

# TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ VE JEOFİZİK BİRLİĞİ

## TÜRKİYE ULUSAL METEOROLOJİK ve HİDROLOJİK AFETLER PROGRAMI (TUMEHAP)

TÜRKİYE ULUSAL HİDROLOJİ KOMİSYONU  
(TUHK)  
TÜRKİYE ULUSAL METEOROLOJİ VE ATMOSFER BİLİMLERİ  
KOMİSYONU  
(TUMAK)  
TÜRKİYE ULUSAL OŞİNOGRAFI KOMİSYONU  
(TUOK)  
TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ KOMİSYONU  
(TUJK)

ANKARA  
2003

(Tüm gruplardaki isimler alfabetik olarak sıralanmıştır)

**EDİTÖRLER;**

Müh.Hayrettin BACANLI  
Yük.Müh.Hamza ÖZGÜLER  
Dr.Yük.Müh.Onur LENK

**KATKIDA BULUNANLAR**

**TÜRKİYE ULUSAL HİDROLOJİ KOMİSYONU**

Prof. Dr. İsmail DURANYILDIZ  
Müh. Ziyaattin DURMAZ  
Prof. Dr. Nilgün HARMANCIOĞLU  
Prof. Dr. İbrahim GÜRER  
Yük.Müh.Hikmet ÖZGÖBEK (TUHK Başkanı)  
Prof. Dr. Bihrat ÖNOZ  
Prof. Dr. Ünal ŞORMAN (TUHK Üniversite Temsilcisi)

**TÜRKİYE ULUSAL METEOROLOJİ VE ATMOSFER BİLİMLERİ  
KOMİSYONU**

Prof.Dr. Zafer ASLAN  
Prof.Dr. Yunus BORHAN  
Prof.Dr. Selahattin İNCECİK (TUMAK Üniversite Temsilcisi)  
Prof. Dr. Mikdat KADIOĞLU  
Mahmut KAYHAN (TUMAK Başkanı)  
Yrd. Doç. Dr. Sibel MENTEŞ  
Prof.Dr. Gürdal TUNCEL  
Doç.Dr. Levent ŞAYLAN  
Doç.Dr. Yurdanur ÜNAL

**TÜRKİYE ULUSAL OŞİNOGRAFI KOMİSYONU (TUOK)**

Prof.Dr.M.Celal BARLA  
Prof.Dr. Günay ÇİFCİ  
Dr.Yük.Müh. Ahmet TÜRKER (TUOK Başkanı)

**TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ KOMİSYONU (TUJK)**

Prof.Dr.Onur GÜRKAN (TUJK Üniversite Temsilcisi)  
Dr.Müh.Onur LENK (TUJK Başkanı)  
Yük.Müh.Hasan YILDIZ

## **İÇİNDEKİLER**

<b>ÖNSÖZ</b>	<b>4</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>6</b>
<b>2. METEOROLOJİK ve HİDROLOJİK OLGULAR</b>	<b>8</b>
<b>3. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİMLERİNİN ETKİLERİ</b>	<b>26</b>
<b>5. SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ</b>	<b>30</b>
<b>6. HİDROSİSMİSİTE</b>	<b>42</b>
<b>7. ATMOSFERİK KARAKTERLİ JEODEZİK ÇALIŞMALAR</b>	<b>43</b>
<b>8. GENEL DEĞERLENDİRME VE YAPILACAK ÇALIŞMALAR</b>	<b>45</b>
<b>9. SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	<b>51</b>
<b>10. KAYNAKLAR</b>	<b>52</b>

## ÖNSÖZ

Meteorolojik ve hidrolojik karakterli doğal afetler konusunda tanımlanan hedeflere ve bu alanda ülkemizdeki mevcut durumun belirlenmesi konusunda yapılan tespitlere büyük bir gereksinim olduğu bilinen bir gerçektir. Kamu kurum ve kuruluşları, üniversiteler, gerçek ve tüzel kişiler arası eşgüdümün kurulması, öngörülen programın uygulanmasında önemli bir aşamadır.

Türkiye'nin doğal kaynakları, hidropolitik önemi nedeni ile araştırma programlarının ve bunlara bağlı olarak yapılacak projelerin ana hedefini oluşturmalıdır. İklim değişikliklerinin ve bölgesel hava olaylarının küresel iklimi etkilediği ve buna bağlı olarak Türkiye'nin içinde bulunduğu coğrafyada hidrolojik yapıda bazı afetleri beraberinde getirdiği yaşanan bir olgudur. Ülke doğal kaynaklarının, toplumsal ihtiyaçları karşılayacak şekilde, doğal afetlerden en az seviyede etkilenmiş olarak gelecek nesillerin faydasına sunulması, ancak meteorolojik ve hidrolojik kaynaklı problemlerin sebepleriyle birlikte belirlenmesi, rasyonel olarak çözülmesi ve bunlara yönelik zamanında tedbirlerin alınması ile mümkündür.

Meteorolojik ve hidrolojik sorunlara uygun çözümlerin getirilmesi için karar destek sistemlerinin kurulması ve kullanılması programın temel ilkeleri arasındadır. Bu kapsamda, kurumların kuruluş yasaları ile öngörülen görev ve sorumlulukları dâhilinde, Türkiye'de meydana gelecek her türlü meteorolojik ve hidrolojik karakterli doğal afetlerin etkin olarak kontrol edilmesi, risk ve kriz yönetim mekanizmalarının oluşturulması için ihtiyaç duyulacak veri ve bilgilerin belirlenen düzen içerisinde, bu konularda araştırma ve uygulama yapanlarla paylaşımı önemli bir husus olarak değerlendirilmektedir. Meteorolojik ve Hidrolojik afetlere yönelik olarak önerilen, bilimsel yeterliliği kabul edilerek desteklenecek projelerin, bu Programda ön görülen hedefleri karşılayacağı gibi, doğanın ve ülke kaynaklarının korunmasında önemli rol oynayacağı beklenmektedir.

Ulusal Meteorolojik ve Hidrolojik Afetler Programının oluşturulması sürecinde değerli katkı ve yardımlarını esirgemeyen başta Türkiye Ulusal Hidroloji Komisyonu ve Türkiye Ulusal Meteoroloji Komisyonu olmak üzere, Türkiye Ulusal Oşinografi ve Deniz Bilimleri Komisyonu ve Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu ile Üniversitelerimizin Hidroloji ve Meteoroloji Bölümlerinin değerli öğretim üyelerine, görüş ve önerilerinden faydalanılan Hidroloji, Meteoroloji Oşinografi ve Jeodezi Komisyonlarının Kurucu ve Yürütücü Kamu Kuruluşu Müdür, Yönetici ve personeline teşekkür ederim.

Necdet SOYER  
Tümgeneral  
Harita Genel Komutanı ve  
TUJJB Temsilci Kurum Başkanı

## KISALTMALAR

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AFEM	Avrupa Doğal Afetler Eğitim Merkezi
CAT	Açık Hava Türbülansı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CFC	Kloroflorokarbonlar (Klor-Flor-Karbon türevleri)
CO <sub>2</sub>	Karbon dioksit
CLIVAR	İklim Değişkenliği Programı
DDG	Donma-Derece-Günler
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
ECMWF	Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi
EİE	Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü
ENSO	El Nino Güneyli Salınım
EPA	Çevre Koruma Kurumu
GRACE	Gravite Alanı İyileştirme ve İklim Deneyi
GCM	Küresel İklim Modeli
GPS	Global Konumlama Sistemi
HGK	Milli Savunma Bakanlığı Harita Genel Komutanlığı
IPCC	Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
İZSU	İzmir Su İdaresi
KHGM	Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü
MMS	Modüler Model Sistemi
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
RCM	Bölgesel İklim Modeli
RTÜK	Radyo-Televizyon Üst Kurulu
TCK	Türkiye Cumhuriyeti Karayolları Genel Müdürlüğü
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TEFER	Türkiye Acil Yardım, Sel ve Deprem İyileştirme Projesi
TUBİTAK	Türkiye Bilimsel Teknik Araştırma Kurumu
TUHK	Türkiye Ulusal Hidroloji Komisyonu
TUJJB	Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği
UA	Uzaktan Algılama
UNCED	Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı
UNESCO	Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Teşkilatı
UV	Morötesi ışınlar
WASS	Geniş Alan Açılımlı Uydu Sistemleri

# 1. Giriş

Afetler kısaca, toplumun sosyo-ekonomik faaliyetlerini önemli ölçüde aksatan, yaralanmalara, can ve mal kayıplarına neden olan doğal ve teknolojik olaylar olarak tanımlanabilir. Bu tanıma ve modern meteoroloji literatürüne göre, her türlü sel, taşkın ve fırtına, hortum, orman yangını, sıcak hava dalgası, hava kirliliği, kimyasal ve nükleer serpintiler, asit yağışları, çığlar, deniz ve göl su seviye yükselmeleri, yıldırım, meteorolojik koşullara bağlı ulaşım aksaklıkları ve trafik kazaları, El Niño gibi büyük ölçekli iklim olayları, kuraklık, dolu ve don olayı gibi meteorolojik karakterli doğa olayları da birer doğal afettir. Diğer bir deyişle deprem, volkan patlamaları ve kaya düşmesinin dışındaki 28 çeşit doğal afet meteoroloji ile çok yakından ilişkilidir. Kısaca, meteorolojik şartlar ile doğrudan ve dolaylı olarak ilişkili olan doğal afetlerin tümü, meteorolojik afetler veya meteorolojik karakterli doğal afet olarak adlandırılır.

Bu afetlerden dolayı oluşan can ve mal kayıplarını önleyebilmek için şiddetli fırtınalar ve bunlar ile birlikte oluşan, dolu, çığ, yıkıcı rüzgarlar, seller ve yıldırım gibi meteorolojik olayların oluşum mekanizmalarını anlamak; yer, zaman, olasılık ve miktarlarını vererek öngörmek ve uyarılarını yapmak tüm gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde, Fırtına Laboratuvarları, Meteoroloji Kurumları ve Üniversitelerin Meteoroloji ve/veya Atmosfer Bilimleri Bölümlerinin görevi, kuruluş ve varlıklarının belli başlı nedenidir.

Gerekli meteorolojik bilgi ve teknoloji kullanılmadığı durumlarda, örneğin İstanbul gibi büyük yerleşim alanlarında, normal hava şartlarında dahi güçlkle yürütülen kent içi ulaşım, kötü hava şartlarında büyük ölçüde aksar. Türkiye’de yerleşim yerlerinin seçiminde ve şehir planlamasında meteorolojik şartlar yeterince göz önüne alınmadığı için bir çok insan, imara açılan sel yatakları ve çığ patikalarına yerleşmiş durumdadır. Hatta bu nedenle hiçbir uyarı sisteminin olmamasından dolayı da hayatını kaybetmektedir. Birçok şehrimiz de yaşayan insanlar da hava kirliliği problemi ve sıcak hava dalgalarından önemli ölçüde etkilenmektedir.

Yüzyıllardan beri doğanın ayrılmaz bir parçası olarak kuraklık, fırtınalar, seller ve benzeri meteorolojik afetler, sürekli ve önemli miktarlarda can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Türkiye’de önceki dönemlerde yağın yağmur ve erimiş kar akımları su toplama alanlarına herhangi bir müdahale ve afete neden olmaksızın serbestçe akıp gidebiliyorken günümüzde, çoğalan nüfusun, çarpık şehirleşmenin ve kırsal kesimdeki bilinçsiz yerleşimin sonucu olarak aşırı yağış, çığ, heyelan vb. meteorolojik afetlere daha fazla maruz kalınmaktadır. Diğer bir deyişle, ülkede meteorolojik karakterli afetlerdeki can ve mal kayıpları giderek ve hızla artmaktadır.

Ayrıca küresel iklim değişimi sonucunda son yıllarda giderek artan bir şiddette ve sıklıkta meydana gelen kuraklık, ani sel ve kıyılarda yaşanan su baskınlarında önemli artışların olması ve bunun sonucunda gelecekte de daha büyük can ve ekonomik kayıplara neden olması beklenmektedir.

Meteorolojik ve Hidrolojik Afetler Programının **vizyonu**, Atmosfer ve Yer Bilimleri Araştırma Konularında elde edilecek her türlü sonucu, Türkiye ve çevresini kapsayan boyutta, insan yaşamına yönelik faydaya dönüşmesini sağlamaktır.

Meteorolojik ve Hidrolojik Karakterli Doğal Afetler Programının **misyonu**, Türkiye ve çevresindeki coğrafyada meydana gelen meteorolojik ve hidrolojik kaynaklı olguları daha iyi anlamak ve en yüksek kalitede bilimsel bilgiyi sağlamak üzere atmosfer, iklim, doğal çevre, karasal sular ve denizler hakkında bilimsel araştırmaları teşvik etmek, etkin veri paylaşımı ve eşgüdümü sağlamaktır.

Bu ortak programın **amacı**; modern teknikler kullanılarak, meteorolojik ve hidrolojik kaynaklı afetlerin etkilerini azaltmaya yönelik bilimsel projeler geliştirilmesini ve kurumlar ile üniversiteler arasında eşgüdümü Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB) çalışmaları çerçevesinde sağlamaktır.

Türkiye’de meteorolojik gözlemler DMI, DSİ, Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİEİ) ve Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM) gibi ayrı kamu kurumları tarafından yapılmaktadır. Oluşan bu yapıda, kaynakların etkin kullanımında ve afet olgusu taşıyan ülke sorunlarının çözümüne yönelik hususlarda kuvvetli bir koordinasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, anılan kurumlar arasında etkili bir iletişim ve kontrol mekanizması kurulmalıdır.

Çığ afeti zararlarının azaltılması ve/veya ortadan kaldırılması için gerekli olan tahmin ve uyarı çalışmalarına veri sağlayacak nivolojik ölçümler yapılmalı ve kar profili çıkarma çalışmaları gerçekleştirilmelidir. Bunun için kurulacak rasat ağı vakit kaybetmeden tesis edilmelidir. Bu çerçevede, havza ölçeğinde toprağın nem durumunu, kar örtüsünü, fırtınanın etkili olma süresini, yağmış ve yağacak olan yağışın miktarlarını vb. belirleyip tahmin eden ve nehirdeki akışı ve yükselmeleri sayısal modeller ile bir bütün içinde sürekli olarak takip edip sel ihbarlarını yapacak şekilde donatılmış proje çalışmalarına ihtiyaç vardır. Bu çerçevede, Ülkemizde öncelikle atmosfer koşullara bağlı olarak oluşan ani ve aşırı yağışların tahmin edilerek sel, taşkın ve çığ tahmin uyarılarının yapılması gereklidir.

Yukarıda verilen bilgiler ışığında, hidrolojik ve meteorolojik kaynaklı doğal afetlerin etkilerinin azaltılması amacına yönelik olarak oluşturulan bu program “meteoroloji” ve “hidroloji” adı altında iki ana bölümden oluşmaktadır.

Özet olarak, Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülkenin, sağlıklı ve hızlı bir ekonomik kalkınmaya önemli katkısı olabilecek meteoroloji ve hidroloji bilimine, meteorolojinin günlük yaşam, ticaret ve endüstri ile iç içe girmiş olduğu gelişmiş ülkelerden çok daha fazla ihtiyacı vardır. Meteorolojik afetlerde can ve mal güvenliğinin sağlanabilmesi için de ülkemizde öncelikle atmosferik koşullara bağlı olarak oluşan ekstrem olayların tahmin edilerek, uyarılarının yapılabilmesi gereklidir. Bu kapsamda, ilk aşamada Türkiye geneli, Türk Hava Sahası ve Denizlerinde can ve mal güvenliğine katkıda bulunarak ulusal ekonomiyi kuvvetlendirmek için hava, su ve iklimle ilgili tahminler ve uyarılarda bulunmak; hava, su ve iklim verilerini ve veri tabanlarından üretilen bilgileri kamu ve özel sektöre ait kurum ve kuruluşlar, kamuoyu, özel ve tüzel şahısların kullanımına sunabilmek için kurumsal kapasite geliştirilmesine yönelik çalışmaların yapılması gerekir.

Bu kapsamda, ilk aşamada Türkiye kara alanları, hava sahası ve denizlerinde can ve mal güvenliğine katkıda bulunmak suretiyle ulusal ekonomiyi kuvvetlendirmek ve kurumsal kapasite geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapmak için,

- Hava, su ve iklim verilerini belirli bir düzen ve plan içerisinde toplanmasını sağlamak ve bunları uygun veri organizasyonu (tabanları) dâhilinde yapılandırmak,
- Bu verileri kullanarak hava, su ve iklimle ilgili tahmin ve uyarılarda bulunmak,
- Üretilen bilgileri kamu ve özel sektöre ait kurum ve kuruluşlar ile özel ve tüzel şahısların kullanımına sunmak gerekmektedir.

## 2. METEOROLOJİK ve HİDROLOJİK OLGULAR

### 2.1 GİRİŞ

Meteoroloji, atmosferde meydana gelen olayları gözlemek, analiz ve tahmin etmekle birlikte, onların tüm canlılar ve çevre açısından doğuracağı sonuçları inceleyen bir bilim dalıdır. Hidroloji, yerküresinde suyun çevrimini, dağılımını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevreyle ve canlılarla karşılıklı ilişkilerini inceleyen temel ve uygulamalı bir bilim dalıdır. Su kaynaklarının geliştirilmesi çalışmaları amacıyla yapılan tüm mühendislik çalışmalarında Hidroloji önemli bir rol oynar. Suyun çeşitli maksatlarla kullanılması, su miktarının ve kalitesinin kontrolü için yapılan çalışmaların planlama, tasarım, inşaat ve işletme aşamalarında suyun miktarı ile bilgilerin sağlanması hidrolojik çalışmalar ile mümkündür.

Meteorolojinin öncelikleri şüphesiz insanın can ve mal güvenliğidir. Bununla birlikte ülkemizde sel, fırtına, kuraklık, çığ, hava kirliliği, vb. meteorolojik karakterli afetler ile ilgili mevzuatta bulunan bazı hususlar, uygulamada, zarar azaltma ve hazırlık çalışmalarına yeterli derecede yansımamaktadır. Sonuç olarak Türkiye'de meteorolojik afetlere karşı gelişmiş ülkelerde olduğu gibi tahmin, erken uyarı, bilgilendirme, planlama ve eğitim çalışmalarının yeterince yapılamayışı, büyük kentlerimizde normal hava şartlarında dahi güçlükle yürütülen sosyo-ekonomik faaliyetleri, şiddetli hava koşullarında büyük ölçüde problemlere neden olmaktadır.

Günümüzde yüksek teknolojiye dayalı hızlı kent yaşamı ve sosyo-ekonomik etkinlikler, hava şartlarına karşı daha duyarlı bir hale gelmiştir. Yükselen eğitim seviyesi ile birlikte artan toplumsal bilinçlenme ve ihtiyaçlar nedeniyle artık ülkemizde de daha ayrıntılı ve yerel hava durumu programlarına ve meteorolojik bilgi ve uyarılarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Diğer yandan, kamu ve özel nitelikli çeşitli teşkilatlarca yürütülen çalışmalarla su kaynaklarının daha iyi bir şekilde planlanması ve su yapılarının projelendirilmesi ile başta insan can güvenliği olmak üzere, suyun enerji, tarım, evsel ve sanayi gibi maksatlarla toplum yararı için daha verimli olarak kullanılması sağlanmaktadır.

Meteorolojik ve Hidrolojik çalışmaların birlikte yürütülmesi ile hidro-meteorolojik nedenlere bağlı afetlerin etkilerinin en aza indirilmesi mümkün olabileceği gibi, su kaynaklarının geliştirilmesi ve planlanması faaliyetlerinde iklim değişiminin mevcut ve olası etkileri göz önünde bulundurulabilecektir.

Ülkemizde bireyler ve çeşitli sektörler için göz önünde bulundurulması gereken belirgin meteorolojik ve hidrolojik afetler ve bunlarla ilgili tespitler aşağıda özetlenmektedir.

## 2.2 Meteorolojik Karakterli Doğal Afet Olayları

**2.2.1 Sel ve Fırtınalar:** Seller ile mücadelede öncelikle oluşum süreleri ve yerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Gerçekte seller, oluşum süreleri bakımından ikiye ayrılır: (1) Normal Sel (floods), bir hafta veya daha uzun bir süre içinde oluşabilir, (2) Ani Seller (flash floods), 6 saat içinde oluşabilir. Ani seller, çöller dahil, dünyanın her tarafında ve sıkça görülür.

Normal seller ise oluşma yerleri bakımından dörde ayrılır:

- (1) Dere ve Nehir Selleri (taşkın),
- (2) Dağlık Alan Selleri,
- (3) Şehir Selleri,
- (4) Kıyı Selleri.

Sel nedeniyle meydana gelen ölümler, gelişmiş ülkelerde bireysel hatalar ve önlenemeyen doğal etkiler nedeniyle oluşurken, Türkiye'de kamu ve yerel yönetimlerin denetim, kontrol ve izleme konularındaki yetersizlikler ve uyarı sistemlerinin mevcut olmaması sonucu oluşmaktadır.

### 2.2.2 Çığlar

Dağlık ve eğimli arazilerde özellikle kış ve ilkbahar aylarında bir kar kütesinin çeşitli nedenlerle bulunduğu yerden koparak dağın yamacı boyunca yuvarlanması veya kayması ile ortaya çıkan ve insanoğlunun karşılaştığı en önemli doğal afetlerden biri olan çığlar oluştuğu bölgelerdeki yerleşim birimlerinde büyük can ve mal kaybına sebep olurlar. Ülkemizde de Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde, Karadeniz Bölgesinin iç kesimlerinde birçok yerleşim birimi karla kaplı, orman örtüsünün yok edildiği sarp yamaçlarda bulunmakta ve gelişmektedir. Bu nedenle, bu yerleşim birimlerinin çoğu çığ tehdidi altındadır.

Tutulan arşiv kayıtlarına göre, Türkiye'de, 1890-2004 yılları arasında, 34 ilde meydana gelen toplam 552 çığ olayında toplam 1283 kişi hayatını kaybetmiştir. Maddi kayıplar hakkında, bugüne kadar Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nce yerleşim yerlerinde yapılan incelemelere göre nakledilmesine karar verilen hane sayısı 5500 civarında olup, bugünkü rayice göre her bir hane nakli devlete yaklaşık 45 Milyar TL (32 000 \$) mal olmaktadır. Elde mevcut istatistiklere göre Anadolu'daki çığ olaylarının yaklaşık olarak % 80'i Ocak ve Şubat aylarında ve hemen hemen tamamı kuzeydoğu, doğu, ve güneydoğu Anadolu'nun dağlık kesimlerinde meydana gelmektedir.

Çığ, yerleşim yerlerini birbirine bağlayan köy yollarını ve ülke ekonomisi için can damarı görevi gören şehirlerarası karayollarını da etkilemektedir. Tutulan kayıtlara göre 1983 yılından bu yana karayollarını etkileyen 483 adet çığ olayı meydana gelmiştir. Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından son yıllarda başlayan çalışmalarda, karayollarında meydana gelen çığ olayları izlenmekte, çığ olayından etkilenen karayolu kesimleri için çözümler türetilerek, yapılması gerekli çalışmalar ortaya konulmaktadır. 1991-1992 kış mevsiminde Güneydoğu Anadolu'da sadece TCK 11.(Van) Bölge Müdürlüğü, toplam 2230 km.'lik yolda 75 gün süreyle tam gün yapılan kış mücadelesinde 620 personel ve 230 parça makine parkı (greyder, loader, düz

bıçaklı kamyon, vb.) kullanılarak toplam 37 milyon m<sup>3</sup> kar ve 1.7 milyon m<sup>3</sup> ığ krnmştr. 1991-1992 kış mevsiminde kar ve çığ mücadelesinde, sadece Karayolları Van Bölgesi tarafından o günkü birim fiyatlarla 37 milyar TL harcanmıştır.

ığ bölgelerinde can ve mal kaybını önlemek ve ığların tahrip ediliciğini azaltmak için, çığ güzergahlarını değiştirmek, setler, çığ tünelleri, çığ siperleri inşa etmek v.b. gibi çeşitli yöntemler mevcut ise de çığ afetine karşı en ekonomik ve en etkili savunma ve korunma yöntemi çığ öngörüsüdür. ığlar en karmaşık doğa olaylarından biridir. Bugünün teknolojsi ile kar tabakalarını gözleyerek ığın oluşacağının önceden tesbit edilmesi mümkün değildir. Bu nedenle ığın oluşumunu tümüyle tahmin etmek mümkün değildir, fakat çığı ortaya çıkaran şartlardan hareket ederek örneğin, atmosferik şartların değişmesiyle kar kütlelerinin kayma ihtimali veya artan sabitlik derecesi arasında bir ilişki kurularak, hava gibi çığ öngörüsü de yapmak, çığ şartlarını gözleyip tehlikenin derecesi hakkında fikir yürütmek oldukça yararlı ve gereklidir.

