

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İKLİM DEĞİŞİMLERİNİN İZMİR SU
KAYNAKLARINA ETKİSİ



Tuğçe YARENOĞLU

Şubat, 2017
İZMİR

İKLİM DEĞİŞİMLERİNİN İZMİR SU KAYNAKLARINA ETKİSİ

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Çevresel Yerbilimleri Anabilim Dalı**

Tuğçe YARENOĞLU

Şubat, 2017

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

TUĞÇE YARENOĞLU tarafından **PROF.DR. DOĞAN YAŞAR** yönetiminde hazırlanan “**İKLİM DEĞİŞİMLERİNİN İZMİR SU KAYNAKLARINA ETKİSİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof.Dr. Doğan YAŞAR

Yönetici



Yard.Doç.Dr. Hüsnü ERONAT

Jüri Üyesi



Doç.Dr. Murat Tuncay Sever

Jüri Üyesi



Prof.Dr. Emine İlknur CÖCEN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması süresince tez danışmanım olan Prof.Dr. Doğan YAŞAR, benimle akademik bilgi ve birikimlerini paylaşıp aynı zamanda manevi desteğini de esirgemeyerek nasıl bir yol izlemem gerektiği ile ilgili bilgilendirmelerde bulunmuştur. Bu nedenle kendilerine çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca desteğini esirgemeyen ailem, özellikle İzmir’e gelmemde büyük çabaları bulunan annem Nuriye ÇETİN’e, bu uzun zaman zarfında maddi ve manevi desteklerini üzerimden hiç çekmeyen aileme teşekkür ederim.

Yapmış oldukları maddi ve manevi destekler için bir diğer ailem ve eşim Ahmet YARENOĞLU’na da teşekkür ederim.

Tuğçe YARENOĞLU

İKLİM DEĞİŞİMLERİNİN İZMİR SU KAYNAKLARINA ETKİSİ

ÖZ

Su, yaşamın temelini oluşturması nedeni ile tartışmasız dünyadaki en önemli doğal kaynaktır. Bu nedenle tarih boyunca ülkelerin ve kentlerin ileriye dönük politikalarının hazırlanmasında her zaman birinci faktör olmuştur.

Suyun tek kaynağı şüphesiz yağışlardır. Diğer bir deyişle iklimlerdir. Gezegelimizde hiçbir şeyin durağan olmadığı ve bunların en başında da iklimlerin geldiği artık bilinen bir gerçektir. Bu noktada söz konusu olan bu değişimleri karmaşık hale getiren en temel nicelik ise iklimlerin tek bir kaynaktan beslenmiyor olmasıdır. Birçok etki bir araya gelerek bahsi geçen iklim değişimlerinin yaşanmasını sağlamaktadır.

İklim değişimlerinin tarihsel süreçte su, tarım ve balıkçılık gibi yaşamın temel faktörlerini kontrol etmesi ve günümüzde bu faktörlere ek olarak enerji için de vazgeçilmez olması, yaşam açısından sürekli ve detaylı çalışılması gereken en önemli bilim dallarından biri haline gelmiştir. Yani temelde su ile başlayan bir sıkıntı zincirleme reaksiyonlar şeklinde diğer alanlarda da kendini gösterecektir. Diğer bir deyişle yaşamın başrol oyuncusu sudur. Günümüzde yapılan çalışmalarda ise 2020’li yıllardan sonra yaşanılacağı öngörülen ciddi boyutlardaki mini soğuma dönemine girilmesi sonucunda oluşacak kuraklık nedeni ile gezegenimizde su açısından büyük sıkıntıların baş göstermesi beklenmektedir. İzmir ilinin günümüzde sahip olduğu yaklaşık 4 milyonluk nüfusu ve bu sayının her geçen gün gerçekleşen hızlı artışı göz önüne alınca bir damla dahi suyun önemi kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Çünkü İzmir ili dahilinde, büyük baraj yapılabilecek alan bulunmamakta bu nedenle İzmir iline günümüzde bile il sınırları dışından, kilometrelerce uzaklardan su taşındığı düşünülünce yarın yaşanacak soğuma döneminde komşu illerin de sularını paylaşmak istememeleri durumunda İzmir’in çok büyük su sorunları ile karşı karşıya kalacağı kesindir. Bu sıkıntıların yaşanmaması için il özelinde sahip olduğu yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının geleceği iyi bir şekilde planlanmalı, yağmur sularından en

akılcı şekilde faydalanmalı ve su kullanımı gibi konuların sıkı bir şekilde denetlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada bu alanların günümüzdeki durumları hakkında bilgilendirmeleri ve hesaplamaları yapılmış, tartışılmış ve atılabilecek adımlar ile ilgili değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: İklim değişimi, su kaynakları, Türkiye, İzmir



IMPACT OF CLIMATIC CHANGE ON WATER RESOURCES OF THE İZMİR

ABSTRACT

Indisputable, water is the most important natural source on earth for being the basic of life. Only for that reason, it has always been the first fact on creation prudential policy of the countries and the cities all along the history.

Clearly, the unique source of the water is the precipitation. In other words, it is the climates. It is known that in our planet nothing is stable and climates comes before them all. At this point the basic quantity that makes these changes such complicated is that the climates are not being fed by the same source. A lot of effect comes together and makes the actions has said happen.

Climate changes has became one of those important science fellows that needs to work on it regularly and particularly in terms of life because of being in control of the basic facts of life, like water, farming and fishing. And today, also being the indispensable for energy. That means, basically, if there is a problem based on water will cause sequent reactions in other sections. For another saying, the leading of life is water. The studies done today has provide that there will great troubles in our planet about the water will happen because of the drought by entering serious dimension of mini cooling age, in 2020. When we consider, Izmir province who has 4 millions of population and who augment faster and faster everyday, it is seen that even a drop of water matter. Because within the İzmir, there isn't any place enough to make big dam, so, even now, when we consider that are carrying water from outside of the province borders and kilometers of distance. By the cooling age happens tomorrow, with the unwilling of the neighbor province's for sharing water. It's certain, İzmir will be faced with great water problems. For these problems won't happen, the future of the underground and the aboveground sources that belongs the provinces must be planned well, and the subjects like the use of water must be supervised. In this study, the information and the counting of today's situation of

these sections has made, discussed and the steps can be made have evaluated.

Keywords: Climate change, water resources, Turkey, İzmir



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZ	iv
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
TABLolar LİSTESİ.....	xiv
BÖLÜM BİR – SU VE ÖNEMİ.....	1
1.1 Su	1
1.2 Su Çevrimi	2
1.3 Su İle İlgili Temel Kavramlar	2
1.4 Dünyadaki Su Miktarı	4
1.5 Dünyada Su Tüketimi	6
1.6 Suyun Kullanım Alanları	8
1.6.1 Tarımsal Su Kullanımı	8
1.6.2 Endüstriyel Su Kullanımı.....	9
1.6.3 Kentsel-Evsel Su Kullanımı.....	10
1.6.3.1 Evsel Su Kullanımı	10
1.6.3.2 Ticari ve Endüstriyel Su Kullanımı.....	10
1.6.3.3 Kamusal Su Kullanımı	11
1.6.3.4 Kayıp ve Kaçaklar.....	11

1.7 Gereken Su Miktarı	12
BÖLÜM İKİ – SU VE İKLİM	14
2.1 İklim Nedir?	14
2.2 İklim Elemanları.....	15
2.3 İklim Değişikliğinin Belirlenme Metodları.....	15
2.3.1 Deniz Sedimanları	16
2.3.2 Oksijen İzotop Analizi	17
2.3.3 Buzullarda Kaydedilen İklim Değişikliği	17
2.3.4 Ağaç Halkaları	18
2.3.5 Mercanlar	19
2.4 İklim Değişiminin Doğal Sebepleri	20
2.4.1 Levha Tektoniği	21
2.4.2 Milankovitch Döngüleri	23
2.4.3 Güneş Patlamaları	25
BÖLÜM ÜÇ – İKLİM DEĞİŞİMİ VE İZMİR’E OLAN ETKİLERİ	29
3.1 İklim Değişimi ve Su	29
3.1.1 Yeraltı Suları	30
3.1.1.1 Sarıkız Kuyuları	32
3.1.1.2 Menemen-Çavuşköy Kuyuları	32
3.1.1.3 Halkapınar Kuyuları.....	33
3.1.1.4 Göksu Kaynakları	34
3.1.1.5 İzmir İlindeki Diğer Yeraltı Suyu Kaynaklarının Su Seviyeleri	35

3.1.2 Yerüstü Suları	36
3.1.2.1 Güzelhisar Barajı.....	37
3.1.2.2 Balçova Barajı.....	37
3.1.2.3 Ürkmez Barajı	37
3.1.2.4 Seferihisar Barajı.....	38
3.1.2.5 Kestel Barajı.....	38
3.1.2.6 Tahtalı Barajı.....	38
3.1.2.7 Alaçatı Kutlu Aktaş Barajı.....	38
3.1.2.8 İzmir İlindeki Barajların Su Seviyeleri	39
3.1.3 İzmir İline Verilen Su Miktarı	45
3.1.4. İzmir İlindeki Kaçak ve Kayıplar.....	49
3.2 İklim Değişimi ve Tarım Suyu.....	50
3.2.1 Basınçlı Sulama.....	52
3.2.2 Kısıntılı Sulama.....	54
3.3 İzmir’de Sanayide Kullanılan Su	55
3.4 İklim Değişimi ve Su Kaynaklarında Yaşanacak Azalmaların Diğer Etkileri. 56	
3.4.1 İklim Değişimi-Nüfus Artışı-Su Kaynakları Üçlüsü.....	56
3.5 Suyu İlişkin Sorunların Nedeni	57
3.6. Buharlaşma, Güneşlenme Süresi ve Bulutluluk.....	58

BÖLÜM DÖRT – İZMİR İKLİMİ

61

4.1 İklimsel Değişimler.....	61
4.2 Sıcaklık ve Yağış İlişkisi.....	61
4.2.1 İzmir Sıcaklık ve Yağış İlişkisi	62

BÖLÜM BEŞ – SONUÇLAR.....	71
----------------------------------	-----------

KAYNAKLAR	74
------------------------	-----------



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Dünya'daki su dağılım oranları	5
Şekil 2.1 Bir foraminiferanın görüntüsü	16
Şekil 2.2 Ağaç halka genişlikleri ile yapılan şematik diyagram	18
Şekil 2.3 Deniz suyu yüzeyi sıcaklıkları	20
Şekil 2.4 Trias dönemi	21
Şekil 2.5 Günümüz.....	22
Şekil 2.6 Günümüzden 250 milyon yıl sonra.....	22
Şekil 2.7 Milankovitch Döngüleri.....	24
Şekil 2.8 Son 400 000 yıldaki sıcaklık ve karbondioksit gazı değişimi.	25
Şekil 2.9 Güneşteki patlama sayıları ve alansal büyüklükleri.....	26
Şekil 2.10 ^{14}C metoduna göre hesaplanan 420 000 yıllık sıcaklık değişimi.....	27
Şekil 2.11 Maksimum ve minimum dönemler.....	28
Şekil 3.1 Sarıkız Kuyuları'nın son yedi yılda yıllık toplam su üretim grafiği.....	32
Şekil 3.2 Menemen Çavuşköy Kuyuları'nın son yedi yılda yıllık toplam su üretim grafiği	33
Şekil 3.3 Halkapınar Kuyuları'nın son yedi yılda yıllık toplam su üretim grafiği	34
Şekil 3.4 Göksu Derin Kuyuları'nın son beş yılda yıllık toplam su üretim grafiği ...	34
Şekil 3.5 Pınarbaşı Kuyuları'nın son yedi yılda yıllık toplam su üretim grafiği	35
Şekil 3.6 Buca Kuyuları'nın son beş yılda yıllık toplam su üretim grafiği	36
Şekil 3.7 Güzelhisar Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği.....	39
Şekil 3.8 Kestel Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği.....	40
Şekil 3.9 Balçova Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği.....	40

Şekil 3.10 Ürkmez Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği	41
Şekil 3.11 Seferihisar Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği.....	41
Şekil 3.12 Tahtalı Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği.....	42
Şekil 3.13 Alaçatı Kutlu Aktaş Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği.....	42
Şekil 3.14 Kavakdere Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği.....	43
Şekil 3.15 Beydağ Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği.....	43
Şekil 3.16 Yortanlı Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği.....	44
Şekil 3.17 Çaltıkoru Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği.....	44
Şekil 3.18 İzmir ilinin içme suyu kaynakları	45
Şekil 3.19 2004-2010 yıllarında İzmir iline verilen yıllık su miktarları	46
Şekil 3.20 2010 yılında kaynaklar bazında İzmir iline verilen yıllık su miktarları....	49
Şekil 3.21 1995-2015 arası İzmir ili yıllık ortalama buharlaşma.....	59
Şekil 4.1 1901-2000 yılları arası küresel sıcaklık anomalisi.....	62
Şekil 4.2 1901-2000 yılları arası dünya ortalama yağışları.....	62
Şekil 4.3 1975-2014 yılları arası içim İzmir ilinin yıllık yağış değişimi.	63
Şekil 4.4 1984-1992 yılları arası için İzmir ili yıllık ortalama sıcaklık değişimi.	64
Şekil 4.5 1992-2000 yılları arası için İzmir ili yıllık ortalama sıcaklık değişimi.	65
Şekil 4.6 1998-2006 yılları arası için İzmir ili yıllık ortalama sıcaklık değişimi.	66
Şekil 4.7 2006-2014 yılları arası için İzmir ili yıllık ortalama sıcaklık değişimi.	67
Şekil 4.8 2004-2014 yılları için İzmir ilinin yıllık yağış değişimi.....	68
Şekil 4.9 2004-2014 yılları için Tahtalı Barajı aktif doluluk değişimi.	69
Şekil 4.10 2004-2014 yılları için İzmir ilinin ortalama sıcaklık değişimi.	70

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1 Dünya üzerinde kıtalar bazında nüfus ve su kaynaklarının dağılımı.....	5
Tablo 3.1 İzmir'e 2004-2010 yılları arasında verilen su miktarı	46
Tablo 3.2 2010 yılında İzmir'e su sağlayan kaynakların tek tek ve toplam dağılımları	48



BÖLÜM BİR

SU VE ÖNEMİ

1.1 Su

Suyun tüm organizmalar için ifade ettiği anlam gerçekte yaşamın temel taşıdır. Diğer bir yandan, aynı gezegenimiz gibi insan vücudunun da yaklaşık yüzde altmışı sudan oluşmaktadır. Yani, ana yapıtaşımız sudur ve suya olan bu bağımlılığımız yaşamımızın sonuna kadar devam edecektir. Bunlara ek olarak; su sadece insan vücudunun yaşamak için gerek duyduğu bir kaynak değil, aynı zamanda insanların besin güvenliğinin, sağlıklı yaşamın ve ekosistemin güvencesidir. Diğer bir deyişle su yaşamda her şeydir.

Suyun diğer önemli etkilerinden biri de insanlığın sosyal ve ekonomik yönden gelişimine olan katkısıdır. Örneğin; sulu tarıma geçilmesi ile insanlar yerleşik hayata adım atmışlardır. Bu sayede de tahıl ve benzeri ürünleri daha çok üretilip aynı zamanda depolama avantajını da kullanmışlardır. Bu nedenle uygarlıklar su kenarlarında kurulmuşlardır. Mezopotamya, Hindistan, Mısır ve Çin’de kurulan uygarlıkların hepsi su havzalarında yer almıştır. Bu uygarlıklar su kenarlarında olmalarının avantajı ile daha geniş alanları ekmiş, mallarını taşıyarak ticaret yapmış ve oluşturdukları atıkları da kolayca şehirlerinden uzaklaştırabilmişlerdir.

Su, dünyada her zaman verimli kullanılması gereken tek doğal kaynaktır. Ancak insanoğlu tarım toplumundan sanayiye geçiş döneminde suyun değerini önemsememiş ve sürekli önemsiz bir kaynak gibi kullanmıştır. Fakat su; biz insanlar ve canlı diğer oluşumlar için yerine başka hiçbir şey koyamayacağımız kadar değerli bir kaynaktır ve musluğumuzdan akana kadar doğa tarafından uygulanan birçok doğal işlemle geçmektedir. Ancak unutulmuş bir gerçek vardır ki bu da; bu işlemlerinde doğal bir sınırı bulunmaktadır.

1.2 Su evrimi

Su doğada yağmur olarak sıvı, su buharı olarak gaz ve buz olarak katı halde bulunan maddelerden biridir. Dünyadaki sular bir çevrim içerisinde sürekli olarak yağmur şeklinde atmosferden yeryüzüne doğru, yeryüzünden buharlaşarak atmosfere doğru hareket etmektedir (Yıldız ve diğer., 2008). Güneş’in de önemli rollerden birini üstlendiği su çevrimi olayı içerisinde suyun içeriğinde bulunan tuzlar ayrıştırılır. Güneş, buharlaşma olayı ile okyanus ve denizlerden aldığı yaklaşık yarım milyon m³ miktarındaki suyu atmosfere doğru taşır. Sonraki adım olarak atmosferde toplanan bu sular yağmur veya kar gibi çeşitli yağış formları şeklinde tekrar yeryüzüne döner. İşte insanlar tarafından kullanılan tatlı suların asıl kaynağı bu şekilde gelişmektedir. Yeryüzüne geri dönüş yapan bu sular nehirleri, glleri ve yeraltı sularını doldururlar. Oluşan bu yağışların yaklaşık olarak %69’u buza dönüşmektedir, geriye kalan suların %98’i yer altına iniş gerçekleştirir.

