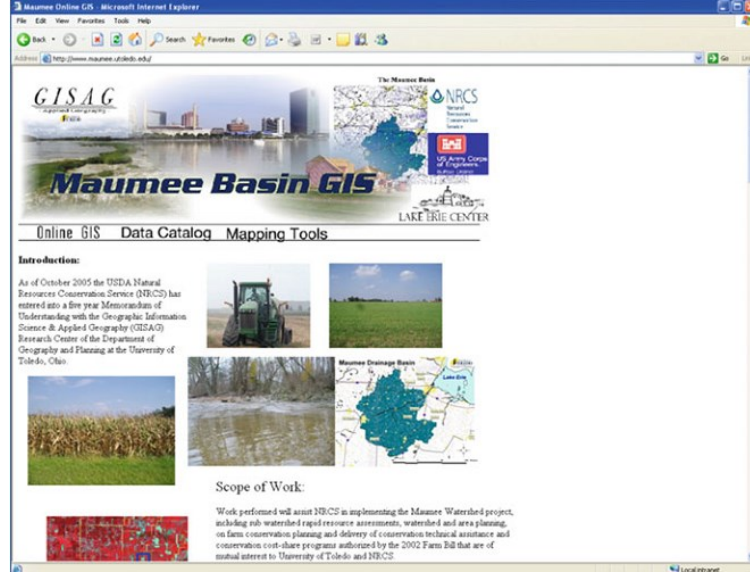
<sup>21</sup> Czajkowski K. ve Lawrence P. L., 2013.



uygulanmaktadır. Yıllık yağış 83 cm – 94 cm olarak değişmektedir. Toprağın işlenmesinden kaynaklanan toprak erozyonu ve kırsal kaynaklı yayılı kirleticilerden tarafından Maumee Nehrine önemli miktarda sediment taşınımının meydana gelmesi havzanın başlıca sorunlarından dır.

Maumee Nehir Havzası Projesi CBS veritabanı kurulumu, Toledo Üniversitesi ve Tarım departmanı işbirliği ile gerçekleştirilmiştir. Ohio, Indiana ve Michigan eyaletlerine ait veri katmanlarının birleştirilerek yıllık arazi örtüsü, ürün rotasyonu gibi uzaktan algılama ürünleri ile projenin diğer paydaşlarına eğitici ve öğretici destek sağlayan Maumee Nehir Havzası Projesi CBS web sitesinin kurulumu gerçekleştirilmiştir. Maumee Nehir Havzasını çevreleyen, çeşitli kaynaklara ait mekânsal veri katmanlarındaki veriler toplanarak bir araya getirilmiştir. Söz konusu ücretsiz veri temin edilen websitesi kaynakları; Toprak Veri Deposu (Soil Data Mart), Veri Ağ Geçidi Data Gateway NRCS/USDA, Michigan Coğrafi Bilgi Merkezi (Center for Geographic Information in Michigan), Coğrafi Bilgi Yönetim Sistemi (Geographic Information Management Systems), Indiana Jeolojik Araştırma Kurumu (A GIS Atlas), Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Kurumu (USGS), Büyük Göller Bilgi Ağı (Great Lakes Information Network) dır.

Çalışmada, ESRI ArcGIS ve ERDAS IMAGINE 9.1 programları kullanılarak veriler değerlendirilmiştir. Söz konusu verilerin havza alanını kaplaması ve meta verisinin olmasına dikkat edilmiştir. Çok spektralli Landsat 5 uydu görüntüleri değerlendirilmiş, arazi kullanımı ve arazi örtüsü haritaları elde edilmiştir. Uydu görüntüleri birçok farklı zamanda ve farklı ekin türlerinde özellikle mısır, soya, buğday yetiştirme sezonunda ayırt edilebilmesi amacıyla uydu görüntüleri kullanılmıştır. Proje bölgesi için gerekli bilgileri içeren, potansiyel kullanıcıların yararlanabileceği arazi sorgulama fonksiyonu, uzaklık hesaplama ve alan ölçümleri gibi sorgulamaların yapılabilmesini ve bölgenin görüntülenebilmesi sağlayan ArcIMS programı kullanılarak Şekil 2.17’de gösterilmekte olan websitesi ([www.manumeee.utoledo.edu](http://www.manumeee.utoledo.edu)) kurulmuştur.



Şekil 2.17. Maumee CBS projesi websitesi <sup>22</sup>

Proje sırasında; arazi örtüsü analizlerinde doğrulama amacıyla kullanılmak üzere 2007 ve 2009 yılları arasında ekin türleri toplanmış, 2007 yılında Blanchard Nehrinde yaşanan sel olayından sonra veri setleri bir araya getirilmiştir. Aynı zamanda, 2007-2009 yılları arasında Landsat görüntüleri bir araya getirilerek yıllık arazi kullanımı, tarımsal uygulamalar ve ekin türü tespiti için toplanmıştır. NAIP, LIDAR ve ortofoto görüntüleri Maumee Havzası için elde edilmiştir.

Maumee CBS/Uzaktan Algılama Projesi, havzada yürütülen projelerde dâhil olmak üzere havza planlama girişimlerine yardımcı olmak amacıyla bir dizi yararlı ürün yaratmıştır.

CBS veri tabanı çeşitli tarafları istekleri üzerine temin edilmiştir, havza çalışmaları, hızlı değerlendirmelerin yapılabilmesi, ekin envanterinin çıkarılabilmesi ve güncellenebilmesi, sediment modellemesi ve doğal felaketler (sel vb.) çalışmalarına yardımcı olabilmek açısından CBS veri tabanı proje paydaşlarının istekleri üzerine hazırlanmıştır. Daha fazla ilerleme kaydedilmesi amacıyla kritik havza sorunlarının tespitinin yapılarak projelerin önceliklendirilmesi amacıyla CBS ve uzaktan algılamaya verilen önem devam ettirilmesi planlanmaktadır. Proje ile oluşturulan web sitesi ile CBS veri katmanları ve uzaktan algılama kullanılarak arazi kullanımı ve arazi

<sup>22</sup> www.maumee.utoledo.edu  
Czajkowski K. ve Lawrence P. L., 2013.

örtüsü haritalaması gerçekleştirilerek kamuya yararlılık sağlanmış, Maumee havzasında havzaya özgü projelerde kullanılmak üzere harita bazlı ürünler oluşturulmuştur.

Maumee havzasında kurum ve kuruluşlar tarafından geliştirilen havza bazlı planlamada meydana gelen sürekli gelişim ile mekânsal veri kaynaklarına verilen değerin artması beklenmektedir.



### 3. TÜRKİYE'DE ENTEGRE HAVZA YÖNETİMİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ

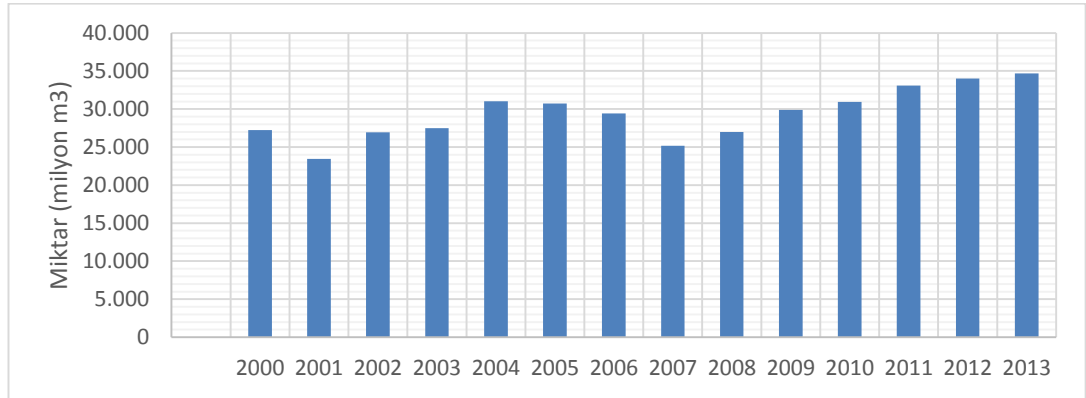
#### 3.1. Suyun Mevcut Durumu

##### 3.1.1. Suyun Kullanımı

Türkiye'de Entegre Havza Yönetimi konusunun anlaşılması amacıyla ilk olarak su kaynaklarının mevcut durumu ve kullanımları incelenmiştir. Bu incelemede hizmetler (içmesuyu ve kanalizasyon), tarım (sulama) ve enerji sektörlerinin su kullanımları dikkate alınmıştır.

2012 yılında Türkiye'de belediye ve köylerde içme ve kullanma suyu şebekesi ile dağıtılma ve imalat sanayi işyerleri, termik santraller, organize sanayi bölgeleri (OSB) ve maden işletmeleri tarafından ise kullanılma amacıyla su kaynaklarından 14,3 milyar m<sup>3</sup> su çekilmiştir. Çekilen suyun yüzde 52,1'ini denizden, yüzde 18'ini barajdan, yüzde 15'i kuyudan, yüzde 11,9'u kaynaktan, yüzde 3'ünü ise diğer su kaynaklarından temin edilen sular oluşturmaktadır (TÜİK,2012a).

Sulama sektörü ise yukarıda sayılan tüketimlerden bağımsız olarak 2013 yılı itibarıyla yaklaşık 35 milyar m<sup>3</sup> su kullanmıştır. Yıllara göre sulamada kullanılan su miktarları Grafik 3.1'de gösterilmiştir (DSİ, 2015).

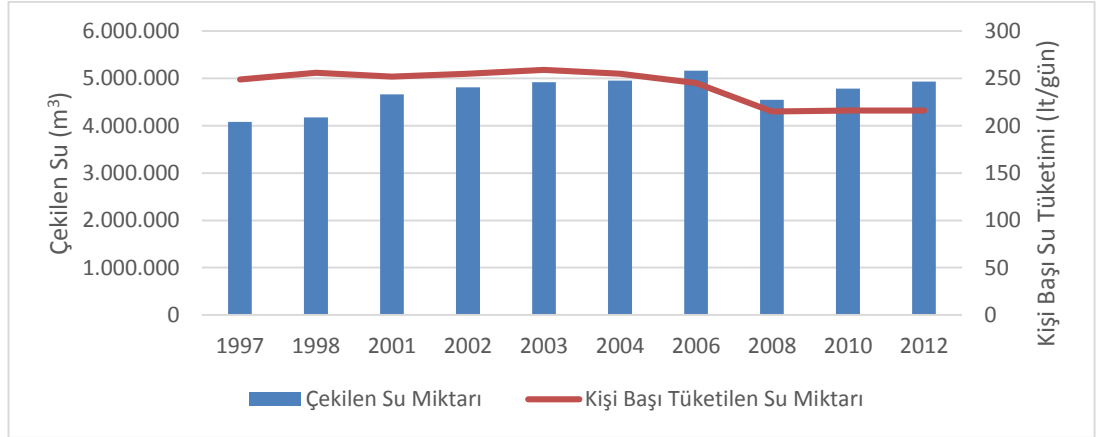


**Grafik 3.1.**Yıllara Göre Sulama Suyu Miktarları<sup>23</sup>

Su kaynaklarından çekilen toplam suyun yüzde 34,6'sının belediyeler, yüzde 44,8'inin termik santraller, yüzde 11,7'sinin imalat sanayi işyerleri, yüzde 7,3'ünün

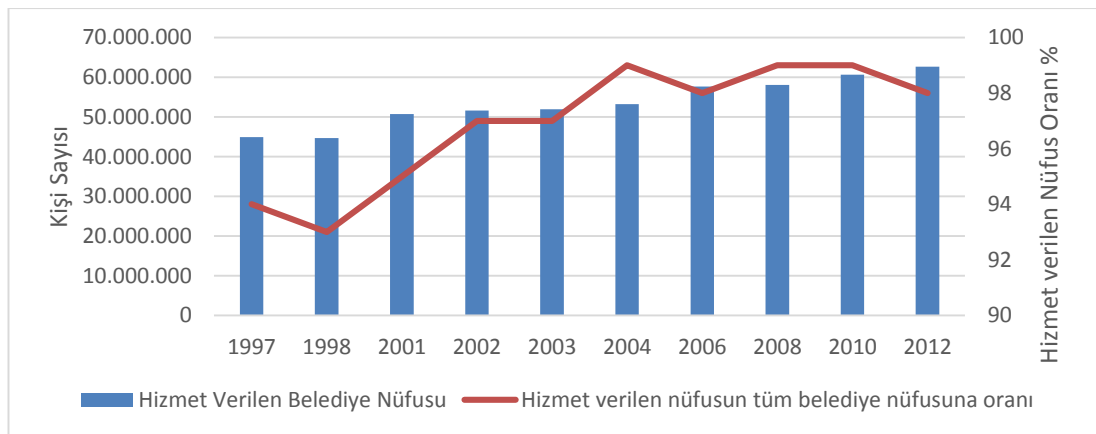
<sup>23</sup> DSİ,2015.

köyler, yüzde 0,8'inin OSB'ler ve yüzde 0,8'inin maden işletmeleri tarafından çekildiği belirlenmiştir. Belediyeler 2012 yılı itibarıyla yaklaşık 5 milyar m<sup>3</sup> su çekmiş, kişi başı tüketim ise 216lt/ gün olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2012a). Yıllara göre çekilen su miktarları detaylı olarak Grafik 3.2'de gösterilmiştir.



**Grafik 3.2.** Belediyeler Tarafından Çekilen Su Miktarı ve Kişi Başı Su Tüketimi <sup>24</sup>

2012 yılı itibarıyla Belediye nüfusunun yüzde 98,3'üne, köy nüfusunun ise yüzde 98,4'üne içme ve kullanma suyu şebekesi ile hizmet verilmektedir. Grafik 3.3'te görüldüğü üzere içme ve kullanma suyu şebekesi ile hizmet verilen nüfusun toplam nüfusa oranı ise yüzde 83 seviyelerindedir. Özellikle 2000'li yıllardan sonra Türkiye genelinde içmesuyu şebekesine yatırım artmıştır. İçmesuyu şebekesi ile dağıtılan su miktarı 2.8 milyar m<sup>3</sup>/yıl'dır. İçme ve kullanma suyu arıtma tesislerinde arıtılan su miktarı ise 2,7 milyar m<sup>3</sup>/yıl'dır (TÜİK, 2012b).



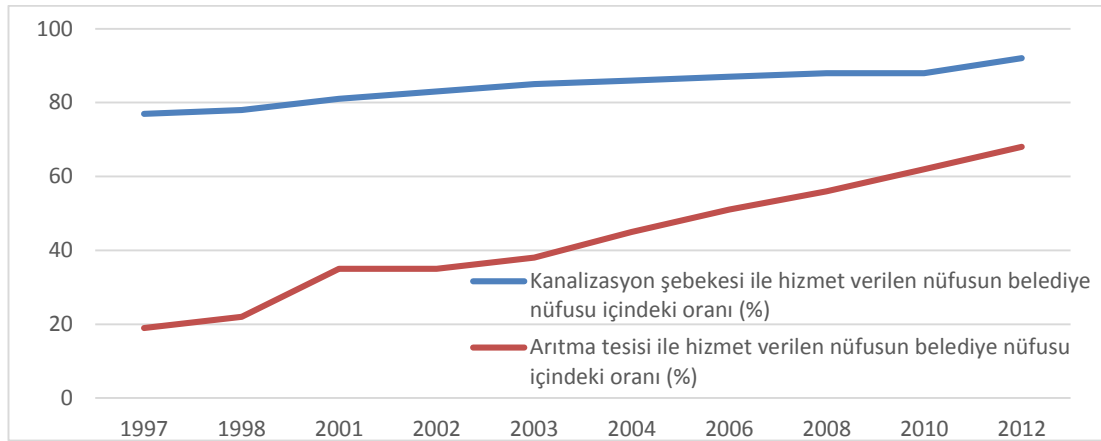
**Grafik 3.3.** Yıllara Göre İçmesuyu Hizmeti Verilen Nüfus Sayısı ve Oranı <sup>25</sup>

<sup>24</sup> TÜİK, 2012a.

<sup>25</sup> TÜİK, 2012b.

Belediyeler, köyler, imalat sanayi işyerleri, termik santraller, OSB'ler ve maden işletmeleri tarafından 2012 yılında doğrudan alıcı ortamlara 12 milyar m<sup>3</sup> atıksu deşarj edilmektedir. Alıcı ortamlara deşarj edilen atıksuyun yüzde 77,1'i denize, yüzde 18,6'sı akarsuya, yüzde 4,3'ü diğerk alıcı ortamlara deşarj edilmektedir.

Toplam atıksuyun yüzde 52,3'ünün termik santraller, yüzde 32,4'ünün belediyeler, yüzde 11,2'sinin imalat sanayi işyerleri, yüzde 1,6'sının köyler, yüzde 1,7'sinin OSB'ler ve yüzde 0,8'inin maden işletmeleri tarafından deşarj edilmektedir.



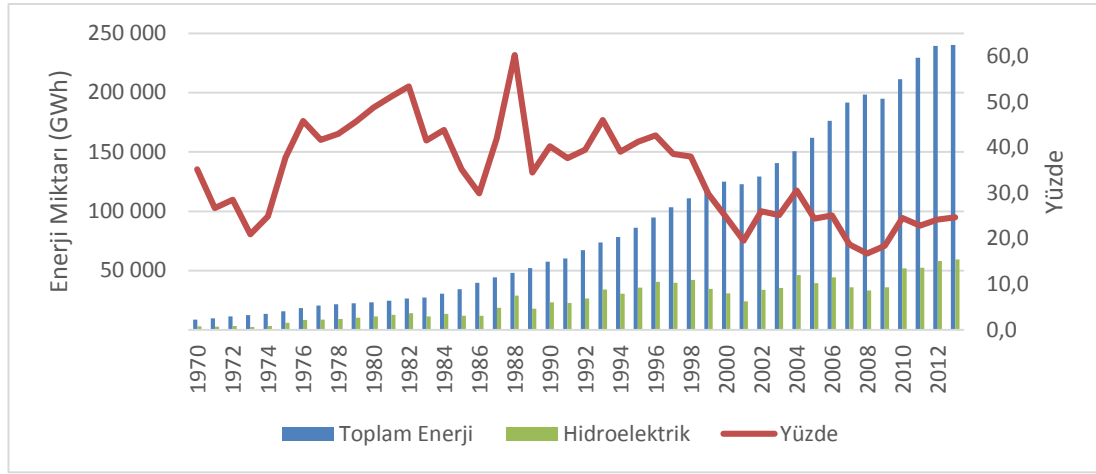
**Grafik 3.4.** Yıllara Göre Kanalizasyon Hizmeti Verilen Nüfus Sayısı ve Oranı <sup>26</sup>

Belediye nüfusunun yüzde 92'sine, köy nüfusunun ise yüzde 39'una kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilmektedir. Belediye nüfusunun yüzde 68'i, köy nüfusunun ise yüzde 11'i olmak üzere toplam nüfusun yüzde 59'unun atıksularının arıtılmaktadır (Grafik 3.4).

2012 yılı itibarıyla Türkiye'deki 460 AAT'nin, 244'ü biyolojik, 89'u doğal arıtma, 70'i gelişmiş arıtma, 57'si de fiziksel arıtmadır. Atıksu arıtma tesislerinde arıtılan atıksuların yüzde 52'si aktif çamur prosesinde (biyolojik arıtma) işlem görmektedir. Günde ortalama 9 milyon metreküp atıksu arıtma sonrasında alıcı ortama deşarj edilmektedir. 12.11.2012 tarih ve 6360 sayılı Kanun ile bazı belediyeler kapanarak geçerliliğini yitirmiştir. Söz konusu kanuna göre Türkiye'de mevcut atıksu arıtma tesisleri ile 29'u Büyükşehir Belediyesi olmak üzere toplam 163 belediyenin atıksuyu arıtılmaktadır. Bu tesislerden Türkiye nüfusunun yüzde 58'i

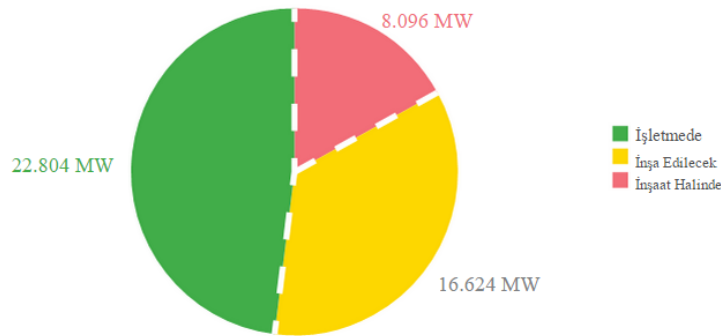
<sup>26</sup> TÜİK, 2012b.

faaydalanmaktadır. Türkiye’de kişi başına oluşan atıksu miktarı günlük atıksu miktarı 190 litre olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2012b).



**Grafik 3.5.** Yıllara Göre Hidroelektrik Enerji Ve Toplam Enerji Değişimi ve Hidroelektrik Enerjinin Toplam Enerjiye Oranı<sup>27</sup>

Türkiye’de teorik hidroelektrik potansiyel 433 milyar kWh, teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel ise 216 milyar kWh olarak hesaplanmıştır. Türkiye’nin yıllara göre ürettiği enerji miktarı ve hidroelektrik santrallerinden retinen enerji miktarları Grafik 3.5’te gösterilmiştir. Türkiye’nin teknik hidroelektrik potansiyeli dünya teknik potansiyelinin yüzde 2’sine, Avrupa teknik potansiyelinin ise yüzde 18’ine tekabül etmektedir. ABD teknik hidroelektrik potansiyelinin yüzde 86’sını, Japonya yüzde 78’ini, Norveç yüzde 72’sini, Kanada yüzde 56’sını, Türkiye ise yüzde 37’sini geliştirmiştir (DSİ, 2014b).

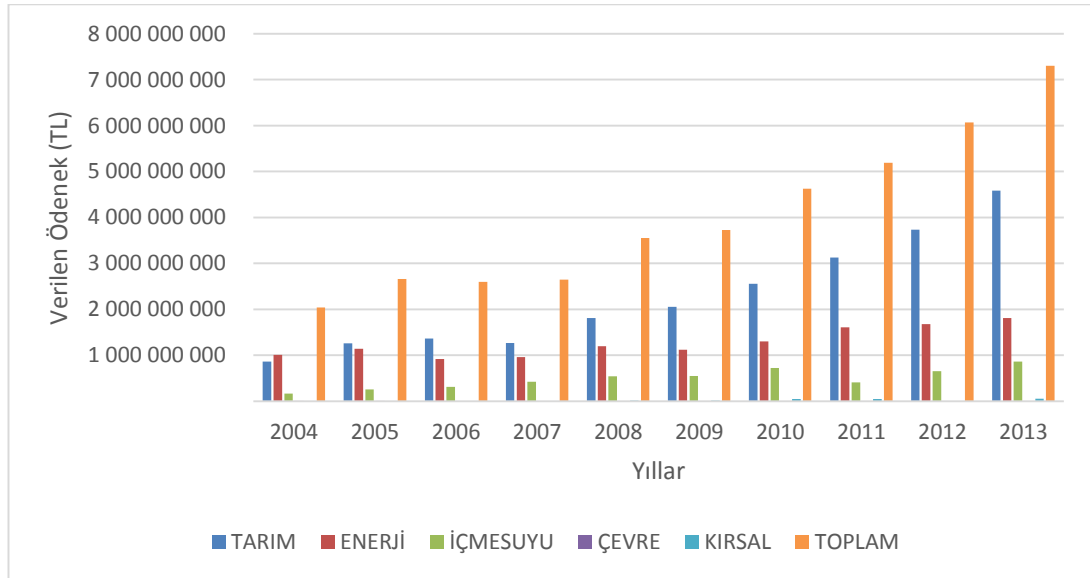


**Grafik 3.6.** Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli<sup>26</sup>

<sup>27</sup> DSİ, 2014b.

Türkiye şu an hidroelektirik potansiyelinin sadece yüzde 37'sini kullanabilmektedir. Grafik 3.6'da gösterildiği üzere DSİ'nin 2015 yılı stratejik planına göre bu rakamın iki katına çıkartılması hedeflenmektedir.

Yıllara göre yatırımları incelemek amacıyla bu sektörde ana yatırımcı kurum olan DSİ yatırımları incelenmiştir. DSİ'nin yıllara göre yatırımları incelendiğinde yatırım miktarının büyük bir kısmını tarım daha sonra enerji ve son olarak içmesuyu sektörüne yaptığı anlaşılmaktadır. 2015 Yılı Yatırım Programına göre DSİ'nin yıllık yatırımı 7 milyar TL civarındadır. DSİ'nin dışında yatırımcı kuruluş olarak İller Bankası, belediyeler, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kültür ve Turizm Bakanlığı da bulunmaktadır.

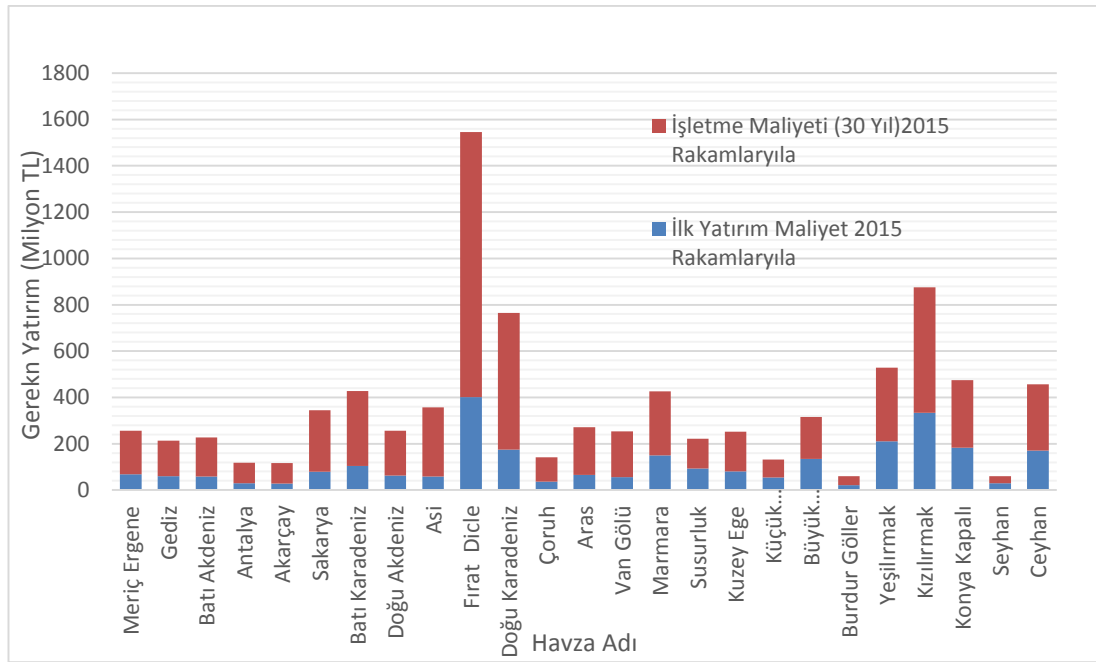


**Grafik 3.7.** Sektörlere Göre DSİ'nin ayırdığı yatırım payı<sup>28</sup>

İçmesuyu sektöründe yapılacak yatırımları göz önüne alınacak olursa, DSİ tarafından hazırlanmış olan 81 il eylem planına göre 11 il merkezinin acil içmesuyu teminine, 7 il merkezinin kısa vadede içmesuyu teminine 15 il merkezinin orta vadede içmesuyu teminine 48 il merkezinin ise uzun vadede içmesuyu teminine ihtiyacı bulunmaktadır (DSİ, 2012b). 2015 Yılı Yatırım programında DSİ'nin 52 adet içmesuyu yatırımı bulunmaktadır.

<sup>28</sup> DSİ 2004 – 2013 yılı faaliyet raporları baz alınarak hazırlanmıştır

Atıksu arıtma tesislerini zamanında faaliyete geçirmeyen belediyelere 2872 sayılı Çevre Kanunu ile belirlenen miktarlarda idari para cezaları uygulanmaktadır. Bu zorunluluk ile belediyelerin AAT konusuna büyük meblağlarda yatırım yapması öngörülmektedir. (Grafik 3.8) Orman ve Su İşleri Bakanlığı ve Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanmış olan Havza Koruma Eylem Planı (HKEP)'na göre 2017 yılına kadar 591 adet ikincil ve ileri arıtma tesisi, 591 adet paket arıtma tesisi ve 371 adet doğal arıtma tesisi yapılması planlanmaktadır (OSİB, 2010; OSİB, 2013).



**Grafik 3.8.** Havza Koruma Eylem Planlarına Göre Atıksu Arıtma Tesisi Yatırım İhtiyacı<sup>29</sup>

Yine HKEP'larına göre 2015 Yılı rakamlarına göre toplam 2,7 milyar TL'lik Yatırım Yapılması planlanmaktadır. Bu yatırımların 30 yıllık işletme maliyeti yaklaşık toplam 6,3 milyar TL civarındadır. Türkiye'nin SKKY'ye göre istenilen kriterlerde arıtma tesisi yapımı yaklaşık 9 milyar TL ye mal olacaktır. Havza bazında incelediğimizde en fazla yatırım ihtiyacı Fırat – Dicle Havzasında yer almaktadır. 2010 yılında hazırlanan HKEP yapılacak AAT'leri doğal ve ileri arıtma olarak sınıflandırmışken, 2013 yılında hazırlanan HKEP tesis tiplerine tip proje ve paket

<sup>29</sup> Söz Konusu Grafiğin Hazırlanmasında Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından 2010 ve 2013 yıllarında hazırlanmış olan 26 adet Havza Koruma Eylem Planından Faydalanılmıştır(OSİB, 2010; OSİB, 2013).

projeleri de eklemiştir. Bu raporlara göre Türkiye genelinde 881'i ileri, 458'i doğal olmak üzere toplam 1.863 tesis kurulması planlanırken, dağılımı şekilde gösterilmiştir.

