



T.C. ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI  
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



# KUZEY EGE HAVZASI KURAKLIK YÖNETİM PLANI



## NIHAİ RAPOR YÖNETİCİ ÖZETİ

ANKARA, 2018





## İÇİNDEKİLER

<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KUZEY EGE HAVZASI.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Coğrafik, Topografik, Ekolojik Durum ve Toprak Yapısı .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Demografik ve Sosyo-Ekonomik Yapı .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3. İklim ve Yüzeysel Su Kaynakları .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4. Havza Hidrojeolojisi ve Yer Altı Su Kaynakları.....</b>	<b>9</b>
<b>3. KURAKLIK ANALİZLERİ .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. Kullanılan İndikatörler ve İndisler .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2. Kuraklık Analizleri Kapsamında Kullanılan Veriler .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3. Eğilim Analizleri .....</b>	<b>14</b>
<b>3.4. Kuraklık Analiz Yöntemleri .....</b>	<b>16</b>
<b>3.5. Kurak Devrelerin Tespiti .....</b>	<b>17</b>
<b>3.6. Kuraklık Haritaları.....</b>	<b>21</b>
3.6.1. Kuraklık Şiddet Haritaları .....	21
3.6.2. Kuraklık Risk Haritaları .....	23
<b>4. SU POTANSİYELİ VE SU TÜKETİMLERİ .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1. Kuzey Ege Havzası Su Bütçesi .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2. Kuzey Ege Havzası Su Bütçesi Projeksiyonları.....</b>	<b>27</b>
<b>4.3. Kuzey Ege Havzası Sektörel Su Tüketimleri.....</b>	<b>29</b>
<b>4.4. Kuzey Ege Havzası Sektörel Su Tüketimleri Projeksiyonları .....</b>	<b>31</b>



<b>5. SEKTÖREL ETKİLENEBİLİRLİK ANALİZLERİ.....</b>	<b>32</b>
<b>5.1. Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Yöntemi.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2. Maruziyet İndisi ve WEI'nin Hesaplanması .....</b>	<b>33</b>
5.2.1. Maruziyet İndisi.....	33
5.2.2. Su Kullanım İndisi (WEI).....	35
<b>5.3. Kuraklığın Sektörler Üzerine Etkileri, Sektörel Etkilenebilirlik</b>	
<b>Analizi Sonuçları ve Uyum Stratejileri .....</b>	<b>38</b>
5.3.1. Kuraklığın Sektörler Üzerinde Etkileri.....	38
5.3.2. Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları.....	40
5.3.3. Uyum Stratejileri.....	41
<b>5.4. Su Tasarrufları .....</b>	<b>47</b>
<b>6. KUZEY EGE HAVZASI KURAKLIK YÖNETİM PLANI.....</b>	<b>48</b>
<b>6.1. Kuzey Ege Havzası Kuraklık Yönetim Planının Hedefleri .....</b>	<b>49</b>
<b>6.2. Kuzey Ege Havzası Kuraklık Acil Durum Eylem Planı ve</b>	
<b>Kuraklık Etkilerinin Azaltılması için Önerilen Tedbirler .....</b>	<b>50</b>
6.2.1. Kuzey Ege Havzası'nda Kuraklığın Azaltılması için Önerilen	
Tedbirler	50
6.2.2. Acil Durum Eylem Planının İzlenmesi, Değerlendirilmesi ve	
Güncellenmesi	53
<b>7. KURAKLIK VERİTABANI VE WEB UYGULAMASI .....</b>	<b>55</b>



## 1. GİRİŞ

Kuraklık, yağışların kaydedilen normal düzeylerin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu arazi ve su kaynakları ile üretim sistemlerini olumsuz olarak etkileyen ve ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan doğal bir olaydır. Kuraklığa bağlı olarak ortaya çıkan su stresi ise su talebinin, sürdürülebilir şartlarda su kaynaklarından alınabilecek su miktarından fazla olması durumudur. Artan kuraklık riskinin etkin bir şekilde yönetilmesi ve bu riske adaptasyon sağlanması; bütüncül ve entegre yaklaşımları benimseyen sürdürülebilir ve etkili kuraklık risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi gereklidir. Kuraklık Türkiye coğrafyası için yaygın bir afet riski oluşturmaktadır. Kuzey Ege Bölgesi de bu riskten fazlasıyla etkilenebilecek alanlar arasında yer almaktadır.

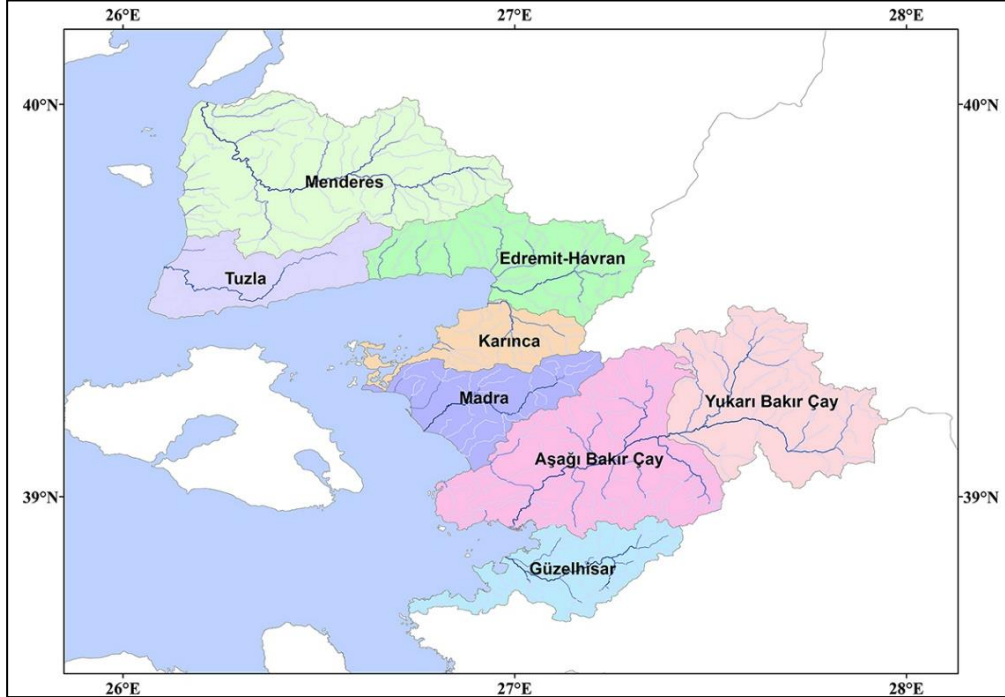
Kuzey Ege Havzası Kuraklık Yönetim Planı ile Kuzey Ege Havzası'nın su bütçesi ve kuraklığa karşı hassasiyeti göz önünde bulundurularak, entegre havza yönetimi yaklaşımı ile kuraklığın ve su kıtlığının üretim kaynaklarına ve sosyo-ekonomik hayata olumsuz etkilerinin azaltılması, havzadaki kısıtlı su kaynaklarının akılcı ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması için kuraklık ve su kıtlığı indisleri, indikatörleri ve eşik değerlerinin belirlendiği, buna göre kuraklık öncesinde, esnasında ve sonrasında yapılacak çalışmalar ve alınması gereken tedbirlerin ortaya konduğu bir kuraklık yönetim planı oluşturulacaktır.

Bu çalışma kapsamında, yaşanması muhtemel kuraklık sebebiyle meydana gelecek havza yüzey suyu ve yeraltı suyu bütçesindeki değişime bağlı olarak içme-kullanma suyu, tarımsal sulama, sanayi, ekosistem, turizm, enerji ve sağlık sektörlerinin ne şekilde etkileneceği belirlenerek alınması gereken tedbirler ortaya konulacaktır.

## 2. KUZEY EGE HAVZASI

Kuzey Ege Havzası Türkiye'nin kuzeybatı kanadında bulunan Çanakkale, Balıkesir, İzmir ve Manisa illerinden oluşan havzadır. Havza 40° – 38° kuzey enlemleri ile 26° – 28° doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havza'da, Ege Denizi'ne sularını boşaltan pek çok akarsu bulunmaktadır. Karamenderes Çayı, Havran Çayı, Madra Çayı, Güzelhisar Çayı ve Bakırçay Nehri havzada bulunan akarsulardır. Bu akarsular dışında, havza içerisinde mevsimlik yağışlarla oluşan daha pek çok akarsu bulunmaktadır. Kuzey Eges Havzası, toplam 995.220 ha (9.952 km<sup>2</sup>) kapladığı alanla Türkiye'nin yüzölçümünün %1,3'lük bir kısmını kapsamaktadır.

Kuzey Ege Havzası gerçekleştirilen çalışmaların ayrıntılı incelenebilmesine olanak vermesi bakımından Menderes Çayı Alt Havzası, Tuzla Çayı Alt Havzası, Edremit-Havran Alt Havzası, Karınca Çayı Alt Havzası, Madra Çayı Alt Havzası, Aşağı Bakırçay, Yukarı Bakırçay Alt Havzası ve Güzelhisar Çayı Alt Havzası olmak üzere 8 adet alt havzada incelenmiştir. Kuzey Ege Havzası için belirlenmiş olan alt havza sınırları Şekil 2.1 üzerinde haritalandırılmıştır.



Şekil 2.1 Kuzey Ege Havzası Alt Havzalar Haritası



## 2.1. Coğrafi, Topografik, Ekolojik Durum ve Toprak Yapısı

**Coğrafi ve Topografik Durum;** Kuzey Ege Havzası sınırları içerisinde yer alan dağlar denize dik uzanmaktadır. Havzanın %60'ından fazlasını kaplayan yüksek arazilerin yükseklikleri 250-300 m arasındadır. Yer yer 1.000 m'ye kadar varan araziler içinde nadiren de 1.500-2.000m'ye ulaşan yükseklikte yerler de bulunmaktadır. Kuzeyde Kaz Dağları (1.766m), Güneyde Dumanlı Dağı (1.098m) ve Ayvalık'ın doğusunda Yaylacık Dağı (1.114m) havza içerisindeki önemli yükseltilerdir. Havzanın içerisinde irili ufaklı pekçok ova da bulunmaktadır. Edremit, Burhaniye ve Ayvalık Ovaları ile havzanın en önemli ovası olarak kabul edilen Bakırçay Ovası arazideki belli başlı ovalardır.

**Havza Toprak Yapısı ve Türü;** Kuzey Ege Havzası'nın en yaygın toprak grubu kireçsiz kahverengi orman toprağı olup; %48 oranında bir alanı kaplamaktadır. Havzada kireçsiz kahverengi orman toprağının yanısıra; kahverengi orman toprağı, kireçsiz kahverengi toprak, kırmızı kahverengi akdeniz toprağı, rendzina toprak ve alüvyal toprak türleri de bulunmaktadır. Havza alüviyalleri başlıca Karamenderes Çayı, Havran Çayı, Bakırçay ve Madra Çayları tarafından yatak çevrelerinde oluşturulmuştur.

**Ekolojik Durum;** Kuzey Ege Havzasındaki en büyük alanı, %43,8 ile orman alanları kaplamaktadır. Havzadaki ormanlık alanlarda bitki örtüsü genel olarak kızılçam, sarıçam, zeytin, kestane, karaçam ve meşelerden oluşur. Orman alanları içerisinde; iğne yapraklı ve yapraklı ormanlar, karışık ormanlar, maki ve otsubitkilerin kapladığı alanlar yer almaktadır. Havzanın yüksek kısımlarında çoğunlukla çam ve meşe ormanları görülürken yer yer çalılık halini alan ve tarla için açılmış alanlara da rastlanmaktadır. Havzanın alçak ve sahil kıyısı şeritlerinde ise Akdeniz iklimi etkisinde maki bitki örtüsü hakimdir. Kuzey Ege Havzası toplamda 12 adet koruma alanına sahip olup; bunlardan 2 tanesi milli park, 1 tanesi tabiat koruma alanı, 4 tanesi tabiat parkı, 1 tanesi tabiat anıtı, 1 tanesi yaban hayatı geliştirme sahası, 2 tanesi sulak alan ve 1 tanesi özel çevre koruma bölgesidir.



## 2.2. Demografik ve Sosyo-Ekonomik Yapı

**Nüfus;** Kuzey Ege Havzası içerisinde Çanakkale, İzmir, Manisa ve Balıkesir gibi nüfus yoğunluğu çok olan iller bulunmaktadır. Çanakkale (%31) ve İzmir (%30) havzada en geniş alanı kaplayan iller konumundadır. Havzanın kalan kısmını ise yaklaşık %23 ile Balıkesir ve %16 ile Manisa oluşturmaktadır. 2015 yılı verilerine göre havza yerleşim yerlerinin havza içerisinde kalan kısmında toplam nüfusu 833.717 olarak belirlenmiştir.

**Sosyo-Ekonomik Durum;** havzadaki illerde istihdamın %49'luk kısmını hizmet sektörü oluşturmaktadır. Hizmet sektörünü %27 ile sanayi ve %24 ile tarım sektörü izlemektedir. Bölge her geçen yıl tarım, sanayi ve hizmet konusunda gelişme göstermektedir. Havzayı oluşturan illerden biri olan İzmir 1. kademe gelişmişlik seviyesi göstermektedir ve havzanın en gelişmiş ilidir. Bu gelişmişlik sırasını 2. kademeye Çanakkale takip etmektedir. Çanakkale İli'nde tarıma dayalı sanayi giderek gelişmektedir. Havza içerisinde bulunan Manisa ve Balıkesir illeri ise 3. Kademe gelişmişlik seviyesi göstermektedir.

**Tarım;** Kuzey Ege Havzası'nda toplam 99.380 ha alan kooperatif, halk, il özel idare ve DSİ sulamaları gibi farklı sulamalarla sulanmaktadır. İklim özelliklerinin elverişli ve toprağın verimli olması nedeniyle bölgede pek çok endüstri bitkisi, çeşitli meyve/sebze ve narenciye yetiştirilebilmektedir. Havzada yetiştirilen en önemli tarım ürünleri zeytin, pamuk, tütün, hububat, domates ve biberdir. Kuzey Ege Havzası'nda en çok alanı (%44,6) meyveler, içecek ve baharat bitkileri oluşturmaktadır. Çanakkale tarım potansiyeli ve tarımdaki istihdam oranı bakımından önemli bir ildir. Sahip olduğu coğrafi konumu ve iklimi sayesinde hemen hemen bütün ürünleri yetiştirebilmek mümkündür. Balıkesir'in sahip olduğu iklim ve toprak karakteristiği neredeyse her türlü bitkisel ürünün yetişebilmesine olanak sağlamaktadır. Manisa, tarım ekonomisinde başrol oynar. Havza içerisinde en çok üzüm, pamuk, tütün ve zeytin yetiştiren il Manisa'dır. Türkiye'deki üzüm, tütün ve pamuk üretiminin yaklaşık dörtte biri Manisa ilinde yapılmaktadır. Havzadaki en büyük alana sahip olan İzmir ilinde ise en fazla sebze ve tahıl üretimi yapılmaktadır.



**T.C. ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



**Hayvancılık;** Kuzey Ege Havzası, Türkiye’de hayvancılık alanında çok önemli yere sahip illeri içermektedir. Çanakkale’de hayvansal üretimin başında sığır, keçi, koyun yetiştiriciliği ve tavukçuluk gelmektedir. Süt üretimi konusunda etkin bir yere sahip olan Çanakkale’nin Türkiye süt üretimindeki payı %3’tür. İl ayrıca su ürünleri üretiminde de oldukça önemli bir konumdadır. İzmir’de hayvancılık önemli bir yer tutar. Havza içerisinde bulunan ilçelerinde en fazla paya tavukçuluk sahiptir. Manisa İli’nde büyükbaş ve küçükbaş hayvancılığa ek olarak kümes hayvancılığı ve su ürünleri üretimi de yapılmaktadır. Balıkesir İli kırmızı et üretiminde çok önemli bir yere sahiptir. Bölgedeki hayvancılık çayırlar, meralar ve yüksek kesimlerde yapılmaktadır.

**Sanayi;** Havza içerisinde bulunan ve Ege Bölgesi’ndeki sanayi pazarı %37 olan İzmir, sahip olduğu sanayi işletmesi ve çalışan personel sayısı ile bölgede 1. sıradadır. Manisa İli’nde faaliyet gösteren başlıca sanayi sektörleri arasında elektrik-elektronik, taşıt araçları ve yan sanayi, iklimlendirme, kuru meyve ve mamülleri, ve kimyevi maddeler bulunmaktadır. Çanakkale İli’nde sanayi üretimi henüz gelişmekte olup son yıllara kadar ekonomisi tarıma dayanmaktadır. Mobilya, demir çelik ve seramik sanayinde üretim yapan büyük firmalar üretimlerini Çanakkale’de sürdürmeye başlamıştır. Balıkesir İli sanayi yapısı, Türkiye’nin batı kısmının genel karakteristik özelliklerini yansıtmaktadır. İlde tarımın geniş bir alana yayılması ve çeşitli olmasından dolayı, tarıma dayalı sanayi son derece gelişmiştir.

**Madencilik;** Havza içerisindeki Balıkesir İli’nde, bor, kömür, demir başta olmak üzere krom, mermer, kurşun, çinko, antimuan, kaolin gibi maden yatakları zengin ve sayıca kabarıktır. Balıkesir ve Çanakkale illeri arasında kalan Kazdağları’nın Bayramiç bölgesinde madencilik yönünden altın madeni önemli bir yer tutmaktadır. Havza illerinde toplam 40 adet farklı maden rezervi bulunmaktadır. Bu maden rezervleri; Altın, Alünit, Antimuan, Asbest, Bakır-Kurşun-Çinko, Barit, Bentonit, Bor, Civa, Çimento Hammaddeleri, Demir, Disten, Dolomit, Feldispat, Fosfat, Grafit, Jips, Kalsit, Kaolen, Kil, Kireçtaşı, Krom, Kum-Çakıl, Kuvars, Kükürt, Manganez, Manyezit, Mermer, Molibden, Nikel, Perlit, Titanyum, Tuğla-Kiremit, Tuğla-Kiremit, Uranyum, Volfram, Vollaistonit, Zeolit ve Zımpara’dır.



**Turizm;** Kuzey Ege Havzası'nda yer alan iller turizm açısından büyük önem taşımaktadır. Türkiye'de en fazla adaya sahip ve kıyı uzunluğu yaklaşık 300 km olan Balıkesir ili doğal ve kültürel varlıklar bakımından turizm merkezi niteliği taşımaktadır. Havza içerisinde bulunan bir diğer il olarak Çanakkale sahip olduğu tarihi, turistik ve kültürel zenginlikleri ile yerli ve yabancı turistlerin gözdesi olmaktadır. Çanakkale'de deniz turizmi için uygun olan, güneşlenme, yüzme ve su sporları gibi çeşitli rekreasyonel faaliyetler için elverişli koylar bulunmaktadır. İzmir de turizm konusunda dikkat çeken bir diğer ildir. Genel olarak, İzmir'de başta deniz turizmi olmak üzere kültür turizmi, kongre turizmi, kış turizmi, termal turizm, doğa ve spor turizmi yapılmaktadır. Manisa ili ise turistik kaynaklar ve doğal güzellikler açısından oldukça zengin olmasına rağmen tarihsel ve doğal değerlerinin yeterince tanıtılmaması, konaklama tesislerinin yetersizliği sebepleriyle turizm açısından gelişmemiştir.