ığ araştırmalarında standart olarak kabul edilen dünyanın en eski çığ araştırma ve tahmin merkezi İsviçre'deki Federal Institute for Snow and Avalanche Research (FISAR), 1945 den beri kar tabakalarının özellikleri, çığ olayları ve arşivlenmiş meteorolojik veriler arasında ilişkiler kurarak çığ tehlikesi ile ilgili tahminler yapıp çığ ikaz bültenleri yayınlamaktadır.

ığ oluşumunda yre, topografik ve meteorolojik koşullar etkilidir. Bu nedenle, tahmin yöntemlerinden önce çığ oluşum olasılığının hangi yörelerde ve hangi topografik koşullar altında yüksek olduğunu belirlemek gerekir. Bu makro düzeyde yani ülke çapında uzaktan algılama, jeolojik incelemeler ve tarihsel verilerin analizi ile yapılmaktadır. Ancak tek bir yöntem hiçbir zaman başarılı olamamıştır. Mikro düzeyde ise belli bir çığ bölgesinin hangi kesimlerinde çığ olasılığının daha fazla olabileceğini tahmin etmek mümkündür.

UNESCO tarafından "Doğal Afetleri Zararlarını Azaltma 10 Yılı" IDNDR Programı olarak belirlenmiş olan 1990-2000 döneminde, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Başkanlığında toplanan ve ilgili resmi dairelerden ve niversite temsilcilerinden oluşan "ığ Alt Komisyonu", yaptığı toplantılar sonunda değişik kamu kurumlarında konuyla ilgili kişileri bir araya getirmiş ve yapılması gereken çalışmalar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından her yıl düzenli olarak yayınlanan Genelge ile çığ riski bulunan illerde, ilgili devlet dairelerinin katılımıyla, ığ Afet Grupları oluşturulmakta, bu gruplar en yakın meteoroloji istasyonlarından alınan meteorolojik veriler (mevcut kar derinliği, günlük yeni kar derinliği, sıcaklık, rüzgar hızı ve yönü) ve topoğrafik yapıyı da dikkate alarak ikazlar yapmaktadırlar.

1994 yılından bu yana çalışmalarını detaylandıran Afet İşleri Genel Müdürlüğü, gerçekleştirdiği ulusal ve uluslararası proje çalışmalarına paralel olarak "Karar vericilerin bilgilendirilmesi", yerel halkın konu ile ilgili bilgilerinin arttırılması, çığa maruz kalabilecek teknik ve arazi elemanlarının bilgilendirilmesi amaçlarına yönelik olarak hazırladığı kitap (ığ El Kitabı), broşür, makale, kitapçık ve szlklerle, 2001 yılından bu yana faaliyette olan web sayfası ([www.ciggrubu.org](http://www.ciggrubu.org)), okullarda verdiği afet dersleri, arama-kurtarma ekiplerine verdiği uygulamalı eğitimler ile çalışmalarına halen devam etmektedir.

### 2.2.2.1 ığ Alanlarının Haritalanması

ığ tehlikesinin boyutlarının belirlenebilmesi için çığ risk bölgeleri haritalarının hazırlanması ve çığ tahmin merkezlerinin kurulması gerekir. Öncelikle geçmiş yıllara ait çığ arşiv kayıtlarını incelenerek hazırlanan TUBİTAK araştırma projesi kapsamında, 1/1.000.000 ölçekli çığ bölgelerini belirleyen harita hazırlanmıştır. Bu haritaya yol ve yerleşim merkezlerinden uzak, ormansız, çıplak yamaç eğimi %25'den fazla olan, çok kar alan arazilerde düşen çığlar, insanı etkilemedikleri için dahil edilmemiştir. Bu alışma deprem bölgelerini gösteren haritaya benzer bir çığ haritası oluşturulması amacına yönelik olarak faydalı bir başlangıç olmuştur. Ancak iskan müsaadesi verebilmek için yeterli hassasiyette değildir.

Bir bölgede çığ tehlikesini değerlendirebilmek için 1/25.000 ölçekli çığ haritalarının hazırlanmasına Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 1994 yılında uluslar arası bir proje ile başlanmıştır. Daha detaylı olan 1/1000 ve 1/5000 ölçekli haritalar ığ Risk Haritaları olup, detay çalışma gerektiren İmar Planına esas olan haritalardır ve yavaş yavaş yapılmaya başlanmıştır. 1/25.000 ölçekli haritalar proje pilot sahası olan Trabzon, Rize ve Bayburt illeri genelinde başlanmıştır. Zaman içinde imkanlar nispetinde tüm ülkeye yayılmaya çalışılmaktadır.

Zaman içinde Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nün çalışmaları daha da detaylandırılmış ve sadece temel olarak nivolojik ve meteorolojik ölçümlere ve kar profillerine dayanan modelleme, tahmin, uyarı ve önlem yapılarının projelendirilmesinin yapılabilmesi faaliyetleri yüzeysel boyutta kalmıştır.

Yukarıda sıralanan yapılmış çalışmalardan da anlaşılacağı üzere bu çalışmaların koordine edilmesi ve gerekli finansman sağlandıktan sonra yapılan çalışmaların güncelleştirilmesi ve en önemlisi gerçekleştirilen proje sonuçlarının kamusal sorumluluk üstlenen birimler tarafından kullanılması ve toplum hizmetine sunulması gerekmektedir.

**2.2.3 Hortum ve su hortumu:** Hortum (tornado), dünyanın her yerinde meydana gelen insanların canı ve malı için önemli tehlikeler oluşturan atmosfer olaylarından biridir. ABD'de yılda ortalama 700 hortum oluşmakta ve 100 kişi ölmektedir. Her ne kadar Türkiye'de hortumlar ABD'de gözlendiği kadar şiddetli ve sık olmasa da özellikle Çanakkale'den Tokat'a kadar olan güney ve orta Anadolu bölgesinin hortum gerçeğinden soyutlanması mümkün değildir.

**2.2.4 Orman Yangınları:** Orman yangınlarının çoğuna bilerek veya bilmeyerek insanlar neden olur; hava şartları ise yangınlarda önemli bir evre ve tetik faktörüdür. Her yıl yıldırımların sebep olduğu yangınlar Türkiye'de yaklaşık olarak 140 hektarlık ormanı tahrip etmektedir. Dünyada ise bir günde ormanlara düşen yıldırım sayısı 500,000 olarak tahmin edilmektedir. Ayrıca küresel ısınma ile birlikte ülkemizin kurak kesimlerinde yüksek sıcaklıklar nedeniyle orman yangını mevsimi süresi ve sayısında artışlar olması beklenmektedir. Orman yangınları ile mücadelede yangına erken müdahale esastır. Bunun için güvenilir ve uzun vadeli özel hava tahminleri büyük önem arzeder. Yangın söndürme ekiplerinin, özel meteorolojik indeksler ile belirlenecek olan, yangın potansiyeli ve olasılığının yüksek olduğu yerlere önceden gönderilmesi ve bazı önlemlerin alınması yoluna gidilmelidir.

**2.2.5 Sıcak Hava Dalgaları:** Çok sıcak ve nemli havalarda, havadaki yüksek nem vücuttan terin buharlaşmasını yavaşlatır. Terin buharlaşması canlılar için doğal bir soğuma mekanizmasıdır. Sıcak, nemli hava sadece bunaltıcı değil aynı zamanda insan sağlığı için de tehlikelidir. Yüksek sıcaklık ile nemin birlikte oluşması ölümlere sebep olabilir.

Özellikle kıyılarımıza yazın hakim olan nemli ve sıcak havada, havanın bunaltıcılığı ve dolayısı ile psikolojik rahatsızlık, astım, beyin kanamaları ve kalp krizleri başta olmak üzere özellikle çocuk, yaşlı, hasta ve kilolu insanların bir çok sağlık probleminde ciddi artışlar olmaktadır. Küresel ısınma ile birlikte ülkemizde sıcak hava dalgaları daha sık, daha uzun süreli ve şiddetli olabilecektir.

İnsanların hissettikleri hava sıcaklıklarının 40.6°C ve daha yüksek olduğu günlerdeki hava şartları “Sıcak Hava Dalgası” olarak adlandırılır. Sıcak hava dalgasının en az iki gün süreceği belirlendiğinde de halka “Sıcak Hava Dalgası” ihbarları yapılması gerekir. Özellikle yazın açık havada yapılan işlerde çalışanlar, yaşlı ve hastaların sağlığını korumak için Sıcak Hava Dalgası yaşanmasa da bunaltıcı gün ve saatlerin önceden belirlenmesi ve hava durumu programları ile halka her gün duyurulması gerekir.

**2.2.6 Hava Kirliliği:** Hava kirliliği, birinci derecede atmosfere salınan kirleticilerin miktarına bağlıdır. Günlük hayatta atmosfere salınan kirleticilerin miktarı değişmediği halde hava kirliliğinde günden güne değişiklikler olduğu gözlenir. Gerçekte, hava kirliliği problemlerinin tehlikeli boyutlara ulaştığı günlerde, genellikle atmosfere salınan kirleticilerin sayısındaki bir artış değil, hava şartlarının değişmesi en büyük rolü oynar.

Kentsel hava kirliliği ölçümü ve fosil kökenli yakıtların envanteri Hıfzısıha Enstitüsü, Belediyeler ve Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre birimlerince yapılmalıdır. Değişik hava şartlarında, kirleticilerin atmosferde nasıl yayılacağını ve hava kirliliğinin tehlikeli boyutlara ulaşip ulaşamayacağını, enversiyon seviyesi, karışma yükseklikleri, tabaka kalınlıkları, konverjans/diverjans sahaları analiz edilerek kirlilik, tehlikeli bir seviyeye ulaşmadan önce hava durumu programları ile halkın bilgilendirilmesi mümkündür ve gereklidir.

**2.2.7 Asit Yağışları:** Yüksek emisyonlu bacalardan atmosfere yayılan kükürt ve azot oksitler, asit yağmurlarına dönüşerek bitkilere, göllere, akarsulara, ormanlara, hayvanlara, toprağa, suya, binalara ve insanlara önemli zararlar vermektedir. Özellikle uzun bacaları ile atmosfere bol miktarda kükürt dioksit salan termik santraller ve diğer sanayi tesisleri çok ciddi asit yağışı problemine ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Asit yağışları, binlerce kilometre uzaklıkta da etkili olarak uluslararası sorunlara yol açmaktadır.

**2.2.8 Kimyasal ve Nükleer Serpinti:** Sanayi tesislerinde ve nükleer santrallerdeki olası bir kazanın ve patlamanın atmosfere bırakacağı kimyasal ve radyoaktif kirleticiler ile yüklenen hava parselleri de rüzgarlar vasıtasıyla çok uzaklara taşınabilir. Her ne kadar Türkiye’de henüz nükleer bir santral mevcut değilse de, eski doğu bloğunun kullandığı eski teknolojiye sahip ülkelerin yer aldığı büyük kirletici kaynağı olan orta ve doğu Avrupa’nın rüzgar-altı kısmında bulunan Türkiye için bu tehlike her zaman mevcuttur. Bu şekilde Chernobil kazasında nükleer kirleticiler, Doğu Avrupa’dan atmosfere salınan endüstriyel duman ve tozlar ile birlikte, nükleer kazadan bir kaç

gün sonra Türkiye'ye ulaşmıştı. Bu nedenle, kimyasal ve nükleer serpintiler için erken uyarı meteorolojik olarak yapılmalıdır.

**2.2.9 Yıldırım:** Tek bir yıldırım, 100,000 amper kadar büyüklükte elektrik akımı oluşturabilir çarptığında insanları ve hayvanları elektrikle yükleyebilirler. Örneğin, ABD'de yılda en az 250 kişiye yıldırım çarpmakta ve 100'ün üzerinde can kaybı olmaktadır. Birçok kurban tarlada çalışırken, ata binerken, dışarıda oynarken, spor veya çobanlık yaparken, dağlarda gezerken ya da küçük teknelerle denize açılmışken dolaylı veya doğrudan yıldırım tarafından çarpılmıştır. Yıldırımlardan dolayı olan can ve mal kayıplarını azaltabilmemiz için insanlarımızın açık arazide, bina içinde ve otomobilde nasıl davranmaları gerektiği ve yıldırım ile ilgili uyarıların, ilk yardım hakkındaki bilgilerin, gerekli zamanlarda hava durumu programları ile verilmesi gerekir.

**2.2.10 Ulaşım Aksaklıkları:** Ulaşım da ekonomi, düzen, mal ve can emniyetinin sağlanabilmesi, modern karayolu, demiryolu, deniz yolu ve havaalanlarının planlanması ve bu yollardaki ulaşımın her aşaması meteorolojik şartların göz önünde bulundurulması ile mümkündür. Otoyol ve büyük şehirlerdeki trafiği felce uğratan sağanaklar, aşırı kar yağışı, yoğun sis, buzlanma, kuvvetli rüzgarlar gibi meteorolojik olaylar ile etkili mücadele, ancak problemin boyutlarının bilinmesi ve bunlara karşı hazırlıklı olunması ile mümkündür. Bununla beraber havalimanları yer seçiminde meteorolojik şartlar göz önüne alınmadığı gibi hiçbir şehrimizin Kar Acil Durum Planı yoktur.

Uçaklar iniş ve kalkışları esnasında meteorolojik olaylardan daha fazla etkilenirler. Yoğun sis, kar, buzlanma, rüzgâr kaymasına bağlı olarak birçok uçak kazası oluşmakta ve sefer tehirleri olmakta, bu da büyük can ve ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bu nedenle havaalanları için yer ve pist doğrultularının belirlenmesi için seçilecek yerin klimatolojik analizinin yapılması gerekir.

**2.2.11 Büyük Ölçekli İklim Olayları:** Pasifik Okyanusu kıyılarında gözlenen El Niño ve La Niña olayları, dünyanın herhangi bir bölgesinde meydana gelen iklim olaylarının diğer bölgeler üzerinde de ne denli etkili olabileceğinin en önemli kanıtlarından biridir. Türkiye gibi tropiklerin dışındaki bir çok ülke (ABD, Japonya) için de El Niño yıllarının tahmini tarım alanlarının planlanması, su kaynaklarının yönetimi, tahıl, petrol ve doğal gaz stoklarının belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır.

**2.2.12 Kuraklık ve Çölleşme:** Kuraklık, çok yavaş gelişen ve çok kapsamlı sosyo-ekonomik zararlara neden olan en büyük doğal afettir. İklimin su kaynaklarını ve tarımı etkilemesinin bir yolu da kuraklıktır. Normal iklim şartlarında iklimin değişken karakteri, yer yer ve zaman zaman kuraklıklara neden olmakta ve bu da Türkiye tarımını ve su kaynaklarını olumsuz şekilde etkilemektedir. 2030 yılında bu yüzyılın başındaki CO<sub>2</sub> miktarının iki katına çıkması ve Türkiye dahil Güney Avrupa'yı içine alan bölgede sıcaklıkların kışın 2 °C, yazın ise 2 ila 3 °C arasında yükselmesi beklenmektedir. Sıcaklıkların artması ise kurak bölgelerimizin çölleşmesine neden olabilecektir. Kuraklığın ülkemizde artması ile şehir ve ülke sınırlarımızı aşan nehirlerin kullanımı dahil bir çok uluslararası, ulusal ve yerel su kaynağının paylaşımı problemi ortaya çıkabilecektir.

Kuraklık su kaynaklarının yetersizliği nedeniyle su talebinin karşılanamaması olarak ortaya çıkmaktadır. Su kaynakları ile ilgili olarak, bu dengesizliğin belirlenmesi, takip edilmesi ve etkilerinin azaltılması ile ilgili alınacak tedbirler ve yapılacak

planlamalar doğal olarak hidrolojik çalışmalarla sağlanacaktır. Bu nedenle taşkında olduğu gibi kuraklıkta hidrolojik karakterli doğal afetler grubuna da dahil edilmelidir.

Dünya Meteoroloji Teşkilatı, bünyesindeki İklim Komisyonu verilerine dayanarak, Akdeniz ikliminde yer alan Türkiye'nin kuraklık gerçeği ile karşı karşıya olduğuna dikkati çekerek, yağışların artmasının kuraklığı kısa sürede ortadan kaldırmayacağını belirtmiştir.

Kuraklık, en yalın haliyle doğadaki suyun yetersizliği, yağışın yeterli olmaması ve anormal kuru havanın uzun süre devam etmesi sonucu hidrolojik dengenin bozulması ve bu çerçevede su teminindeki azalma nedeniyle bitkilerin zarar görmesini doğuran doğal bir afet, diğer bir ifadeyle doğal bir kıran olarak tanımlanmaktadır.

Kuraklık aşağıda belirtilen üç ayrı şekilde kendisini hissettirmektedir:

- **Meteorolojik Kuraklık:** Yağış miktarının normal değerlerin veya uzun periyotlu ortalama değerlerin altında olmasıdır.
- **Hidrolojik Kuraklık:** Havzalarımızda, yüzey ve yeraltı suyu potansiyelinin canlı yaşamın ihtiyacının karşılanmasında yetersiz kalacak normal değerlerinin altında olması durumudur.
- **Tarımsal Kuraklık:** Topraktaki nemin bitki su ihtiyacını karşılayamamasıdır.

Birçok gelişmekte olan ülkelerde, *su kıtlığı* hem ziraat hem de sanayi sektörleri için giderek artan bir şekilde sınırlayıcı bir faktör olmakla birlikte; ülkeler arasında olabilecek sorunların başında gelen önemli bir potansiyel ve şehir sanayi sektörü ile taşra ziraat sektörü arasındaki artan yarışın da kaynağıdır.

Ülkemizin yarı kurak iklim kuşağında olması nedeniyle yıl bazında ve uzun periyotlarda su yetersizliği ile karşılaşmamız doğal olarak beklenmektedir.

Su potansiyelimizin sabit kalmasına rağmen, nüfusumuzdaki artış, sanayileşme ve yaşam standardındaki gelişme ve projeli sulama sahalarındaki artış nedeniyle suya olan talep sürekli artmaktadır. Yağışlı periyotlarda akışa geçen suyun yeterli ölçüde depolanarak kurak periyotlarda kullanılmasını temin edecek tesislerin inşa edilmesinde hedeflenen seviyeye ulaşılamaması nedeniyle, son yıllarda yağışlarda görülen yetersizliğe benzer doğal olaylar meydana geldiğinde, su ihtiyacının temininde sorunlarla karşılaşmaktadır.

Su sektöründeki yatırımlarımızın gerçekleştirilerek bu alandaki potansiyelimiz planlanan düzeye getirildiğinde ülkemizin meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklıklardan etkilenmesi asgari düzeye indirilmiş olacaktır.

Yarı kurak iklim kuşağında bulunan ülkemizde yaz ayları yok denecek seviyede yağış almaktadır. Bunun tek istisnası Karadeniz bölgesidir. Kuraklık tehdidi, yağışlı mevsimlerimizdeki yağışların azlığından kaynaklanmaktadır. Kısa süreli meteorolojik-sinoptik çalışmalar ve analizler yağış azlığını doğrulamaktadır. Ancak, bir veya iki ay sonra yağışların hangi ölçüde olacağını önceden kestirme olanağı yoktur. Bu nedenle, orta ve uzun vadedeki sorunlar da göz önünde, bulundurulurken kısa vadede "*su kıtlığı*" ve "*kuraklık krani*" na karşı aşağıdaki önlemlerin alınmasında yarar görülmektedir.

- *Hidrolojik kuraklık*'ın varlığı ve devam ettiği tüm vatandaşlarca kabul edilmelidir.
- Her kuruluş, kurum ve kişi suyu azami ölçüde tasarruflu kullanmalı, çok gerekli olmayan su kullanımlarından önümüzdeki periyotta vazgeçilmelidir.
- Çiftçiler daha az su tüketimi olan ürünleri yetiştirmeye yönlendirilmelidir.
- DSİ Genel Müdürlüğünün bilgisi dışında kontrolsüz yer altı suyu çekimleri önlenmelidir.
- Kuraklık izleme ve mücadele merkezi oluşturulmalıdır.
- DSİ'nin koordinatörlüğünde DMİ, EİE ve KHGM arasında eşgüdüm sağlanarak gerekli çalışmalar yapılmalıdır.
- Ülkemizde, uzun periyotlarda karşılaşılması doğal olan bugünkü şartlar benzeri mevcut kuraklığın, küresel ısınma ve/veya iklim değişikliğine bağlanmasının çok erken olacağına bilinmesinde yarar görülmektedir.
- Konunun ekonomik yönü de göz önünde bulundurularak imkanlar ölçüsünde atık suların bir kısmı arıtılarak yeniden kullanılmalıdır.
- Su kaynaklarımızın geliştirilmesi ve kontrolü çalışmalarında görev alan kamu kuruluşlarının personel, ödenek ve bütçe sorunları iyileştirilmelidir.
- Meteoroloji ve hidroloji eğitimleri desteklenmeli, stokastik hidroloji, modelleme eğitimlerine gerekli önem verilmelidir.

Kuraklık gibi en kapsamlı sosyo-ekonomik zararlara neden olan, çok sinsi bir şekilde gelişen insanlığın yüzleştiği en büyük doğal afet, ülkemiz mevzuatında gerektiği şekilde yer almamaktadır. Kuraklığın etkisi en fazla, suya talebin en yüksek olduğu zamanlar hissedilir, ama o zaman herhangi bir önlem almak için artık çok geçtir. Bu nedenle örneğin, ABD'nin Doğu Eyaletlerinde kuraklık acil durum ve mücadele planları Ocak ayından itibaren yürürlüğe konulabilmektedir. Türkiye'de ise kuraklıkla mücadele için ne bir kurumumuz görevlidir, ne de afet mevzuatımızda yeri vardır. Böylece, Türkiye'nin köy, kasaba, şehir ve ülke bazında su talep ve arzları zamanında dengelenememekte ve suyun tasarruflu kullanılmasına yönelik kararlar geç kalınmadan alınıp yürürlüğe konulamamaktadır. Diğer bir deyişle kuraklık, bugün Türkiye'de gelişerek büyümektedir. İçme ve sulama suyu, sınırı aşan sular, ekolojik göçler, çölleşme, yok olan yaban hayatı, meralar, tarım alanları ve tarımsal üretim, azalan hidroelektrik üretimi gibi büyük problemler ile karşı karşıya olan ülkemizde de kuraklık, afet mevzuatına dahil edilmeli ve ulusal çıkarlarımıza hizmet edecek, su, hava ve afet politikaları hep birlikte ele alınarak kuraklıkla mücadele planları acilen geliştirilip uygulamaya konulmalıdır.

Türkiye nüfusunun % 35'i tarımla uğraşmaktadır ve ülkemiz tarımsal üretimi büyük ölçüde hava şartlarına bağlıdır. Gelişmiş ülkelerdeki gibi artık ülkemizde de "Tarımsal Amaçlı hava durumu raporları ve araştırmaları" ile çiftçilere ihtiyaç duydukları çok önemli ve özel bilgiler verilmeli ve onlara önlem alabilmek için yol gösterilmelidir.

**2.2.13 Don :** Hava sıcaklığının kritik değerin altına düşmesi bitkilerin gelişimini engellediği için özellikle meyve ve sebze yetiştiriciliğinde bir çok zararlara neden olur. Ülkemizde don olayı, daha çok Akdeniz ve Ege Bölgesinde Mart, İç Anadolu ve Trakya'da Nisan, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Haziran ayına kadar görülebilmektedir. Don gerekli önlemler alınmadığında üretimin düşmesine neden olarak ülkemizin ekonomisini olumsuz yönde etkilemektedir. Don tahmini ve uyarıları özellikle hem tarım hem de ulaşım sektörleri için önemlidir.

**2.2.14 Stratosferik Ozon Azalması:** Yaklaşık otuz yıl önce Antartika kıtasında yapılan ölçümlerle ortaya çıkan stratosferik ozonun azalması günümüzde Arktik ve orta enlemler üzerindeki yaşamı da son derece yakından ilgilendiren önemli bir sorundur. Stratosferik ozonun azalması sonucu yer yüzeyine ulaşan UV radyasyonun artışını önlemek üzere ozonun bozumuna neden olan maddelerin üretimi ve kullanımında küresel anlamda kısıtlamaya gidilmiş, bu konuda ciddi önlemler alınmıştır. Rio da yapılan Dünya Konferansı sonucunda kabul edilen Gündem 21, ozon tabakasının korunması, iklim değişimi ve çölleşme, enerji üretimi, şehir çevresi ve atmosferin korunmasına yönelik çalışmaları hedef almış ve bunları uluslararası anlaşmalarla korumayı hedeflemiştir.