Ülkemizde, ekonomik olarak sulanabilecek 8,5 milyon hektar tarım alanının yaklaşık yüzde 66'sı sulanabilmektedir. Beslenme ihtiyacının karşılanması, sanayinin ihtiyacı olan tarımsal ürünlerin dengeli ve sürekli üretilebilmesi, tarım sektöründe çalışan nüfusun işsizlik sorununun çözülmesi ve refah seviyesinin yükseltilmesi için geri kalan yaklaşık 2,6 milyon hektarın da sulanması planlanmaktadır.

Tüm bu beklenen yatırımların düzenli ve verimli bir şekilde uygulanabilmesi için Entegre bir planlama sistemine ihtiyaç olduğu tespit edilmiş ve ülke genelinde entegre havza yönetimi üzerine plan ve projeler geliştirilmiştir.

### **3.1.2. Su Mevzuatı ve İlgili Kurumlar**

Ulusal, il ve yerel olmak üzere Türkiye idari sistemi üç seviyeden oluşmaktadır. Türkiye'de su yönetimi merkezi olup stratejik kararlar ve planlar merkezi hükümet tarafından alınmaktadır. İlgili bakanlıkların uygulayıcı birimleri ve yerel idarelerce alınan karar ve yapılan planlar uygulanır (Şekil 3.1) (Kibaroğlu vd., 2011; SKD Türkiye, 2014).

T.C. Anayasasının 168. Maddesinde belirtildiği üzere tabii servetler ve kaynaklar Devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bunların aranması ve işletilmesi hakkı Devlete aittir.

Türkiye'de su kaynakları geliştirilmesi ve yönetimi birçok yasal düzenlemeden etkilenmiştir. 100'den fazla kanun, KHK ve yönetmelikte su kullanımı, yönetimi ve tahsisi ile ilgili madde bulunmaktadır. Kronolojik başlıklarıyla başlıca yasal düzenlemeler Tablo 3.1 'de gösterilmiştir.

Cumhuriyet döneminde suyu düzenleyen ilk kanun 28.04.1926 tarihli 831 sayılı Sular Hakkında Kanun'dur. Bu Kanun'la belediye sınırları içinde yaşayan insanların içme suyu ihtiyaçlarını karşılama ve suları temiz tutma görevi belediye teşkilatı olan yerleşim yerlerinde belediyelere, olmayan yerlerde ihtiyar meclislerine verilmiştir.

1923 ile başlayan Cumhuriyet dönemi Türkiye'si, sermayesi olan özel sınıfa (burjuvazi) sahip olmadığından dolayı bu dönemde devlet eli ile şekillendirilen politikaları hayata geçirebilecek özel sektör yaratmaya çalışmıştır. Özel sektörün 1929 buhranı ile tek başına kalkınma hamlesini gerçekleştiremeyeceğinin anlaşılmasından ve plana dayalı kalkınma modellerinin Sovyetler Birliği'nde başarılı olmasının ardından liberal politikalar terk edilerek devlet eli ile girişimcilik (devletçilik), merkezi iktisat politikası izlenmeye başlamıştır. Su kaynakları yönetimi bu dönemde tam olarak ifade edilemese bile, tüm devlet politikalarında olduğu gibi karar alıcıların geliştirdiği iktisadi kültür anlayışı ile su kaynakları temini temelli izlenen politikalar paralellik göstermektedir (Köle, 2014).

1930'lu yıllar ile birlikte su yönetimi için çerçeve kanunlar çıkarılmaya başlanmış, yasal bir düzenleme yerleştirilmeye çalışılmıştır. Eski adı Nafia Vekâleti olan günümüz Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na (mülga Bayındırlık Bakanlığı) bağlı olarak günümüz DSİ Genel Müdürlüğü 1929 yılında Sular Umum Müdürlüğü adı ile Atatürk'ün talimatıyla kurulmuştur (SKD Türkiye, 2014).

1930 tarih ve 1393 sayılı Umumi Hıfzısıhha Kanunu da su sağlama işinin belediyelere verildiğini belirterek konuya ilişkin kural ve koşulları getirmiştir. Ancak daha sonra yapılan yeni düzenlemelerle içme suyu finansmanı, planlaması ve bu alandaki yatırımlar konusunda merkezi kuruluşlar görevlendirilmiştir.

Belediyelerin finansman sorununu çözmek, gerekli mali yardımlarda bulunmak, alt yapı için yapılacak yatırımlara destek olmak amacıyla 1933 tarihinde 2301 sayılı Kanunla, Belediyeler Bankası kurulmuştur. Dönemin koşullarında belediyelere merkezi yönetimce verilen kamu kredilerinin sorunu çözmeyeceğinin kısa sürede anlaşılması üzerine 1935 yılında nüfusu 10.000'i aşan belediyelerin içme suyu hizmetlerinin sağlanması amacıyla İçişleri Bakanlığı'na bağlı çalışacak Belediyeler İmar Heyeti oluşturulmuştur. Söz konusu banka ve İmar heyeti birleştirilerek 1945 yılında 4759 sayılı Kanun ile belediyelerin tüm altyapı faaliyetlerine teknik ve finansal destek verecek şekilde görevleri değiştirilerek İller Bankası adını almıştır. 1947 yılında Belediyeler Fon'u oluşturularak İller Bankası'nın bu fondan finansman sağlamasına izin verilmiştir. Ancak ilk başta, İller Bankası'na 3.000 ile 100.000 nüfus aralığındaki yerleşim yerlerinin içme suyu temini tesislerini



yapma görevi verilmiş, 1983 yılında Belediye Meclislerinin yetki vermesi halinde nüfusu 100.000 üzeri olan kentlere de içme suyu sağlanmasına yönelik çalışmalar bahse konu bankanın görev kapsamına alınmıştır.

Liberal iktisat politikaları 1950 yılından itibaren yabancı sermayenin içeri çekilmesi ile izlenmeye başlamıştır. Devletçilik temelli iktisat politikaları 1950'li yıllardan itibaren beklenen sonuçların tam olarak alınamaması ile tekrar şekillenmiş ve karma ekonomik yapıya geçilmiştir. Bu dönemde politik yaklaşımlar kırsal kalkınma hamlesini gerçekleştirme odaklı olmuştur.

Devletçilik temelli iktisat politikası ile su kaynakları yönetiminde karar verici ve uygulayıcı temel aktör olarak 18 Aralık 1953 tarihinde 6200 sayılı kanunla Umum İdaresi'nin görev ve yetkileri genişletilerek yerüstü ve yer altı sularının zararlarını önlemek ve bunlardan faydalanmak amacıyla da Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) kurulmuştur (Bilen, 2006). DSİ, 1960 yılında köylerin içme ve kullanma suyu ihtiyacının temini ve yeraltı suları hakkında, 1968 yılında Ankara, İstanbul ve nüfusu 100.000 üzeri şehirlere su temini ile görevlendirilmiştir. 2007 yılında nüfus sınırı kaldırılarak bütün yerleşim yerlerine içme, kullanma ve sanayi suyu sağlamak ve gerekli gördüğü atık su arıtma ile ilgili yatırım hizmetlerini yerine getirmek şeklinde görev alanı genişletilmiştir. 11.10.2011 tarih ve 662 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile DSİ Atıksu Dairesi Başkanlığı, ihdas edilmiştir. Bu kanun ile DSİ atıksu arıtma tesisi yapımında da rol almaya başlamıştır.

DSİ'nin kurulmasıyla birlikte, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de su kaynakları geliştirme çalışmalarına başlanmış, 25 havzada kaynakların geliştirilmesine yönelik pek çok proje gerçekleştirilmiştir. 1983 yılında nüfus artışı ve artan şehirleşme ve sanayileşmeye paralel olarak artan çevre ve su kirliliğinin önlenmesine yönelik Çevre Kanunu çıkarılmış, 1988 yılında Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği kabul edilmiş ve mülga Çevre Bakanlığı 1991 yılında kurulmuştur. 1980'lerle birlikte su kalitesinin de öneminin yavaş yavaş anlaşılmasına rağmen su kaynaklarının geliştirilmesi öncelikli olmayı sürdürmüştür (SKD Türkiye, 2014).

09.08.1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanunu ve 01.05.2003 tarih ve 4856 sayılı Kanun ile mülga Çevre ve Orman Bakanlığına su yönetiminde oldukça geniş yetkiler verilmiştir. Bu yetkiler, çevrenin korunması, yerüstü ve yeraltı suyu, deniz ve toprak kirliliğinin önlenmesi amacıyla hedef ve ilkelerin belirlenmesi, kirliliğin giderilmesi ve kontrolüne ilişkin usul ve esasların tespit edilmesi ve uygulanmasını sağlayarak su kaynaklarının korunmasıdır. 29.06.2011 tarih ve 645 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 29.06.2011 tarih ve 644 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı kurulmuş mülga Çevre ve Orman Bakanlığının su, atıksu yetkileri devredilmiştir.

1947 yılında İstanbul, Ankara ve İzmir illerinde Sular İdaresi kurumları oluşturulmuştur. Sular idarelerinin kurulmasıyla İller Bankası'nın yatırım yükü belediyelere kaymaya başlamıştır. 20.11.1981 tarih ve 2560 sayılı İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun, 10.07.2004 tarih ve 5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu ve 03.07.2005 tarih ve 5393 sayılı Belediye Kanunu, kentlerde su temin edilmesi, atık suların bertaraf edilmesi ve alt yapı tesislerinin gerçekleştirilmesinin belediyelerin, büyükşehir belediyelerinin ve su kanalizasyon idarelerinin görev, yetki ve sorumluluğunda olduğunu düzenlemiştir. İl Özel İdare Müdürlükleri, 22.02.2005 tarih ve 5302 sayılı İl Özel İdaresi Kanununda belirtildiği üzere belediye sınırları dışında kalan yerleşim yerlerinde su ve kanalizasyon hizmetlerini yapmakla görevli ve yetkilidir.

Su ile ilgili asıl sorumlu kuruluşlar dışında görev ve yetkileri doğrultusunda su alanında çalışma yapan başka kuruluşlar da bulunmaktadır. Sağlık Bakanlığı'nın doğal mineralli sular, kaynak suları, içme-kullanma şebeke suları ve içme suları (kaynak suyu veya doğal mineralli su olmayan ambalajlı sular), yüzme suları, sağlık amacına yönelik olarak kullanılan jeotermal sularla ilgili sorumlulukları bulunmaktadır. Sağlık Bakanlığı'na bağlı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğünün görevleri arasında içilecek ve kullanılacak nitelikte su temin etmek ve gerekli sağlık hizmetleri sağlayıp denetimler yapmak yer almıştır.

Dışişleri Bakanlığı, sınır aşan sular ile ilgili kararların alınmasına katkı sağlamaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) belediyelerden içme-kullanma suyu, atık su ile ilgili verileri anket yoluyla veya resmî yazı kanalıyla toplayarak yayınlamaktadır.

Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, kırsal alanlardaki su kaynaklarının geliştirilmesi, sulama etkinliği, balıkçılık ve su ürünleri mevzuatı, kıyı suları da dâhil tüm su ürünleri sahalarının kalitesinin denetlenmesinden sorumludur.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (Mülga Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) Genel Müdürlüğü), 2813 sayılı Kuruluş Kanunu çerçevesinde, ülkemizin su kaynaklarının elektrik enerjisine elverişli olanlarını tespit etmek ve bunlarla ilgili hidrolojik, jeoteknik araştırma ve etüt ile baraj ve hidroelektrik santrallerin araştırma, mastır plan, fizibilite ve kesin proje aşamalarındaki etüt, proje mühendislik hizmetlerini yürütmektedir.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) Hidroelektrik üretimi için lisans verilmesinden sorumludur.

Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü ise su kalite izlenmesi, atıksu arıtma tesislerinden sorumludur.

Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü Sulak alanlar ve biyolojik çeşitliliğin korunması ile korunan sulak alanların yönetiminden sorumludur.

Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü, özellikle jeotermal ve mineral su kaynaklarının araştırılması çalışmalarını yürütmektedir.

Kültür ve Turizm Bakanlığı, turistik bölgelerde içme suyu temini ve kentsel atıksu bertarafı konularında yetkilidir.

Bölge Kalkınma İdareleri (B.K.İ.) bölgelerin gelişimini sağlamakla, bölgelerde yer alan eksikliklerin giderilmesi amacıyla kurulmuştur. Bu amacı sağlamak için kurulan BKİ'ler bölgelerde içme suyu temini ve kentsel atıksu bertarafı gibi altyapı eksiklikleri de dâhil olmak üzere yatırım yapmaktadırlar. KOP, DOKAP, GAP, DAP olmak üzere 4 adet BKİ bulunmaktadır. Atıksu Arıtma tesisleri ile ilgili yatırımlar ilk olarak 1989 yılında kurulan Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı tarafından başlatılmıştır.

Kalkınma Bakanlığı, toprak ve su kaynakları yatırımlarının genel planlaması, politikası ve kurumlar arasında eşgüdüm görevini yürütmektedir. Bakanlık altyapı konusunda SUKAP, BELDES, KÖYDES gibi destek programlarını koordine etmektedir.

Su yönetimi ile ilgili konularda koordinasyon sağlanabilmesi ve yetkili otorite olması amacıyla Orman ve Su İşleri Bakanlığı'na bağlı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM), 26.06.2011 tarihli ve 645 sayılı "Orman ve Su İşleri Teşkilatve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname" ile AB Su Çerçeve Direktifi'nin hedeflerine ulaşabilmek amacıyla kurulmuştur. Su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nce havza bazında yönetim temel alınmıştır. Bu kapsamda, su kaynaklarının korunması, iyileştirilmesi, geliştirilmesi ekonomik ve sosyal gereksinimler çerçevesinde sürdürülmekte ve havza bazında kirliliğin önlenmesi ile ilgili çalışmalar itina ile yürütülmektedir. Bununla birlikte, su kaynakları yönetimi, su kalite kontrolü, kaynakların beslediği ekosistemlerin (nehirler, göller, sulak alanlar) korunması giderek önem kazanmaktadır (Çınar vd., 2006). SYGM'nin, su yönetimi konusundaki yetki karmaşasını çözmek ve bir üst pencereden bakarak kamu kurumları arasında su konusunda koordinasyonu sağlamak temel görevidir. SYGM, su kaynaklarının korunmasından ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına dair politikalar oluşturulmasından, mevzuat hazırlanmasından, havza bazında üst planlamaları yaparak bütünleşik havza yönetimini sağlanmasından, ülkemizin ulusal ve uluslararası su yönetiminin koordine edilmesinden sorumludur (Kalkınma Bakanlığı, 2014a).

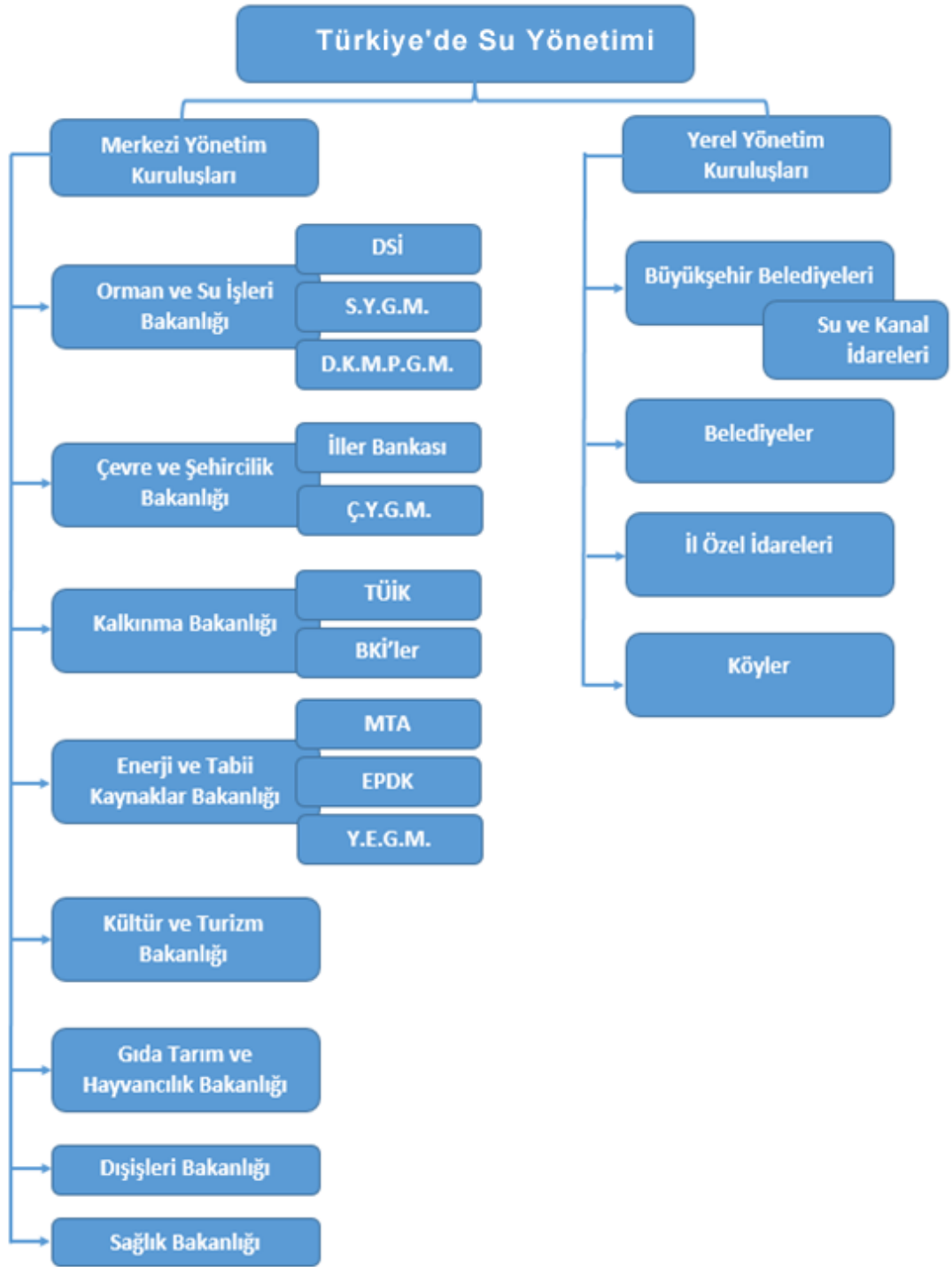
**Tablo 3.1.** Türkiye’de Su ile İlgili Mevzuat <sup>30</sup>

<b>Kronolojik Sırayla Suyla İlgili Başlıca Yasal Düzenlemeler+D3:D21</b>
• Köy Kanunu, sayı 442, tarih 1924 (Madde 1, 6 ve 13)
• Sular Hakkında Kanun, sayı 831, tarih 1926
• Umumi Hıfzıssıhha Kanunu, sayı1593, tarih 1930
• İller Bankası Teşkilat ve Vazifeleri Hakkında Kanun (mülga), sayı 4759, tarih 1945 (1933 yıl ve 2301 sayılı Belediyeler Kanunu yerine)
• Devlet Su İşleri Umum (Genel) Müdürlüğü Teşkilat ve Vazifeleri Hakkında Kanun, sayı 6200, tarih 1953
• Köy İçmesuyu Kanunu, sayı 7478, tarih 1960
• Yeraltı Suları Hakkında Kanun, sayı 167, tarih 1960
• 1053 sayılı, DSİ’ye Ankara, İstanbul ve Nüfusu 100 000’den Büyük Şehirlere İçme Suyu Temini Yetkisi Veren Kanun, tarih 1968
• Çevre Kanunu, sayı 2872, tarih 1983
• Sağlık Bakanlığı’nın Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname, sayı 181, tarih 1983
• Tarım Reformu Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun, sayı 3155 (Madde 2/c), tarih 1985
• Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun, sayı 3202 (KHGM) (Madde 2/d), tarih 1985 (mülga)
• 2872 sayılı Çevre Kanunu değiştiren 3416 sayılı Kanun, tarih 1988
• Kıyı Kanunu, sayı 3621, tarih 1990
• Çevre Bakanlığı’nın Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname, sayı 443, tarih 1991 (mülga)
• Tarım ve Köyişleri Bakanlığı’nın Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname, sayı 441, tarih 1991
• 1380 sayılı (1971) Su Ürünleri Kanunu değiştiren 4950 sayılı Kanun, tarih 2003
• Çevre ve Orman Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun, sayı 4856, tarih 2003

<sup>30</sup> Kalkınma Bakanlığı, 2014a.

### Kronolojik Sırayla Suyla İlgili Başlıca Yasal Düzenlemeler

- 19919 sayılı (1988) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ni (SKKY) değiştiren 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, tarih 2004, değişiklikler, tarih 2008, 2010, 2011, 2012
- Belediye Kanunu, sayı 5393, 2005 (1580 sayılı Belediye Kanunu (mülga), tarih 1930; 5215 sayılı Belediye Kanunu (mülga), tarih 2004
- 3030 sayılı (1984) Kanunun yerine geçen Büyükşehir Belediyesi Kanunu, sayı 5216, tarih 2004
- 2560 Sayılı İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun, tarih 1981
- Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün (KHGM) Kaldırılması Hakkında Kanun, 2005
- İl Özel İdaresi Kanunu, sayı 5302, tarih 2005
- 1053 sayılı Kanunu'n 10. maddesinin değişmesi neticesinde nüfus kriteri kaldırılarak belediye teşkilatı olan tüm yerleşim yerlerinin içme kullanma ve endüstri suyu ve gerekmesi halinde atık su tesislerinin yapımında DSİ'yi yetkili kılan 5625 sayılı Kanun, tarih 2007
- Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu, sayı 5686, tarih 2007
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname, sayı 644, tarih 2011
- Orman ve Su İşleri Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname, sayı 645, tarih 2011
- Türkiye Su Enstitüsünün Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname, sayı 658, tarih 2011
- "Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname İle Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Hükmünde Kararname", sayı 662, tarih 2011



**Şekil 3.1.** Ülkemizde Su Yönetim Organizasyonu<sup>31</sup>

<sup>31</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur.

### 3.1.3. Ulusal Su Politikası

Nüfus artışı, hızlı şehirleşme, sanayileşme, refah artışı ve iklim değişikliğinin neden olduğu su ihtiyacı dünya kamuoyunun ilgisini su konusuna çevirmesine yol açmıştır. Ortadoğu dahil bazı bölgelerde su sıkıntısının gelecek 20-25 yıl içerisinde su krizine dönüşmesi ihtimali, yeri doldurulamayan bu doğal kaynağı 21. Yüzyılın stratejik kaynaklarından biri haline getireceği düşünülmektedir (Ankara Tabip Odası, 2012).

İthal enerji kaynaklarına olan bağımlılıktan kurtulma, ülke içindeki bölgesel, ekonomik ve sosyal dengesizlikleri giderme, halkın yaşam koşullarını yükseltme, kentsel, sanayi ve kırsal alanlardaki artan su ihtiyacını karşılama, tarımsal üretimi arttırımı ve gıda güvenliğini sağlama hedefleri ile Türkiye'nin su politikası tanımlanabilir (Kıbaroğlu vd., 2006). 1950'lerde Devlet Su İşleri'nin (DSİ) kurulmasıyla Türkiye'deki sistematik su kaynakları yönetimi başlamıştır. Akabinde Fırat ve Dicle nehirlerinin büyük su potansiyellerinin kullanılarak Türkiye'nin sulanabilir alanlarının beşte birine sahip olan güneydoğu anadolu bölgesini sulama fikri 1960'larda ortaya çıkmıştır. 1960'ların başında Türkiye 8,5 milyon hektar sulanabilir araziye sahipken sadece 1,2 milyon hektarlık kısmı sulanabilmekteydi. Kamu önderliğinde 1961 anayasası ile batı illerine göre daha geri kalmış olan güneydoğu ve kuzey doğu illerinin arasındaki dengesizliği ortadan kaldırmaya yönelik sosyo ekonomik kalkınma girişimleri hız kazanmıştır.

Su kaynaklarının kamu yatırımlarıyla geliştirilmesini de içeren bu yönelimin su kaynaklarının geliştirilmesi çalışmalarının en önemli uygulaması Güney Doğu Anadolu Projesi'dir (GAP). GAP ile birlikte hidroelektrik ve tarımsal üretimin arttırılması amaçlanmıştır. Bu proje ile ekonomik, sosyal, kültürel alanlarda geri kalmış bölge halkının yaşam koşullarının yükseltilerek bölgeler arası farklılıklar entegre ve sürdürülebilir kalkınma yaklaşımıyla azaltılmaya çalışılmıştır.

1970'lerde yaşanan petrol krizleri Türkiye'de hidroelektrik potansiyelinin gelişmesine hız verirken, ülke ekonomisinin ithal petrole olan bağımlılığını azaltmak için linyit ve hidroelektrik ile çalışan santral projelerine hız verilmiştir. Fakat tüm bu çabalara rağmen arz-talep açığı artmaya devam etmiş; nüfus artışı, hızlı kentleşme ve



saniyeleşme söz konusu açığın artmasında önemli rol oynamıştır (Kıbaroğlu vd., 2006).

Özellikle Avrupa Birliğine üyelik çalışmalarının başladığı 1980'li yılların ortalarından itibaren su kalitesinin geliştirilmesi ve sürdürülmesi konusu Türkiye'nin gündemine girmeye başlamıştır. Bu eğilim 2000' li yıllardan sonra yapılan bütün mevzuat düzenlemelerinde etkili olmaya başlamıştır. Türk Su Mevzuatı üzerindeki AB etkisi 2009 yılının sonunda İsveç dönem başkanlığında çevre faslının müzakerelere açılması ile daha da arttığı gözlenmektedir.

Kalkınma planları ile su kaynaklarının miktar ve kalite olarak korunması ve geliştirilmesi konusundaki politikalar belirlenmeye başlanmış; 10. Kalkınma Planı ile havza bazında yönetim şekillendirilmiştir. 2011 yılında Türkiye, özellikle Avrupa Birliği nezdinde su ile ilgili konularda yetkili otorite olması, nehir havzası düzeyinde su yönetimi ve koordinasyonun sağlanabilmesi için Orman ve Su İşleri Bakanlığı Bünyesinde yeniden örgütlenmeye çalışmalarına başlamıştır. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu ve Türkiye Su Enstitüsü gibi yapılar oluşturulmuştur (Aytuğ, 2014).

Günümüzde yenilenebilir, ucuz ve çevre dostu olan hidroenerji potansiyelinden ve su kaynaklarımızın sağladığı ekonomik ve sosyal faydalardan yararlanılabilmek amacıyla ülkemizdeki baraj, hidroelektrik santrali ve sulama projeleri başta GAP Bölgesi olmak üzere bir an önce hayata geçirilmeye çalışılmaktadır.

Ülkemizin su kaynakları politikası su ve gıda güvenliği açısından önceliklerimiz, Avrupa Birliği (AB) ile tam üyelik müzakereleri, ülkemizin ekonomik ve sosyal kalkınması bölgesel gelişimler göz önüne alınarak belirlenmekte ve değişen koşullara göre yenilenmekte ve incelenmektedir.

Sınıraşan su politikası ise hakça (*equitable*) kullanım ilkeleri ile örtüşmektedir. Hakça kullanım suyun paylaşılmasını desteklerken, eşit olarak dağıtılmasını desteklememektedir. Suların tahsisi ve kullanımında doğal hidrolojik ve meteorolojik şartlar dikkate alınmaktadır. Türkiye enerji üretimi ve tarımsal sulama için

kaynaklarından faydalanırken, çevreye ve kıyıdaş ülkelere zarar vermeme politikası ile sınıraşan suları yönetmektedir.

Özetlemek gerekirse Türkiyede su politikasının genel ilkeleri

- Sürdürülebilir yönetim ilkesi
- Havza bazlı yönetim anlayışı katılımcı su yönetimi anlayışı
- Su miktarı ve kalitesinin korunması
- Kamu yararının gözetilmesi
- Ekosistemin korunması
- Sınır aşan Su politikası
  - Suyun akılcı ve optimum kullanımı
  - Kıyıdaş ülkeler ile faydanın paylaşımı ilkesi
  - Mansap ülkelere ciddi zarar vermeme ilkesi
  - Suyun işbirliği için bir araç olduğu (SUEN, 2015).

### **3.2. Entegre Havza Yönetimi**

Cumhuriyet döneminin yerel ölçekte ilk entegre su kaynakları yönetimi modeline örnek olarak, 1925 yılında Atatürk' ün talimatlarıyla hayata geçirilen Gazi Orman Çiftliği gösterilebilir. Dönem için uygulanabilecek modern ve verimli sulama yöntemleri kullanılarak mevcut konumu ile bataklık ve çorak arazi konumundaki alanda toprak ve su kaynakları geliştirilmesi hedeflenmiştir. Böylece hem modern tarım tekniklerinin geliştirilmesi hedeflenmiş hem de toprak kaynaklarından azami fayda elde edilmesine çalışılmıştır. Tüm bu gelişmelere dahilinde çorak ve bataklık bölgenin bir mesire alanına dönüştürülmesi ile bölgesel ölçekte bile olsa entegre yönetim modeli içerisine dahil edilebilecek bir uygulama ortaya çıkmıştır. (Köle, 2014).