### **2.3. İklim ve Yüzeysel Su Kaynakları**

**İklim;** Kuzey Ege Havzası'nda, Akdeniz iklim özellikleri görülmektedir. Akdeniz iklimi yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Kıyı kuşağında kar yağışı ve don olayları nadir olarak görülür. Yüksek kesimlerde kışlar karlı ve soğuk geçer. Bölgedeki yağışların çoğu kış döneminde gerçekleşmekte ve bu nedenle bu iklimin hakim olduğu bölgelerde yaz kuraklığı sık gözlenmektedir

Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan 1980 - 2016 yılı verilerine göre özellikle Kasım ve Aralık aylarında görülen yüksek yağış miktarları yaz dönemine doğru doğrusal olarak azalarak Temmuz – Ağustos dönemlerinde çok kurak eğilimler göstermektedir. Bölgedeki istasyonlara ait ortalama aylık toplam yağış miktarı 54.46 mm olup en yüksek ortalama aylık toplam yağış 129.02 mm – Edremit istasyonu – Aralık ayı olarak belirlenmiş olup en düşük ortalama aylık toplam yağış 3.05 mm – Ayvalık istasyonu – Temmuz ayı olarak gözlenmiştir. Kuzey Ege havzası, Türkiye genelinde en nemli bölgelerden biridir ve aylık nisbi nem ortalaması %74,15 olarak hesaplanmıştır. Kuzey Ege havzası, Türkiye genelinde özellikle yaz ayları için yoğun güneşe maruz kalan dolayısıyla yoğun



**T.C. ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**

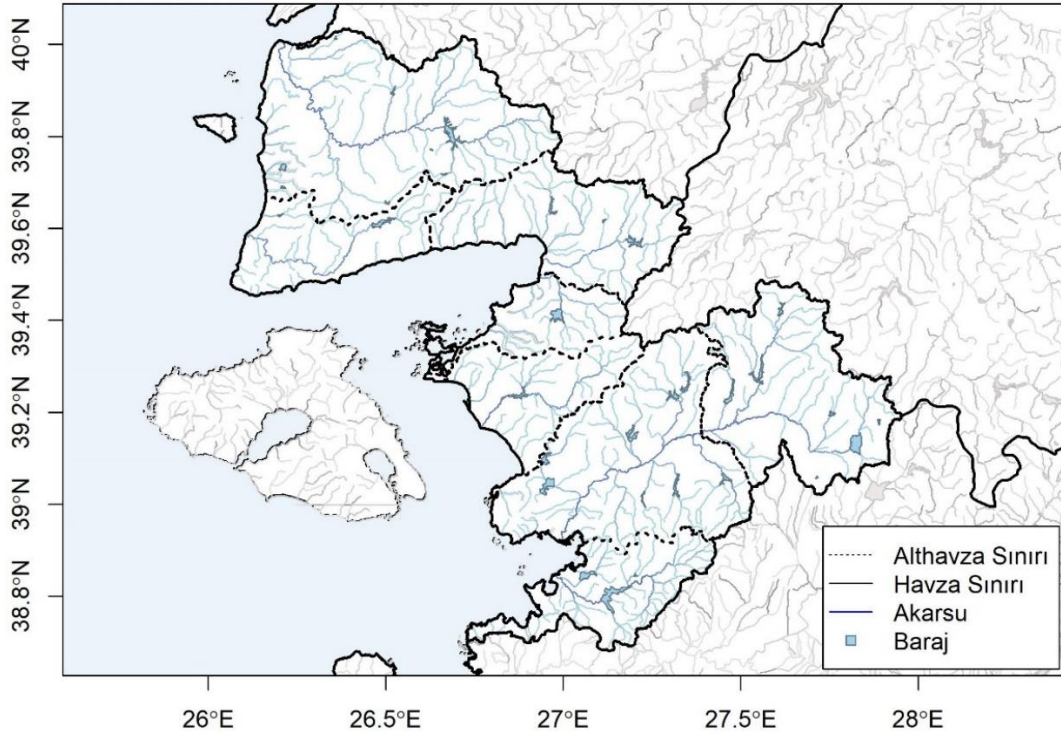


radyasyon alan bölgelerden biridir. Aylık genel sıcaklık ortalamasının 16,64°C olduğu havzada, en düşük ortalama 6,95°C ile havzadaki en karasal istasyon olan Bergama meteoroloji istasyonu – Ocak ayı olarak hesaplanmış olup, en yüksek ortalama ise 27,43°C Edremit istasyonu – Temmuz ayı olarak hesaplanmıştır. Havzada yıllık ortalama güneşlenme 7,38 saat/gün değerindedir ve aylık ortalama güneş radyasyonu ortalaması 180 watt/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

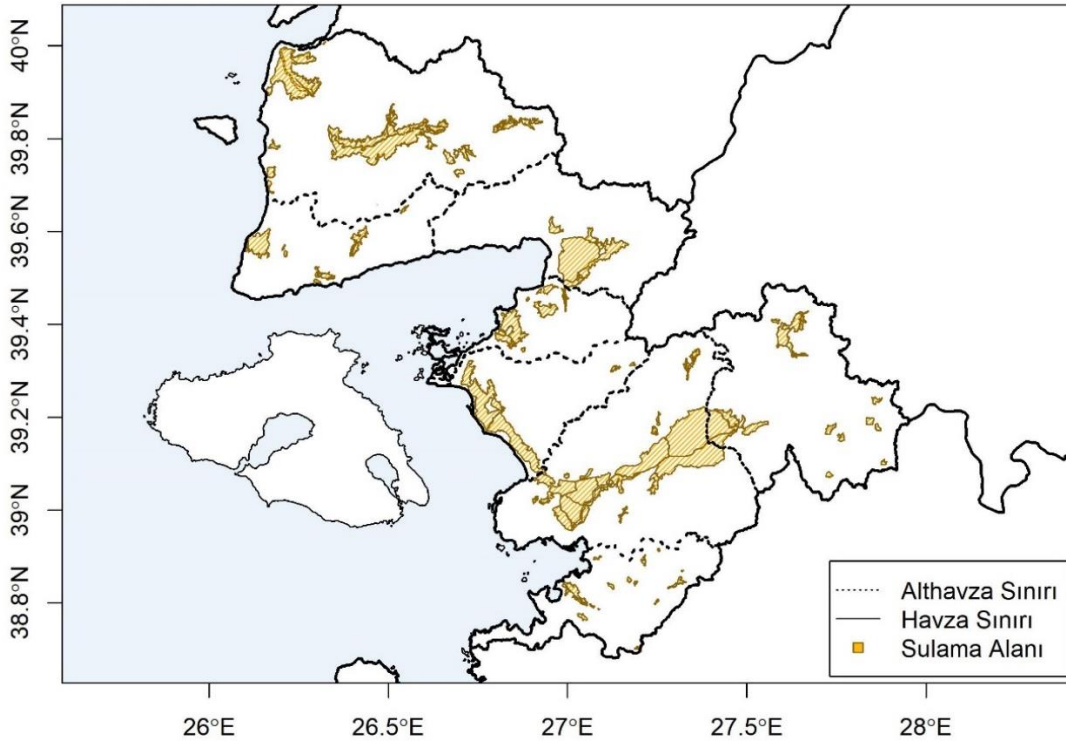
*Yüzeysel Su Kaynakları ve Su Potansiyeli;* Kuzey Ege Havzası 9.032 km<sup>2</sup>'lik drenaj alanıyla Türkiye'nin ortalama yıllık yüzeysel su potansiyelinin yaklaşık %0,75'ini oluşturur. Havza sularını Ege Denizi'ne boşaltan Karamenderes Çayı, Tuzla Çayı, Havran Çayı, Madra Çayı, Güzelhisar Çayı ve Bakırçay Nehri'nin su toplama alanlarını kapsamaktadır. Havzanın yıllık ortalama yağış yüksekliği 624 mm; yıllık ortalama akışı ise 43,93 m<sup>3</sup>/s'dir. Kuzey Ege Havzası aldığı yağışları Ege Denizi'ne boşaltan küçük büyüklü pek çok akarsu havzasının oluşturduğu bir sistemdir. Havzadaki genel hidrojeolojik yapı ve yer altı su durumu bu küçük havzaların birleşerek oluşturduğu bir bütün olarak düşünülebilir. Kuzey Ege Havzasında yer alan meteoroloji istasyonlarının son 30 yıllık yağış verileri kullanılarak havzanın toplam su potansiyeli 5.971 hm<sup>3</sup>/yıl olarak hesaplanmıştır.

Kuzey Ege Havzası için alt havzalar arası su transferleri sınırlı oranlardadır. Mevcut durumda toplam su transferi miktarı 5,9 hm<sup>3</sup> olan havzada, bu transferin tamamı Tuzla alt havzasından Madra alt havzasına içmesuyu kullanımı amaçlı gerçekleşmektedir.

Kuzey Ege Havzası sınırları içinde yer alan başlıca barajlar ve göletler şunlardır: Sevişler Barajı, Güzelhisar Barajı ve Kunduz Barajı'dır. Kuzey Ege Havzası'ndaki barajların ve göletlerin konumları **Şekil 2.2**'de verilmiştir. Ayrıca, Kuzey Ege Havzası'nda Kımık Sol Sahil Sulaması, Dikili Ovası Sulaması, Altınova Ovası Sulaması, Bayramiç Yeniceköy Köylüçay Göleti gibi önemli sulama alanları da yer almaktadır, bu alanların konumları ise **Şekil 2.3**'te görülebilir.



Şekil 2.2 Kuzey Ege Havzasındaki Akarsular ve Mevcut Depolamalı Tesisler



Şekil 2.3 Kuzey Ege Havzasındaki Sulama Alanları



#### 2.4. Havza Hidrojeolojisi ve Yer Altı Su Kaynakları

Kuzey Ege Havza sınırları içerisinde yer alan ve temeli oluşturan Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler az kırıklı ve çatlaklı yapısı sebebiyle geçirimsiz formasyon olarak değerlendirilmektedir ve geçirimsiz temeli oluştururlar. Benzer şekilde Mezozoyik metamorfikler de grafitist, killi şist, fillat, kalkışist gibi litolojilerden oluşmakta ve az geçirimli-geçirimsiz formasyonlar olarak değerlendirilmektedir. Bunlara ek olarak, Mezozoyik yaşlı ofiyolitik melanj, Eosen yaşlı flişler, havzada çok yaygın olmayan granit-granodiyorit, Tersiyer volkano-tortullar ve Kuvaterner yamaç birikimleri de az geçirimli-geçirimsiz formasyonlardır.

Kuzey Ege’de yer alan Paleozoyik yaşlı flişler, Mesozoyik konglomeralar ve flişler, Neojen yaşlı birimler yarı geçirimli birimler olmakla beraber akifer özelliği taşımamaktadırlar. Kuzey Ege Havzasındaki geçirimli formasyonlar arasında erime boşlukları, kırık-çatlak sistemleri ve ikincil porozite ve permeabiliteden dolayı Paleozoyik yaşlı mermerler, karstik ve kırık-çatlaklı yapılarından dolayı Mesozoyik yaşlı kireçtaşları, Eosen yaşlı kireçtaşları, gözenekli ve geçirimli olmalarından dolayı Neojen yaşlı konglomeralar, Neojen kireçtaşları, Neojen yaşlı andezit ve bazaltlar, ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar bulunmaktadır ve akifer olma özelliği taşımamaktadırlar.

Kuzey Ege havzasında toplam 4.819 adet kuyu bulunmaktadır ve bu kuyuların alt havzalardaki dağılımları **Tablo 2.1**’de gösterilmiştir.

**Tablo 2.1 Kuzey Ege Havzasındaki Kuyuların Alt Havzalara Göre Sayıları**

Alt Havza Adı	YAS Belgeli Kuyular	DSİ Kuyuları	Aylık Rasat Kuyuları	Mevsimlik Rasat Kuyuları
Menderes	471	2	3	4
Tuzla	224	6	2	-
Edremit-Havran	979	156	8	19
Karınca	416	-	2	2
Madra	538	13	3	-
Aşağı Bakırçay	1.340	17	9	10
Yukarı Bakırçay	366	31	16	26
Güzelhisar	145	6	-	5
<b>Toplam</b>	<b>4.479</b>	<b>231</b>	<b>43</b>	<b>66</b>



### 3. KURAKLIK ANALİZLERİ

#### 3.1. Kullanılan İndikatörler ve İndisler

Kuzey Ege Havzası kuraklık analizi kapsamında kullanılan indikatörler ve indisler 1) öncelikli olarak havzadaki mevcut verilerin çeşidi, süreleri ve kullanılabilirliği göz önünde bulundurularak, 2) havzaya özgü meteorolojik, hidrolojik ve jeolojik özellikler dikkate alınarak ve 3) ulusal ve uluslararası uygulamalar üzerine ilgili literatür kapsamlı şekilde taranarak seçilmiştir. Bu indikatörler ve indisler çalışma kapsamında öncelikli olarak temsil ettikleri kuraklık çeşitleri ile birlikte **Tablo 3.1**'de görülebilir. Bu çalışmada seçilen indikatörlerin ve indislerin farklı kuraklık türlerini temsil etmesine de dikkat edilmiştir.

**Tablo 3.1 Kuzey Ege Havzası Kuraklık Analizi Kapsamında Kullanılan İndikatörler ve İndisler**

İndis, İndikatör	Meteorolojik Kuraklık	Hidrolojik Kuraklık	Tarımsal Kuraklık
<i>Normalin Yüzdesi İndisi (PNI)</i>	•		
<i>Ondalıklar İndisi (DI)</i>	•		
<i>Standart Yağış İndisi (SPI)</i>	•		
<i>Standart Yağış Buharlaşma ve Terleme İndisi (SPEI)</i>	•		
<i>Standart Akım İndisi (SRI)</i>		•	
<i>Yer altı Suyu İndisi (GWI)</i>			
<i>Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSI)</i>	•		
<i>Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (scPDSI)</i>	•		
<i>Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (PHDI)</i>		•	
<i>Kendinden Kalibreli Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (scPHDI)</i>		•	
<i>Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü Değişim İndisi (NDVI)</i>			•
<i>Bitki Durumu İndisi (VCI)</i>			•

Kuzey Ege Havzası kuraklık analizi çalışmaları kapsamında bu bölümde yöntemleri açıklanan indisler için literatürde kullanımı tercih edilmiş kuraklık şiddetleri ve eşik değerleri yerine tüm indislerin tutarlı şekilde karşılaştırılabilmesine olanak sağlamak için dört ana kuraklık şiddeti sınıfı kullanılmıştır: Şiddetli Kuraklık, Orta Şiddetli Kuraklık, Hafif Kuraklık, Normal/Nemli Durum.

**Tablo 3.2 Kuzey Ege Havzası Kuraklık Analizi İçin Kullanılan Kuraklık Sınıflandırması ve Eşik Değerleri**

SPI, SPEI, SRI, GWI	DI	Kuraklık Sınıfları	
> -0.99	> 25		(normal/nemli durum)
-1.49 — -1	15 — 25		(hafif kuraklık)
-1.99 — -1.5	7.5 — 15		(orta şiddetli kuraklık)
< -2	0 — 7.5		(şiddetli kuraklık)
Palmer İndisleri	VCI	Kuraklık Sınıfları	
> -2	> 37.5		(normal/nemli durum)
-3 — -2	25 — 37.5		(hafif kuraklık)
-4 — -3	12.5 — 25		(orta şiddetli kuraklık)
< -4	0 — 12.5		(şiddetli kuraklık)
PNI1, PNI3	PNI6	Kuraklık Sınıfları	
> 75	> 80		(normal/nemli durum)
65 — 75	70 — 80		(hafif kuraklık)
55 — 65	60 — 70		(orta şiddetli kuraklık)
0 — 55	0 — 60		(şiddetli kuraklık)
PNI9	PNI12, PNI24, PNI48	Kuraklık Sınıfları	
>83.5	> 85		(normal/nemli durum)
73.5 — 83.5	75 — 85		(hafif kuraklık)
63.5 — 73.5	65 — 75		(orta şiddetli kuraklık)
0 — 63.5	0 — 65		(şiddetli kuraklık)

### 3.2. Kuraklık Analizleri Kapsamında Kullanılan Veriler

Kuzey Ege Havzası ve çevresinde dağılmış şekilde pek çok meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Yapılan güncel araştırmalarda çalışma kapsamında kullanılacak veri uzunluğuna sahip olan istasyonlar belirlenmiş olup, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü aracılığı ile havza içindeki 7 adet meteoroloji istasyonuna ait veriler elde edilmiştir. Ayrıca, komşu havzalardaki Kuzey Ege Havzası sınırlarına



yakın bulunan 12 adet MGM istasyonu verilerinin de mekansal analizlere olan etkileri gözönünde bulundurularak kuraklık analizlerinde kullanılmasına karar verilmiştir. Bu istasyonlara ait bilgiler **Tablo 3.3**'te verilmiştir.

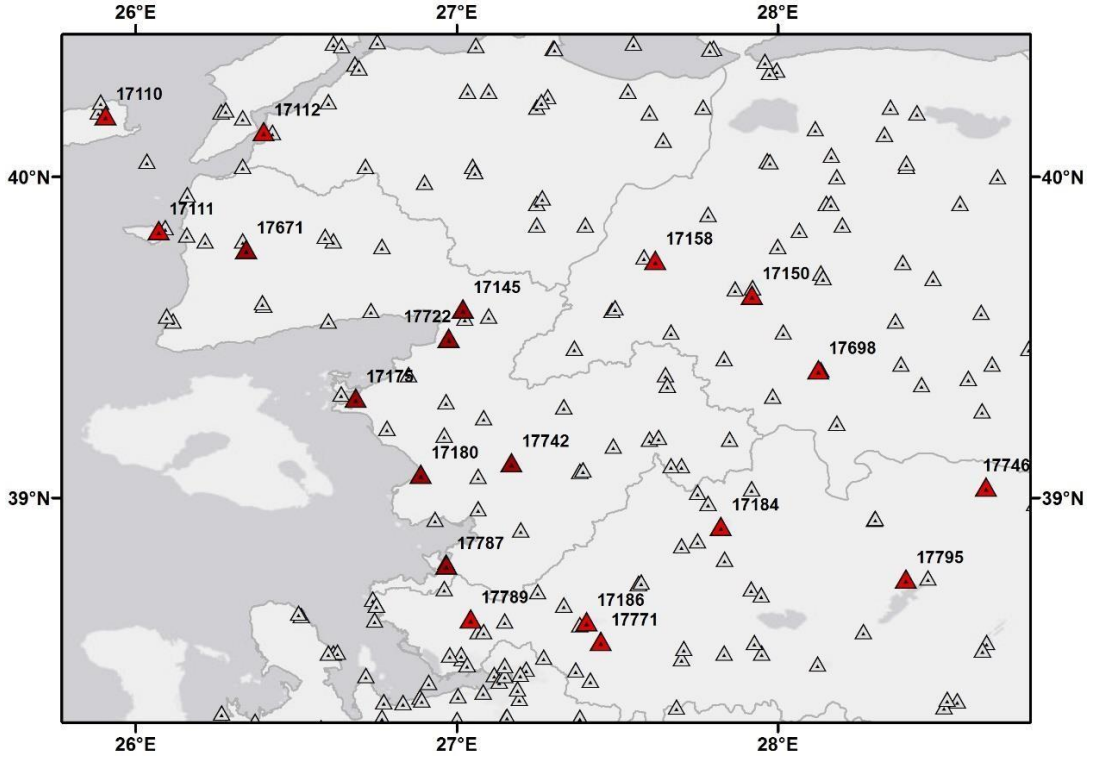
**Tablo 3.3 Kuraklık Analizi Çalışmalarında Kullanılan Meteoroloji İstasyonları**

İstasyon No	İstasyon Adı	Alt Havza
17145	Edremit	Edremit - Havran
17175	Ayvalık	Karınca
17180	Dikili	Madra
17671	Ezine	Menderes
17722	Burhaniye	Edremit - Havran
17742	Bergama	Aşağı Bakırçay
17787	Aliğa	Güzelhisar
17110	Gökçeada	-
17111	Bozcaada	-
17112	Çanakkale	-
17150	Balıkesir-Meydan	-
17158	Balıkesir-Radar	-
17184	Akhisar	-
17186	Manisa	-
17698	Bigadiç	-
17746	Demirci	-
17771	Spildağı	-
17789	Menemen-KöyHiz	-
17795	Köprübaşı	-

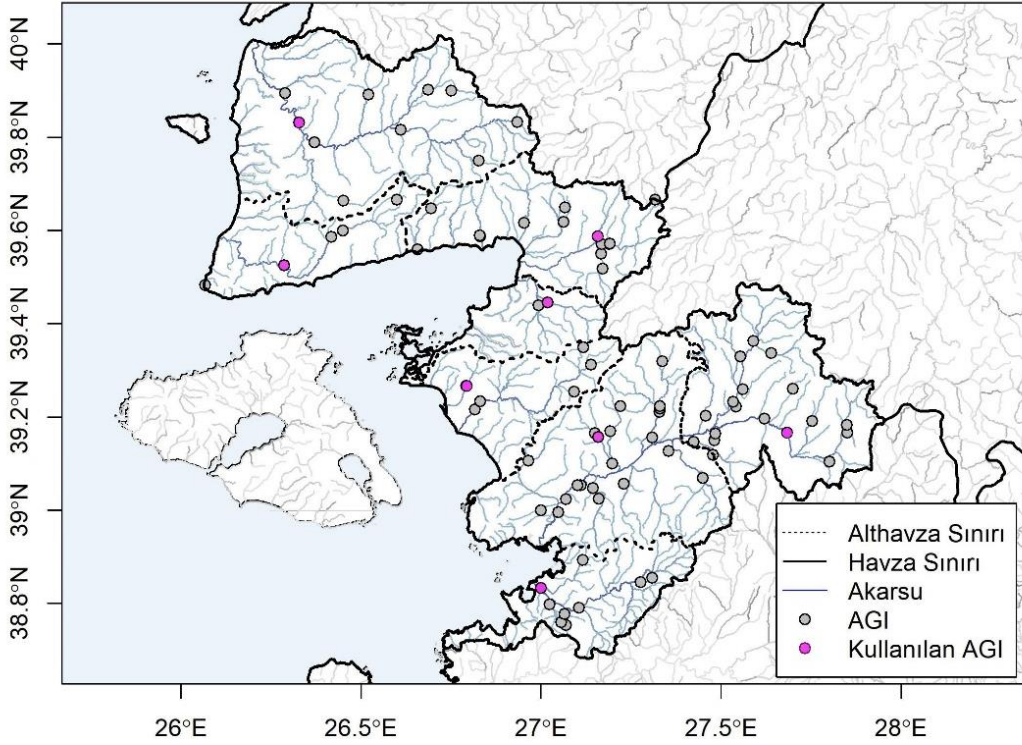
\*"- " Komşu havzalarda bulunan istasyonları göstermektedir.

Havza içi ve çevresindeki tüm MGM istasyonlarının dağılımları **Şekil 3.1**'de harita üzerinde gösterilmiştir. Şekildeki istasyonlarda kırmızı ile belirtilenler çalışmada kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında bu istasyonlara ait yağış ve sıcaklık değerleri kullanılmıştır.