Stratosferik seviyedeki ozonun azalmasının kloroflorokarbonlar (CFC'ler) ve halonlar gibi klorin ve bromin içeren insan kaynaklı gazlar neden olmaktadır. Son bir kaç on yıl içerisinde bu gazların atmosferdeki konsantrasyonlarının arttığı gözlenmiştir. CFC'ler ve halonlar stratosfere taşındıklarında uv-radyasyonla parçalanır, klorin ve bromin atomları açığa çıkar. Bu gazlar da ozonun yıkımına neden olur. Atmosferde sürekli olarak artan klorin ve bromin içeren kimyasallar son bir kaç on yıl içinde gözlenen ozon azalmasının temel nedenidir ve 1988 yılında ozon seyrelmesi maksimum seviyeye ulaşmıştır. Uluslar arası anlaşmalarla getirilen kısıtlamalar sonucunda ozon azalması kontrol edilmeye çalışılmaktadır.

İklim değişimi atmosfer kimyasını değiştirdiğinden ozon konsantrasyonu direk olarak iklim değişimi ile ilişkilidir. Gelen güneş radyasyonu veya dünya yüzeyinden yayınlanan uzun dalga radyasyonu ozon tarafından emildiği için stratosfer ısınır. Yüzeyden daha az enerji gelmesi halinde doğal olarak stratosfer soğur. Bununla birlikte ozonun azalması gelen enerjilerde bir değişim söz konusu olmasa dahi daha az emilmeye neden olduğundan stratosferin soğumasını sağlar ve daha fazla ozon yıkımını destekler. Dolayısıyla artan sera etkisi alt stratosfer seviyelerinde ozonun azalmasına, troposferde ise ozon artışına neden olacaktır. Ayrıca troposferdeki değişimler troposferden stratosfere hareket eden büyük ölçekli hava patenlerini etkiler. Patenlerin zayıflaması stratosferik rüzgar alanlarını zayıflatır ve tropiklerde oluşan ozonun yukarı enlemlere taşınımını yavaşlatır. Bu süreç pozitif bir geri besleme yaratarak atmosfer sirkülasyonunun değişimine neden olur. Artan sera etkisi ozon tabakasındaki geriye dönüşü geciktirir. Öte yanda ise ozon tabakası stratosferin rüzgar sirkülasyonunu etkiler. Stratosferik ozonun azalması ve buna bağlı olarak sıcaklık dağılımının değişimi polar jet akımlarının ve kış-ilkbahar polar vorteksinin güçlenmesine neden olarak yaz sirkülasyonuna geçişi geciktirir. Böylece kutup bölgelerindeki ozon azalmasının yazın da devam etmesine neden olur. Bu nedenle iklim değişimi çalışmalarında stratosferin kompozisyonunun, kimyasının ve dinamiğinin anlaşılması çok önemlidir. Özellikle geleceğe yönelik yapılacak iklim öngörülerinde ozon tabakasındaki değişimler de irdelenmelidir.

Orta enlemlerdeki ozon konsantrasyonu 1979'dan bu yana azalma yönündedir. Orta enlemlerdeki ozon tabakasının polar vorteksin kimyasal kompozisyonundaki

çalkantılardan nasıl etkilendiği, 1980 ve 1990 lardaki değişimlerin kısmen atmosfer dinamiğindeki doğal değişkenlikten mi meydana geldiği soruları gündemdedir. Bu nedenle orta enlemlerde hem yersel, hem uzaysal ozon gözlemleri ve modelleme çalışmaları önem kazanmaktadır.

**2.2.15 Deniz Meteorolojisi:** Denizlerdeki hava ve deniz koşulları, doğrudan ve dolaylı olarak birçok sektörle bağlantılıdır. Balıkçılık, deniz taşımacılığı ve ulaşımı, deniz turizmi, yatçılık başta olmak üzere, ulusal savunma planlamaları ve deniz tatbikatları, kıyı erozyonu kontrolü, özel kıyı ve deniz alanlarının korunması, liman planlanması, inşaatı ve işletilmesi, gibi konularda deniz meteorolojisi bilgileri çok büyük önem taşır.

Karalar üzerinde, meteorolojik gözlemler tüm yurdumuzda yapılmasına rağmen, denizlerimiz üzerindeki atmosfer ve deniz gözlemleri büyük boşluk oluşturmaktadır. Denizlerdeki rüzgar hızı ve yönü ile hamlesi, yer basıncı ve basınç tandansı, hava sıcaklığı, deniz yüzeyi sıcaklığı ile dalga yüksekliği ve dalga periyodu bilgilerinin bilinmesi yukarıda sözü edilen sektörlerle doğrudan katkıda bulunacağı gibi, kullanılmakta olan modeller için de bir bilgi girişi olanağı sağlayacaktır.

Bu amaca yönelik olarak yurdumuz denizlerine atılacak meteorolojik gözlem amaçlı şamandıralarla oluşturulacak bilgi ağı, ilerde denizlerimizde olabilecek meteorolojik karakterli afetlerin zararlarının daha aza indirgenmesinde önemli rol oynayacaktır. Aynı zamanda Sayısal hava tahmin modelleri yardımıyla , deniz dalga tahmin modellerinin gerçekleştirilmesi denizcilerimiz açısından son derece önemlidir.

**2.2.16 Olağandışı Hava Olaylarının Tahmini:** Dünyamızda yüzyıllardır meteorolojik karakterli doğal afetler sonucunda çok büyük miktarda can ve mal kayıpları meydana gelmiştir. Bu süreç günümüzün gelişmiş teknoloji ve bilgi çağına rağmen maalesef halen devam etmektedir.

Herhangi bir kuvvetli meteorolojik olayın (Maksimum Sıcaklık, Minimum Sıcaklık, Rüzgar, Yağış, vs.), yaşanacağı yerin çok yüksek çözünürlükle temsil edilmesi, oluşma zamanının, ne kadar şiddette olacağını en az 2-3 gün önceden tahmin edilmesi ve gerekli uyarıların uygun zamanda yapılmasıyla muhtemel can ve mal kayıplarının önlenmesi sağlanacaktır.

**2.2.17 Tarımsal Meteoroloji:** Canlıların yaşamındaki en önemli parametrelerden birisi hiç şüphesiz iklim koşulları gelmektedir. Türkiye’de tarım sektöründe çalışan çiftçilerin daha bilinçli, daha verimli ve katma değeri yüksek tarımsal ürünlere yönelmesi için Agroekolojik zonların belirlenmesine yönelik olarak Agroklimatolojik zonların belirlenmesi gerekir. Buna bağlı olarak tarımsal politikaların önceden belirlenmesi, ürün çeşitliliği ve ürün verimliliğinin geliştirerek ülke refahını artırmaya yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

**2.2.18 Dolu:** Cumulonimbus gibi konvektif bulutlardan yere düşen, farklı şekil ve büyüklüğe sahip, topa benzer veya düzensiz parçalar halindeki sert buz şeklindeki yağış türü. Büyüklükleri ve hızlı düşüşleri nedeniyle insan, hayvan ve bitkiler için tehlike yaratabilirler. Aynı tehlike uçaklar içinde söz konusudur. Dolu kış yağışı değil yaz yağışıdır.

Adyabatik sürecin bir aşaması. Teorik olarak bulut içinde yükselen havanın 0 ° C seviyesi yükseltisine ulaşması ve sıvı su içeriğinin donmaya başlama aşamasıdır.

Donma seviyesinde sıcaklığın sabit kaldığı, hava parselinin içerdiği suyun tamamının buz haline gelene kadar bulut içinde yükseldiği varsayılır. Teorik olarak düşünülen bu aşırı soğuma olgusunu gerçekte görmek olanaksızdır.

Dolu tahminlerinin yapılmasında, ravinsonde gözlemleri, meteorolojik radar gözlemleri ve uydu gözlemleri kullanılarak gerekli analizler yapılabilir. Bunlarla birlikte sayısal model uygulamaları ve analizleri dolu riski olan alanların belirlenmesinde son derece önemlidir. Genellikle orajla beraber oluşan dolu yağışı süresince orta kuvvette fırtına gözlenebilir. Tarımsal alanlar için son derece tehlikeli olan bu meteorolojik olayın tahminlerinin yapılması ve muhtemel ekonomik kayıpların önlenmesi gerekir.

**2.2.19 Sağlık Meteorolojisi (Biyometeoroloji):** Biyometeoroloji atmosferik süreçlerle yaşayan organizmalar (bitkiler, hayvanlar ve insanlar) arasındaki etkileşimi inceler. 1940' lardan itibaren biyometeorolojinin çalışma alanlarından biri olan insan biyo - meteorolojisi ile ilgili pek çok çalışma başlatılmıştır.

İnsan biyometeorolojisi, hava kalitesini dikkate alarak insanların kaliteli yaşamı için sağlık ve atmosfer arasındaki sebep - sonuç ilişkisini analiz eder. Hava kalitesinin yanı sıra soğuk, sıcak etkisi, ekstrem hava olaylarının da insan sağlığı ve yaşam kalitesine etkileri araştırılmaktadır. İnsan biyometeorolojisi ile ilgili çalışmalarda bugün gelinen nokta insan - çevre ilişkisi çerçevesinde termal konfor indisleri ve ısı dengesi modelleri oluşturulmasıdır.

**2.2.20 Erozyon** Türkiye'ye yağış bırakan hava sistemlerinin önemli bir bölümü, kuzeyli ve batılı akışlarla gelmektedir. Bu yağışlı hava sistemlerinin sadece %4'ü Türkiye üzerinde oluşan veya geliş yönü belirlenemeyen sistemlerle ilişkilidir. Bu koşullara bağlı olarak yıl içinde toplam en yüksek yağış miktarı değerleri, Karadeniz kıyı şeridinde gözlenmektedir, (Özer ve grubu, 1998). Türkiye, yeryüzeyinde toprak erozyonunun en aktif olarak gözlemlendiği ülkeler arasında yer almaktadır. Topraklarımızın %79'u değişik şiddette su ve rüzgar erozyonunun etkisi altındadır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin yaptığı hesaplar, ülkemizde toprak kalınlığının iki yılda yaklaşık 1mm aşındığını göstermektedir, (Sümer, 1995). Ülkemizde birim alandan taşınan toprak miktarı, Kuzey Amerika'dan 6 kat, Avrupa'dan 17 kat, Afrika'dan ise 22 kat fazladır. Süregelen erozyon olayı sonucunda, binlerce yılda oluşan topraklar, akarsularla deniz veya göllere taşınmakta, verimli üst toprakların kaybolması ile, bitkilerin beslenmesinde önemli rol oynayan mineraller azalmakta, bitki örtüsü tamamen ortadan kalkınca, kuraklık ve çölleşme başlamaktadır. Erozyon ayrıca en önemli çevre problemlerinden bir diğerine, su ve toprak kirliliğine neden olmakta, kimi ülkeler, toprak yıkama fabrikaları ile, bu çevre sorununa çözüm getirmeye çalışmaktadırlar. Erozyon olaylarının hızlanması sonucunda, meydana gelen sellerin frekansı ve şiddeti artmaktadır.

## **2.3 Meteorolojik Karakterli Doğal Afetlerin Zararlarının Azaltılması**

Meteorolojik karakterli afetlerin zararlarını azaltmak için çağlar boyu çeşitli yöntemler geliştirilip uygulanmıştır. Örneğin, Romalılardan beri insanlar seller ile mücadele etmek için barajlar ve su bentleri inşa etme yoluna gitmiştir. 1950'li

yıllardan sonra ise selden korunma kavramı büyük ölçüde değişmiştir. Büyük-küçük her dere ve nehir için bir baraj yapılamayacağı (şehir ve kıyı selleri) gibi, artık sellerin sadece nehirler ve dereler ile ilişkili olmadığı da görülmüştür.

Meteorolojik karakterli doğal afetleri deprem gibi diğer doğal afetlerden ayıran en önemli özellik, meteorolojik afetlerin "Önceden Tahmin Edilerek Erken Uyarılarının Yapılabilmesi"dir. Bu özellikten de yararlanarak, gelişmiş ülkelerin afet yönetim programlarının bir parçası olan meteorolojik tahmin ve erken uyarı, planlama ve eğitim ile can kayıplarında önemli azalmalar ve ekonomik zararlarda da önemli düşüşler sağlamıştır.

Bu nedenle, gelişmiş ülkelerde doğru arazi kullanım politikaları, hidro-meteorolojik gözlem ağıları, meteoroloji radarı, otomatik akım ve yağış istasyonları ve hidro-meteorolojik modeller ile doğru ve erken nehir/göl/deniz su seviye tahminleri ve uyarıları ile can ve mal kayıpları en aza indirgenmiştir.

Bu nedenle ülkemizde de meteorolojik karakterli sel, taşkın, çığ düşmesi dolu ve fırtına gibi doğal afetlerin zararlarını azaltmak ve gerekli tedbirleri alabilmek için bu tür afetlere yönelik tahminlerin yapılması ve erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Ülkemizde, örneğin havza ölçeğinde toprağın nem durumunu, kar örtüsünü, fırtınanın etkili olma süresini, yağmış ve yağacak olan yağışın miktarlarını vb. belirleyip tahmin eden ve nehirdeki akışı ve yükselmeleri sayısal modeller ile bir bütün içinde sürekli olarak takip edip sel ihbarlarını yapacak teknik kurumlarımızın kapasitesi geliştirilmeli ve gerekli bilimsel çalışmalar yapılmalıdır.

Erken uyarı ve tahmin sistemlerinin en önemli ve temel bileşeni atmosferin gözlenmesi ve meteorolojik, nivolojik parametrelerin ölçülmesi ve kar profillerinin çıkarılmasıdır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, meteorolojik sistemlerin modernizasyonu çalışmalarını başlatmış, meteorolojik bilgi talep eden bütün kullanıcılara en iyi hizmeti verebilmek, daha güvenilir bilgileri sürekli olarak sağlayabilmek ve modern teknoloji ürünü sistemleri ülkemize kazandırabilmek için önemli yatırım projeleri hazırlayarak bunları hızlı bir şekilde uygulamaya koymuştur. Kurum kendi bütçe imkanları ile radar, otomatik meteoroloji gözlem sistemleri, uydu yer alıcı sistemleri ve radyosonde sistemleri yatırımlarını yapmaya başlamıştır. Ayrıca meteorolojik istasyonların nivolojik ölçümleri yapabilecek, kar profillerinin çıkarabilecek yapıya kavuşturulması gerekmektedir. Bu çalışma için yurt içi kaynaklar ve yetişmiş elemanlar kullanılabilir.

21 Mayıs 1998'de Batı Karadeniz Bölgemizde meydana gelen sel ve taşkın afetinden sonra, bu afetin zararlarının giderilmesi ve benzeri afetlere karşı erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi amacıyla hükümetimiz tarafından bir proje başlatılmış ve projenin finansmanı için Dünya Bankası ile bir kredi anlaşması imzalanmıştır.

Kısa adı TEFER olan, Türkiye Sel ve Deprem Acil Yardım Projesi (Turkey Emergency Flood and Earthquake Recovery Project) kapsamında, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ortak çalışması sonucu, Sinop-Antalya hattının batısına, 3 adet Doppler Meteoroloji radarı, 206 adet Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu ve 224 adet uydu tabanlı haberleşme terminali kurulmuş ve modern bir gözlem ağı oluşturulmuştur. Aynı proje kapsamında

yüksek kapasiteli bilgisayarlar alınarak sayısal hava tahmin modellerinin kullanılmasına yönelik olarak işleme alınmıştır.

Ülkenin tamamını kapsayacak bir gözlem ağı ve erken uyarı sisteminin kurulması son derece önemli ve gereklidir. Bu nedenle, TEFER Projesinin dışında kalan doğu bölgelerimize de meteoroloji radarları, otomatik meteoroloji gözlem istasyonları ve uydu tabanlı haberleşme sistemlerinin tesis edilerek, mevcut gözlem ağının genişletilmesi ve tamamlanması için bir proje geliştirilmeli ve finans kaynağı sağlanmalıdır.

#### **2.4 Sayısal Hava Tahmin Modelleri**

Günümüz modern meteorolojisinde hava kütlelerinin hareketlerini dinamik denklemlerin çözümü ile takip eden sayısal hava tahmin modelleri kullanılmaktadır. Bu tür modeller yardımıyla ülkemizde sık görülen meteorolojik kaynaklı doğal afetlerin önceden tespit edilerek yer zaman ve miktarı belirlenebilmektedir. Sayısal hava tahmin modelleri birçok bilimsel disiplini bir arada bulundurmaktadır. Özellikle ülkemiz coğrafyasına uygun daha yüksek çözünürlükte sayısal hava tahmin modellerinin kurulabilmesi için kamu kurumları üniversiteler ve uluslar arası işbirliği ile çalışmalar yapılmalıdır.

#### **2.5 Hava Tahmin Modelleri Veri Uygulamaları**

Sayısal hava tahmin modellerinden elde edilen ürünlerin gözlem şebekelerinden elde edilen veriler ile doğrulanması hava tahminlerinin tutarlılığını artırmak açısından son derece önemlidir. Bunun kadar önemli bir konu da şu anda tüm meteoroloji ofislerinde de büyük yatırımlarla gerçekleştirilmeye çalışılan gözlem verilerinin sayısal hava tahmin modellerinde kullanılmasıdır. Böylelikle hem gözlem şebekesinin modernizasyonu sağlanacak hem de buradan elde edilen veriler ile sayısal hava tahmin modellerinin ihtiyaç duyduğu başlangıç verileri güçlendirilerek daha doğru tahmin yapılması mümkün olacaktır. Özellikle kısa vadeli hava tahminlerinde bu çalışma oldukça etkili sonuç verecektir. Bu bağlamda etkili hava tahmini ve gerekli uyarılar yapılarak can ve mal kaybını asgariye indirmek mümkün olabilecektir.

### **3.HİDROLOJİK OLGULAR**

#### **3.1 Giriş**

Hidroloji, yerküresinde suyun çevrimini, dağılımını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevreyle ve canlılarla karşılıklı ilişkilerini inceleyen temel ve uygulamalı bir bilim dalıdır. Su kaynaklarının geliştirilmesi çalışmaları amacıyla yapılan tüm mühendislik çalışmalarında Hidroloji önemli bir rol oynar. Suyun çeşitli maksatlarla kullanılması, su miktarının ve kalitesinin kontrolü için yapılan çalışmaların planlama, tasarım, inşaat ve işletme aşamalarında suyun miktarı ile bilgilerin sağlanması hidrolojik çalışmalar ile mümkündür. Kamu ve özel nitelikli çeşitli teşkilatlarca yürütülen çalışmalarla Su Kaynaklarının daha iyi bir şekilde planlanması ve su yapılarının projelendirilmesi ile başta insan can güvenliği olmak üzere, suyun enerji, tarım, evsel ve sanayi gibi maksatlarla toplum yararı için daha verimli olarak kullanılması sağlanmaktadır. Meteorolojik ve Hidrolojik çalışmaların birlikte yürütülmesi ile hidro-meteorolojik nedenlere bağlı afetlerin etkilerinin en aza

indirilmesi mümkün olabileceği gibi, su kaynaklarının geliştirilmesi ve planlanması faaliyetlerinde iklim değişiminin mevcut ve olası etkileri göz önünde bulundurulabilecektir.

## 3.2 Hidrolojik Karakterli Doğal Afetler

### 3.2.1 Taşkın

Hidrolojide taşkın genelde akarsuyun tabii yatağından çıkıp taşkın yatağında akması olarak tanımlanmaktadır. Dünyanın birçok bölgesinde aşırı yöresel yağışlardan veya toplu kar erimelerinden sonra oluşan akarsu taşkınları Doğal Afetlerin en yaygın örneğidir. Ayrıca dünyanın birçok kesimlerinde; şiddetli fırtınaların sahil bölgelerinde oluşturduğu dalga hareketlerinden kaynaklanan kıyı taşkınları, göllerdeki seviye değişiklikleri ve dalga etkilerinden kaynaklanan göl taşkınları, buzul hareketlerinden kaynaklanan buz taşkınları yaşanmaktadır.

Buna göre, taşkınlarla yapılacak çalışmalarda aşağıdaki konularda yoğunlaşmak önem kazanmaktadır:

- Taşkınların değerlendirilmesi;
  - Taşkın piklerinin ve hacminin güvenilir tahmini, taşkından korunmak için gerekli önlemlerin alınması ve özellikle ilkbahar mevsiminde oluşan yüksek değerlerin öngörüsü,
  - doğal afet zararlarının azaltılması yönündeki önerilerin karar vericilere sunulması,
- Küresel iklim değişiminin su kaynaklarımız ve dolayısıyla hidrolik enerji kaynaklarımız üzerindeki olası etkilerinin belirlenmesidir.

Barajların işletilmesi ve taşkın kontrol çalışmaları, rezervuarlarda yağmur ve kar erimesinden dolayı gelecek olan akımların tahminine ve önceden hesaplanmasına bağlıdır. Ön tahminlerin gerçek zamanda yapılması ve optimum işletme çalışmaları için, bir takım meteorolojik parametrelerin (yağış, sıcaklık vb. ve bunların alansal dağılımı (sıcaklık vb.) ve kar örtüsünün (derinlik, alan ve kar-su eşdeğeri) bir model ile önceden belirlenmesi ve bulunan tahmini değerlerin bir ara yüz yazılımı ile hidrolojik modellerin ön gördüğü parametreler ile birleştirilmesi gerekir. Bu şekilde, havzanın yağıştan gelecek olan pik debilere ait taşkın hidrograflarının belirlenmesi ve baraj rezervuarına ötelenmesi gerçekleştirilir. Böylece barajların taşkından korunması, mevcut ve beklenen su miktarları tahmin edilmesi yoluyla barajın işletilmesi gerçekleştirilerek hidrolik enerjinin en uygun şekilde üretilmesi ve depolama yapılarından azami ölçüde yararlanılması sağlanır. Türkiye’de su potansiyelinin ancak % 35 ’inin kullanılabilirdiği göz önünde bulundurulduğunda, mevcut depolama yapılarının en verimli faydalar sağlayacak şekilde kullanılmasının önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

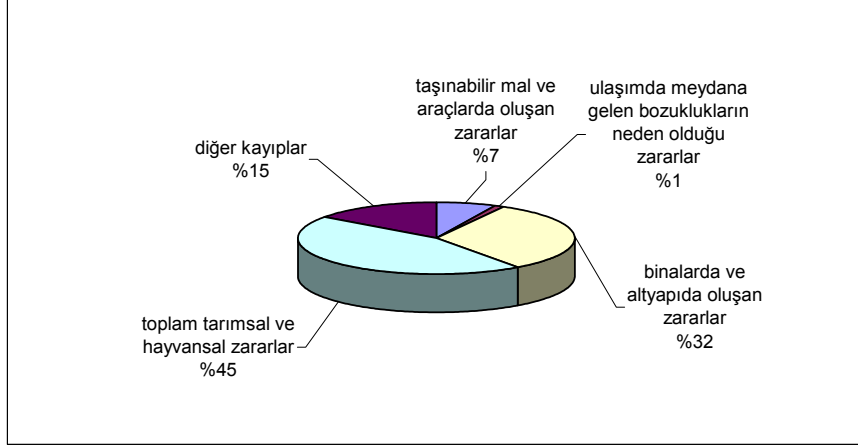
Bu alanda gelişmiş ülkelerde kamu ve özel nitelikli çeşitli teşkilatlarca su kaynaklarının daha iyi bir şekilde planlanması ve su yapılarının projelendirilmesi ile suyun enerji, tarım, evsel ve sanayi gibi amaçlarla insan yararı için daha verimli olarak kullanılması sağlanmaktadır.

### 3.2.1.1 Türkiye'deki Taşkınların Genel Durumu, Nedenleri, Yönetimi ve yapılan çalışmaların değerlendirilmesi

Taşkın afetlerinin yalnızca meteorolojik oluşumlara bağlı olarak ifade edilmesinin mümkün olmadığı ülkemizde yaşanan taşkın afetleri ile ilgili olarak şu tespitler yapılmaktadır: “Özellikle Türkiye gibi ekonomik gelişme faaliyetinin yoğun bir biçimde devam ettiği şartlarda, sanayileşme ve sektör çeşitliliğinin beraberinde getirdiği kentleşme aktivitesi, akarsu havzalarının muhtelif kesimlerindeki insan faaliyetinin çeşitliliğini ve yoğunluluğunu da büyük ölçüde arttırmaktadır. Bu durum ise havza bütünündeki hidrolojik dengeyi bozmakta ve sonuçta can ve mal kaybına yol açan taşkın afetleri yaşanmaktadır. Akarsu havzaları içinde büyüyen yerleşimler, açılan yeni yollar ve kurulan yeni tesisler ile arazi yapısı değişmekte, elverişsiz tarım yöntemleri ile topraklar daha yoğun bir şekilde kullanılmakta, ormanlar ve meralar tahrip edilmekte, tüm bu koşullarda taşkın afetleri giderek daha büyük ve sık olarak görülmektedir. Bir çok durumda, daha önceden taşkın koruma önlemi gerekli olmayan alanlarda bile önlem alınması zorunlu hale gelmektedir.