Kuruluşundan itibaren DSİ havza bazında planlanarak 25 havzayı kapsayacak şekilde bölge müdürlükleri ile su yönetimini planlamaya çalışmıştır. Özetle, DSİ'nin bazı yönlerden teşkilatlanması dışında havza bazında su yönetiminde Türkiye'nin uzun süreli bir tecrübesi yoktur. Ülkemizin gündeminde son on senedir yer almakta olan havza bazında yönetim eğilimi AB sürecinin etkisi ile şekillenmektedir. Nehir

Havza Yönetim Planları, su kaynaklarının yönetimini çevreyle ilgili maksatlarla entegre eden ve Su Çerçeve Direktifi'nin uygulanmasında ana araçlar olarak belirlenmişlerdir. (Bilen, 2006)

Avrupa Birliği adaylık süreci 1999 Helsinki Zirvesi ile başlayan ülkemizde, AB Müktesebatının Üstlenilmesine İlişkin Ulusal Program'ın "Çevre" başlıklı 22. Bölümünde belirtilen sorumluluklar doğrultusunda ülkemiz çevre mevzuatının AB çevre mevzuatına uyumlulaştırılması çalışmaları bütün kurum ve kuruluşların iştiraki ile sürdürülmektedir (OSİB, 2013). Avrupa Birliği su mevzuatını ve bu mevzuatın en önemli bileşeni Su Çerçeve Direktifi'ni Türkiye yasal olarak kendi mevzuatına uyumlaştırmayı ve su yönetimini söz konusu direktifin hükümleri çerçevesinde düzenlemeyi üstlenmiştir. Bu kapsamda havza bazında entegre su yönetimine dair yükümlülükler, ülkemizin su yönetiminde uygulanması gereken konular olarak karşımıza çıkmaktadır. Bahse konu yükümlülükler politik ve yapısal olmak üzere çeşitli değişikliklere neden olduğundan dolayı SÇD sadece politika hedeflerini belirleyerek uygulama araçlarının belirlenmesini ise üye devletlere bırakmaktadır (Çıvgın, 2013).

2002 yılında SÇD'nin Türkiye'de Uygulanması Projesi doğrultusunda SÇD bütün kurum ve kuruluşlar tarafından incelenmiştir. Aynı zamanda Büyük Menderes Nehir Havzası pilot havza olarak seçilmiş Büyük Menderes Havzası Entegre Yönetim Planı Taslağı hazırlanmıştır (OSİB, 2010). Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB) tarafından 2011 senesine kadar gerçekleştirilen çalışmalar, 04.07.2011 tarih ve 27984 (Mükerrer) sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname'nin (KHK) Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün (SYGM) görevlerinin tanımlandığı 9. Maddesi (c) ve (ç) bentlerinde "Havza bazında kirliliğin önlenmesi ile ilgili tedbirleri ilgili kurum ve kuruluşlarla birlikte belirlemek değerlendirmek, güncellemek ve uygulamaların takibini yapmak" hükmü uyarınca KHK'nın yayımlandığı tarih esas alınarak SYGM tarafından yürütülmektedir.

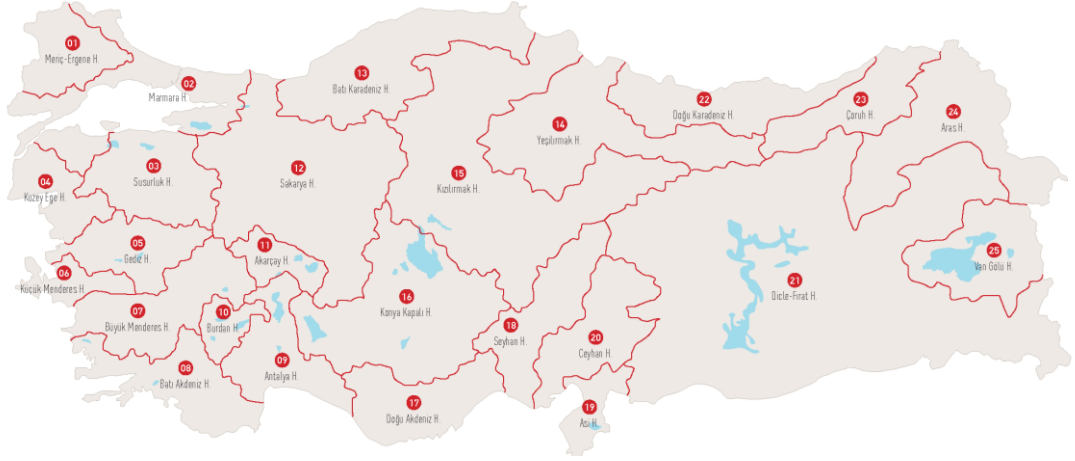
Su Çerçeve Direktifi'nin (SÇD) gerekliliklerinin yerine getirilmesi, Ülkemizin sürdürülebilir kalkınmasının temel bileşenlerinden biri olan havza ölçeğinde su kaynakları yönetilmesi amacıyla yapılan uygulamaların en önemlilerinden biri havza

koruma eylem planlarının hazırlanmasıdır. Önceleri Türkiye’de 6 nehir havza bölgesi Su Çerçeve Direktifi’nin belirttiği biçimde oluşturulmuştur. Daha sonra ise 26 adet olarak belirlenen alt havza bölgesi Fırat ve Dicle havzalarının tek havza olması nedeniyle 25 adet nehir havzası olarak belirlenmiştir. Nehir havza bölgeleri, topografik, meteorolojik, hidrolojik, jeolojik ve tarımsal teknik özellikler SÇD’ nin öngördüğü şekilde oluşturulmuştur. Bu kapsamda, havza bölgelerinin tespiti ile birlikte su kaynaklarının en verimli şekilde kullanılması ve yönetilmesi maksadıyla 25 havza için Havza Koruma Eylem Planları (HKEP) hazırlanmış, havza bazında yönetime geçilmiştir(Kalkınma Bakanlığı, 2014a; OSİB, 2010).

Avrupa Birliği Çevre Faslı “Su Sektörü” alt başlığı ile ilgili çalışmalar Orman ve Su İşleri Bakanlığınca yürütülmektedir. Su kaynakları havzalarındaki doğal kaynakların korunması, geliştirilip sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi maksadıyla, 17 Ekim 2012 tarihli ve 28444 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Su Havzalarının Korunması ve Yönetim Planlarının Hazırlanması Hakkında Yönetmelik” ile Su Çerçeve Direktifi uyumlulaştırılmış olup 2015 yılı itibarı ile Nehir Havza Yönetim Planları’nın (NHYP) hazırlanmasına başlanmıştır (Kalkınma Bakanlığı, 2014a).

04.07.2011 tarih ve 27984 (Mükerrer) sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren Orman ve Su İşleri Bakanlığı’nın Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamesi (645 sayılı KHK) çerçevesinde, 2010 yılında öncelikli olarak belirlenmiş 11 havzada “ Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması” ve devamında 9 havzada “Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması” olup akabinde 5 havzada “Havza Koruma Eylem Planlarının Güncellenmesi” çalışması gerçekleştirilmiştir.

Söz konusu planlar, Nehir Havza Yönetim Planları’nın (NHYP) hazırlanma ve uygulanma aşamasında altlık planlar olarak karşımıza çıkacaktır. Şekil 3.2’de Türkiye’deki 25 nehir havzası verilmektedir.



**Şekil 3.2.** Türkiye’deki 25 Nehir Havzası <sup>32</sup>

HKEP’nin hazırlanması sırasında, havzanın genel durumu, yerleşim yerleri, alt havzalar, arazi kullanım durumu, iklim özellikleri, yüzeysel su kaynaklarının tespiti, erozyon ve sediment taşınımı durumu, tarım ve hayvancılık faaliyetleri durumu, sanayi durumu, kanalizasyon şebekesi durumu, atıksu arıtma durumu, katı atık yönetimi durumu, su kalitesi değerlendirmeleri, kirlilik yükleri değerlendirmeleri ( yayılı toplam azot ve toplam fosfor yükleri dağılımı) gibi konular ele alınmıştır. Böylelikle havzanın mevcut yüzeysel (nehir, göl, dere, rezervuar, kıyı ve geçiş suları) ve yeraltı su kaynaklarının miktarı, kullanım potansiyeli, özellikleri, kirlilik durumu belirlenmiştir. Aynı zamanda kentsel, endüstriyel, tarımsal, ekonomik gibi faaliyetler sonucunda meydana gelen havzadaki baskı ve etkiler incelenerek kirlilik kaynakları ve yükleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Su kalitesi haritaları oluşturulmuş, mevcut çevresel altyapı tespit edilmiş havzaların korunması, kirliliğin azaltılması ve iyileştirilmesine dair kısa, orta ve uzun vadede tedbirlere yönelik çalışmalar havzadaki tüm paydaşların katılımı ile plan, program ve önceliklendirmeler yapılarak Havza Koruma Eylem Planları hazırlanmıştır.

Bu çerçevede, 2013 yılının sonunda bütün havzalar için HKEP’ler tamamlanmış havzalardaki mevcut durum ortaya konmuştur. Kirlilik kaynakları havza ölçeğinde tespit edilmiş mevcut kirlilik durumları belirlenerek kirliliğin önlenmesine yönelik öneriler getirilmiştir. Havzayı bir bütün olarak değerlendiren HKEP’ler ile bir yandan

<sup>32</sup> DSİ, 2015.

havzanın ekolojik yaşam parametrelerini değerlendirilirken diğer yandan ağırlıklı olarak sıcak noktalar ve içme suyu alanlarında alt havza değerlendirmesi yapılmakta kimyasal ve hidromorfolojik parametreler incelenmektedir.

Havza Koruma Eylem Planları, Su Çerçeve Direktifi'nin gereği olarak hazırlanan Nehir Havza Yönetim Planları (NHYP) için önemli bir başlangıç noktası oluşturmuştur. HKEP'lerde mevcut bulunan bazı eksikliklerin, Nehir Havza Yönetim Planları ile giderilmesi hedeflenmektedir.

NHYP ile su kütlelerinin belirlenmesi, baskı ve etkilerin tanımlanması ile birlikte, sürekli izleme sistemi kurularak biyolojik ve ekolojik parametreler ölçülecektir. Aynı zamanda ekonomik analizler de göz önünde bulundurularak kirlilik kaynaklarının kesin olarak tespitiyle birlikte, çevresel hedeflere ulaşılmasını sağlayacak etkili önlemler alınacaktır. Susurluk, B. Menderes, Konya Kapalı Havzası ve Ergene Havzalarına ait Yönetim Planları 2014 yılında başlatılmıştır. Dört havza için hazırlanan NHYP'lerinin sonuçları diğer 21 havza için örnek teşkil edecek olup, 2020 yılına kadar tüm nehir havzaları için NHYP'nin hazırlanması hedeflenmektedir. Böylece, kurum ve kuruluşlar koordineli bir şekilde çalışarak, bütüncül olarak yapılan bir plan çerçevesinde uygulama adımları yürütülecektir.

NHYP'lerinin sağlıklı bir biçimde hazırlanabilmesi için Su Çerçeve Direktifi tarafından belirlenen unsurlar; nehir havzası karakterizasyonu, insan aktivitelerinin önemli baskı ve etkilerinin özeti, koruma alanlarının belirlenmesi ve haritalandırılması, izleme ağlarının haritası, çevresel hedefler listesi, ekonomik analiz, tedbirlerin analizi, detaylı önlemlerin listelenmesi ve özetlenmesi, kamuoyunun bilgilendirilmesi ve danışılması ölçeğinin ve neticelerinin özeti, yetkili otoritenin belirlenmesi, kamuoyundan arka plan bilgisi ve geri bildirim almak için irtibat noktalarının ve prosedürlerinin belirlenmesidir.

Su Çerçeve Direktifi'nin belirlemiş olduğu hedeflere ulaşmak için nasıl bir yol haritası izlenmesi gerektiğini belirleyen Mavi Plan/Blue Print Avrupa'nın su kaynaklarının korunmasına ilişkin bir belge olup, söz konusu belgenin hazırlanma aşamalarında Orman ve Su İşleri Bakanlığı katkıda bulunmuştur. Blue Print ile su kaynaklarının korunmasına yönelik çalışmaları engelleyen sorunlarla mücadele

edilmekte, ortaya çıkan çözüm önerileri Türkiye'nin su yönetimi politikasına katkıda bulunmaktadır.

Ulusal Havza Yönetimi Stratejisi ve Eylem Planı (UHYSEP), Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nca havza ölçeğinde yapılan çalışmaları entegre ve koordineli bir biçimde yürütülmesi amacıyla hazırlanmıştır. Bu kapsamda ülkemizin akarsu havzalarının ve doğal kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanılması ile ilgili orta ve uzun vadeli planlara rehberlik etmektedir. Havzalar ile ilgili çevresel, sosyal, kültürel, ekonomik gereksinim ve beklentilerin karşılanabilmesi için yapılan çalışmalara söz konusu strateji ve eylem planı ile ortak bir yol gösterilmektedir.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı başta olmak üzere, Hazine Müsteşarlığı, Kalkınma Bakanlığı, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Başbakanlık, araştırma ve eğitim kurumları, sivil toplum örgütleri, yerel yönetimler ve diğer paydaşların katkılarıyla UHYSEP hazırlanmıştır. İlgili kurum, kuruluş ve paydaşların katılımı ile belirlenen hedefler UHYSEP'nin benimsenmesini ve uygulanmasını daha kolay hale getirmesi beklenmektedir.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü aynı zamanda, havza bazında hazırlanmış planların ve uygulamaların katılımcı yaklaşımla yürütülebilmesi amacıyla 18.06.2013 tarihinde "Havza Yönetim Heyetinin Teşekkülü, Görevleri, Çalışma Usul ve Esasları Tebliği" yayınlamıştır. Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu (SYKK) ve Havza Yönetim Heyetleri (HYH) oluşturulması bu tebliğ kapsamında öngörülmektedir. Ulusal Su Yönetimi Politikaları ile uyumlu bir şekilde, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nce (SYGM) hazırlanacak Nehir Havzası Yönetim Planlarının havza bütününe uygulanmasını sağlamak SYKK ve HYH'nin yükümlülüğü altındadır. Aynı zamanda söz konusu tebliğ kapsamında 25 havzada Havza Yönetim Heyetleri oluşturulmuştur.

Türkiye'de havzalar hem su miktarı hem de su kalitesi açısından çok farklılıklar göstermektedir. Ayrıca kamulaştırma ve arıtılmış atıksuyun havza içerisine deşarjı konusunda Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ile getirilen kısıtlamalar uygulamada önemli sorunlara yol açmaktadır. Entegre ve uygulanabilir bir mevzuata gereksinim

duyulmaktadır. Bu sebeplerle, ülke genelindeki tüm içme ve kullanma suyu havzaları ve kaynakları için fiziki ve teknik özelliklerin bilimsel çalışmalar ile değerlendirilerek havzadaki yerleşimler ve diğer nedenlerle oluşabilecek kirlenme ve bozulmanın önlenmesi amacıyla Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından Özel Hüküm Belirleme Çalışmaları yapılmaktadır. Böylece, tek bir kurum tarafından ve ilgili paydaşların aktif katılımıyla içme ve kullanma suyu kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanılması, kısa, orta ve uzun vadeli politikaların geliştirilmesi ve bu politikaların uygulamasının izlenmesi hedeflenmiştir.

Özel hüküm belirleme çalışması ile içme ve kullanma suyu rezervuarlarının ve benzeri su kaynaklarının kirliliğe karşı korunması, kaynağın ve havzasının özelliklerinin bilimsel çalışmalar ile değerlendirilerek, koruma alanları ve koruma esaslarının belirlenmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda, 2011 yılı içinde Porsuk Baraj Gölü, Eğirdir Gölü ve Atatürk Baraj Gölü olmak üzere 3 havzada özel hüküm belirleme çalışması yapılmıştır. 2010 yılında tamamlanan Gökçe Baraj Gölü ve 2009 yılında tamamlanan Kartalkaya Baraj Gölü özel hüküm belirleme çalışmalarının yenilenmesi çalışmaları 2015 yılı itibariyle başlatılmıştır. Beyşehir Gölü, Karacaören I - II Baraj Gölü Havzaları, Sapanca Gölü, Namazgah, Yuvacık, Akçay, Gördes, Mamasın Baraj Gölü Havzaları için de özel hüküm belirleme çalışmaları devam etmektedir (OSİB-SYGM, 2013).

Özel hükümler getirilinceye kadar mevcut durumda, içme, kullanma suyu rezervuarları ve benzeri yüzeysel su kaynaklarında Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin 16-20 inci maddelerinde belirtilen genel ilkeler ve yönetmelikle belirlenen içme ve kullanma suyu kaynakları etrafında mutlak, kısa, orta ve uzun mesafeli koruma alanları geçerlidir.

### **3.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri**

Bilgi teknolojilerinin, elektronik ve bilgisayar teknolojisinin gelişiminden faydalanma talebi bilgi sistemlerinin üretilmesine neden olmuştur. Bilgi sistemi kavramının Coğrafi Bilgi Sistemine (CBS) dönüşmesi, bilginin bulunduğu mekan ve üretildiği zaman bilgisinin, problemlerinin çözümünde önemli bir rol oynadığının gözlemlenmesi ile olmuştur (Ayan vd., 2003).



Her ne kadar CBS konuma dayalı bilgilerin toplanması, depolanması, işlenmesi ve sunulması fonksiyonlarını bir bütün halinde gerçekleştiren bir bilgi sistemi olarak tanımlansa da günümüzde gelişen toplumlar tarafından her alanda kullanılabilen “bilgi olgusu” olarak görülmektedir (Yomralıoğlu, 2003).

Ülkemizde, 1990’lı yıllardan itibaren birçok kurum ve kuruluş gelişen bilgisayar teknolojisine paralel artan sayısal bilgi ihtiyacının karşılanması amacıyla birbirinden bağımsız donanım ve yazılım yatırımlarında bulunmuş ve kendi bilgisayar ağlarını kurma çalışmalarına başlamışlardır. Söz konusu kurumlar yetkili buldukları konularda ürettikleri veya rutin faaliyetlerinde kullandıkları verileri ihale ederek veya kendi imkânları ile sayısal hale getirmeye başlamış ve bir takım uygulama yazılımları ile kullanıcı arayüzleri geliştirme çalışmalarını yürütmüşlerdir.

Birbirinden bağımsız olarak yapılmaya başlanan bu projelerde ortak bir veri değişim ve paylaşım standardı ve kurumların sorumlulukları tespit edilmediğinden dolayı aynı coğrafi veri farklı kamu kurum ve kuruluşları tarafından tekrar toplanarak sayısal ortama aktarılmaktadır. Bunun sonucu personel, zaman ve malzeme israfının yanı sıra üretilen verilerin kalitesi ve güvenilirliğinde belirsizliklerin oluşması gibi problemlerle karşılaşmaktadır.

Değişik kamu kurum ve kuruluşlarının yetki ve sorumlulukları dahilinde üretilen coğrafi bilgilerin ortak bir standartta, tekrarları engelleyerek kısa sürede gerçekleştirmek, üretilmiş verilerin dağıtılmış veri tabanları ortamında depolanarak online bağlantı ile bilgi değişimlerini sağlamak ve kurumlar arası koordinasyon ve işbirliğini sağlayarak sayısal coğrafi bilgi üretimi ve paylaşımı standartları belirlemek üzere bir takım çalışmalar yapılmaktadır.

04 Şubat 1999 tarihinde, ülkemizdeki kurumlar arası koordinasyon ve iş birliğini sağlayarak, sayısal coğrafi bilgi üretim ve değişiminin standart ve sorumluluklarının belirlenmesi amacıyla, Harita Genel Komutanlığı ve ilgili kurum ve kuruluşların katılımı ile “CBS Kurma Çalışmalarının Koordinasyonu Sempozyum ve Paneli” düzenlenmiştir. Söz Konusu sempozyum ve panelde, Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi’ne (TUCBS) ilişkin özellikler, politika, strateji tanımlanarak, üretim,

revizyon, değişim için uygulanacak ilkelerin belirtildiği “Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) Politika ve Stratejisi Esasları Taslağı” dökümanı hazırlanmıştır.

Kamu kurum ve kuruluşlarının yetki ve sorumluluğunda yapılan çalışmalar sonucunda üretilen konumsal verilerin dağıtılmış bilgi sistemleri ortamında, ulaşılabilir ve kullanılabilir olmasını hedefleyen, “ Ulusal Bilgi Sistemi (UBS) projesi Başbakanlık tarafından 2000 yılında başlatılmıştır. Söz konusu proje ile kurumlar tarafından üretilen verilerin ulusal standarttaki kurum veri tabanlarında oluşturulması hedeflenmiştir. Fakat bahse konu proje coğrafi bilgiden ziyade temel teknolojik gereksinimler için ihtiyaç duyulan altyapı çalışmalarına öncülük edecek şekilde geliştirilmiştir.

Mülga Devlet Planlama Teşkilatı tarafından hazırlanan VIII. Beş yıllık Kalkınma Planında yer alan “Harita, Tapu Kadastro, Coğrafi Bilgi ve Uzaktan Algılama Sistemleri Özel İhtisas Komisyon” raporu ile Ulusal Coğrafi Bilgi standartlarının geliştirilmesi, Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi faaliyetlerinde bu standartların uygulanması, değişik ölçeklerdeki standart topografik haritaları, kurumsal işbirliği ile coğrafi veritabanı yapısında bilgisayar ortamına aktarılarak, Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin temel altlık verileri hazırlanmal, Bu temel altlık verilere dayalı olarak kurumsal coğrafi veritabanları, dağıtılmış veritabanları mimarisinde kurulmalı nihai olarak ise bu kurumsal coğrafi veritabanları, çevrimiçi/doğrudan (online), bu mümkün olmadığı takdirde çevrim dışı/dolaylı (offline) olarak birbirine bağlanması gerektiği belirtilmiştir.

24 Aralık 2001 tarihli TÜBİTAK başkanlığında yapılan Yedinci Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu toplantısında, “Vizyon 2023:Bilim ve Teknoloji Stratejileri” adlı proje ile bilim ve teknolojiyi bilinçli kullanan ve yeni teknolojiler üretebilen, teknolojik gelişmeleri toplumsal ve ekonomik faydaya dönüştürme yeteneği kazanmış bir “refah toplumu” yaratma temel amaç olarak belirlenmiştir (Yomralıoğlu, 2003).

Ülkemizde ulusal bilgi alt yapısı kurulmasına yönelik, 1999 yılında Türkiye Ulusal Enformasyon Ana Planı (TUENA) ve 2000 yılında e-Türkiye Girişimi Eylem Planı gibi bilgi toplumu alanında hazırlanan politika belgeleri ile önemli adımlar atılmıştır. Fakat söz konusu planlar uygulanma imkânı bulamamıştır. TUENA

çalışmaları kapsamında 2010 yılında Türkiye’de her bireyin ulusal bilgi altyapısına erişebilmesinin toplam maliyeti 35 milyon Amerikan Doları olarak belirlenmiştir. Fakat bahse konu altyapının kurulabilmesi için gereksinim duyulan parasal kaynaklar üzerinde herhangi bir çalışma yapılamamıştır (T. Yomralıoğlu, 2003, Kalkınma Bakanlığı, 2014d). Kalkınma Bakanlığı<sup>33</sup> koordinasyonunda 2003 yılından bu yana sırasıyla; e-Dönüşüm Türkiye Projesi Kısa Dönem Eylem Planı (2003-2004), 2005 Eylem Planı ile Bilgi Toplum Stratejisi ve Eylem Planı (2006-2010) yürütülerek strateji ve eylem planlarının uygulanmasında süreklilik sağlanmıştır. Günümüzde Bilgi Toplumu Stratejisi ve Eylem Planı 2015-2018 yürütülmektedir (Kalkınma Bakanlığı, 2014d).

09 Eylül 2003 tarihinde, ülkemizde aydınlık bir gelecek için gerekli bilgi toplumunun yaratılması, ekonomide verimliliğin sağlanması, ihracat hedeflerinin bilişimin sağlayacağı katma değerle gelişmiş ülkeler seviyesine çıkarılması ve dış ilişkilerde güçlü bir Türkiye için, bilişimin stratejik önemini vurgulayan Bilişim Bildirgesi yayınlanmıştır (Yomralıoğlu, 2003).

Aynı zamanda, söz konusu bildirmede e-Avrupa 2005 girişimi esas alınarak Türkiye’nin e-dönüşümünün acil hayata geçirilmesi somut takvim ve hedeflerin belirlenmesinin gerekliliği, yerli bilişim sektörünün yaratılmasına ihtiyaç duyulduğu nitelikli iş gücü sağlanması ve mesleki örgütlenmenin desteklenmesinin gerektiğinin altı çizilmiştir.

Yapılan çalışmaları özetlemek gerekirse; TÜBİTAK ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) koordinasyonu altında diğer kurumlarında katıldığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Standartları oluşturma çalışmaları, Başbakanlık ve HGK koordinasyonu altında yapılan Kurumlar arası Koordinasyon ve eşgüdüm çalışmaları yapılmakta olup, ayrıca Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Müdürlüğü, Harita Genel Komutanlığı, Devlet Su İşleri, Karayolları Genel Müdürlüğü, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, İller Bankası, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, TÜİK, AFAD, MTA v.b kurumlar ülke genelinde CBS çalışmalarını uygularken Belediyeler, su kanal idareleri vb yerel yönetimlerde yerel anlamda

---

<sup>33</sup> Devlet Planlama Teşkilatı 2011 yılında Kalkınma Bakanlığı adını almıştır.

çalışmalar yürütmektedirler. Bu projeler arasından Tapu Kadastro Bilgi Sistemi (TAKBİS), Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Projesi (TUCBS), Kent Bilgi Sistemi Projesi ile Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından yürütülmekte olan Ulusal Su Bilgi Sistemi Projeleri önemli projeler arasında yer almaktadır. Bu projeler birbirinden bağımsız kurum ve kuruluşları biraraya getirerek Tüm Türkiye'yi kapsayan ve ihtiyaca yönelik sonuçlar oluşturacak altlık yapılar oluşturmaktadır (TKGM, 2005).

Türkiye'deki çalışmalar arasında Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Projesi (TUCBS) olarak isimlendirilen Ulusal Konumsal Veri Altyapısı (UKVA) ve E-Dönüşüm Türkiye Projesi, ulusal düzeydeki CBS faaliyetlerini başlatan çalışmalar olduğundan dolayı ayrı bir öneme sahiptir. Su kaynakları yönetimi, afet yönetimi gibi günümüz uygulamaları tarafından ihtiyaç duyulan veri farklı kurumlar tarafından üretilmektedir. Dolayısıyla gereksinim duyulan veri, tek bir kurum tarafından karşılanamaması kurumlar arasında etkin bir işbirliğinin önemini gözler önüne sermektedir (Orman ve Şura, 2013, Akıncı vd., 2009). Dünya'da önemi çok iyi kavranan birlikte işlerlik alt yapısı olan UKVA ile ilgili çalışmalar birçok ülkede devam etmektedir. Ülkemizde ise; sonuç raporu bir diğerini tamamlayacak şekilde olan eylem raporları hazırlanmıştır (Akıncı vd., 2009).

TUCBS E –Dönüşüm Türkiye Projesi Kısa Dönem Eylem Planında (2003-2004) 47 no'lu “Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin (TUCBS) oluşturulabilmesi için bir ön çalışma” eyleminde kurumların hangi bilgileri tutacağı ve paylaşacağı ile ilgili veri değişim standartlarına dair ön çalışma yapılması hedeflenmiştir. Bu çerçevede, mevcut durumun ortaya konulabilmesi amacıyla anket çalışması yapılmış ve bahse konu anket sonuçlarının tartışılacağı tüm kamu kurum ve kuruluşlarından üyelerin katılım sağlayacağı bir çalışma grubu oluşturulmuştur. Çalışma grubu raporunun Ocak 2005 yılı itibariyle tamamlanmasının ardından söz konusu eylemin devamı niteliğinde olan yeni eyleme 2005 Eylem Planında yer verilmiştir.

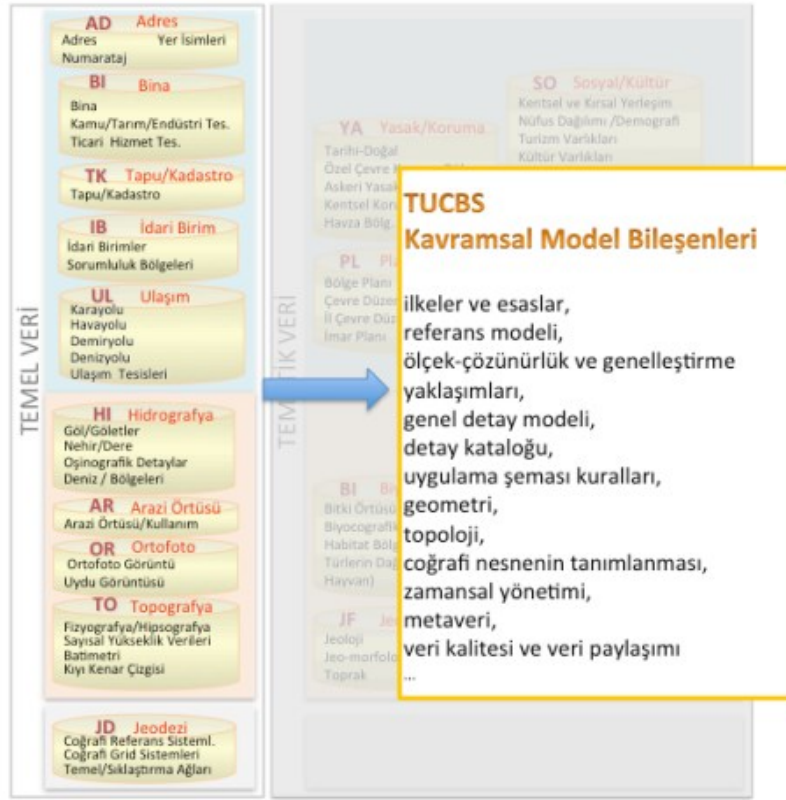
Veri sınıflandırılması, metaveri, veri toplama, veri depolama, veri kalitesi paylaşım esasları ile ilgili standartların belirlenmesi, yasal düzenleme ihtiyaçlarının tespit edilmesi, kurumsal yapılanma görev ve sorumlulukların tanımlarını içeren TUCBS politika/strateji dokümanının hazırlanmasının hedeflenmesi, E-Dönüşüm Türkiye Projesi 2005 Eylem Planı 36 Nolu “TUCBS oluşturmaya yönelik altyapı

hazırlık çalışmaları” eylemiyle gerçekleştirilmiştir. Eyleme ilişkin “TUCBS Politika ve Strateji Dokümanı” hazırlanarak eylem tamamlanmıştır.