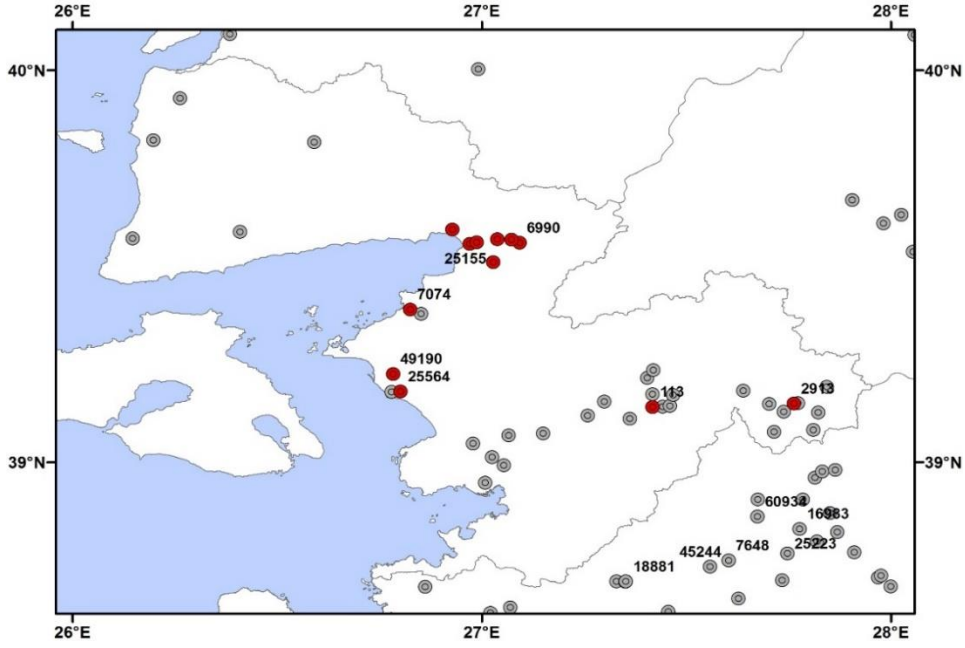
Kuzey Ege Havzası kuraklık analizi çalışması kapsamında ihtiyaç duyulan uzun zaman serisi bulunan ve bu sayede kullanılan Akım Gözlem İstasyonlarının (AGİ) yerleri ise **Şekil 3.2** üzerinde verilmiştir. Havzada ve civarında bulunan kuyuların yerleri **Şekil 3.3** üzerinde haritada gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Kuzey Ege Havzası İçindeki ve Çevresindeki Meteoroloji İstasyonları



Şekil 3.2 Kuzey Ege Havzası İçindeki Akım Gözlem İstasyonları (AGİ)



Şekil 3.3 Kuzey Ege Havzası Yer altı Suyu Kuyularının Yerleri

### 3.3. Eğilim Analizleri

Kuzey Ege Havzasında bulunan veriler için Mann Kendall eğilim analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kapsamında havzada geçmiş dönemlerde MGM meteorolojik istasyonlarda gözlemlenmiş olan yağış, sıcaklık ve buharlaşma verileri ile beraber, AGİ'lerde gözlemlenmiş olan akım zaman verileri ve YAS Kuyularındaki yeraltı suyu verileri için Mann Kendall eğilim analizleri gerçekleştirilmiştir. Geçmiş verilerin yanı sıra İklim değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi sonucunda elde edilmiş olan gelecek projeksiyon verilerinin de eğilim analizi gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen eğilim analizlerinin sadece gelecek projeksiyonlar için olan sonuçları bu özet raporda sunulmaktadır, ayrıntılı sonuçlar II. Ara Rapor kapsamında sunulmuştur. **Tablo 3.4** üzerinde verilen değerlere göre havza genelinde çok belirgin sıcaklık artışı belirlenmiş olup, bu artış daha karamsar olan RCP 8.5 senaryosunda hesaplanan P değerlerinde görüldüğü üzere çok daha etkilidir.

**Tablo 3.4 Kuzey Ege Alt Havzaları Aylık Sıcaklık Projeksiyonları Eğilimleri**

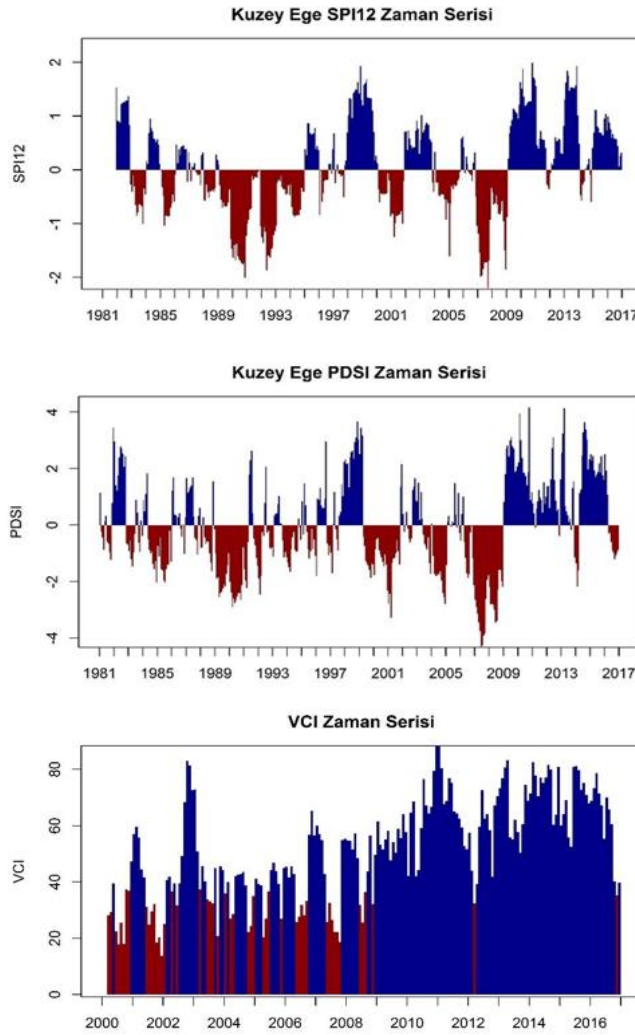
Sıcaklık		RCP4.5		RCP8.5	
Alt Havza	Model	P Değeri	Eğilim Yönü	P Değeri	Eğilim Yönü
Aşağı Bakırçay	HadGEM2-ES	0.01	Artan	0.00	Artan
	MPI-ESM-MR	0.14	Eğilim Yok	0.00	Artan
	CNRM-CM5	0.01	Artan	0.00	Artan
Yukarı Bakırçay	HadGEM2-ES	0.01	Artan	0.00	Artan
	MPI-ESM-MR	0.14	Eğilim Yok	0.00	Artan
	CNRM-CM5	0.01	Artan	0.00	Artan
Edremit-Havran	HadGEM2-ES	0.01	Artan	0.00	Artan
	MPI-ESM-MR	0.13	Eğilim Yok	0.00	Artan
	CNRM-CM5	0.00	Artan	0.00	Artan
Güzelhisar	HadGEM2-ES	0.01	Artan	0.00	Artan
	MPI-ESM-MR	0.13	Eğilim Yok	0.00	Artan
	CNRM-CM5	0.01	Artan	0.00	Artan
Karınca	HadGEM2-ES	0.01	Artan	0.00	Artan
	MPI-ESM-MR	0.13	Eğilim Yok	0.00	Artan
	CNRM-CM5	0.00	Artan	0.00	Artan
Madra	HadGEM2-ES	0.01	Artan	0.00	Artan
	MPI-ESM-MR	0.12	Eğilim Yok	0.00	Artan
	CNRM-CM5	0.00	Artan	0.00	Artan
Menderes	HadGEM2-ES	0.01	Artan	0.00	Artan
	MPI-ESM-MR	0.13	Eğilim Yok	0.00	Artan
	CNRM-CM5	0.00	Artan	0.00	Artan
Tuzla	HadGEM2-ES	0.01	Artan	0.00	Artan
	MPI-ESM-MR	0.12	Eğilim Yok	0.00	Artan
	CNRM-CM5	0.00	Artan	0.00	Artan

**Tablo 3.5 Kuzey Ege Alt Havzaları Aylık Yağış Projeksiyonları Eğilimleri**

Yağış		RCP4.5		RCP8.5	
Alt Havza	Model	P Değeri	Eğilim Yönü	P Değeri	Eğilim Yönü
Aşağı Bakırçay	HadGEM2-ES	0.58	Eğilim Yok	0.29	Eğilim Yok
	MPI-ESM-MR	0.50	Eğilim Yok	0.03	Azalan
	CNRM-CM5	0.56	Eğilim Yok	0.53	Eğilim Yok
Yukarı Bakırçay	HadGEM2-ES	0.40	Eğilim Yok	0.23	Eğilim Yok
	MPI-ESM-MR	0.47	Eğilim Yok	0.02	Azalan
	CNRM-CM5	0.51	Eğilim Yok	0.77	Eğilim Yok
Edremit-Havran	HadGEM2-ES	0.83	Eğilim Yok	0.36	Eğilim Yok
	MPI-ESM-MR	0.27	Eğilim Yok	0.03	Azalan
	CNRM-CM5	0.56	Eğilim Yok	0.71	Eğilim Yok
Güzelhisar	HadGEM2-ES	0.37	Eğilim Yok	0.28	Eğilim Yok
	MPI-ESM-MR	0.68	Eğilim Yok	0.05	Azalan
	CNRM-CM5	0.56	Eğilim Yok	0.52	Eğilim Yok
Karınca	HadGEM2-ES	0.60	Eğilim Yok	0.33	Eğilim Yok
	MPI-ESM-MR	0.48	Eğilim Yok	0.05	Azalan
	CNRM-CM5	0.63	Eğilim Yok	0.41	Eğilim Yok
Madra	HadGEM2-ES	0.67	Eğilim Yok	0.29	Eğilim Yok
	MPI-ESM-MR	0.46	Eğilim Yok	0.04	Azalan
	CNRM-CM5	0.57	Eğilim Yok	0.41	Eğilim Yok
Menderes	HadGEM2-ES	0.85	Eğilim Yok	0.37	Eğilim Yok
	MPI-ESM-MR	0.30	Eğilim Yok	0.13	Eğilim Yok
	CNRM-CM5	0.81	Eğilim Yok	0.28	Eğilim Yok
Tuzla	HadGEM2-ES	0.82	Eğilim Yok	0.47	Eğilim Yok
	MPI-ESM-MR	0.51	Eğilim Yok	0.01	Azalan
	CNRM-CM5	0.83	Eğilim Yok	0.11	Eğilim Yok

### 3.4. Kuraklık Analiz Yöntemleri

Bu çalışmada SPI, SPEI ve PNI (1, 3, 6, 9, 12, 24, 48 aylık periyotlar için ayrı hesaplandı) indislerinin yanı sıra PDSI, PHDI, scPDSI, scPHDI, DI, GWI indisleri kuraklık analiz çalışmalarında hesaplandı. Kuzey Ege Havzası için gerçekleştirilen kuraklık şiddet analizleri kapsamında incelenen SPI12, PDSI ve VCI için zaman **Şekil 3.4** üzerinde verilmiştir. Bu şekillerde kırmızı bölümler kurak, mavi bölümler ile ıslak dönemleri temsil etmektedir. Grafıklere göre SPI12, PDSI ve VCI indislerinin havzada geçmiş yıllarda yaşanan kuraklık olayları ile tutarlı bilgi sağladığı görülmektedir.



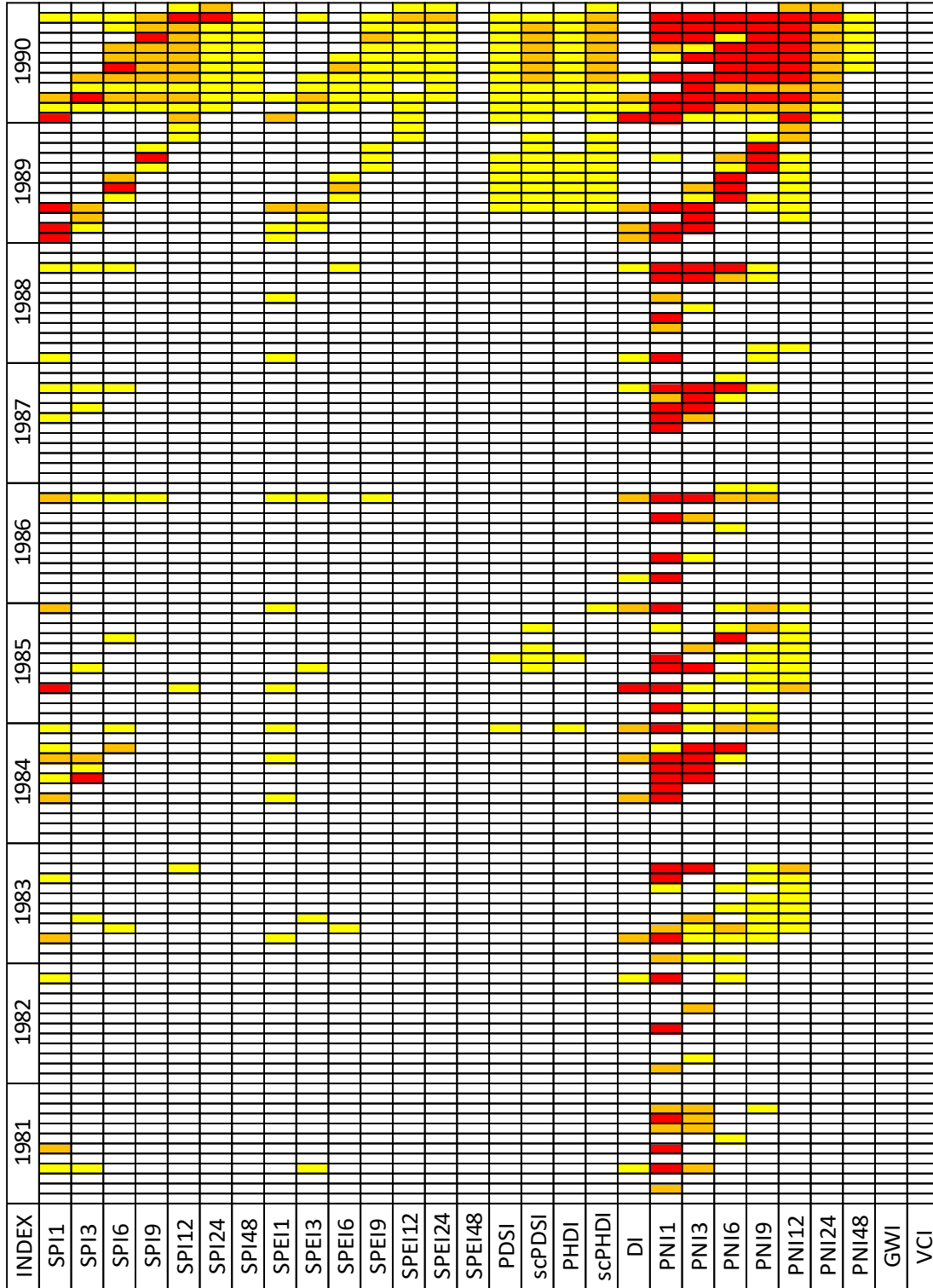
Şekil 3.4 Kuzey Ege Havzası için PDSI, SPI12 ve VCI zaman serileri



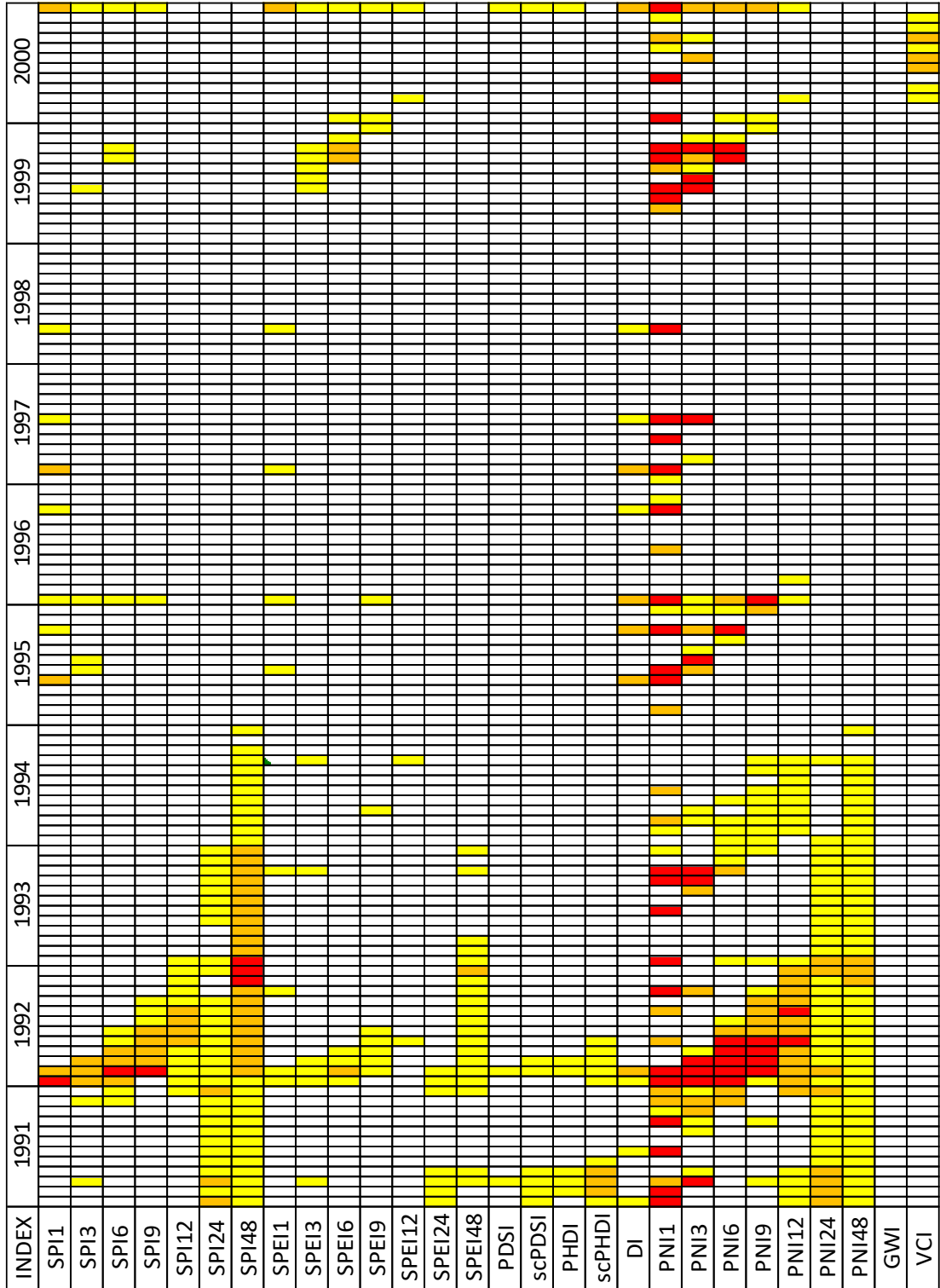
### 3.5. Kurak Devrelerin Tespiti

Kuzey Ege Havzasında geçmiş dönemlere ait kurak devrelerin tespiti için hesaplanan kuraklık indisleri detaylı incelenmiş olup bu indisler arasında ortak dönemlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kullanılan yöntem aşağıda açıklanmıştır:

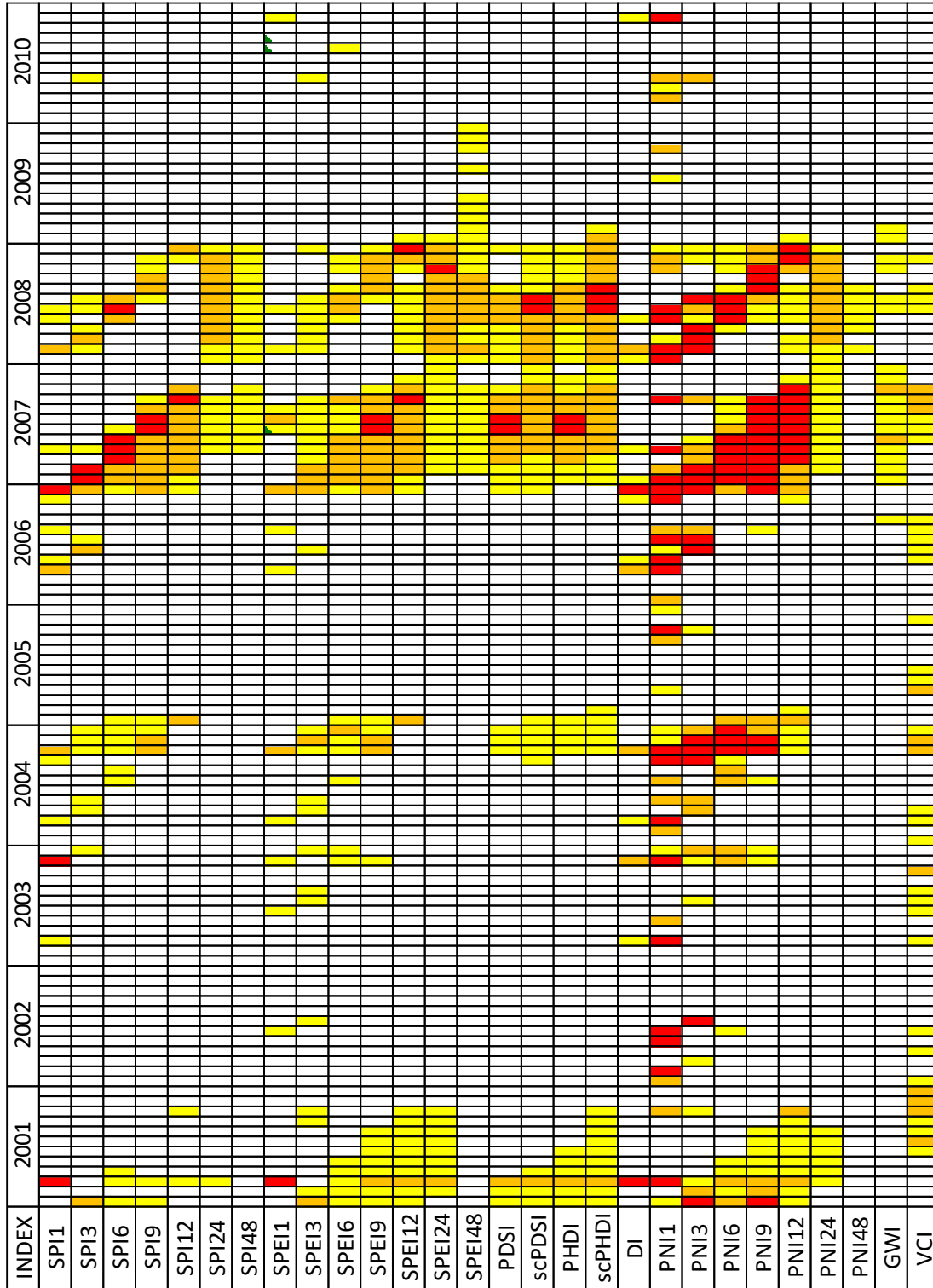
- i. Kurak devreler tespiti amacıyla karşılaştırma için seçilen 28 kuraklık indisi, bu rapor kapsamında incelenen zaman dilimi için (1981 – 2016) aynı zaman periyoduna getirilerek aylık olarak sıralanmıştır.
- ii. Her indisin havzaya ait alansal ortalaması alınarak ve kendi parametrik kuraklık sınıflandırması” kullanılarak havza genelinin normalüstü kurak olup olmadığı hesaplanmıştır. Bu seviyede sadece kuraklık gerçekleşip gerçekleşmediği belirlenmiş olup kuraklığın kendi içerisinde şiddeti incelenmemiştir. İndislere ait karşılaştırmalı aylık zaman çizelgeleri 1981-1990 yılları arası için **Şekil 3.5**; 1991-2000 yılları arası için **Şekil 3.6**; 2001-2010 yılları arası için **Şekil 3.7**; ve son olarak 2011 – 2016 yılları arası için ise **Şekil 3.8**'de sunulmuştur. Çizelgelerde kullanılan renk skalası, kuraklık indisleri için belirlenen ortak sınıflandırma baz alınarak *beyaz* renk normal ve üzeri (nemli) durum; *sarı* renk hafif kuraklık, *turuncu* renk orta şiddetli kuraklık; *kırmızı* renk ise şiddetli kuraklık göstergesi şeklindedir.
- iii. Çizelgede ortak kuraklık gösteren dönemler indisler arası karşılaştırmalarla belirlenerek bu çalışma kapsamında incelenmesi amaçlanmıştır. Bu çerçevede Kuzey Ege havzası için 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1999, 2000, 2001, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 ve 2014 yıllarında çeşitli uzunluklarda kurak dönemler belirlenmiş olup bu dönemlere ait ve belirgin indis dağılımları gösteren kuraklık haritaları bir sonraki bölümde sunulmuştur.