Dünyanın bir çok bölgesinde aşırı yöresel yağışlardan veya toplu kar erimelerinden sonra yaşanan akarsu taşkınları **sel** olayının en yaygın örneğidir. Arazilere, yerleşim yerlerine, altyapı tesislerine ve canlılara zarar vermek suretiyle, etki bölgesinde normal sosyo-ekonomik faaliyeti kesintiye uğratacak ölçüde bir akış büyüklüğü oluşturması olayı, şeklinde ifade edilen **sel**, yaşandığı bölgenin iklim koşullarına, jeoteknik ve topoğrafik niteliklerine bağlı olarak gelişen bir doğal oluşumdur. Sel tanımını, deniz sahillerine mücavir bölgelerdeki dalga hareketlerinden kaynaklanan kıyı taşkınları, göllerdeki seviye değişiklikleri ile dalga etkilerinden kaynaklanan göl taşkınları ve buzul erime ve parçalanmalarından kaynaklanan buz hareketi taşkınları ile genişletmek mümkündür. Ancak sel problemi veya afeti tamamen insan aktivitelerinin bir sonucu olarak meydana gelmektedir. Sel riski bulunan sahalarda önceden tedbir alınmaksızın süregelen kontrolsüz kentleşme faaliyetleri dünyanın her köşesinde sel afetinin en önemli nedenidir. Kontrollü şehirlerde ise daha az sayıda ve daha az zarar verici seller meydana gelmektedir.

Ülkemizde sel ya da bir diğer ifade ile taşkın afetleri, depremlerden sonra en büyük ekonomik kayıplara neden olan doğal afettir. Mevcut envanter verileri itibari ile, taşkınlardan kaynaklanan ekonomik kayıp her yıl için ortalama 100 Milyon ABD dolarına ulaşmaktadır. Buna karşın taşkınların kontrolü ve zararlarının azaltılmasına yönelik olarak genelde yapısal önlemler bağlamında sürdürülen projeli faaliyetler için ayrılan yatırım miktarı ise yılda ortalama 30 Milyon ABD doları civarındadır. Ekonomik kayıpların sektörel bazda dağılımı Şekil-1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Taşkın zararlarının sektörel sınıflandırılması (IDNDR 1996).

Türkiye’de meydana gelen taşkınların genel olarak nedenlerini aşağıdaki koşullara bağlı olarak ifade etmek mümkündür;

- **Doğal meteorolojik koşullar:** Doğal meteorolojik koşullara müdahale mümkün olmadığından, bu konuda herhangi bir önlem alınması da söz konusu değildir. Ancak, taşkına neden olabilecek koşulların, günümüzde mevcut gelişmiş atmosfer tahmin modelleri ve hidrolojik bazlı yöntemlerle tahmini yapılabilir ve taşkın riski irdelenebilir.
- **Jeomorfolojik koşullar:** Bu koşullar akarsu havzalarının doğal özelliklerine ilişkin olup, bu konuda da bir müdahale genelde söz konusu değildir.
- **İnsan müdahalesi ve sosyal faktörler:** Hatalı arazi kullanımı, bitkilerin yok edilmesi, ormansızlaşma, dere yataklarında usulsüz yerleşimler, erozyon, vs.gibi, temelde insan müdahalesine dayanan bu olumsuz koşulların kontrolü mümkün olup, alınacak önlemlerle taşkın zararları en aza indirgenebilir. DSİ tarafından hazırlanan bir raporda, taşkın afetinin, tamamen insan aktivitelerinin bir sonucu olarak meydana geldiği belirtilmiş; taşkın riski bulunan alanlarda önceden önlem alınmaksızın süregelen kontrolsüz kentleşme faaliyetlerinin, dünyanın her yerinde taşkın afetinin temel nedeni olduğu belirtilmiştir.

Türkiye’de taşkınları meydana getiren yağışların sinoptik durumları ile geçmiş taşkınlarla ilişkin envanter verilerinin birlikte değerlendirilmeleri sonucunda, taşkınların en çok Mart, Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında olduğu ve Karadeniz, Akdeniz ve Batı Anadolu Coğrafi Bölgelerinin taşkına en hassas bölgeler olduğu ortaya çıkmaktadır.

Bu sonuçlar, anılan bölgelerin topografyası, bitki örtüsü dağılımı, yerleşim şekli ve yağış rejimi ile de uyum göstermektedir. Nitekim yurdumuzda yağışlar kuzeybatı ve güney depresyonların tesirinde olup, Karadeniz ve Akdenizde sahillere paralel uzanan sıra dağların orografik tesiri depresyonik yağışların şiddetini arttırmaktadır. Ayrıca taşkına hassas olan ilkbahar aylarında yüksek kotlardaki karların erimeye başlaması, iç bölgelerdeki mevzii ve şiddetli konvektif yağışların katkısı ile bu bölgelerde meydana gelen taşkınların sıklığı ve büyüklüğünde etkili olmaktadır.

Türkiye ve yakın civarındaki bölgenin genel coğrafi koşulları yönüyle; Fırat, Dicle, Aras ve Çoruh gibi akarsu havzalarında membada yer almanın avantajlarını,

Asi ve Trakya bölgesi havzalarında ise akış aşağıda bulunmanın dezavantajlarını taşıdığı görülmektedir. İklimsel yönden ülkemiz bazı bölgesel istisnalar dışında yarı-kurak iklim özelliklerine sahiptir. Ancak, bu genel özellik yağışa yönelik nitelikler de dahil olmak üzere bölgeden bölgeye önemli farklılıklar içermektedir. Nitekim yıllık ortalama yağış miktarı ülke genelinde ortalama 643 mm olmasına karşın, bu değer Güneydoğu bölgesinde 250 mm ye kadar düşmekte buna karşın Karadeniz bölgesinin doğu kesimlerinde 3000 mm ye kadar çıkmaktadır. Ülkenin fiziksel nitelikleri yönünden akarsu havzalarının; büyüklükleri, jeolojik ve topoğrafik nitelikleri, kullanım durumu ve koşulları, toprak özellikleri ile orman örtüsü ve erozyon koşulları, mecrca eğim ve uzunlukları gibi parametreler de taşkın olaylarına hassasiyetin ölçüsünü belirleyen önemli doğal etkenler arasında yer almaktadır.

Taşkın afetlerinin yalnızca meteorolojik oluşumlara bağlı olarak ifade edilmesi mümkün değildir. Özellikle Türkiye gibi ekonomik gelişme faaliyetinin yoğun bir biçimde devam ettiği şartlarda, sanayileşme ve sektör çeşitliliğinin beraberinde getirdiği kentleşme faaliyetleri, akarsu havzalarının muhtelif kesimlerindeki insan faaliyetinin çeşitliliğini ve yoğunluğunu da büyük ölçüde arttırmaktadır. Türkiye’de yakın geçmişte yaşanan; 13 Aralık 1990 tarihli Muğla İl Merkezi taşkını, 11-12 Aralık 1992 tarihli Marmaris İlçesi taşkını, 23 Ağustos 1992 tarihli Yozgat-Sorgun İlçesi taşkını, 2 Mayıs 1995 tarihli Bitlis İl Merkezi taşkını, 4 Kasım 1995 tarihli İzmir İli taşkını, 7-8 Ağustos 1998 tarihli Trabzon-Beşköy beldesi taşkını ve son yıllarda sıkça yaşanan İstanbul İlindeki su baskını olaylarının hemen hepsinin nedenini kontrolsüz kentleşme faaliyetleri oluşturmakta, olayların meteorolojik yönünü oluşturan değerler ise genellikle küçük frekanslar içermektedir.

Ülkemizde sel afetlerinin yönetimi çerçevesinde günümüze kadar muhtelif çalışmalar yapılmış olmakla birlikte, bunların büyük bir bölümünü yapısal proje faaliyetleri ile taşkın sırasındaki kurtarma ve acil yardım faaliyetleri oluşturmuştur.

Ülkemizde taşkınların önlenmesi ve zararlarının azaltılmasına yönelik yapısal unsur içeren projeli faaliyetler DSİ Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. Bu projeli faaliyetleri; taşkın koruma ve kontrol ihtiyacını akarsu havzasının bütününde ve diğer su geliştirmeyi gerektiren ihtiyaçlarla birlikte ele alan çok amaçlı Büyük Su İşleri Projeleri ile ivediliği nedeniyle taşkın koruma ihtiyacını akarsu havzasının sınırlı bir bölümünde ele alan Küçük Su İşleri Projeleri oluşturmaktadır.

Bugüne kadar edinilen tecrübeler, Türkiye akarsu havzalarında yaygın olarak yaşanan ve önemli boyutta can ve mal kayıplarına neden olan taşkınların, olayın su hareketi yönünden büyüklüğünü tayin eden hidro-meteorolojik oluşumların büyüklüğünden ziyade, akarsu yatakları içinde veya mücavir taşkın riski taşıyan sahalarda herhangi bir önlem alınmaksızın sürdürülen düzensiz ve kontrolsüz kentleşme faaliyetleri sonucu oluştuğunu göstermektedir. Esas olarak taşkın havzaları bir bütün olarak değerlendirilmeli ve havza yönetimi çalışmalarına yer verilmelidir.

Akarsu havzalarında; taşkın koruma ve kontrol amacını da içeren, su kaynaklarının havza bütününde geliştirilmesini öngören kapsamlı projelerin hizmete girmesi ile taşkınların sıklıkları ve yaptıkları zararlarda önemli azalmalar olmaktadır. Ancak, taşkın zararlarının azaltılması çalışmalarında en etkin ve ekonomik çözüm; taşkın yaşanmadan önce havza genelinde, taşkın risk bölge

haritalarının yapılması, insan faaliyetlerini düzenleyen ve çoğunlukla yapısal unsur içermeyen nitelikteki, halkın eğitiminden ağaçlandırma faaliyetlerine kadar birbirini tamamlar özellikli çoklu tedbirlerin, bir plan dahilinde, projeden yararlananlar da dahil olmak üzere tüm ilgili kurum ve kuruluşlarca eşgüdümlü bir program çerçevesinde, birlikte alınması sağlanmalıdır. Bu yaklaşım çerçevesinde, konu ile ilgili çalışmalarda özellikle yerel yönetimlere önemli görevler yüklemektedir.

### 3.2.2 Kar erimesinin etkileri

Hidrolojik-Atmosferik modeller ve yeni izleme ve veri işleme teknolojilerin kullanımı ile kar suyundan sağlanacak faydalar ve taşkın zararlarının azaltılması önemli bir konudur.

İlkbahar mevsimlerinde, dağlık bölgelerde kar erimesinden kaynaklanan su potansiyelinin belirlenmesi ve taşkınların doğuracağı zararların önlenmesi yurdumuz açısından önemlidir. Karla kaplı alanlar, uydu teknolojileri ile tespit edilebilir ve yüksek kotlara yerleştirilecek otomatik kar-meteorolojik rasat parkları ile su potansiyeli saptanarak ani erimelerden ve sağanak yağışlardan oluşacak sel felaketleri azaltılabilir.

Bu konuda, Üniversite-Kamu işbirliği ile yapılmış ve halen yürütülmekte olan çalışmalar vardır. Bununla birlikte, olanakların kısıtlı olması nedeniyle istenilen gözlem ağı kurulamamış ve tahmin model çalışmaları arzu edilen yükseklik haritaları üzerine oturtulamamıştır. UA/CBS gibi tekniklerin ve yeni teknolojilerin operasyonel kar erime modellerinde kullanılması ve hava tahmin çıktısı ile birleştirilmesi arzu edilmektedir. Bu suretle 24 ~ 78 saat öncesinden taşkın hacimleri ( $m^3$ ) ve taşkın akım hidrograf değerleri ( $m^3/s$ ) gerçeğe yakın bir doğruluk ile öngörülebilir (Şorman, 2003). Ön ihbar sistemleri ve gerçek zamanlı veri iletişimi ile baraj göllerindeki suyun hesaplanması, optimum kullanılması, su taşkın zararlarının önceden alınacak tedbirlerle azaltılması ülkemiz ekonomisine katkı sağlayacaktır. Ancak bu gerekli altyapı için finansman sağlanması halinde yapılabilir.

Önümüzdeki yıllarda suyun Orta Doğu ülkeleri için önemi bir kat daha artacağından yenilenebilir ve doğal kaynak olan sudan en fazla kullanımın ucuz şekilde sağlanması bir zorunluluktur. Bu konuda mühendislik planlama, projelendirme ve işletme çalışmalarına en etkin bir şekilde Üniversite-Kamu işbirliği ile çözümler aranmalıdır.

### 3.2.3 Deniz Seviyesi Değişimleri

Günümüzün en önemli çevre sorunlarından biri küresel ısınma ve küresel iklim değişimidir. İklim değişimi senaryolarına göre iklim değişikliğinden en fazla, deniz seviyesinin yükselmesinden dolayı, kıyı bölgelerimiz etkilenecektir.

Özellikle deniz su seviyesi artan bir hızla yükselmeye devam ederse gelecekte tuzlu deniz suyu ve dalgalar, denizlerin fırtınalardan dolayı kabarmaları çok daha yıkıcı etkilere sahip olabilecektir. Bu etkiler,

- Alçak arazinin su altında kalması,
- Plajlar ve dik sahillerde erozyon,
- Yeraltı ve yüzey sularının tuzlanması,

- d. Taban suyunun yükselmesi,
- e. Fırtına ve sel tahribatının artması,
- f. Deniz suyu seviyesindeki yükselme şeklinde özetlenebilir.

Ülkeyi çevreleyen denizlerde su seviyesi değişimlerinin bölgesel ve global anlamda izlenmesi ve bu kapsamdaki jeodezik çalışmalar 7'nci Bölümde verilen Atmosferik Karakterli Jeodezik Çalışmalar başlığında verilmektedir.

## 4. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİMİ ETKİLERİ

### 4. 1 Genel Değerlendirme

Endüstri devrimi ile birlikte insanoğlu fosil yakıt kullanımı vb. faaliyetler ile atmosferin kimyasal bileşimine etkiye bulunmuştur. Bunun sonucunda 18. yüzyılın ortalarından sonra atmosferin karbondioksit konsantrasyonu % 30, metan konsantrasyonu 2 kat ve azot oksit konsantrasyonu da yaklaşık % 15 artmıştır (IPCC, 2001). Bu durum atmosferde doğal olarak bulunan sera gazlarının konsantrasyonlarının artmasına ve küresel ısınmaya neden olmuştur.

20. yüzyıl boyunca yeryüzünün ortalama küresel yüzey sıcaklığı  $0.6^{\circ}\text{C}\pm 0.2$  artmıştır (IPCC, 2001; EPA, 2002). Küresel ısınmadaki artış kendini küresel olarak deniz seviyelerinde artış şeklinde göstermiştir. Bu nedenle son yüzyılda deniz seviyeleri 10 ile 20 cm civarında yükselmiştir. Deniz seviyesi yükselmelerinin üç tarafı denizlerle kaplı olan ülkemize yansımaları araştırılmalı ve bu yerel tahminler ışığında uzun vadede yerleşim alanlarının planlaması acil olarak yapılmalıdır.

Küresel iklim modelleri sonuçlarına göre ortalama yüzey sıcaklığı gelecek yüzyılda  $1.4-5.8^{\circ}\text{C}$  artabilir (IPCC, 2001). Bu durum kendini değişik alanlarda doğrudan veya dolaylı olarak hissettirecektir. Su kaynaklarımız ile tarım ve orman alanlarımız bunlardan birkaçıdır.

Çok parametrelili iklim sisteminde bir parametredeki değişim diğer parametrelerdeki değişimleri tetikleyecektir. Kullanılan iklim modellerinin tahmin ettikleri sonuçlara göre, hava sıcaklığında, yağışın miktarında ve toprak neminde değişimler olacaktır. Bunun neticesinde, diğer iklim elemanlarında ki değişimler de kaçınılmazdır. Küresel ısınma buharlaşmanın artmasına neden olacak ve dünyanın bazı bölgelerinde kuraklıklar görülecektir. Bunlar iklim modelleri ile küresel olarak yapılan tahminlerdir ve bölgesel bazda değişiklikler gösterebilir. Bu nedenle küresel tahminler kullanılarak, yerel şartların göz önüne alındığı ve daha yüksek çözünürlüğe sahip bölgesel iklim modelleri ve bu modellerle kuple edilmiş olan hidrolojik modellerin kullanımı küresel iklim değişiminin bölgemizde daha iyi analiz edilmesi için gerekli ve şarttır. Ancak bu çalışmalar ışığında gelecekle ilgili tarım ve su politikalarının belirlenmesi olasıdır. Hidrolojik döngüdeki rejimin değişmesi sulama ve su sağlama problemlerini veya sel felaketlerini beraberinde getirebilecektir. Dolayısıyla, mevcut durum tespiti ve öngörüler ile meteorolojik ve hidrolojik afetler konusunda alınacak önlemlerin ve yaptırımların sağlıklı olarak yapılması sağlanabilir (Şorman vd.,2001)

Yağış rejiminin düzensiz ve buna bağlı olarak akımların da düzensiz olduğu Ülkemizde, sel oluşturan yağışların zamansal ve uzaysal değişkenliklerinin daha çok artması beklenmektedir. Bu bağlamda, depolama yapılarının artan önemi göz önünde bulundurularak, yağışların gözlenmesinde radar-uydu teknolojisinin çeşitli model çalışmalarında kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Arazi kullanımı, bitki örtüsündeki değişimlerin ve havzadaki tutulan su miktarının (GAP projesi gibi) atmosferle yüzey etkileşimini değiştirdiği aşıkardır. Momentum, nem ve ısı akıları bölgeyi etkisine alan atmosferik olayların şiddetinde değişimlere yol açabilir. Bunun sonucunda da bölgenin mevsimsel sıcaklık aralıkları ve yağış rejim karakteristiklerinde değişimler çok muhtemeldir.

Taşkınların önlenmesi, sel ihbar sistemleri, sulama ve içme suyu ihtiyacının giderilmesi gibi faydalarının yanı sıra enerji üretimini sera gazı salımlarına neden olmaksızın çevreye en az zararla gerçekleştiren depolama tesislerine daha çok önem verilmesi gerekmektedir. Ancak bu tesislerin planlanması ve işletilmesinde iklim değişiminin söz konusu etkilerinin de göz önünde bulundurulması ülke çıkarları açısından yararlı olacaktır. Son yıllarda yaşanan kuraklık veya sel olayları bu duruma bir örnek olarak gösterilebilir.

Su kaynaklarının küresel ısınma ile iklim değişikliğine uğrayacağı bir gerçektir. Bu etkinin tesirlerini ve sonuçlarını şimdiden kestirmek mümkün değildir. Bugün için su kaynaklarının dünyanın bazı yerlerinde gelecek 50 yıl içinde yetersiz kalacağı hesaplanmaktadır. Yurdumuz için kişi başına düşecek su miktarındaki azalış oranı % 40 civarında olacağı hesaplanmıştır. Bu değer oldukça yüksek bir orandır. Türkiye yarı kurak bir iklim kuşağında yer alması nedeniyle iklim değişikliğinin giderek daha fazla etkisi altında kalacağı kolayca anlaşılır.

Küresel iklim değişikliği sonucu ortaya çıkması beklenen bu olumsuzluklara yönelik olarak önlemlerin şimdiden alınması zorunlu hale gelmiştir.

Meteoroloji, hidroloji ve tarımsal meteoroloji bilimi ile uğraşan araştırmacılar, iklimin, dünyanın neresinde, ne kadar değişeceğini modeller kullanmak sureti ile tahmin etmeye, su kaynaklarının bu iklim değişiminden etkilenme potansiyellerini belirlemeye ve iklimdeki olası değişikliklerin tarım ve ormanlara, arazi kullanımına olası etkilerini belirlemeye çalışmaktadır (Şaylan, 1995).

Ülkemiz için su hem enerji, hem de tarımsal açıdan son derece önemlidir. Sulama ve enerji amaçlı ülkemizde çok sayıda su yapısı inşaa edilmiş ve edilmektedir. Bu su yapılarının amaçlarına uygun faaliyet gösterebilmesi, ancak yeterli miktarda yağışın düşmesi ile mümkündür. Ülkemizin büyük çoğunluğu yarı kurak iklim şartlarının etkisi altındadır. Bu nedenle hem su kaynakları, hem de genelde yağışa bağlı olan kuru tarım nedeniyle yağışın miktar ve dağılımında meydana gelebilecek değişiklikler ülkemizi ciddi bir şekilde etkileyecektir. Meteorolojik faktörlerdeki değişiklikler birbirinden bağımsız değildir. Sıcaklıktaki bir artış kendini buharlaşmada bir artma olarak hemen gösterecektir. Toprak su içeriğindeki azalma ve kuraklık beraberinde gelecektir.

Araştırılması gereken, ülkemizin bulunduğu enlemlerde olacağı tahmin edilen sıcaklık artışı, yağıştaki ve toprak rutubetindeki azalma sonucunda meydana gelebilecek kuraklık tehlikesinin sonuçlarının neler olacağı, tarımsal ekolojik tabakaların nasıl değişeceğidir.

Dünyada ki birçok ülke, gelecekte küresel iklim değişikliklerinin su kaynaklarına, tarımsal potansiyeline, ekonomik ve sosyal etkilerinin neler olacağı konusunda araştırmalar yapmaktadır.

Ülkemizde yapılması gereken küresel olarak yapılan büyük ölçekteki iklim değişimi ile ilgili tahminlerin bölgesel baza daha küçük ölçeğe indirilmesini sağlamak ve ülkemiz için olası iklim değişimi tahminlerini ortaya koymaktır. Bu iklim değişiklikleri tahminlerine göre, ülkemiz su kaynaklarının, tarımının ve ormanlarının, genel olarak ekosistemin bundan olası etkilenme derecelerini araştırmak, tespit etmek, çözüm önerileri ortaya koymak ve karar vereceklere bu bilgi desteğini

sağlamaktır. Bu çalışmalar gelecekte ülkemizin su ve tarım politikasına yön verecek önemli çalışmalardır.

Küresel ısınmanın gelecekteki durumu, iklim değişimi açısından çeşitli iklim modelleri yardımıyla genel olarak öngörülebilmektedir. Ancak, söz konusu değişimlerin bölge ölçeğinde ifadesinde bazı zorlukların bulunduğu bir gerçektir. Ülkemiz iklimsel bakımdan Ortadoğu ve Güneybatı Asya bölgesinde yer alırken, su havzası itibarıyla ağırlıkla Akdeniz coğrafyası içinde değerlendirilmektedir. Bu nedenle, ülke ölçeğindeki etkileri incelerken, konuyu Akdeniz havzası genelinde ele almakta fayda görülmüştür.

Akdeniz bölgesinde yağışlı dönemle kurak dönemler arasındaki farklar oldukça fazladır. Hem yıl içinde ve hem de yıllar arası dönemlerde oldukça düzensiz bir dağılım gösteren şiddetli yağışlar, yıkıcı taşkınlara neden olabilmektedir. Akdeniz kıyı bölgesi nehir havzalarında bu şiddetli yağışların neden olduğu taşkınlar sıklıkla görülen ve ekonomik açıdan en çok zarar veren doğal afetlerdendir. Ayrıca, pik akışın ortalama yıllık akışa oranı şeklinde ifade edilen taşkın katsayısı Akdeniz kıyı şeridinde daha yüksektir. Bunun sonucunda, Akdeniz kıyı şeridinde, "flash flood" olarak adlandırılan seller oldukça sık yaşanan olaylar olarak kabul edilmiştir.

Akdeniz kıyı şeridinin küresel iklim değişiminin etkisine daha açık olduğu hususu, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nce yapılmış olan bir çalışmada (DMI, 2002) da doğrulanmıştır. Buna göre, yıllık bazda, kış ve ilkbahar ortalama sıcaklıkları, özellikle Türkiye'nin güney bölgesinde artma eğilimi göstermesine karşın, yaz ve özellikle sonbahar ortalama sıcaklıkları, kuzeyde ve karasal içi bölgelerde azalmıştır. Diğer yandan, bu bölgede minimum (gece) hava sıcaklıklarında istatistiksel olarak bir ısınma gözlenmiştir.

IPCC küresel iklim modelleri ile yapılan projeksiyonlara göre 2030 yılında Türkiye'nin büyük bir kısmı oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisi altına girecektir. Bu bağlamda, Türkiye'de sıcaklıkların kışın 2 C, yazın ise 2-3 C arasında artması öngörülmektedir. Diğer yandan, yağışlar kışın az bir artış gösterirken yazın % 5 - 15 azalacaktır. Ayrıca, yaz aylarında toprak neminin de % 15 ile % 25 arasında azalacağı tahmin edilmektedir. Söz konusu senaryo çalışmalarına göre Akdeniz Havzasındaki su seviyesinde 2030 yılına kadar 18 cm - 12 cm'lik; 2050 yılına kadar 38 cm -14 cm ve 2100 yılına kadar 65 cm - 35 cm'lik bir yükselme beklenmektedir (IPCC, 2001).