Daha sonra 75 nolu “CBS Altyapısı Kurulumu” eylemi diğer eylemlerden farklı bir biçimde profesyonel olarak TUCBS’nin altyapısının yer aldığı kapsamlı bir plan olarak karşımıza çıkmıştır. Söz konu eylem ile coğrafi verilere ilişkin içerik ve değişim standartlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmış olup, kamu kurum ve kuruluşlarının sorumluluğundaki coğrafi bilgilerin ortak bir altyapı üzerinden sunulması amacıyla bir portalın oluşturulması amaçlanmıştır. Eylem kapsamında 10 temel veri teması belirlenmiş ve bunlara ilişkin uygulama şemaları geliştirilmiş fakat sadece adres teması ilgili kuruluşla çalışılmıştır. Söz konusu diğer veri temalarında ilgili kurum ve kuruluşlar ile çalışılmasına gereksim duyulmaktadır (Akıncı vd., 2009).

2011 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde kurulan CBS Genel Müdürlüğü ile TUCBS kurulması sürecine hız verilmiştir. Bu çerçevede TUCBS veri standartları oluşturularak, yerelden ulusal düzeye servis bazlı olarak birlikte çalışılabilirliğe yönelik yaklaşımlar geliştirilmektedir. Şekil 3.3’te TUCBS kapsamında Türkiye için oluşturulan temel veri temaları ve kavramsal model bileşenleri yer almaktadır. Kavramsal veri model bileşenleri ulusaldan yerel düzeye, birlikte çalışılabilir veri standartlarının oluşturulması için kuralları belirlemekte olup, bahse konu bileşenlerin belirlenmesinde ISO/TC211 Coğrafi Teknik Komitesi, Açık Coğrafi Bilgi Konsorsiyumu (OGC) ve Bölüm 2.3’te bahsedilen uluslararası kabul gören INSPIRE gibi girişimlerin esasları baz alınmaktadır. Söz konusu veri temaları, Adres, Bina, Tapu-Kadastro, İdari Bina, Ulaşım, Hidrografya, Ortofoto, Arazi Örtüsü, Topografya, Jeodezik Altyapı olup uygulama şemaları ve standartları 2012 yılında ulusal düzeyde kullanıcı gereksinimine göre tamamlanmış ve kabul edilmiştir (Akıncı vd., 2009, Yomralıoğlu vd., 2014).

Uygulamaya göre çeşitlilik gösteren ve sektör bazlı genişletilebilen veri gruplarından oluşan, TUCBS –Yürütme Kurulunun önerisi ve TUCBS-Koordinasyon kurulu tarafından ikincil düzeyde 8 adet “Tematik” veri temaları belirlenmiştir. Belirlenen veri temaları; “Yasak/Koruma Bölgeleri”, “Plan Bölgeleri”, “Sosyal Kültür”, “Altyapı”, “Doğal Kaynaklar”, “Biyçeşitlilik”, “Hava/İklim”, “Jeoloji/Çevre” dir.



Şekil 3.3. TUCBS Temel Veri Temaları <sup>34</sup>

Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin kurulması ve yönetilmesine; coğrafi veri temaları kapsamındaki coğrafi verilerin veri tanımlanmasının yapılmasına ve sorumlu kurumlarca bu tanımlara uygun olarak üretilmesi; coğrafi verilerin, coğrafi veri setlerinin, coğrafi veri servislerinin ve bunlara ait metacerilerin paylaşılmasına; coğrafi verilerle ilgili iş ve işlemler için kurumlar arası koordinasyonun gerçekleştirilmesini kapsayan, 20.03.2015 tarihli ve 29301 sayılı Resmi Gazete’de Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin Kurulması ve Yönetilmesi Hakkında Yönetmelik yayımlanmıştır.

<sup>34</sup> Yomralıoğlu vd., 2014.

#### 4. TÜRKİYE'DE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ YARDIMI İLE ENTEGRE SU KAYNAKLARI YÖNETİM ÖRNEK ÇALIŞMASI

Bu çalışmada, CBS ve uzaktan algılama teknolojileri kullanılarak entegre su kaynakları yönetimi konusunda mekânsal karar destek sistemi oluşturulmaya çalışılmıştır. Yapılan morfolojik çalışmayla, sürekli algılama özellikleri ve geniş alanların izlenmesinde vazgeçilmez bir kaynak olan yüksek çözünürlüklü ve çok kanallı uydu görüntülerinin sınıflandırılarak arazi durumunun güncel olarak tespit edilebileceği gösterilmiştir. Stereo çekim yapabilen uydu görüntüleri ile oluşturulan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) yardımıyla havzaya ait topografik parametreler elde edilmiştir. SYM'nin analiz edilmesiyle birlikte arazinin yükseklik, eğim, bakı verileri elde edilmiştir. Söz konusu verilerin havza sınırları, drenaj ağları, minimum maksimum ve ortalama yükseklik bilgilerinin oluşturulmasında önemli rol oynadığı gözler önüne serilmiştir. Bununla birlikte yağış gibi hidrometeorolojik verilerin ve uzaktan algılama verilerinin CBS ortamında entegrasyonunun sağlanarak modellenmesi ile su potansiyelinin hesaplanması sağlanmıştır.

Bu çalışma ile yersel ve nitelik verilerinin katmanlar halinde analiz edilmesinin sağlanarak su kaynaklarının geliştirilmesinde CBS'nin büyük ölçüde fayda sağladığı gösterilmiştir. Aynı zamanda, uzaktan algılama (UA) ve CBS'nin bütünleşik kullanımının havzanın su potansiyelinin hesaplanması gibi stratejik ve önemli su kaynaklarının değerlendirilmesi konularındaki yeteneği ortaya konmuştur.

Sonraki çalışmada yeraltı suyu seviyesi dağılımı, yeraltı akış miktarı hesabı, kurak ve yağışlı dönemler için yeraltı suyu yüksekliği tahmini ve bu tahminlerden yola çıkılarak hassas bölge tespiti yapılmıştır.

Akifer beslenimini sağlayan doymuş bölgeye ulaşan yağış miktarı çeşitli faktörlere bağlıdır. Bahse konu faktörler akifer besleniminin belirlenmesini su kaynakları çalışmaları arasında en zor çalışmalar kategorisine sokmaktadır. Akarçay Havzası su seviyesi dalgalanmaları analiz edilerek yeraltı suyunun beslenimini belirleyen bu çalışmada, yağış verisi ve yeraltı suyu seviyesinin korelasyonu sağlanmıştır. Konumu bilinen noktaların Sıradan Kriging (*Ordinary Kriging*) enterpolasyon yöntemiyle yeraltı suyu haritasının oluşturulabileceği gösterilmiştir. Bu çalışmada, sadece yağış verisi ve yeraltı suyu seviyeleri kullanılarak yüzde 0,01 hata





kaynaklarını oluşturmaktadır. Akdeğirmen Barajı, Afyonkarahisar şehir merkezinin içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamaktadır. Akarçay nehri havzayı oluşturan ana nehirdir. Söz konusu nehrin ana kaynağı, Aksu Deresi (Araplı Deresi)'dir. Seyitler Çayı (Kuruçay), Çayözü Deresi, Kali Çayı suları ile Akarçay Nehri'ne katılarak Eber Gölü'ne dökülmektedir. Havzada sıcaklığı 30<sup>0</sup> C üzerinde bulunan üç adet jeotermal saha bulunmaktadır.

Havza düz ve ovalık bir toporafyaya sahip olmasından dolayı erozyon olgusu çok etkin değildir (OSİB,2013). Biyocoğrafik özellikler bakımından önemli bir yere sahip olan havza İran-Turan floristik bölgelerinin geçiş kuşağında bulunmasından dolayı iki floristik bölgenin bitki örtüsüne sahiptir ( Kargıoğlu vd., 2008).

Morfolojik yapısı, iç anadolu eşığının orta derece yükseltiyeye sahip dağları ve bu dağlar arasında kalan ovalardan oluşmaktadır. Bahse konu ovalar, havzanın batısında bulunan Sincanlı Ovası, güneyde yer alan Şuhut Ovası, Kuzeyde Afyonkarahisar ve Bolvadin Ovası, doğuda ise Akşehir Ovası'dır (Kargıoğlu vd., 2008).

Güneydoğu-kuzeybatı doğrultulu dağ dizelerinden en doğuda olan Emir ve Türkmen Dağları havzanını kuzey doğusunda, İlbudak Dağı kuzeybatı, Sultandağları güneydoğu, Ahır ve Kumalar Dağı ise havzanın güneybatısında yer almaktadır. Havzanın büyük bir kısmı, Ege Bölgesi'nin İç Batı Anadolu Bölümü'ndedir. Havzanın karakteristik değerleri Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

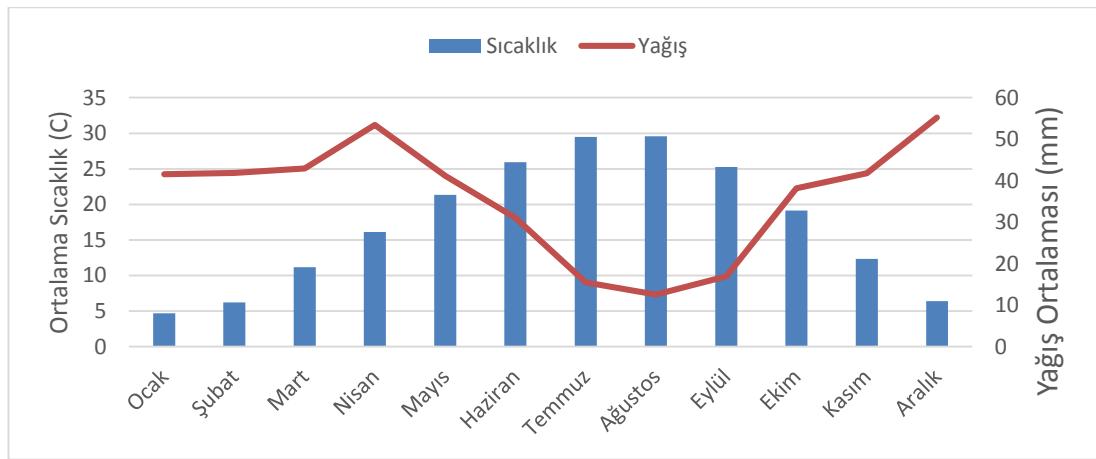
**Tablo 4.1.** Akarçay Havzası Genel Karakteristik Değerleri <sup>36</sup>

<b>Karakteristik</b>	<b>Değer</b>	<b>Birim</b>
<b>Havza Alanı</b>	7.989	km <sup>2</sup>
<b>Nüfusu</b>	631.915	Kişi
<b>Nüfus Yoğunluğu</b>	76	kişi/m <sup>2</sup>
<b>Yıllık Ortalama Akış</b>	0,49	km <sup>3</sup>
<b>Anlık Ortalama Akış</b>	8,09	m <sup>3</sup> /s
<b>Yıllık Ortalama Verim</b>	1,9	l/s/km <sup>2</sup>
<b>Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği</b>	466	Mm
<b>Yıllık Ortalama Yağış</b>	0,26	milyar m <sup>3</sup>
<b>Ortalama Rakım</b>	1.000	M
<b>Ortalama Sıcaklık</b>	10,6	<sup>0</sup> C

<sup>36</sup> OSİB, 2014.

Afyonkarahisar ve Konya illeri havza sınırları içerisinde yer almaktadır. Söz konusu Afyonkarahisar ilinin havza içerisindeki ilçeleri; Merkez, Bolvadin, Çay, Çobanlar, İhsaniye, İncehisar, Sinanpaşa, Şuhut, Sultandağı'dır. Konya ilinin havza içerisindeki ilçeleri ise, Akşehir, Doğanhisar ve Tuzlukçu'dur. Bölgenin toplam nüfusu 2014 TÜİK verilerine göre 631.915 kişi olup, havzanın en büyük yerleşim yeri Afyonkarahisar merkez ilçesidir.

Akarçay Havzası'nda, kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları sıcak ve kuru geçen İç Anadolu iklimi hâkimdir. Grafik 4.1'de gösterildiği üzere havzanın en sıcak mevsimi Temmuz ve Ağustos ayları olup, bu aylarda havzanın ortalama yağışı minimum seviyelerine düşmektedir. Yağış miktarı Eylül – Aralık aylarında artarken, Nisan Temmuz aylarında düşüş göstermektedir.



**Grafik 4.1.** Akarçay Havzası Aylara Göre Yağış ve Sıcaklık Ortalaması<sup>37</sup>

Havzanın önemli faaliyetleri arasında tarım ve hayvancılık bulunmaktadır. Ülkemizde, kuru tarım, vişne ve kiraz üretiminde önemli bir paya sahiptir. Aynı zamanda havzada, büyükbaş hayvancılık, kümes hayvancılığı, alabalık yetiştiriciliği yapılmaktadır.

Havzada yer alan Afyonkarahisar ili, Türkiye'de dört ayrı demiryolunun birleştiği tek il konumunda olup, iller ve bölgeler arası önemli karayollarının geçiş bölgesinde yer almaktadır. Söz konusu ilin coğrafi konumu sanayi alanında yatırımcıların ilgisini çekmektedir.

<sup>37</sup> OSİB, 2013.

Akarçay Kapalı Havzası Orta Anadolu ve Batı Anadolu Arasında yer almakta olup çeşitli jeolojik zamanlara ait formasyonlara sahiptir. Bahse konu formasyonlar; Kuvaterner (alüvyon), neojen volkanikleri (tüf, tüfit aglomera, trakit, andezit, bazalt), neojen kireçtaşı, neojen detritikler (kil, silt, kum, çakıl, konglomera, marn), mesozoyik-jura kireçtaşı, mesozoyik-triyas kireçtaşı, paloezoyik, metamorfik seri (kuvarsit, şeyl, şist, kireçtaşı, mermer) dir. Depremsellik açısından incelendiğinde Afyonkarahisar ili'nin civardaki etkin deprem bölgelerinin tesirinde kaldığı ve 2. Derece deprem bölgesinde bulunduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda, yeraltı suyunun yüksekte bulunduğu ova kısmının diğer bölgelere göre daha çok risk altında olduğu ortaya çıkmaktadır. Afyonkarahisar-Akşehir- Ilgın kırık hattı deprem bölgesinde yer alan Çay, Şuhut, Sultandağı, Akşehir, Doğanhisar, Tuzlukçu ilçeleri 1. Dereceden tehlikeli deprem bölgesinde yer almaktadır.

#### **4.2. Havza'nın Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanımı**

Havza planlamalarının temel amacı, doğal kaynakların korunarak, ekosistemin kendini yenileyebileceği durama getirilmesi ve sürdürülebilir yönetimin sağlanmasıdır (Yüceil vd., 2006). Havzaya ilişkin daha sağlıklı ve doğru kararlar verilebilmesi amacıyla havzanın bütün özellikleriyle birlikte bilinmesi önemli rol oynamaktadır. Bu çerçevede, konumsal analizlere olanak sağlayacak şekilde havzaya ait verilerin toplanarak sayısal ortamda depolanması gerekmektedir. CBS teknolojileri bu aşamada kullanıcılara, bilgisayar ortamında oluşturulan arazi modelleri ile çok yönlü dinamik bir sorgulama imkânı sunmaktadır (Bağdatlı vd., 2014).

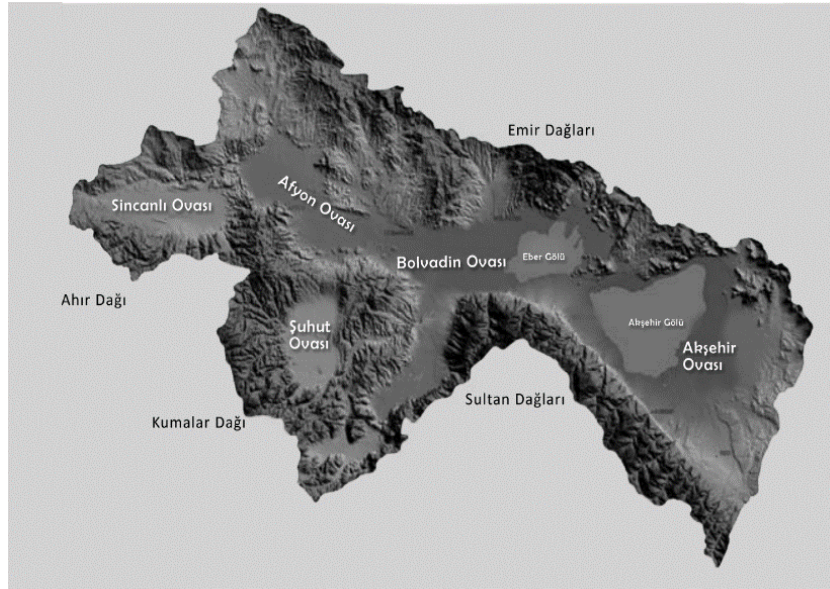
Bu çalışmada, ilk olarak Akarçay Havzası'nın özellikleri ile ilgili karar verilebilmesi amacıyla, sayısal yükseklik modeli üzerinden havza morfolojik özellikleri belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece, klasik yöntemlerle sayısal topografik harita üzerinden elde edilmesi uğraştırıcı ve zaman alıcı olan havza morfolojik özelliklerinin hızlı bir şekilde temin edilebileceğine ilişkin yaklaşımların ortaya konması hedeflenmiştir.

Bu bağlamda havza sınırı, alanı, çevresi akış yönleri, drenaj ağları, alt havza sınırları, eğim, bakı, arazi kullanımı gibi havza karakteristik özellikleri belirlenerek, havzanın küçük bir kopyası oluşturulmuştur.

#### 4.2.1. Sayısal Yükseklik Modeli

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), arazi yüzeyinin geometrik gösterimini sayısal olarak nokta ve çizgi elemanları ile sağlanmaktadır. X, Y, Z koordinatları bilinen yer yüzeyinin birçok sayıda nokta ile sürekli bir formda istatistiksel olarak bilgisayarda temsil edilmesidir (Kılıç vd., 2011). SYM raster veri özelliğine sahip olup, topografik yüzeyi üç boyutlu olarak gösteren bir yapıdır (Güreşçi ve ark., 2012).

SYM'nin fotogrametrik yöntemlerle oluşturulmasında fotoğraflar, uydu görüntüleri ve lazer veriler kullanılmaktadır. Klasik yöntemde, eş yükselti eğrileri operatör tarafından sayısallaştırılarak stereo görüntülerden sayısal yükseklik modeli elde edilmekte; otomatik yöntemde ise eşlenik noktalar otomatik korelasyon ve epipolar geometri ile belirlenerek fotogrametrik nirengi ile veya x yönündeki paralaksların ölçümü ile elde edilmektedir (Batuk, 2009).



Şekil 4.2. Akarçay Havzası Sayısal Yükseklik Modeli <sup>38</sup>

CBS veya bilgisayar destekli tasarım (*Computer Aided Design, CAD*) ortamında SYM oluşturmasında eş yükselti eğrileri sayısallaştırılır ya da toplanan

<sup>38</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur.

veriler sisteme dönüştürülür. Sonrasında ise x,y,z değerleri bilinen noktalara dayandırılarak delaunay üçgenleme, spline, mesafeye bağlı ağırlıklandırma gibi enterpolasyon işlemleri uygulanarak tahminler yapılır ve yüzey oluşturulur (Kılıç vd., 2011). Oluşturulan sürekli yüzeyde her bir piksel yükseklik değerine (kot) sahiptir ve sahip olduğu yükseklik değerine göre temsil edilmektedir (Güreşçi vd., 2012).

Bu çalışmada, Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın koordinasyonunda 14 havzada Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi kapsamında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi (TÜBİTAK-MAM) tarafından oluşturulmuş sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır. Söz konusu raster verinin oluşturulabilmesi amacıyla, DGN ve E00 formatlarındaki eş yükseklik eğrileri ve kot noktaları birleştirilerek, 1:25:0000 ölçekli sayısal yükseklik veri katmanları oluşturulmuştur. Kenar uyumsuzlukları ve hatalı girilmiş olan yükseklik değerleri için düzeltmeler yapılarak 10 m çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur.

Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında Sayısal Yükseklik Modeli üzerinde hesaplanan havza yükseklik değerleri Şekil 4.2'de verilmiştir. Havza yükseklik dağılımları bakımından maksimum olarak 2.610,00 m, minimum 952,00 m ve ortalama yükseklik değeri olarak ise 1.211,69 m kotunda olduğu belirlenmiştir. Havzada en düşük yükseltinin Akşehir Gölü'nün bulunduğu yerde (960 m), en yüksek yerinin ise Sultandağlarının kuzeybatı ucunda (2.611 m) olduğu görülmektedir.

Havzanın çevre uzunluğu ve alansal dağılımına ilişkin sayısal bilgiler coğrafi bilgi sistemi ortamında hesaplanmıştır. Analiz sonucunda havza alanı 795.969,9 ha ve çevresi ise 552.758,7 m olarak belirlenmiştir.

#### **4.2.2. Eğim**

Sayısal yükseklik modeli kullanılarak arazinin yükseklik, eğim, bakı verileri elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler ile havza sınırları, drenaj ağları, minimum maksimum ve ortalama yükseklik belirlenmiştir.

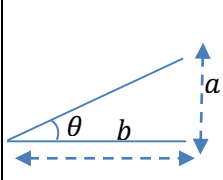
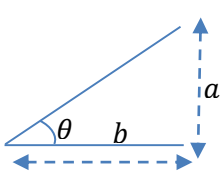
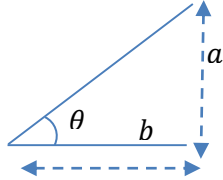
İki nokta arasındaki yatay mesafenin yükselti farkına oranı olan eğim, yüksekliğin x ve y yönündeki değişimidir. Bu çalışma kapsamında, havzanın morfolojik parametrelerinden biri olan Şekil 4.3'te gösterilen eğim haritasının

oluşturulabilmesi amacıyla CBS ortamında sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır. Piksellerin eğim değeri, komşu piksellere göre en büyük değişim oranı olarak hesaplanmıştır:

$$\text{Eğim derecesi} = \theta, \quad \tan\theta = \frac{\text{yükseklik farkı}}{\text{yatay uzaklık}} \quad (4.1)$$

$$\text{Eğim yüzdesi} = \frac{\text{yükseklik farkı}}{\text{yatay uzaklık}} \times 100 \quad (4.2)$$

**Tablo 4.2.** Eğim Derecesine Bağlı Yüzde Değişimi <sup>39</sup>

			
Eğim derecesi ( $\theta$ )	30	45	76
Eğim yüzdesi (a/b)	58	100	401

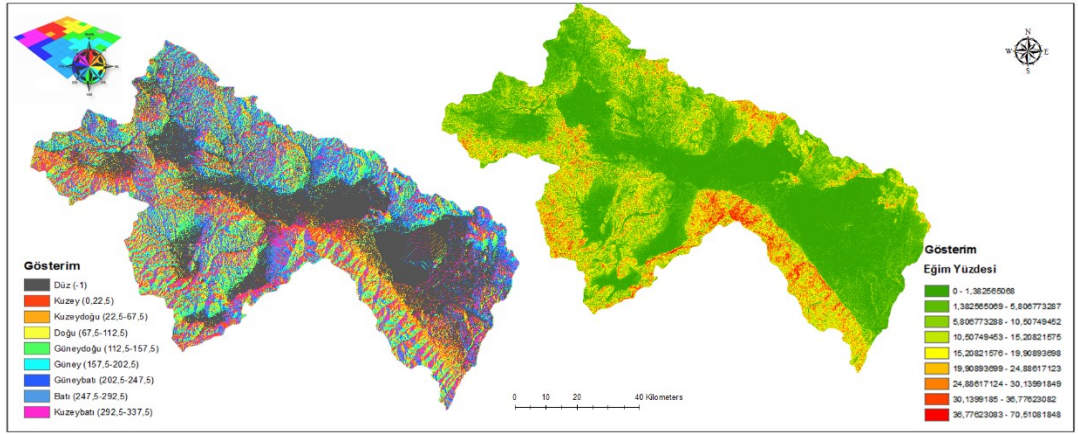
Oluşturulan eğim haritası incelendiğinde havzanın önemli bir kısmının eğim değerinin 5 dereceden küçük olduğu gözlemlenmektedir. Sultandağları, Eber Gölü'nün kuzeyinde kalan Emir Dağları ve Şuhut Ovası'nın batı sınırında yer alan Kumalar Dağlarının havzada 70 dereceye yükselen eğime sahip olduğu görülmektedir.

#### 4.2.3. Bakı

Bir dağ yamacının güneş ışınlarını alma durumuna olan bakı, eğimli yüzeyin azimut açısı olup, eğim yönü olarak da düşünülebilir. Bu çalışma kapsamında, havzanın morfolojik parametrelerinden biri olan bakının oluşturulabilmesi amacıyla CBS ortamında sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır. Her piksel komşu piksellerine göre değerlendirilerek en yüksek eğimli değere göre yönelim belirlenmiştir.

Bitki örtüsün dağılışında bakı koşulları önemli rol oynamaktadır. Havzanın güney yamaçları kuzey yamaçlarına göre yağış, sıcaklık, güneşlenme, nemli hava kütlelerine açık olma gibi iklim özellikleri, bakı durumunun etkisiyle farklılık göstermektedir. Bu çerçevede, Akarçay Havzası'nın kuzey yamaçları tür bakımından daha zengin ve daha sık orman örtüsü ile kaplıyken, güney yamaçları orman örtüsü açısından yoksun kalmıştır.

<sup>39</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur.



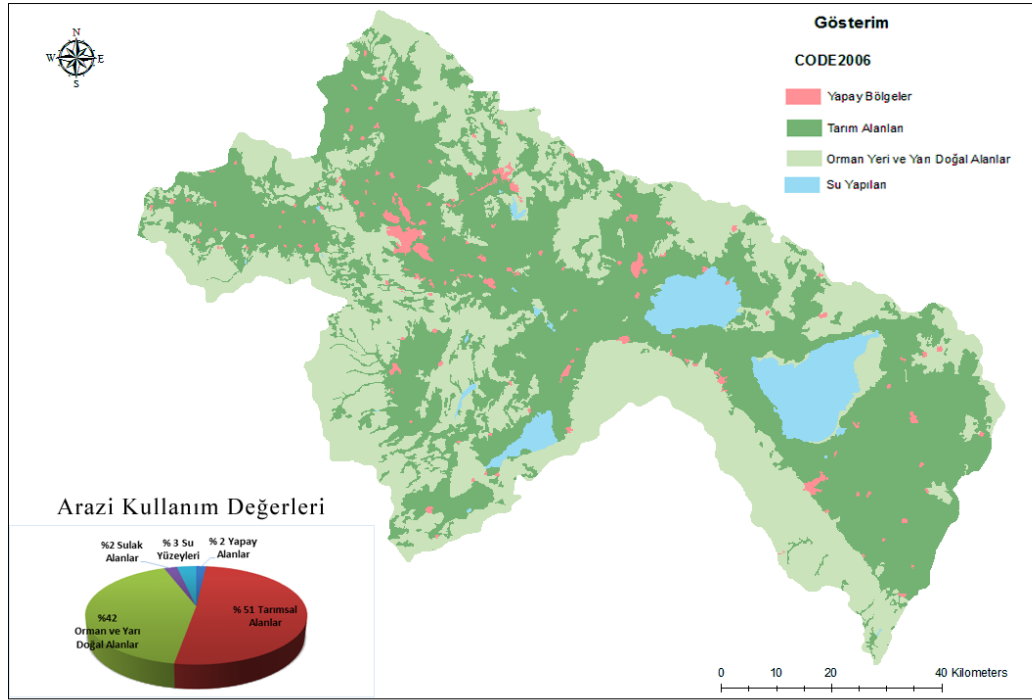
Şekil 4.3. Akarçay Havzası Eğim (Sağdaki) - Bakı (Soldaki) Haritaları <sup>40</sup>

#### 4.2.4. Arazi Kullanım Özellikleri

Çevresel Bilginin Koordinasyonu (*Coordination of Information on the Environment*, CORINE) projesi kapsamında oluşturulan sınıflandırma sistemi 1990 yılından itibaren Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde kullanılan ortak sınıflandırma sistemidir. Projenin ana amacı; arazideki çevresel değişimlerin belirlenmesi, doğal kaynakların rasyonel biçimde yönetilmesi ve çevre ile ilgili politikaların oluşturulabilmesi maksadıyla aynı ana verilerin toplanarak, standart bir veritabanının oluşturulmasıdır. Ayrıca söz konusu çalışma ile uluslararası, ulusal ve bölgesel düzeylerde yapılan bir çok çalışma ile elde edilen çevresel bilgilerin yıllar itibariyle meydana gelen değişimin izlenebilmesi sağlanmaktadır (Çivi vd., 2009). Ülkemizde 1998 yılında Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı'nca başlanmış olan proje, Landsat uydularına ait 2000 yılı görüntüleri kullanılarak 2008 yılı ortalarında bitirilmiştir. Şu an Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nda IRS ve Rapideye uydu görüntüleri kullanılarak CORINE çalışmaları devam etmektedir.