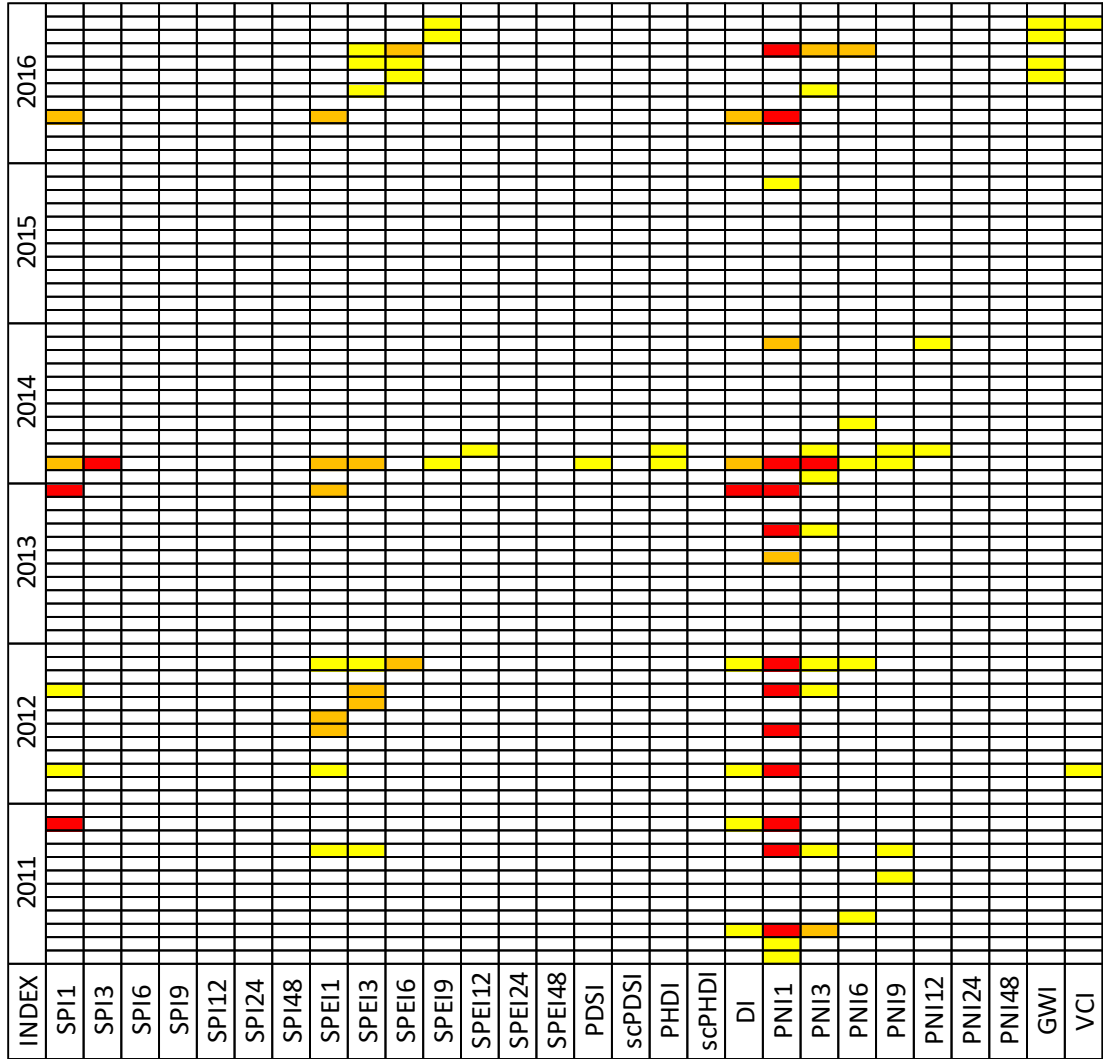
Şekil 3.5 Kuzey Ege Havzası Karşılaştırmalı Aylık İndis Kuraklık Zaman Çizelgesi 1981 - 1990



Şekil 3.6 Kuzey Ege Havzası Karşılaştırmalı Aylık İndis Kuraklık Zaman Çizelgesi 1991 - 2000



Şekil 3.7 Kuzey Ege Havzası Karşılaştırmalı Aylık İndis Kuraklık Zaman Çizelgesi 2001 - 2010

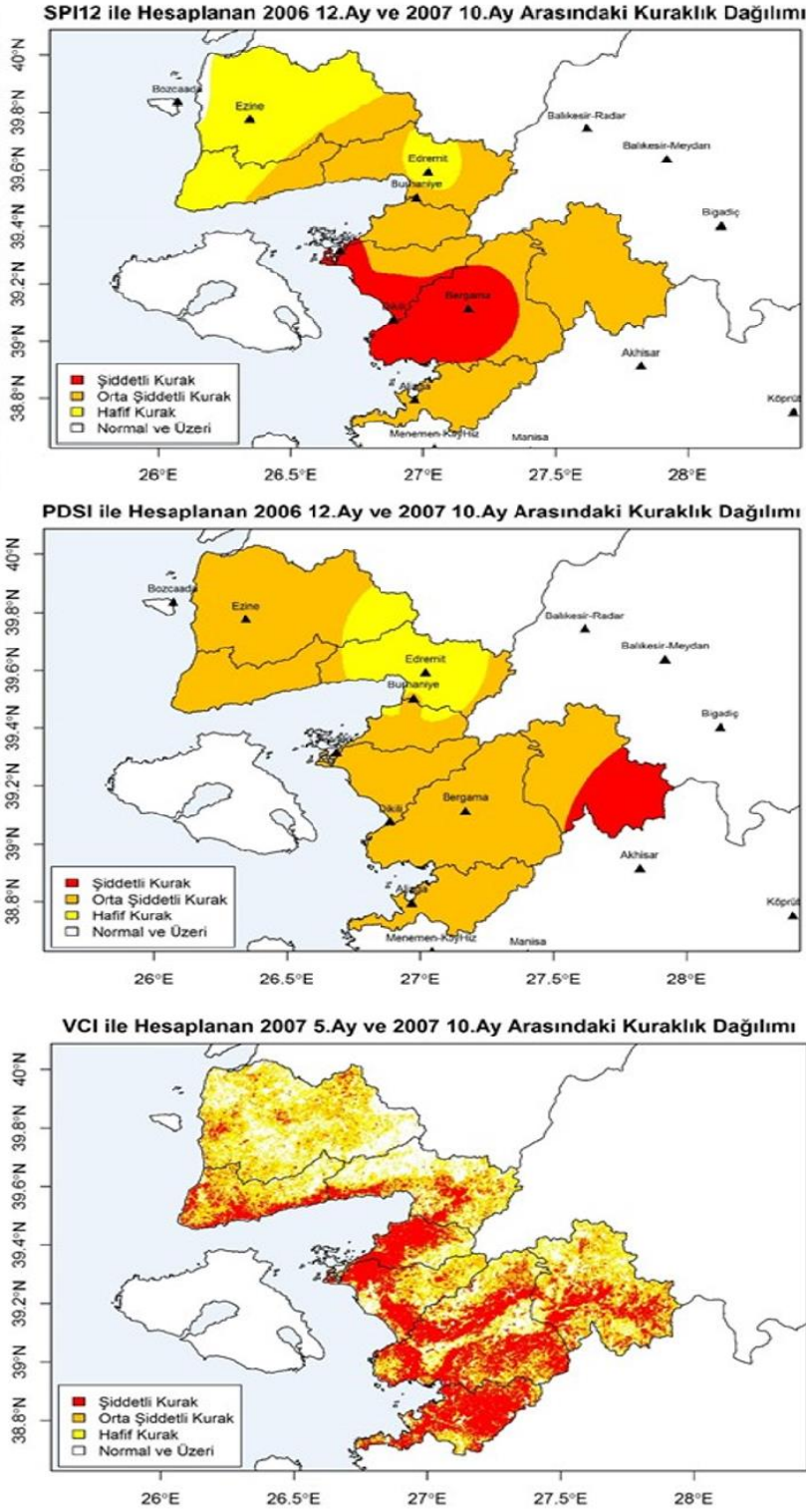


Şekil 3.8 Kuzey Ege Havzası Karşılaştırmalı Aylık İndis Kuraklık Zaman Çizelgesi 2011 – 2016

### 3.6. Kuraklık Haritaları

#### 3.6.1. Kuraklık Şiddet Haritaları

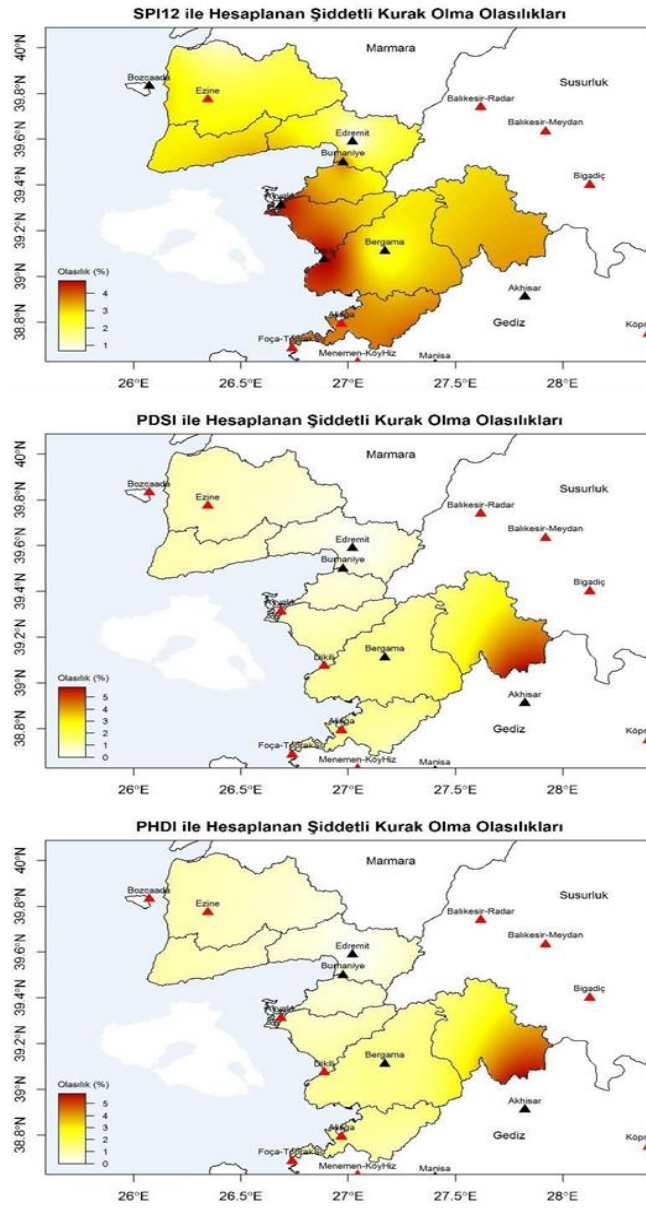
Kuzey Ege Havzası için SPI12, PDSI ve VCI için hesaplanan 2007 yılı için tespit edilmiş kuraklık dağılımı Şekil 3.9 üzerinde gösterilmiştir. Örnek olarak verilen bu kuraklık olayını SPI12, PDSI ve VCI indislerinin genel olarak tespit edebildiği anlaşılmaktadır.



**Şekil 3.9 Kuzey Ege Havzası için SPI12, PDSI ve VCI için 2007 Yılında Tespit Edilen Kuraklık Dağılımı**

### 3.6.2. Kuraklık Risk Haritaları

Kuzey Ege Havzası için gerçekleştirilen kuraklık risk analizleri sonucu elde edilen kuraklık risk haritaları havzanın sınırlarına yakın doğu ve batı kesimleri şiddetli kuraklık, havzanın daha karasal olan kuzey kısımları orta seviyedeki kuraklık ve havzanın orta kıyı kesimleri daha normal kuraklık eğilim göstermeye yatkın olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.10 Kuzey Ege Havzası için SPI12, PDSI ve PHDI için Şiddetli Kurak Olma Olasılığı Alansal Dağılımı



#### **4. SU POTANSİYELİ VE SU TÜKETİMLERİ**

Rapor kapsamında Kuzey Ege Havzası alt havza bazında hidrolojik modelleme ve kalibrasyon sonuçlarında havza su bütçeleri oluşturulmuş ve iklim projeksiyonları verileri kullanılarak oluşturulan modeller ve hesaplamalar sayesinde gelecek dönemlerde havzanın ve alt havzalarının iklim değişikliğine tepkilerinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Bunlara ek olarak detaylı mevcut sektörel su kullanımları da çıkartılarak ve sektörel değişimler göz önünde bulundurularak sektörlere ait gelecek su tüketimi değerleri hesaplanmıştır.

##### **4.1. Kuzey Ege Havzası Su Bütçesi**

Kuzey Ege Havzası yeraltı ve yerüstü hidrolojik modelleme çalışmaları dünya literatüründe benzer uygulamalarda yaygın bir şekilde kullanılan ve yarı-dağılımlı kavramsal bir model olan HBV (Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning) ile gerçekleştirilmiştir. HBV modeli proje şartnamesinde belirtilen amaçlar doğrultusunda istenilenleri verebilecek düzeyde detaylı bir modeldir ve modelin çalışması için yeterli veriler mevcuttur. Modelin kullanım amaçları arasında şunlar sayılabilir:

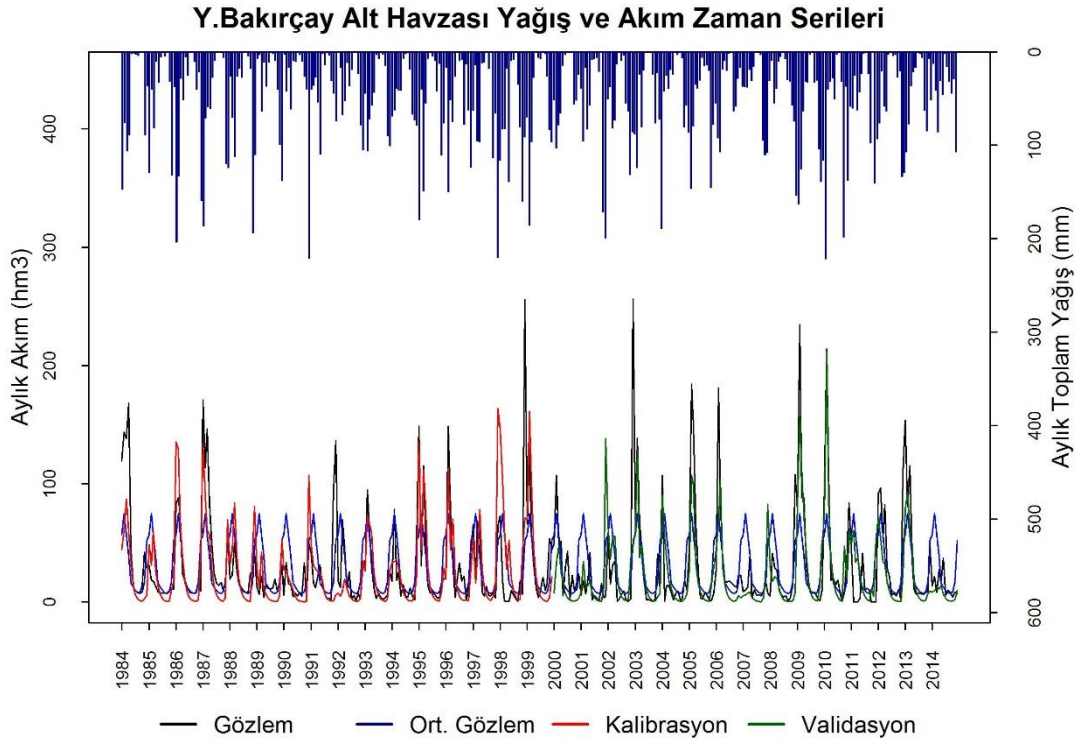
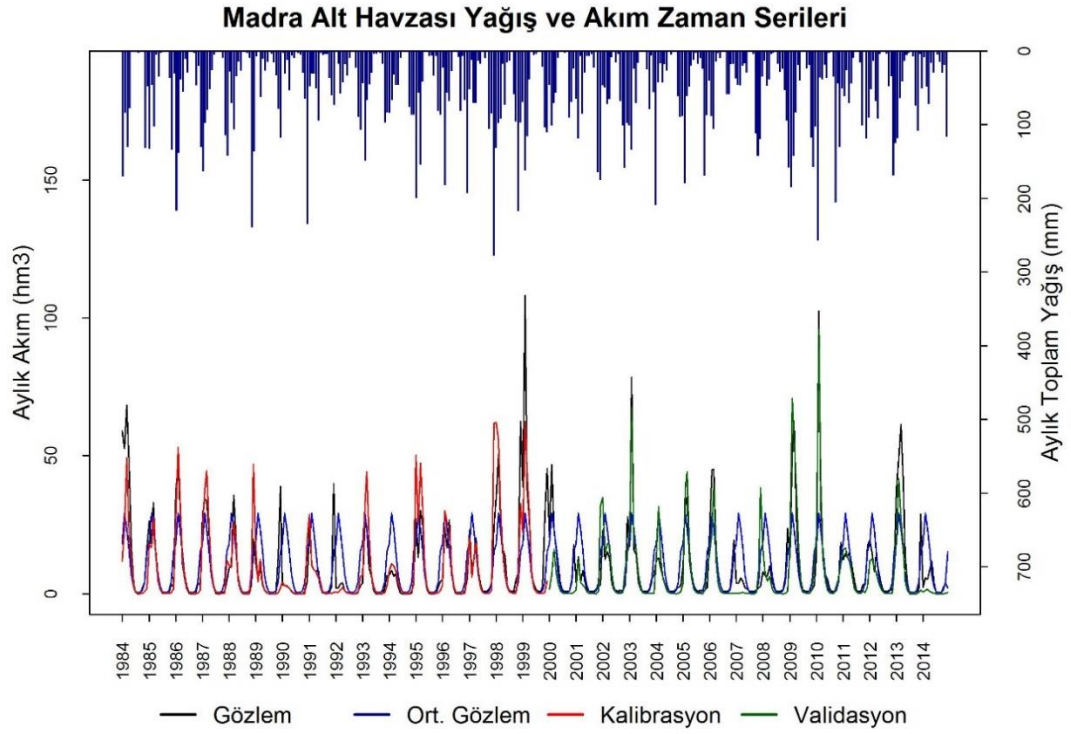
- Akım serilerini uzatılması (ya da eksik verilerin giderilmesi)
- Veri kalite kontrolü
- Su dengesi çalışmaları
- Taşkın tahmini (taşkın uyarısı ve rezervuar işletimi)
- Baraj güvenliği için tasarım taşkının hesaplanması
- Değişimlerin havzadaki etkilerinin araştırılması
- Ölçüm olmayan havzalarda akımın modellenmesi
- İklim değişikliğinin etkilerinin simülasyonu



HBV modeli, yağış, hava sıcaklığı ve potansiyel buharlaşma-terleme gibi iklim verilerini temel alarak bir havzadaki yüzeysel akış miktarını ve yeraltı suyu seviyesini simüle etmek için kullanılan kavramsal bir yağış-akış modelidir. Bu amaçla model havzadaki ana depolama türleri için su bütçesini hesaplayarak bu depolamaların değişen meteorolojik girdilere göre dinamik olarak nasıl değiştiğini gösterir.