Bölgesel ölçekte gerçekleşmesi öngörülen değişiklikler ışığında, IPCC raporlarından yararlanarak, küresel iklim değişiminin ülkemizdeki olası etkilerini aşağıdaki gibi sırlamak mümkündür:

- Ortalama iklim koşullarında, yağışlarda kışın küçük artışa rağmen, yaz yağışında büyük bir azalma ile birlikte bu aylarda buharlaşma artacak.
- Yağışların mevsimsel dağılımı ve şiddeti değişecek.
- Halen proje çalışmalarında 1500 m olarak kabul edilen ortalama kar sınırı yerine daha gerçekçi bir rakam belirlenmeye çalışılacak. Bu bağlamda, 1987'den beri zaten ortalamanın altında gerçekleşen kar örtüsü daha da azalacak.
- Akımların sadece miktarı azalmayacak, aynı zamanda pik zamanları da değişecek.
- Kuraklığın sıklığı ve şiddeti artarken, taşkınların verdiği kayıplar daha büyük olacak.
- Mevcut su kaynaklarının gereksinim duyulan su miktarını karşılayamaması nedeniyle ortaya çıkan, su baskısı (water stress), hem ulusal ve hem de bölgesel düzeyde artacaktır. Ülkemiz, yakın gelecekte su baskısının yoğun olarak yaşanacağı bir ülke olma olmaya adaydır.

- Su temin sistemlerinde "belirsizlikler" yaşanacağından, yatırım projelerinin maliyeti artacaktır.
- İklim değişikliğinden dolayı ortaya çıkabilecek belirsizlikten dolayı, rezervuarların önemi giderek artacaktır. Ancak, depolama tesislerinin planlanmasında, belirsizlik koşullarında planlama yapılmasına giderek daha çok gereksinim duyulması kaçınılmaz bir sonuç olarak beklenmektedir. Bu gereksinim, diğer yandan, araştırma, yönetim ve politika alanlarda çalışanların arasındaki ilişkilerin ve etkileşimlerin geliştirilmesi sonucunu beraberinde getirecektir.
- Ülkemiz de henüz yeterince kullanılmayan sentetik yoldan üretilmiş verilerin kullanımını yaygınlaştıracaktır.
- Suya olan talebin azaltılması amacıyla, suyun gerçekçi olarak fiyatlandırılmasına her zamankinden daha fazla gereksinim duyulacaktır.

#### 4.2. Küresel İklim Değişimine Karşı Önlemler

Yarı kurak bir iklim kuşağında yer alan ülkemizin kuraklığın şiddetini yakın bir gelecekte bugünkünden çok daha fazla hissedebileceği açıkça görülmektedir. Bu nedenle, su kaynakları yatırımlarının önemi daha çok artmaktadır.

Yağış rejiminin düzensiz olduğu Ülkemizde, sel oluşturan yağışların zamansal ve uzaysal değişkenliklerin daha çok artması beklenmektedir. Bu bağlamda, depolama yapılarının artan önemi göz önünde bulundurularak, yağışların gözlenmesinde radar-uydu teknolojisinin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

Suyun artan önemi göz önünde bulundurularak, ilerideki yıllarda, suyun yeniden kullanımıyla ilgili sistemlerin geliştirilmesi ve sulama tekniklerinin iyileştirilmesi çabaları yoğunluk kazanacaktır.

Küresel iklim değişiminin etkisinde, su kaynaklarının planlanması ve yönetilmesi çalışmalarında, son yıllarda giderek daha çok gündeme getirilen "belirsizlik" kuramından yararlanılması düşünülmelidir.

İklim değişiminin etkisi altında, su kaynaklarının gelecekteki durumunu daha sağlıklı tahmin edebilmek için, arazi kullanımı ve bitki örtüsündeki değişimlerin iyi belirlenmesi gerekir. Bu çerçevede, bu alanda yapılan etüt çalışmalarına, Coğrafik Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknolojilerinden yararlanarak, daha çok önem verilmelidir.

Akdeniz havzası genelindeki su kaynaklarıyla ilgili bölgesel değişiklikleri belirlemek üzere, Birleşmiş Milletler Gündem 21 çerçevesinde UNESCO ve WMO desteğinde yürütülen bölgesel projelerle daha yakın işbirliğine gereksinim vardır.

#### 4.3 Yenilenebilir Enerji Kaynakları:

İklim üzerindeki olumsuz etkileri ve tükenebilir olmaları nedeni ile fosil yakıtların yerini almaları gerektiği düşünülen; rüzgar, güneş, biyoyakıt, jeotermal, hidro, fotovoltaikler ve dalga gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının en etkili şekilde kullanımı dünya gündemindedir. Yenilenebilir kaynaklardan ısınma ve soğutma amaçlı kullanımı dışında, bu kaynaklardan elektrik üretimi elde edilmesine daha büyük önem vermeye başlanmıştır.

Rio'dan Kyoto ve Johannesburg ve en son Berlin toplantılarına kadar geçen sürede yenilenebilir kaynakların kullanımının artırılması için bir dizi siyasi kararlar alınmıştır. Bundan sonra da bir takım yaptırımların uygulanması gündeme gelecektir.

Örneğin Avrupa topluluğu için hedef 2010 yılına kadar tüketilen enerjinin içerisindeki yenilenebilir kaynakların kullanım oranı % 12 ye çıkarılması hedef olarak konmuştur.

Anılan kaynakların verimli şekilde kullanılması, ancak mevcut potansiyellerin doğru olarak belirlenmesi ile mümkün olacaktır. Bu nedenle özellikle potansiyel belirleme çalışmalarında hassasiyet gösterilmesi ve teknolojik gelişmeleri mümkün olduğunca yakından takip edilmesi; konu ile ilgili olabilecek yatırımlardan, optimum fayda elde edilmesini sağlayacaktır. Bu çalışmalar konu üzerinde oluşturulacak politikalara da hazırlık aşamasında büyük katkı sağlayacaktır.

## 5. SU KAYNAKLARININ YÖNETİMİ

### 5.1 Genel Değerlendirmeler

Günümüzde su kaynaklarının yönetimi giderek daha karmaşık hale gelmektedir. Bu olgunun temelinde, karşılaşılan sorunların kapsam ve boyut açısından çeşitlenmesi yatmaktadır. Yönetim kapsamı ele alınacak olursa, geçmişte nerede, ne kadar su bulunduğu sorusuna cevap aranırken, günümüzde suyun miktarı ve su kalitesinin de ele alınması, bu iki unsura etki eden tüm faktörlerin birlikte değerlendirilmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Başka bir deyişle, su kaynakları geniş kapsamda “çevre” olgusu içinde ele alınmaktadır. Çevrenin de su, hava, toprak gibi doğal kaynaklar açısından bir bütün oluşturması; dolayısıyla bir kaynağa yapılan müdahalenin diğerlerini etkilemesi nedeniyle, su kaynakları yönetiminin de çevre bütünü içinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çerçevede su kaynakları yönetimi açısından günümüzde gelişen yaklaşım, kaynak yönetiminin havza bazında ve diğer doğal kaynaklarla “entegre” biçimde gerçekleştirilmesidir. Entegre havza yönetiminin temel amacı, havzanın sadece su miktarı değil, tüm yönleri ve kaynakları ile tanınması ve böylelikle daha tutarlı yönetim kararlarının verilmesidir.

Su kaynakları yönetiminde ölçek (boyut) açısından da irdeleme yapılacak olursa, burada da bir çeşitlenme izlenmektedir. Geçmişte karşılaşılan sorunlar daha ziyade noktasal nitelikte kalmaktayken, günümüzde bunların alanda değişkenlikleri önem kazanmaya başlamıştır. Başka bir deyişle, su kaynakları ile ilgili büyüklüklerin sadece belli bir noktada zamana göre değişkenliklerinin incelenmesi artık yeterli olmamakta; bunların alanda değişkenliklerinin de dikkate alınması zorunlu olmaktadır.

Su kaynaklarının yönetiminde, yukarıda sözü edilen kapsam ve ölçek değişiklikleri, geliştirilmesi gereken çözümlerin de aynı kapsam ve boyutta ele alınmasını gerektirmektedir. Su kaynakları açısından “entegre yönetim” yaklaşımı da bu gerekçelerle ortaya çıkmış ve üzerinde çok tartışılan bir konu haline gelmiştir. Esas itibarıyla, yukarıda sözü edilen nedenlerle, bu yaklaşımın en doğru çözüm olduğu kabul edilmektedir. Ancak, entegre yönetimin nasıl gerçekleştirileceği konusunda halen pek çok belirsizlik ve zorluklar mevcuttur (Harmancıoğlu ve Alpaslan; Alpaslan ve Harmancıoğlu, ; Harmancıoğlu ve Özkul, ; Harmancıoğlu ve Fıstıkoglu, ).

## 5.2 Entegre Yönetim Kavramının Ortaya Çıkış Nedenleri

1970'li yılların ortalarına kadar, su kaynaklarının planlanmasında temel hedefler, belli bir ihtiyacın karşılanması için su temini, bu amaçla kaynak geliştirilmesi ve suyun neden olduğu zararların önlenmesine yönelik sistemlerin tasarımı şeklinde gelişmiştir. Bu hedeflere ulaşılabilmesi için de belirlenmesi istenen unsur, mevcut su potansiyeli veya en geniş anlamda suyun miktarı olmuştur. Zaman içerisinde, planlamadaki amaçların ve uygulanabilecek çözümlerin çeşitlenmesi sonucunda kısıtlı hale gelmeye başlayan su kaynaklarının daha etkili biçimde kullanılabilmesi amacıyla, tek maksatlı planlamalardan çok maksatlı projelere bir geçiş yaşanmıştır. Bu çerçevede de su kaynaklarının geliştirilmesinde optimizasyon yaklaşımları geçerlilik kazanmıştır.

1970'li yılların sonuna doğru, özellikle de 1980'li yıllarda çevre kirliliği sorunları başgöstermiş; bu sorunlardan en geniş çapta etkilenen doğal kaynaklar da su kaynakları olmuştur. Suyun kalitesinin bozulması, kullanılabilir su kaynaklarını daha da sınırlı hale getirmeye başlamıştır. Su kirliliği kontrolü amacıyla yapılan çalışmalarda, akarsuya noktasal olarak deşarj edilen kirlilik yüklerinin tanınması ve bunlara çözüm getirilmesi çok zor olmamıştır. Ancak, araziden yayılı olarak akarsuya ulaşan (noktasal olmayan) kirleticilerin, gerek kaynaklarını belirlemek gerekse akarsuya ne şekilde ulaştıklarını izlemek, bugün dahi tam anlamıyla gerçekleştirilememektedir. Bu noktada kirlilik sorununun kapsam ve boyutları da büyümektedir; zira noktasal olmayan kirlilik kaynakları esas olarak, başta tarım olmak üzere arazi kullanım biçimlerine, toprağın yapısına, sediment taşınımı ve erozyon gibi pek çok faktöre bağlıdır. Bu nedenle de, akarsu kirliliğinin tanınabilmesi için havzada su-toprak ilişkilerinden başlayıp, insan yaşam ve faaliyetlerinin irdelenmesine kadar uzanan bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç sonucunda da 1990'lı yılların başında çevre bir bütün olarak ele alınmaya başlanmış; su kaynakları da bu bütünün bir parçası şeklinde değerlendirilmiştir. Zira su-toprak-hava gibi doğal kaynakların birbirleriyle etkileşim içinde oldukları ve bunların söz konusu "çevre bütünlüğü" dikkate alınarak entegre biçimde yönetilmeleri gerektiği görüşü önem kazanmıştır.

Öte yandan 1980'li yıllarda, yerküreyi bir "çevre krizi"ne götüren başka önemli olaylar da ağırlığını hissettirmeye başlamıştır. Örneğin, dünyanın pek çok yöresinde patlama mertebesinde nüfus artışları ve kentleşme ile, bunların beraberinde getirdiği açlık, su kıtlığı, çöp krizi gibi sorunlar başgöstermiştir. Giderek artan endüstriyel gelişimler, su kirliliğinin yanısıra zehirli kimyasallar ve zararlı atıklarla ilgili sorunları ortaya çıkarmıştır. Bir taraftan ozon tabakası zarar görürken, diğer taraftan küresel iklim değişikliklerinden söz edilmeye başlanmıştır. İnsan faaliyetleri sonucunda (aşırı otlatma, ormanların yok edilmesi, yanlış veya aşırı kullanma gibi) toprak kaynakları da bozulmaya yüz tutmuş; toprak erozyonu, çölleşme, bitki örtüsünün kaybı gibi sorunlar ortaya çıkmıştır. Tüm bu gelişmelerin önemli bir sonucu da biyolojik çeşitliliğin kaybı olmuştur.

Söz edilen sorunlar, çevre ve kalkınma olgularının bir arada değerlendirilmesi zorunluluğunu ortaya çıkartmış; çevresel tahribat yaratmadan ekonomik gelişmeyi hedef alan "sürdürülebilir kalkınma" yaklaşımı tanımlanmıştır. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için de yine tüm doğal kaynakların ve bunların etkileşimlerinin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir [Tyson, 1995].

80'li yılların ikinci yarısından itibaren de yerkürede bir küresel ısınma sorunu ortaya çıkmıştır. Bu sorun nedeniyle, yukarıda sözü edilen çölleşme, kuraklık, ürün azalmasına bağlı kıtlık gibi problemlerin daha da yoğunlaşacağı tahmin edilmekte; hidrolojik dengenin bozulmasıyla kuraklığın yanısıra taşkınların da artacağı; sonuçta da bütün bu gelişmelerin sosyoekonomik yönden de olumsuz etkilerde bulunacağı düşünülmektedir. Küresel ısınmanın, zincirleme olarak yine tüm doğal kaynakları ve canlı yaşamını tehdit etmesi nedeniyle, bu olayın da bir çevre bütünü içerisinde değerlendirilmesi önem kazanmıştır.

Yukarıda sözü edilen tüm gelişmeler, su kaynaklarına bakış açısında da değişmelere neden olmuş ve sonuçta su kaynaklarının planlama ve yönetiminde "entegre" olarak tanımlanan yaklaşım benimsenmiştir. Özetlenecek olursa, su kaynaklarının entegre yönetimini gerektiren üç temel neden mevcuttur:

- a) çevrenin tüm doğal kaynaklarıyla bir bütün oluşturması;
- b) her türlü gelişim planlarının "sürdürülebilir kalkınma" felsefesi içinde gerçekleştirilme zorunluluğu;
- c) küresel ısınmanın etkileri.

Günümüzde su kaynakları açısından yaşanan sorunlar entegre niteliktedir; dolayısıyla getirilecek çözümlerin de entegre yaklaşımlarla belirlenmesi gerekmektedir. Burada "entegre çözüm", pek çok unsurun entegrasyonunu ifade etmektedir. Su kaynakları planlanıp yönetilirken, suyun sadece miktarı değil, kalitesi, toprak ve havayla ilişkileri, tüm fiziksel faktörler bir arada dikkate alınmalıdır. Bu nokta, yukarıda (a) maddesinin getirdiği bir sonuçtur. Sürdürülebilir kalkınma gerekliliği nedeniyle, sadece fiziksel faktörler değil, sosyal, ekonomik, yasal unsurların da değerlendirilmesi zorunludur. Buna göre, havza yönetim amaçları da entegre biçimde tanımlanıp disiplinler arası entegrasyonla çözümlenmelidir. Yüzeysel su kaynakları geliştirilirken, bu gelişimin başka ortamlara da, örneğin kıyı bölgelerine, yeraltısuyuna etkileri ortaya konmalıdır.

Çevre ve kalkınma sorunlarının küresel bazda değerlendirilmesi en geniş kapsamda ilk kez, 1992 yılında Rio de Janeiro'da toplanan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Dünya Zirve Konferansı'nda (UNCED) ele alınmış; varılan sonuçlar GÜNDEM 21 adı altında bir deklarasyonla açıklanmıştır. Sürdürülebilir kalkınma felsefesinin kabul edildiği bu toplantıda, GÜNDEM 21'in yanısıra "Biyolojik Çeşitlilik" ve "İklim Değişikliği" sözleşmeleri de toplantıya katılan çok sayıda ülke tarafından imzalanmıştır.

GÜNDEM 21 adlı belge, bugünden 21. yüzyıla uzanan bir eylem planı ortaya koymaktadır. Yasal yönden bağlayıcı olmamakla beraber, bu belge ile ülkelerin çevre konusundaki politik yükümlülükleri tanımlanmıştır. GÜNDEM 21'de yer alan bazı temel ilkeler şunlardır [TÇV, 1993b]:

- İnsanoğlu sürdürülebilir kalkınmanın merkezindedir. Doğa ile uyum içerisinde sağlıklı ve verimli bir hayata hakkı vardır.
- Diğer ülkelerin çevresine zarar vermemek kaydıyla, bütün ülkeler kendi doğal kaynaklarını kendi politikaları doğrultusunda kullanma hakkına sahiptirler.

- Mevcut ve gelecek nesillerin çevre ve kalkınma ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde bir kalkınma hakkı tanınmalıdır.
- Çevre koruma, kalkınma sürecinin tamamlayıcı bir parçası olarak görülmelidir.
- Ekosistemin korunması ve geliştirilmesinde, ülkeler, global ortaklık ruhu içinde işbirliği yapacaklardır. Global çevre korumada ülkeler ortak, ancak, farklı düzeylerde sorumluluğa sahiptir.
- Ulusal otoriteler, kirlenen öder prensibi doğrultusunda, çevre maliyetlerinin uluslararası hale getirilmesini ve ekonomik araçların kullanımını geliştirmelidir.
- Önemli sınırlarötesi etkiye sahip olabilecek faaliyetler söz konusu olduğunda, faaliyet sahibi ülke, ilgili ülkeleri zamanında haberdar edecek ve gerekli bilgileri sağlayacaktır.

GÜNDEM 21’de doğrudan su kaynakları ile ilgili olarak da, bu kaynakların çevre bütünü içinde değerlendirilmesi gerektiği; kaynak yönetiminin de havza bazında ve diğer doğal kaynaklarla “entegre” biçimde gerçekleştirilmesi zorunluluğu vurgulanmıştır. GÜNDEM 21’e göre su, sadece doğal değil, sosyal ve ekonomik kaynak olarak da tanımlanmaktadır. Bu çerçevede su kaynaklarının kullanım ve geliştirilmesinin entegre biçimde yönlendirilmesi ve bunların sürdürülebilir kalkınma felsefesi içinde yönetilmesi görüşü benimsenmiştir.

Rio Konferansı’ndan sonra GÜNDEM 21’de öngörülen esaslar ve sürdürülebilirlik kavramı artık sadece bir felsefi görüş olarak kalmayıp, devlet politikaları haline gelmeye başlamıştır. Örneğin, İngiltere’de GÜNDEM 21’in esasları yasal düzenlemelere dahil edilmiş ve şu esaslar ortaya konmuştur [Clark ve Gardiner, 1994]:

- Su kaynaklarının gelişimi, su kıtlığını ve kirliliğini önleyecek biçimde entegre yaklaşımlarla gerçekleştirilmelidir;
- 2000 yılına kadar, tüm ülkelerde etkin su kullanım politikalarının oluşturulmasını esas alan, su kaynaklarının yönetimini havza bazında ele alan ulusal eylem planları geliştirilmelidir. Bu çerçevede, su kaynaklarının gelişimi, diğer kaynaklarla entegre biçimde değerlendirilmelidir.

Benzer şekilde diğer ülkelerde, özellikle de sosyoekonomik açıdan hızlı gelişme gösteren gelişmekte olan ülkelerde yukarıdaki görüşler benimsenmiştir.

### 5.3. Entegre Havza Yönetiminin Aşamaları

Bir akarsu havzasının entegre yaklaşımla yönetimi hedeflendiğinde, Şekil 2’de özetlenen aşamaların gerçekleştirilmesi söz konusudur. Şekilden de izlenebileceği gibi, öncelikle yapılması gereken iş, havzada su kaynakları açısından problemlerin tanımlanması ve buna göre yönetimden beklenen amaçların ve tercihlerin belirlenmesidir. Böyle bir çalışma bir politika analizi gerektirir. Politika analizinde, toplumun farklı kesimlerini, farklı disiplinleri ve farklı su kullanımlarını ilgilendiren çeşitli amaçların değerlendirilmesi söz konusudur. Amaçlarla birlikte, ortaya konacak yönetim politikalarını şekillendiren sınır şartları ve etkilerin de belirlenmesi zorunludur.

Birinci aşamadaki unsurlardan anlaşılacağı gibi entegre yönetim, toplumun her kesimini, birbirinden farklı disiplin ve kurumları, sosyal, ekonomik, yasal ve idari koşulları içeren karmaşık bir yaklaşımdır. Bu nedenle de ortaya çıkan amaçların çokluğu, işi daha birinci aşamada zorlaştırmaktadır. Bu noktada yapılması gereken, öncelikle havza yönetiminden sorumlu bir idari mekanizmanın oluşturulmasıdır. Bu tür bir bölgesel idarenin kurulması ile, yönetim faaliyetlerinin her aşama için koordinasyonu gerçekleştirilebilir; görev ve sorumlulukların paylaşımı da yönlendirilebilir.

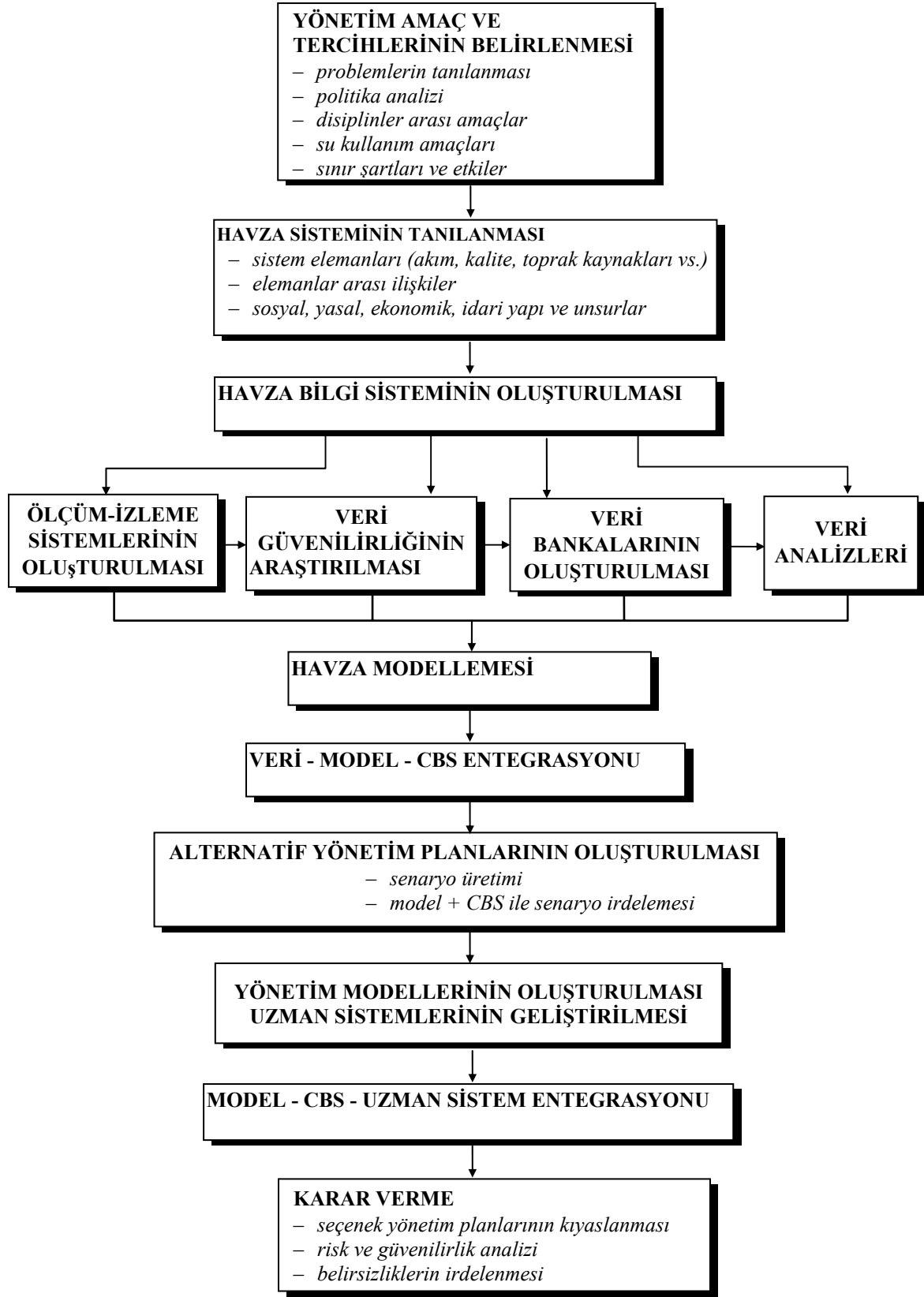
İkinci aşamada havzanın bir bütün olarak tanınması, fiziksel özellikleriyle birlikte sosyal, ekonomik, yasal ve idari unsurlarının da ortaya konması gerekir. Fiziksel boyutta, havza sisteminde yer alan tüm elemanlar (akım, kalite, yağış, sediment, toprak kaynakları, arazi kullanımı vs.) ve bunlar arasındaki etkileşimlerin belirlenmesi söz konusudur. Esas olarak, ikinci aşama da disiplinler arası bir çalışma gerektirir.