Bu çalışmada, 2006 yılında mülga Çevre ve Orman Bakanlığı'nca oluşturulan CORINE 2006 arazi örtüsü ve arazi kullanımı verileri kullanılarak arazi kullanım yüzdeleri elde edilmiştir.

<sup>40</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 4.4. Akarçay Havzası Arazi Kullanım Haritası<sup>41</sup>

### 4.3. Havzanın Hidrolojik Analizi

Geçmiş yıllarda kâğıt ortamındaki topografik haritalardan üzerinden eşyüksele eğrileriyle tepe noktaları kullanılarak su ayırma çizgileri elde edilmiş olup havza sınırları ve alt havza sınırları belirlenmekteydi. Aynı zamanda, Planimetre kullanılarak elde edilen havza sınırları ile alt-havza sınırlarına ait alanların ölçümü gerçekleştirilmekteydi. Günümüzde bahse konu işlemlerin yapılmasında bilgi teknolojilerine paralel olarak gelişen Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojileri yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Bu bölümde, CBS yazılımlarından biri olan ArcHydro kullanılmıştır. Ölçüm hatasından kaynaklanan negatif yükseklik değerleri sıfıra eşitlenerek hidrolojik analize hazır hale getirilmiş SYM kullanılmıştır. CBS yazılımında geliştirilen algoritmalar yardımıyla havza üzerinde düzgün yüzeysel akımı engelleyen çukurlar doldurularak her bir hücrenin akım yönü bulunmuştur. Drenaj alanları ise akım yönleri yardımıyla hesaplanmıştır. Sonrasında drenaj alanları için belirlenen eşik değerden büyük drenaj










<sup>41</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur.



alanına sahip olan hücreler akarsu hücresi olarak tanımlanmış ve havzanın akarsu şebekesi çıkarılmıştır.

#### 4.3.1. Su Akış İstikameti ve Akış Toplamı

Sayısal yükseklik modeli havzanın morfolojik özelliklerine dair tüm çalışmaların temel altlığını oluşturmuştur. Havza parametrelerinin belirlenmesi işleminin ilk adımı olarak sayısal yükseklik modelinin onarılması (DEM reconditioning) işlemi yapılmıştır. Bu fonksiyon ile raster veri olan yükseklik değerlerinin vektör veri olan nehir ağı ile daha uyumlu olması sağlanmıştır. Daha sonra SYM deki çöküntü alanlarının doldurularak yüzey akışı oluşturulması işlemi (*fill sinks*) gerçekleştirilmiştir.

82	59	62				2	4	8
54	44	48				1	2	4
61	58	35				128	1	2

**Şekil 4.5.** Hücreleri Ait Yükseklik Değerleri, Akım Yönleri ve Arc Hydro Programında Kullanılacak Veri Tablosu

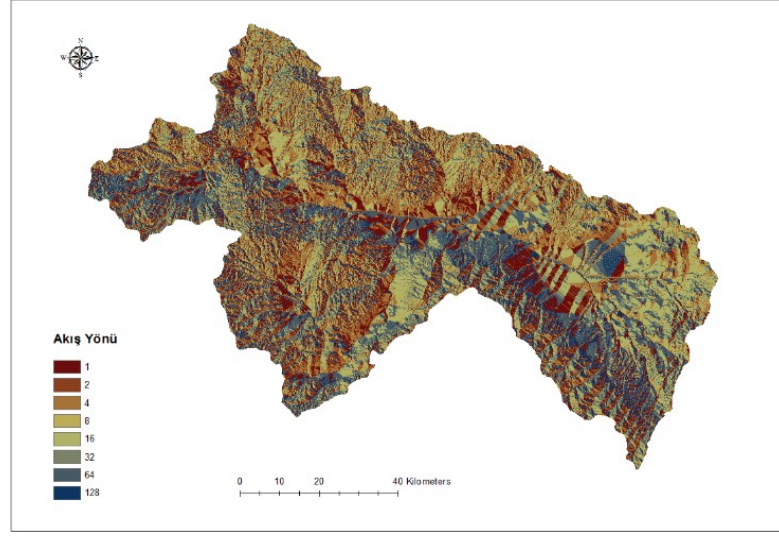
Yüksek doğruluklu SYM elde dildikten sonra akış yönü (*flow direction*) belirlenmiştir. Sayısal Yükseklik modeli kullanılarak “8 yönlü akım modeli” kullanılmıştır. Şekil 4.5’te gösterildiği gibi en düşük yükseklik değerine sahip gride doğru ya da başka bir deyişle en yüksek noktadan en alçak noktaya doğru belirlenmiştir.

Şekil 4.6’da 8 komşu piksel, 1 (Doğu), 2 (Güneydoğu), 4 (Güney), 8 (Güneybatı), 16 (Batı), 32 (Kuzeybatı), 64 (Kuzey), 128 (Kuzeydoğu) akış yönlerini göstermektedir.

32	64	128	KB	Kuzey	KD
16		1	Batı		Doğu
8	4	2	GB	Güney	GD

**Şekil 4.6.** Akım Yönleri

Elde edilen akış yönleri Akarçay havzasına uygulanarak Şekil 4.7’de gösterilmekte olan su akış istikameti haritası elde edilmiştir.



Şekil 4.7. Su Akış İstikameti Haritası <sup>42</sup>

Söz konusu akış istikameti haritası yardımıyla kümülatif akım hesaplanarak (*flow accumulation*) akış biriktirmesi haritası oluşturulmuştur. Böylece yukarıdaki hücrelerden aşağıdaki her bir hücrenin içine akan suyun hesaplanması sağlanmıştır. Her hücrede 1 (bir) birim su bulunduğu varsayılarak, yukarıdaki hücrelerden akan suyun aşağıdaki komşu hücrede 2 (iki) birime ulaştığı varsayılarak Şekil 4.8’de verilen Akarçay Havzası alanına ilişkin su akış toplamı oluşturulmuştur.



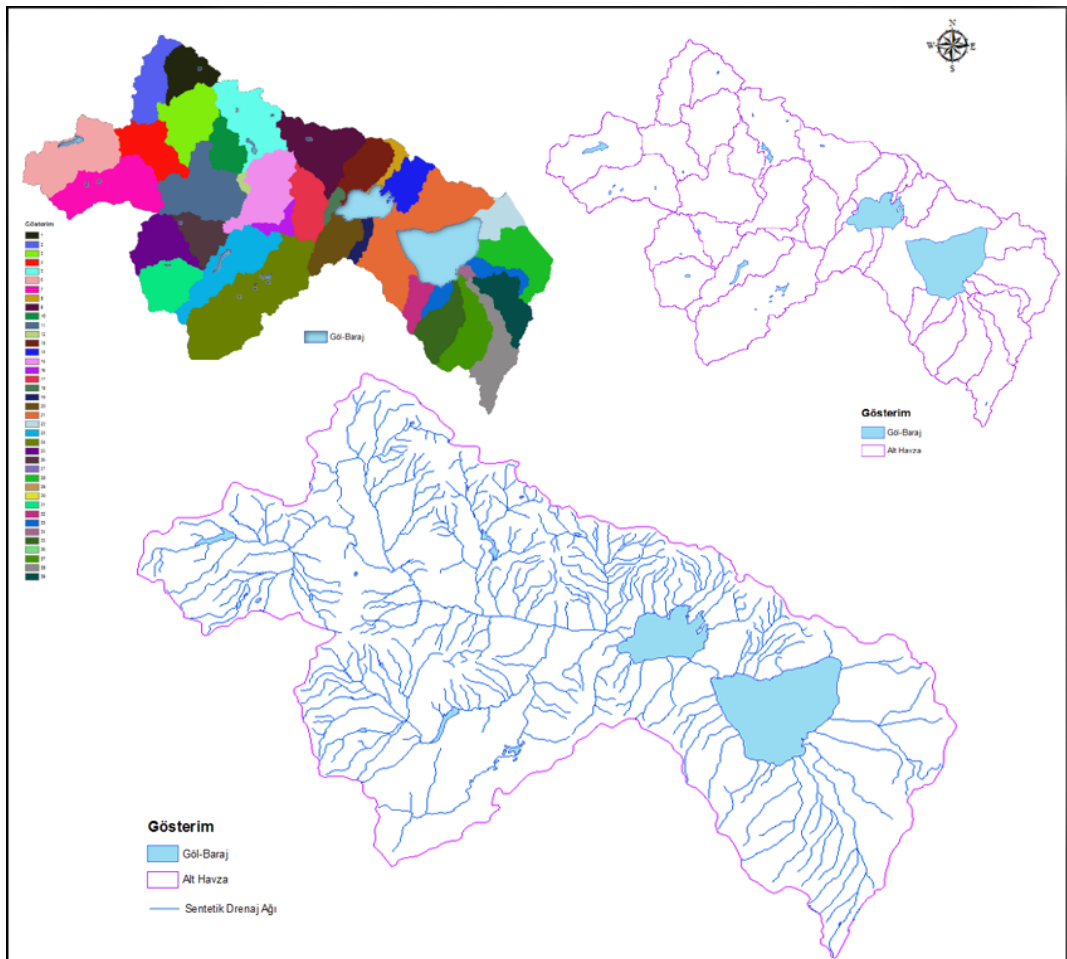
Şekil 4.8. Su Akış Toplam Haritası <sup>42</sup>

<sup>42</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Belirli bir bölümdeki tüm hücreler aynı grid koduna sahip olup, kendine özgü tanımlama numarasına göre nehir bölümlerinin grid sistemini oluşturmaktadırlar. Ek'te yer almakta olan Şekil 4.9'da nehir ağının yoğunluğu kapsamında 39 farklı bölümlere yapılarak 39 adet su toplama alanı elde edilmiştir.

#### 4.3.2. Alt Havzaların Oluşturulması

Nehir bölümlenmesi gerçekleştirildikten sonra her hücre için hücrenin ait olduğu su toplama alanı oluşturulmuştur. Şekil 4.9'da her hücrenin sahip olduğu grid koduna göre oluşturduğu grid sisteminden meydana gelen, eşik değer alan 100 km<sup>2</sup> alınarak oluşturulan su toplama alanları görülmektedir. Raster veri formatında oluşturulmuş, su toplama alanı verisi vektör veriye dönüştürülerek, her bir su toplama alanı için uzunluk ve alan bilgileri hesaplanmıştır.



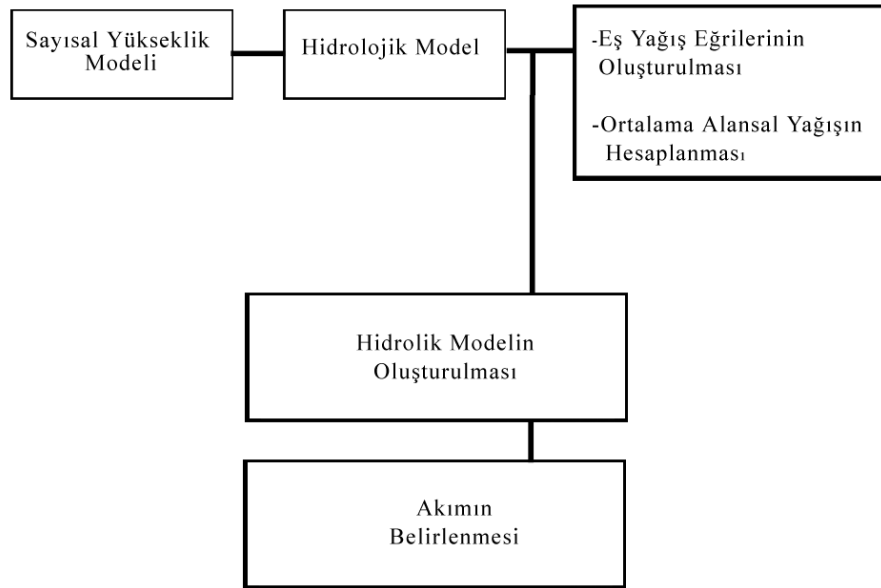
Şekil 4.9. Sırasıyla Su Toplama Alanları, Alt Havza Sınırları, Drenaj Ağı<sup>43</sup>

<sup>43</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Akış sağlayan drenaj alanı, hücreye gelen akışı sağlayan hücrelerin sayısı (yüzeysel akış miktarı) ile hücre alanının çarpılması ile elde edilmektedir. Drenaj alanı oluşturulduktan sonra havzanın Şekil 4.9’ da gösterilen sentetik drenaj ağı dere kolu başlangıçları manuel olarak tanımlanarak, aktif olarak kullanılan CBS modülü ile ortaya çıkartılmıştır.

#### 4.4. Havzadaki Su Potansiyelinin Belirlenmesi

Çalışmanın bu aşamasında, CBS sayesinde elde edilen veriler kullanılarak, ulaşımın çok zor olduğu dağlık alanlarda uzaktan algılama yönteminden faydalanılarak Hidroelektrik Santral (HES) ve baraj yapımı için uygun bölgelerin belirlenmesinde uydu görüntülerinin ve coğrafi bilgi sistemleri teknolojilerinin kullanımının önemini ortaya konması amaçlanmıştır. Bahse konu su potansiyeli parametrelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan uygulamanın akış şeması Şekil 4.10’ da verilmiştir.



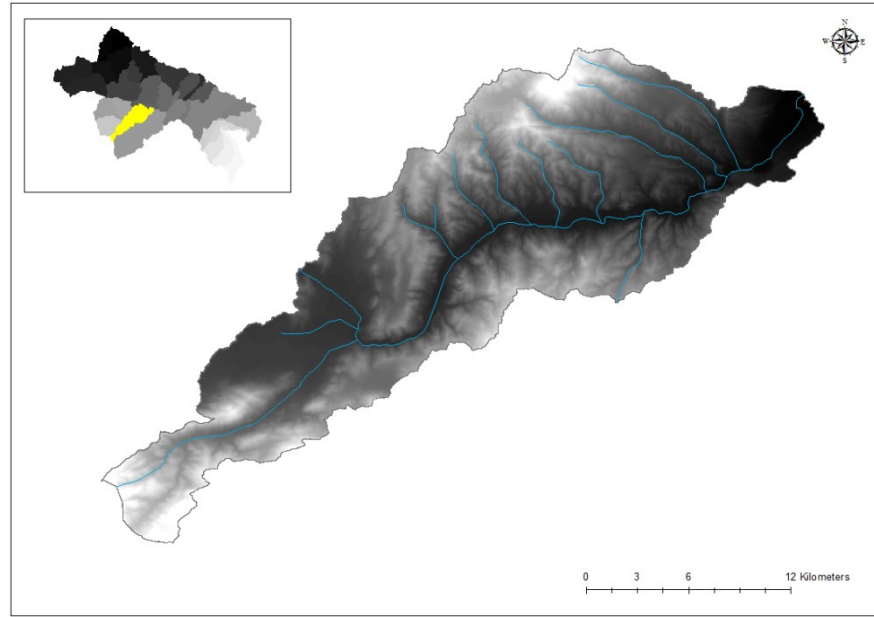
Şekil 4.10. Su Potansiyeli Belirlenmesi Uygulamasının Akış Şeması<sup>44</sup>

Akış modelleri, genellikle birçok veriyi içeren, MODFLOW, SHE gibi ara yazılımlar ile modellenebilen sayısal karar destek mekanizmalarıdır. Ancak, veri eksikliği yaşandığı durumlarda bu modellerin gerçekten uzak sonuçlar çıkardığı tespit edilmiştir. Bu sebeple, modellemenin en temel kuralı olan “Basit model en iyi

<sup>44</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur.

modeldir.” kavramı esas alarak veri eksikliğinin yaşandığı durumlarda yapılan uygulamalar ışığında su akım potansiyelinin belirlenmesine yönelik literatür taraması yapılmış, çeşitli ülkelerdeki model uygulamaları incelenmiştir. Algancı vd., (2009), Özdemir (2007) yaptığı çalışmalarda akımın yağışa bağlı ampirik ifadeler ile hesaplanacağını ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada, bir önceki uygulamada CBS yazılımı kullanılarak SYM'nin analiz edilmesiyle oluşturulan havzanın akış yönü, yüzey akış yönü haritaları ve havzanın sentetik drenaj ağı kullanılmıştır. Oluşturulan drenaj ağı üzerinde kolların kesişim noktalarını üzerinde belirlenen istasyon noktalarını besleyen althavzalar oluşturulmuştur. Söz konusu oluşturulan althavzalardan biri olan Kali Çayı havzası uygulama alanı olarak belirlenmiştir.



**Şekil 4.11.** Uygulama Havzası Olan Kali Çayı SYM <sup>45</sup>

Coğrafi bilgi sistemi yazılımı kullanılarak Tümas veri tabanından elde edilen Tablo 4.3'te gösterilmekte olan saatlik rasat yapan “büyük klima” meteoroloji istasyonlardan elde edilen 1970 -2010 yıllarına ait veriler değerlendirilmiştir.

<sup>45</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur.

**Tablo 4.3.** Akarçay Havzasında Yer Almakta Olan Meteorolojik İstasyonlar <sup>46</sup>

İl	İstasyon	No	Rakım (m)	İlçe
A.Karahisar	A.Karahisar	17190	1.033	Merkez
A.Karahisar	Bolvadin	17796	1.018	Bolvadin
A.Karahisar	Çay	17793	996	Çay
A.Karahisar	Şuhut	17829	1.100	Şuhut
Isparta	Yalvaç	17828	1.096	Yalvaç

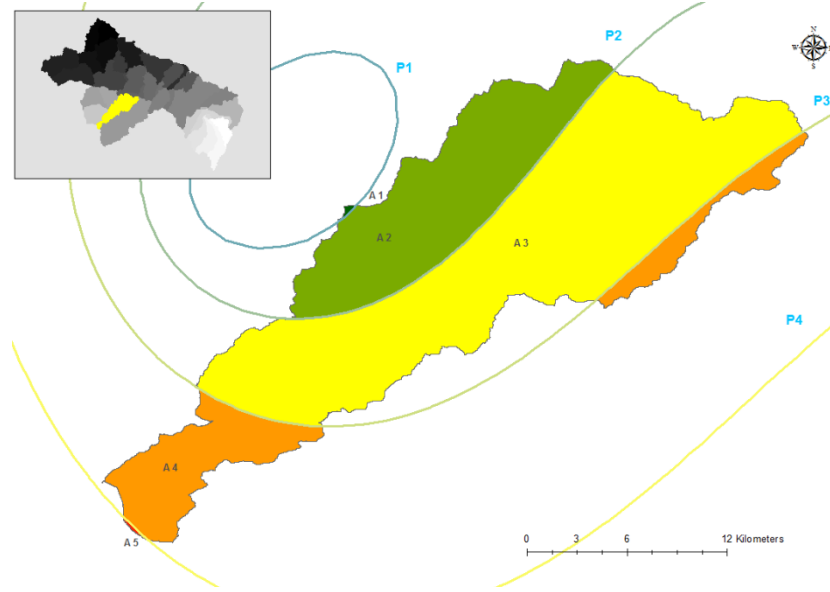
Eş yağış eğrilerinin üretilmesi ve ortalama alansal yağışın hesaplanması için “ordinary” Kriging yönteminin uygulanmasına karar verilmiştir. Sıradan Kriging (*Ordinary Kriging*) yöntemi bir sonraki bölümde detaylı olarak anlatılacaktır. Kali çayı havzası içerisinde 5 adet yağış istasyonu yer almaktadır. Eşyağış haritalarının gerçeğe daha yakın çizilebilmesi amacıyla bu 5 adet istasyonla beraber havzanın sağ ve sol kesiminde kalan benzer yağış istasyonları da kullanılmıştır. Bu istasyonlara göre çizilen Şekil 4.12 de gösterilmekte olan eşyağış haritası oluşturulmuştur. Her iki izohiyet arasında kalan alan, arasında kaldığı izohiyet değerlerinin ortalaması ile çarpıldıktan sonra toplanarak tüm havza alanına bölünmüş ve ortalama alansal yağış Denklem (4.3)’te hesaplanmıştır.

$$P_{ort} = \frac{\frac{(p_0+p_1)}{2}A_1 + \frac{(p_1+p_2)}{2}A_2 + \frac{(p_2+p_3)}{2}A_3 + \frac{(p_3+p_6)}{2}A_4}{A_1+A_2+A_3+A_4} \quad (4.3)$$

Akım gözlem istasyonu (AGI) noktasının bulunduğu Kali çayının toplama havzasının alanı ArcGIS programı ile hesaplanarak toplam 313.990.100 m<sup>2</sup> bulunmuştur. Yağış miktarının hesaplanması adına AGİ noktasının yer almış olduğu alt havzalarda yağış haritası oluşturularak ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır.

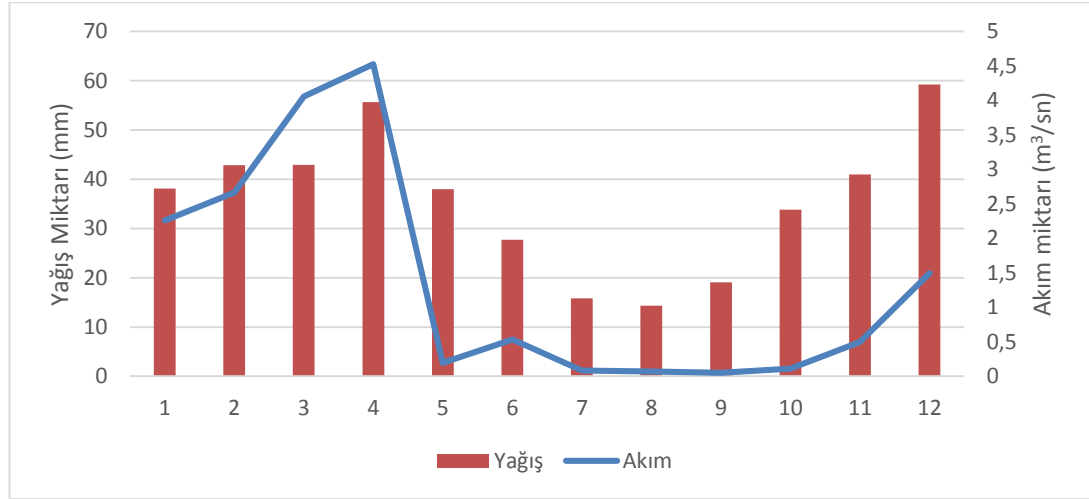
Şekil 4.12’de görüldüğü üzere her yağış alanı farklı renkler ile gösterilmiş ve yağış dağılımı her mevsim için ArcGIS programı kullanılarak ortalama yağış hesaplanmıştır.

<sup>46</sup> MGM, 2014.



**Şekil 4.12.** Kali Havzası Ocak Ayı Yağış Dağılımı <sup>47</sup>

Her ay için hesaplanan yağış verileri ile akış miktarları arasında ilişki kurulması amacıyla DSİ Kali Çayı akım gözlem istasyonu verileri karşılaştırılarak Grafik 4.2 oluşturulmuştur.



**Grafik 4.2.** Aylara göre Kali Çayı havzası Yağış (mm) Akım (m<sup>3</sup>/s) Grafiği

Literatür kaynaklarında akım, yağışın ve alanın bir fonksiyonu olarak çalışmalarda hesaplanmıştır (Korkmaz, 1988). Bu çalışmada bu ampirik ifadeler kıyaslanarak bir sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. Denklem (4.5) Algıncı vd., 2009 yılında yaptığı çalışmadan uyarlanmış, denklem (4.6)'da yağış ve akım arasında

<sup>47</sup> ArcGIS programı ve MGM verileri kullanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

polinomsal bir ilişki kurulmaya çalışılmış, denklem (4.7)'de ise dördüncü derece gauss dağılımına göre yağış alan, buharlaşma ile ilgili bir denklem uygulanmıştır.

$$Q = f(P, A) \quad (4.4)$$

$$Q = 10^{-4.598} x P^{1.057} A^{0.907} \quad R^2=0,45 \quad (4.5)$$

$$Q = -0,1942(P.A)^3 + 2,64244(PA)^2 + 11,072 \quad R^2=0,59 \quad (4.6)$$

$$Q = a_1 e^{-\left(\frac{PA-b_1}{c_1}\right)^2} + a_2 e^{-\left(\frac{PA-b_2}{c_2}\right)^2} + a_3 e^{-\left(\frac{PA-b_3}{c_3}\right)^2} + a_4 e^{-\left(\frac{PA-b_4}{c_4}\right)^2} \quad R^2=0,928 \quad (4.7)$$

Değerler kalibre edildikten sonra sabit katsayılar aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

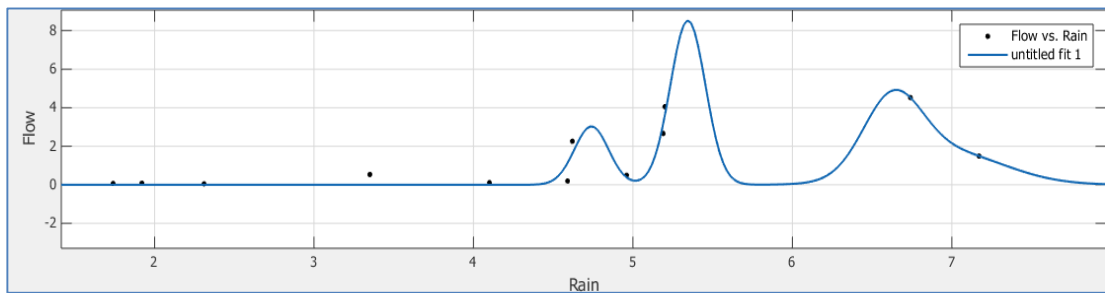
$$a1 = 3,863; b1 = 6,626; c1 = 0,2586 \quad (4.8)$$

$$a2 = 8,534; b2 = 5,345; c2 = 0,1557 \quad (4.9)$$

$$a3 = 3,035; b3 = 4,74; c3 = 0,1512 \quad (4.10)$$

$$a4 = 1,687; b4 = 6,975; c4 = 0,4977 \quad (4.11)$$

Modelin kurulumunda Matlab® programı kullanılarak korelasyon ilişkisi elde edilmiştir. Kurulan modellerden dördüncü derece Gauss dağılımlı modelin akış, yağış ilişkisi yüksek doğruluk payından dolayı seçilmiştir. Söz konusu modelin korelasyon grafiği Grafik 4.3'te gösterilmiştir.

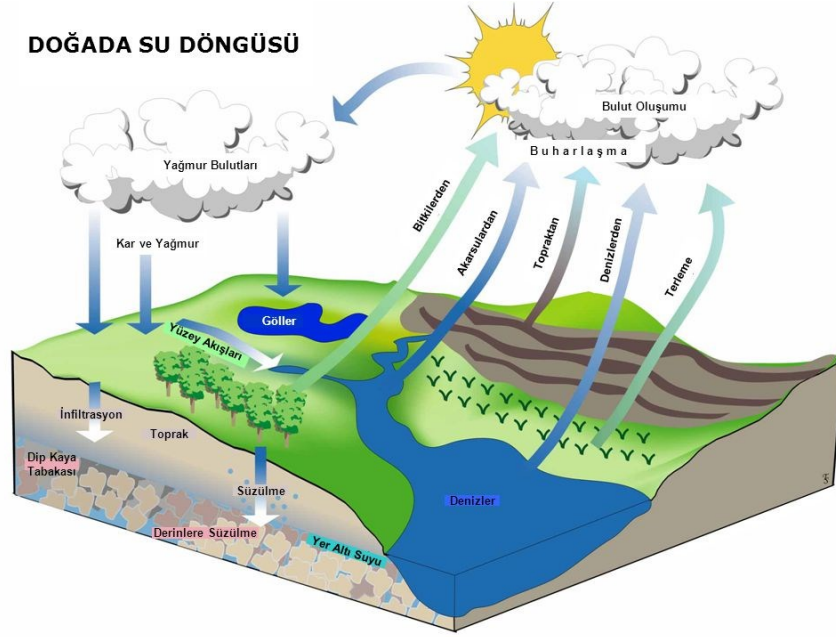


**Grafik 4.3.** Oluşturulan Model ile Yağışın İlişkisi

CBS kullanılarak oluşturulan model sayesinde günlük akış tahmini, ya da eksik alınmış verilerin üretimi yapılabilmektedir. Model yüzde 7'lik ( $R^2=0,93$ ) bir hata ile çalışmakta olup ölçüm yapılamayan alanlar için kabul edilebilir bir seviyededir.



#### 4.5. Yeraltı Suyu Süzülmesinin Hesaplanması

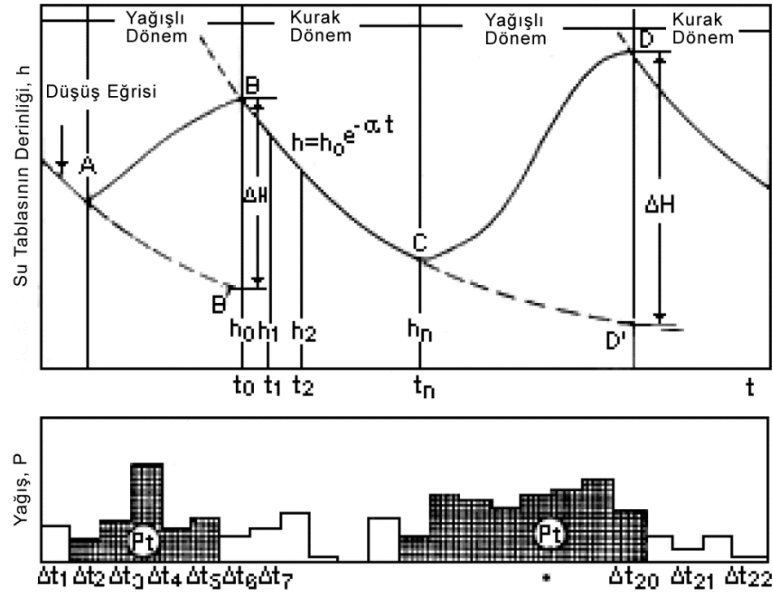


Şekil 4.13. Su Döngüsü

Suyun temel kaynağı olan yağmurlar yağış ile birlikte yerküreye taşınır, bu yağış sonrasında gelen suyun bir kısmı yüzey akışı, bir kısmı buharlaşma ile toprağa işlemeyen bölgeyi terk etmektedir (Şekil 4.13). Süzülme sayesinde yağmurun bir kısmı yeraltı suyuna karışabilmektedir (Korkmaz, 1988). Formülize etmek gerekirse;

$$P = I + S + E \quad (4.12)$$

Burada P yağış miktarını, I süzülme miktarını, S yüzey akışını, E ise Buharlaşmayı temsil etmektedir. Bu eşitlikten yola çıkarak mevsimsel olarak yeraltı sularının seviyesinde dalgalanma olması muhtemeldir. Kurak dönem diye adlandırılan dönemde yağış miktarı azalırken, buharlaşma artmakta bu da yerküredeki su miktarının azalmasına neden olmaktadır. Yağışlı dönemde ise tam tersi gerçekleşmektedir (Adikhari vd., 2013).