1.3 Su İle İlgili Temel Kavramlar

Su kaynakları ile ilgili bütün dünyada ortak kullanılan bir terminoloji bulunmamaktadır. Bu durumda kimi zaman yapılan yorum farklılıkları nedeni ile yanlış anlaşılmalara hatta bazen anlaşılamama durumlarına neden olmaktadır. Özellikle bazı kelimeler farklı dillere çevrildiği zaman aynı anlamları işaret etmektedir. Örneğin; “*Su Krizi*”, “*Su Sıkıntısı*”, “*Su Gerilimi*”, “*Su Sorunu*”, “*Su Kıtlığı*”, “*Su Problemi*”, “*Su Baskısı*”, “*Su Yoksunluğu*” gibi kavramlarda bu sorun grlmektedir. Yabancı literatürde su konusunda “*conflict, dispute, tensions, war*” deyimlerinin düzenli bir şekilde her defasında değişik anlamlar yüklenerek kullanıldığı yayınlara da rastlanmaktadır (Wolf ve diğer., 2003). Yüklenen bu farklı anlamlar nedeniyle de çeşitli speülasyonlar ve değerlendirme hatalarına davetiye çıkartılmaktadır.

Bu aşamada DSİ eski genel müdürlerinden zden BİLEN’in 2009 yılında kaleme aldığı “Türkiye’nin Su Gündemi” kitabındaki tanımlara göz atmak uygun olacaktır. Bu kitapta zden Bilen “*water scarcity*” terimini “*göreceli su yoksunluğu*” olarak

kullanmıştır. Bunu su arz ve talebi arasındaki uyumsuzluk olarak tanımlamıştır. Bu kavram için “*göreceli bir kavram olduğu ve bu kavramı tek bir göstergenin içerisinde tanımlamanın zor olduğu*” söylenebilir. Yine Özden Bilen’in aynı yayınında “*water shortage*” terimi ise “*mutlak su yoksulluğu*” olarak Türkçeleştirilmiştir. Mutlak su yoksulluğu; tamamen iklimsel koşullara bağlı olarak su yokluğu ve su yetersizliği ile birlikte ortaya çıkan bir olgu olarak tanımlanmıştır. Kuveyt, Birleşik Arap Emirlikleri ve Libya gibi ülkelerdeki durum buna örnek olarak verilmiştir.

Kullanılan kelimelerin anlamlarının netleşmesi yapılan çalışmaların ne seviyede olduğunun herkes tarafından aynı şekilde anlaşılması nedeniyle önemlidir. Bu tanımlardan “*yenilenebilir su*”, alındığı yerüstü veya yeraltı kaynağında bir su yılı içinde herhangi bir azalmaya neden olmadan kullanılabilen su olarak tanımlanabilir. “*Yenilenebilir su potansiyeli*” ise ülke sınırları içinde hesaplanan yıllık yenilenebilir su miktarıdır. “*Toplam yenilenebilir su miktarı*” ise sınıraşan sularında katılmasıyla hesaplanan yıllık yenilebilir su miktarını ifade etmektedir. “*Temiz su*” tuzlu olmayan yerüstü ve yeraltı suyudur. “*Su çekimi*” nehir, göl veya yağmurun özel olarak toplandığı yerlerden su alınmasıdır. Bu suyun bir bölümü nicelik ve nitelik açısından değişerek orijinal kaynağa geri döner. “*Su kullanımı (water use)*” ise genel anlamda yanlış anlaşılakta, kimi zaman çekilen su, kimi zaman tüketilen su yerine kullanılmaktadır. Oysa “*su tüketimi (water consumption)*” çekilen suyun talebi karşılamak için tüketilen bölümüdür ve sızma, buharlaşma, tuzlanma ve kirlenme kayıpları sonrasında gerçek su kullanımı miktarını da içerir ve aynı havzada tekrar kullanılamayacak şekilde tüketilen su demektir. “*Su ihtiyacı*” öznel bir deyim olup tipik olarak belirli bir amacı veya talebi karşılayabilmek için en düşük miktardaki suya karşılık gelmektedir. “*Su talebi*” ise su kullanıcıları tarafından gerekli olduğu belirtilen ve talep edilen su miktarıdır. Aslına bakılacak olursa talep edilen suyun hepsi her zaman kullanılmayabilir veya bir bölümü arıtıldıktan sonra tekrar sisteme gönderilebilir. Bu gibi nedenler ile gerçek kullanım miktarı farklı olmaktadır. Sisteme verilen temiz suyun arıtılarak tekrar kullanılmaması durumunda gerçek kullanım; çekilen sudan, buharlaşma ve dağıtım sistemlerindeki kaçaklardan dolayı daha az olmaktadır. Temiz suyun illaki nehir, göl ve biriktirme rezervuarlarında

bulunması gerekmez. Deniz suyunun artırılması, bir başka ülkeden boru veya tankerle su ithal edilmesi yöntemleri ile de elde edilebilmektedir.

“*Su sıkıntısı (water stres)*” klasik normlarda belirtilen miktardan daha az temiz suyun elde edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Su sıkıntısı, su kıtlığından (water scarcity) daha farklı bir anlam taşımaktadır. Aslında “*su kıtlığı*” teknik olarak belirlenen indekslerin en alt seviyesinde suya sahip olunan durumu tanımlamaktadır. Diğer taraftan su kıtlığı su talebinin mevcut ücretlerle su arzından daha fazla olması durumu olarak da açıklanabilir.

Su kaynaklarının geliştirilmesi bir nehir havzasındaki su potansiyelinin değerlendirilmesi için baraj, su kanalı, arıtma tesisi gibi fiziksel yapılara yönelik faaliyetler olarak ele alınmaktadır. Ancak su kaynakları yönetimi (Water Resources Management) yasal ve kurumsal bir sistem ile planlı bir şekilde ihtiyaçların karşılanmasına yönelik çalışmalar olarak ifade edilir. Su yönetimi ise; su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili politik, teknik ve ekonomik kararlardan katılımcı yönetim uygulamalarına kadar bir faaliyetler bütünü olarak tanımlanır. Ancak; zaman zaman “*Su kaynaklarının geliştirilmesi*” ve “*yönetimi*” terimleri birlikte kullanılabilir. Bunun yanı sıra bazı teknik yayınlarda “*su kaynakları yönetimi*” veya “*su yönetimi*”nin su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili faaliyetleri de kapsar şekilde kullanıldığı görülmektedir (Bilen, 2009).

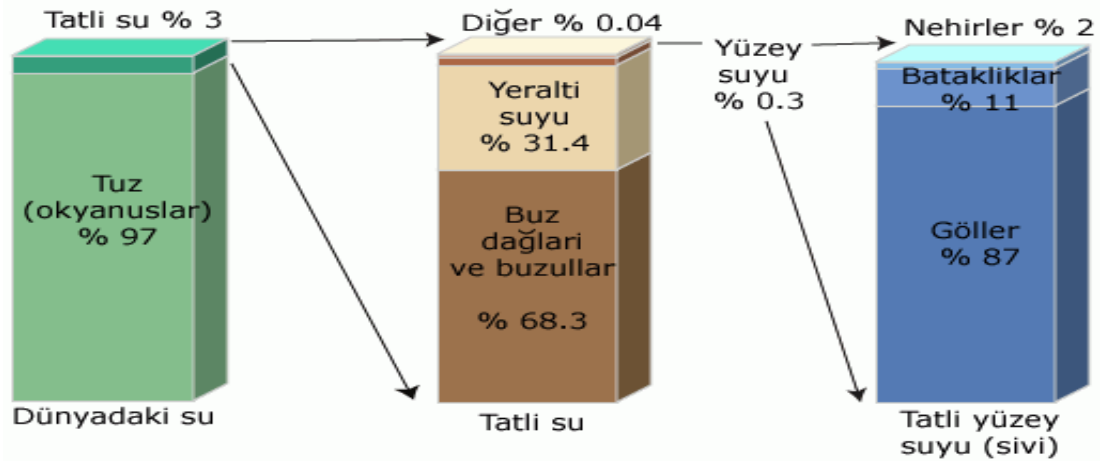
1.4 Dünyadaki Su Miktarı

Pek çok insan farkında olamasa bile başlangıçtan bu zamana kadar Dünya’daki kullanılabilir su miktarında bir artış yaşanmamaktadır. Genel olarak insanlar tarafından bilinenin aksine tatlı su sonsuz bir kaynak değildir. Su, Dünya üzerinde eşitsiz dağılım gösteren kısıtlı bir kaynaktır. Tablo 1.1’de bu kaynağın Dünya üzerinde dağılımı verilmiştir (Yıldız, 2010).

Tablo 1.1 Dünya üzerinde kıtalar bazında nüfus ve su kaynaklarının dağılımı (Yıldız, 2010)

KİTALAR	Nüfus(%)	Su Kaynağı
Kuzey Amerika	8	15
Güney Amerika	6	26
Avrupa	13	8
Amerika	13	11
Asya	60	36
Avustralya ve Adalar	1	5

Yerküre’de bulunan toplam su rezervi 1 385 984 000 km³ civarındadır. Bu değerin yüksekliği ile karşılaşınca “Nasıl su sıkıntısı yaşanıyor olabilir?” sorusu akıllarda canlanmaktadır. Ancak bilinmeyen şeylerden birisi bu değerin %97’sinin tuzlu olduğu ve bu nedenle kullanılmaya uygun olmadığı gerçeğidir. Bu durumda sahip olunan tatlı su miktarı %3 gibi görünse de bu değerin 2/3 kadarı da kutuplarda buz halinde bulunmaktadır. Geriye kalan 1/3’lük kısmını yeraltı suları, karalardaki buzullar, nehirler ve göller oluşturmaktadır. Bu değer az olmakla beraber aynı zamanda bir kısmı arsenik ve benzeri kimyasallar içerdiği için içme amaçlı kullanıma uygun değildir. Aşağıdaki Şekil 1.1’de Dünya’daki suyun dağılımının bir görseli verilmiştir.



Şekil 1.1 Dünya’deki su dağılım oranları (Yıldız, 2010)

Dünya üzerinde bulunan tatlı suyun dağılımı ve bu sulara ulaşım konusunda Kuzey ve Güney Yarımküre arasında bir eşitsizlik olduğundan bahsedilebilir. Devlet

Planlama Teşkilatı (DPT) tarafından 2007 yılında yayımlanan Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi ve Özel İhtisas Komisyonu Raporu'nda bulunan verilere göre tüm Dünya'nın %18'lik kısmını kısıtlı miktarda içme ve kullanma suyu bulunan veya bu olanağa hiç sahip olmayanlar oluşturmaktadır. Bu oran Asya ve Pasifik ülkeleri için %37, Latin Amerika, Kuzey Afrika ve Ortadoğu için %23 ve Afrika için %62 olarak verilmektedir. Bu oranlar sanayileşmiş ülkelerde %1, az gelişmiş ülkelerde ise %34 civarındadır. Ülkemiz için ise bu değer kırsal alan için %3 ve kentsel alan için %0,5'tir.

Su ile ilgili olarak bu kadar sıkıntı yaşanıyor olmasına rağmen Dünya nüfusu hızlı bir şekilde artmaktadır. 20. yüzyılda insan nüfusu 3 kat artmış olmasına rağmen doğal ortamından çekilen suyun oranı 6 kat civarında bir artış göstermiştir. Yani ikiye bir gibi bir orandan söz edilebilir.

Su çekiminde yaşanmakta olan bu hızlı artışın etkileri Dünya'nın her yerinde aynı şekilde görülmemektedir. Bunun anlaşılabilmesi için Tablo 1.1 incelenebilir. Tablodaki verilere göre Dünya'daki tatlı su kaynaklarının dörtte biri Güney Amerika'da yer almakta ancak bu coğrafyada toplam nüfusun %6'si gibi küçük bir kısmı yaşamlarını sürdürmektedir. Dünya nüfusunun büyük bir kısmını barındıran Asya kıtası insanlığın üçte ikisini barındırmasına rağmen su kaynakları açısından üçte birine sahiptir. Dünya'daki tatlı su kaynaklarının küresel dağılımıyla nüfusun dağılımı, gelişmişlik düzeyi ve nüfus artış hızı arasında birkaç istisnai bölge hariç ters bir orantı olduğu göze çarpmaktadır. Buna ek olarak su kaynağı kısıtlı ve nüfus artışı hızlı olan bölgelerde gökyüzünden düşen yağışın büyük bir bölümü akışa geçmeden buharlaşmaktadır.

1.5 Dünyada Su Tüketimi

Elde edilen verilere göre 1940 yılında toplam su tüketimi miktarı 1 000 km³ civarında gerçekleşmiş, bu değer 1960 yılında ikiye katlanış göstermiş ve 2 000 km³ civarına ulaşmış, aradan geçen 30 yılda tekrar ikiye katlanarak 4 130 km³ civarında

olmuştur. 2000 yılına gelindiğinde toplam su tüketim miktarı 5 200 km³'lük değere ulaşmıştır (Dündar, 2007).

Dünyada kişi başına düşen su tüketimi yılda ortalama 800 m³ dolaylarındadır. Nüfusta yaşanan artış nedeniyle her geçen gün Dünya üzerinde sağlıklı ve temiz suya ulaşabilen insan sayısı azalmaktadır. Yaşanan ve yaşanacak olan su kıtlığı artık Dünya'daki büyük sorunlardan biri haline gelmektedir. Bu sıkıntı 1990 yılında 26 ülkeyi yani hemen hemen 300 milyon insanı etkilemiştir (Ateş, 2008; Uzmen, 2007; Filinte, 2007). Şimdilerde Dünya nüfusunun yaklaşık üçte birlik bir kısmı (ki bu değer 1,3 milyar civarındadır) temiz olarak adlandırılabilirken sudan yoksun bir şekilde yaşamlarını sürdürmeye çalışmaktadır. 2 milyar civarında bir topluluk da temiz su varlığına bağlı olarak şekillenen sağlıklı ve yeterli yaşam koşullarından uzak bir şekilde yaşamaktadır. Bu insanların çoğu Afrika veya Ortadoğu bölgelerinde bulunan su kıtlığı çeken sayıları 19 civarında bulunan ülkelerde yaşamaktadır. Bir yılda 7 milyon kişi sağlıksız ve kalitesiz suları tüketmek zorunda oldukları için çeşitli hastalıklardan dolayı hayatlarını kaybetmektedir. Bu değerlerin zaman ilerledikçe iklim değişimi ve nüfusta gerçekleşen artış nedeniyle katlanarak artması beklenmektedir. Örneğin 2025 yılı için bu değerlerin 5 milyar civarına ulaşması beklentiler dahilindedir. Ancak iklim değişimi yaşanmayacak olsa bile 2025 yılı için yapılan tahminler yaşanan nüfus artışındaki büyüklük ve ekonominin de aynı şekilde büyüyor olması nedeniyle yukarıda bahsedilen sayının ikiye katlanacağı yönündedir (Babuş, 2005; Anonymous, 2001b). 2050 yılı için yapılan tahminler arasında Dünya nüfusunun 9,3 milyar civarına ulaşması bu durum ve iklim değişimi nedeniyle Dünya üzerinde bulunan 60 ülkenin su kıtlığı problemi yaşaması bulunmaktadır (Dündar, 2007).

1990 yılı verilerine göre Dünya nüfusunun yaklaşık olarak üçte birlik kısmı sahip olunan su kaynaklarının %20'lik kısmından fazlasını kullanan ülkelerde yaşıyordu. Bu durumun ne miktarlarda değişeceğini rahatlıkla anlamamızı sağlayacak olan bir tahmin 2025 yılı için yapılmaktadır. Yapılan bu tahmin 2025 yılında Dünya üzerindeki insanların %60'ının iklim değişimi olmasa da su sıkıntısı yaşayacak ülkelerde bulunmakta olduğu şeklindedir.

1.6 Suyun Kullanım Alanları

Dünya’da var olan su kaynakları esas olarak üç alanda kullanım göstermektedirler. Bunlar; tarımsal, endüstriyel ve kentsel-evsel şeklinde ifade edilebilir. Kullanım miktarları itibariyle sıralanış; %67’lik bir ortalama ile tarım, %23 ile endüstriyel (sanayi) ve %10 ile evsel-kentsel kullanım şeklindedir. Bu kullanım oranları aynı zamanda ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre farklılık göstermektedir.

1.6.1 Tarımsal Su Kullanımı

Dünya’da kullanılmakta olan suyun yaklaşık olarak üçte ikilik kısmı kendisini tarımsal alanda göstermektedir. Tarım alanında ise su kullanımı konusunda en öne çıkan ürün tahıldır. Çünkü hepimizin tahmin edeceği gibi tahıl özellikle gelişmekte olan ülkelerde insanların beslenmesinde en temel ana besin kaynağı rolünde bulunmaktadır. Postel’e (1997) göre ise; 1995 yılı itibarıyla; dünyada dolaylı (hayvan ürünleriyle) ya da dolaysız olarak kişi başına yılda 300 kilogram tahıl tüketilmektedir ve bu tüketim düzeyiyle dünya nüfusuna her yıl eklenen 90 milyon kişiye yetecek miktarda tahıl üretmek için yılda fazladan 27 milyar m³ suya ihtiyaç duyulacaktır (Postel, 1997). Burada belirtilen miktarın büyüklüğünü anlamlandırabilmek için örnekler vermek gerekir ise; bu miktar ülkemiz sınırları içinde bulunan Fırat Nehri’nin ortalama yıllık akış miktarına veya Çin’de bulunan Sarı Irmak’ın yıllık akışının yarısına denk gelmektedir. 2025 yılına kadar küresel ortalamanın günümüz seviyesinde kalacağı düşünülerek yapılan bir tahmin sonucunda; bu tarihe kadar dünya üzerinde yaşayan insanların tahıl gereksinimi karşılayabilmek adına 780 milyar m³ ek suya ihtiyaç duyulacaktır. Bu miktar ise neredeyse Nil Nehri’nin yıllık akışının 9 katına eşittir.