Entegre yönetimin, daha sonraki aşamaları oluşturan üç temel aracı mevcuttur:

- havza bilgi sistemi (veri);
- havza simülasyon modelleri; ve
- veri - model ilişkisini sağlayan Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS).

Esas itibarıyla, veri ve model, geçmişte de planlama çalışmalarının temel araçlarını oluşturmuşlardır. Ancak, entegre yönetim yaklaşımı, bu araçların oluşturulup kullanımında da yeni ihtiyaç ve yaklaşımlara neden olmuştur.

Veriler açısından, veri toplama sistemlerinin tasarımından başlayarak, gözlem yapılması, laboratuvar analizleri, verilerin depolanıp proses edilmesi, kullanıcılara ulaştırılması ve sonuçta veri analizleri ile bilgiye dönüştürülmesine kadar çeşitli işlem adımlarını içeren bir “veri yönetimi sistemi”nin uygulanması gerekmektedir. Günümüzde bu sistemin de, işlem adımları arasında ve her adımda gerekli olabilecek farklı disiplinler arasında entegrasyonu sağlayacak biçimde yürütülmesi zorunlu hale gelmiştir. Aksi takdirde, çoğu uygulamalarda olduğu gibi, çok sayıda veri toplanmasına rağmen sonuçta havza yönetimi için gerekli bilginin üretilmediği durumlarla karşılaşmaktadır [Harmancıoğlu, 1997].



**Şekil 2.** Entegre havza yönetiminin aşamaları.

Modelleme açısından ise, geçmişte akım, su kalitesi, hidrolojik çevrimde yer alan diğer bileşenler, sediment taşınımı, erozyon v.s. gibi olaylar, sadece o olayların simülasyonuna yönelmiş modellerle tanımlanmaktaydı. Entegre yönetim yaklaşımında ise, tüm olayların birlikte değerlendirilmesi esas olduğundan, geçmişteki modeller daha geniş kapsamlı ve karmaşık modellerin bileşenleri haline gelmiştir. Dolayısıyla günümüzde, özellikle gelişmiş ülkelerde “entegre havza modelleri” olarak anılan ve havzada yer alan tüm elemanları, olayları ve bunların etkileşimlerini inceleyen havza simülasyon modelleri geliştirilmiştir [Harmancıoğlu ve Özkul, 1996]. Bu modeller esas olarak yönetim amaçlı olup, seçenek havza yönetim planlarının irdelenmesine olanak sağlamaktadırlar. Bilgisayar program paketi niteliğinde hazırlanmış olan bu modellerde, hidrolojik çevrimde yer alan tüm bileşenler, su kalitesi, bitki örtüsü ve toprak özellikleri, arazi kullanımı gibi unsurlar modellenmekte; risk ve belirsizlik analizlerine de yer verilmektedir. Söz konusu modellerin çoğu A.B.D.’de geliştirilmiş olup, HSPF (Hydrological Simulation Program - Fortran), SWMM (Stormwater Management Model) ve SWRRB (Simulator for Water Resources in Rural Basin) sıkça kullanılan entegre havza modelleridir. Avrupa’da ise önemli su kaynakları ve hidrolojik araştırma merkezleri tarafından oluşturulan MOUSE (Danish Hydraulic Institute) ve Wallingford (HR Wallingford) modelleri olarak bilinen WALLRUS, WASSP, SPIDA ve MOSQUITO gibi modeller mevcuttur.

Entegre yönetimin kaçınılmaz bir unsuru da havzanın alansal boyutta incelenmesini sağlayan, görüntüleme, matematik işlem, veri depolama, çıktı hazırlama gibi pek çok işlevi birlikte yerine getiren Coğrafi Bilgi Sistemleri’nin (CBS) 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. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin getirdiği en önemli yarar, incelenen problemlerde alansal boyutun dikkate alınabilmesi; havza özelliklerinin, girdi-çıktıların alansal değişkenliklerinin irdelenebilmesidir.

Model + veri + 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 ve mevcut verilerle irdelemek ve bunları CBS ile görüntülemek suretiyle sınanmaktadır. Böylelikle daha iyi ve etkin yönetim planlarının oluşturulması mümkün olmaktadır [Singh, 1995].

Yönetim sürecinin karmaşıklığı, çok sayıda amacın, sınır şartlarının ve seçenek çözümlerin değerlendirilme zorunluluğundan kaynaklanmaktadır. Bu süreci kolaylaştırmak üzere, yine bir bilgisayar sistemi şeklinde düzenlenen Uzman Sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler de model + veri + CBS üçlüsü ile entegre edildiğinde, bilgisayar destekli bir yönetim sisteminin esasları oluşturulabilmektedir. Su kaynakları yönetimi amaçlı olarak geliştirilmiş ve denenmiş olan bir Uzman Sistem HYDRO olarak bilinen sistemdir.

Yönetim planının son aşamasında ise yapılması gereken iş, verilen kararlara ilgili olarak risk ve belirsizliklerin ortaya konmasıdır. Bunun için de matematiksel bazda risk ve belirsizlik analizi yaklaşımlarının uygulanması gerekir. Bazı entegre havza modellerinde bu işlevleri yapan modüller de mevcuttur.

## 5.4 Entegre Yönetimin Uygulama Olanakları

Entegre yaklaşım, bundan böyle havza yönetiminde uygulanması gereken bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Ancak bu aşamada pek çok sorunla da karşılaşmaktadır. Herşeyden önce bu yaklaşımın nasıl uygulamaya konulacağı tam bilinmemektedir. Entegre yönetim için öncelikle hedeflerin ortaya konması gerekir. Bu hedefler sadece kaynakların fiziksel özellikleriyle değil, sosyal, ekonomik, politik, yasal ve idari hedeflerle de ilgilidir. Bu durumda da problemin tanımı son derece zor ve kapsamlı bir çalışmayı gerektirmektedir. Yönetim amaçlarının başlangıçta iyi tanımlanamaması halinde de, uygulanacak çalışmalar daha baştan tutarsız hale gelmektedir. Uygulamada bu tür durumlarla sık karşılaşmakta ve entegre yönetim yaklaşımı başarısızlıkla sonuçlanmaktadır [van Zyl, 1995].

Diğer taraftan konunun sosyal, ekonomik, idari ve yasal yönlerden nasıl ele alınması gerektiği de açıklığa kavuşmuş değildir. Esas olarak entegre yönetimin sosyal bir olgu, su kaynağının da sosyal bir kaynak olarak tanınması zorunludur. Bu açıdan entegre yaklaşım toplumsal bir olay ve bir yaşam tarzı olarak kabul edilmelidir. Bunun temelinde ise eğitim yatmaktadır. Başka bir deyişle, toplumun bu yaklaşımı benimsemesi, bu konuda bilinçli hale gelmesi ve eğitilmesi gereklidir. Bu zorunluluk planlamacıları, karar verici konumda olan kişileri ve uygulayıcıları da kapsamaktadır. İşin temel zorluğu da bu noktadadır. Pek çok ülkede henüz, entegre yaklaşım felsefesi bir yaşam tarzı haline gelmemiştir [van Zyl, 1995].

Öte yandan entegre havza yönetiminin uygulanabilmesi için, evvelce de belirtildiği gibi havza bazında bir idari mekanizmanın kurulması zorunludur. Bunun için de gerekli politik ve yasal düzenlemelerin yapılması gerekecektir. Bütün bunlar da zaman gerektiren aşamalardır. Bu açıdan da entegre havza yönetimi felsefesinin kabulü ile uygulamaya geçilmesi arasında önemli ölçüde zaman ve çaba gerektiren aşamaların gerçekleştirilmesi söz konusudur. Esas itibarıyla, yukarıda belirtildiği gibi, bu felsefenin yerleşmesi de uzun bir zaman sürecini gerektirmektedir.

Teknik yönden ise, entegre yaklaşımın uygulanabilmesi için yeni teknik ve mühendislik uygulamalarına ihtiyaç vardır. En başta temel zorluk, havzanın bir bütün olarak tanımlanabilmesidir. Bu açıdan bilimsel temellerin iyi oturtulması, fiziksel olayların gerçekçi olarak tanımlanması zorunludur. Günümüzde bu amaçla kapsamlı matematik modeller geliştirilmektedir. Bu modeller havza bütünü içeren ve bilgisayarda çözümlenen modellerdir. Teknik açıdan bu tür modellerin uygulanmasında da çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır. Örneğin, küresel iklim değişikliği, günümüze kadar kullanılagelen modellerdeki stasyonellik varsayımını şüpheli hale getirmiştir. Bu da, modellerin tümüyle revize edilmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Günümüzde bu açıdan da yoğun çalışmalar sürdürülmekte, iklim değişikliğinin havza tanımlanmasında ne şekilde değerlendirilmesi gerektiği araştırılmaktadır.

Modellerle ilgili zorlukların başında ayrıca veri ihtiyacı gelmektedir. Evvelce noktasal olarak toplanan veriler çeşitli uygulamalar için yeterli olurken, bugün pek çok problemin çözümü alansal dağılıma sahip veri gerektirmektedir. Alansal verilerin işlenip değerlendirilmesi için de yeni teknik ve yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Bu gerekçe

ile günümüzde Coğrafi Bilgi Sistemleri gibi yeni teknolojiler geliştirilmektedir. Bunların da ötesinde toplanan verilerin işlenmesi, depolanması, kullanıcıya ulaştırılması da başlı başına bir yönetim çalışması gerektirmektedir. Bu noktada karşılaşılan en önemli sorun, yönetim kararlarının verilebilmesi için gerekli olan bilgi ile veri yönetimi sistemlerinin ürettiği bilgi arasındaki uyumsuzluktur. Esas olarak bu konu da, GÜNDEM 21’de ele alınmış, veri toplama ve yönetim sistemlerinin de etkin ve optimum hale getirilmesi öngörülmüştür. Bu çerçevede pek çok ülke, ölçüm sistemlerinin performansını değerlendirerek yeniden tasarım çalışmalarına başlamışlardır.

### **5.5 Değerlendirme**

Yukarıdaki bölümlerde ifade edildiği gibi, entegre havza yönetimi yaklaşımı günümüzdeki koşullar altında kaçınılmaz hale gelmiştir. Ancak uygulama açısından çözüm bekleyen pek çok sorun mevcuttur. Bu sorunlar uzun bir zaman perspektifi içinde ve en başta eğitimle halledilebilecek problemlerdir.

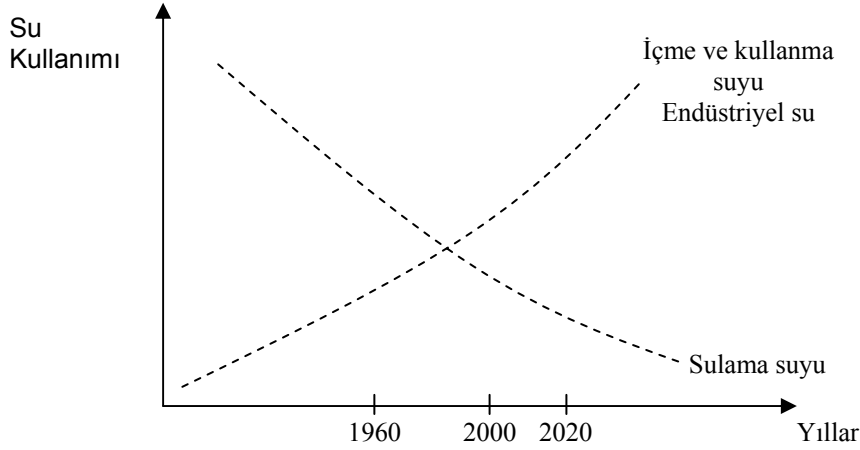
Günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde entegre havza yönetiminin gerekliliği kabul edilmekle beraber, yaklaşımın tümüyle başarılı olarak uygulanabildiği örnekler oldukça azdır. Hatta pek çok ülkedeki uygulamalar başarısızlıkla sonuçlanmıştır [Blackmore, 1995; Miloradov v.d., 1995; Hoesper v.d., 1995].

Ülkemizde ise GAP planlaması, geçmişten bugüne giderek entegre havza yönetimi şekline dönüşen başarılı uygulamalardan biridir. Hatta, çeşitli yönleriyle (örneğin, entegre yönetim için bir idari mekanizmanın kurulmuş olması; fiziksel, sosyal, ekonomik, idari vs. gibi pek çok hedef ve unsurun entegre biçimde ele alınması) GAP, dünyada da sayılı örnek uygulamalardan biri olarak tanımlanabilir. Planlamanın bundan sonraki aşamalarında da aynı başarıyla devamı için, belli ölçüde yeni teknolojilere (veri toplama sistemleri, modelleme, CBS ve Uzman Sistemlerin entegre uygulamaları) de yer verilmesi; risk ve belirsizlik analizlerinin yapılması; çeşitli karar senaryolarının oluşturulması ile daha etkin yönetim politikalarının aranması uygun olacaktır. Burada vurgulanması gereken nokta, ülkemizde GAP projesi dışında, pek çok akarsu havzamızda entegre yönetim yaklaşımını gerektiren sorunlar mevcuttur. Dolayısıyla, bu tür havzalarda yürütülen çalışmaların zaman içinde entegre biçime sokulması zorunlu görülmektedir.

### **5.6. Su Kaynakları Yönetimi Açısından Ülkemizdeki Durum**

Doğal kaynak olarak suyun artan önemine rağmen, bugün pekçok ülkede ve havzada olduğu gibi ülkemizde de “su kıtlığı” yaşanmaktadır. Bazı zamanlarda bu kıtlığın nedeni doğal hidrolojik koşullardan kaynaklanmakla beraber, günümüzde oluşan temel neden su kullanımlarının artması ve çeşitlenmesidir. Geçmişte, bir akarsu havzasına giren suların çevrilip belli başlı birkaç ihtiyaca tahsis edilmesi yeterli olabilmekteydi. Ancak bugün su kıtlığı sorunu nedeniyle, havzadaki su bütçesinin detaylı olarak değerlendirilmesi ve çok çeşitli kullanımlar arasında suyun optimum bir biçimde tahsis edilmesi önem taşımaktadır. Pekçok havzada yaşanan su kirliliği olgusu da su tahsisinde daha ileri sorunlara yol açabilmektedir.

Su kullanımlarının çeşitlenmesi konusunda, Şekil 3’de özetlenen eğilimlere değinmek gerekir. Ülkemiz gibi yarı kurak rejim yaşayan ülkelerde, geçmişte suyun sulamaya tahsisi öncelikli iken, günümüzde hızlı nüfus artışı ve endüstriyel gelişime paralel olarak içme ve kullanma suyu ile endüstriyel su ihtiyacı giderek artmaktadır.



Şekil 3. Farklı türde su kullanımlarında izlenen eğilimler (Alpaslan ve Harmancıoğlu, 2001).

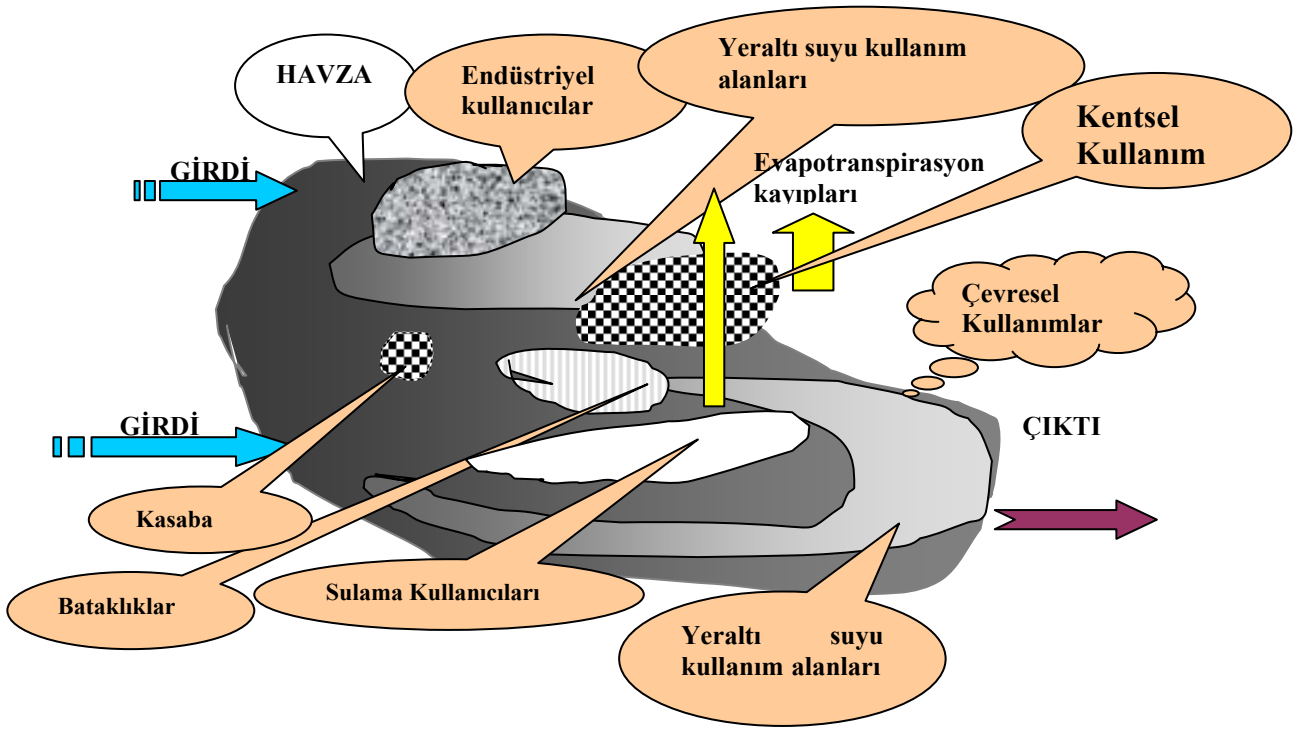
IWMI tarafından yapılan bir araştırmaya göre (IWMI, 1999), 1995-2025 arasında su ihtiyacının artışı sektörler için şu mertebelerde tahmin edilmiştir:

İçme ve kullanma suyu:	%84
Endüstriyel su :	%60
Sulama :	%17

Bunlara ilaveten çevre koruma amacıyla da (mevcut ekolojinin korunması, bozulan ekolojinin düzeltilmesi) önemli bir su ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Tüm bu olgular değerlendirildiğinde, günümüzdeki su kıtlığının temel nedeni olarak, çeşitli kullanımlar arasında suya olan “rekabet” olgusu belirginleşmektedir.

Su kıtlığı, kullanımlar arası rekabet, su tahsisindeki sorunlar dikkate alındığında da, artık eskiden olduğu gibi sadece su kaynaklarının “planlaması” değil, “su yönetimi” yaklaşımı esas olmaktadır. Bu yaklaşım çerçevesinde, bir akarsu havzasının Şekil 4’de görüldüğü gibi tüm bileşenleriyle bir sistem olarak tanımlanması ve yönetilmesi zorunludur. Bu tanımda su kullanımları ile beraber, su ile ilgili her aktör ve aktörler arası ilişkiler de belirlenmeli ve akarsu havzası bir “sosyo-teknik” sistem olarak ele alınmalıdır.

Su yönetimini gerektiren olgulardan biri de günümüzde yaşanan “kurumsal karmaşıklık”tır. Geçmişte bir havzada söz sahibi olan bir iki kurum bulunurken, 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 bulunmaktadır; aktörler arası ilişkiler de son derece karmaşık olmaktadır. Zira çok kurumluluk, çok amaç ve hedefi, 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 kriterini de değerlendirmeleri gereklidir.



Şekil 4. Bir akarsu havzasının çeşitli su kullanımlarına göre sistem olarak tanımlanması (Alpaslan ve Harmancıoğlu,2001)

Özetlenecek olursa, günümüzde su yönetiminde yaşanan iki sorun, çok sayıdaki su kullanımları arasında *rekabet* ve *kurumsal kargaşa* olarak ifade edilebilirler. İşin teknik tarafında ise, havza profilinin bir sosyo-teknik sistem olarak çıkarılması ve havzada su bütçesinin son derece detaylı tanınması önem taşımaktadır.

Hidrolojik açıdan 26 akarsu havzasına bölünmüş olan Ülkemizde su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi alanında faaliyetler yürüten birçok kurum ve kuruluş bulunmaktadır. Bu durum, suyun gözlenmesi, değerlendirilmesi ve yönetimi aşamalarında çeşitli sorunlara neden olmaktadır.

Ülkemizde, su kaynakları yönetimiyle bağlantılı konuların DSİ faaliyetlerini yakından ilgilendirdiğinden, su kaynaklarının havza bazında ve ülke bazında yönetilmesinde eşgüdüm işlevi DSİ Genel Müdürlüğüne bir ölçüde kendiliğinden yerine getirilmektedir. Ancak, sürdürülebilir kalkınmanın bütün yönleriyle yaşama geçirilebilmesi için suyun toplu yönetimiyle ilgili bütün unsurların somut olarak tanımlanması gereği bulunmaktadır. Bu bağlamda, yukarıda belirtilen nedenlerle ve ülke geçekleri gözönünde bulundurularak, DSİ merkezli bir entegrasyona gidilmesi süreci yaşanmaktadır.

Su kaynaklarının yönetiminde önemli bir deneyim kazanan ülkemizde en göze çarpan özellik, merkezi planlamadır. Bu amaçla hazırlanan 5 yıllık kalkınma planlarında, bütün doğal kaynakların çeşitli sektörler arasında en uygun dağılımının sağlanması öngörülmüştür. Kamu yatırımları açısından, ülkemizde su sektörü, diğer sektörler arasında en büyük paya sahiptir. Bu nedenle su kaynakları geliştirme projeleri ülke ekonomisi için hayati öneme sahiptir.

Türkiye'nin idari, sosyal ve ekonomik yapısı çerçevesinde ilgili kurumsal yapılaşma ve faaliyetlere bakıldığında, su kaynakları yönetiminin büyük ölçüde su kullanımlarına yönelik taleplere uyarlanmış olduğu görülür.

### **5.7. İklimsel Özelliklerin Su kaynakları Açısından Değerlendirmesi**

Su kaynakların en uygun şekilde planlanması ve akılcı yönetimi için suyun kalitesi ve miktarı, meteorolojik verilerin yeterli miktarda ve güvenilir olarak gözlenmesine ihtiyaç vardır. Ülkemizde iklimsel koşullar zamansal ve uzaysal olarak oldukça değişkenlik göstermektedir. Kuraklık ve taşkın olayları sık sık yaşanan olaylardandır. Bu nedenle, su gereksinimlerinin karşılanabilmesi için suyun yönetimi önem kazanmaktadır.

Diğer yandan, Ülkemiz hızlı bir kalkınma süreci içinde olup, kırsal kesimden şehirlere göç sorunu devam etmektedir. Nüfus artışı oranı yüksektir. Bu nedenlerle, suya olan artan talebin, yeni su kaynakları projeleri geliştirmek yoluyla karşılanması konusunda çeşitli zorluklar yaşanmaktadır. Bu durum, su kaynakları yönetiminde yeni tekniklerin ve stratejilerin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Sistem performansının artırılması ve verimliliğin sağlanması için su kaynakları projelerin işletilmesi ve yönetiminde uygulamanın transferi günümüzde benimsenen bir husustur.

Yağışların düzensiz karakteri sulamayı zorunlu kılmaktadır. Suyun evsel, tarımsal ve endüstriyel kullanımı ülkelerin kalkınması ve insan faaliyetleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Sulamanın su tüketiminde % 75'lik bir paya sahip olduğu günümüzde, sulama projeleri kalkınma faaliyetlerinde önemli bir paya sahiptir.

Diğer yandan, su ekonomik bir varlık olup, çeşitli sektörlerin gereksinimleri arasında geçiş yapma özelliğine sahiptir. Suyun kıt bir kaynak oluşu nedeniyle, tarıma ayrılan su, nüfus artışı ile sanayileşmenin artmasına paralel olarak azalma gösterdiğinden ve bu eğilimin giderek artacağından dolayı daha etkili sulama sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Sulama suyunun verimli kullanılabilmesi için çalışmaların havza bazında ele alınması, havza su verim ve tüketim dengesinin yeni teknolojik bilgilerin çerçevesinde kurulması, yasal altyapının oluşturulması gerekir. Bu çerçevede, suyun planlanması, yönetilmesi uygulamaları sürdürülebilir, katılımcı ve demokratik yapıya uygun politikalar geliştirilerek etkinleştirilebilir.