Şekil 4.14. Yağışlı Dönemlerde Yeraltısu Değişimi <sup>48</sup>

Korkmaz (1988) tarafından yağış miktarı ile yeraltı suyu seviyesi dalgalanması arasında ilişki kurulmuş ve Şekil 4.14 ve Grafik 4.4 elde edilmiştir. Burada yağışlı dönemden kurak döneme geçerken oluşan eğrinin eğimi üssel fonksiyon ile açıklanmıştır.

$$H = h_0 e^{at} \quad (4.13)$$

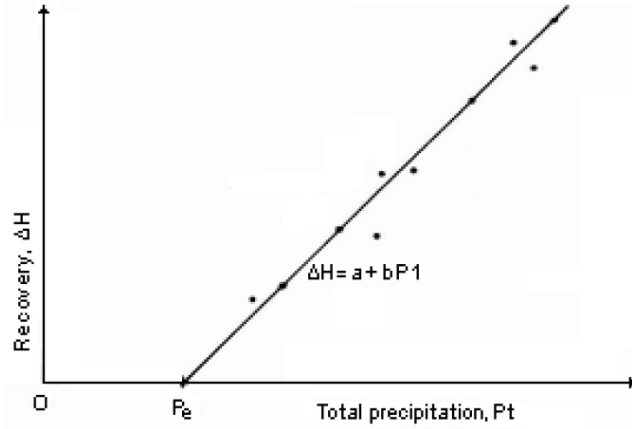
Buradaki H değeri aslında toprağın geçirimsizliği, buharlaşma, toprağın jeolojik yapısı ve taşların geometrisi ile alakalıdır. Bu fonksiyon için birden fazla yaklaşımlar yapılmıştır, ortaya yağışlı dönemdeki toplam yağışın söz konusu yükseklikteki değişimi tetiklediği gerçeği ortaya çıkmıştır. Adikhari ve ark (2013) tarafından yapılan çalışmada yer altı suyunun değişimi ile yağışlı dönem arasında doğrusal bir denklem olduğu belirtilmiştir.

$$\Delta H = a + bP_w \quad (4.14)$$

Burada a,b, sabit sayıları belirtirken,  $P_w$  yağışlı dönemdeki toplam yağış miktarını göstermektedir. Elde edilen grafik ise şekilde gösterilmiştir. Buradaki  $P_e$ , yeraltı suyunda değişime etki etmeyen değeri ifade etmektedir.  $P_s$  ise yer altına süzülen suyu ifade etmektedir (Formül 4.15).

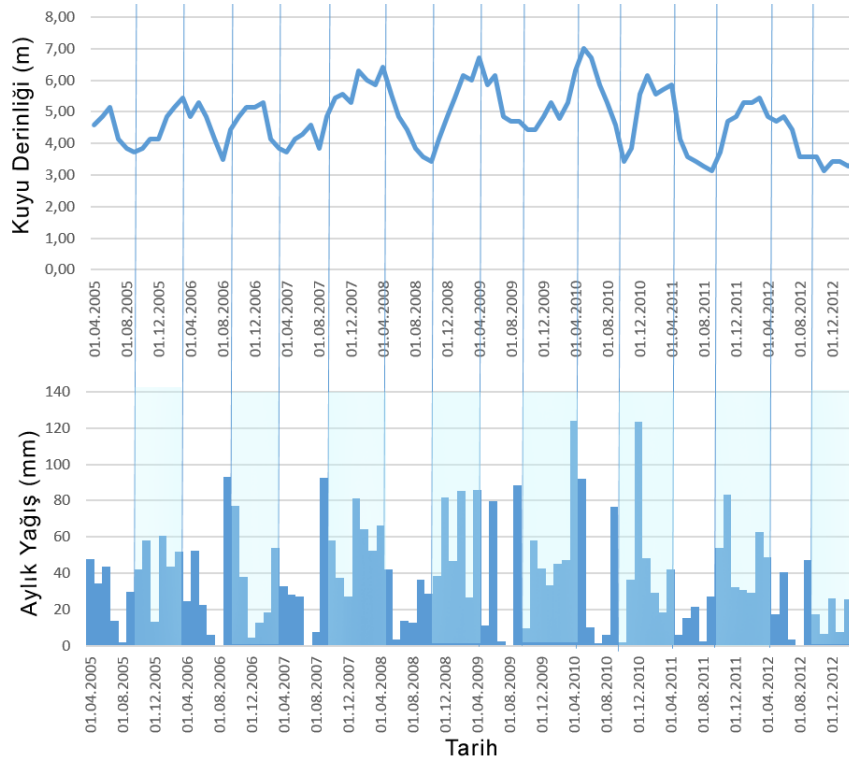
<sup>48</sup> Korkmaz,1988.

$$P_w = P_e + P_s \quad (4.15)$$



**Grafik 4.4.** Toplam Yağış ile Yeraltı Minimum Eğim Ve Maksimum Seviye Arasındaki Fark <sup>49</sup>

Bu çalışma için Afyon merkez ilçesinde de yer almakta olan 726 numaralı DSİ kuyusu ile MGM 2005 – 2013 yılları yağış verileri kullanılmıştır. Grafik 4.5'te kuyu derinliği ile yağışlı ve kurak dönemler arasındaki ilişki gösterilmiştir.

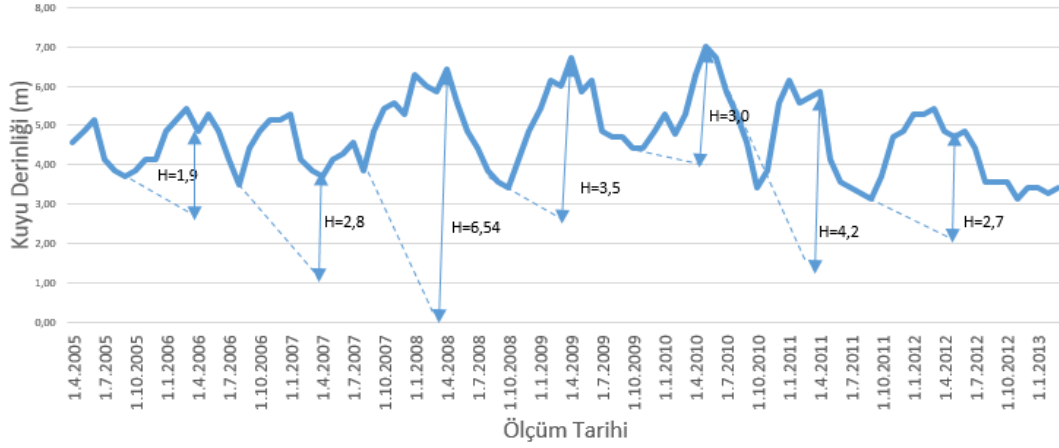


**Grafik 4.5.** DSİ 726 Numaralı Kuyu Seviyesi ve Yağış Arasındaki İlişki <sup>50</sup>

<sup>49</sup> Korkmaz, 1988.

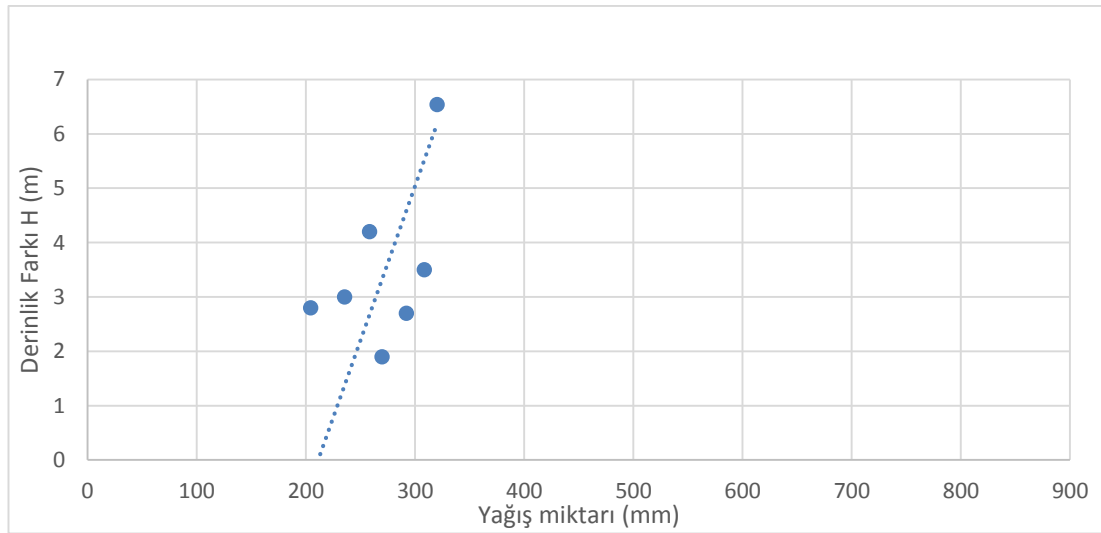
<sup>50</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Hazırlanan çalışmada “Kurak Dönem” olarak Nisan – Eylül arasındaki yağış rejimi, “Yağışlı Dönem” olarak ise Ekim – Mart rejimi seçilmiştir. Korkmaz (1988) çalışmasına göre de yağışlı dönemdeki toplam yağış miktarı ile kuyu seviyesinin değişimi arasında korelasyon kurmak mümkün olabilmektedir. Grafik 4.6’da gösterildiği üzere seviyeler arasındaki farklar hesaplanarak seviye farkı (H) elde edilmiştir.



**Grafik 4.6.** Yıllara Göre 726 Numaralı Kuyu Seviye Farkının Hesabı <sup>51</sup>

Her yağışlı dönem ve kuyu derinliği arasında Denklem (4.14)’e göre ilişki kurularak formülde yer almakta olan a ve b sabit sayıları bulunmuştur.



**Grafik 4.7.** Korkmaz (1988)’e göre Oluşturulan Ampirik Denklem ile Gerçek Değerlerin Kıyaslanması

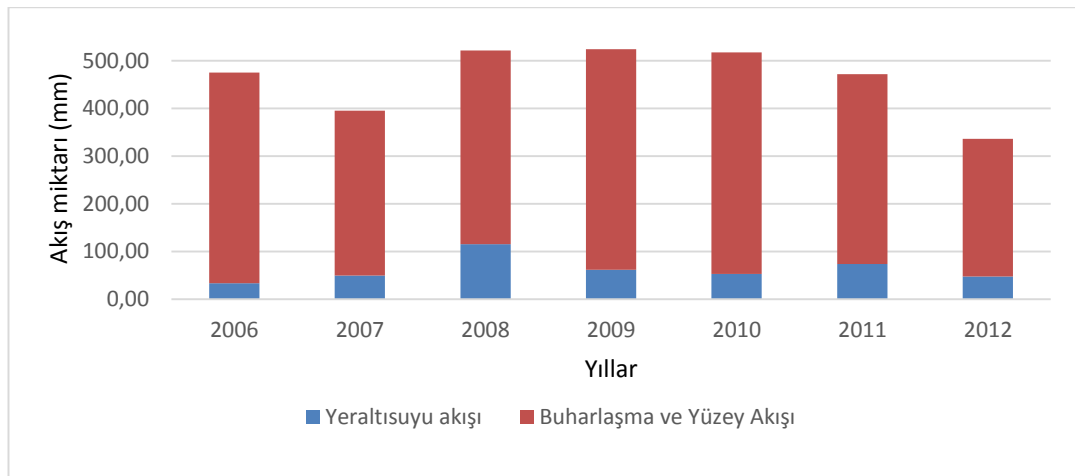
<sup>51</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Kurulan korelasyona göre Pe değeri 211,26 bulunmuştur (Grafik 4.7). Regresyon denklemi ise  $0,82 R^2$  değeri ile  $H = -12 + 0,0568P_w$  bulunmuştur. Daha sonra Denklem (4.15)'den yeraltı suyu hesaplanarak, Buharlaşma ve yüzey akış değerleri bulunmuş ve Tablo 4.4'te gösterilmiştir. Yıllara göre dağılımı ise Grafik 4.8'de ifade edilmiştir.

**Tablo 4.4.** Model Tarafından Hesaplanan Yıllara Göre Süzülme Miktarı<sup>52</sup>

Yıllar	Yağış	H	P yağışlı dönem	Yeraltı akışı	Buharlaşma ve Yüzey Akışı
2006	475,00	1,90	244,72	33,46	441,54
2007	395,00	2,80	260,56	49,30	345,70
2008	521,00	6,54	326,41	115,15	405,85
2009	524,00	3,50	272,89	61,63	462,37
2010	517,10	3,00	264,08	52,82	464,28
2011	471,40	4,20	285,21	73,95	397,45
2012	336,30	2,70	258,80	47,54	288,76

Bu çalışmanın amacı bir sonraki bölümde yapılacak olan CBS ile ileriye yönelik tahminde karar destek sistemi olarak kullanılması için kavramsal altlık oluşturulmasıdır. Daha önce yapılan çalışmalar (Korkmaz, 1988; Adikhari, 2013) ve bu çalışma göstermiştir ki basit model kullanılarak yeraltı akış miktarı, yağışa bağlı olarak tahmin edilebilmektedir. Çalışmaya göre Afyon ili yer altı suyu akış miktarı 2008 yılında 115 mm seviyesinde iken yıllık ortalama 62 mm civarındadır.



**Grafik 4.8.** Yeraltı Suyu Akışı ve Buharlaşma, Yüzey Akışı Grafığı

<sup>52</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur.

#### 4.6. Coğrafi Bilgi Sistemi ile Yeraltı Suyu Seviyesinin Modellenmesi

Son yıllarda Akarçay havzasında sanayi ve tarımsal faaliyetlerin artmasına paralel olarak nüfusun da artması ve yüzey suyu kaynaklarında meydana gelen kirlilik ve kuraklık gibi sorunlar nedeniyle yeraltı suyu kullanımı sürekli artmaktadır. Bu çalışmada, hassas alanlar belirlenerek, uygun kalite ve miktardaki su gereksiniminin karşılanabilmesi amacıyla sürdürülebilir yeraltı suyu kullanımının sağlanabilmesi hedeflenmiştir. Hassas alanların belirlenebilmesi amacıyla, interpolasyon işlemi uygulanarak, minimum ve maksimum yağışlı dönemler için yeraltı suyu seviyesi haritaları oluşturularak seviye değişimi izlenmiştir. Hassas alan tespiti ise gözlenen seviye değişiminin en yoğun olduğu bölgeler gözlemlenerek yapılmıştır.

Ölçülmüş (örneklenmiş) noktaların değerlerinden faydalanarak ölçülmemiş (örneklenmemiş) noktaların kestirimi mekansal ara değer kestirimidir (Yaprak vd., 2008). Söz konusu kestirim, doğal olgu ya da tabiat olaylarını (yükseklik, sıcaklık ve benzeri) temsil eden vektör noktaların ya da eşdeğer çizgilerini örneklenen noktaların yakınından ya da üzerinden geçen bir fonksiyon kullanarak sürekli yüzeye dönüştürür (Aktaş vd., 2013). Kriging, raster görünümüne dönüştüren birçok farklı fonksiyondan biri olup konumsal tahmin için kullanılan geoistatistiksel bir yöntemdir. Bu yöntem en iyi doğrusal yansız hesaplayıcı (best linear unbiased estimator) olarak tanımlanarak matematiksel jeodezide kollakasyon olarak bilinir (İnal vd., 2003). Verilerin, kestirimden kaynaklanan hataların en aza indirilebilmesi için normal dağılımlı olması gerekmektedir (Dikici, 2001).

Yeraltı suyu seviyelerinin konumsal dağılımının değerlendirilmesinde; histogram, eğilim yüzdeleri (*trend*) analizi, yarıvariogram ve kovaryans grafikleri ve yersel dağılım haritası kullanılmaktadır. Histogram, ölçülmüş noktaların hangi sıklıkta dağıldığını gösterirken eğilim yüzdeleri (*trend*) analizi verilerin üç boyutlu görünümünü sağlamaktadır (Johnson vd. 2001, Gündoğdu 2004). Yarıvariogram (*semivariogram*) fonksiyonu ile bölgesel değişkenlerin uzaklığa bağlı değişimi belirlenir. Bahse konu fonksiyon birbirlerinden  $h$  kadar uzaktaki iki değişken arasındaki farkın varyansı olarak tanımlanır (Yeşilkanat vd., 2014). Yarıvariogramın doğru bir şekilde hesaplanabilmesi, konumu ve ilgili değerleri bilinen nokta sayısının

en az otuz (30) adet olmasıyla mümkün olmakla birlikte bu sayı bazı araştırmacılara göre yüz (100) ila ikiyüz (200) arasında değişmektedir (Yaprak vd., 2008).

Klasik istatistik teoreminde kullanılan ağırlıklı ortalama yöntemine benzer bir şekilde yakındaki noktalardan daha fazla etkilenmeyi sağlayan ağırlık modeli kullanan kring yönteminin genel eşitliği (Yeşilkanat vd., 2014).;

$$Z(X_0) = \sum_{i=0}^N W_i x Z(x_i) \quad (4.16)$$

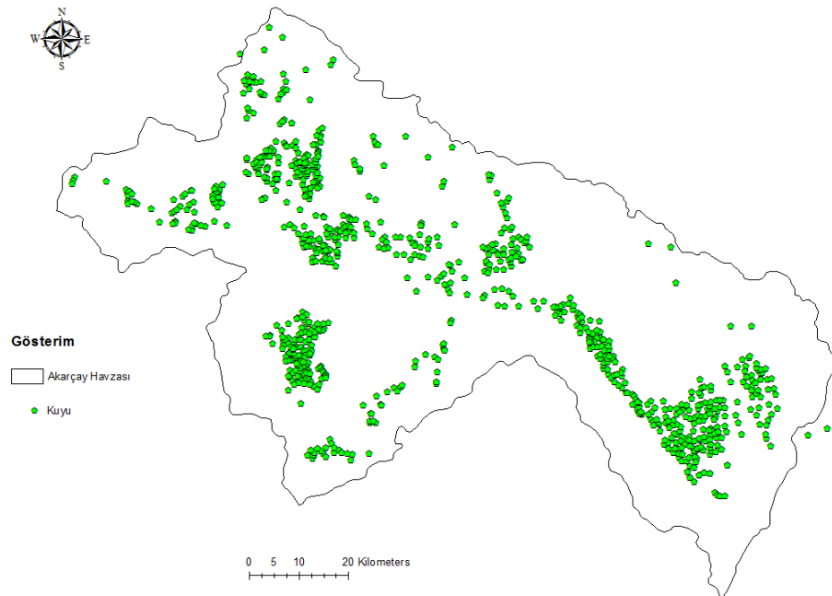
$Z(x_0)$  =  $x_0$  noktasında bilinmeyen, tahmin edilen  $Z$  değeri,

$W_i$  =  $Z(x_0)$ 'nin hesabında kullanılan her bir  $Z(x_i)$  ye karşılık ağırlık değerleri,

$Z(x_i)$  =  $Z(x_0)$ 'ın tahmin edilmesinde kullanılan deneysel veriler,

$N$  =  $Z(x_0)$ 'nin hesabında kullanılan nokta sayısıdır.

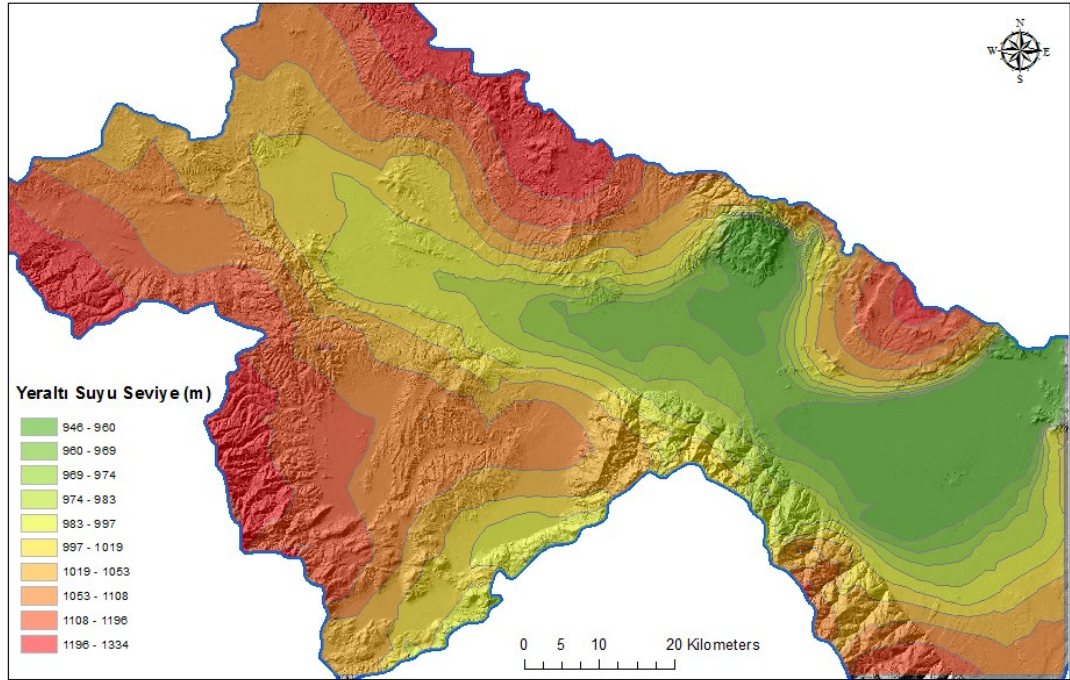
Bu çalışmada kullanılan sıradan Kriging (ordinary Kriging) yönteminde konumsal rastsal alan, ortalamalarının sabit olduğu varsayılarak kestirim yansız (unbiasnedness) bir şekilde yapılır. Bu bağlamda tahmin hatalarının ortalamasının (the mean of estimation error)  $E[ Z(x_i) - Z(x_0) ] = 0$ , tahmin hatalarının varyansının  $Var[ Z(x_i) - Z(x_0) ] = \text{Min.}$  olma koşulunu sağlaması gerekmektedir. Aynı zamanda ağırlıkların toplamının  $( \sum_{n=1}^{\infty} W_i = 1 )$  1'e eşit olması gerekmektedir.



**Şekil 4.15.** Akarçay Havzasında Yer Almakta Olan Kuyular <sup>53</sup>

<sup>53</sup> DSİ, 2013.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün "Afyon-Akarçay Havzası Yeraltı suyu Planlaması Hidrojeolojik Etüdüleri" projesi kapsamında toplanmış Şekil 4.15'te gösterilen 2011, 2012, 2013 yıllarına ve dokuzyüz adet (900) kuyuya ait derinlik verileri ArcGIS 10.2 yazılımının " Jeostatistiksel Analiz (*Geostatistical Analyst*)" modülü kullanılarak değerlendirilmiştir. CBS'nin mekânsal ara değer kestirimi (ADK) yöntemi olan Sıradan Kriging (*Ordinary Kriging*) enterpolasyon yöntemi uygulanarak CBS yer altı suyu yüzey modeli oluşturulmuş, ölçümü alınamamış, ya da hiçbir verisi bulunmayan noktaların verisi üretilmiştir. Bu bağlamda planlama sürecinde anlamlı bilgiler içeren karar destek elemanları elde edilmiştir. Şekil 4.16'da mevcut verilerin ortalaması alınarak ortalama yeraltı suyu haritası çıkartılmıştır.



Şekil 4.16. Akarçay Havzasında Hesaplanan Yeraltı Suyu Haritası <sup>54</sup>

#### 4.6.1. Yeraltı Su Seviye Tahmin Modeli

Adikhari ve ark. (2013) ve Korkmaz (1988)'in kullandığı enterpolasyon modeli hem uygulama hem de veri azlığı açısından CBS'nin karar destek verici olarak nasıl kullanılacağını göstermektedir. Söz konusu model yağış ve yeraltı suyu seviyesindeki doğrusal ilişki sebebiyle burada uygulanabilmektedir.

<sup>54</sup> DSİ verileri kullanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.



$$\Delta H = a + bP \quad (4.17)$$

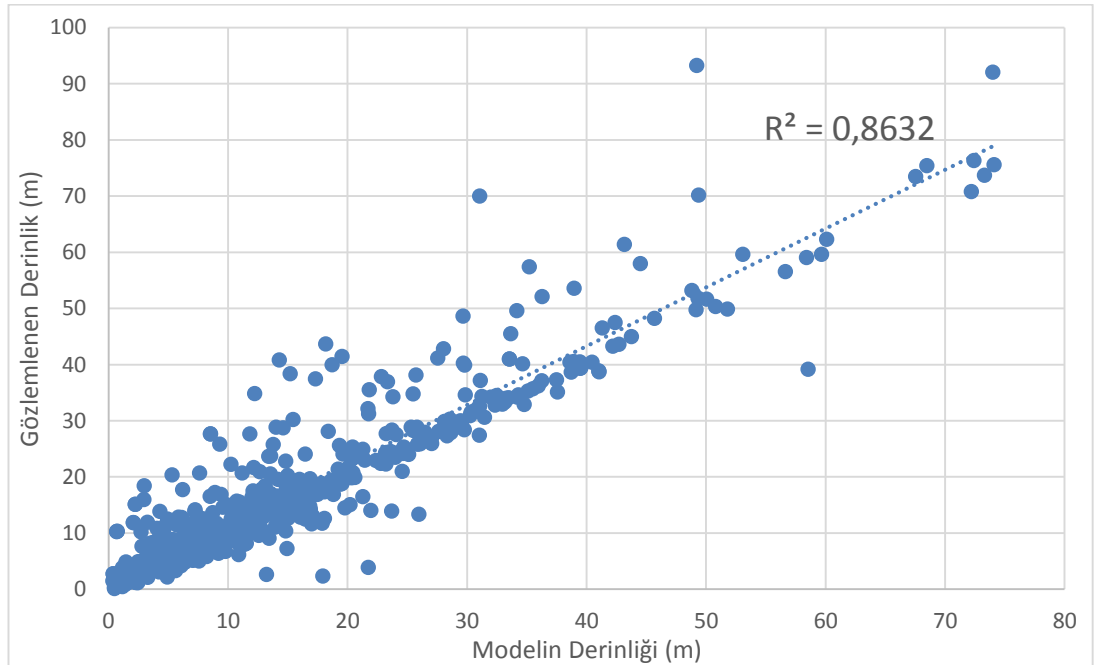
Burada H kuyunun derinliğini ifade ederken, P yağış miktarını, a ve b ise sabit rakamları ifade etmektedir.

#### 4.6.1.1. Model Kurulumu

İlk olarak 900 adet kuyu noktası pürüzsüzleştirilerek hatalı olan ya da olağan dışı gözükten verilerin bir kısmı elimine edilerek, kuyu sayısı 600 âdete kadar indirgenmiştir. Kuyu verilerinin normal dağılıma uygunluğu kontrol edilerek logaritma dönüşümü yardımıyla normal hale getirilmişlerdir. Eylül 2012 ve Nisan 2013 kuyu verileri minimum ve maksimum yağışlı dönemlere göre ayrılıp kullanılarak her bir kuyu için a ve b değişkenleri bulunmuştur.

#### 4.6.1.2. Model Kalibrasyonu

Modelin kalibrasyonu amacıyla Nisan 2012 yağışlı dönemine ait toplam yağış değerleri modele girilmiştir. Modelin ürettiği yeraltı suyu derinliği ile gerçek sonuç kıyaslanarak Grafik 4.9 elde edilmiştir. Söz konusu grafikte X eksenini gerçek verileri gösterirken, Y eksenini model tarafından hesaplanmış değerleri göstermektedir.