Tahmin edilebileceği gibi nüfus artışı ile bu nüfusu besleyebilmek adına sulanan arazi artışı birbirine doğru orantılı denilebilecek şekilde bağlıdır. 20. yüzyılın yarısından itibaren bu durum daha net bir şekilde kendini göstermektedir. Nüfus artar

buna bağılı olarak sulanan araziler artar buna bağılı olarak da su kaynakları azalır şeklinde basit bir zincir şekillendirilebilir. 1980'den 2002 yılına kadar geçen 22 yıllık zamanda sulanan tarım alanlarındaki artış 66 500 000 hektar civarındadır. Yani yılda ortalama 3 milyon hektar artış yaşanmıştır. Hektar başına yılda ortalama 10 000 m³ su kullanıldığını varsayarsak bu durumda yıllık tarımsal su kullanımı için artış miktarı 30 milyar m³ olacaktır.

Bütün bunlara ek olarak ifade edilmelidir ki; Dünya'da tarım için kullanılan alanların %84'ünde yağışa bağılı, %16'sında ise sulama ile tarım yapılmaktadır. Dünya'da yaşanan gıda ihtiyacının üçte birlik kısmı bu sulanan arazilerden karşılanmaktadır. Sulanan tarım alanları 1995 yılı için 262 milyon hektar iken 2000 yılında bu sayı 275 milyon hektara ulaşmıştır. 2010 yılı için ise 290 milyon hektardır. Bu alanlar için 2025 yılında öngörülen rakam ise 330 milyon hektar civarındadır.

1.6.2 Endüstriyel Su Kullanımı

Suyun endüstri içerisindeki kullanımı çok geniş bir yelpazede yer almaktadır. Enerji üretiminde kullanılmasından endüstriyel atıkların yıkaması ve temizlenmesine kadar uzanmaktadır. Endüstri alanında kullanılan suyun ortalaması %23 civarındadır. Ancak ülkeler bazında bakıldığında zaman oranlarda çok farklı dağılımlar olmaktadır. Anlaşılacağı gibi endüstriyel su kullanım oranı bir ülkenin gelişmişlik seviyesine bağılı olacaktır. Gelişmekte olan ülkelerde suyun bu alanda kullanımı %5 dolaylarında iken Belçika veya Finlandiya gibi özellikle nükleer enerji ile yolları kesişen ülkelerde %85'lere çıkmaktadır. Sanayi sektörü için bakılırsa elektrik üretimi, petrol üretimi, metal sanayisi ve kimya sanayisi gibi kesimlerde yüksek miktarlarda su tüketimi yapılmaktadır (Klaphake, A. ve Scheumann, W. 2001). Bu sektörlerde fazla üretim ve tüketim yapılan ülkelerin su tüketimleri de doğru orantılı olarak artmaktadır. Endüstriyel amaçla kullanılan suyun büyük bir kısmı su çevrimine geri pompalanmaktadır ancak bu aşamada yaşanan esas sıkıntı suyun sıcaklığının artması veya ağır metaller ve kimyasallar ile kirlenmiş olmasından dolayı pompalandığı sulara zarar vermesidir.

Örneğin; 1 kilo ekmek üretebilmek için yaklaşık 1,1 m³ su kullanılır. Bunun dışında 1 otomobil üretimi için 300-400 m³, 1 ton çelik üretimi için 240 m³, 1 varil (159 litre) ham petrolün rafine edilmesi için 7 m³, 1 varil (159 litre) petrol çıkartmak için 5 varil, 1 kg kumaş (baskılı boyalı) üretimi için ise 200 litre su harcanmaktadır (Yıldız, 2010).

1.6.3 Kentsel-Evsel Su Kullanımı

Kentsel-evsel su kullanımı dört ana başlık altında incelenirse daha verimli olacak bir konudur. Bu başlıklar aşağıda detaylı bir şekilde verilmektedir.

1.6.3.1 Evsel Su Kullanımı

Evsel su kullanımı; evlerde, otellerde ve lokantalarda içme suyu, temizlik, besin hazırlama suyu ve bahçelerin sulanması gibi amaçlarla tüketilen su olarak karşımıza çıkmaktadır. Toplam su kullanımı içerisinde küçük bir paya sahiptir ki; bu pay gelişmişlik ve yaşam standartlarındaki artış ile kendisini kişi başına günde ortalama 75 ila 380 litre arasında göstermektedir. Örneğin bu oran ABD’de 600 litre iken İstanbul için 140-200 litre arasında değişmekte, Senegal’de ise 29 litre dolaylarında bulunmaktadır. Bu değer ABD’deki miktarın yirmide birine bile denk gelmemektedir.

Tarımsal ve endüstriyel alanda üretimin az olduğu bazı bölgelerde bu alanlardaki su tüketimi azdır buna bağlı olarak da toplam su tüketimi içerisinde evsel su tüketim oranları büyük olmaktadır.

1.6.3.2 Ticari ve Endüstriyel Su Kullanımı

Ticari ve endüstriyel su kullanımı olarak adlandırılan su tüketiminin yapıldığı yerler genellikle fabrika, büro ve dükkan gibi mekanları içene alır. Nüfus oranı 25 000’den fazla olan yerlerde bu tarz su kullanımı genellikle toplam su kullanımının %15’i dolaylarındadır. Tabi ki bu oran kentte büyük çapta endüstri tesislerinin

bulunması veya bu tesislerin sularını şehre ait olan şebekeden sağlayıp sağlamama durumuna göre değişim göstermektedir.

1.6.3.3 Kamusal Su Kullanımı

Kent halkı bu amaçla kullanılan suya genellikle herhangi bir ödemede bulunmamaktadır ve bu su kullanımı okullar, kamusal binalar, sokak-cadde temizliği ve yangınların söndürülmesinde kullanılan suları kapsamaktadır. Bu amaçlar dahilinde kullanılan su miktarı günlük kişi başına 50-75 litre arasında değişmektedir.

1.6.3.4 Kayıp ve Kaçaklar

Bu durum kentlerde kullanılan suyun altyapı ve fiziki sorunlar nedeniyle kayıp ve kaçaklar oluşturması ile yaşanmaktadır. Bir ülkenin gelişmişlik düzeyine göre şekillenmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin şehir şebekelerinde yaşanan kayıp kaçak oranları %70'e kadar dayanabilirken, gelişmiş ülkelerde bu oran %20-25'lere kadar düşüş göstermekte hatta %10'lara kadar inmektedir. Bu su kullanımı özel bir kullanıcıya tahsis edilmemiş, kullanım miktarı ölçülmeyen ve ücretlendirilmeyen sudur. Tabi ki bu kayıp ve kaçaklar su kullanımının belirlenmesinde ve bazı kesimler için ücretlendirilmesinde eksik ve hatalı tespitlere neden olmaktadır. Bilindiği gibi bizim ülkemizde de genellikle patlayan borular ve o borulardan şelale misali akan sular çoğunlukla karşılaşılan bir durumdur.

Kentlerde oluşan su kullanımı yukarıda açıklaması yapılan dört başlığın toplamı olarak dile getirilmektedir. Gelişmişlik düzeyi yüksek olan ülkeler için bu oran toplamda kişi başına günlük 300-400 litre civarındadır. Bu kullanım miktarı da toplam kullanım içerisinde en az miktar olarak yerini almaktadır.

Bu noktada işin enerji boyutuna da değinmek gerekmektedir. Çünkü suyun kullanım alanlarından birisi de enerji üretimidir. Sadece rüzgar türbinleri dışında diğer bütün enerji üretim çeşitleri suya gereksinim duymaktadır. Bu durum göz

önüne alınınca, örneğin güneş enerjisinden yararlanılmak isteniyorsa su kaynağı bulunan bir bölge seçilmelidir.

1.7 Gereken Su Miktarı

Bir insanın 24 saat içinde vücudunun gereksinimlerini karşılayabilmek için tüketmesi gereken su miktarı 2,5-2,7 lt/gün seviyesindedir. Tabi ki bu miktarın bir kısmı yediğimiz yiyeceklerden sağlarken bir kısmını da içerek tüketiyor olmamız gerekir. Yiyecekler ile sağlanan miktar beslenme düzenine göre değişiklik göstermekle beraber 0,5-1,5 lt/gün iken içerek tüketmemiz gereken miktar 1-2 lt/gün kadardır. Tükettiğimiz yiyeceklerin oluşturulması için de günlük 6,5 m³ suya gereksinim duyulmaktadır.

İnsanların günlük hayatlarında ihtiyaçlarını karşılamak için tükettiği su miktarı Dünya'nın neresinde olursa olsun aynı olmalıdır. Bu miktar belirlenirken konum, iklim, kültürel farklılıklar ve teknoloji gibi etkenlerden etkilenmemelidir. Ancak maalesef ki bu durum bu şekilde oluşmamaktadır. Dünya üzerinde yaşayan bir insan günlük içme için 5 lt, temizlik için 20 lt, banyo için 15 lt, yemek hazırlama ve pişirme için 10 lt su tüketimi yapmalıdır. Yani bir kişinin günlük olarak 50 lt su tüketmesi normal sınırlar arasında görülmektedir.

Ancak göz ardı edilemeyecek bir gerçek vardır ki 21. yüzyılda yaşıyor olmamıza rağmen az gelişmiş ülkelerde yaşayan 2,2 milyar kadar insan günde kişi başına 4,5 litreden başlayarak 50 litreye kadar ulaşan miktarlarda içme ve kullanma suyu tüketebilmektedir. 2,2 milyar insan Dünya nüfusunun yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır ve bu kadar büyük bir topluluk günlük temel ihtiyaç olarak belirlenen miktarın altında bir su tüketimi ile yaşamlarını sürdürmeye çalışmaktadırlar.

İklimlerle ilgili olarak geleceğe dönük tahminler yapılmak istendiğinde öncelikli olarak sıcaklıklar ile ilgili tahminlerde bulunmak gerekir. Yapılacak olan bu sıcaklık

tahminlerinde de; sıcaklık artıyorsa yağış artacak, sıcaklık azalıyorsa yağış azalacak anlamı ortaya çıkmaktadır.



BÖLÜM İKİ

SU VE İKLİM

2.1 İklim Nedir?

İklim, yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca yaşanan ya da gözlenen tüm hava koşullarının ortalama durumudur (Türkeş ve diğer., 2000). Bu tanımla beraber göz önüne alınması gerekecek olan durumlar; aşırılık olan olaylar, olayların gerçekleşmesinde yaşanan sıklık dağılımları, değişken durumlar ve olasılıklar şeklindedir. Bunlara da bakarak bir kez daha iklim tanımını yaparsak sadece ortalama ifadesi yerine “Hava olaylarının, atmosferik süreçlerin ve iklim elemanlarının değişkenlikleri, uç oluşumları ve ortalama değerleri gibi uzun süreli istatistiklerle karakterize edilen sentezi” olması daha doğru bir tanım olacaktır (Türkeş, 1997).

Hava ile iklim birbirine karıştırılmaması gereken kavramlardır. Bunları birbirinden ayıran en önemli faktörlerden biri “zaman”dır. Hava; birkaç saniyeden başlayarak birkaç haftaya kadar bir süre içerisinde değişebilen kısa süreli atmosfer koşulları ve süreçleridir. Günlük olarak yaşanan atmosfer olayları kısa süreler içinde ve dar alanlarda meydana gelirken, iklimler oldukça geniş alanlarda ve çok uzun zaman içinde değişmeyen hava karakterlerini belirler. Buradaki farklılıklar kısa-uzun zamanlar ve dar-geniş alanlar olarak ortaya çıkmaktadır.

İklim, doğal çevreyi ve insan yaşamını etkileyen bir faktördür. Denizlerin ve göllerin gelişimi, deniz seviye değişimleri ve kimyasal özellikleri önemli ölçüde iklime bağlıdır. İklim, aynı zamanda tarım faaliyetlerini etkileyen en önemli faktördür. Herhangi bir yerde yetişen doğal bitki örtüsünün türü, miktarı ve yayılım alanı iklime bağlıdır. Bunlara ek olarak iklim insanların yaşayışını, kültürünü, giyimlerini, fizyolojik özelliklerini, karakterlerini, yeryüzüne dağılışını ve ekonomik faaliyetlerini belirlemektedir. İklim şartları insanları etkilediği gibi hayvan türlerini, yaşama alanlarını, sayılarının artması veya türlerinin tükenmesini de etkiler. Kısacası

iklim olayları, ekolojiyi ve insanların yaşamını doğrudan ya da dolaylı kontrol etmektedir.

2.2 İklim Elemanları

İklim elemanları iklimi etkileyen sıcaklık, güneşlenme süresi ve şiddeti, rüzgar hızı ve yönü, yağış, basınç, buharlaşma ve nispi nem şeklinde sıralanabilir. Diğer bir deyişle gözlenebilen ve ölçülebilen parametrelerdir. İklimin oluşmasını etkileyen yukarıda sayılan faktörler üzerinde doğrudan veya dolaylı etkiye sahip ancak ne ölçülebilen ne de gözlenebilen etkileşimler de vardır.

Bu etkileşimler; kara-deniz, deniz-hava, deniz-buz etkileşimleri, volkanik gazlar ve partiküller, gelen ve yansıyan ışınlar şeklinde ifade edilebilir. Bu elemanların çoğu tek başlarına veya her biri birbirleriyle etkileşim halinde olarak atmosferi dolayısıyla da iklimi etkilemektedir.

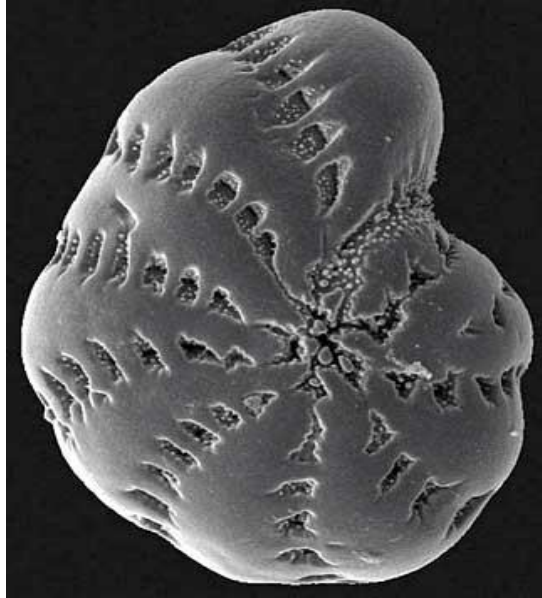
2.3 İklim Değişikliğinin Belirlenme Metodları

Teknoloji her alanda geliştiği gibi bilim alanında da gelişmektedir. Gelişen bu teknoloji ile araştırmalar daha doğru şekillerde yapılmakta ve daha net bilgilere ulaşılmaktadır. İklim bilimi de bu gelişmeden payına düşeni almıştır ve bu sayede atmosferin dinamiklerini incelemek daha kolay bir hale gelmiştir. Ancak bu gelişmeler son zamanlarda yaşandığı için geçmişe dair verilerde sıkıntılar yaşanmaktadır. İklimlerin geleceği ile ilgili yorum ve öngörülerde bulunabilmek için çok geniş zaman periyotlarını içeren verilere ihtiyaç vardır. Aletsel ölçümlerin verebileceği bilgiler kayıtlarının tutulduğu zamanlar ile sınırdır ve kaydedilen ilk verilerde eksiklikler ya da güvensizlikler söz konusu olabilir. Çünkü geçmiş zamanları içeren verilerde çeşitli boşluklar bulunmaktadır. Doğrudan ölçümlerde oluşan bu belirsizlikleri ortadan kaldırabilmek için verilere birde dolaylı yoldan ulaşmaya çalışmak kullanışlı bir yöntem olacaktır. Bu tip dolaylı verilere de ulaşabilmenin yolu doğaya kulak vermekten geçmektedir. Bunun için yapılabilecek

işlemler deniz tabanı çökeltileri, buzul devri buzulları ve ağaç büyüme halkaları gibi iklim değişikliğinin doğal kayıtçılarını incelemek olacaktır.

2.3.1 Deniz Sedimanları

Deniz sedimanlarının her bir kuru gramında yaklaşık 400 000 (dört yüz bin) fosil organizma bulunmaktadır. Bu organizmalar öldükleri zaman kabukları okyanus tabanına doğru çökmeye başlar ve böylece yaşadıkları dönemdeki suyun sahip olduğu başta oksijen (O) ve karbon (C) olmak üzere tüm elementleri de kabuklarında saklayarak çökelirler. Bu sayede geçmişteki tüm iklimsel değişimleri de kayıtlamış olurlar. Şekil 2.1’de bu olayları yaşayarak oluşan bir foraminifer örnek verilmiştir (Lutgens ve diğer., 2013). Denizlerden sondaj yapılarak alınan bu fosillerin incelenmesi sonucu, geçmişte yaşanmış olan iklimlerin yağışlı ya da kurak olup olmadığı ve hatta karadaki bitki örtülerine kadar tüm bilgilere ulaşılabilir. Yapılan bu sondaj ve benzeri işlemler ne kadar derinlere uygulanırsa o kadar verimli ve eski zamanlara ait sonuçlar alınmaktadır.