Yarı-kurak bir iklimde sahip ülkemizde sulamanın önemi büyüktür. Bilimsel değerlendirmeler, önümüzdeki yıllarda dünyada ve özellikle Akdeniz çevresinde toprak verimliliğinin kuraklık nedeniyle giderek azalacağını ve çöl alanlarının genişleyeceğini ortaya koymaktadır. Bu olumsuz etkileri en aza indirgeyebilmek için, su kaynaklarının düzenlenerek, depolama tesislerine ve sulama yatırımlarına ihtiyaç vardır. Ancak bu yatırımların havza bazında belirli bir bütünlük içinde ve sektörel gereksinimler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Bazı durumlarda havza ile sınırlı kalmak da yeterli olmamaktadır. Şöyle ki, mevcut su kaynaklarının düzenlenirken, havza bazında su gereksinimleri ele alındığında, bazı havzalarda su fazlası varken, bazı havzalarda da su yetersizliği bulunmaktadır. Bu durum havzalar arası su taşınımını gündeme getirmektedir. Bu gibi durumlar, bölgesel ölçekte planlamayı ve dolayısıyla merkezi planlamayı zorunlu kılmaktadır.

### **5.8 Kurumsal Değerlendirmeler**

Su kaynaklarını planlarken, uzun dönemli ihtiyaçlar da dikkate alınarak bu kaynağın en rasyonel biçimde planlanması ve bu kaynağın bir bütünlük anlayışı

içinde dikkate alınması zorunludur. Bu nedenle, su kaynaklarının geliştirilmesi ve yönetimi havza, coğrafik bölge ve ülke ölçeğinde ele alınması ve sektörlerin gereksinimleri göz önünde bulundurularak planlanmasının yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda, su kaynaklarını kullanan tüm sektörler hak ve sorumluluklarını su ve toprak yasalarından almalıdır. Bu yasaların hazırlanmasında ve uygulanmasında bütüncül bir yönetim anlayışı benimsenmelidir. Oysa Türkiye'de bu konuda bir belirsizlik söz konusudur. Su kaynaklarının gözlenmesi, planlanması, değerlendirilmesi, kullanımı ve yönetilmesinde en yetkili Kuruluş DSİ Genel Müdürlüğü iken, diğer kurum ve kuruluşların da belirli konularda yetkilendirilmiş olmaları, su yönetiminde bütüncüllüğü bozarken, bu kargaşa ortamına da neden olmaktadır.

## 6. HIDROSİSMİSİTE

Hidrosismisite modeli yer kabuğunun hidrolojik haldeki değişimlerini, kayaçların sınırlarla zayıflaması ve hidrolojik olarak etkilenmiş bölgelerdeki gerilmelerin sismojenik bölgelere iletilmesi sonucu sismisiteyle ilişkilendirilir. Plakalar arası sismisitenin olduğu bölgeler, sürekli ve yaygın deprem aktivitesinin olduğu alanlardır. Yağışlardaki uzun süreli artışlar ve düşüşler su tablası yükselmesinde periyodik olarak bölgesel ve geçici değişimlere neden olur. Bu değişimler bastırılmış olmasına rağmen bir yer altı suyu havzasındaki su tablasındaki düşey düzensiz değişimlerle alakalıdır. Kristalin kayalarda hiposentral derinliklerdeki sıvı basıncının litostatik değil hidrostatik olduğu varsayılır. Bu durum yüzeyden hiposentral derinliklere kadar, ilişkili bir kırık permeabilitesi olduğunu işaret etmektedir. Su tablası yükselmesindeki düşey değişimler hiposentral derinliklerdeki gözenek sıvısı basıncında küçük değişimlere neden olur. Gözenek basıncındaki küçük ve tekrarlı değişimler, hidrolik zayıflatma tarafından bozulmuş zonlar ve gerilme korozyonu oluşmasına neden olur. Bu durum sonuç olarak kırılmaya hazır bir gerilmeye sahip olan bir kabukta, gözenek basıncı difüzyon yolları boyunca herhangi bir yerde oluşan "hidrolik olarak indüklenmiş" bir sismisite tetikleme oluşturur. Bu "Hidrosismisite modelidir (Costain ve diğ., 1987).

Amerika'da iki (New Madrid ve Central Virginia) ve Batı Türkiye'de de bir plakalar arası bölge incelenmiştir. 5-7 yılları arası periyot aralığında bir yıldaki deprem sayısı için olan Fourier spektrumu ile debi zaman serilerinde çakışan pikler gözlenmiştir. Bunlar hava koşullarındaki ortak dönemselliklerdir. Difüzyon denklemi kullanılarak debi zaman serileri aşağıya doğru, hiposentral derinliklere kadar ilerletilmiştir. "Aşağıya doğru-sürekli" zaman serilerinin her birinin standart sapması hesaplanmıştır. Gutenberg-Richter ilişkisi ve her bölgedeki debi verileri kullanılarak, bir yılda oluşan deprem sayısının zaman serilerinin standart sapmasına bölümünden elde edilen oranın her bölgede aynı olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak sismojenik kıtasal bir yapıdaki plakalar arası deprem sayısının, o kabuk yapısındaki gözenek sıvı basıncı düzensiz değişimlerinin standart sapmasıyla doğrudan orantılı olduğu saptanmıştır (Çifçi ve diğ. 2003).

Bu analizlerden biriside, Hazar Denizi'ndeki su dengesizlikleriyle bölgesel sismisiteyi ve bu ikisi arasındaki zaman gecikmesini ilişkilendirmektedir. Sismik aktivite sıkıştırmasıyla suyun kabuktan göle geçmesi ve suyun gölden sismojenik tabakaya gecikmeli olarak akması olarak yorumlanmıştır. Sismisitenin belirgin mevsimsel değişimleri dünyanın birçok bölgesinde gözlenmiştir. Bu değişimler aynı zamanda yağışla da ilişkilidir fakat bu durumda genellikle birkaç aylık sismisite

gecikmesi söz konusudur. Suyun kaynaktan (göl tabanı) sismik olarak aktif derinliklere akması gerektiği gözönünde bulundurulduğunda bu makul bir sonuçtur. Gecikme zamanları birkaç kilometreden 10 km'ye varan sismojenik derinliklerle uyumludur (Rodkin, 1992).

Alaska British Columbia sınırındaki Mt Ogden yakınlarında alışılmışın dışında bir dizi sismik olaylar meydana gelmiştir. Bu olayların mevsimsel bir tekrarlamaya döngüsü olduğu gözlenmiştir. Deprem aktivitesine bakıldığı zaman yıllık döngünün 2 pike sahip olduğu, bunlardan birinin Mayıs'da başlayıp Haziran ve Temmuz'a doğru arttığı ve ikincisinin ise Ağustos sonlarında başlayıp Ekim'e doğru arttığı gözlenmiştir. Kış ayları büyük oranda aktiviteden yoksundur. 1975 ve 1991 yılları arasındaki 17 yıllık periyotta, Ekim ayında  $M_L$ -3 büyüklüğünde kümülatif olarak toplam 164 olay meydana gelmiş buna karşılık Mart ve Nisan ayında aktivite gözlenmemiştir. Olayların odak noktalarının Mt Ogden buzul alanlarını oluşturan KD-GB yönlü Speel Nehri yakınlarında olduğu gözlenmiştir. Mt Ogden yakınlarındaki sismik aktiviteyle mevsimsel olayların döngüsünün istatistiksel olarak karşılaştırılması hidrolojik olarak nedensel mekanizmayı işaret etmektedir. Bu görünür ilişkiler, depremlerin ya faylı kayalara meteorik suyun girmesine bağlı boşluk basıncındaki süreksiz değişimlerden ya da buzul alanlarındaki yüzey yüklenmesinden dolayı yükselen boşluk basıncından tetiklendiği olasılığını arttırmaktadır (Lorraine ve diğ., 1997).

Sismik aktivitenin olası mevsimselliği ve Balkan bölgesinde yağıştan kaynaklanan depremlerin istatistiksel incelenmesi ile de Yeraltı suyu değişimlerinin yeraltı suyuyla bağlantılı olup olmadığının henüz net olarak açığa çıkmamış olması ve genellikle bir bölgedeki sismik aktivitenin kaynağı gerilmelerdeki değişimler olarak kabul edilmesine rağmen, depremlerin tetiklenmesinde yeraltı suyunun etkisinin kanıtları günden güne artmaktadır. Tektonik araştırmalar da yeraltı suyunun etkisi kıtalar arası sismisite bilmesinin çözümlenmesinde önemli bir noktadır. Yüzey nehirlerini ve dolaylı olarak yer altı suyunu besleyen esas kaynağın yağmur suyu olduğu kabul edilerek, bu yaklaşımla bir ön istatistiksel araştırma yapılmış ve bunun sonucunda sismik aktivitenin mevsimselliği ve Balkan bölgesinde yağışlarla depremler arasındaki ilişki hakkında bazı sonuçlar elde edilmiştir. Sismolojik veriler içeren bu çalışma, bu yarımadada var olan bazı bölgelerdeki olağan dışı yağışların sismik aktivitenin doğal trendini etkileyebileceği fikrini savunmaktadır (Betim, 1999).

Böylelikle hidrosismisite hipoteziyle, uzun süreli debi değişimleri gibi parametrelerden levhalararası deprem aktivitesini önceden saptanmasında kullanılabilir. Özellikle Batı ve Doğu Anadolu'da, Kuzey Anadolu Fay zonu boyunca buralardaki nehirlerin, göllerin ve barajlardaki değişimleri inceleyerek depremlerin önceden kestirimine yönelik çalışmalar yapılabilir.

## 7. ATMOSFERİK KARAKTERLİ JEODEZİK ÇALIŞMALAR

Yer kabuğunun deformasyonu ve bunun zaman içerisinde gözlenmesine yönelik jeodezik çalışmalar 20nci Yüzyıl içerisinde büyük gelişme kaydetmiş, başta yer dinamiği olmak üzere diğer yer bilimleri çalışmalarına yönelik somut bilgi ve veri üretmiştir. Özellikle uydu teknolojilerine (GPS, CLIVAR, GRACE, SAC-C, GPS-MET, COSMIC ve WAAS) bağlı olarak toplanan veriler, geliştirilen modeller aracılığı ile yer jeodinamiği, gravite alanı, iyonosferik ve troposferik parametreler, anlık deniz seviyesi değişimleri ve benzeri olguların belirlenmesi çalışmaları diğer yer bilimi dallarının sonuçlarıyla birlikte değerlendirildiğinde bir çok problemin çözümünde önemli rol oynamıştır. Özellikle farklı bölgelerde iyonosferik gürültünün ve troposferik

bilinmeyenlerin uydu sinyalleri yardımıyla belirlenmesinde jeodezik gözlem ve hesap yöntemlerinin yaygın olarak kullanılması, yereyle ilgili olguların değerlendirilmesine büyük katkı sağlamaktadır.

IPCC tarafından geçen yüzyılda uzun dönemli mareograf istasyonu verilerinin analizi ile küresel deniz düzeyinin 10-20 cm yükseldiği ve bu yükselişin büyük bir kısmının küresel ısınmadan kaynaklandığı değerlendirilmekte ve bu yüzyılda 40-60 cm daha yükseleceği tahmin edilmektedir (IPCC, 1995). Bu tahminlerin gerçekleşmesi durumunda, kıyı bölgelerindeki yerleşim ve tarımsal alanların bir kısmının sular altında kalması ve sonuç olarak önemli ekonomik ve sosyal sorunların ortaya çıkması beklenmektedir.

Türkiye kıyılarında uzun dönemli deniz seviyesi değişimleri Hrt.Gn.K.İği Jeodezi Dairesi Başkanlığı tarafından işletilen Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) projesi ile izlenmektedir. TUDES kapsamında mareograf istasyonlarındaki deniz seviyesi değişimlerinin yanısıra, düşey yer kabuğu hareketlerini tekrarlı hassas geometrik nivelman, tekrarlı GPS ve Sabit GPS ölçüleri ile izlemek amacıyla çalışmalar yürütülmektedir.

Ortalama deniz seviyesindeki yükselmenin bir sonucu olarak, yüksek deniz seviyesi değerleri artan sıklıklarda meydana gelecek, iklim değişimi nedeniyle fırtınalar daha sık ve ciddi olacak ve tekrarlanma sıklıkları artacaktır. Ortalama deniz seviyesindeki global yükseliş, kara çökmesi olan bölgelerde daha büyük bir miktarda ortaya çıkacak ve o bölge denizden gelecek fırtına dalgaları ve sel taşkınlarına daha büyük oranda maruz kalacaktır. Bu nedenle ortalama deniz seviyesindeki artışı izlemenin yanında kara seviyesindeki değişimleri de izlemek kıyı koruma planlarında dikkate alınacak görelî deniz seviyesi değişimlerinin belirlenmesinde önemlidir.

Geleceğe yönelik kestirimler model kestirimlerine dayalı olmalıdır. Türkiye’de henüz gelgit-fırtına modelleri oluşturulmamıştır. Bu modellerin oluşturulması ile ortaya çıkacak fırtınalar önceden tahmin edilecektir. Kara ve deniz seviyesi yükselme değerleri birlikte kullanılarak önümüzdeki yıllar için kıyılarımızda ne oranda bir deniz seviyesi yükselmesi olacağı ortaya çıkarılmalıdır. Türkiye kıyılarındaki düşey yer kabuğu hareketleri modellenir ve mutlak deniz seviyesi değişimleri belirlenirse görelî deniz seviyesi değişimleri tahmin edilebilecektir.

Mareograf istasyonlarından elde edilecek ortalama deniz seviyesindeki muhtemel yükseliş senaryolarına göre Türkiye kıyılarında hangi bölgelerin su altında kalacağını hesaplamaları yapılmalı ve bunlarla ilgili haritalar hazırlanmalıdır. Ortalama deniz seviyesindeki yükselmenin geniş ölçekteki etkilerinin anlaşılması için sele maruz kalacak ve aşınacak kıyıları gösteren haritaların üretilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Bu haritalar, yükseklik bilgisi, kıyı erozyon modelleri ve diğer kıyı olaylarının birlikte ele alınmasıyla oluşturulmalıdır. Önümüzdeki yüzyılda ortalama deniz seviyesinin 40-60 cm yükseleceği beklendiğine göre, bu kadar bir yükselme ile hangi bölgelerin su altında kalabileceği ve bunun neticesinde ortaya çıkacak ihtiyaçlar ve bunların maliyetleri ortaya çıkarılmalıdır.

Denizlerden gelebilecek sel taşkınlarını önceden tahmin etme ve uyarı sistemlerinin geliştirilmesi yukarıda ifade edilen çalışmaların bir sonucu olarak ortaya çıkarılmalıdır. Ortalama deniz seviyesindeki yükselme neticesinde sel zararlarındaki potansiyel yükselme ve kıyı sel planlarının gözden geçirilmesini gerektirmektedir.

## 8. GENEL DEĞERLENDİRMELER VE YAPILACAK ÇALIŞMALAR

### 8.1 Amaçlanan hususlar

Hidroloji ve meteoroloji konularında kurumsal ve araştırma çalışmalarını yürüten kamu kuruluşları ve üniversiteler, bu alanlardaki doğal afet olaylarının tespiti, nedenlerinin araştırılması, çözümlerin üretilmesi, gayretlerin birleştirilmesi, koordinasyonun sağlanması ve işletimsel hale dönüştürülmesinde önemli rol oynayacak disiplinler arası bilimsel projeleri bu programda ön görülen konular kapsamında gerçekleştirebileceklerdir.

Program kapsamında yapılan durum tespitleri çerçevesinde, meteorolojik ve hidrolojik karakterli afetlerin tespit, inceleme, araştırma, risk analizi ve kriz yönetimine yönelik olarak zaman bağımlı olarak hedefler saptanmalı ve çözümleri aranmalıdır. Bu hedefleri kısa, orta ve uzun vade de ele almak daha gerçekçi olacaktır.

Kısa vade kapsamında öncelikle yerine getirilmesi gereken hususları genel başlıklar halinde ifade etmek mümkündür. Bunlar; Meteorolojik ve hidrolojik mevcut veri sistemlerinin irdelenmesi, ölçüm ağlarının genişletilmesi, verilerin uydu/telefon hatları ile gerçek zamanlı olarak kurulacak bilgi merkezlerine iletilmesi, taşkın, çığ, heyelan riski taşıyan yerleşim alanlarının belirlenmesi ve yer seçimi (Hava alanı, endüstriyel tesisler, nükleer santraller vb.) kapsamında risk analizi ve karar destek sistemlerinin oluşturulması, doğal ve insan kaynaklı afet yönetim modellerinin geliştirilmesi ve karar destek sistemlerinin oluşturulması, meteorolojik ve hidrolojik afet öngörüsü ve uyarı sistemlerinin uygulamaya geçirilmesi, ülkenin ileriye yönelik enerji ihtiyaçlarının temini için yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin rasyonel bir şekilde belirlenmesi ve bunların ülke ekonomisine entegre edecek çözümleri yaşama geçirecek modellerin oluşturulması, afetler ile ilgili yaygın eğitim programlarının hazırlanması konularında önerilecek araştırma ve geliştirme projelerinin desteklenmesidir.

Orta ve uzun vadede iklim değerlerini kapsayan meteorolojik-hidrolojik model entegrasyonu ile akım ön tahminlerinin yapılması, afet politikalarının belirlenmesi, iklim modellerinin geliştirilmesi, hava kirleticilerinin ülkemizdeki etkilerinin geniş ölçekte ve uzun bir zaman dilimi için belirlenmesi, deniz ve kıyı entegrasyonunun incelenmesi ile erozyon modellerinin sediment taşınımı analizlerinde, baraj ve göletlerin planlama çalışmalarında uygulanması yönünde projeler geliştirilmelidir. Programın öngörülere dâhilinde kısa, orta ve uzun vadede yapılması düşünülen çalışmalar aşağıda sıralanmaktadır. Grupların kendi içindeki sıralama, genel anlamda yapılmış olup öncelik sırası niteliğini taşımamaktadır. Bununla birlikte, öngörülen hedeflere ulaşılmasında hedeflerin sıralanışı kendi içersinde anlamlı olarak yapılmıştır.

#### 8.2.1 Kısa Vadeli Hedefler

a. Meteorolojik ve hidrolojik ölçüm ağlarının genişletilmesi, verilerin uydu/telefon hatları ile gerçek zamanlı olarak kurulacak bilgi merkezlerine iletilmesi,

b. Meteorolojik ve hidrolojik araştırmalar için gerekli veri alt yapısının ve bunların kullanımına yönelik iletişim yapısının oluşturulması

c.Sel, ığ, heyelan riski taşıyan yerleşim alanlarının belirlenmesi ve yer seçimi (Hava alanı, endüstriyel tesisler, nükleer santraller vb.) kapsamında risk analizi ve karar destek sistemlerinin oluşturulması;

d.Doğal ve insan kaynaklı afet yönetim modellerinin geliştirilmesi ve karar destek sistemlerinin oluşturulması,

e.Uydu teknolojilerinin daha yaygın bir biçimde araştırma ve model çalışmalarına sokulması,

f.Öncelikle afet ile ilgili kamu personeline, yerel yönetimlerde çalışanlara, mimarlara, mühendislere, öğretmen ve öğrencilere, doğa afetler konusunda eğitim vermesi,

g.Önerilen hedefler için kamu kurum ve kuruluşlarının alt yapılarının geliştirilmesi, personel eğitiminin yapılması ve mevcut afet yönetmeliklerinin gözden geçirilmesi,

h.Ülkemizde kısa dalgadan yayın yapan Meteoroloji Radyosunun yurt içinde her radyo alıcısından dinlenebilmesi mümkün değildir. Onun yerine Meteoroloji Bölge Müdürlüklerine konulacak basit FM/AM vericileri ile normal radyolardan duyulabilen yer hava durumu ve fırtına uyarılarının halka sürekli olarak ulaştırılması için yeni düzenlemelerin yapılması ve kapalı olsa bile fırtına anında verilen meteorolojik uyarılar ile otomatik olarak açılıp yayın yapan özel el radyolarının ülkemizde de kullanımının sağlanması,

i. Olağan dışı hava şartlarında özel, resmi yerel TV ve radyolarının da bir merkeze bağlı olarak "Afet Anında Zorunlu Yayın" yapmaları sağlanmalıdır. Ayrıca, kablolu TV'de "Afet Anında Zorunlu Yayın" için de bir kanal boş bırakılmalıdır. Halkın doğru bir şekilde bilgilendirip yönlendirebilmesi için, ABD'de olduğu gibi, medyada "Hava Durumu" programlarını hazırlayıp sunanlar için meteorolojik meslek standardının geliştirilmesi ve bunlar için RTÜK yasasında gerekli düzenlemelerin yapılması,

j. Meteorolojik ve hidrolojik afet öngörüsü ve uyarı sistemleri kapsamında  
(1) Kuraklık, sel, fırtına, dolu, don, çığ, orman yangınları  
(2) Şehir ve bölgesel hava kirliliği  
(3)Kirleticilerin uzun menzilli taşınımı ve etkilerinin değerlendirilerek, uygulamaya geçirilmesi konusunda araştırma ve geliştirme projelerinin uygulanması,

k.Türkiye'de öncelikle tüketicinin korunmasına dikkat edilerek, çiftçi veya ev ve işyeri sahiplerinin doğa afetlere karşı sigorta yaptırmaya özendirilmesi,

l. Meteoroloji ve hidroloji bilimlerindeki değişimi ve gelişimi izlemek bakımından üniversitelerimizle daha sıkı iş birliği yapılması, bunun için mezuniyet sonrası ve meslek içi eğitimlerin kurumlarca arttırılması, meteorolojik ve hidrolojik afetler ile ilgili yaygın eğitim programlarının hazırlanması,

m. Meteorolojik afetleri belirlemek ve gerekli uyarıları yapmak ile ilgili görevlerin tanımlanması ve uygulanması kapsamında, Sel Tavsiye (advisory), Sel

Gözetleme (watch) ve Sel Uyarısının (warning) yapılabilmesi için Türkiye'nin nehir bölgelerine ayrılması ve DMI'nin bu bölgelerdeki istasyonları nehirlerin su seviyelerini de sürekli olarak tahmin ederek, sel tehlikesini uygun bir şekilde halka duyurması için bir idari ve teknik bir mekanizmanın geliştirilmesi,

n. Gelişmiş ülkelerdeki hava tahminlerde olduğu gibi hava tahminlerini "Kaynak, Yer, Zaman, Miktar ve Olasılık" belirtilerek; meteorolojik ihbarları ise "Kaynak, Tehlike, Yer, Zaman, Büyüklük, Olasılık, ve Koruyucu Önlemler" tek tek belirtilerek verilebilecek hale getirilmesi

o. Türkiye kıyılarındaki deniz seviyesi değişimlerinin mareograf, GPS, nivelman ve uydu altimetre ölçülerini kullanarak izlenmesi ve modellenmesi.

p. Birçok ülkede olduğu gibi çığ oluşturan fiziksel ve dinamik şartları inceleyip çığ oluşumunu tahmin etmeye yönelik çalışmalar yapacak bir araştırma ve tahmin merkezi kurulmalıdır.

q. Çığ tahmin ve uyarı çalışmaları için ilk aşamada, çığ afeti tehlikesi altında olan yerleşimler belirlenmeli, çığ afet haritaları hızla tamamlanmalı, nivolojik ölçüm ağı oluşturulmalı, kar profilleri alınmalı ve arşivlenmiş meteorolojik parametreler ve çığ olayları ile ilgili bilgilerden bir veri tabanı oluşturulmalıdır. İkinci aşamada ise, meteorolojik değişkenler ile çığ afetleri arasındaki istatistiksel ilişkiler incelenmeli ve ayrıca çığ oluşumunda etkili olan hava paternlerinin sinoptik analizleri yapılmalıdır.

r. Olası çığ afeti bölgelerinde yapılacak projelere yönelik her türlü yatırımın Afet İşleri Genel Müdürlüğündeki ilgili uzmanların iş birliği ile gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.

s. Çığ Risk Yönetim Sistemi oluşturulmalıdır.