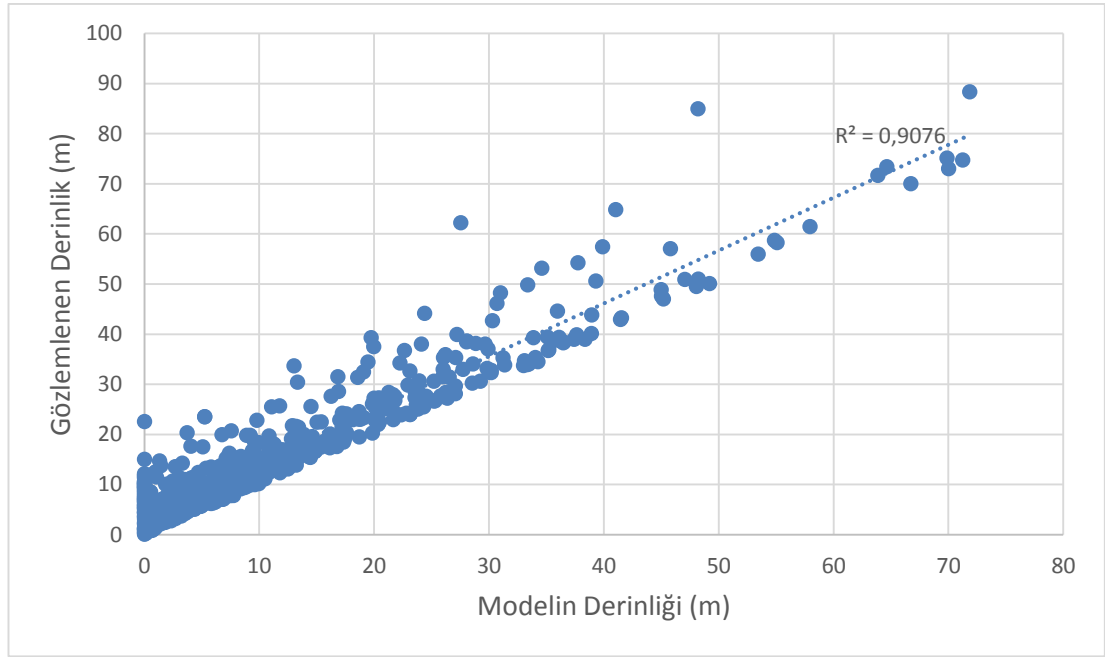
**Grafik 4.9. Model Kalibrasyonu**<sup>55</sup>

<sup>55</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Model yüzde 86 doğruluk payı ile Nisan ayı değerlerini tahmin edebilmektedir. Ancak modelin daha doğru sonuçlar verebilmesi adına formül (4.17)'de yer almakta olan a ve b değişkenleri Nisan 2012 verilerine göre kalibre edilerek yeni a ve b değişkenleri bulunmuştur.

#### 4.6.1.3. Model Validasyonu

Model'in kalibrasyonu yapıldıktan sonra sonuçlarını test etmek amacıyla Eylül 2011 ve Nisan 2012 toplam yağış verileri ile model test edilmiştir.



**Grafik 4.10.** Model Validasyonu <sup>56</sup>

Söz konusu model yağışlı periyotlarda daha tutarlı sonuçlar vermekte, yağışın az olduğu dönemlerde ise bölge için yüzde 90 ( $R^2$ ) ile sonuçlar vermektedir. Ancak model kısa süreli veriler kullanılarak hazırlandığından dolayı uzun süreli tahminler yapamamaktadır. Model basit olarak tasarlanmış, mevcut durumdan bir sonraki dönem için yorum yapabilme kabiliyetine sahiptir.

#### 4.6.2. Geleceğe Yönelik Tahmin Senaryoları

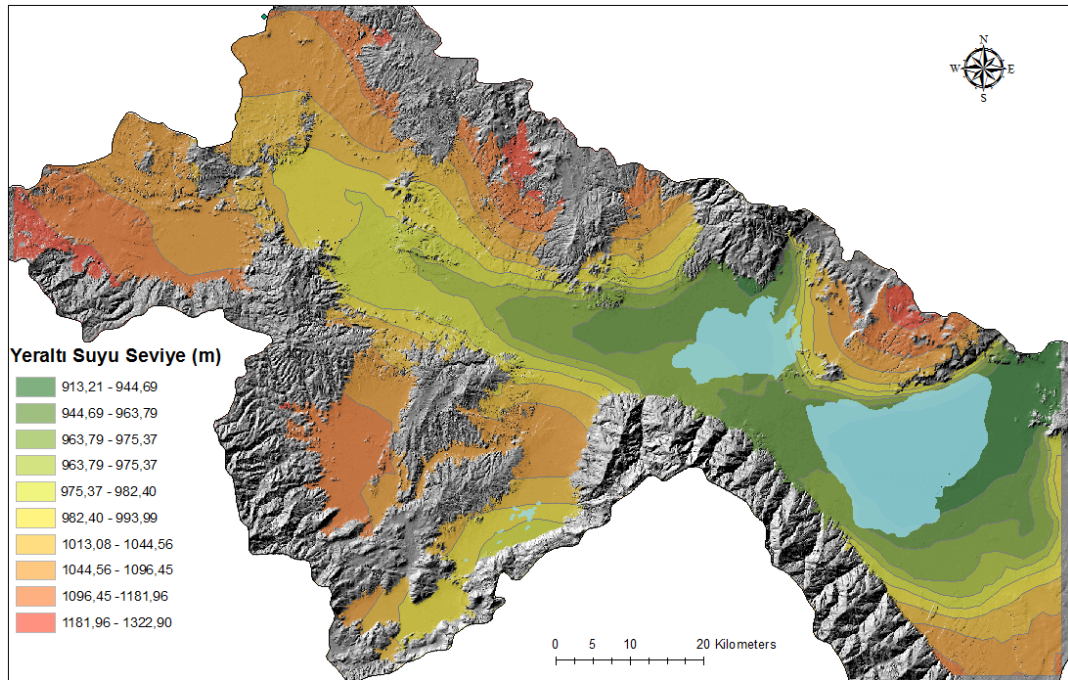
Bir önceki bölümde oluşturulan model, yağışlı ve yağışın az olduğu dönemlerdeki (6 aylık) toplam yağış miktarına göre tahmin yapabilmektedir. Söz

<sup>56</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur

konusu modele Akarçay havzasının ortalama miktarının altında ve üstünde bir yağış durumunda yeraltı suyunun nasıl davranacağını hesaplamak için model CBS ortamında çalıştırılarak minimum ve maksimum yağışlı dönem senaryoları ile yağışa hassas bölgeler elde edilmiştir.

#### 4.6.2.1. Minimum Yağışlı Dönem Senaryosu

Akarçay havzasının yıllık yağış ortalaması 450 mm civarında olup, 6 aylık dönem değerlendirmeye alınacak olursa yağış ortalamasının 225 mm olması beklenmektedir. Bu sebeple, minimum yağışlı dönem senaryosu için söz konusu ortalamanın altında olan Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından 1974 yılında 17.190 nolu istasyon ile kaydedilen 86,8 mm yağış miktarı baz alınarak CBS ortamında Akarçay havzası yeraltı suyu minimum yağışlı dönem haritası çıkartılmıştır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Akarçay Havzası Kurak Dönem Tahmini Yeraltı Suyu Seviyesi<sup>57</sup>

Oluşturulan haritalara göre Akarçay havzasının yeraltı suyu seviyesi 913 m ile 1322 m arasında değişirken kuyu derinlik seviyeleri 0,15 m ile 107 m arasında değişmektedir. Dinar Kumalar Dağı, Şuhut Ovasının Kuzey Batı kısmında yer alan

<sup>57</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur.

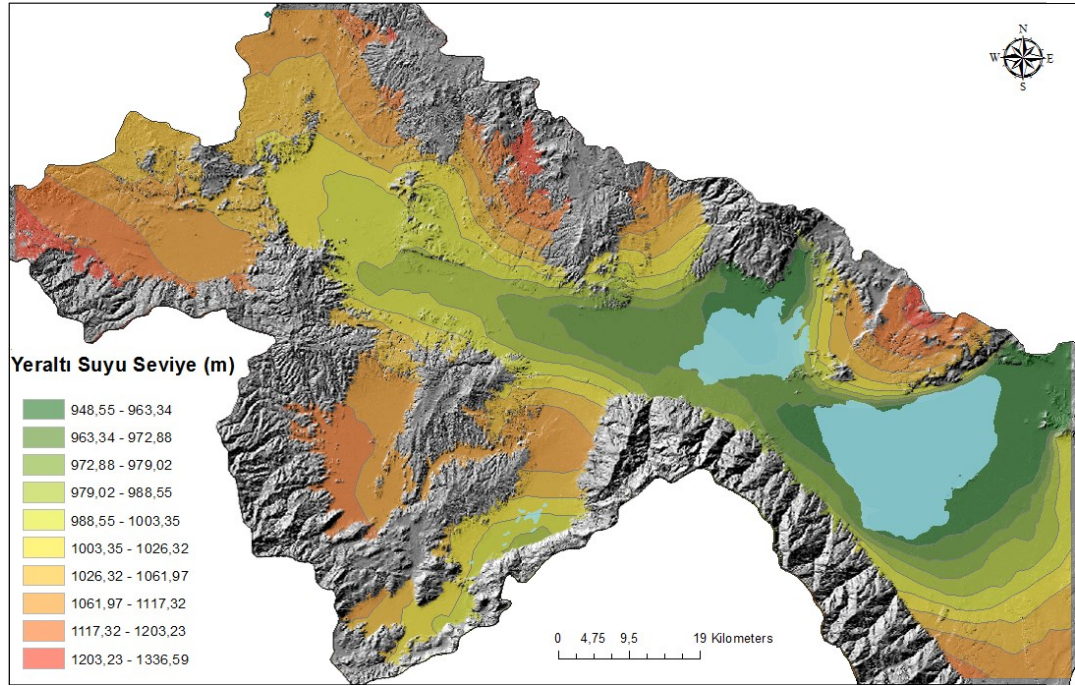




seviyelerinin her iki haritada 1100 m ile 1060 m arasında değiştiği, Afyon Ovasında yer alan Afyonkarahisar ili ve çevresindeki yerleşimlerin yeraltı suyu seviyesinin ise 990 m ile 980 m arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bolvadin, Çay ve Eber ilçelerinde ise her iki haritada da benzer şekilde yeraltı suyu seviyelerinin 980 m ile 960 m arasında, Akşehir Ovasında yer almakta olan Konya ilinin Akşehir ilçesine bağlı Engili ve Reis yerleşimlerinde ise yeraltı suyu seviyesinin 1040 m -1020 m arasında değiştiği görölmektedir. Bu sonuçlar oluşturulan modelin tutarlı tahminler verebildiğini ortaya koymaktadır.

#### 4.6.2.2. Maksimum Yağışlı Dönem Senaryosu

Maksimum yağışlı dönem senaryosunda ise 6 aylık dönem yağış miktarı olarak, ortalamanın çok üzerinde olan Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından 2002 yılında 17.190 nolu istasyon tarafından kaydedilen 353,5 mm yağış miktarı baz alınarak bölgenin yeraltı suyu seviyesi hesaplanmıştır.



şekil 4.19. Akarçay Havzası Yağışlı Dönem Tahmini Yeraltı Suyu Seviyesi<sup>60</sup>

Oluşturulan modele göre yeraltı suyu seviyesi 946 m ile 1337 m arasında değişmekte olup buna bağlı olarak kuyu derinlik seviyesi 0 m–71 m arasında

<sup>60</sup> Yazar tarafından oluşturulmuştur











iki haritada da 1 m – 4 m arasında değiştiği, Konya ili sınırları içerisinde bulunan Akşehir Ovasında Tuzlukçu, Yazla, Altuntaş, Doğruöz, Engili yerleşimlerinde ise yeraltısuyu değişimlerinin 5 m ile 20 m arasında değiştiği gözlemlenmektedir.

Ülkemiz yarı kurak bir iklim kuşağında yer almakta olup, yakın bir gelecekte iklim değişikliğinin şiddetini, bugünkünden çok daha fazla hissedeceği tahmin edilmektedir. Yeraltı suyu kaynakları üzerinde söz konusu iklim değişikliğinin oluşturduğu baskıyı azaltmak için, öncelikle suyun en fazla kullanıldığı tarım sektöründe gereken tedbirler alınmalıdır.

Akarçay havzasının arazi kullanım haritası incelendiğinde Havzanın topografik olarak düz alanlarının olan, şuhut Ovası, Bolvadin Ovası, Sincanlı Ovası'sının güney kesiminde tarımsal faaliyetlerin yapıldığı göze çarpmaktadır. Bu kapsamda, söz konusu alanlar aynı zamanda yeraltı suyu seviyesi olarak hassas bir bölge olduğundan dolayı öncelikle tarımsal faaliyetlerin olumsuz etkilerinin önlenmesi amacıyla çiftçilerin eğitilmesi ve bilgilendirilmesi önem arz etmektedir.

Kuyu suyu seviyesi yüksek olan ve toprak yapısı geçirgen olan ovalarda, kullanılan tarım ilaçlarının doğal şartlarda parçalanabilir olması ve canlılarda uzun süreli birikim yapmaması gerekmektedir. Gübrelemede gerekli hesap ve miktarlar detaylı olarak belirlenmelidir. Entegre havza yönetimi kapsamında yeraltı suyu potansiyeline dayalı ürün planlamasının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu çerçevede, yeraltı suyu seviyesinde en çok değişiklik yaşanan yerlerde aşırı su tüketen bitkilere teşvik verilmeyip az su tüketen bitkiler desteklenmelidir.

Arazi toplulaştırılması yapılarak yürütülecek sulama projelerinde tarımsal üretim artışı ve ekonomik fayda sağlanabilir. Yeraltı suyunun kirlenmesine engel olabilmek amacıyla tehlikeli ve zararlı maddelerin kullanıldığı çalışmalarda kaza ihtimali göz önüne alınarak tedbir alınması ve yasal olmayan su kullanımının engellenmesi gerekmektedir.

Deprem, yanlış arazi kullanımıyla telafisi imkânsız zararlara yol açmakta ve afet halini almaktadır. Yerleşme yerlerinin yeraltı suyu seviyesinin yüzeye yakın olduğu ovalarda kurulması büyük bir risk meydana getirmektedir. Dolayısıyla

Akarçay havzasında ovalara kurulan yerleşimler yeraltı suyu seviyesinde yüksekliğinin etkisiyle deprem riski altındadır.

Yeraltı suyunun aşırı kullanılması, boşluk suyu basıncının değişmesine neden olduğu için toprak kayması ve erozyon riskini arttırmaktadır.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, CBS'nin karar destek mekanizması olarak sağlayabileceği faydayı göstermek adına basit ama faydalı modeller kullanılmıştır. Yapılan uygulamalar aşağıda özetlenmiştir:

- Örnek arazi olarak seçilen, Akarçay havzası CBS ve uzaktan algılama teknolojileri kullanılarak morfolojik özellikleri belirlenerek hidrolojik modellemesi yapılmıştır.
- Daha sonra, Akarçay havzasının alt havzalarından biri seçilerek havzadaki akış sayısal yükseklik modelinden elde edilen yükseklik değerleri ve yağış verileri kullanılarak yüzde 7 hata oranıyla belirlenmiştir. Söz konusu çalışma, veri eksikliği ve dağlık arazi gibi ulaşılması güç arazi koşulları olduğunda uygulanabilmektedir.
- Üçüncü çalışmada ise, kuyu seviyeleri kullanılarak jeostatik tekniklerinden biri olan Kriging yöntemiyle, tüm havzanın yeraltı suyu yüzey haritası ArcGIS yazılımı kullanılarak yüzde 0,1 hata oranı ile elde edilmiştir.
- Dördüncü çalışmada literatür taranarak yağış ve yeraltı suyu ilişkisine dair ampirik formüller bulunmuş bu formüllere göre Akarçay havzasına özel yağışa bağlı süzülme (*infiltration*) formülü ortaya çıkartılarak 2006-2012 yıllarına ait süzülme miktarları hesaplanmıştır.
- Son çalışmada ise, havzada yer almakta olan 2011-2013 yıllarına ait 900 (dokuz yüz) adet kuyu verileri ile literatür çalışmaları derlenerek yağışa bağlı yeraltı suyu seviyesi modeli ortaya konmuştur. Söz konusu model ile yağışlı ve kurak dönemlerdeki su seviyesi tahmin edilmiş bu iki dönem kıyaslanarak yağışa göre en hassas bölgeler belirlenmiştir.

Bu çalışma ile coğrafi bilgi sistemi gibi dünyada kabul görmüş bir sistemin ülkemizde de kolay şekilde uygulanabileceğini ve Türkiye'de yatırım planlaması konusunda böyle bir sistemin kolaylık sağlayacağını gösterilmesi hedeflenmiştir. Aynı zamanda, entegre havza yönetiminin Türkiye'de sağlıklı bir şekilde uygulanabilmesi için çağın gereksinimlerini karşılamak üzere, coğrafi bilgi sistemi ve uzaktan algılama teknolojilerinin kullanılarak karar vericilere yardımcı olabilecek, bilimsel verilerle desteklenmiş bir "karar destek sistemi" ihtiyacı bulunduğu gözler önüne serilmiştir.

Çalışma sırasında oluşturulan model ve haritalarda yaşanan en büyük sıkıntılardan biri de yeterli verinin elde edilemeyişidir. Bu sebeple çalışmada kapsamlı modeller yerine basit modeller tercih edilmiştir. Bunun temel sebebi Türkiye’de izleme ve değerlendirme sisteminin yeteri kadar iyi çalışmamasıdır. İlgili kurumlarda izleme ve değerlendirme biriminin olmaması, su kaynakları ve havzalarına ilişkin bir veri tabanı olmaması, su kaynaklarına ilişkin güncel ve sistematik veri eksikliği, verilerin merkezde toplanması, yerel düzeyde yeterli veri bulunmaması, su kalitesi ile ilgili yeterli verinin olmaması, su kaynaklarına yönelik düzenli ve sistematik bir izleme değerlendirme biriminin bulunmaması, ilgili kuruluşlarda ortak veri tabanı ve bilgi akışının bulunmaması sebebiyle bazı veriler ampirik formüller ile hesaplanarak elde edilmiştir. Bu sebeple Türkiye’de CBS tabanlı planlama ve yönetimin işletilebilmesi amacıyla görevli kurumlarda düzenli veri üretebilen izleme ve değerlendirme sistemi kurulumu ihtiyacı bulunduğu tespit edilmiştir.

Hâlihazırda Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından CBS tabanlı çalışmalar yürütülmekte olup, bunların sayısı günden güne artmaktadır. Çalışma’da uygulanan örneklerin yüksek seviyede doğruluk derecesi göstermektedir ki, söz konusu CBS çalışmaları planlamada ortaya çıkabilecek hataları minimize etmektedir. Ayrıca CBS araçları ile eksik veri tamamlamaları uygulanarak, yapılacak planlamanın daha doğru sonuçlar vermesi sağlanmaktadır.

Türkiye’de bilgi sistemleri son yıllarda önem kazanmaktadır. Birçok kamu ve özel kurum bu konularda birbirinden bağımsız çalışmalar yapmaktadır. Ancak asıl ihtiyaç olan belirli standartlara sahip ortak bir sistemin kurulumu gerekliliğidir. Türkiye şartlarında uygulanacak olan Entegre Yönetim sistemi ile ekonomik ve sosyal anlamda çıkar sağlanacağı aşikârdır. CBS destekli Entegre Havza Yönetimi sayesinde, havzaların sürdürülebilir kullanımı ve korunması amaçlı etkili ve düzenli koordinasyon sağlanmış olacaktır.

## 6. ÖNERİLER

Bu bölümde çalışma boyunca yapılan araştırmalar ve karşılaşılan sorunlar ele alınarak yazar tarafından söz konusu sıkıntıların giderimi adına öneriler yapılmıştır.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından ortaya konulan Havza Koruma Eylem Planları, Havza Yönetim Planları ve Ulusal Su Bilgi Sistemi bu amaca hizmet edecek çalışmalardır. Karşılaşılan sorunların kapsamı ve boyutu çeşitlendikçe su kaynaklarının yönetimi günümüzde daha karmaşık hale gelmektedir. Geçmişte nerede, ne kadar su bulunduğuna cevap aranırken, günümüzde suyun miktarı ve kalitesi de ele alınarak “çevre” olgusu içinde değerlendirilmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Çevre, su, hava ve toprak gibi doğal kaynaklar açısından bir bütün oluşturmakta; dolayısıyla bir kaynağa yapılan müdahale diğerlerini de etkilemektedir. Bu çerçevede kaynak yönetiminin havza bazında ve diğer doğal kaynaklarla “entegre” biçimde gerçekleştirilmesi su kaynakları açısından günümüzde gelişen yaklaşımlardan biridir. Havzanın yalnızca su miktarı değil, tüm yönleri ve kaynakları ile tanınması ve daha tutarlı yönetim kararlarının verilmesi entegre havza yönetiminin temel amaçlarından (Harmancıoğlu ve ark., 2002). Bu sebeple söz konusu çalışmaların geliştirilmesi ve diğer kamu kurumlarının bu çalışmalara entegre edilerek planların bu entegrasyona göre revize edilmesi oluşturulacak yol haritaları için önem arz etmektedir.

Entegre Havza Yönetimi (EHY); havza içerisindeki sosyal, politik, ekonomik ve kurumsal faktörlerin varlığını da hesaba katarak havzadaki doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını sağlamak amacı ile her türlü faaliyetin koordineli olarak planlanması, yönetimi ve uygulanması işlemidir (TMMOB, 2009). Uygulanacak CBS tabanlı modeller ve uydu görüntüleri ile masraflı ve zaman alan arazi çalışmaları yerine bilgisayar yazılımları kullanılarak daha kısa sürede, hata oranı düşük güvenilir ve etkin bir çalışma ortaya konulabilecektir. CBS'nin sağladığı en büyük fayda çevre gibi etkileşim içinde olan yapıları doğru şekilde modelleyerek milyonlarca liranın yanlış yatırımlara gitmesine engel olmasıdır. Örnek vermek gerekirse, belediyeler tarafından yapılmış olan bazı atıksu arıtma tesisleri planlanmadan yapılarak yoğun yağış zamanlarında sele maruz kalmış ve kullanılamaz hale gelmiştir.

Türkiye şartlarında havzalarda çalışan farklı kurumların veri tabanları ve izleme-değerlendirme sistemleri arasındaki bağlantıların ve entegrasyonun geliştirilmesi suretiyle havza düzeyinde konumsal ve konumsal olmayan tüm verilerin barındırılacağı / entegre edileceği, mekânsal ve coğrafi analiz ve karar destek sistemlerinin bulunduğu bir CBS yapısı ihtiyacı bulunmaktadır (OSİB, 2014). Bu verilerin belirli bir standarda oturtularak, belirli aralıklarla ve sürekli güncellenmesi gerekliliği mevzuatlarla düzenlenmesi önem arz etmektedir. Hazırlanan bu veri setleri ülke veya kurum ihtiyaçlarına göre çeşitli modeller veya araçlar ile karar destek mekanizması olarak kullanılmalıdır.

Stratejik, yaşamsal ve ekonomik olarak büyük önem teşkil eden “su” konusu, sadece kanun hükmünün yetkilendirilmiş kamu kurum ve kuruluşları ile değil tüm ulusal ve yerel ölçekte faaliyet gösteren tüm kurum ve kuruluşlar, özel sektör katılımcılarının destekleriyle birlikte Türkiye şartları ve gerçekleri göz önüne alınarak, Ulusal Su Bilgi Sisteminin kurulması elzemdir. Söz konusu sistemin, içerik ve standartı tüm kullanıcıların ihtiyacına cevap verebilebilecek şekilde etkin bir paylaşım yapabilmelidir. Ancak bu sistemin kurulumu sırasında bazı sıkıntılar yaşanmaktadır. Bunların başında kurumsal karmaşıklık problemi gelmektedir. Geçmişte bir havzada söz sahibi olan kurum sayısı az iken, bugün aktörlerin sayısı ve türü de gelişmiştir. Bu aktörler arasında resmi kurum ve kuruluşlar, özel kurumlar, sivil toplum örgütleri, çok çeşitli su kullanıcıları ve karar verici merciler bulunmakta; aktörler arası ilişkiler de son derece karmaşık olabilmektedir. Zira, çok kurumluluk, çok amaç ve hedef, çok çeşitli yetki ve sorumluluğu da içermektedir. Bu durumda çoğu zaman eski aktörlere yeni roller de düşmektedir. Sonuçta karar vericilerin, havza yönetiminde çok sayıda performans ölçütünü de değerlendirmeleri gereklidir. Bu da uygulanacak olan sistemin kurulumunu zorlaştırmaktadır ( Harmancıoğlu ve ark., 2002). Türkiye'nin su yönetimi konusunda yasal ve kurumsal çerçevede AB gereklerini karşılayabilmesi için önemli kurumsal ve yasal düzenlemeler gerekmektedir. (Bu düzenlemeler; devlet kurumları arasında koordinasyon ve işbirliği, yetki ve sorumlulukların bölge düzeyine aktarımı (nehir havza bölgeleri), su kütleleri ve kullanıcılarına odaklı entegre su yönetimi yaklaşımı, bilgi paylaşımı ve dağıtımı, kamuoyu danışmanlığı ve paydaş katılımı, ekonomik teşvik ve önlemler, olarak sıralanabilir.

Coğrafi veri üretimi, paylaşımı ve karar destek mekanizmasında kullanımı süreçlerine dair ortak politikaların belirlenmesi gerekmektedir. İhtiyaç duyulan yasal düzenlemelerin hayata geçirilmesi ve bu politikalarla uyumlu eylem planları hazırlanarak uyumlu mevzuatın geliştirilmesi sağlanmalıdır.

Açık kaynak kodlu ve yerli CBS yazılım sanayiinin geliştirilmesi desteklenmelidir. Coğrafi verinin üretim ve kullanımına yönelik kalite standartları belirlenmelidir.

Ülkemizde INSPIRE'a uyumlu olarak coğrafi bilgi sisteminin geliştirilmesi, farklı kurum ve kuruluşlar tarafından yürütülen projelerde koordinasyonun sağlanarak mükerrer çalışmaların önlenmesi gerekmektedir. Aynı zamanda mekansal veri üretimi ve paylaşımına yönelik politika ve standartların belirlenmesi önem arz etmektedir.

Kalitesi tanımlanabilir, ölçülebilir ve yasalarla güvence altına alınmış bulut bilişim hizmetleri kullanımının yaygınlaşması büyük önem taşımaktadır. Böylece yüksek miktarda yatırımlara gerek duyulmadan girişimler, çalışmalar ve projeler yapılabilecektir.

Bir yol haritası çizmek gerekirse ilk olarak Türkiye'yi kapsayacak şekilde "Coğrafi Bilgi Stratejisi ve Eylem Planı" hazırlanması gerekmektedir. Öncelikle CBS alanında hangi kuruluşun hangi verinin üretiminden sorumlu olduğuna dair rollerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda temel tema ile alt temaların netleştirilmesi ve bunların üretiminden sorumlu kuruluşlara ilişkin matrisin ilgili kuruluşlarla istişare edilerek belirlenmesi gerekmektedir.

Veri üretiminden sorumlu kuruluşlar tarafından sunulacak verilerin üretilmesi için gereken TUCBS standartları, uygulama şemaları ve diğer rehber dokümanların üretilmesi ve yayımlanması konusuna öncelikle odaklanmalıdır. Ayrıca bunların ilgili kuruluşlarca hayata geçirilmesi konusunda rehberlik etmelidir. Diğer Kamu kuruluşlarında CBS ile ilgili kurumların çalıştırılarak ortak bir sonuç çıkarılması gerekmektedir. Kuruluşlar ile yapılacak alt veri tema çalışmaları için ihtiyaç duyulan çalışma gruplarının da Yürütme Kurulu marifetiyle ivedilikle oluşturulması ve çalıştırılması gerekmektedir. Oluşturulacak çalışma gruplarının her bir veri temasındaki detay sınıfları için; detay sınıfının adı, tanımı, kodu, geometrisi, alt detay

tipi, öznitelikleri, öznitelik ilişkisi, topolojik kuralları ve işlevlerini tanımlamak üzere çalışma yapması gerekmektedir.

Mevcut veya üretilmesi gereken veri setlerinin TUCBS standartlarına göre uyumlaştırılması ve üretilmesi ile ilgili takip mekanizmasının oluşturulması ve işletilmesi gerekmektedir. Kurumlar tarafından üretilen verilerin ve bu verilere erişim linkinin tutulup sorgulanabileceği bir meta veri portalının geliştirilmesi gerekmektedir. Tüm kurumlarda üretilen mekânsal verilerin TUCBS veri tabanında tutulması ve kendi sunucuları üzerinden sunulması yaklaşımını benimsemektedir. Görüşe açılan “Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Coğrafi Veri Altyapısının Kurulması ve Yönetilmesine Dair Yönetmelik Taslağı”nda bu husus açıkça zikredilmektedir. Söz konusu yaklaşım hem diğer kurumların bu verileri ücreti karşılığı paylaşacağını belirten bazı kanun maddeleriyle, hem de temel e-devlet ilkelerinden olan verinin kaynağından sunulması ilkesi ile çelişmektedir. Kamu kurumlarına ait mekânsal verilerin, TUCBS içerisinde tutulması yerine, verilerin üretildiği kurum tarafından uluslararası standartlara uygun olarak TUCBS portalına servis edilmesi, ilgili hizmetlerin güncel, kesintisiz, tutarlı ve verimli bir şekilde sunulması için önemlidir.

Sırasıyla kamu kurumlarına düşen görevleri incelemek gerekirse CBS Genel Müdürlüğü koordinasyonunda belirlenen rollere uygun olarak veri üretimine ilişkin yatırım ve zaman planlarını yapmaları gerekmektedir.

CBS Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen standartlar, spesifikasyonlar ve diğer rehber dokümanlara uygun olarak coğrafi verilerin üretilmesi ve portala gerekli metaverilerin işlenmesi çalışmalarının tamamlanması gerekmektedir.

TKGM, kadastro verilerinin TUCBS kadastro temasına uygun olarak üretilmesini sağlamalıdır. “Nüfus ve Vatandaşlık İşleri”, “Mekansal Adres Kayıt Sistemi” veri üretim ve yaygınlaştırma projesini tamamlamalıdır. ÇŞB Yapı Denetim Sistemi ve Yapı Mütahhitiği Bilgi Sistemini tamamlamalı ve “Mekansal Adres Kayıt Sistemi” ile entegre etmelidir. TKGM ve Harita Genel Komutanlığı tarafından oluşturulduğu belirtilen Ortofoto Bilgi Sisteminin ilgili kuruluşlarla paylaşılması gerekmektedir. Ortofoto üretimi konusunda kamu kurum ve kuruluşlarının mükerrer yatırım yapmalarını önlemeye yönelik mekanizmalar kurulmalıdır.



Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarım Bilgi Sistemini tamamlamalı ve arazi örtüsü temasına uygun arazi örtüsü ve kullanımına yönelik verileri üretmelidir.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Bilgi Sistemi (ORBİS), Su Bilgi Sistemini ve Korunan Alanlar Bilgi Sistemini tamamlamalıdır. Bakanlıkların CBS alanındaki kurumsal kapasiteleri geliştirilmelidir.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından koordine edilen Su Kanunu'na CBS ile havza yönetiminin ilave edilerek kamu kurumlarının zorunluluk altına alınması önem arz etmektedir.

Yukarıdaki önerilerin tamamı aslında halktan en üst yönetime kadar su yönetimi anlayışının kabul görmesi ve Türkiye'nin ortak bir su politikası sahiplenmesi ile alakalıdır. Türkiye'deki en temel su yönetimi sorunlarının altında uzun vadeli, ulusal su politikaları uygulamak yerine; seçim odaklı çalışmaların yapılması yatmaktadır (Köle, 2014; Aküzüm vd., 2010 ).

Veri toplama sürecinde ülkemizde karşılaşılan esas problem verilerin farklı kurumlar tarafından üretilip, farklı formatlarda toplanması ve saklanmasıdır. İhtiyaç duyulan veriye çoğu zaman ulaşılamamakta ya da ulaşılması çok uzun zaman alabilmektedir. Bu çerçevede güvenilir bir sistematikte verinin toplanması ve saklanması çok önemlidir.

## 7. REFERANSLAR

- Adikhari S.K., Chaki, T., Rahmani, M.M. ve Das Gupta, A., 2013, “Estimating Groundwater Recharge Into A Shallow Unconfined Aquifer In Bangladesh”, *Journal of Engineering Science*, Sayı: 4(1), 2013 Sayfa: 11-22.
- Akıncı H. ve Cömert, Ç., 2009, “TUCBS ve INSPIRE Teknik Mimarisi”, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 11-15 Mayıs 2009*, Ankara.
- Aktaş, S., Yılmaz, O. Y., 2013, “Meşcere Taslak Haritalarının Mekansal Tahmin Yöntemleri ile Üretilmesi”, *Journal of the Faculty of Forestry*, Istanbul University Sayı: 62(2), Sayfa: 129-144.
- Aküzüm T., Çakmak, B. ve Gökalp Z., 2010, “Türkiye’ de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi”, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, Cilt: 3(1), Sayfa: “67 - 74”.
- Algancı U., Coşkun H.G., Eriş, E., Ağırlioğlu N., Cıgızoğlu K., Yılmaz L., Toprak Z.F., 2009, “Akım Ölçümleri Olmayan Akarsu Havzalarında Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesine Yönelik Uzaktan Algılama ve CBS ile Hidrolik Modelleme”, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 11- 15 Mayıs 2009*, Ankara.
- Ankara Tabip Odası, 2012, “Su ve Yaşam Raporu”, Ankara.
- Ayan T., Deniz R., Gürkan O., Öztürk E., Nurhan Çelik R., “TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı”, *Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı 24-25-25 Eylül 2003*, Konya
- Aydın, G., Erdoğan, A., 2011, “Web Tabanlı bir Mekânsal Karar Destek Sistemi Tasarımı ve Geliştirilmesi”, *Fırat Üniversitesi, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu 2011*, Sayfa 242- 247, Elazığ.
- Aytuğ, H.K., 2014, “Sürdürülebilir Su Kullanımı Açısından Avrupa Birliği Çevre Politikalarına Türkiye'nin Uyumu”, *Ekonomik ve Sosyal araştırmalar Dergisi*, Cilt 10, Yıl 10, Sayı 2.

- Bağdatlı, M.C. ve Öztürk B., 2014, “Havza Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) Etkin Rolü”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bil. Dergisi*, Cilt: 18, Sayı: 1, Sayfa: 11- 19.
- Bahadır, M., 2011, “Uzaktan Algılama ve Coğrafi bilgi Sistemleri ile Acıgöl Havzasının Sürdürülebilir Kullanımı ve Yönetimi”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Doktora Tezi*, Afyon.
- Batuk, F., 2009, “Fotogrametri Ders Notları”, *Yıldız Teknik Üniversitesi Ders Notları*, İstanbul.
- Becker, N., 2013, “Water Policy in Israel”, ISBN 978-94-007-5910-7, *Springer Dordrecht Heidelberg New, York London*.
- Bilen, Ö., 2006, “Avrupa Birliği Su Politikalarının Hidropolitik Değerlendirmesi”, *Stratejik Analiz Dergisi*, Sayı:80, Sayfa: 26.
- Czajkowski, K. ve Lawrence, P.L., 2013, “GIS and Remote Sensing Applications for Watershed Planning in the Maumee River Basin, Ohio”, *Geospatial Tools for Urban Water Resources*, Sayfa:131-143
- Cobourn, J., 1999, Integrated Watershed Management on the Truckee River in Nevada”, *Journal of the American Water Resources Association*, Sayı: 35(3), Sayfa: 623-632.
- Çakmak, B. ve Aküzüm, T., 2006, “Türkiye’de Tarımda Su Yönetimi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri”, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Su Politikaları Kongresi*, Cilt:2, Sayfa:349-359, Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2011, “Türkiye Çevre Durum Raporu”, *ÇED İzin Denetim Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- Çınar T., Özdiñç H.K., 2006, “Türkiye’de İçmesuyu ve Kanalizasyon Hizmetleri: Yönetim ve Finansman”, *Su Yönetimi: Küresel Politika ve Uygulamalara Eleştiri*, Sayfa: 227-252, Ankara.

- Çıvgın, M., 2013, “Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Türkiye’de Entegre Havza Yönetimi”, Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Çivi, A., Akgündüz, E., Kalaycı, K., İnan, Ç., Sarıca, E. Ve Toru, E., 2009. “Corine (Coordination Of Information On The Environment) Projesi”, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2009 02-06 Kasım 2009, İzmir.
- Dikici, H., 2001, “Toprak Biliminde Kullanılan Bazı Jeostatistik Yöntemleri”, Tarımda Bilişim Teknolojileri 4. Sempozyumu, Sayfa: 76 -81.
- Dönmez, C., 2012, “İklim Değişikliğinin Etkisi Altında Seyhan Üst - Havzası Ekosistem Bileşenlerinin Modellenmesi ve Etkileşim Düzeylerinin Belirlenmesi”, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana.
- DPT, 2010, “Binyıl Kalkınma Hedefleri Raporu Türkiye 2010”, (çevrimiçi) <http://www.dpt.gov.tr/PortalDesign/PortalControls/WebIcerikGosterim.aspx?Enc=83D5A6FF03C7B4FCE9A0E8A2415C8B01>, Ulaşım Tarihi: 07.07.2010.
- DSİ, 2005, “DSİ Genel Müdürlüğü 2004 Yılı Faaliyet Raporu”, Ankara.
- DSİ, 2006, “DSİ Genel Müdürlüğü 2005 Yılı Faaliyet Raporu”, Ankara.
- DSİ, 2007, “DSİ Genel Müdürlüğü 2006 Yılı Faaliyet Raporu”, Ankara.
- DSİ, 2008, “DSİ Genel Müdürlüğü 2007 Yılı Faaliyet Raporu”, Ankara.
- DSİ, 2009, “DSİ Genel Müdürlüğü 2008 Yılı Faaliyet Raporu”, Ankara.
- DSİ, 2010, “DSİ Genel Müdürlüğü 2009 Yılı Faaliyet Raporu”, Ankara.
- DSİ, 2011, “DSİ Genel Müdürlüğü 2010 Yılı Faaliyet Raporu”, Ankara.
- DSİ, 2012b, “81 İl Merkezi İçme, Kullanma ve Sanayi Suyu Temini Eylem Planı 2013 – 2017”, Ankara
- DSİ, 2012a, “DSİ Genel Müdürlüğü 2011 Yılı Faaliyet Raporu”, Ankara.
- DSİ, 2013a, “DSİ Genel Müdürlüğü 2012 Yılı Faaliyet Raporu”, Ankara.

- DSİ, 2013b, “Akarçay Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu Model Eki”, Fugro Sial Yerbilimleri Müşavirlik ve Mühendislik LTD. ŞTİ., Ankara.
- DSİ, 2014a, “DSİ Genel Müdürlüğü 2013 Yılı Faaliyet Raporu”, Ankara.
- DSİ, 2014b, “Stratejik Plan 2015 – 2019”, Ankara.
- DSİ, 2015, “DSİ Genel Müdürlüğü Resmi İstatistikler”, (çevrimiçi) <http://www.dsi.gov.tr/dsi-resmi-istatistikler>, Ulaşma Tarihi: 01.01.2015.
- Dursun İ., Şeker, D.Z. ve Sivri N., 2009, “Bireylerin Deniz Kirliliği Konusundaki Bilinç Düzeylerinin CBS Yardımıyla İrdelenmesi”, *TMMOB 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Dünya Bankası, 2008, “Havza Yönetim Yaklaşımları”, *Politikaları ve Faaliyetleri: Ölçek Büyütmeye Yönelik Dersler Belgesi*, Washington D.C.
- Ekinci Ö., Akbulut T., ve Kurt, O., 2011, “İçmesuyu Mekansal Karar Destek Sistemi”, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 6. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu*, Antalya.
- ESRI, 2014, “ArcGIS 10.1 for Desktop: Masaüstü için ArcGIS”, Esri Türkiye, Ankara.
- Falkenmark, M., Lundqvist, J., Widstrand C., 1989, Macro-Scale Water Scarcity Requires Micro-Scale Approaches: Aspects Of Vulnerability in Semi-Arid Development, *Natural Resources Forum*, Sayı:13 (4), Sayfa:258–267.
- FAO, 2014, “FAO Wastewater Statistics”, (çevrimiçi) <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/results.html>
- Gönenç E., Angheluta V., Wolflin, J. ve Russo, R., 2008, “Sustainable Use and Development of Watersheds”, *Springer Science & Business Media*, Sayfa: 455-481.
- Grigg, N. S. 1999., “Integrated Water Resources Management: Who Should Lead, Who Should Pay?”, *Journal of American Water Resources Association* , Sayı: 35(3), Sayfa: 527–534.

- Gümrükçüoğlu M., 2003, “Coğrafi Bilgi Sistemleri: Anlamı, Yararları, Sorunları ve Geleceği”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 1.sayı.
- Gündoğdu, K.S., 2004, “Sulama Proje Alanlarındaki Taban suyu Derinliğinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi”, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Sayı:18 – 2; Sayfa :85 – 95.
- Güreşçi, N., G., Seyrek K., Sargın A.H., 2012, “Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Hidroloji Uygulamaları”, *DSİ CBS Şube Müdürlüğü*, Ankara.
- Hadjimitsis, D.G., Alexakis, D.d., Agapiou A., Themistocleous, K., Michaelides S. ve Retails A., 2013, “Integrated Remote Sensing and GIS Applications for Sustainable Watershed Management: A Case study From Cyprus”, *Remote Sensing of Environment - Integrated Approaches*, ISBN 978-953-51-1152-8, InTech,. (Çevrimiçi)<http://www.intechopen.com/books/remote-sensing-of-environment-integrated-approaches/integrated-remote-sensing-and-gis-applications-for-sustainable-watershed-management-a-case-study-fro>, Ulaşım Tarihi: 12.02.2015.
- Harmancıoğlu, N.B., Gül A. ve Fıstıkoğlu O, 2002, “Entegre Su Kaynakları Yönetimi”, *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi – SU I*, Türkiye İnşaat Mühendisleri Odası, Yıl: 47/2002-3, sayı: 419, s. 29-39.
- Hophmayer Tokich, S., & Kliot, N., 2008, “Inter-Municipal Cooperation For Wastewater Treatment: Case Studies From Israel”, *Journal of Environmental Management*, Sayfa: 554-565.
- İlhan A., 2011, “Yeni Bir Su Politikasına Doğru: Türkiye’de Su Yönetimi, Alternatifler ve Öneriler”, *Sosyal Değişim Derneği, Su Hakkı Kampanyası*, ISBN No: 978-605-62639-0-3, Baskı: 1. İstanbul
- İnal C. ve Yiğit Ö., 2003, “Jeodezik Uygulamalarda Kriging Enterpolasyon Yönteminin Kullanılabilirliği”, *TÜİK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı Poster Bildiri Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı 24-25-26 Eylül 2003*, Sayfa 177 -185, Konya.

- Johnson K., Ver Hoef J. M., Krivoruchko K. ve Lucas N., 2001, "Using ArcGIS Geostatistical Analyst", *GIS by ESRI*, Redlands, USA.
- Kalkınma Bakanlığı, 2014a, "Onuncu Kalkınma Planı (2014 – 2018) Özel İhtisas Komisyon Raporları: Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği", ISBN 978-605-4667-82-6, Ankara.
- Kalkınma Bakanlığı, 2014b, "2015 Yılı Yatırım Programı, Genel Ekonomik Hedefler ve Yatırımlar", Ankara.
- Kalkınma Bakanlığı, 2014c, "Onuncu Kalkınma Planı, 2014 - 2018", Ankara.
- Karaer, M., 2014, "Sulama İşletmelerinin Entegre Havza Yönetiminde Yeri ve Önemi Üzerine Bir Araştırma: Büyük Menderes Havzası Örneği", *Uludağ Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*, Bursa.
- Kargıoğlu, M., Serteser A., Şenkul Ç ve Özdemir M.,A., 2008, "Akarçay Havzasındaki (Afyonkarahisar) Tehlike Altındaki (Cr, En, Vu) Endemik Bitkilerin Corğafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Harilatlandırılması ve Koruma Statüleri", *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, Sayı: 1(2), Sayfa: 33-36
- Kayır, G., 2002, "Suya Neden Sahip Çıkmalı?", *Mülkiye Dergisi*, Cilt: 26, Sayı: 234, s.35-67.
- Kılıç, F. ve Gökaşan E., 2009, "Yeryüzü Şekillerinin SYM ile CBS Ortamında Değerlendirilmesi", *Yıldız Teknik Üniversitesi Ders Notu*, İstanbul.
- Kıbaroğlu, A. ve Başkan, A., 2011, "Turkey's Water Policy Framework: Turkey's National Water Policy: National Framework and International Cooperation", *Springer, Heidelberg*, s. 3-27.
- Kıbaroğlu, A., Sümer, V., Kaplan, Ö. ve Sağsen, İ., 2006, "Türkiye'nin Su Kaynakları Politikasına Kapsamlı Bir Bakış: Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve İspanya Örneği", *TMMOB Su Politikaları Kongresi*, ss. 184-195., Ankara.
- Koç, C., Özdemir, K. ve Feryal, A., 2010, "Entegre Nehir Havza Yönetiminde Sulama İşletme Hizmetlerinin Yeri Ve Önemi Üzerine Büyük Menderes Havzasında

Yürütülen Bir Çalışma”, *I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*, 27-29 Mayıs 2010, Kahramanmaraş.

Komesli, M., 2007, “Coğrafi Bilgi Sistemlerinin OWL ve GML kullanılarak Anlamsal Web ile Bütünleştirilmesi”, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*, İzmir.

Korkmaz, N., 1988, “The Estimation of Groundwater Recharge From Water Level and Precipitation Data”, *Journal of Islamic Academy Of Sciences*, 1:2, 87-93,

Köle, M., 2014, Ankara Örneklemini Üzerinde Cumhuriyet Dönemi Su Kaynakları Yönetim Modelleri, *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Sayı 18/1, Sayfa 69.

Küçük, İ., 2007, “Su Kaynakları ve Etkileşim Süreci”, *Türkiye Ekososyalist Forumu*, 2007, (çevrimiçi) <http://www.ekolojistler.org/su-kaynaklari-ve-etkilesim-sureci-ismail-kucuk.html>, Ulaşma tarihi: 13.04.2011.

McCullough, J. S., Moreau, D. H. ve Linton, B. L., 1993, “Financing Wastewater Services in Developing Countries” ,WASH(Water and Sanitation for Health Project), Washington D.C.

Meriç, T., B., 2004, “Su Kaynakları Yönetimi ve Türkiye”, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, Sayfa: 27- 38.

MGM, 2014, “Akarçay Havzası 2005 - 2014 yılları Meteoroloji Verileri”, *Meteoroloji Genel Müdürlüğü Veri Tabanı*, Ankara. Ulaşım Tarihi: 10. 03.2015.

MGM, 2015, “2014 Yılı Alansal Yağış Değerlendirmesi”, Ankara

OECD, 2011, “Benefits of Investing in Water and Sanitation an OECD Perspective”, OECD.

Olgun A., 2012, “Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemiyle Göksu Deltası Kıyı Çizgisi Değişiminin İzlenmesi”, *İTÜ Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2010, “Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi”, Gebze.



- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2013, “Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi”, Gebze.
- OSİB-SYGM, 2013, Havza Yönetimi ve Su Bilgi sistemi Çalışma Raporu, *Ormancılık ve Su Şurası 21 - 23 Mart 2013*, Ankara
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2014, “Ulusal Havza Yönetim Stratejisi”, Ankara.
- Öztürk, R., 2007, “Porsuk Çayı Çevre Sorunları ve Bunların Çözümlemesinde Havza Yönetim Önerileri”, *Çukurova Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*, Adana.
- Pareta, K., 2013, “Sustainable Ground Water Management in Kakund Watershed of South Bharatpur District Using Remote Sensing and GIS”, *14th ESRI India User Conference*, Hindistan.
- Qureshi, A. S., Hussain, A., Makin, I., 2002, “Integrated Database Development For River Basin Management: An Example From Rechna Doab”. *International Water Management Institute*, (IWMI), Working paper 53. Lahore, Pakistan.
- Rahaman, M.M. ve Varis, O., 2005, “Integrated Water Resources Management: Evolution, Prospects And Future Challenges”, *Sustainability: Science, Practice, & Policy*, Sayı: 1(1), Sayfa: 15-21.
- Rahaman, M.M., Varis, O. ve Kajander, T., 2004, “EU Water Framework Directive vs. Integrated Water Resources Management: The Seven Mismatches”, *International Journal of Water Resources Development*, Sayı:20, Sayfa: 565 - 575.
- Reis, S., Nişancı, R. ve Yomralıoğlu, T., 2000, “Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile Doğu Karadeniz Bölgesinin Arazi Modellemesi”, *9.Ulusal Bölge Bilimi/Bölge Planlama Kongresi*, s.357-369, KTÜ, Trabzon. (Yomralıoğlu, 2000).
- SKD Türkiye, 2014, “Türkiye'de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif”, İstanbul.

- SUEN, 2015, "Türkiye'nin Su Politikası", (çevrimiçi)  
<http://suen.gov.tr/tr/icerik/turkiye-su-politikasi/21>, Erişim Tarihi 19.02.2015
- Sumer, V., Muluk, C. (2011), "Challenges for Turkey to Implement the EU Water Framework Directive", *Turkey's Water Policy, National Frameworks and International Cooperation*, Springer-Verlag: Berlin, Sayfa: 43-68.
- Şeker, D.z., Tanık A., Öztürk İ., 2009, "CBS'nin Havza Yönetimi Çalışmalarında Uygulanması", *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, İzmir.
- Şimşek, A.B., 2013, "Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Bütünsel Havza Yönetimi: Mert Irmağı Havzası Örneği", *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*, Samsun.
- Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, 2005, "Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin Oluşturulabilmesi İçin Ön Çalışma Raporu", Ankara.
- Tecim, V, 2008, "Coğrafi Bilgi Sistemleri Harita Tabanlı Bilgi Yönetimi", İzmir.
- Terwilliger, K. ve Wolflin, J.P. , 2005, "Decision Making for Sustainable Use and Development (Chapter 8), In: Coastal Lagoons: Ecosystem Processes, and Modeling for Sustainable Use and Development", Eds: Gonenc, I.E., Wolflin, J., CRC Press, Boca Raton, USA.
- Tian-en, C., Li-ping, C., Yunbin, G. ve Yanji, W., 2009, "Spatial Decision Support System for Precision Farming Based on GIS Web Service", *International Forum on Information Technology and Applications, Chengdu, 15-17 Mayıs*, Sayfa: 372 – 376.
- TKGM, 2005, "Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Oluşturulabilmesi İçin Ön Çalışma Raporu", *Eylem 47*, Ankara
- TMH, 2009, "Su Hakkı Raporu", *TMH*, Sayı: 454 - 2009/2.
- TMMOB, 2009, "CBS'nin Havza Yönetimi Çalışmalarında Uygulanması", *Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 02 -06 Kasım 2009*, İzmir.

- Torun, G., 2008, “Sürdürülebilir Gelişme Bağlamında Havza Planlaması ve Yönetimi: Alibey İçmesuyu Havzası Örneği”, *Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- Trifu M. C., Craciunescu V., Rusu C., Pandele A., Garnier J., Billen G., ve Ledoux E., 2007, Development Of An Open-GIS Decision Aid System For Ecological And Economical Management Of Surface And Groundwater Resources in The Bistrita River Basin (Romania), *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, Sayı: 4, Sayfa: 2035–2071.
- TÜİK, 2012a, “Belediye Su İstatistikleri” (çevrimiçi) <http://tuikapp.tuik.gov.tr/cevredagitimapp/belediyeicme.zul>, Ulaşma tarihi: 13.04,2011
- TÜİK, 2012b, “Belediye Atıksu İstatistikleri” (çevrimiçi) <http://tuikapp.tuik.gov.tr/cevredagitimapp/belediyeatıksu.zul>, Ulaşma tarihi: 13.04,2011
- UNESCO, 2012, “Managing Water under Uncertainty Risk: United Nations Development Report”.
- UN-Water, 2008, “Status Report on Integrated Water Resources Management and Water Efficiency Plans” *Prepared for the 16th session of the Commission on Sustainable Development - May 2008.*
- Uyan, M, 2011, “Arazi Düzenlenmesi Çalışmalarında Mekânsal Karar Destek Sistemleri Kurulumu ve Uygulaması”, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Konya.
- Uzun, O, 2003, “Düzce Asarsuyu Havzası Peyzaj değerlendirmesi ve Yönetim Modelinin Geliştirilmesi”, *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Ankara.
- Water Authority of Israel, 2011, “The State of Israel: National Water Efficiency Report”, *Water Authority of Israel*, İsrail.
- Yaprak S., Arslan E., 2008, Krigging Yöntemi ve Geoit Yüksekliklerin Enterpolasyonu, *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, Sayı 98, Sayfa 36 – 42.

- Yeşilkanat, C., M., Kobya, Y., Taşkın H. ve Çevik U., 2014, “Jeostatistik Tahmin ve Simulasyon Yöntemleri İle Artvin İlindeki Doğal Kaynak Suları İçin Toplam Alfa ve Toplam Betanın Ara Değer Modellemesi ve Haritalanması”, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, ISSN: 1300-1949 (CFD), Cilt 35, No. 4 (2014).
- Yıldız F.F., Dişbudak, K., 2006, “AB Su Çerçeve Direktifi ve Havza Yönetimi Yaklaşımı Bağlamında AB ortak Tarım Politikasında Su Yönetimi, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı”, *Türk Tarım Dergisi*, Sayı: 167, Sayfa:64-71.
- Yomralıoğlu, T., 2002, “Harita Mühendisliğinde Yeni Arayışlar”, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, s.29-42, Konya.
- Yomralıoğlu, T. ve Akça, MD., 1999, “Çevresel Bilgi Sistemleri İçin Model-Altlık Tasarımı: Trabzon-Değirmendere Havzası Örneği”, *Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulamaları Sempozyumu*, s.297-306, Trabzon.
- Yomralıoğlu, T. ve Aydınöğlü, A. Ç., 2014, “Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) ve BB’ler için Coğrafi Veri Altyapısı”, *AYÖP IV. Arazi Yönetim Çalıştayı 12-13 Mayıs 2014*, Trabzon
- Yomralıoğlu, T., 2003, “TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı”, *Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı 24-25-25 Eylül 2003*, Konya
- Yüceil, K. ve Gönenç, İ.E., 2006, “Kırsal Yayılı Kaynaklar İçin Modelleme Destek Sistemi Ve Yerel Uygulaması”, *İtü Mühendislik Dergisi*, Cilt:5, Sayı:1, Kısım:2, 161-174, Şubat 2006, İstanbul.
- Zaitsev, Y. P., & Alexandrov, B. G., 1997, “Recent Man Made Changes in the Blacksea Ecosystem, Sensitivity Change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea”, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, Sayfa: 25-31.

# DİZİN

---

## A

AB · xiv, 1, 14, 15, 17, 19, 31, 63, 68, 69, 70, 120, 134  
ABD · xiv, 17, 55  
Akış · 84, 92, 93, 95  
Akış İstikameti · 92, 93  
Akış Toplamı · 92  
Alt Havza · 94  
Analiz · 22, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 34, 35, 36, 43, 73, 82, 96, 120  
Ara değer kestirimi · 105, 107  
Arazi kullanım · 11, 12, 18, 23, 26, 31, 32, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 47, 48, 50, 51, 72, 86, 90, 116  
Arazi toplulaştırılması · 116

---

## B

Bakı · 89, 90

---

## C

coğrafi bilgi sistemi · 2, 88, 117, 121

---

## D

drenaj ağı · 95, 96

---

## E

Eğitim · 88, 89, 90, 102  
entegre havza yönetimi · 1, 2, 10, 11, 12, 41, 58, 117, 119

---

## G

grid · 23, 94

---

## H

havza · 2, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 26, 27, 30, 36, 38, 41, 43, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 63, 68,

69, 70, 72, 73, 74, 82, 83, 84, 86, 88, 91, 97, 116, 119, 120, 123

havza yönetimi · 10, 11, 12, 15, 19, 36, 38, 45, 48, 116, 120, 123

hidroloji · 27

Hindistan · 38, 131

---

## I

INSPIRE · xiv, 31, 32, 80, 121, 124

---

## J

Jeoistatistiksel Analiz · 107

---

## K

Karar destek sistemi · 35, 36, 82, 104, 117

Kıbrıs · 45, 46

korelasyon · 87, 99, 103

kriging · 97, 106, 117

---

## M

Mekansal · 27, 32, 35, 37, 44, 105, 121

Mevzuat · 64

model · iv, 2, 12, 34, 46, 80, 95, 100, 104, 107, 108, 109, 114, 117, 118

Model Kalibrasyonu · 108

Model Validasyonu · 109

---

## N

Nehir · 10, 16, 17, 27, 29, 43, 48, 49, 68, 71, 72, 73, 92, 94, 120

---

## O

Orman ve Su İşleri Bakanlığı · xv, 57, 61, 63, 65, 68, 70, 71, 73, 74, 75, 78, 88, 90, 118, 119, 123, 130, 131

---

**P**

Pakistan · 44, 131  
Politika · 11, 77, 80, 125

---

**S**

sayısal yükseklik modeli · 42, 86, 87, 88, 89, 92, 117  
senaryo · 24, 25  
su kaynakları · 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15,  
16, 17, 18, 26, 28, 29, 38, 44, 45, 52, 58, 59, 60,  
61, 62, 63, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 75, 82, 83, 118,  
119  
su potansiyeli · 1, 3, 5  
süzülme · 41, 100, 117

---

**T**

TUCBS · xv, 76, 79, 80, 81, 121, 122, 124, 134

Türkiye · xv, 1, 2, 4, 5, 16, 33, 52, 53, 54, 55, 56, 57,  
58, 59, 60, 62, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 74,  
76, 77, 78, 79, 80, 83, 88, 117, 118, 120, 123,  
124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134

---

**U**

uzaktan algılama · 2, 29, 37, 40, 45, 48, 49, 51, 82,  
95, 117

---

**V**

veritabanı · 42, 43, 44, 49, 77

---

**Y**

yağış miktarı · 82, 100, 101, 103, 108, 109, 110,  
111, 112, 113  
Yeraltı suyu · i, 39, 40, 104, 105, 107, 111, 113, 115,  
116

**ÖZGEÇMİŞ**  
**(Simge TEKİÇ RAHMANLAR)**

<b>Kurum (Tarihten-Tarihe)</b>	<b>Aldığı Diplomalar</b>
Büyükçekmece Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi (1998-2001)	Lise
Yıldız Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü (2001 - 2006)	Lisans
Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü Jeodezi Yüksek Lisans Programı (2006- 2009)	Yüksek Lisans
İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği Bölümü Ana Bilim Dalı Doktora Programı (2010- devam ediyor)	Doktora

**Mevcut Görevi:** Uzman Yardımcısı

**Halihazırda Çalışmakta Olduğu Kurumdaki Süresi:** 3 Yıl 1 Ay

**İş Tecrübesi**

<b>Tarihten- Tarihe</b>	<b>Yer</b>	<b>Kurum/Kuruluş</b>	<b>Pozisyon</b>
11.07.2012'den günümüze	Ankara	Orman ve Su İşleri Bakanlığı – Su Yönetimi Genel Müdürlüğü	Uzman Yardımcısı
04/2011 – 07/2012	Ankara	TCDD Yüksek Hızlı Tren Bölge Müdürlüğü	Yüksek Harita Mühendisi
07/2009 – 12/2010	İstanbul	Kültür Bakanlığı	Yüksek Harita Mühendisi
05/2008 – 02/2009	İstanbul	EMİ Harita	Harita Mühendisi
06/2007 – 09/2007	İstanbul	Çağrı Harita	Harita Mühendisi
06/2005-08/2006	İstanbul	GIS Solutions	Stajer Mühendis
01/2003-02/2003	İstanbul	Meteor Harita	Stajer Mühendis
07/2002-08/2002	İstanbul	Meteor Harita	Stajer Mühendis