Kuzey Ege Havzasındaki mevcut su potansiyeli HBV hidrolojik modeli kullanılarak hesaplanmıştır. HBV model simülasyonlarında bölgede bulunan Meteoroloji Gözlem İstasyonlarının 1981 – 2016 yıllarına ait ölçümlerinin alansal ortalama değerleri kullanılarak elde edilmiştir. HBV modeli DSİ Master Plan kapsamında hesaplanan doğallaştırılmış akımların kalibrasyon dönemi değerleri kullanılarak kalibre edilmiştir. Elde edilen parametreler validasyon dönemi HBV simülasyonlarının elde edilmesinde kullanılmıştır ve bu dönemdeki model performansı kalibrasyon döneminde kullanılmamış bağımsız doğallaştırılmış akım değerleri ile ölçülmüştür. HBV model simülasyonlarına ait özet sonuçlar aşağıda **Şekil 4.1**'de gösterilmektedir.

Yer altı Suyu potansiyeli ise havzada bulunan hidrojeolojik yapının kapsamlı incelenmesi sonrası akiferlerin yağış – beslenme ilişkilerine bağımlı kalınarak litolojik süzülme miktarlarından hesaplanmıştır. Havzaya düşen yağışın toplam yıllık ortalama değeri ve buna bağlı yıllık yağışların toplam su hacmi bulunmuştur. Bu yağışın bir kısmının litolojik süzülmeyle yer altı suyunu beslediği ve geriye kalan kısmının ise yüzeysel akışa geçtiği hesaplanmıştır. Havzadaki suyun bir kısmının buharlaşma ve terleme yoluyla havzadan uzaklaştığı hesaplanmıştır. Yüzeysel akışın bir kısmı (%10) akış sırasında sızma yoluyla yer altı suyuna tekrar katılmaktadır ve böylelikle havzadaki yer altı suyu potansiyeli oluşmaktadır. Yer altı suyu yıllık emniyetli rezervi, net yer altı suyunun %90'ı olarak kabul edilmiş ve buna göre hesaplanmıştır. Havzada kaynak ve pınar çıkışları mevcuttur. Bu kaynakların yüzeysel akışı besleme durumu da göz önünde bulundurularak havza brüt yüzeysel su potansiyeli hesaplanmıştır. Bu sayede havza yer altı ve yerüstü suları brüt toplam hacmi olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.1 Madra ve Yukarı Bakırçay Alt Havzaları HBV Simülasyonları**

**Tablo 4.1 Kuzey Ege Havzası HBV Simülasyon Analizi**

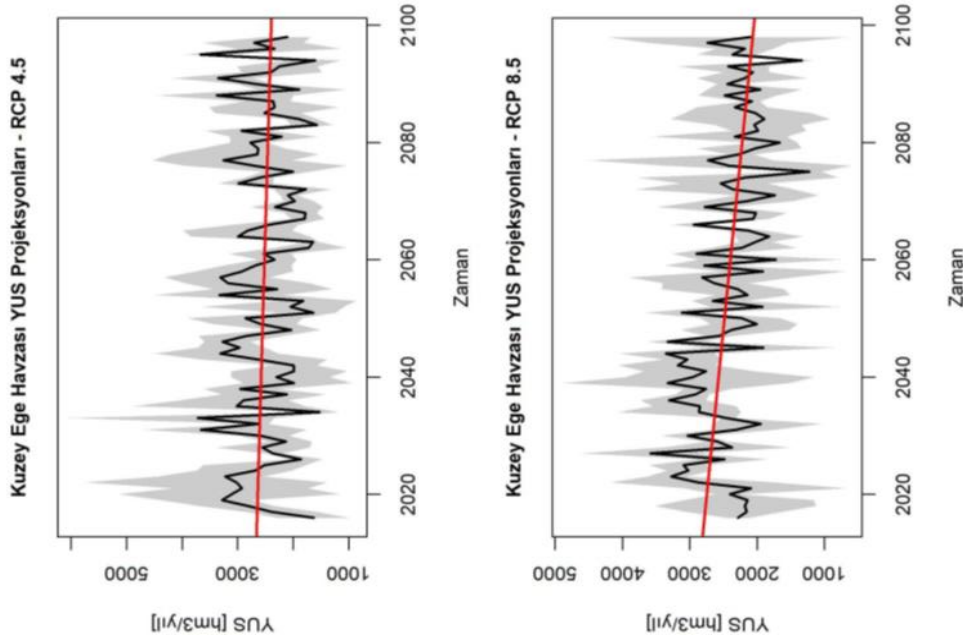
Althavza	Periyot	Korelasyon	Ort. HBV Akım (hm <sup>3</sup> )	Ort. Gözlem Akım (hm <sup>3</sup> )
Aşağı Bakırçay	Kalibrasyon	0.77	532.3	571.8
	Validasyon	0.62	456.5	502.8
Yukarı Bakırçay	Kalibrasyon	0.66	320.8	356.9
	Validasyon	0.72	283.3	356.6
Edremit-Havran	Kalibrasyon	0.57	209.4	183.6
	Validasyon	0.65	183.5	242.3
Güzelhisar	Kalibrasyon	0.6	121.0	98.0
	Validasyon	0.57	109.7	119.9
Karıncı	Kalibrasyon	0.72	114.4	110.3
	Validasyon	0.69	90.2	122.3
Madra	Kalibrasyon	0.78	109.3	120.7
	Validasyon	0.84	91.7	114.5
Menderes	Kalibrasyon	0.82	717.2	849.8
	Validasyon	0.53	742.4	709.6
Tuzla	Kalibrasyon	0.76	192.0	177.7
	Validasyon	0.7	186.7	182.6
TOPLAM/ORTALAMA	Kalibrasyon	0.71	2316	2469
	Validasyon	0.67	2144	2351

#### 4.2. Kuzey Ege Havzası Su Bütçesi Projeksiyonları

İklim değişikliğinin etkisinin havza su potansiyeline etkisini incelemek için çeşitli iklim modelleri ve senaryoları sonuçları HBV hidrolojik modeline girdi olarak kullanılmış ve havzanın su bütçesi projeksiyonları elde edilmiştir.

Bu çalışmada ihtiyaç duyulan iklim projeksiyon değerleri Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi adlı projeden elde edilmiştir. Bu çalışmada Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin 5. Değerlendirme Raporu'nun tabanını oluşturan CMIP5 arşivinden seçilmiş üç küresel model (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1) literatürde yaygınlıkla uygulanan güncel 2 iklim senaryosu (RCP4.5 ve RCP8.5 salınım senaryoları) ile RegCM4.3 bölgesel iklim modeli kullanılarak 2015 -2100 yılları arasında çalıştırılmıştır.

Alt havza bazlı gerçekleştirilen su potansiyeli çalışmalarında yerüstü ve yer altı suyu potansiyeli değişimleri 2016 – 2100 yılları arasında incelenmiştir. Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda HBV hidrolojik modeline günlük sıcaklık, yağış ve potansiyel buharlaşma ve terleme projeksiyonları girdi olarak sağlanmıştır. Sonuç olarak alt havza bazlı yerüstü ve yer altı su potansiyelleri projeksiyonları her model ve senaryo için ayrı ayrı elde edilmiştir. Elde edilen simülasyonlara örnek olarak çoklu model YÜS ortalamaları **Şekil 4.2** üzerinde gösterilmiştir.



**Şekil 4.2 Çoklu HBV Model YÜS Ortalamaları**

Kuzey Ege Havzası RCP4.5 senaryosu yüzey suyu potansiyeli için incelenen 2018 - 2050 dönemi ortalaması 2676 hm<sup>3</sup>; 2051 - 2075 dönemi ortalaması 2361 hm<sup>3</sup>; 2076 - 2098 dönemi ortalaması ise 2528 hm<sup>3</sup> olarak hesaplanmış olup bu sonuçlara göre 2018 - 2098 dönemi için yerüstü su potansiyelinde azalan eğilim belirlenmiştir. RCP8.5 senaryosu için ise incelenen 2018 - 2050 dönemi ortalaması 2714 hm<sup>3</sup>; 2051 - 2075 dönemi ortalaması 2285 hm<sup>3</sup>; 2076 - 2098 dönemi ortalaması ise 2176 hm<sup>3</sup> olarak hesaplanmış olup bu sonuçlara göre 2018 - 2098 dönemi için yerüstü su potansiyelinde azalan eğilim belirlenmiştir. Bahsedilen değerler Kuzey Ege Havzası ve alt havzaları için aşağıda **Tablo 4.2** üzerinde verilmiştir.

**Tablo 4.2 Kuzey Ege Havzası YÜS Potansiyeli Projeksiyonları**

Alt Havzalar	Ortalama YüzeY Suyu Potansiyeli hm3/yıl							
	RCP 4.5 Çoklu Model Ortalaması			RCP 8.5 Çoklu Model Ortalaması			RCP 4.5 Eğilim Yönü	RCP 8.5 Eğilim Yönü
	2018-2050	2051-2075	2076-2098	2018-2050	2051-2075	2076-2098	2018-2098	2018-2098
Aşağı Bakırçay	561	490	538	575	476	457	azalan	azalan
Yukarı Bakırçay	301	236	270	301	245	222	azalan	azalan
Edremit - Havran	204	163	182	211	159	135	azalan	azalan
Güzelhisar	117	91	98	125	92	85	azalan	azalan
Karınca	106	90	98	110	87	80	azalan	azalan
Madra	116	91	102	119	87	79	azalan	azalan
Menderes	944	900	928	953	854	831	azalan	azalan
Tuzla	327	300	312	320	285	287	azalan	azalan
<b>KUZEY EGE</b>	<b>2676</b>	<b>2361</b>	<b>2528</b>	<b>2714</b>	<b>2285</b>	<b>2176</b>	<b>azalan</b>	<b>azalan</b>

### 4.3. Kuzey Ege Havzası Sektörel Su Tüketimleri

Kuzey Ege Havzası'ndaki sektör bazlı mevcut su kullanımları incelenmiş ve bu bölümde sunulmuştur.

**Tarımsal su kullanımı:** Kuzey Ege Havzası içerisinde tarımsal amaçlı yapılan sulamalar halk sulamaları, DSİ sulamaları ve il özel idare sulamaları olarak ayrılmaktadır. Bu sulamaların alt havza bazında detaylı incelemeleri yapılmıştır. Havzada toplamda 99,380 ha alan sulanmaktadır. Bu sulamaların çoğu yer üstü kaynaklarından sulanmaktadır.

**Hayvancılık su kullanımı:** Havzada bulunan ilçelerdeki mevcut hayvan varlıklarından yola çıkılarak yapılan hayvancılık su tüketimlerinde İller Bankası'na ait insan ve hayvan su ihtiyacı varsayımları kabul edilmiş olup bu varsayımlar her bir küçükbaş hayvan için 15 l/g, büyükbaş hayvan için ise 50 l/g şeklindedir.

**İçme ve Kullanma suyu kullanımı:** Köy/Mahalle bazlı nüfus verilerine göre hesaplanan mevcut durum içme-kullanma suyu kullanımları **Tablo 4.3** üzerinde



verilmiştir. Alt havzalar için su ihtiyaç tahminleri yapılırken mahalle/köy bazlı nüfus verilerinden yola çıkılmış, alt havzalar içinde yer alan mahalle ve köylerden elde edilen veriler toplanarak alt havza bazındaki değerler elde edilmiştir.

**Sanayi su kullanımı:** Kuzey Ege Havzasında iki adet organize sanayi bölgesi ve iki adet enerji santrali bulunmaktadır. Organize sanayi bölgesi bilgi sistemine göre elde edilen bilgilerde havzadaki toplam su tüketimi 54,92 hm<sup>3</sup>/yıl şeklinde belirlenmiştir. OSB bilgi sisteminden elde edilen bilgiler OSB’lerden teyit edilmiş olup, tutarsızlık bulunan değerlerde OSB yetkililerinden elde edilmiş olan değerler kullanılmıştır.

**Turizm su kullanımı:** Turizm su ihtiyaç tahminleri yapılırken “İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname” de yer alan maddeler dikkate alınmıştır. Su ihtiyacı hesap edilen önemli turistik bölgelerin yatak sayısı, şartnamede belirtilen günlük yatak başı su ihtiyacı ile çarpılmıştır. Daha sonra bu sayı, konaklama bölgelerinin en güncel doluluk oranlarıyla çarpılarak yıllık turizm su ihtiyaçları belirlenmiştir (Doluluk oranı bulunamayan ilçeler için havza ortalamaları kullanılmıştır).

Her bir alt havza için elde edilen değerler **Tablo 4.3**'de sunulmuştur. Tablo incelendiğinde en fazla su tüketime sahip olan alt havzanın Aşağı Bakırçay alt havzası olduğu belirlenmiştir. Öte yandan en az su tüketimine sahip olan alt havza ise Tuzla alt havzasıdır. Su tüketim sektörleri detaylı incelendiğinde ise Aşağı Bakırçay alt havzasının, tarımsal ve hayvancılık amaçlı kullanılan su miktarlarında havzadaki en yüksek tüketime sahip olan alt havzası olduğu görülmektedir. İçme ve kullanma suyunda ise yerleşim yerlerinin içinde bulunduğu Menderes alt havzası en yüksek tüketimin görüldüğü alt havzadır. Turizm su tüketiminde ise Edremit-Havran havzası en fazla tüketimin olduğu alt havzadır. Kuzey Ege Havzasındaki toplam su tüketimi 744,74 hm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 4.3. Alt Havzalara ait Su Tüketim Bilgileri**

Alt Havza	Tarım (hm <sup>3</sup> )	Hayvancılık (hm <sup>3</sup> )	İçme ve Kullanma (hm <sup>3</sup> )	Sanayi (hm <sup>3</sup> )	Turizm (hm <sup>3</sup> )	Toplam (hm <sup>3</sup> )
<i>Aşağı Bakırçay</i>	169,09	2,12	8,51	18,25	0,04	198,01
<i>Edremit – Havran</i>	141,36	0,62	12,03	0	0,34	154,35
<i>Güzelhisar</i>	11,56	0,65	6,33	31,82	0,18	50,54
<i>Karınca</i>	31,11	0,41	5,21	0	0,30	37,03
<i>Madra</i>	32,36	0,74	1,97	0	0,04	35,11
<i>Menderes</i>	136,63	1,66	3,79	0	0,24	142,32
<i>Tuzla</i>	21,99	0,68	1,56	0	0,16	24,39
<i>Yukarı Bakırçay</i>	86,88	1,23	10,00	4,85	0,02	102,98
<b>KUZEY EGE HAVZASI</b>	<b>630,98</b>	<b>8,11</b>	<b>49,40</b>	<b>54,92</b>	<b>1,33</b>	<b>744,74</b>

#### 4.4. Kuzey Ege Havzası Sektörel Su Tüketimleri Projeksiyonları

Çalışma kapsamında, gelecek durum su kullanım tahminlerinin oluşturulması amacıyla incelenen sektörler bazlı su tüketimlerin projeksiyonları hazırlanmış; sonuçlar özet olarak aşağıda **Tablo 4.4** üzerinde sunulmuştur.

**Tablo 4.4 Kuzey Ege Havzası Mevcut ve Gelecek Su Kullanımları**

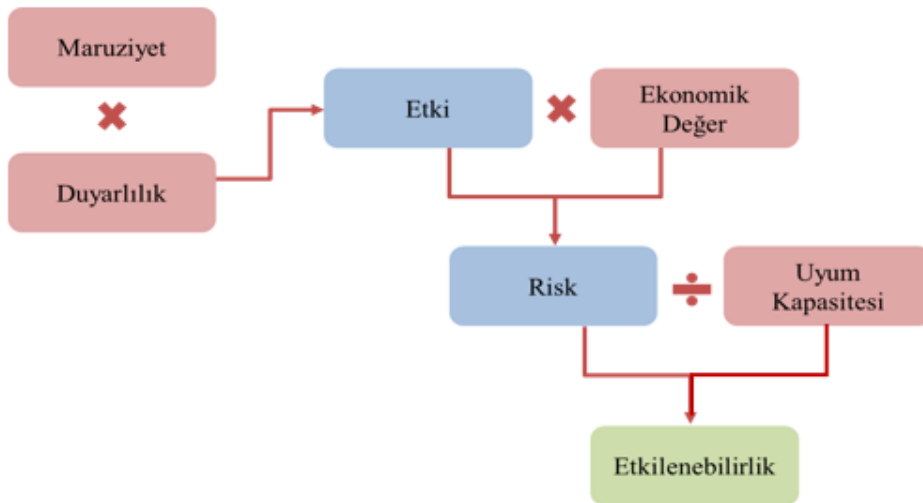
	Kuzey Ege Havzası Sektörel Su Kullanım İhtiyaçları (hm <sup>3</sup> )				Sektörel Kullanım Değişim Oranları (Gelecek/Mevcut) %		
	Mevcut	2018-2050	2051-2075	2076-2098	2018-2050	2051-2075	2076-2098
Termik Santraller için Soğutma Suyu İhtiyaçları	4.9	17.4	17.4	17.4	255.1%	255.1%	255.1%
Turizm Ort. Su İhtiyacı	1.33	1.81	2.35	2.89	36.1%	76.7%	117.3%
İçme ve Kullanma Ort. Su İhtiyacı	49.4	83.3	114.8	114.8	68.6%	132.4%	132.4%
Ort. Tarımsal Su Kullanımı İhtiyacı	631	815.5	815.5	815.5	29.2%	29.2%	29.2%
Ort. Sanayi Suyu Kullanım İhtiyacı	54.9	50	43	43	8.9%	21.7%	21.7%
<b>TOPLAM KULLANIM</b>	<b>741.5</b>	<b>968.0</b>	<b>993.0</b>	<b>993.6</b>	<b>30.5%</b>	<b>33.9%</b>	<b>34.0%</b>

## 5. SEKTÖREL ETKİLENEBİLİRLİK ANALİZLERİ

Sektörel etkilenebilirlik analizi, doğal (taşkın, deprem, fırtına, vb.) veya insan kaynaklı (terör saldırıları) felaketlerde, belirli sektörlerin bu durumdan nasıl etkilenebileceğini belirlemek için kullanılan bir değerlendirme sistematığıdır. Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) de bu yaklaşımı benimseyerek etkilenebilirliği “bir sistemin maruz kaldığı iklim değişikliği etkilerinin gözlenme düzeyi” olarak tanımlamakta ve *maruziyet* (sistemin iklim olayına maruz kalma derecesi), *duyarlılık* (sistemin iklim olayından olumlu veya olumsuz yönde etkilenme yatkınlığını) ve *uyum kapasitesi* (sistemin iklim olayından kaynaklı zararları tolere edebilme kabiliyeti) olmak üzere üç ana elemana dayandırmaktadır.

### 5.1.Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Yöntemi

Etkilenebilirlik hesaplamaları için dünya genelinde kabul gören bir formül bulunmamasına karşın, önceden de belirtildiği üzere etkilenebilirliğin maruziyet, duyarlılık ve uyum kapasitesi indislerinin bir fonksiyonu olarak ele alınması gerektiği etkilenebilirlik çalışmalarını yürüten pek çok ülkede kabul edilmiştir. Bu doğrultuda yapılan literatür araştırması sonucunda maruziyet, duyarlılık ve uyum kapasitesi indislerinin kullanılarak **Şekil 5.1** Etkilenebilirlik Hesaplaması’te gösterilen yöntem uygulanmıştır.



Şekil 5.1 Etkilenebilirlik Hesaplaması



Bu noktada, IPCC tarafından önerilen üç ana elemana ek olarak *ekonomik değer* isimli bir başka indis de öne çıkmaktadır. Ekonomik değer, gerçekleşen iklim olayı sonrası gözlenen kâr/zarar durumlarını ifade etmektedir.

## 5.2. Maruziyet İndisi ve WEI'nin Hesaplanması

Maruziyet, kuraklık olayı özelinde, her bir sektör için aynı anlama gelmektedir; bu sebeple, Kuzey Ege Havzası için tüm sektörlerde ortak kullanılmıştır. Maruziyet indisine benzer şekilde, uyum kapasitesi indisi parametresi olarak belirli sektörlerde kullanılan Su Kullanım İndisi (WEI) de sektörler özelinde değişkenlik göstermemektedir ve tüm sektörlerde ortak kullanılmıştır.