Şekil 2.1 Bir foraminiferanın görüntüsü (Lutgens ve diğer., 2013)

2.3.2 Oksijen İzotop Analizi

Adından da anlaşılacağı gibi bu analiz yönteminin temeli oksijenin iki izotopunun incelenmesine dayanmaktadır. Bu izotoplar en yaygın olan ^{16}O , diğeri ise ona göre daha ağır olan ^{18}O 'dir. Bir molekül H_2O ya ^{16}O 'dan ya da ^{18}O 'dan oluşabilir. ^{16}O daha hafiftir ve bu nedenle okyanuslardan daha kolay buharlaşmaktadır. Bu durum göz önüne alınınca gerçekleşecek bir yağış sonucunda oluşacak olan buzullar ^{16}O bakımından zengin olacaktır. Bunun sonucunda okyanus suyunda da daha ağır olan ^{18}O 'ın oranı artış gösterecektir. Bütün bunlar göz önüne alındığında buzulların daha fazla alanları işgal ettiği zamanlarda hafif izotop olan ^{16}O buzullarda daha fazla miktarda bulunur. Bu durumun sonucuna bağlı olarak da okyanus suyundaki ^{18}O miktarı artış gösterir. Tam tersi yani buzul çağı buzullarının önemli ölçüde azaldığı daha sıcak olan buzul çağları arası dönemlerde ise ^{16}O okyanusa dönüş yapar, bunun sonucu olarak okyanus suyundaki ^{18}O oranı ^{16}O 'ya kıyasla düşüş gösterir. Deniz tortulları, buz kütleleri ve mercanlar içinde bulunan organizmalardaki $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ oranlarına bakarak o zamanın iklimi hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir.

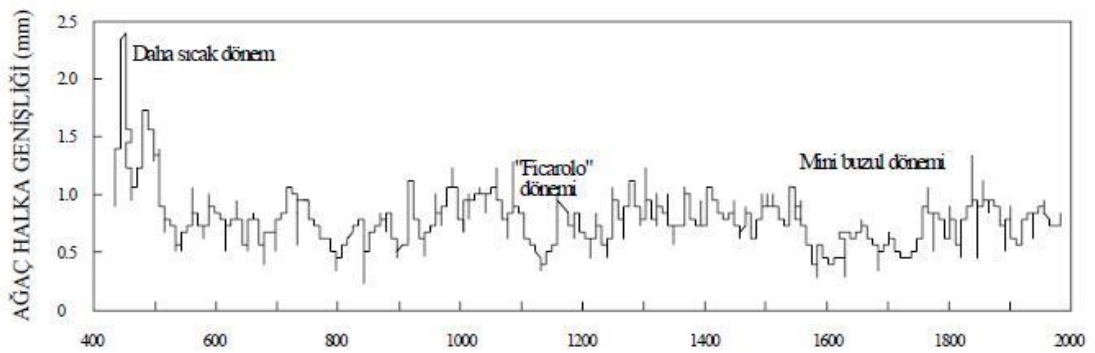
2.3.3 Buzullarda Kaydedilen İklim Değişikliği

Dünya üzerinde buz bulunan yerlerden alınan buz karotları geçmiş iklim koşulları ile ilgili çok önemli bilgiler vermektedir. Örneğin Grönland ve Antarktika buz örtülerinden alınan karotlardan yararlanılarak yapılan araştırmalar sonucunda iklim sisteminin nasıl işlediğine dair bilgi alınabilmektedir. Grönland buz tabakası yaklaşık olarak 3 kilometre derinliğe sahip olmakla beraber 110 000 yıllık iklim arşivini barındırmaktadır (Neale, 2009). Alp dağlarındaki Fernau buzullarında yapılan araştırmalar, son 3000 yılda beş defa soğuk ve nemli iklimin dünyayı etkilediğini göstermektedir. Bu dönemler; M.Ö. 1400-1300, M.Ö. 900-300, M.S. 450-750, M.S. 1150-1300, M.S. 1550-1850 olarak belirlenmiştir. Buzullardan elde edilebilecek başlıca bilgiler değişen hava sıcaklığı ve kar yağışı hakkındadır. Buzullarda bulunan hava kabarcıkları atmosferin bileşenlerini içermektedirler. Bunun sonucu olarak atmosfer bileşenlerinde oluşan bir değişiklik kayıt altına almaktadırlar. Ayrıca kış ve yaz buzulları kimyasal açıdan farklılık göstermektedir. Karbondioksit ve metan

seviyelerindeki değişimler bizi sıcaklıklardaki değişimlere götürür. Ayrıca alınan bu buzul karotları rüzgârların taşıdığı tozu, volkanik külleri, polenleri ve modern-zaman kirleticilerini de içerir. Bu nedenle buzullar, iklimsel değişimlerin en detaylı kaydedildiği doğal ortamlardır.

2.3.4 Ağaç Halkaları

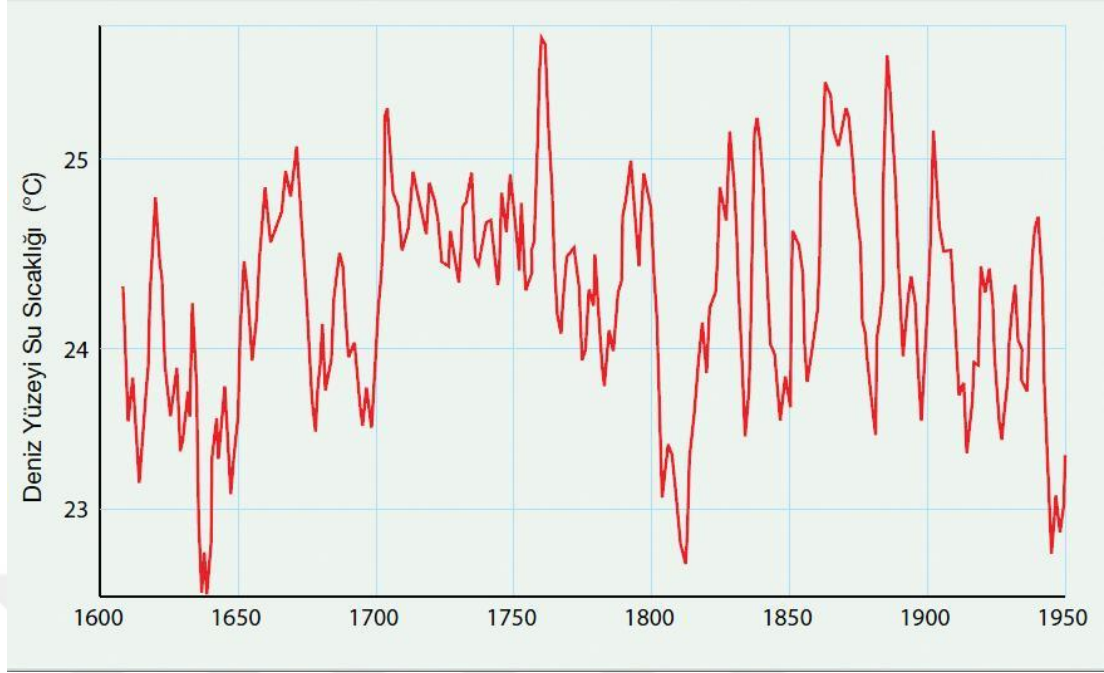
Ağaç gövdelerinde bulunan halkaların genişliklerinin incelendiği bir yöntemdir. Son zamanlarda iklimsel değişimleri anlayabilmek için tercih edilen bir yöntemdir. Ağaçlarda bakılan esas nokta halkaların kalın veya ince olmasıdır. Ağaçtaki yaş halkaların kalın olması ağacın yetiştii dönemde iyi su aldığı yani iklimin yağışlı olduğu ipucunu vermektedir. Tam tersi yani yaş halkaların ince olduğu dönemde ise iyi su almadığını işaret eder ki bu durum iklimin kurak olduğu anlamına gelmektedir (Kadioğlu, 2007). Bu yönde yapılan araştırmalar yaşanan bu döngülerin geçerliliğini gözler önüne sermiş ve Dünya'mızdaki iklimin sürekli değişmekte olduğunu desteklemiştir. Şekil 2.2'te Bartholin (1989) tarafından ağaç yaş halkaları üzerinde yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında sıcak ve soğuk dönemler ortaya konmuştur. Ağaç yaş haklarının kullanıldığı bu çalışmada özellikle mini buzul dönemde yaşanan soğuma açıkça görölmektedir.



Şekil 2.2 Ağaç halka genişlikleri ile yapılan şematik diyagram (Bartholin, 1989)

2.3.5 Mercanlar

Mercanlar omurgasız yapılar oldukları için bir iskelete sahip değildirler. Ancak, salgılarından oluşmuş bir dış yapıya sahiptirler ve bu yapıya iskelet denilmektedir. Bu sert yapının içeriğinde kalsiyum, magnezyum, karbonat gibi maddeler bulunur. İşte bu karbonat mercanların içerisinde büyüdükleri suyun sıcaklığını belirlemek için kullanılabilecek oksijen izotoplarını içerir. İskeletin kış mevsimi ya da yaz mevsiminde oluşan kısımlarının yoğunluğu ve büyümelerinde sıcaklık ve diğer faktörlerin farklılaşmasına bağlı olarak değişiklikler oluşur. Bu durumda aynı ağaç halkalarında görülen büyüme bantları gibi gözlenebilecek mevsimsel değişiklikleri ortaya koymaktadır. Mercan büyüme halkalarına oksijen izotop analizi yapıldığı zaman yıllık yağış miktarlarında oluşan değişimlerin meydana geldiği yerler dolaylı olarak yağış değişimlerinin belirlenmesi için görev yapabilir. Aşağıda Şekil 2.3'te Galapagos Adaları'nda bulunan mercanlardan alınan bir karotun oksijen izotop analizi üzerine kurulu 350 yıllık bir deniz yüzeyi su sıcaklığı kaydıdır (Lutgens ve diğer., 2013). 1700-1750 arasında hatta 1800'lere kadar seviyenin yükseldiği ifade edilebilir. Özellikle 1750'den hemen sonrası için maksimum değer görülmüştür. 1800'lerin başlarında bir düşüş yaşanmıştır. Sonraki senelerde normal giden değerler 1900'lerden sonra tekrar düşüş göstermiştir.



Şekil 2.3 Deniz suyu yüzeyi sıcaklıkları (Lutgens ve diğer., 2013)

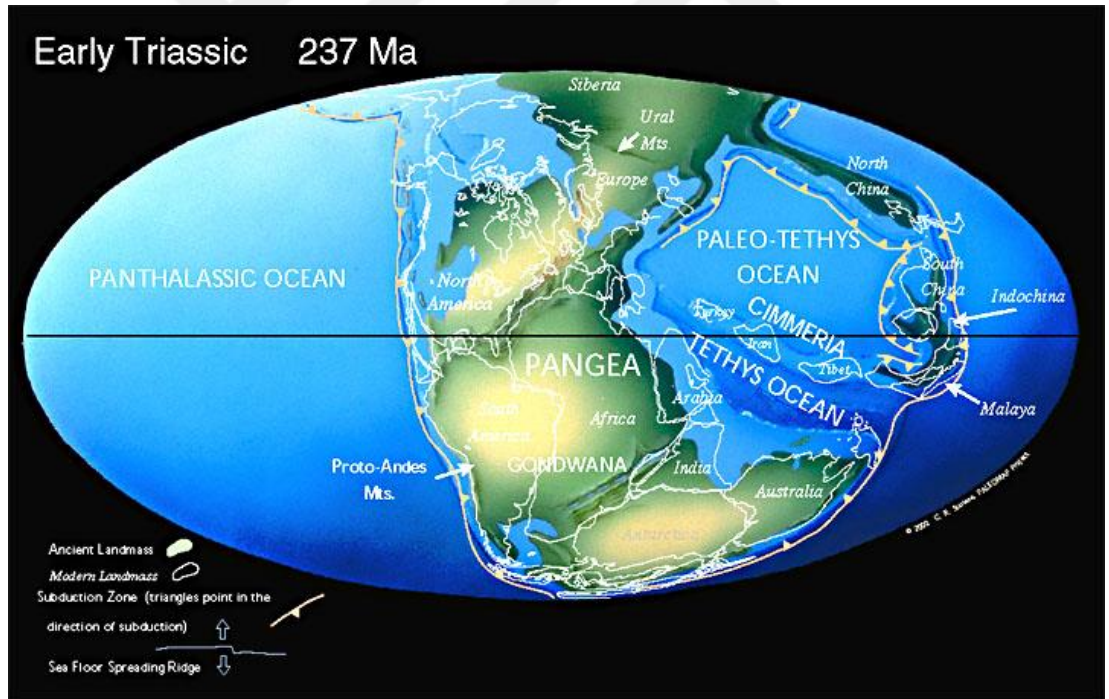
2.4 İklim Değişiminin Doğal Sebepleri

İklimler, dünyadaki tüm canlı ya da cansız varlıklar ile uzayda oluşan tüm değişimlerin de rol oynadığı bir dizi faktörler nedeni ile sürekli değişen doğa olaylarıdır. Geçmişteki iklim değişimleri incelendiği zaman bu değişimlerin farklı sebepler yüzünden ortaya çıktığı görülmektedir. Bunlardan en önemli üç faktör; levha tektoniği, dünyanın kendi eksenini etrafındaki dönüş-güneş etrafındaki dolanış parametrelerinin değişimi ve güneşteki patlamalardır (Yaşar ve Yıldız, 2009). Bu faktörlerden her biri belirli süreçlerde oluşur. En büyüğü olan Levha Tektoniği 500 milyon yılda bir tekrarlanır. Bu sürecin 250 milyon yılı ısınma ve 250 milyon yılı da soğuma ile geçer. İyi çalışılan bir diğer döngü, 100 000 yılda bir olan ve Milankovitch döngüleri olarak da bilinen dünyanın kendi eksenini etrafında dönüş ve güneş etrafındaki dolanış parametrelerinin değişimidir. Ki bu parametrenin içinde de 41 000 yılda bir ve 25 800 yılda bir olan döngüler vardır. Bunların her birinin kendi içinde soğuk ve sıcak dönemleri vardır. İnsanoğlunun yaşamını yakından ilgilendiren güneş patlamaları ise 11 yıllık döngüler halinde hareket eder. Patlama sayıları ve büyüklükleri arttıkça dünyamıza daha çok enerji gelir, dolayısı ile yağışların artması

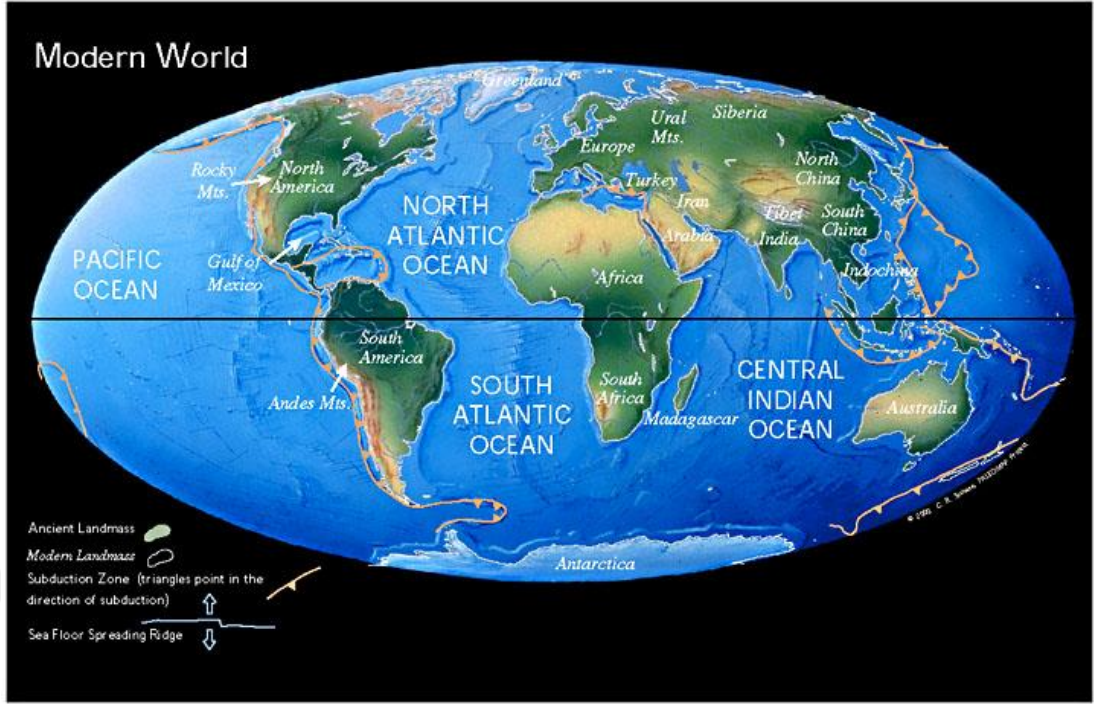
sonucuna ulaşılır. Aksi durumda da daha az enerji gelmesine ve dolayısı ile kuraklık yaşanması sonucuna varılır.