### **8.1.2 Orta Vadeli Hedefler**

a. Gerekli altlıkların (yükseklik, arazi örtüsü, toprak yapısı vb) istenilen ve çalışmalara uygun ölçek ve standartla sayısal (digital) olarak saklanması sağlanması,

b. Gelişmiş ülkelerdeki gibi ülkemizde de doğal afetler (taşkın, çığ, heyelan, kuraklık, fırtına vb) ile ilgili Tahmin ve Erken Uyarı Merkez'lerinin oluşturulması ile insanlarımızın bilgilendirebilmesi ve tehlikeli bölgelerin kısa sürede boşaltabilmesi için gerekli olan sivil savunma afet planlarının ve hazırlıklarının yapılması,

c. Doğru bir şekilde ihbarların yapılabilmesi, gözlenen hidro-meteorolojik verilerin akademik seviyede bilimsel olarak değerlendirilmesiyle mümkündür. Bu nedenle bilimsel araştırma projeleri geliştirilmeli ve uygulamalıdır.

d. Afet yönetiminde hidro-meteorolojik kaynaklı heyelan bölgelerinin saptanması ve risk alanlarının belirlenmesi (Baraj ve su havzaları göz önünde bulundurularak),

e. Parsel bazlı sel risk haritaları çıkarılarak, bunlara ait sayısal altlıkların oluşturması ve şehirlerin İmar Planları hazırlanıp yenilenirken bu risk haritalarından sel yataklarının ayrıntılı bir şekilde belirlenmesi,

f. Sürdürülebilir kalkınma için afet-çevre-tarım etkilerinin değerlendirilmesi ve CBS ile bütünleştirilmesi,

g. Havza bazında yağmur ve kar kaplı alanların (derinlik ve kar su eşdeğerleri olarak) saptanması, atmosferik ön tahmin modelleri ile entegre edilebilecek zamansal/alansal dağılımlı akış modellerinin oluşturulması ve bölge bazında uygulanması,

h. İklim öngörüsü için modellerin oluşturulması ve Türkiye’de iklim etki planlarının yapılabilmesi açısından bu çalışmaların 1. Küresel iklim modeli (GCM), 2. Küresel iklim modelinin sonuçlarını kullanan bölgesel iklim modeli (RCM), 3. Yukarıdaki iklim model sonuçlarının istasyon noktasına indirgenmesi (Downscaling) aşamalarında olmasının sağlanması,

i. İklim Değişimi ve Türkiye’ye yansımaları kapsamında  
(1) İklim değişiminin ekosistem üzerine etkileri  
(2) Kuraklık ve sel  
(3) Şehir ve bölgesel iklim değişimi  
(4) İklim değişiminin su kaynaklarına etkisi  
(5) Stratosferik ozon değişimi ve etkilerini  
(6) Erozyon-risk haritalarının güncelleştirilmesini  
değerlendirecek araştırma ve geliştirme projelerinin ortaya konulması,

j. İklim değişiminin günlük yaşama entegrasyonunun değerlendirilmesi,

k. Türkiye’de yaygın olarak kullanılmakta olan fosil yakıtların çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve tükenmekte oluşu dikkate alınarak, ülkenin ileriye yönelik enerji ihtiyaçlarının temini için yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin rasyonel bir şekilde belirlenmesi ve bunların ülke ekonomisine entegre edecek çözümleri yaşama geçirecek modellerin oluşturulması ile küresel iklim değişimi problemine yerel katkının sağlanması,

l. Türkiye kıyılarında düşey yer kabuğu hareketleri ile mutlak deniz seviyesi değişimlerinin belirlenmesi ve bunların kıyı taşkınlarına yönelik olarak yorumlanması

### **8.1.3 Uzun Vadeli Hedefler**

a. Ülkemizde küresel ısınmaya yol açan sera gazlarının etkilerini öngörmek ve anlamak için CO<sub>2</sub> seviyesindeki artışın etkilerini belirlemek üzere iklim modellerinin geliştirilmesi,

b. Orta enlemde yer alan ülkemizde troposferik ve stratosferik ozon değişiminin ve bu değişimin üzerindeki termik, dinamik ve kimyasal sebeplerin araştırılması,

c. Ülkemizde UV radyasyonun haritasını oluşturmak ve bu suretle stratosferik ozon azalması ile UV arasında bağlantıların belirlenmesi,

d. Şehirlerde hava kalitesini günlük hava durumu içerisinde entegre edecek şekilde araştırılmasına olanak sağlayan modellerin oluşturulması,

e. Uzun mesafeli hava kirlenmelerinin ülkemize taşınımı yoluyla meydana gelen etkilerin modeller ile araştırılması,

f. Nükleer Santral kazalarında oluşan radyoaktif kirlenmelerin yayılma yön ve yoğunluğunun sayısal hava tahmin modelleri ile belirlenmesi,

g. Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının oluşturulması.

h. Ortalama deniz seviyesindeki yükselmenin geniş ölçekteki etkilerinin anlaşılması için sel ve taşkınlara maruz kalacak kıyı bölgeleri haritalarının üretilmesi, yükseklik bilgisi, kıyı erozyon modelleri ve diğer kıyı olaylarının birlikte değerlendirilmesi.

i. Denizlerden gelebilecek sel taşkınlıklarını önceden tahmin etme ve uyarı sistemlerinin geliştirilmesi

## 8.2. Uygulanacak Yöntem ve Kaynak

Bu çalışmaların sürdürülebilmesi için mali kaynağa, alt yapıya, modellere ve gelişmiş insan gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu program önerisinde bu uygulamalardan biri ve belki de en önemlisi olan, atmosferik model ile yapılacak ön tahmin değerlerinin hidrolojik modellere girdi olarak alınması ve bir havza modeli ile debilerin tahmin edilmesidir.

Modeller uygulanması ve birleştirilmesinde bir dizi sorunlarla karşılaşmaktadır. Halen bunlar tam olarak pratik çözümlere tam olarak yansıtılmamıştır. Örneğin: Atmosferik model ölçekleri ile arazi model çözünürlükleri arasında ölçek farkları vardır. Havza sirkülasyon modelleri global bazda 25-50 km aralıklı olarak hava ve bulut hareketlerinin benzeşimini yapmaktadır. Halbuki bu alanda, hem topografya (yükseklik modeli), hem arazi kullanımı, hem de toprak ve jeolojik yapı homojen olmamaktadır. Bu elemanlar daha küçük ölçekte zamansal ve alansal bazda değişmektedir. Bu sebeple de UA ve CBS teknikleri kullanılarak sayısal görüntü altlıklarının ve referans tablolarının uygun ölçekte hazırlanarak modelin istediği düzende giriş dosyaları hazırlanması gerekmektedir. Model bu verilerle kalibre edilerek doğrulanacak, ortaya çıkan model paketi tahmin için daha sonra kullanılmak üzere hazır duruma getirilecektir. Toplanan verilerle kalibre edilen model parametreleri, ayrıca değişkenlerin ön tahmini ile de model girdileriyle birlikte kullanılması gerekmektedir.

Bu tür bir model yaklaşımının, ülkemizde hidro-meteorolojik faaliyetlerle bizzat ilgilenen devlet Kuruluşları (DSİ, DMİ, EİE, KHGM) ve üniversitelerin ortak işbirliği ile oluşturulacak projeleri çerçevesinde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir.

Uygulanacak projelerin afet olgusunu gözetmesi ve çok disiplinli çalışmayı gözetmesi koşuluyla TUJJB Yönetmeliğinde belirtildiği üzere, Bayındırlık ve İskân

Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü bütçesindeki TUJJB tertibinden desteklenmesi sağlanacaktır. Kısa, orta ve uzun vadeli yapılacak çalışmaların konu ve içeriğine göre değişmekle birlikte, genelde araştırma ve geliştirme çalışması olması durumunda, her proje için 10 000- 300 000 YTL arasında değişen miktarlarda, altyapı oluşumunu gerektiren ar-ge tabanlı projelerde ise, kamu kurumları ile ortak olarak geliştirilip, mevcut yapıların kullanılması da ön görülmesi durumunda yaklaşık 5 Milyon YTL'ye varan kaynak gereksinimine ihtiyaç olabileceği değerlendirilmektedir. Bu yapıdaki projelerin diğer kaynakları (TÜBİTAK, AB vb.) kullanması ve/veya kaynak birleşiminin sağlanması düşünülebilir.

### **8.3 Veri bankasının oluşturulması**

Çalışmalar kapsamındaki hedeflere ulaşabilmek için, ilgi alanları için ilişkisel veri bankası oluşturulmalı, bunlara dayalı izleme teknikleri ve kurulan modelleri kullanan karar vericilere yönelik acil durum hizmet destek sistemleri planlanmalıdır. Bu kapsamda, mevcut hidro-meteorolojik verilerin bir veri bankasında birleştirilmesi; güncel verilerin toplanması ve toplanan bu verilerin veri bankasına dahil edilmesi; verilerin işlenmesi ve uygulamaya dönük araştırma çalışmalarının yapılması öngörülmektedir. Böylesine entegre bir veri bankasının yazılımı ve tüm ara yüzleri bir proje dahilinde gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte, anılan veri tabanında meteorolojik ve hidrolojik karakterli verilerin dolmuş olması daha önemli bir konudur. Bu çerçevede, ilgi alandaki kurumların halen oluşturduğu ve ülkenin kalkınmasına yönelik bilimsel araştırma ve geliştirme projeleri için mevzuatlarına göre oluşturacakları kurula göre ulaşılabilecek veri tabanlarının, bir "portalda" internet üzerinden erişilebilecek yapı tasarlanmalıdır.

Ulusal program çerçevesinde gerçekleştirilecek projelerin sonuçlarının yer aldığı veri bankasının oluşturulması önem arz etmektedir. Ön görülen veri bankalarında akım değerleri mümkün olduğunca kısa periyotlarla saklanmalı ( günlük , saatlik, 15 dakikalık vs. ); seviye, debi, akım anahtarları, kesit bilgileri, kullanılan aletler, ölçüler ve istasyonlara ait ayrıntılı bilgiler bulunmalıdır. Ayrıca, söz konusu veri bankasında mevzuatları yönüyle uygun bulunması durumunda DSİ'ye ait meteoroloji istasyonlarının değerleri, yağış, buharlaşma, kar gözlemlerin tümü mevcut olmalıdır.

Anılan bilgilerin organizasyonundan sonra yapılması gereken önemli bir çalışma ise hidrometrik ağın optimizasyonudur. Bilindiği gibi istasyon işletim masrafları fazladır. Gereksiz işletilen istasyonlar emek ve kaynak israfı yaratmaktadır. Aynı zamanda ağ üzerinde yetersiz ölçüm noktaları belirlenerek açılması gereken akım gözlem, meteoroloji, kar gözlem istasyonlarının giderilmesi yönüne gidilebilir. EİE idaresinde mevcut kar gözlem istasyonlarının program dahilinde oluşturulacak projeler çerçevesinde modernize edilip, kullanımı sağlanmalıdır. DSİ'nin meteorolojik gözlemler açısından DMİ ile ortak bir çalışma yapması ve bunu program dâhilinde projelendirilmesi önerilebilir.

Hidrometrik ağın optimizasyonu çalışması gerçekleştirildikten sonra, hidrometrik veri bankası kullanılarak modelleme, kuraklık vb. olgularda analiz ve değerlendirme çalışmalarına başlanması faydalı olacaktır.

## 9. SONUÇ VE ÖNERİLER

20nci yüzyılın ikinci yarısından itibaren bilişim ve uydu teknolojilerindeki gelişmeler, yer bilimlerinde kullanılan ölçü ve hesap yöntemlerinde duyarlık, sürat ve ekonomik anlamda belirgin iyileştirmelere neden olmuş, bu çerçevede bilim dallarının kendi içindeki gelişmelere ilave olarak, disiplinler arası çalışmalarda ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu kapsamda, atmosferik ve hidrolojik model çalışmalarının günümüzde ulaştığı seviye, modern ölçme sistemleri ve yüksek hızlı bilgisayarların eriştiği seviyeye paraleldir.

Söz konusu teknolojilerin Türkiye'ye transferi münferit ölçü ve hesaplama çalışmalarında yaşanılmakla birlikte, atmosfer bilimleri ile ilgili araştırmalar oldukça sınırlı ve yetersiz kaldığı gözlenmektedir. Bu durumun temel nedenlerinden biri, bilimsel araştırmaya olan gereksinimlerin ve durum tespitlerinin ülke çapında kolektif anlamda ve tam olarak tanımlanamaması, anılan bilim dallarındaki uğraş konularının ülke ekonomisine olan entegrasyonuna ait bilgi eksikliği, modern teknolojilerin araştırma kurumları içerisinde yeterince yer bulamaması ve kamu kuruluşlarıyla araştırma kurumları arasındaki bilgi ve veri iletişimindeki koordinasyon yetersizlikleridir. Örneğin Türkiye'de sıkça yaşanan taşkın risk ve zararlarının en aza indirilmesi için tüm ilgililerin ve toplumun katılımıyla kolektif bir çalışma gerekmektedir. Bu kapsamda, taşkın havzalarının bir bütün olarak değerlendirilmesi ve havza yönetimi çalışmalarının etkili bir şekilde koordine edilmesi gerekmektedir. Taşkın zararlarının sorumluluğunu belirli bir kuruma yönlendirmek doğru bir yaklaşım olmadığı, benzer afetlerde her kurum ve kuruluşa, hatta bireylere sorumlulukların düştüğü unutulmamalıdır.

Bu nedenle, ülkemiz coğrafyası ve çevresine ait atmosfer bilimleri alanında araştırılması gereken ve elde edilecek sonuçlarla ülkenin sosyo-ekonomik yapısına katkının sağlanacağı sayısız konu bulunmakla birlikte, uluslar arası standartlarda yapılan araştırmalar yeterli seviyede değildir.

Özellikle, ülke coğrafyasında sürekli olarak meydana gelen ve insan yaşamına ait kaynakların düzenli bir şekilde yok olmasına neden olan ve sonuçta doğal bir felaketin oluşmasıyla ani ölümlere yol açan meteorolojik ve hidrolojik karakterli afetlerin sebep ve sonuçları arasındaki ilişkilerin bilimsel yöntemler ile incelenmesine olanak sağlayan projelerin ortaya konulmasına, yüksek maliyetli ölçü donanımlarının ve toplanan verilerin paylaşımına ve sonuçlarının bekletilmeden toplumun her kademesine yansıtılmasına büyük gereksinim bulunmaktadır. Bu çerçevede yapılacak çalışmanın önemli bir adımı olarak, meteoroloji ve hidroloji bilim dalları etki alanında değerlendirilebilecek afet olgularına yönelik

- durum tespiti
- yapılacak çalışmalara yönelik hedef ve öncelikler
- uygulanacak yöntem ve koordinasyon konuları

hazırlanan “ **Ulusal Meteorolojik ve Hidrolojik Afetler Programı**”nda ele alınmıştır. Programın 8'inci Bölümünde ileriye yönelik yapılacak çalışmalar ve uygulanacak yöntemler ifade edilmektedir. Bu program dahilinde, ilgili disiplinlerde veya disiplinler arası konularda yapılacak proje önerilerinin, Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği(TUJJB) eşgüdümünde, Türkiye Ulusal Meteoroloji ve Atmosfer Fiziği

Komisyonu (TUMAK)'nın Kurucu ve Yürütücü Kamu Kuruluşu olan Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü ve Türkiye Ulusal Hidroloji Komisyonu(TUHK)'nın Kurucu ve Yürütücü Kamu Kuruluşu olan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü koordinesinde, ilgili üniversite ve diğer kamu kuruluşlarının katkılarıyla yapılabileceği, sonuçlarının bu organlar aracılığı ile topluma yansıtmak üzere hayata geçirilebilecektir. Bu süreç içerisinde, projelerle öngörülen veya elde edilen bilgi, veri ve deneyim alt yapısının, TUJBB Komisyonlarının kurucu ve yürütücülüğünü yapan kamu kurumlarının ve üniversitelerin yasal yetki ve sorumlulukları dâhilinde, ülke çapında yaygınlaştırılması ve paylaşılması ön görülmektedir.

## 10. KAYNAKLAR

ALPASLAN A.; HARMANCIOĞLU, N. (2001): Türkiye’de ve Dünya’da Su Politikaları. DEÜ Mühendislik Fakültesi İnşaat Müh. Böl. ve SUMER, “III. Ulusal Hidroloji Kongresi”, Bildiriler (editörler. S.Ozkul, T.Baran ve N. Harmancıoğlu), pp.111-118.

ALPASLAN, A.; HARMANCIOĞLU, N. (1997): Akarsu havzalarımızın yönetiminde yeni yaklaşımlara gereksinim. İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, *Ulusal Su Kaynaklarımız Sempozyumu Bildirileri*, s.17-23, 22-24 Eylül, 1997, İstanbul

Aslan, Z., (1997). “Analysis of Rainfall Erosivity and Climatic Factor of Wind Erosion”, ICTP, IC/97/135, pp. 15, Trieste (ITALY).

Aslan, Z., and A. Tokgozlu, (2000). "Climatological Changing Effects on Rainfall Erosivity and Wind Erosion", 2<sup>nd</sup>. Int. Semp. On New Tech. For Environmental Monitoring and Agro-Applications", 18-20 Oct. 2000, Tekirdag, p.265-273.

Aslan, Z., (2000): “Climate Change Scenarios: Rainfall and Wind Erosion Prediction”, AGROENVIRON2000: 2<sup>nd</sup>. International Symposium on New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications”, Proceedings (Workshops), p.4-5.

Aslan, Z., E. Skitrome, E. Feoli, D. Maktav, H. Erol, F. S. Erberk, D. Okçu, A. S. Söğüt, P. Giacomich, S. Mauro and K. Mighozzi, 2002. “ The Use of Conventional Data and Remote Sensing for Classification of Erosion and Land Degredation”, 3rd. International Symposium on Sustainable AGRO-ENVIRONMENTAL SYSTEMS: New Technologies and Applications, p. 21, 26-29 October, 2002, Egypt.

BLACK, P. E. (1997): Water Management is Ecosystem Management, AWRA, *Hydata*, vol. 16, no. 1, Jan. 1997, pp. 1-2.

BLACKMORE, D.J. (1995): Murray-Darling Basin Commission: A case study in integrated catchment management, Pergamon, *Water Science and Technology*, vol. 32, no. 5-6, pp. 15-26.

Borhan, Y., Kadioğlu, M., (1995). Doğu ve Güneydoğu Anadolu Kar Çığlarının Meteorolojik Analiz ve Tahmini ”, İ.T.Ü. Araştırma-Geliştirme Fonu Projesi, 231 s.

Borhan, Y., Kadioğlu, M., (1997). Doğu ve GÜneydoğu Anadolu Bölgelerindeki Kar Çığlarının İstatistiksel Analizi, Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler Sempozyumu, Ankara, Ekim, s.211-223.

Borhan, Y., Kadioğlu, M., (1998). Doğu ve GÜneydoğu Anadolu Bölgelerindeki Çığların Sinoptik Analizi, Tr. J. of Engineering and Environmental Science, 22, p.345-352

CLARK, M. J.; GARDİNER, J. (1994): Strategies for Handling Uncertainty in Integrated River Basin Planning, In: Integrated River Basin Development, (C. Kirby & W.R. White, eds.), John Wiley & Sons, pp. 437-445.

DMİ, (2002): "*İklim Raporu*", 2002 Dünya Meteoroloji Günü, Ankara

Harmancıoğlu, N. B. (1997): The Need for Integrated Approaches to Environmental Data Management, In: Integrated Approach to Environmental Data Management Systems, Proceedings of the NATO-ARW on "Integrated Approach to Environmental Data Management Systems", September 16-20, 1996, Kluwer Academic Publishers, pp. 3-14.

Harmancıoğlu, N.; Alpaslan, N. (1997): Su kaynakları yönetiminde entegre yaklaşımlar. *TMMOB, Türkiye İnşaat Mühendisliği XIV. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı*, s. 639-648, 23-25 Ekim 1997, İzmir.

Harmancıoğlu, N., Fıstıkoğlu, O. (1998): Problems in integrated river basin management. In: *Hydrology in a Changing Environment*, (ed: H.Wheater & C. Kirby), Proceedings of the International Symposium on Hydrology in a Changing Environment, July 6-10 1998, Exeter, U.K. Theme 4, vol. 3, ch.28, pp.287-295.

Harmancıoğlu, N.; Özkul, S.D. (1999): Akarsu havzalarımızda entegre yönetim ihtiyacı ve ilgili sorunlar. *TMMOB, Türkiye İnşaat Mühendisliği XV. Teknik Kongre ve Sergisi, Bildiriler Kitabı*, s. 765-780, 24-26 Kasım 1999, Ankara.

Harmancıoğlu N.B.; Özkul, S. (1996): Su Kaynakları Yönetiminde Bilgisayar Modellerinin Kullanılması, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Kullanımı V. Sempozyumu, 17-19 Haziran 1996, İstanbul.

Hosper, S.H.; Gulati, R.D.; Van Liere, L.; Rooijackers, R.M.M. (eds.) (1995): Integrated Water Resources Management, Pergamon, Water Science and Technology, Selected Proceedings of the International Conference on Integrated Water Resources Management held in Amsterdam, the Netherlands, 26-29 September, 1994.

Göçer, K. D. Okçu, Z. Aslan and İ. Şanlı, (2002). "Remote Sensing of Vegetation, Urbanisation and Industrial Development", 3<sup>rd</sup>. International Symposium Remote Sensing of Urban Areas, 11-13 June, Vol. II, p. 545-551, İTÜ, İstanbul.

IDNDR (1996), "River Flood Disasters", IDNDR Workshop, Koblenz, Germany.

IPCC (1995) (Editors: Houghton, J. T., Meira Filho, L. G., Callander, B. A., Harris, N., Kattenberg, A., and Maskell, K), Climate change 1995, The science of climate

change, Contribution of working group I to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 572 pp.

IPCC, (2001): "Third Assessment Report on Climatic Change" Cambridge University Pres.

Kılıcer, U; Kulga, Z; Ozguler, H. (2000), "*Some Extreme Floods of the Last Decade in Turkey and Lessons Learned*", Poster Presentation, International Symposium on Extraordinary Floods, Iseland

Lorraine W. Wolf, Charlotte A. Rowe, Rober B. Horner, (1997), "Periodic Seismicity near Mt Ogden on the Alaska-British Columbia Border: A Case for Hydrologically Triggered Eartquakes?", Bulletin of the Society of America, v. 87, No. 6, 1473-1483.

Miloradov, R.M.; Marjanovic, P.; Cukic, Z. (1995): Water Resources Assessment as the Basic Tool for Sustainable and Environmentally Sound River Basin Management, Pergamon, Water Science and Technology, vol. 32, no. 5-6, pp. 45-54.

Özer, F., Y. Malkoç, E. Köze, C. Eruz, A. C., Dinçer, Z. Aslan ve H. F. Durukanoğlu, (1998), "Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Yağış Erozyonu Haritasının Belirlenmesi", II. Ulusal Hidroloji Kongresi, İ.T.Ü, İnşaat Fakültesi, 22-24 Haziran, İstanbul.

Özgüler, H. (2002), "Küresel İklim Değişimi ve Su Kaynaklarımız Üzerindeki Olası Etkileri", Devlet Su İşleri Bülteni, Sayı: 491-492, Mayıs-Haziran 2002

Sağlam, B., and Z. Aslan, (1997). "Prediction of Forest Fires", XI. World Forestry Congress Proceedings, October 13-22, Vol.1, p. 235.

Sümer, N., (1995). "DSİ Erozyon Kontrol Çalışmaları", İ.T.Ü Vakıf Dergisi, No: 3, s. 5-8, İstanbul.

Şaylan, L., (1995). İklim değişiminin dünya tarımına etkileri, Hasad dergisi, 106, 18-20.

Tulunay, E., T. Senalp, Y. Tulunay and Z. Aslan, (2002). "Development of Neural Network Based Models for Non-Linear Agro Environment Systems", 3rd. International Symposium on Sustainable AGRO-ENVIRONMENTAL SYSTEMS: New Technologies and Applications, p. 19, 26-29 October, 2002, Egypt.

Singh, V.P. (1995): What is Environmental Hydrology? In: Environmental Hydrology (V.P. Singh, ed.), Kluwer Academic Publishers, Water Science & Technology Library, ch. 1, pp. 1-12.

Şorman, Ü., vd., (2001). " Application of snowmelt runoff models by RS/GIS techniques over the Central Asia" NATO-SfP Project No:97-7994.

Şorman, Ü., (2003). "Simulation of event-based snowmelt runoff hydrographs, Canadian Journal of RS., Vol 28, No.6, 2003, Canada.

TÇV (Türkiye Çevre Vakfı) (1993a): UNEP'in Yirmi Yılda Elde Ettiği Sonuçlar, UNEP Türkiye Komitesi Bülteni, sayı 3, Aralık 1993.

TÇV (Türkiye Çevre Vakfı) (1993b): UNEP'in Yirmi Yılda Elde Ettiği Sonuçlar, UNEP Türkiye Komitesi Bülteni, sayı 2, Eylül 1993.

TYSON, J.M. (1995): Quo Vadis - Sustainability? Pergamon, Water Science and Technology, vol. 32, no. 5-6, pp. 1-5.

Van ZYL, F.C. (1995): Integrated Catchment Management: Is it wishful thinking or can it succeed? Pergamon, Water Science and Technology, vol. 32, no. 5-6, pp. 27-35.