### 5.2.1. Maruziyet İndisi

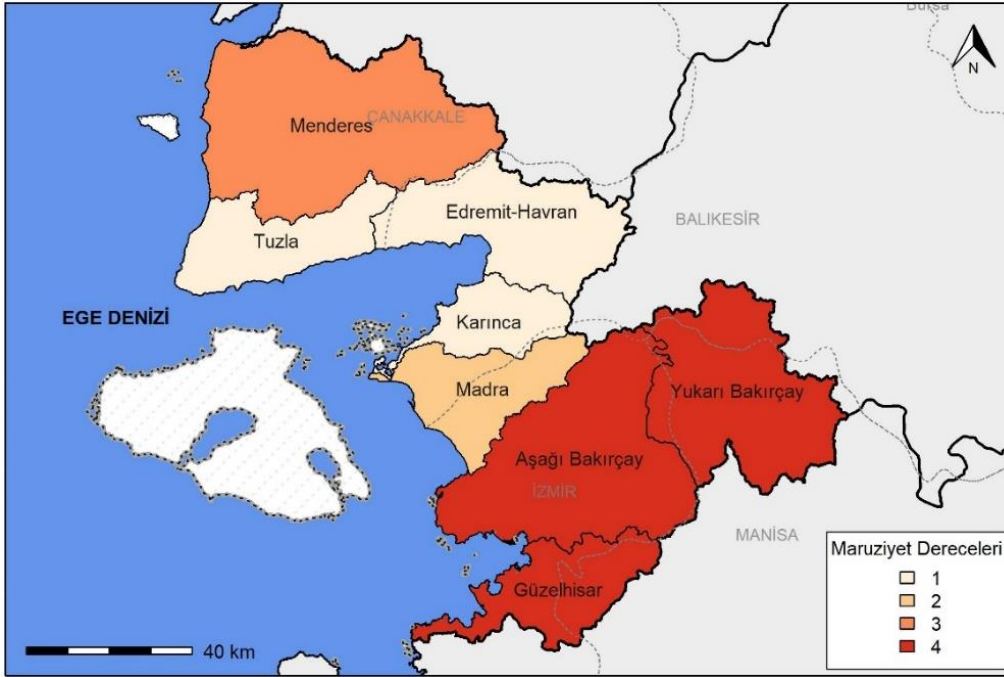
Bu çalışmada SPI, SPEI ve PNI (1, 3, 6, 9, 12, 24, 48 aylık periyotlar için ayrı hesaplandı) indislerinin yanı sıra PDSI, PHDI, scPDSI, scPHDI, DI, GWI indisleri kuraklık analiz çalışmalarında hesaplandı. Bu indisler arasında SPI indisi yağış verilerindeki değişime hassastır, SPEI indisi yağış değerlerinin yanı sıra potansiyel buharlaşma değerlerine de hassastır, ve PDSI indisi ise toprak nemi ile alakalı parametreleri de hesaplamaların kullanılmaktadır. Yağış, buharlaşma ve toprak nemi değişimlerine karşı hassas olan bu indislerden bitki yeşilliğine hassas olan NDVI ve VCI indisleri ile yüksek korelasyon veren indisler (SPI12, SPEI12 ve PDSI) bu çalışmada maruziyet hesaplamalarında parametre olarak kullanılmıştır.

Bu çalışmada parametre olarak seçilen her bir kuraklık indisinin (SPI12, SPEI12 ve PDSI) tüm kurak dönemlerdeki indis değerlerinin seçilen her bir indis için ve her bir alt havza için ayrı ayrı olmak kaydıyla toplamı alınarak toplam kuraklık şiddetleri elde edilmiştir. Bu yöntemle kurak dönemlerin, çalışılan yıllar arasındaki toplam şiddetini ifade eden bir parametre ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra her bir indis ve alt havza için ayrı ayrı toplam kuraklık şiddeti değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler aşağıda **Tablo 5.1** üzerinde; toplam kuraklık şiddetlerinin projeksiyonları ise **Tablo 5.2** üzerinde gösterilmiştir.

**Tablo 5.1 Alt Havzalardaki SPI12, SPE12 ve PDSI Toplam Kuraklık Şiddeti, Normalize Toplam Kuraklık Şiddeti ve Maruziyet İndisi Değerleri**

ALT HAVZALAR	TOPLAM KURAKLIK ŞİDDETİ			NORMALİZE TOPLAM KURAKLIK ŞİDDETİ			MARUZİYET İNDİSİ	MARUZİYET DERECELERİ
	SPI12	SPE12	PDSI	SPI12	SPE12	PDSI		
<i>Aşağı Bakırçay</i>	150,0	125,3	271,6	0,69	0,96	1,00	0,88	4
<i>Edremit – Havran</i>	137,3	116,5	239,6	0,27	0,45	0,50	0,41	1
<i>Güzelhisar</i>	159,1	125,9	264,8	1,00	1,00	0,89	0,96	4
<i>Karınca</i>	129,3	124,0	207,6	0,00	0,88	0,00	0,29	1
<i>Madra</i>	139,3	124,9	224,2	0,33	0,94	0,26	0,51	2
<i>Menderes</i>	151,4	124,0	228,8	0,74	0,89	0,33	0,65	3
<i>Tuzla</i>	148,6	108,8	221,2	0,64	0,00	0,21	0,29	1
<i>Yukarı Bakırçay</i>	159,2	122,9	270,6	1,00	0,82	0,98	0,94	4

Elde edilen maruziyet değerleri incelendiğinde Güzelhisar alt havzasının en yüksek ve havzanın en batısında bulunan Tuzla alt havzasının ise en düşük maruziyet derecesine sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Tuzla alt havzasına benzer şekilde Karınca alt havzasının da düşük maruziyet indisi değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Güzelhisar alt havzasının değerinin göreceli olarak çok yüksek bulunmasının nedeni göz önünde bulundurulmuş her üç kuraklık indisi bakımından da toplam şiddet değerlerinin Güzelhisar alt havzasında çok yüksek ve Tuzla alt havzasında ise düşük değerler almasından dolayıdır.



**Şekil 5.2 Maruziyet İndeksinin Alt Havzalardaki Dağılımı**

Toplam kuraklık şiddetinin kuraklık süreleri ve ortalama kuraklık şiddetleri ile ilintili olduğu göz önünde bulundurulduğunda Güzelhisar ve Tuzla alt havzalarında bulunan toplam kuraklık şiddeti sonuçları ağırlıklı olarak toplam kuraklık sürelerinden daha fazla etkilenmiştir. Bu durumun nedeni ise toplam kuraklık sürelerinin alt havzalar arasındaki değişiminin ortalama kuraklık şiddeti değişkenliğine göreceli olarak daha fazla olmasından kaynaklanıyor olmasındandır.

**Tablo 5.2 Maruziyet İndisi Parametreleri Projeksiyon**

Alt havza	SPI12			SPEI12			PDSI			Maruziyet		
	2018-2050	2051-2075	2076-2100	2018-2050	2051-2075	2076-2100	2018-2050	2051-2075	2076-2100	2018-2050	2051-2075	2076-2100
<i>Aşağı Bakırçay</i>	140,8	116,2	96,4	74,6	117,7	181,6	174,9	236,7	293,5	3	4	2
<i>Edremit-Havran</i>	138,1	110,8	100,1	78,8	111,4	186,6	182,2	224,6	311,4	4	2	3
<i>Güzelhisar</i>	142,5	112,9	97,6	74,2	111,3	179,8	167,8	241,5	287,4	2	3	2
<i>Karınca</i>	139,1	107,8	97,7	76,6	113,3	184,7	177	223,4	302,1	3	2	3
<i>Madra</i>	136,4	112,2	93	77,5	113,5	177,9	168,8	229,5	283,0	1	3	1
<i>Menderes</i>	147,2	104,2	93,3	67,3	107,5	177,9	179,9	215,4	284,4	3	1	1
<i>Tuzla</i>	145,1	104,2	90,2	67,5	107,9	176,9	185,7	219,4	285,7	3	1	1
<i>Yukarı Bakırçay</i>	137,3	115,3	99,6	67,8	114,1	190,1	207,2	271,7	355	2	4	4

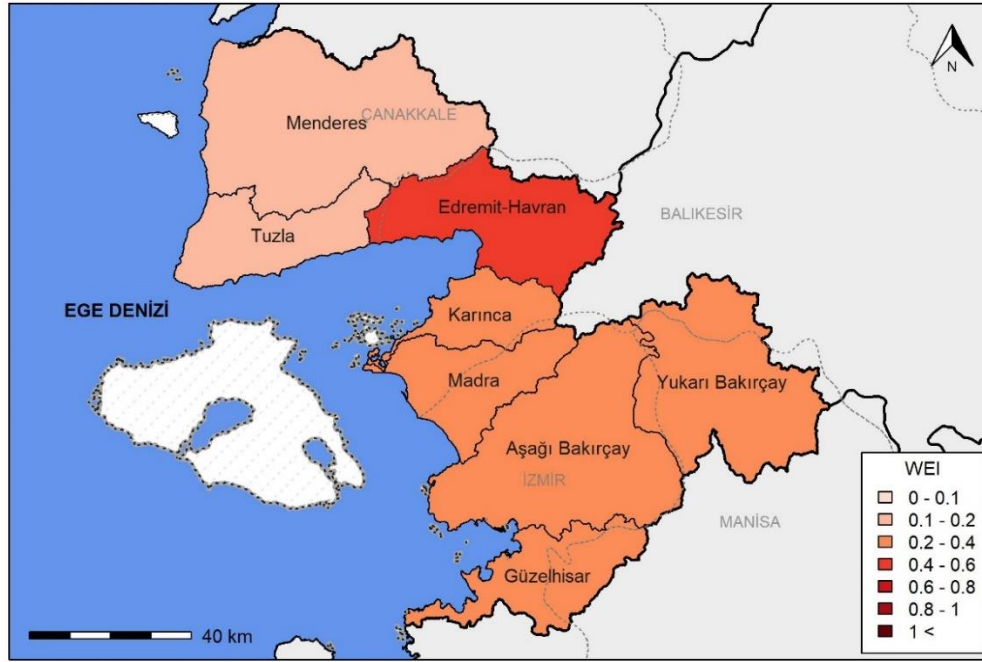
### 5.2.2. Su Kullanım İndisi (WEI)

Uzun yıllardan beri Avrupa Çevre Ajansı (AÇA), Su Kullanım İndisi (WEI) hesaplamakta ve Avrupa ülkelerinin ne ölçüde su bolluğu veya kıtlığı durumlarında olduklarını analiz etmektedir. WEI, uzun vadeli tatlısu kaynaklarının bir yüzdesi olarak yıllık toplam su soyutlama (=mavi su kullanımı) olarak hesaplanmaktadır. Dolayısıyla WEI, tek ülkede mevcut su kullanım seviyesinin mevcut su kaynakları üzerinde ne derece baskı oluşturduğunu gösterir. AÇA, su stresi değerlendirmesi için uygulanan eşiklere göre; %10'un altındaki değerler stres göstermez, %10-20 düşük stres anlamına gelir ve %20-40'ı ağır vurgu yapan ülkeleri gösterir.

Bu kapsamda Kuzey Ege Havzası'nın ve havzada yer alan alt havzaların WEI değerlerinin hesaplanması için detaylı olarak su tüketim ve su potansiyel bilgileri elde edilmiştir. Su potansiyellerinin değerlendirilmesi sonucunda **Tablo 5.3** üzerinde sunulan WEI değerleri elde edilmiştir.

**Tablo 5.3 Alt Havzalara ait Toplam Su Tüketimi, Su Potansiyeli ve Su Kullanım İndisi (WEI) Değerleri**

Alt Havza	Toplam Su Tüketimi (hm <sup>3</sup> )	Yeraltı Suyu Potansiyeli (hm <sup>3</sup> )	YüzeY Suyu Potansiyeli (hm <sup>3</sup> )	Toplam Su Potansiyeli (hm <sup>3</sup> )	Su Kullanım İndisi (WEI)	Normalize WEI
Aşağı Bakırçay	198,0	45,4	494,4	539,8	0,37	0,43
Edremit – Havran	154,3	79,8	196,4	276,3	0,56	0
Güzelhisar	50,5	38,2	115,3	153,6	0,33	0,52
Karınca	37,0	24,3	102,3	126,6	0,29	0,60
Madra	35,1	22,4	106,4	128,8	0,27	0,64
Menderes	142,3	4,3	729,8	734,1	0,19	0,82
Tuzla	24,3	32,4	183,4	215,9	0,11	1
Yukarı Bakırçay	102,9	128,1	302,0	430,2	0,24	0,71
<b>Kuzey Ege</b>	<b>744,7</b>	<b>375,3</b>	<b>2230,2</b>	<b>2605,5</b>	<b>0,29</b>	<b>-</b>



**Şekil 5.3 Kuzey Ege Havzası WEI Değerleri**

WEI değerinin en yüksek olduğu alt havza Edremit - Havran alt havzası olmuştur. Yıllık su tüketim miktarı olarak alt havzalar arasında ikinci olan bu alt havzadaki su potansiyelinin de düşük olması sebebiyle, en yüksek WEI değeri bu alt havzada bulunmuştur. WEI değeri hesabında su tüketiminin yanı sıra toplam su potansiyelinin de etkili olması sebebiyle Aşağı Bakırçay alt havzasında en yüksek su tüketimi olmasına rağmen yüksek su potansiyeli sayesinde bu alt havzada daha düşük WEI değeri hesaplanmıştır. En düşük WEI değeri ise Tuzla alt havzasında



hesaplanmıştır. Kuzey Ege Havzası'nın 6 alt havzasında kritik değer olan 0,20'lik WEI değerinden daha yüksek değerler hesaplanmış olup, bu durum bu alt havzalar için düşük su potansiyeli olan yıllarda ağır su stresi ile karşı karşıya olduklarını göstermektedir.

Mevcut durumdaki hesaplamaların yanı sıra WEI değerleri gelecek projeksiyonları için de elde edilip, gelecekte alt havzaların durumlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. WEI değerlerinin hesaplanması için kullanılan HBV model çıktıları 2018-2050, 2051-2075 ve 2076-2100 yılları arasında olmak üzere üç ayrı periyottaki yeraltı ve yerüstü su potansiyeli değerlerin kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. Su potansiyelinin belirlenmesinde 3 model ve her bir model için 2 senaryo ile toplamda 6 adet elde edilen değerlerin ortalaması alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Gelecek 3 farklı dönem için su potansiyelleri ve su kullanımlarının yanı sıra, bu değerleri kullanarak hesaplanan WEI değerleri **Tablo 5.4** üzerinde gösterilmektedir.

**Tablo 5.4 Alt Havzalara ait Gelecek Dönem Toplam Su Tüketimi, Su Potansiyeli ve Su Kullanım İndisi (WEI) Değerleri**

Dönem	Toplam Su Kullanımı (hm <sup>3</sup> )			Toplam Su Potansiyeli (hm <sup>3</sup> )			Su Kullanım İndisi (WEI)		
	2018-2050	2051-2075	2076-2100	2018-2050	2051-2075	2076-2100	2018-2050	2051-2075	2076-2100
<i>Aşağı Bakırçay</i>	262,4	266,24	266,26	644,33	567,82	584,89	0,41	0,47	0,46
<i>Edremit-Havran</i>	171,6	183,50	183,64	318,31	279,63	283,21	0,54	0,66	0,65
<i>Güzelhisar</i>	67,51	66,47	68,20	176	151,27	155,33	0,38	0,44	0,44
<i>Karınca</i>	63,3	66,26	66,38	141,29	123,36	126,34	0,45	0,54	0,53
<i>Madra</i>	39,7	41,31	41,33	153,94	128,09	133,40	0,25	0,31	0,30
<i>Menderes</i>	225,5	226,87	226,97	957,32	892,88	904,51	0,24	0,25	0,25
<i>Tuzla</i>	25	25,56	25,62	350	320,32	328,41	0,07	0,08	0,08
<i>Yukarı Bakırçay</i>	120,9	125,32	125,33	425,66	370,59	375,85	0,28	0,34	0,33
<b>Kuzey Ege</b>	<b>975,9</b>	<b>1001,5</b>	<b>1003,7</b>	<b>3166,8</b>	<b>2834</b>	<b>2891,9</b>	<b>0,31</b>	<b>0,35</b>	<b>0,35</b>

Tablo incelendiğinde, mevcut duruma paralel olarak en kritik durumda olan havzanın Edremit – Havran alt havzası olduğu, en az kritik durumda olan alt havzanın ise Tuzla alt havzası olduğu belirlenmiştir. Tahmin edilebileceği gibi gelecek dönemlerde hesaplanmış olan WEI değerleri mevcut duruma göre daha yüksek değerler göstermektedir. Bu artışta, alt havzalardaki artan su tüketiminin yanı sıra azalmakta olan su potansiyeli de etkilidir. Değerlendirilen üç periyot için (2018-2050, 2051-2075, 2076-2100), hesaplanan havza genelinin WEI değerleri sırası ile



0,31, 0,35 ve 0,35 olup; bu değerler ile havza genel olarak ele alındığında, gelecek dönemler için ağır su stresi yaşanabileceği olarak yorumlanabilir.

### 5.3. Kuraklığın Sektörler Üzerine Etkileri, Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları ve Uyum Stratejileri

Bu çalışma kapsamında Kuzey Ege Havzasında *Tarım, Sanayi, İçme ve Kullanma Suyu, Ekosistem, Enerji, Sağlık ve Turizm* olmak üzere toplam 7 sektör incelenmiş olup bu sektörlerin kuraklık olayından etkilenebilirlik seviyeleri belirlenmiş ve bu seviyeler doğrultusunda her bir sektör için kuraklıkla mücadelede uygulanması için strateji önerileri sunulmuştur.

#### 5.3.1. Kuraklığın Sektörler Üzerinde Etkileri

**Tarım Sektörü;** Türkiye'deki en etkin sektörlerden biri olan tarım sektörü temelde üretim çeşidi olarak bitkisel üretim ve hayvansal üretim olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Tarım sektörünün iklim koşullarına karşı hassasiyeti, değişen hava sıcaklıkları ve yağış miktarının bitkisel üretim verimine doğrudan ve dolaylı olarak önemli derecede etki etmesine sebep olur. Kuraklık ve su kıtlığı sonucu bitkilerin sulama suyu temininde güçlük çekilmesi, sulama suyu kalitesinin düşmesi, azalan yağmurların bitki su ihtiyacını karşılayamaması, bitkilere zararlı böceklerin çoğalması ve toprak erozyonu bitkisel üretim verimini etkileyen en önemli etmenlerdir. Kuraklığın getirdiği iklimsel koşullar, sıcaklık artışı ve yağış miktarındaki azalma, hayvansal üretim verimini ve sektörün ekonomik durumunu önemli ölçüde etkilemektedir. Kuraklık ve su kıtlığı sonucu hayvanların su ihtiyacı ve su tüketiminin artması, hayvan otlaklarının azalması, sıcak havalarda artan patojen ve parazitlerin hayvan sağlığını tehlikeye atması, hayvanlarda salgın hastalıkların artması ve hayvansal ürünlerin miktarının ve kalitesinin azalması bu sektörde yaygın olarak görülen etkilerdir.

**Sanayi Sektörü;** Sanayi sektöründe özellikle üretim aşamasında su kullanan sektörlerin susuzluk stresinden önemli ölçüde etkilendikleri görülmüştür. Susuzluk stresi temelde proseslerde kullanılacak su miktarının azalmasına ve daha düşük miktarda ürün çıktısına neden olmaktadır. Bu da sanayi sektöründe ekonomik kayba



**T.C. ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



ve işçi/işveren bütün sektör çalışanlarının sosyo-ekonomik zararına yol açmaktadır. Yüksek su tüketimlerinin yanı sıra, üretim sonucu oluşan atıksu doğal kaynaklarımızda su kirliliğine neden olmakta ve bu da kullanılabilir kalitedeki su miktarını azaltarak yine su yoksunluğuna sebebiyet vermektedir.

***İçme ve kullanma Suyu Sektörü;*** Kuraklık, diğer suya bağımlı sektörlerde olduğu gibi içme ve kullanma suyu sektörünü de etkilemekte ve sektör üzerindeki susuzluk baskısını artırmaktadır. Kuraklık durumunda sektör üzerinde su tüketiminin artması, nüfus göçü, sağlık sorunlarında artış, su kalitesinde değişim, su kesintileri gibi etkiler gözlenmektedir.

***Ekosistem sektörü;*** Kuraklık, su kaynakları üzerinde somut birçok olumsuz etkiye neden olmaktadır. Uzun süreli yağışsızlıklar doğal ekolojik dengeyi değiştirerek birçok türe zarar verebilmektedir. Balık ve vahşi yaşam alanlarının kaybı veya tahrip edilmesi, yabani hayvanlar için yiyecek ve içme suyunun olmaması ve vahşi hayvan hastalıklarının artması, yaban hayvanlarının göçü, nesli tükenmekte olan türler üzerindeki stresin artması ya da türlerin yok olması, rezervuar, göl ve göletlerdeki su seviyesinin azalması, sulak alanların azalması, orman yangınlarında artış, su kalitesinin azalması gibi pek çok olumsuz ekolojik etkisi olan kuraklık ülkemizdeki doğal yaşam için de önemli bir tehdit oluşturmaktadır.

***Enerji Sektörü;*** Suya bağımlılığı çok yüksek olan enerji sektörü ise gündelik yaşantının temel taşlarından birini oluşturmaktadır. Bu nedenle, olması muhtemel herhangi bir susuzluk stresi toplumsal yaşantının sürdürülebilirliği açısından olumsuzluklara neden olacaktır. Sektör üzerinde kurak dönemlerde görülmesi muhtemel etkiler sıcaklık artışının elektrik ihtiyacını artırması, artan su ihtiyacının termik santrallere su iletimini zorlaştırması, yüksek sıcaklıkların iletim hatlarının kapasitesini azaltması ve maliyeti artırması, yüksek sıcaklıkların trafo kapasitesini düşürmesi, orman yangınlarındaki artış sonucu iletim altyapısının zarar görmesi, yüksek sıcaklıkların termik santrallerin verimini düşürmesi şeklinde sıralanabilmektedir.



**Sağlık Sektörü;** Kuraklık ve su kıtlığı sonucunda temiz su kaynaklarının azalması ve beslenme yetersizliği sebebiyle bulaşıcı hastalıklar yaygınlaşmakta, ishalleri hastalıklarda ölüm oranı artmakta, sıklıkla kronik hastalıklar görülmekte ve kırsal alandan kentsel alana göç yoğunlaşmaktadır.