2.4.1 Levha Tektoniği

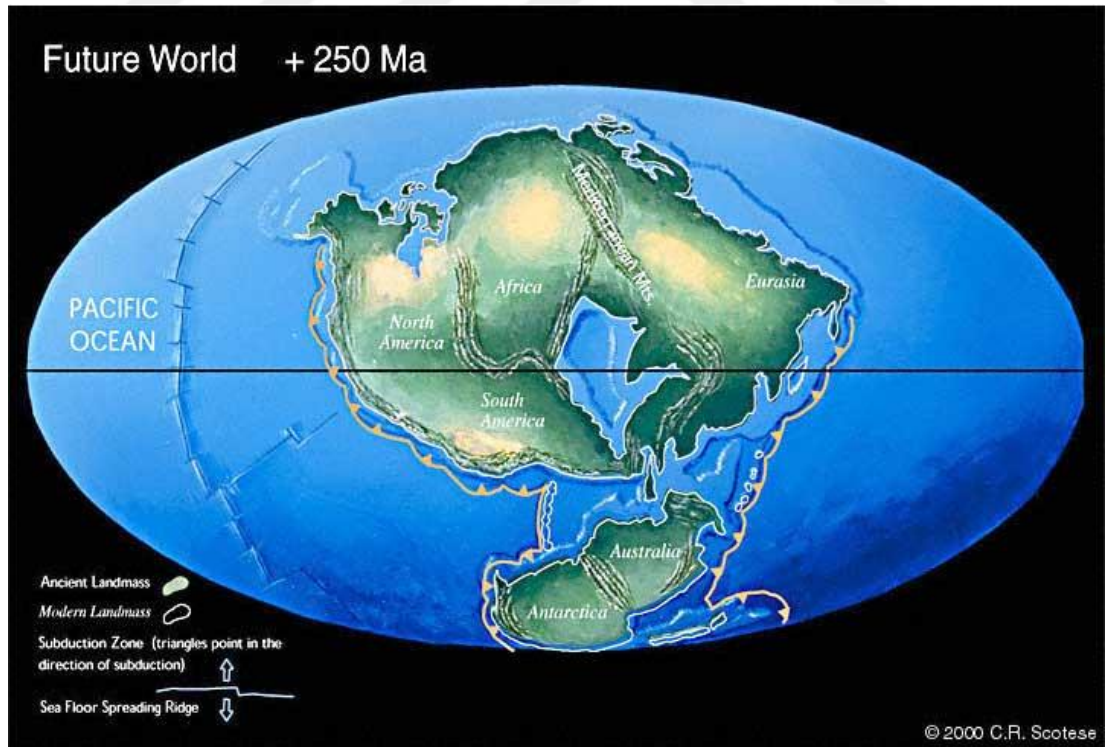
İklimleri kontrol eden en uzun süreli faktördür. Ortalama 500 milyon yıllık bir süreci kapsar. Dünyamızdaki kıtalar her 500 milyon yılda bir ayrılır ve sonrasında yine birleşir, ki bu tek kıtaya Pangea denir. Söz konusu 500 milyon yılın 250 milyon yılı kıtaların ayrılması ve sonrasındaki 250 milyon yılı da birleşmesi ile gerçekleşir. Kıtalar bir araya geldikçe dünyamız ısınır ve ayrılma sürecinde de soğur. Bu kuram ilk kez Alman bilim adamı Alfred Wegener tarafından 1915 yılında kıtaların kayması varsayımı olarak ortaya atılmıştır. Şekil 2.4, 2.5 ve 2.6'da Pangea'dan başlayarak günümüze kadar kıtaların değişimi verilmiştir.



Şekil 2.4 Trias dönemi, 237 milyon yıl önce. Dünyada buz yok, atmosferdeki karbon miktarı 2000 ppm civarında ve ortalama sıcaklık 25 derece (Scotese, 2002)



Şekil 2.5 Günümüz, Atmosferdeki karbon miktarı 400 ppm civarında ve ortalama sıcaklık 14,7 derece (Scotese, 2002)

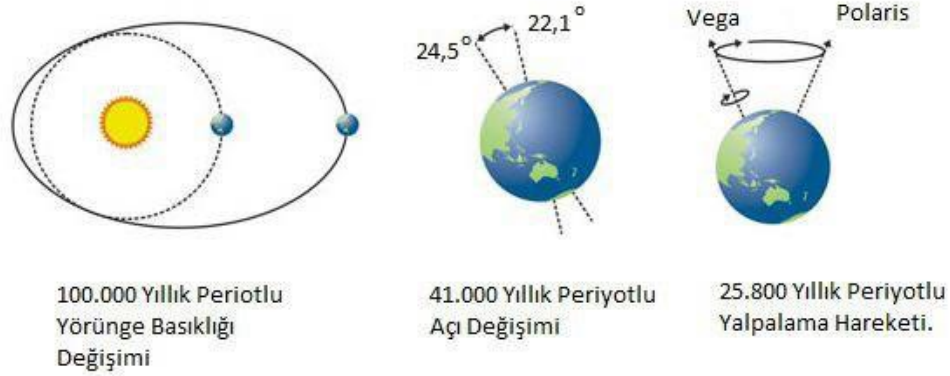


Şekil 2.6 Günümüzden 250 milyon yıl sonra dünyadaki kıtaların alacağı durum. Dünyada buz olmayacak, atmosferdeki karbon miktarı 2000 ppm civarında ve ortalama sıcaklık 25 derecelere çıkacak (Scotese, 2002)

Tibet'in çölleşmesi levha tektoniği ile ilgili olarak bu tür değişikliğe güzel bir örnektir. Günümüzden 40 milyon yıl önce Hindistan ve Tibet levhalarının çarpışmaları sonucu oluşan Himalaya dağları, Tibet'e okyanustan gelen yağış bulutlarını engelleyerek bir zamanlar çok zengin fauna ve floranın olduğu Tibet'i çöl haline getirmiştir (Yaşar ve Yıldız, 2009). Zaten oluşan bu harekette yılda sadece birkaç santimetre civarında olmaktadır. İşte bu yavaş gelişime ek olarak okyanuslarda oluşan sirkülasyonlardaki değişiklikler; ayrıca ısı ve nemin taşınmasını değiştirerek iklim değişikliğine katkıda bulunmaktadır.

2.4.2 Milankovitch Döngüleri

Milankovitch döngüleri, dünyanın gerek kendi eksenini etrafında dönüş ve gerekse güneş etrafındaki dolanış parametrelerinin değişimidir (Şekil 2.7). Dünya, bu döngü içerisinde majör olarak, ortalama her 100 000 yılda ısınma ve soğuma dönemini yaşar. Majör soğuma dönemlerinde “buzul dönemi” (ice age) dediğimiz uzun süreli kurak dönemler yaşanır. Küresel ısınma dönemlerinde de buzullar erir ve deniz seviyeleri yükselir. Dünyanın yaşadığı en son majör buzul dönemi 18 000 yıl önce bitti ve dünyamız halen küresel ısınma dönemini yaşıyor. Ayrıca 100 000 yıllık bu döngünün içerisinde 41 000 yıllık ve 25 800 yıllık daha küçük döngüler de yer alır. Bunlardan 41 000 yıllık değişimin nedeni tilt açısındaki değişimlerdir. Dünyanın tilt açısı $21,5^{\circ}$ ile $24,5^{\circ}$ arasında değişir ve tilt açısı büyüdükçe dünyanın güneşten aldığı enerji azalır ve dünya soğumaya başlar, tilt açısı azaldıkça da dünyanın güneşten aldığı enerji artar ve dünyamız ısınır. Halen günümüzdeki tilt açısı 23,44 derece olup azalma eğiliminde yani sıcaklık artışı eğilimindedir. Dünyanın “topaç” gibi dönmesinden dolayı oluşan diğer döngü ise 25 800 yıllıktır. Bu sürecin yarısında kuzey yarımküre güneşe daha yakın, diğer yarısında da güney yarımküre güneşe daha yakın döner.

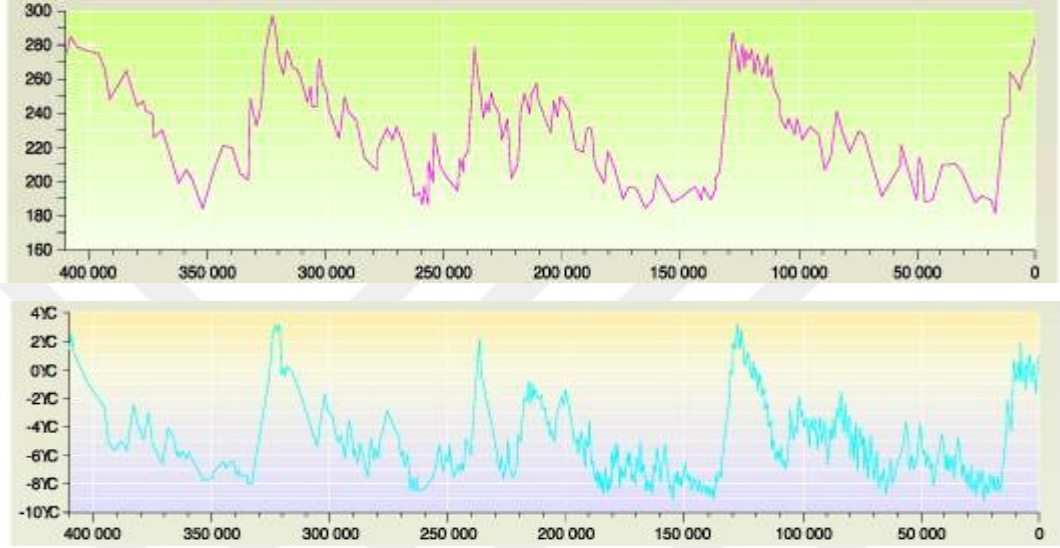


Şekil 2.7 Milankovitch döngüleri (Duygulu, 2016)

Orta dönem olarak tanımlayabileceğimiz ve dünyanın gerek kendi ekseninde etrafında dönüş ve gerekse güneş etrafında dolanış parametrelerinin neden olduğu bu değişikliklerin son 400 000 yılı detaylı olarak, özellikle denizlerden alınan sedimanlarda ve kutuplardan alınan buzul örneklerinde incelenmiş ve olası sıcaklık ve CO₂ miktarları bulunmuştur (Şekil 2.8).

Bilim dünyası iklimlerle ilgili ve dolayısı ile yağışlarla ilgili ileriye dönük tahminlerin yapılabilmesi için Kuvaterner dönemine odaklanmış ve son 500 000 yılda su seviyelerinin 5 defa ~100 metre dolaylarına düştüğünü zaman zaman da günümüz seviyesinin üzerine çıktığı fauna, flora ve delta hareketleri üzerine yapılan çalışmalarla belgelenmiştir. Son dönemlerde oluşan en büyük deniz seviyesi alçalması ise günümüzden ~18 000 yıl önce başlayan yükselme ile son bulan ve deniz seviyesinin ~120 metre düştüğü dönemdir. Buna örnek olarak Midilli, Sakız, Gökçada, Bozcaada gibi Anadolu ile aralarında ~120 metreden daha az su seviyesi olan adaların Anadolu'nun batı uzantısı olarak anakaraya bağlanmaları gösterilebilir (Yaşar, 1994). Bu düşüş yeniden yükselme ile son bulmuş ve deniz seviyesi ~11 000 yıl öncesine kadar yılda ~2,5 cm ve daha sonra ~ 6000 yıl öncesine kadar ~1 cm/yıl olarak artışına devam etmiş ve günümüzde daha yavaş olarak, aradaki küçük alçalmalara karşın, artışına devam etmektedir. Son yüzyılın ilk yarısında gelgit-ölçer verilerine dayanılarak yapılan bir çalışma günümüzdeki deniz seviyesi yükselmesinin

~1,1mm/yıl olarak belirlemiştir. Büyük buzul ve buzul arası (major glacial and interglacial periods) dönemler olarak adlandırılan bu deniz seviyesi dalgalanmaları süresince, küçük buzul ve buzul arası (mini glacial and interglacial periods) olarak isimlendirilen dönemlerin çok fazla olarak bulunması deniz seviyesinin sürekli değiştiğinin bir göstergesidir (Yaşar, 1996).

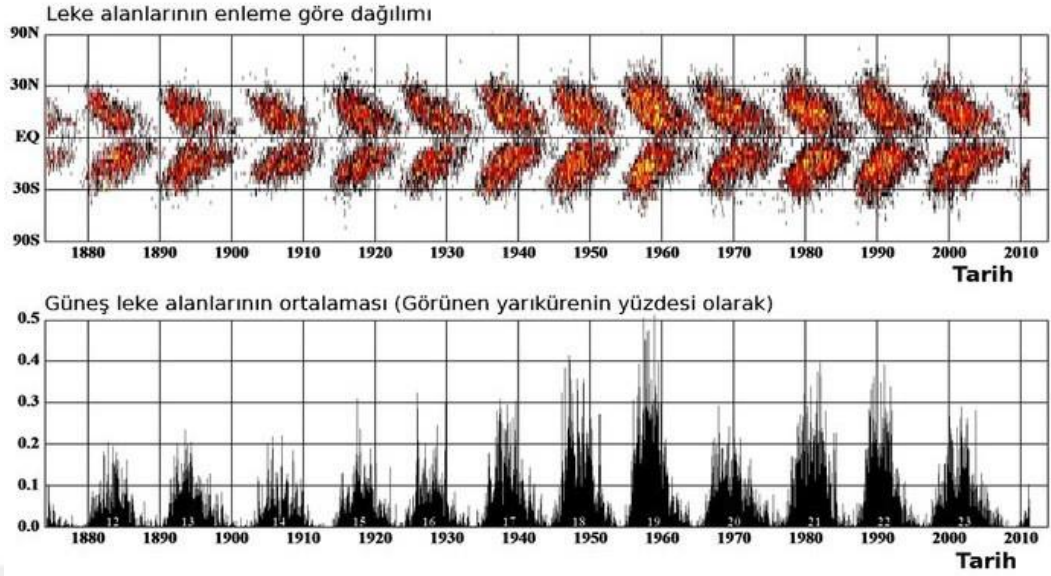


Şekil 2.8 Son 400 000 yıldaki sıcaklık ve karbondioksit gazı değişimi (Petit ve diğer., 1999).

2.4.3 Güneş Patlamaları

Dünyanın ana enerji kaynağını oluşturur ve ortalama 11 yıllık döngüler halinde hareket ederler. Galile (1546-1642) tarafından fark edilen bu patlamalar yine kendisi tarafından izlenmeye başlanmış ve bulguları 1613 yılında yayınlamıştır. Güneşteki bu patlamaların düzenli olduğunu fark eden ilk kişi ise 1843 yılında Samuel Heinrich Schwabe olmuştur.

Söz konusu olan güneşteki patlamalar çok düzenlidir ve güneşin ekvatorunun alt ve üst enlemlere doğru düzenli olarak genişleyerek devam eder, ortalama 11 yıl sonunda da aniden azalır ve patlama sayıları 200’lerden 20’lere kadar düşer (Şekil 2.9). Bu patlama şekline bilimde “kelebek modeli” denir. Patlama sayılarının ve alansal büyüklüklerin arttığı dönemlerde sıcaklıklar ve yağışlar artar (Şekil 2.10)

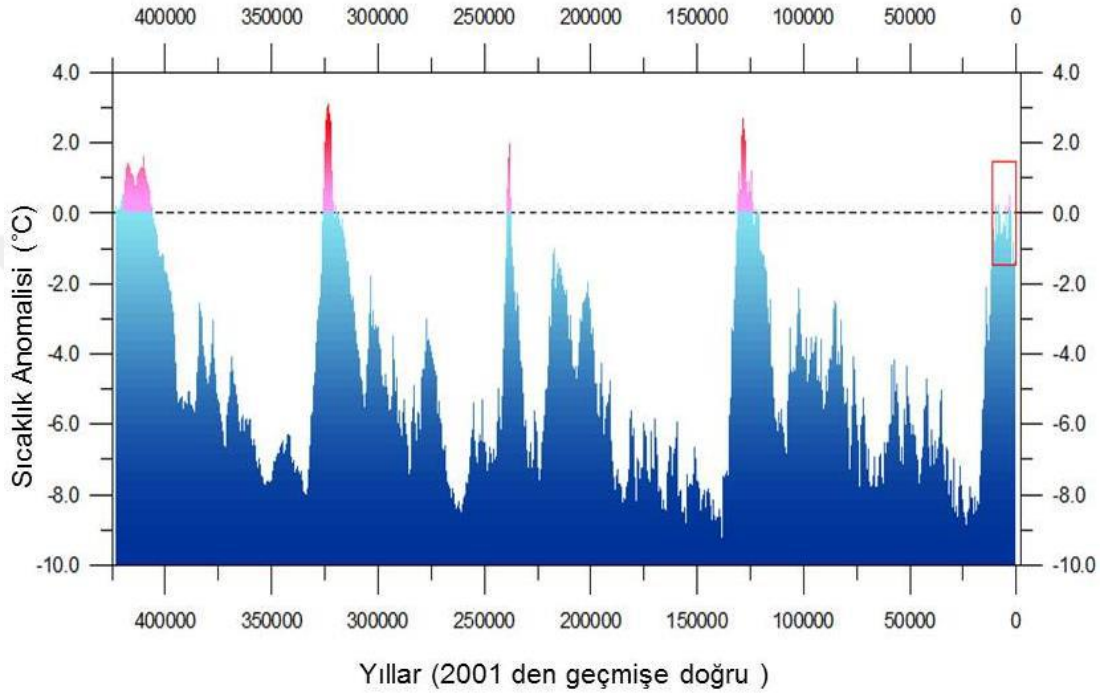


Şekil 2.9 Güneşteki patlama sayıları ve alansal büyüklükleri (Derman, 2011)

Patlamaların alansal büyüklükleri zaman zaman dünyanın 6 katı kadar olabilir. Büyük güneş patlamaları dünyadaki elektrik enerjisi sistemlerini de etkilemekte, 1 Eylül 1859 yılında oluşan patlama nedeni ile telgraf sistemlerinin devre dışı kaldığı bilinmektedir. Bu patlamaya benzer bir patlama 18 Ekim 2003 yılında, dünyadan altı kat daha büyük olarak gerçekleşmiş ancak korkulan olmamış ve elektrik sistemlerinde bir sorun yaşanmamıştır.

Güneş patlamalarının azaldığı dönemlerde hava soğuk ve yağışlar azalır, arttığı dönemlerde ise yağışlar artar. Teleskop kullanılarak güneş leke gözlemlerinin yapıldığı 17. yüzyılın sonları ile 18. yüzyılın başlarında güneş patlamalarının çok az görüldüğü kayıtlara geçirilmiştir. Bu dönemde dünyada “mini buzul çağı” yaşanmıştır. Özellikle, 1940’lı yıllardan sonra patlamaların sayısal ve alansal olarak artması sonucu, sıcaklıkların ve yağışların birlikte arttığı Devlet Meteoroloji ya da NASA verilerinden görülebilir. Bu gözlem güneş patlamalarının iklimler üzerinde ne kadar önemli olduğunun göstergesi olup, özellikle biz insanların yaşam sürelerindeki kısıklık göz önüne alındığında, yaşamımızı etkileyen en önemli iklim faktörü olarak kabul edilebilir.

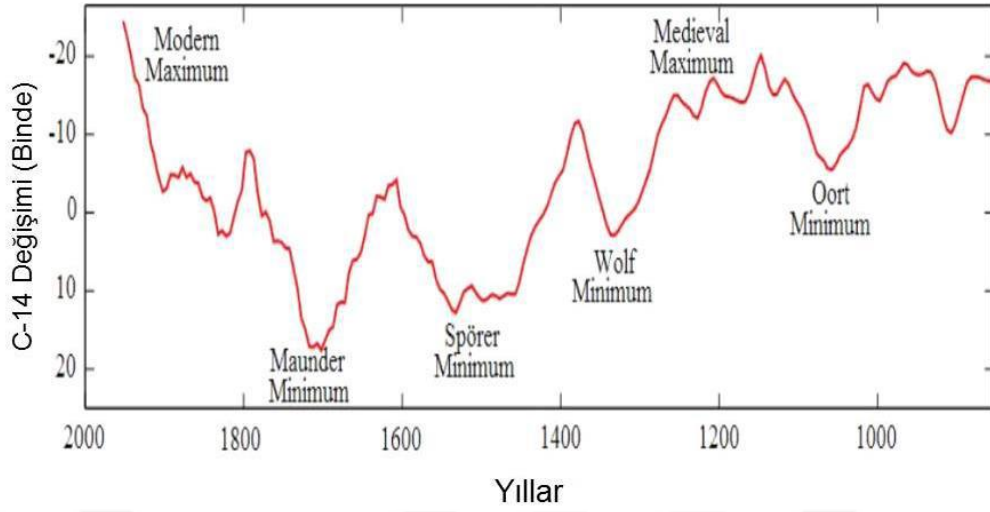
Küresel iklim değişimi ve Güneş aktivitesi arasındaki ilişkiyi ortaya koyan en güzel örnek ^{14}C birikiminde yaşanan değişim miktarıdır. Aşağıdaki Şekil 2.10'de Petit (2001) tarafından yapılan çalışma sonucunda elde edilen Antartika Vostok Buzulları'ndan alınan örnekler ile ^{14}C metodu kullanılarak hesaplanan 420 000 yıllık sıcaklık değişimi ifade edilmektedir (Baltacı, 2014).



Şekil 2.10 ^{14}C metoduna göre hesaplanan 420 000 yıllık sıcaklık değişimi (Petit, 2001)

^{14}C izotop analizi ile elde edilen sonuçlar; 1010-1050 yıllarında yaşanan Oort minimumu, 1100-1250 yıllarında yaşanan Medieval maksimumu, 1280-1350 yıllarında yaşanan Wolf minimumu, 1460-1550 yıllarında yaşanan Spörer minimumu, 1645-1715 yıllarında yaşanan Maunder minimumu, 1790-1820 yıllarında yaşanan Dalton minimumu ve 1950 yılında başlayıp hala devam eden Modern maksimumu şeklinde sıralanabilir. Şekil 2.11'de Eddy (1976) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ^{14}C metodu ile elde edilen sonuçlara göre yaşanmış olan bu maksimum ve minimumlar ifade edilmiştir (Baltacı, 2014).

C-14 Yöntemine Göre Güneş Aktivitesindeki Değişim



Şekil 2.11 Maksimum ve minimum dönemler (Eddy, 1976)

1645-1715 yılı arasında yaşanan ve Maunder Minimumu adı verilen dönemde Güneş durağan bir periyoda girmiş ve bu 70 yıllık dönemde Güneş yüzeyinde hiç leke gözlenmemiştir. Bu durum bilimsel bir hata veya gözlemlerde oluşan bir yanlışlık değildir. Aksine bu dönemde Güneş oldukça iyi gözlenmiş ve kesinlikle leke olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu durumun sonucu olarak Dünya'mız "Küçük Buz Devri" denilen dönemlerden birisini yaşamıştır (Lean ve Skumanich, 1992). Güneş'ten gelen enerji azaldığı için özellikle Kuzey Yarım Küre'de soğuk zamanlar hüküm sürmüş ve yaşam bu şartlar altında değişim göstermiştir. Kuzey Yarım Küre'de bulunan ve daha önceki dönemlerde donmayan nehirler donmuş, kar yağışları düşük dereceli enlemlerde dahi görülmüştür. Bu dönemde yaşanan gelişmeler arasında verilebilecek olan en çarpıcı örnekler; Fransız ordularının donan nehirler yardımıyla yürüyerek Hollanda'ya gelmeleri ve bu ülkeyi kuşatma altına almaları ve İzlanda'da yaşamını sürdüren insanların yarısının soğuktan donarak ölmüş olmasıdır (Cowie, 2007).

BÖLÜM ÜÇ

İKLİM DEĞİŞİMİ VE İZMİR'E OLAN ETKİLERİ

3.1 İklim Değişimi ve Su

Bir ülkenin su zengini sayılabilmesi için yıllık kişi başına düşen su potansiyeli 10 000 m³'tür. Eğer bir ülkenin su potansiyeli 1 000 m³'ten az ise o ülke su fakiri ülkeler grubuna girmektedir. Dünya genelinde bu değerin ortalaması 7 600 m³'tür. Ülkemizin kişi başına düşen kullanılabilir su potansiyeli Devlet Su İşleri (DSİ, 2007) verilerine göre 2 000 m³'tür. Bu değer göz önüne alınınca ülkemizin sahip olduğu kişi başına düşen kullanılabilir su potansiyelinin ne kadar düşük olduğu anlam kazanır hale gelmektedir.

Ülkemizin yenilebilir su kaynakları açısından potansiyeli 234 milyar m³ civarındadır. Bu değerin 41 milyar m³'lük kısmını yeraltı su kaynakları, 193 milyar m³'ünü yerüstü su kaynakları oluşturmaktadır. Ülkemiz sınırları içerisinde çeşitli amaçlara cevap vermek için, teknik ve ekonomik anlamda tüketimin sağlanabileceği yerüstü ve yeraltı suları miktarı 110 milyar m³ civarındadır. Ülkemizde tatlı su kaynaklarının %17'lik kısmı her türlü amaç için kullanıma uygundur. DSİ tarafından 2007 yılında yapılan açıklamaya göre içme suyu için kullanım %15,4 civarındadır. Son zamanlarda açıklanan miktarlarda ise içme suyu kullanım oranı %16 olarak şekillenmiştir.

Benzer bir değerlendirme havzalar göz önüne alınarak yapılırsa İzmir, İstanbul ve Ankara gibi illerimizin ve genel hatlarıyla ülkemizin batı kısmının mutlak su kıtlığı, su yetersizliği ve su baskısı/eksikliği kategorilerine dahil olduğu görülebilir. Türkiye'de kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı yağışlara bağlı olarak 1 500-2 000 m³ civarında değişim göstermektedir. Net bir değer vermek gerekirse bu miktar 1 735 m³ olacaktır. Devlet İstatistik Enstitüsü'nün (DİE) verilerine göre nüfusumuz 2025 yılında 80 milyona varacaktır. Bu durum altında kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1 300 m³ olacaktır. Yine DİE verilerine göre nüfusumuz 2030 için 100 milyon olarak tahmin edilmektedir. Bu tahmin ışığında

2030 yılı için kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1 000 m³ olacağı düşünülmektedir. İzmir ili için yıllık kullanılabilir su potansiyeli ise 2 milyar 564 milyon m³'tür. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su potansiyeli ise 614 m³ civarında bulunmaktadır. Bu değer ülkemiz ortalamasının %63'ü kadar azdır (DSİ, 2007). Özetle, İzmir su açısından oldukça fakir bir yerleşim yeridir.

Su kaynaklarında yaşanan sıkıntının anlaşılabilmesi için birkaç kıstas daha bulunmaktadır. Örneğin; çekilen su miktarları toplam yenilenebilir kaynakların %20'sini aştığı durumlarda su sıkıntısı baş göstermekte ve ülke veya bölge bazında yaşanacak olan kalkınmayı sınırlar hale gelmektedir. Çekilen su miktarları toplam yenilenebilir kaynakların %40'ini aştığı durumlarda büyük miktarda su sıkıntısı yaşanacak demektir. Bu sayısal göstergeler suyun yönetim şekline bağlı olduğu için bir bölge veya ülke sınırları içerisinde oluşan su sıkıntısını sadece kısmen ifade edebilir. Ancak bu konu ile ilgili olarak İzmir Büyükşehir Belediyesinden herhangi bir bilgi almak mümkün olmamış ve dolayısı ile bu tez çalışması kapsamında, İzmir'deki yeraltı sularının yenilenebilirliği konusunda çalışma yapılamamıştır.

İklim değişimi ve su arasındaki ilişki asla göz ardı edilemez. Burada su ile anlatılmak istenen bölgenin sahip olduğu yeraltı ve yerüstü su kaynaklarıdır.

3.1.1 Yeraltı Suları

Yeraltı suları tartışmasız dünyanın en önemli doğal kaynaklarıdır. Çünkü kurak dönemlerde yaşamın sürdürülebilmesi için gerekli olan suyun karşılanabileceği tek kaynaktır. Yer altında bulunan akiferlerin beslenmesi yağmurlar, nehirler, göller ve eriyen karlar tarafından sağlanmaktadır. Su hızlı bir şekilde makro-gözenek veya yarıklardan akışa geçerek toprak altında bulunan akiferlere ulaşır ve bu bölgeleri doldurur. Beslenme durumu akiferin üst bölgesinde bulunan kaya ve toprağın yapısına bağlı olarak değişmektedir. Beslenmenin artmasına etki yapacak yapılar makro-gözenekler, yarıklar ve çatlakların sayısının fazla olmasıdır. Hızlı beslenme adı verilen beslenme şekli her yağmur yağışında gerçekleşebilir. Bu nedenle yağış rejiminde oluşacak değişimler akiferler açısından önem taşımaktadır. Yıldan yıla

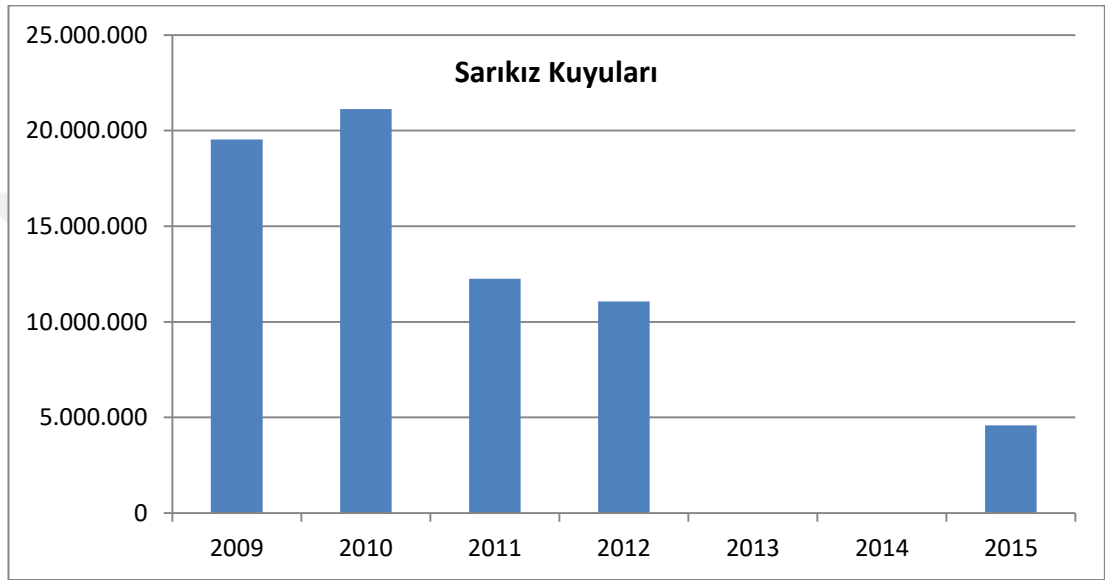
farklılık gösteren akış değişimlerinin anlaşılabilmesi için sıcaklıklardaki değişimlerden ziyade yağışlardaki değişmelere bakılması gerektiği sonucuna varılmıştır (Küçükkılavuz, 2009; Şen, 2005). Diğer bir deyişle akiferlerin su doluluk oranları da doğrudan iklimlere bağlıdır.

Kurak ve yarı-kurak bölgelerde bulunan sığ ve açık akiferler mevsimsel dere akışları tarafından beslenmektedir ve buharlaşma nedeniyle azalış göstermektedir. Bunlar bölgenin sahip olduğu yerel şartlara göre azalış veya artış göstermektedir. Buharlaşmada yaşanacak olan artışlar depolanacak zemin suyunda azalmalara neden olacaktır. Kıyı kesimlerinde bulunan akiferler için esas sorun deniz suyunun yükselmesidir. Bu tarz bir durumda akiferlere tuzlu su girişi yaşanacaktır. Tabi ki bu tuzlu su girişi durumu bulunulan bölgenin eğimine bağlı olacaktır. Sığ bölgelerde bulunan sahil akiferleri en çok risk altında bulunan grubu oluşturmaktadır. Deniz seviyesinin yükselmesi ve aynı zamanda meydana gelecek bir yağış azalması toplanacak su hacminde bir gerilemeye sebep olacaktır. Bunun sonucunda da az olan tatlı su miktarları daha da azalacaktır (Amadore ve diğer., 1996).

Yeraltı suları İzmir ilindeki toplam su kullanımının %90'ini oluşturmaktadır. Bunun %32,5'u içme-kullanma suyu amaçlı, %51'i sulama-endüstriyel amaçlı kullanılmaktadır. Yeraltı su kaynaklarını çeşitli kuyular oluşturmaktadır ve İzmir ilinde bu kaynaklar daha çok şehrin kuzey bölgesinde yer almaktadır. İçme suyu olarak oluşan ihtiyacın %60'dan fazlası 94 adet derin kuyudan karşılanmaktadır. Özellikle 2007'li yıllardaki aşırı kuraklık sebebiyle kuyuların üst akiferlerin kuruması sonucunda daha derinlere inilmesiyle birlikte başta arsenik olmak üzere ağır metal sorunları baş göstermiştir. Bu nedenle kuyuların yetersiz kalması ve bazı kuyularda gözlenen ağır metal sorunu nedeniyle İZSU tarafından 22 adet kuyu ilavesi yapılmıştır (İZKA, 2009). Aşağıda bu kuyulardan başlıcaları tek tek incelenmektedir.

3.1.1.1 Sarıkız Kuyuları

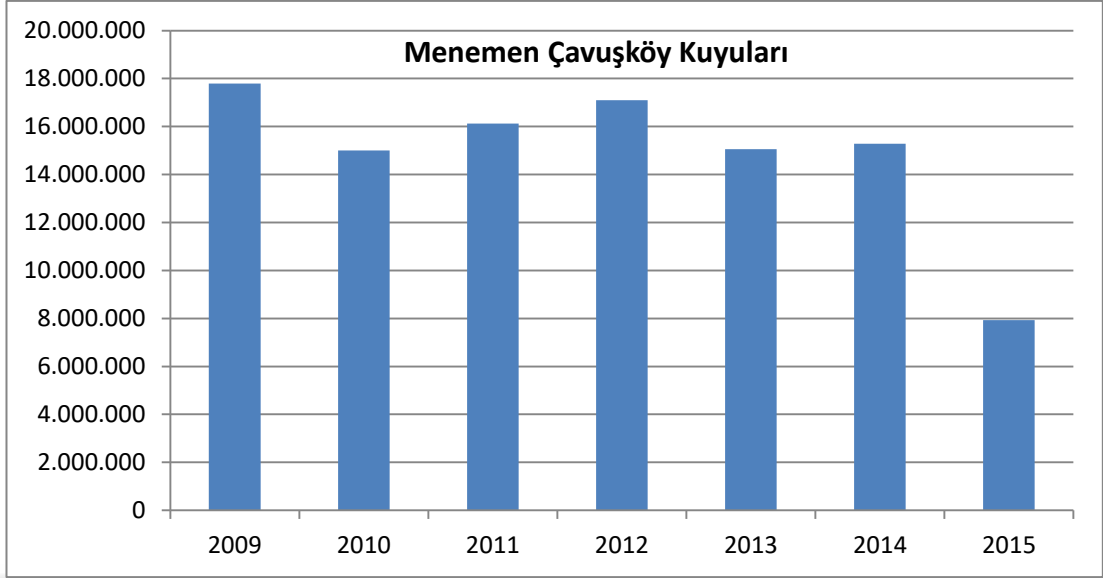
Sarıkız Pınar'ları Manisa ili sınırları içerisinde Saruhanlı ilçesine bağlı Nuriye beldesinin yakınlarında bulunmaktadır. 1990 yılında İzmir iline bağlanmıştır. Farklı tarihlerde kullanıma açılan 27 adet derin kuyudan alınan sular İzmir'e verilir. Bu kuyuların yıllık ortalama su potansiyeli 45 hm^3 (1450 l/s)'tür.