**Turizm sektörü;** Turizmin hemen hemen bütün türleri doğrudan veya dolaylı olarak kuraklık ve su kıtlığından etkilenebilmektedir. Su kaynaklarının mevcudiyetinde veya kalitesinde meydana gelen herhangi bir değişikliğin turizm sektöründe önemli etkileri olduğu kaydedilmiştir. Turizm türlerine göre sektörde görülebilecek kuraklık etkileri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Kuş gözlemciliği: Susuzluk stresi, bitki örtüsü kaybı ve kuşlar üzerinde oluşan sıcaklık stresi kuşları geleneksel görüntüleme alanlarından uzak tutabilir ve kuşların göç yolları değişebilir.
- Avcılık: Hayvan kıtlığı ve/veya bitki örtüsü kaybı avcılarını olumsuz etkileyebilir, yaşam alanlarının daralması sonucu su kuşu, balık ve benzeri hayvanların sayıları azalabilir.
- Golf turizmi: Su kıtlığı veya kısıtlamalar sebebiyle saha koşulları kötüleşebilir ve aktivitelerin azalmasına sebep olabilir.
- Diğer turizm türleri (sağlık ve termal, dağcılık, kültür, yayla, vb.): Kuraklık sonucu bölgenin doğal yapısının bozulmasına neden olarak bölgeye daha az turist gelmesine sebep olabilir.

### **5.3.2. Sektörel Etkilenebilirlik Analizi Sonuçları**

Bu çalışmada Kuzey Ege Havzası için önceki bölümde sıralanan 7 sektör için sektörel etkilenebilirlik analizi alt havzalar bazında gerçekleştirilmiştir. Mevcut durum etkilenebilirlik analizinin yanı sıra, etkilenebilirlik değerleri farklı projeksiyon dönemleri (2018-2050, 2051-2075, 2076-2100) için de hesaplanmıştır.

**Şekil 5.4'**de yapılan projeksiyonlar sonucunda üç farklı projeksiyon dönemi için elde edilen ve her alt havzadaki Etkilenebilirlik derecesi 3 ve 4 değerini almış sektörleri belirten haritalar gösterilmektedir. Şekiller incelendiğinde, Aşağı Bakırçay



alt havzasının mevcut durum ve 2018-2050 projeksiyon döneminde üç sektörde etkilenebilir olduğu, ancak projeksiyon dönemleri ilerledikçe sektörlerin azalarak yalnızca tarım sektörünün etkilenebilirliğinin yüksek kaldığı görülmektedir. Yukarı Bakırçay alt havzasında ise 2050-2071 projeksiyon döneminden itibaren enerji sektörünün etkilenebilirliğinin artacağı söylenebilir.

### 5.3.3. Uyum Stratejileri

Bu bölümde her sektör için en yüksek değeri alan alt havzalar tartışılmış ve kuraklıkla mücadelede önerilen uyum stratejileri sıralanmıştır.

**Tarım Sektörü:** Havza'da tarım sektörü kuraklıktan en belirgin şekilde etkilenen sektör olarak görülmektedir. Tarım sektöründe en çok etkilenebilir alt havza Aşağı Bakırçay'dır. Bu alt havza, havza içindeki toplam tarım alanı en yüksek ikinci alt havzadır. Aşağı Bakırçay alt havzası toplam tarımsal üretim oranı en yüksek alt havzalardan biri olmakla birlikte, tarımsal üretiminin büyük çoğunluğunun sulu tarıma dayalı olması dolayısıyla sulamada kullanılan su miktarı en fazla olan alt havzadır. Tüm bunlar Aşağı Bakırçay alt havzasında tarım sektörünün kuraklıktan etkilenebilirliğinin Havza içindeki en yüksek değeri almasına sebep olmuştur. Kuru tarım türleri kurak dönemlerde yağış miktarının azalması sonucu susuz kalarak gelişimlerini tamamlayamamakta ve bu dönemlerde büyük oranlarda ürün kaybı yaşanmaktadır. Kurak dönemlerde tarım sektörünün ve tarımla uğraşan nüfusun ekonomik ve sosyal çerçevede olumsuz olarak etkilenebilmektedir.

Bu çalışmanın sonucunda, dünya genelinde ve Türkiye'de kurak dönemlerde ülkemizde uygulanan stratejiler değerlendirilerek Kuzey Ege Havzası için uygun olan stratejiler belirlenmiştir. Bu doğrultuda önerilen temel uyum stratejileri aşağıdaki gibidir:

- Ürün deseni değişikliği ile kuraklığa dayanıklı ürünlerin ekiminin tercih edilmesi,
- Sulama altyapısındaki kayıp/kaçakların tespiti ve azaltılması,
- Yüzey sulama sistemlerindense basınçlı sulama sistemlerinin tercih edilmesi,



- Yağmur suyu hasadının ve yeniden kullanım tekniklerinin kurak dönemlerde değerlendirilmesi,
- Çiftçilerin tarım sigortası altına alınması,
- Sulu tarım yapılan bölgelerde Havza için önemli ekonomik değeri yüksek olan zeytin, üzüm ve pamuk üretiminin tercih edilmesi.

**Sanayi Sektörü:** Sanayi sektörü özellikle İzmir gibi bir liman şehrini kapsaması nedeniyle Kuzey Ege Havzası için önemli bir sektör olarak yer almaktadır. Güzelhisar alt havzası sanayi sektöründe kuraklıktan en çok etkilenebilir alt havza olmuştur. Sanayi tesislerinin bu alt havzadaki yoğunluğu, su tüketiminin fazla olmasıyla duyarlılık indisinin artmasına, aynı zamanda çalışan işçi sayısının fazlalığı ve ihracat değerinin yüksekliğiyle ekonomik değer indisinin yüksek olmasına sebep olmaktadır. Bu durum, Güzelhisar alt havzasının etkilenebilirlik değerini önemli derecede yükseltmiştir.

Sanayi sektörünün kuraklığa karşı uyum kapasitesinin artırılması için aşağıdaki stratejiler önerilmektedir:

- Mevcut En İyi Teknikler (MET) ve temiz üretim yöntemleri benimsenerek su kullanımında verimliliğin artırılması,
- Yağmur suyu hasadının su kaynağı olarak kullanılması,
- Üretim aşamalarında enerji verimliliğinin artırılması,
- Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) gibi sivil toplum kuruluşları, belediyeler ve Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nca çevre dostu teknolojiler için sunulan desteklerin kuraklık ve su kıtlığı olaylarına özel hale getirilmesi.

**İçme ve Kullanma Suyu Sektörü:** İçme ve kullanma suyu sektöründe kuraklıktan en çok etkilenebilir alt havzalar Edremit-Havran, Menderes ve Güzehisar'dır. Edremit-Havran alt havzası sınırları içinde yaşayan nüfusun fazla olması, su tüketiminde ve su gelirlerinde bu alt havzayı en üst sıraya taşımıştır.

Kuzey Ege Havzası İçme ve Kullanma Suyu Sektörü incelendiğinde Havza'daki temel sorunun kayıp-kaçak oranı ile ilgili veri toplanması ve



**T.C. ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



değerlendirilmesi olduğu görülmüştür. Bu nedenle öncelikli olarak izleme çalışmalarının yaygınlaştırılması ve bu sayede fiziki kayıpların kaynaklarının belirlenmesi bütün alt havzalar için, gerekli yerlerde onarımın sağlanması ve kayıpların azaltılması açısından önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra fiziki olarak kuraklığın etkilerinin azaltılması için önerilen uyum stratejileri:

- Altyapı varlık yönetimi uygulamalarının belediyelerce kurumsallaştırılması,
- Yeşil altyapı uygulamalarının yaygınlaştırılması
- Bireysel su kullanımında verimliliğin artırılması olmak üzere üç başlık altında toplanmaktadır.

**Ekosistem Sektörü:** Ekosistem sektöründe kuraklıktan en yüksek derecede etkilenebilir alt havzalar Aşağı Bakırçay ve Yukarı Bakırçay'dır. Her iki alt havzada da ekosistem sektörünün kuraklığa karşı uyum kapasitesini artıracak korunan alanlarının olmaması ve su kalite derecelerinin çok kirlenmiş su sınıfına karşılık gelmesi, bu alt havzalarda etkilenebilirliğin yüksek olmasına sebep olmuştur.

Kazdağı Milli Parkı gibi önemli korunan alanlara, yaygın orman alanlarına sahip Kuzey Ege Havzası'nın da olası bir kuraklıktan asgari seviyede etkilenmesi için aşağıdaki uyum stratejileri önerilmektedir:

- Orman yangınlarının önlenmesine yönelik stratejilerin yaygınlaştırılması ve teknolojilerin ilerletilmesi,
- İyi Tarım Uygulamaları'nın benimsenmesiyle yayılı kirliliğin etkilerinin azaltılması,
- Ekosistem üzerindeki kuraklık harici baskıların azaltılması (örn. deşarjlar, aşırı kentleşme, aşırı kullanım vb.),
- Bölgede yoğun faaliyet gösteren sanayi tesislerinin, örneğin zeytinyağı üretim tesisleri, temiz üretim teknolojilerine yönelmesiyle su kaynaklarındaki kirlilik baskısının azaltılması,
- Suyu Duyarlı Kentsel Tasarımlar (SDKT) aracılığıyla kentsel gelişmenin çevre üzerindeki hidrolojik etkilerinin en aza indirgenmesi,



- Dere kenarı ekosistemi, sucul yaşam ve hidromorfolojik özelliklerin bütüncül olarak göz önüne alacak şekilde nehir restorasyon çalışmalarının yürütülmesi
- Su kirliliği ve miktarının sürdürülebilir yönetimi amacı ile Bütüncül Havza Yönetimi Yaklaşımı'nın benimsenmesi.

**Enerji Sektörü:** Enerji sektöründe kuraklıktan en çok etkilenebilir alt havza Güzelhisar'dır. Su tüketimi fazla olan, yüksek kapasiteli doğalgaz ve kömür termik santrallerinin bu alt havza sınırları içinde yer alması ve alt havzada bulunan enerji santrallerinin toplam kurulu gücünün havza içindeki en yüksek değerde olması bu sonucun ortaya çıkmasındaki en büyük etkenlerdir. Bu noktada Kuzey Ege Havzası için önerilen uyum stratejileri aşağıdaki gibidir:

- Termik santraller için tesis ölçeğinde MET'ler uygulanarak su kaybının azaltılması,
- Havza'nın özellikle güneş ve rüzgar enerjisi potansiyeli değerlendirildiğinde, güneş, rüzgar ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji türlerinin yaygınlaştırılması,
- Özellikle tarım alanı yoğunluğu olan Aşağı Bakırçay gibi alt havzalarda biyokütle enerjisinin tercih edilmesi.
- Kentsel ve endüstriyel atıkların da biyokütle enerjisi olarak değerlendirilmesi (örneğin zeytinyağı üretiminde artık olarak çıkan pirinanın bu amaçla değerlendirilmesi)
- Hidroelektrik santrallerdeki buharlaşma oranlarını azaltan yöntemlerin uygulanması,

**Sağlık Sektörü:** Aşağı Bakırçay ve Yukarı Bakırçay alt havzaları sağlık sektöründe en çok etkilenebilir alt havzalar olarak bulunmuştur. Sağlık sektörüne yönelik uyum stratejileri kişisel önlemler ve kamusal önlemler olmak üzere iki temel başlık altında toplanmaktadır. Kişisel önlemler kişinin kendini kuraklığın etkilerinden korumak için alabileceği beslenme ve yaşam tarzında değişiklikler gibi önlemleri içermektedir. Kamusal önlemler ise halka kuraklıkla ilgili duyuruların ve bilgilendirmenin yapılması, hastanelerin ve sağlık kurumlarının olası sağlık



**T.C. ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**

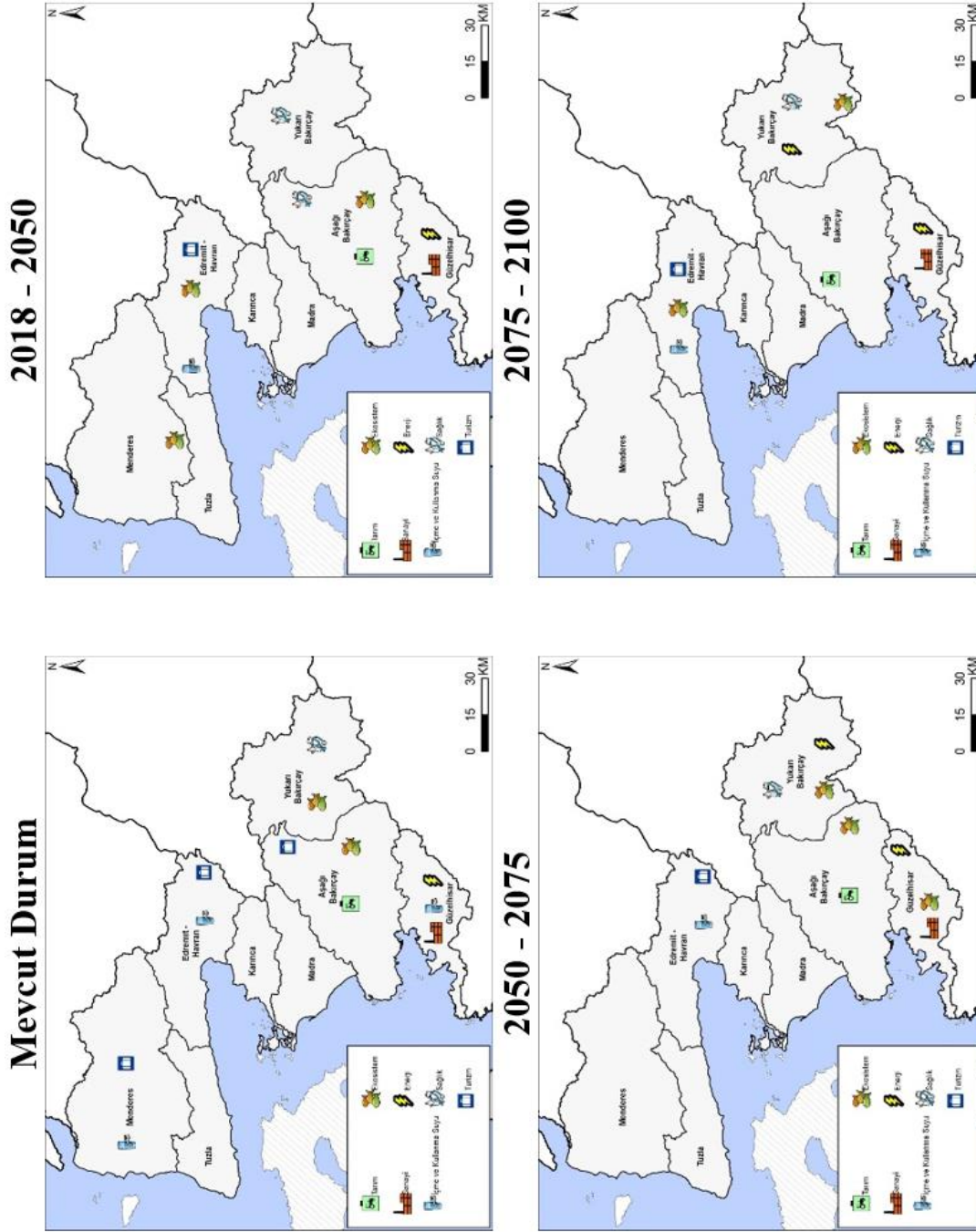


problemlerine karşı hazırlıklı olmaları gibi önlemleri içermektedir. Kırsal nüfusun sağlık merkezlerine erişimi de geliştirilmesi gereken önemli bir unsurdur. Ayrıca, kuraklık için sağlık etki değerlendirmesi çalışmaları yapılarak sektörün karşı karşıya olduğu olası risklerin belirlenmesi ve bu doğrultuda sağlık altyapısının geliştirilmesi gerekmektedir.

**Turizm Sektörü:** Kuzey Ege Havzası'nda Turizm sektöründe kuraklıktan en çok etkilenebilir alt havzalarından biri Edremit-Havran'dır. Bu alt havzada yer alan önemli doğa alanları, önemli oranlarda deniz turizmi ve havza genelinde görülen av turizmi, Edremit-Havran'ın duyarlılığını artırmıştır. Turizm sektörü için geliştirilebilecek uyum stratejileri sürdürülebilir turizm faaliyetlerini içerecek şekilde planlanmalıdır.

Kuzey Ege Havzasında yer alan turistik işletmelerin çevre yönetimini benimseyerek sürdürülebilir enerji ve su kullanımını desteklemeleri gerekmektedir. Alt havzalarda yer alan önemli turizm türlerine göre aşağıdaki uyum stratejilerinin geliştirilmesi önerilmektedir:

- Kuş gözlemciliği/Avcılık: Hayvan kaybının önlenmesi amacıyla kuş gözleme alanlarının koruma altına alınması, besleme, ağaçlandırma vb. odaklı programların geliştirilmesi, avlakların besleme, barınma kapasitelerinin geliştirilmesi odaklı programların oluşturulması, Balık kuluçkahanelerinin kuraklıktan daha az etkileneceği bilinen akarsu ve göllere aktarılması, daha az etkilenen avlak ve kamp alanlarının kamu kurumlarınca öne çıkarılması.



Şekil 5.4. Alt Havzalardaki Etkilenebilirlik Dereceleri Projeksiyonları



#### 5.4. Su Tasarrufları

Kuzey Ege Havzası'ndaki Kuraklık Yönetim Planının Hazırlanması amacıyla yapılan bu çalışma kapsamında alt havzalar bazında su tasarrufları yöntemleri *Tarım, Sanayi, İçme ve Kullanma Suyu ve Enerji* sektörlerinde belirlenmiş ve bu yöntemlerin uygulanması sonucunda elde edilecek olan tasarruf edilen su miktarları hesaplanmıştır. Her bir sektör özelinde farklı uygulamalar ile birlikte gerçekleştirilen su tasarrufları her bir alt havzada su üzerindeki baskıları hafifletecektir. Bu durum ayrıca havza içerisindeki su kütleleri üzerindeki baskıları da azaltacaktır. Su tasarrufu hesaplarının yapıldığı sektörlerdeki su tasarrufu yöntemleri **Tablo 5.5**'te gösterilmiştir. Her bir sektör olarak kullanılan yöntemler literatür araştırması sonucunda belirlenmiştir.

Kuzey Ege Havzası'nda Tarım, İçme ve Kullanma Suyu, Sanayi ve Enerji sektörlerinde literatürde belirtilen yöntemler esas alınarak yapılan uygulamalar sonucunda elde edilen su tasarrufu miktarları belirlenmiştir. **Tablo 5.6**'da verilen su tasarruf miktarları incelendiğinde, en çok tasarrufun Tarım sektöründe olduğu belirlenmiştir. Tarım sektöründeki sulama sistemlerinin iyileştirilmesi sonucu meydana gelen tasarruflar incelendiğinde de Aşağı Bakırçay alt havzası en yüksek su tasarrufunun yapıldığı alt havza olarak belirlenmiştir. Havzadaki en düşük su tasarrufu içme ve kullanma suyu sektöründe meydana gelmiştir. Sanayi ve Enerji sektörlerinde de su tasarruf miktarları en fazla su tüketiminin olduğu sırasıyla Güzelhisar ve Yukarı Bakırçay alt havzalarında gerçekleşmiştir.

**Tablo 5.5 Sektörlerde Uygulanan Su Tasarruf Yöntemleri**

Sektör	Yöntem
<i>Tarım</i>	Sulama yöntemlerinin modernize edilmesi, basınçlı sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması
<i>İçme ve Kullanma Suyu</i>	İçme ve kullanma suyu şebekelerindeki kayıp/kaçak oranlarının azaltılması
<i>Enerji</i>	Enerji tesislerinin kuru soğutma sistemlerine geçmesi
<i>Sanayi</i>	Üretim proseslerinin temiz üretim yöntemleriyle birlikte modernize edilmesi,

**Tablo 5.6 Alt havzalardaki Toplam Su Tasarrufları**



Alt havza	Tarım (hm <sup>3</sup> /yıl)	İçme ve Kullanma Suyu (hm <sup>3</sup> /yıl)	Enerji (hm <sup>3</sup> /yıl)	Sanayi (hm <sup>3</sup> /yıl)	Toplam Tasarruf (hm <sup>3</sup> /yıl)	Toplam Su Potansiyeli (hm <sup>3</sup> /yıl)
Aşağı Bakırçay	23,59	0,48	0	0,069	24,14	539,88
Edremit-Havran	11,3	2,55	0	1,215	15,07	276,3
Güzelhisar	1,9	0,62	0	10,611	13,13	153,6
Karınca	4,3	1,08	0	0,015	5,40	126,6
Madra	0,51	0,24	0	0,071	0,82	122,94
Menderes	2,14	0,88	0	0,151	3,17	734,16
Tuzla	0,37	0,32	0	0	0,69	221,82
Yukarı Bakırçay	10,7	1,46	11,85	0,195	24,21	430,2
<b>TOPLAM</b>	<b>54,81</b>	<b>7,63</b>	<b>11,85</b>	<b>12,33</b>	<b>86,62</b>	<b>2605,5</b>

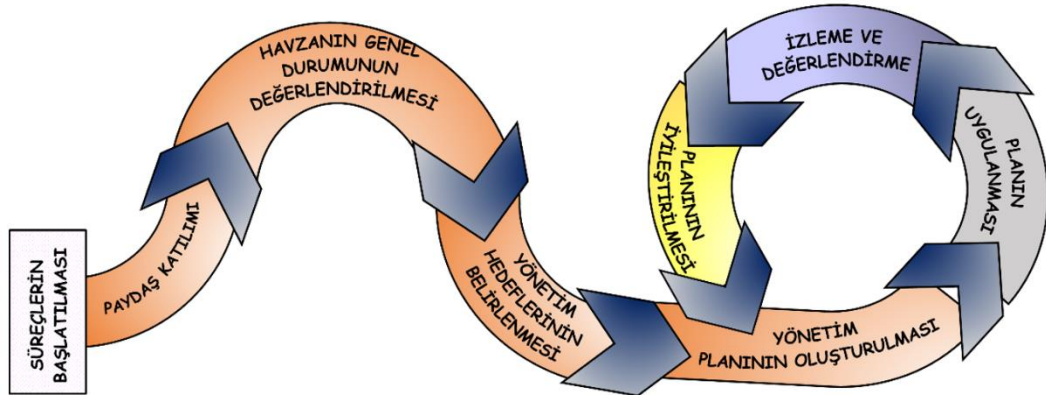
## 6. KUZEY EGE HAVZASI KURAKLIK YÖNETİM PLANI

Kuraklık farklı sektörlerde farklı etkiler yaratmaktadır. Bu etkiler Dünya Meteoroloji Örgütü'nün yayınladığı kuraklık yönetim planı rehberinde sosyal, çevresel ve ekonomik etkiler olarak sınıflandırılmaktadır. **Tablo 6.1**'de kuraklığın ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri genel bir çerçevede sunulmaktadır.