Şekil 3.1 Sarıkız Kuyuları'nın son yedi yılda yıllık toplam su üretim grafiği (İZSU, 2016)

3.1.1.2 Menemen-Çavuşköy Kuyuları

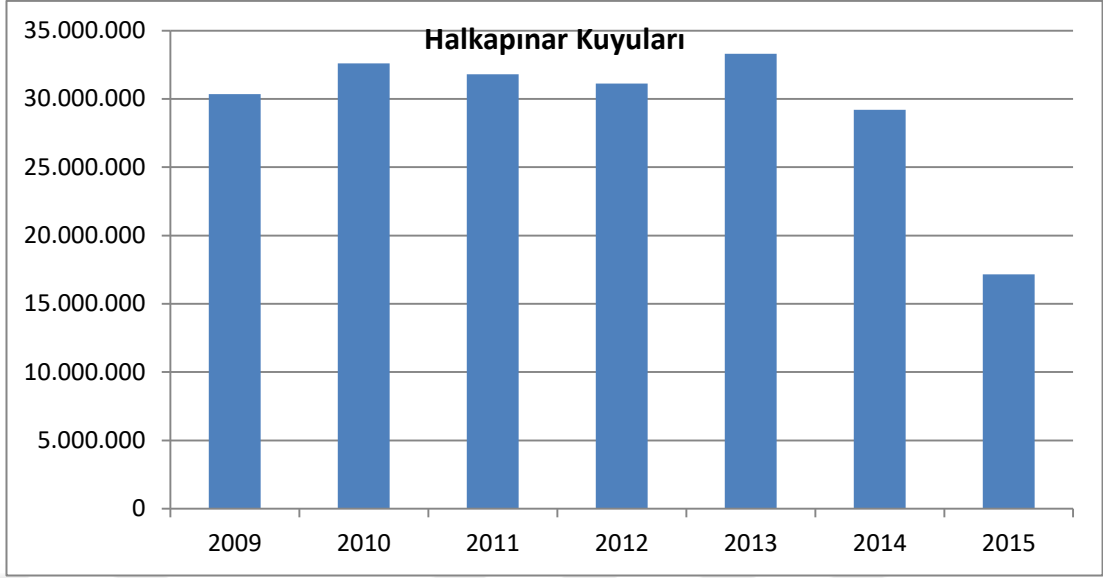
İzmir nüfusunun artmaya başladığı 1970'li yıllarda var olan su kaynaklarının şehrin ihtiyacını karşılayamaz duruma gelmesi nedeni ile kente en yakın kaynaklardan olan Menemen'deki kuyuların açılması gündeme gelmiştir. Acil İçme Suyu Projesi olarak adlandırılan proje içerisinde 1973 yılında Gediz Nehri'nin Menemen Ovası'na açıldığı bölgede 21 adet derin kuyu açılmış ve bu sular 1976 yılında şehre bağlanmıştır. Bu kuyuların yıllık ortalama su potansiyeli 25 hm^3 (800 l/s)'tür.



Şekil 3.2 Menemen Çavuşköy Kuyuları'nın son yedi yılda yıllık toplam su üretim grafiği (İZSU, 2016)

3.1.1.3 Halkapınar Kuyuları

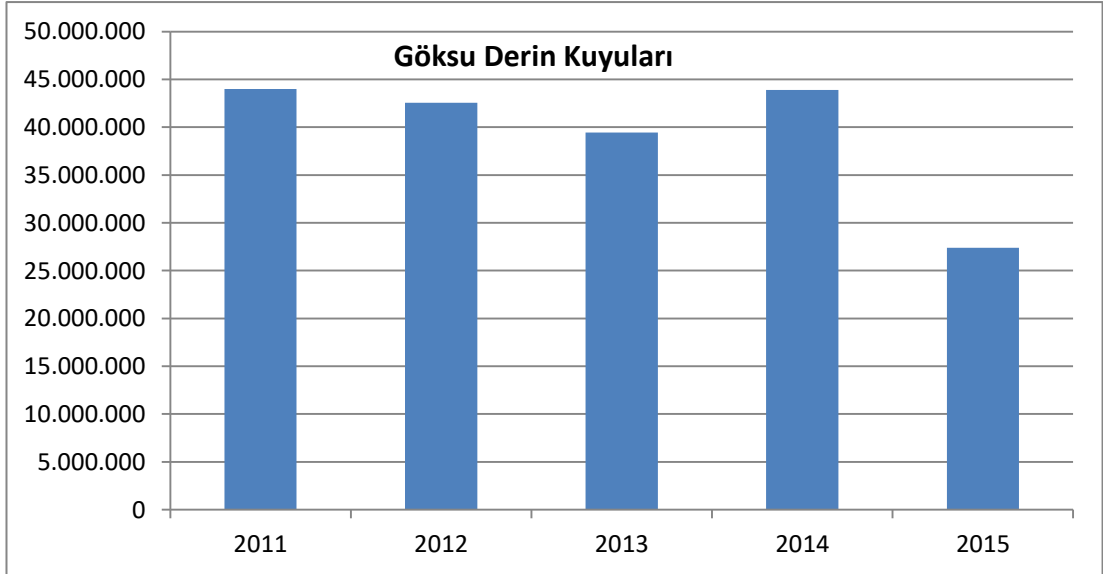
İzmir iline su sağlayan ilk ve en önemli yeraltı su kaynaklarından olan Halkapınar kuyuları 1897 yılında açılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu 1970 yılında ortalama pınar debisi 1200 l/s, yıllık verimi 38 hm³ olarak belirlenmiştir. 1973 yılında eklenen derin kuyularla kaynağın debisi 1600 l/s kadar ve daha sonra da 1800 l/s kadar arttırılmıştır. Kaynakların yıllık ortalama güvenilir su potansiyeli 45 hm³ olup ortalama debi miktarı da 1450 l/s'dir.



Şekil 3.3 Halkapınar Kuyuları'nın son yedi yılda yıllık toplam su üretim grafiği (İZSU, 2016)

3.1.1.4 Göksu Kaynakları

Manisa ili, Muradiye beldesinde yer alan Göksu Kaynakları 63 milyon m³/yıl'lık bir potansiyel ile İzmir'in önemli yeraltı içme suyu kaynaklarından. Bu kaynak 1988 yılında İzmir iline bağlanmıştır.

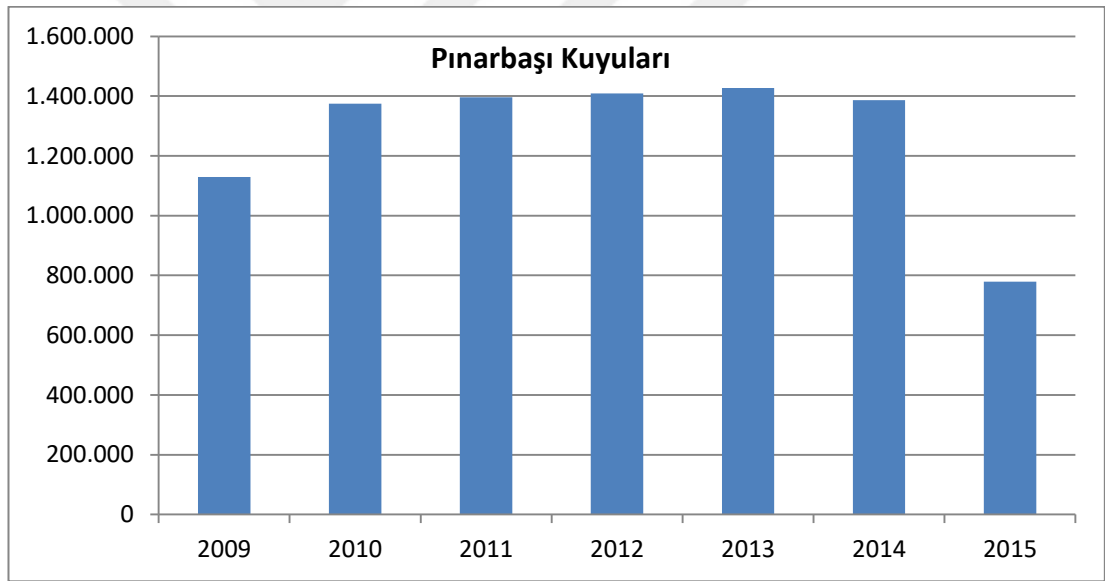


Şekil 3.4 Göksu Derin Kuyuları'nın son beş yılda yıllık toplam su üretim grafiği (İZSU, 2016)

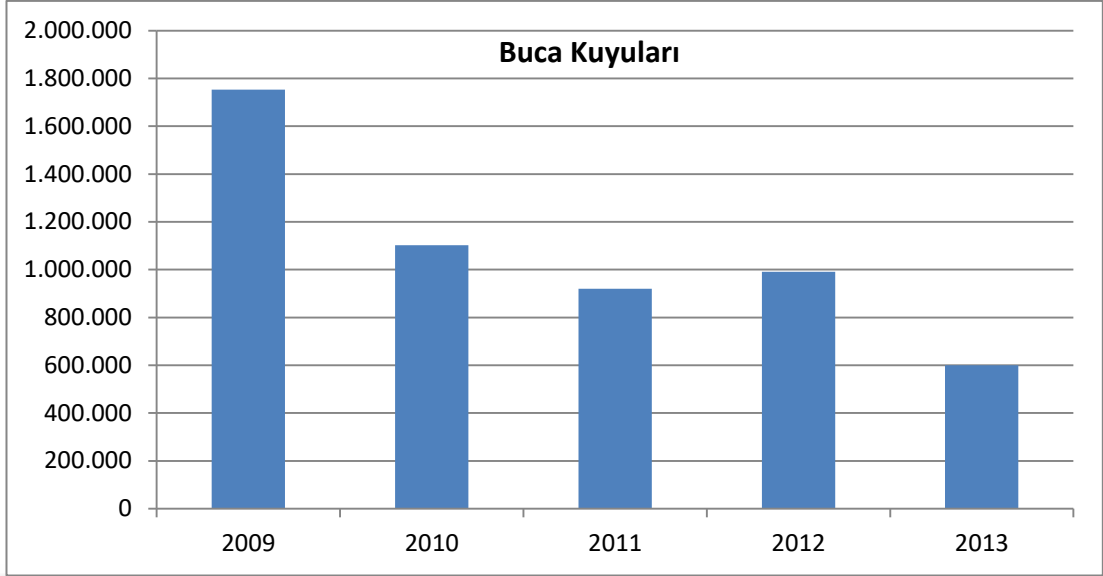
Yıllara göre bir değerlendirme yapıldığında İzmir'e içme suyu tedarik eden kaynakların ortalama %65'i kuyulardan karşılanmaktadır. İzmir iline 2002 yılında yeraltı su kaynaklarından sağlanan su %66 oranındadır. Bu değer 2003 yılında %64,62, 2004 yılında %64,69, 2005 yılında ise %63,63 oranlarındadır. Bu değer 2010 yılı verilerine göre %60,42 civarındadır. Bu değer oldukça yüksek bir değerdir ve yeraltı kaynakları açısından oldukça düşündürücü bir seviyelerde olduğu söylenebilir.

3.1.1.5 İzmir İlindeki Diğer Yeraltı Suyu Kaynaklarının Su Seviyeleri

Bu kısımda İzmir ili içerisinde bulunan Buca ve Pınarbaşı kuyularının su seviyeleri ile ilgili bilgiler verilmiştir.



Şekil 3.5 Pınarbaşı Kuyuları'nın son yedi yılda yıllık toplam su üretim grafiği (İZSU, 2016)



Şekil 3.6 Buca Kuyuları'nın son beş yılda yıllık toplam su üretim grafiği (İZSU, 2016)

Gezeganimiz üzerinde bulunan nehirler ve göller gibi yerüstü su kaynaklarının hızla azalmaya başlaması sonucunda yeraltı suları üstünde daha büyük kullanım baskıları oluşmaktadır. Günümüzde yeraltı sularına ulaşmak için artık ikinci, üçüncü veya daha altlarda bulunan akiferlere ulaşmak gerektiğini düşünürsek yeraltı sularının da geleceği pek parlak sayılmamaktadır (Brown, 2006).

3.1.2 Yerüstü Suları

Zamanın geçmesiyle beraber insanlığın yaşadığı sosyal ve ekonomik gelişmenin bir sonucu olarak her alanda daha çok su ihtiyacı yaşanmaya başlamıştır. Artan bu ihtiyaç neticesinde ülkeler sahip oldukları yerüstü sularını kontrol altına alabilmek adına barajlar inşa etmeye başlamışlardır. Dünyada ilk baraj günümüzden 6 000 yıl önce Ürdün Jawa'da, Anadolu'da ilk baraj ise 3250 yıl önce Hitit'ler tarafından kurulması dünyada zaman zaman çok sert kuraklıklar yaşandığının belgeleridir. Son yüzyılda sudan enerji üretebilmenin de teknolojisini geliştiren insanoğlu HES barajları kurmaya başlamış ve böylece su yalnızca tarım için değil enerji için de ciddi miktarlarda su tutulmaya başlanmıştır.

Baraj yapım alanlarının oldukça kısıtlı olduğu İzmir ilinin yerüstü su potansiyelinin %46'sı Küçük Menderes havzasında, %29'u Bakırçay havzasında,

%6'sı ise Gediz havzasında bulunmaktadır (Silay ve Tomar, 2013). İlin içme suyu ihtiyacının yaklaşık %35'i barajlardan karşılanmaktadır.

3.1.2.1 Güzelhisar Barajı

Aliağa ilçesi sınırlarında bulunan Güzelhisar barajı 1981 yılında işletmeye sunulmuştur. Öncelikle Petkim'in gereksinimi ve sonrasında sulama amacı ile inşa edilmiştir. Bu barajın suyu Petkim sahasına iletilmektedir ve bu su kurumun arıtma tesislerinde kullanılmaktadır. Aliağa ilçe merkezine devamlı olarak ve gereken durumlarda İzmir kent merkezine su sağlamaktadır. Bu kaynak tarafından Aliağa'ya sağlanan içme suyu miktarı 2,2 milyon m³/yıl olarak belirlenmiştir. Barajın gövde hacmi 3,1 hm³, aktif göl hacmi 145 hm³ ve toplam göl hacmi 158 hm³'tür. Yağış alanı 450 km² olup, yıllık ortalama su 109 hm³ ve çekilen su miktarı 83 hm³'tür.

3.1.2.2 Balçova Barajı

Oldukça küçük denilebilecek bu baraj Balçova ilçesindedir. 1983 yılında işletmeye sunulmuştur. İçme ve kullanım suyu sağlamak amacıyla inşa edilmiştir. Bu barajın projesindeki ortalama potansiyeli 12 milyon m³/yıl civarındadır. Barajın gövde hacmi 1 hm³, aktif göl hacmi 7,9 hm³ ve toplam göl hacmi 8,1 hm³'tür. Yağış alanı 33 km² olup, yıllık ortalama su 14 hm³ ve çekilen su miktarı 12 hm³'tür.

3.1.2.3 Ürkmez Barajı

Seferihisar ilçesinde bulunmaktadır. 1993 yılında işletmeye sunulmuştur. Sulama suyu sağlamak amacı ile inşa edilmiştir. Bu kaynağın yıllık içme suyu tahsisi 780 bin m³ olarak belirlenmiştir. Barajın gövde hacmi 0,99 hm³, aktif göl hacmi 8,1 hm³ ve toplam göl hacmi 7 hm³'tür. Yağış alanı 30,8 km² olup, yıllık ortalama su 7,03 hm³, çekilen su miktarı ise 4,04 hm³'tür.

3.1.2.4 Seferihisar Barajı

Seferihisar ilçesi sınırları içerisinde bulunmaktadır. 1994 yılı içerisinde işletmeye sunulmuştur. Sulama suyu sağlamak amacı ile inşa edilmiştir. Baraj inşa edilirken net 1 200 ha kadar alanın sulanması amaçlanmıştır. Barajın gövde hacmi 1,5 hm³ ve toplam göl hacmi 28,1 hm³'tür. Yağış alanı 41 km² olup, yıllık ortalama su 12,1 hm³ ve çekilen su miktarı 10,3 hm³'tür.

3.1.2.5 Kestel Barajı

Bu baraj Bergama ilçesi içerisinde bulunmaktadır. 1989 yılında işletmeye sunulmuştur. Sulama suyu sağlanması amacıyla inşa edilmiştir. Barajın gövde hacmi 1,04 hm³, normal su kotunda göl hacmi 37,4 hm³'tür. Sulama alanı 3 716 ha'dır.

3.1.2.6 Tahtalı Barajı

İzmir ilinin en önemli yerüstü su kaynağı Tahtalı Barajı'dır. Gümüldür ilçesinde 1996 yılında işletmeye açılmış olan barajın projesinde bulunan ortalama potansiyeli 128 milyon m³/yıl'dır. İçme ve sulama suyu sağlanması amacıyla inşa edilmiştir. Barajın gövde hacmi 3,4 hm³'tür ve normal su kotunda hacmi 306,5 hm³'tür. Bu hacim değeri ile İzmir iline su sağlama konusunda en önemli paya sahiptir.

3.1.2.7 Alaçatı Kutlu Aktaş Barajı

Bu baraj Çeşme ilçesi sınırlarında bulunmaktadır. 1997 yılında işletmeye sunulmuştur. İçme suyu sağlanması amacıyla inşa edilmiştir. Barajın gövde hacmi 0,3 hm³'tür ve normal su kotunda hacmi 16,5 hm³'tür.