**Tablo 6.1 Kuraklığın Ekonomik, Sosyal ve Çevresel Etkileri**

Kuraklık Etki Kategorileri	Kuraklık Etkisi
<i>Ekonomik Etkiler</i>	Azalan tarımsal üretim sonucu yaşanan gelir yetersizliği
	Su kıtlığı nedeniyle sanayi üretiminde düşüş yaşanması
	Enerji üretiminin azalması sonucu enerji ihtiyacının karşılanamaması ve sektörün ekonomik zararı
	Üretimin azalması nedeniyle işsizlik sorununun ortaya çıkması
	Su temininin azalması nedeniyle turizm faaliyetlerinin zarar görmesi
	Acil durumlar nedeniyle ortaya çıkan ek maliyetler (ör. su transferi, su ve atıksu arıtma maliyetleri, su tüketiminin azaltılmasına yönelik tanıtım maliyetleri)
<i>Sosyal Etkiler</i>	Su ve hava kalitesindeki olumsuzluklar nedeniyle halk sağlığı problemlerinin yaygınlaşması
	Ekonomik etkilerin sosyo-ekonomik gruplara göre farklılık göstermesi sonucu oluşan eşitsizlik (ör. çiftçilerin hizmet sektöründe çalışanlara göre daha büyük zarar görmesi)
<i>Çevresel Etkiler</i>	Yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının kalitesinde gözlenen olumsuzluklar
	Ekosistem, sulak alan ve biyoçeşitliliğin zarar görmesi (toprak erozyonu, bitki örtüsünün azalması)
	Canlılar için gerekli olan gıda ve su kaynaklarının azalması
	Orman yangınlarının sıklaşması ve geniş alanlara yayılması
	Toprak ve su kaynaklarının tuzluluğunun artması

Bu doğrultuda kuraklık yönetim planı yukarıda sözü geçen muhtemel kuraklık risklerinin olumsuz etkilerinin kontrolü ve kuraklık problemlerinin çözümüne yönelik olarak kuraklık öncesinde, esnasında ve sonrasında alınacak tedbirleri ihtiva eden yönetim planını ifade eder. 31 Ağustos 2017 tarihli ve 30170 sayılı resmî gazetede yayımlanan “Ulusal Kuraklık Yönetimi Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2017-2023) ile İlgili 2017/19 Sayılı Başbakanlık Genelgesi” çerçevesinde Kuzey Ege Havzası Kuraklık Yönetim Planı’nın hazırlanması ve uygulamaya konması yasal çerçeveye oturtulmuştur. Bu doğrultuda yönetim planının oluşturulması ve uygulanması ile ilgili süreçler Şekil 6.1’de verilmiştir.



Şekil 6.1 Kuzey Ege Havzası Kuraklık Yönetimi Döngüsü

### 6.1. Kuzey Ege Havzası Kuraklık Yönetim Planının Hedefleri

Farklı sektörlerde dünya genelinde literatürdeki çalışmalarda yaygın olarak kullanılan tedbirler havza, alt havza ve il düzeyinde planlanmış ulusal ve bölgesel hedef ve stratejilerle birlikte değerlendirilmiş, Kuzey Ege Havzası'nda uygulanabilecek olan öneriler belirlenmiştir. Bu belirlenen tedbir ve stratejilerin planlama süreçleri ve yönetim etkileri stratejinin seçimi sürecinde göz önünde bulundurulmaktadır. Bu bağlamda, kuraklık ve su kıtlığının etkilerinin azaltılması için ana hedefler, literatür taraması ve Türkiye’de daha önce yapılmış çalışmaların ve havzanın genel özelliklerinin değerlendirilmesi sonucunda Kuzey Ege Havzası Kuraklık Yönetim Planı kapsamında belirlenen hedefler aşağıdaki gibidir:



1. Kuraklık yönetiminde yasal ve kurumsal kapasitelerin geliştirilmesi, koordinasyonun ve işbirliğinin sağlanması,
2. Kuraklığın etkin yönetiminin sağlanması,
3. Su kullanım verimliliği artırılarak kuraklık ve su kıtlığı sorunlarına uyumlu sistemlerin oluşturulması,
4. Toplumun kuraklık konusunda farkındalığının artırılması,
5. İklim değişikliğinin kuraklık üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ve uyum stratejilerinin geliştirilmesi,
6. Kuraklı kaynaklı sosyal, ekonomik ve çevresel zararların azaltılması

## **6.2. Kuzey Ege Havzası Kuraklık Acil Durum Eylem Planı ve Kuraklık Etkilerinin Azaltılması için Önerilen Tedbirler**

Kuraklık yönetim mekanizması kapsamında gerçekleştirilecek faaliyetler kuraklığın şiddetine göre değişkenlik göstermektedir. Her kuraklık şiddetinin neden olacağı etkiler farklı olacağı için önceki bölümlerde de belirtildiği üzere tedbirler oluşturulurken her şiddet derecesinin etkileri ve bu etkilerin giderilmesi için gereken tedbirler gözetilmelidir. Bu noktada öncelikli olarak kuraklık yönetimi döngüsünün oluşturulması ve ardından her şiddet derecesinde yürürlüğe sokulması gereken tedbirlerin belirlenmesi gerekmektedir. Kuraklığın değişik derecelerinde, su kullanan farklı sektörlerin ne şekilde etkileneceği gibi hususlar dikkate alınarak, kuraklığın ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerini azaltmak için kuraklık öncesinde, esnasında ve sonrasında alınması gereken uygulanabilir tedbirler havza, alt havza ve iller düzeyinde ayrı ayrı belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda mevcut su temin sistemlerinin planlama ve işletme politikaları göz önüne alınarak, kısıtlı su kaynaklarının verimli ve etkin kullanımı gayesiyle mevcut tarım politikaları ve uygulamaları da göz önüne alınacaktır.

### **6.2.1. Kuzey Ege Havzası'nda Kuraklığın Azaltılması için Önerilen Tedbirler**

Kuzey Ege Havzası için gerçekleştirilen saha çalışmaları, paydaş toplantıları ve sektörel etkilenebilirlik analizi sonuçları doğrultusunda sektörler özelinde



tedbirler belirlenmiştir. Bahsedilen tedbirler kuraklık öncesi, sırası ve sonrası olarak sınıflandırılmış olup her bir tedbir ilgili olduğu hedefle eşleştirilmiştir. Kuzey Ege Havzası'nda kuraklığın etkilerinin azaltılması için önerilen toplam 101 adet tedbir belirlenmiş, **Tablo 6.2**'de hazırlanan önerilen tedbirler tablosundan örnekler gösterilmiştir; tablonun tamamı Kuzey Ege Havzası Kuraklık Yönetim Planı Nihai Raporu **Bölüm 10**'da verilmiştir. Önerilen tedbirler aşağıdaki şekilde gruplandırılmıştır:

- Su tasarrufunun sağlanmasına yönelik tedbirler,
- Alternatif su kaynaklarının bulunmasına yönelik tedbirler,
- Kuraklığın ekonomik etkilerinin önlenmesine yönelik tedbirler,
- Kuraklığın çevresel etkilerinin önlenmesine yönelik tedbirler,
- Kuraklığın sosyal etkilerinin önlenmesine yönelik tedbirler,
- Sürdürülebilir kuraklık yönetiminin sağlanmasına yönelik tedbirler,
- Sektörlerde sürdürülebilir yaklaşımların öne çıkarılmasına yönelik tedbirler,
- İzleme ağının ve erken uyarı sisteminin geliştirilmesine yönelik tedbirler,

Havza genelinde 30 yıl içerisindeki 6,7 yılın orta veya şiddetli kurak olma ihtimalinin bulunduğu belirlenmiştir. Havzadaki alt havzalardaki dağılım incelendiğinde dışında genel olarak birbirlerine yakın risk değerleri görülmüştür. Havzadaki bütün alt havzalarda ise ortalama 6,7 yıllık orta veya şiddetli kuraklık olayının etkilerini azaltmak amacıyla belirlenen tedbirlerin 2050 yılına kadar uygulanması gerekmektedir. Bu doğrultuda Kuzey Ege Havzası Kuraklık Yönetim Planı kapsamında belirlenen acil durum eylemleri ve tedbirler il, alt havza ve havza bazında incelenmiş olup, tedbirlerin hangi il özelinde belirlendiği belirtilmiştir.

Tablo 6.2 Kuzey Ege Havzası'nda Kuraklığın Azaltılması için Önerilen Tedbirler

(1) Tedbir Grubu	(2) Tedbir No	(3) Tedbir	(4) Müdahale Zamanı	(5) Sorumlu Kurum	(6) İlgili Kurum	(7) Uygulama Dönemi	(8) Sektör	(9) İl
Su tasarrufunun sağlanması	1	<p><b>Tarımsal sulama sistemlerinin rehabilitasyonu:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mevcut durumda 169 hm<sup>3</sup> su tüketimine sahip olan Aşağı Bakırçay alt havzasındaki vahşi sulama sistemlerinin damla ve yağmurlama gibi basınçlı sulama sistemlerine dönüştürülmesi önerilmektedir. Bu su tasarrufu tedbirlerinin uygulanması ile 23,6 hm<sup>3</sup> su tasarrufu sağlanacaktır. Bölgede 2050 yılı sonunda sulamaya açılacağı düşünülen sulamalarla oluşacak olan 59 hm<sup>3</sup>'lük su ihtiyacının %40'ının karşılanması,</li> <li>Mevcut durumda 141 hm<sup>3</sup> su tüketimine sahip olan Edremit-Havran alt havzasındaki vahşi sulama sistemlerinin damla ve yağmurlama gibi basınçlı sulama sistemlerine dönüştürülmesi önerilmektedir. Bu su tasarrufu tedbirlerinin uygulanması ile 11,9 hm<sup>3</sup> su tasarrufu sağlanacaktır. Bölgede 2050 yılı sonunda sulamaya açılacağı düşünülen sulamalarla oluşacak olan 21,9 hm<sup>3</sup>'lük su ihtiyacının %54'ünün karşılanması,</li> <li>Mevcut durumda 137 hm<sup>3</sup> su tüketimine sahip olan Menderes alt havzasındaki vahşi sulama sistemlerinin damla ve yağmurlama gibi basınçlı sulama sistemlerine dönüştürülmesi önerilmektedir. Bu su tasarrufu tedbirlerinin uygulanması ile 2,15 hm<sup>3</sup> su tasarrufu sağlanacaktır. Bölgede 2050 yılı sonunda sulamaya açılacağı düşünülen sulamalarla oluşacak olan 81,6 hm<sup>3</sup>'lük su ihtiyacının %2'sinin karşılanması,</li> </ul>	Kuraklık Öncesi	DSİ	Balikesir, Çanakkale ve İzmir İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlükleri	2018-2030	Tarım	Çanakkale, İzmir, Balikesir
	2	<p>Mevcut durumda %45 oranında kayıp-kaçak oranına sahip olan Balikesir ilinde kayıp-kaçak oranlarının yönetmelikte belirtilen 2030 yılında ulaşılması gereken %25 hedefine düşürülmesiyle elde edilen 3,75 hm<sup>3</sup>'lük su tasarrufu, nüfus artışı sebebiyle olan 16,2 hm<sup>3</sup>'lük su tüketimi artışının %23 ünün karşılanması,</p> <p>Mevcut durumda %46 oranında kayıp-kaçak oranına sahip olan Çanakkale ilinde kayıp-kaçak oranlarının yönetmelikte belirtilen 2028 yılında %25 hedefine düşürülmesiyle elde edilen 1,14 hm<sup>3</sup>'lük su tasarrufu, nüfus artışı sebebiyle olan 2 hm<sup>3</sup>'lük su tüketimi artışının %57' sinin karşılanması,</p> <p>Mevcut durumda %35 oranında kayıp-kaçak oranına sahip olan İzmir ilinde kayıp-kaçak oranlarının yönetmelikte belirtilen 2030 yılında ulaşılması gereken %25 hedefine düşürülmesiyle elde edilen 0,5 hm<sup>3</sup>'lük su tasarrufu, nüfus artışı sebebiyle olan 3,76 hm<sup>3</sup>'lük su tüketimi artışının %13' ünün karşılanması,</p>	Kuraklık Öncesi	BASKİ, Çanakkale İlçe Belediyeleri, İZSU, MASKİ	ÇŞB	2018-2030	İçme ve Kullanma Suyu	Çanakkale, İzmir, Balikesir, Manisa
	5	<p><b>Yüksek su tüketimi gerçekleştiren sanayilerde su tasarrufu tedbirlerinin alınması:</b> Giyim Eşyalarının İmalatı (14), Gıda Ürünlerinin İmalatı (10-11), Metal Sanayi (24-25), Diğer Metalik Olmayan Ürünlerin İmalatı (23), Maden Çıkarılması ve İşlenmesi (5-7-8), Kauçuk ve Plastik Ürünlerin İmalatı (22), Kimyasalların ve Kimyasal Ürünlerin İmalatı (20), Kağıt ve Kağıt Ürünlerinin Üretimi (17) NACE kodlu tesislerde temiz üretim tekniklerinin ve artırılmış atıksuyun yeniden kullanımına ilişkin teknolojilerin hayata geçirilmesi için teşvik programlarının uygulanması ile:</p> <p>2030 yılına kadar mevcut durumdaki su tüketiminin %15 azaltılması, 2050 yılına kadar mevcut durumdaki su tüketiminin %30 azaltılması, 2075 yılına kadar mevcut durumdaki su tüketiminin %45 azaltılması,</p>	Kuraklık Öncesi	BSTB, ÇŞB	STK'lar, ALOSBI	2018-2030 2030-2050 2050-2075	Sanayi	İzmir
İzleme ve ölçüm ağının geliştirilmesi	23	<b>Havzadaki organize sanayi bölgelerinde hassas su sayaçları kullanarak su tüketiminin düzenli olarak takip edilmesi:</b> Bölgedeki Alağa OSB'de suyun iletildiği her bir sanayiye sayaçların takılması ve bu sayede su tüketimlerinin takibinin daha doğru yapılması,	Kuraklık Öncesi	ALOSBI	BSTB	2018-2030	Sanayi	İzmir
	24	ALOSBI 'deki yeraltı suyu kullanan tesislerin belirlenip kullanım miktarlarının kontrolünün sağlanması,	Kuraklık Öncesi	ALOSBI	BSTB	2018-2030	Sanayi	İzmir
	25	Havza özelindeki Havza Koruma Eylem Planı'ndaki su kalitesi gözlemleri incelenmiş ve Karınca alt havzasında, Karınca deresinde su kalitesi ölçümlerinin ilgili yönetmelikler kapsamında gerçekleştirilmesi,	Kuraklık Öncesi	ÇŞB	SYGM	2018-2030	Bütün Sektörler	Balikesir
	26	<b>Havzularda kullanılan su miktarlarında kontrollerin artırılması:</b> Sahil şeridinde bulunan yazlık sitelerdeki yüzme havuzlarının YAS kaynakları ile doldurularının belirlenerek sınırlamaların getirilmesi,	Kuraklık Esnası	BASKİ, İZSU, MASKİ ve Çanakkale İlçe Belediyeleri	DSİ	Sürekli	İçme ve Kullanma Suyu	Balikesir, Çanakkale, İzmir, Manisa
	27	<b>Baraj yüzeylerinden buharlaşmaların izlenmesi:</b> Havza içerisinde bulunan barajlardaki buharlaşma miktarlarının baraj yüzeylerinde ölçülmesi ve takip edilmesi için gerekli teknik personelin yetiştirilmesi, öncelikli olarak bütün büyük barajlarda bu ölçümlerin periyodik olarak yapılması	Kuraklık Öncesi	DSİ	SYGM	2018-2030	Enerji, İçme ve Kullanma Suyu	Balikesir, Çanakkale, İzmir, Manisa
	22	<b>Havza genelindeki hidrolojik gözlem istasyonları ağının (AGİ) geliştirilmesi:</b> Alt havzalardaki AGİ istasyonlarının kurulması önerilen yerler; Tuzla: Tuzla çayı üzerinde çıkışa yakın bir istasyonun kurulması, Güzelhisar: E04A005 no'lu kapalı durumda olan AGİ'nin tekrar açılma durumunun incelenmesi, Yukarı Bakırçay: Yağcılı deresi üzerinde ve çıkış noktasında bulunan 12004033 Nolu, Bakır Çayı üzerinde bulunan 32004001 Nolu kapalı durumda bulunan istasyonların aktif hale getirilmesi,	Kuraklık Öncesi	DSİ	SYGM	2018-2030	Bütün Sektörler	Balikesir, Çanakkale, İzmir, Manisa



## 6.2.2. Acil Durum Eylem Planının İzlenmesi, Değerlendirilmesi ve Güncellenmesi

### İzleme:

1. *Kuraklığın izlenmesi:* Hedeflere ulaşılmasına ilişkin gelişmelerin belirli bir sıklıkla raporlanması, ilgili taraflar ile kurum içi ve kurum dışı mercilerin süreci izleme ve değerlendirmesine katkı sağlayacaktır. Tarımsal Kuraklık İzleme Çalışmaları Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından, Meteorolojik Kuraklık İzleme Çalışmaları MGM tarafından, Hidrolojik Kuraklık İzleme Çalışmaları DSİ tarafından yapılacaktır. Kuraklık öncesi izleme çalışmaları özellikle erken uyarı sisteminin işlerliğinin sağlanması bakımından önem taşımaktadır. Kurulacak erken uyarı sistemiyle duruma müdahale edecek olan, önlem alacak kurumların tepki süresi kısalmaktadır. Erken uyarı sisteminde meteorolojik verilerin yanı sıra aşağıdaki etkenlerde takip edilmelidir.

- Yeraltı suyu seviyesi,
- Barajlardaki doluluk oranı,
- Su kullanımları,
- Yüzey sularındaki su miktarındaki azalma,
- Su kalitesi,
- Toprak nemi,
- Tarımsal rekolte.

2. *Planın izlenmesi:* Ulusal Kuraklık Yönetimi Strateji Belgesi kapsamında oluşturulan eylem planının izleme ve değerlendirmesi SYGM tarafından yapılacaktır. İzleme çalışmaları 6 ayda bir **Bölüm 10**'da belirtilen tedbirlerin sorumlu kurumlar tarafından hayata geçirilmesi konusunda hangi aşamada olduklarını ortaya koymaktadır.

3. *Kuraklık sonrası izleme:* Yaşanan kuraklıklar sonrasında afetin verdiği zararın tespiti ve tedbirlerinin veriminin ölçülmesi önem taşımaktadır. Bu nedenle



kuraklık sonrasında da değerlendirme bölümünde açıklanan hasar tespiti çalışmalarının yürütülebilmesi için kuraklık sonrası izleme çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda yukarıda da sözü geçen yeraltı suyu seviyesi, barajlardaki doluluk oranı, su kullanımları, yüzey sularındaki su miktarındaki azalma, su kalitesi, toprak nemi ve tarımsal rekolte parametrelerinin izlenmesi gerekmektedir.

#### Değerlendirme:

Değerlendirme çalışmaları kuraklık ardından yönetim planının veriminin değerlendirilmesini ifade etmektedir. Değerlendirme çalışmaları güncelleme çalışmalarının altlığını oluşturmaktadır. Normal koşullarda planın sorumlu kurumlarca uygulama süreçlerinin değerlendirilmesinin yanı sıra kuraklık sonrasında önerilen eylemlerin uygulama verimleri de bu kapsamda değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda kuraklık sonrası süreçlerde kuraklık zararlarına ilişkin hasar tespit çalışmalarının yürütülmesi gerekmektedir.

#### Güncelleme:

Değerlendirme çalışmalarının çıktıları sonucunda kuraklık yönetim planının periyodik olarak güncellenmesi gerekmektedir. Güncelleme çalışmalarının SYGM tarafından 6 yılda bir yürütülmesi öngörülmektedir. Kuraklık Yönetim Planının uygulanmasının izlenmesi, değerlendirilmesi; planların hazırlanması, gözden geçirilmesi ve güncellenmesi sürecinde halkın bilgiye erişiminin, görüşlerinin alınması ve aktif katılımın sağlanması görevleri, havza düzeyinde “Kuzey Ege Havzası Havza Yönetim Heyeti” tarafından SYGM’nin koordinatörlüğünde gerçekleştirilecektir.



**T.C. ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**



## **7. KURAKLIK VERİTABANI VE WEB UYGULAMASI**

Proje kapsamında istenmekte olan Kuraklık Veritabanı ve Web Uygulaması Şartname ve ek veritabanı Őartnamesine uygun bir Şekilde hazırlanarak kuruma farklı formatlarda teslim edilmiştir.