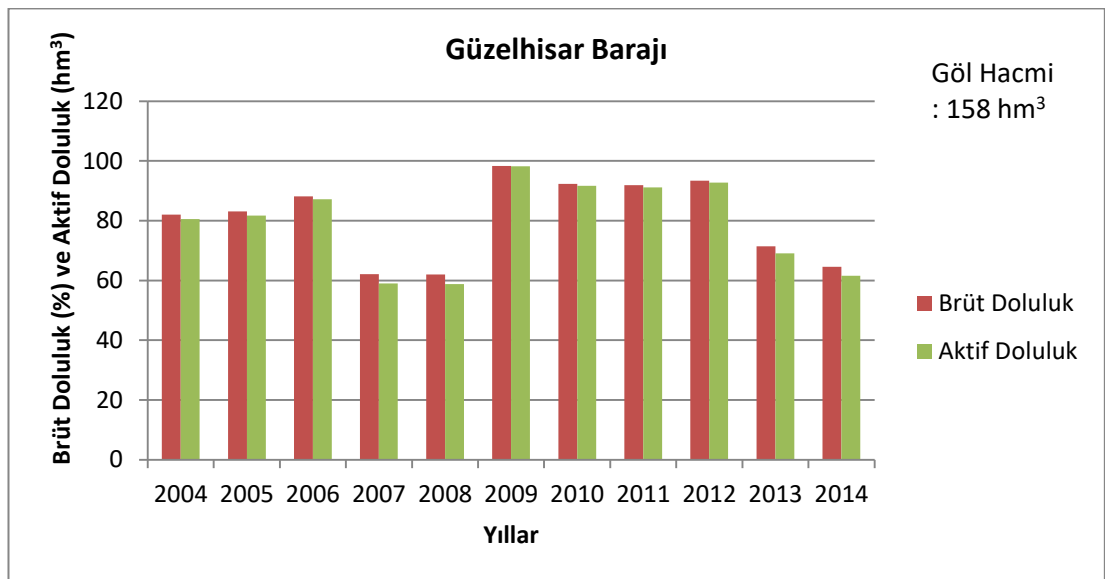
İl sınırları içerisinde Kestel Barajı, Seferihisar Barajı, Alaçatı Barajı, Kavakdere Barajı ve Beydağ Barajı'da yer almaktadır. Ayrıca bu gruba son yıllarda Yortanlı Barajı ve Çaltıkoru Barajı'da eklenmiştir.

Yıllara göre bir değerlendirme yapıldığında İzmir'e içme suyu sağlayan kaynakların ortalama %35'i barajlardan elde edilmektedir. İzmir iline 2002 yılında yerüstü su kaynaklarından sağlanan su %33 oranındadır. Bu değer 2003 yılında %35,38, 2004 yılında %35,31, 2005 yılında ise %36,57 oranlarındadır. Bu değer 2010 yılı verilerine göre %39,58 civarındadır. Yıllar bazında bir değerlendirme yapılırsa yerüstü su kaynaklarının kullanım miktarlarında küçükte olsa bir artış yaşandığı ifade edilebilir. Yani; yeraltı suyu kullanım miktarında azalma yaşanırken doğal olarak yerüstü suyu kullanım miktarında artış yaşanmıştır.

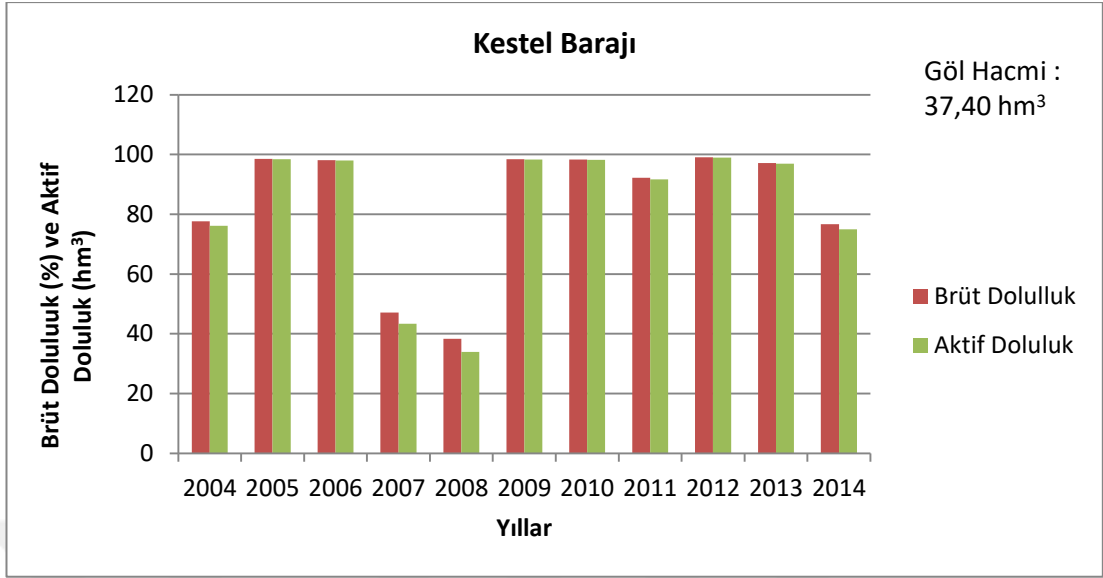
3.1.2.8 İzmir İlindeki Barajların Su Seviyeleri

İzmir ilinde bulunan barajların 2004-2014 yılları arasındaki su seviyeleri ile ilgili olarak grafikler aşağıda verilmiştir.

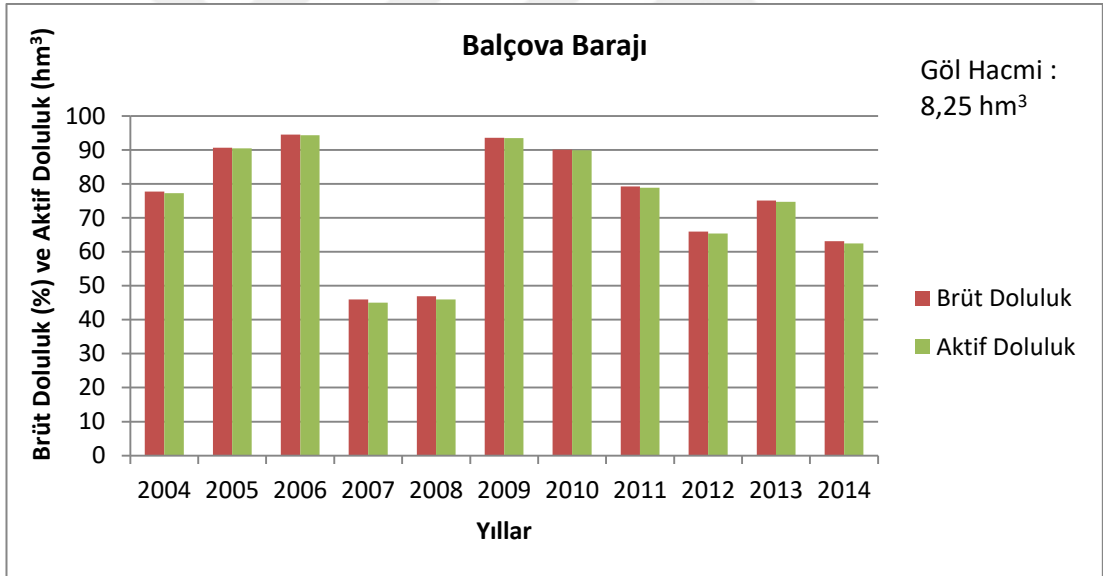
Bu grafiklerden brüt doluluk, aktif doluluk ve zaman şeklinde oluşturulanlara bakılırsa değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Ürkmez Barajı'nın 2004 yılında var olan garipliği göz önüne alınmazsa bütün değerlerde beklenildiği gibi brüt doluluk aktif doluluktan daha fazladır. Yine tüm grafiklerde 2007-2008 yılları düşük seviyelerdedir. Bu tarihlerden sonra artışlar yaşanmıştır. 2014 yılı 2013 yılına göre daha düşük seviyelerde yaşanmıştır.



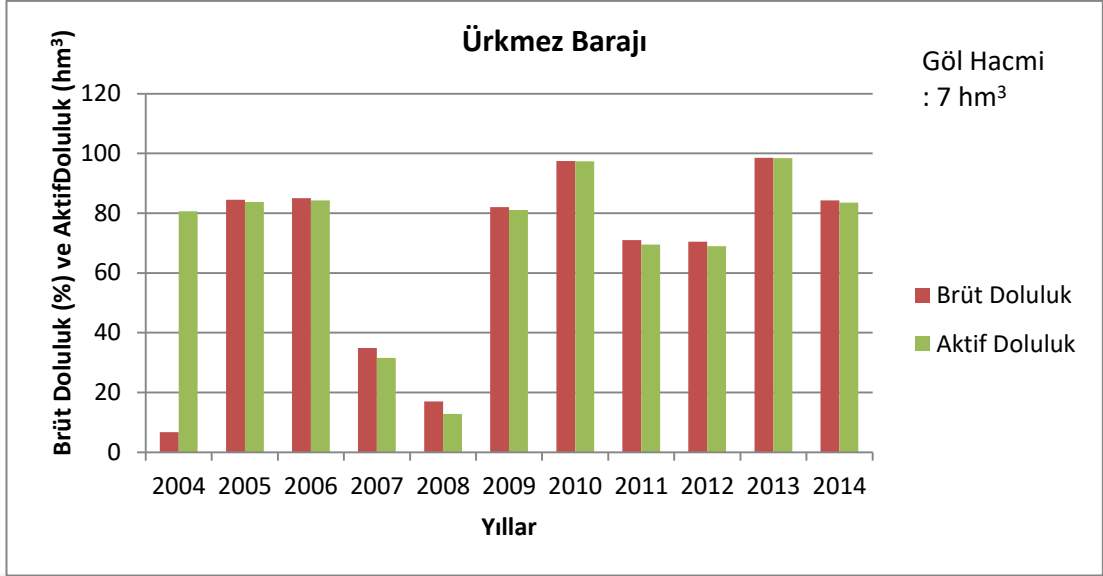
Şekil 3.7 Güzelhisar Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği (DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, 2015)



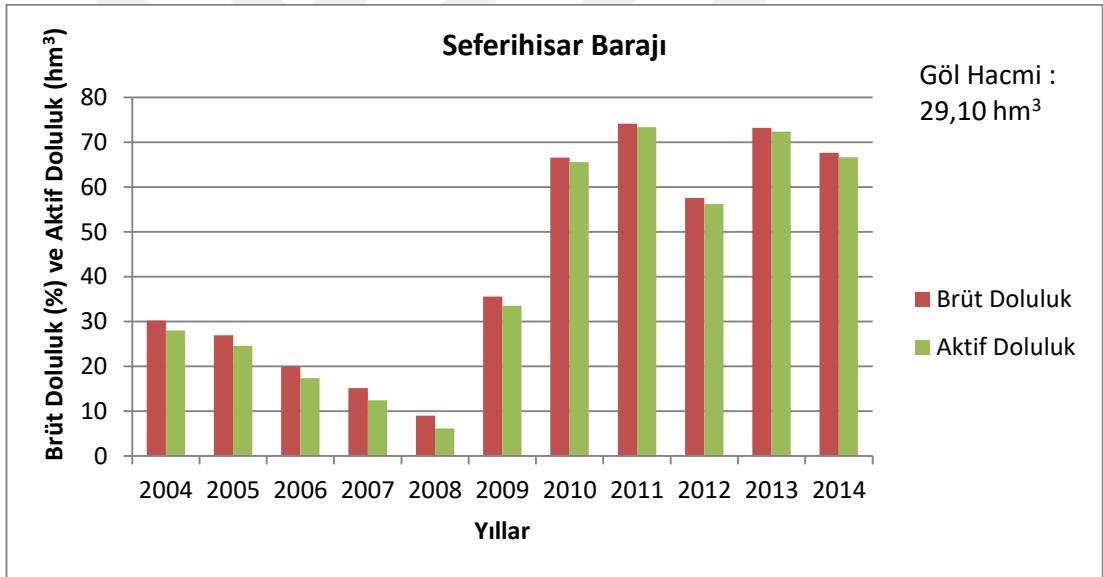
Şekil 3.8 Kestel Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği (DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, 2015)



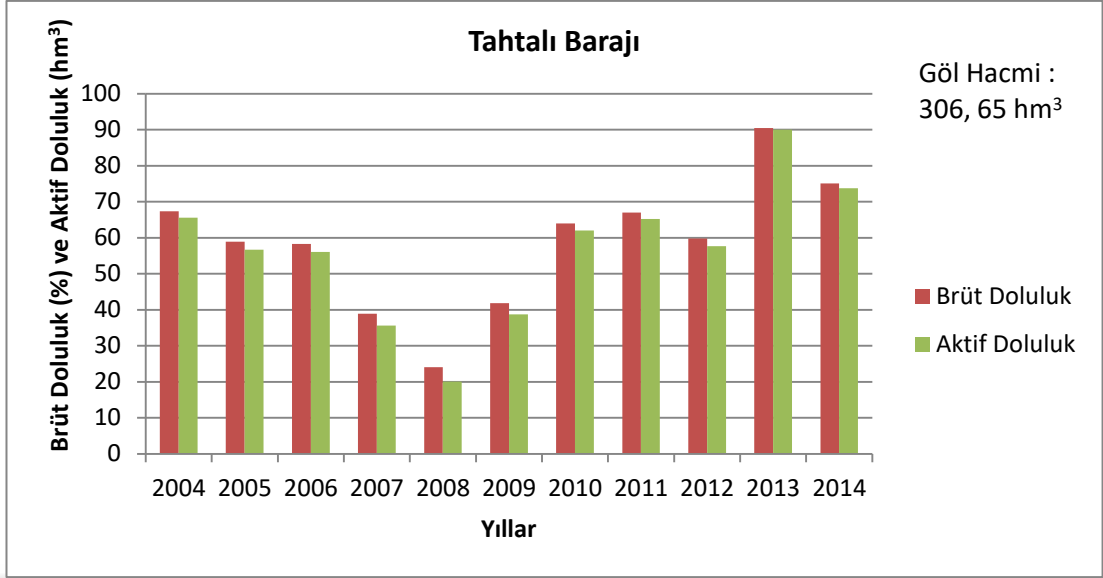
Şekil 3.9 Balçova Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği (DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, 2015)



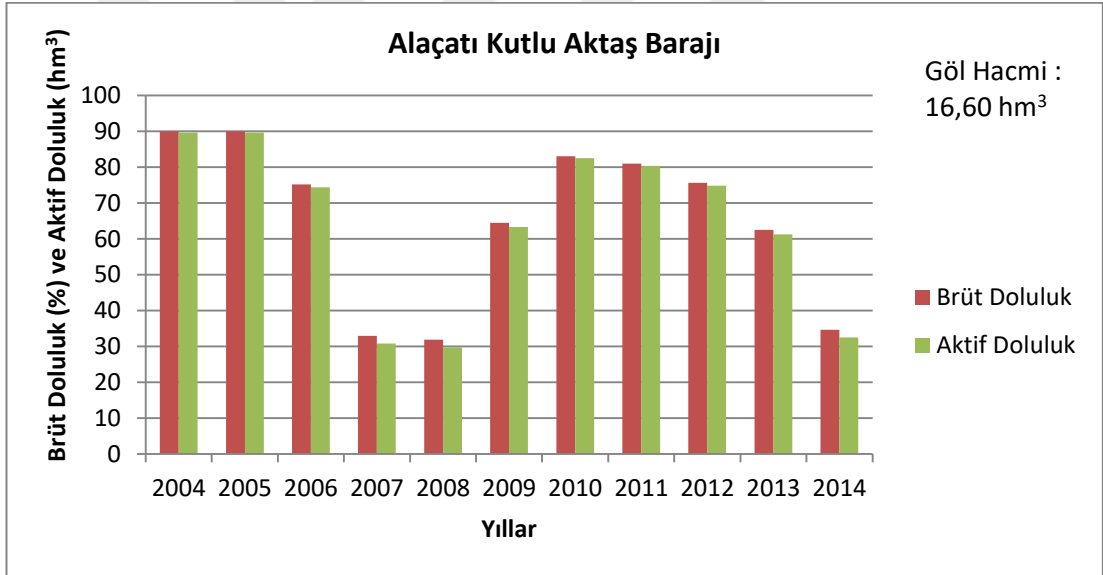
Şekil 3.10 Ürkmez Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği (DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, 2015)



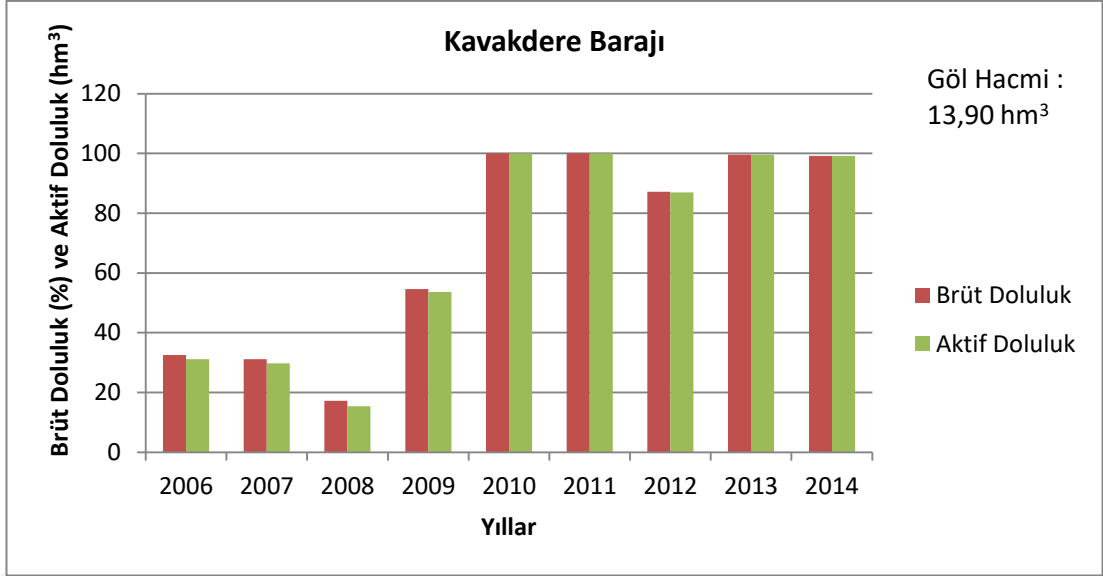
Şekil 3.11 Seferihisar Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği (DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, 2015)



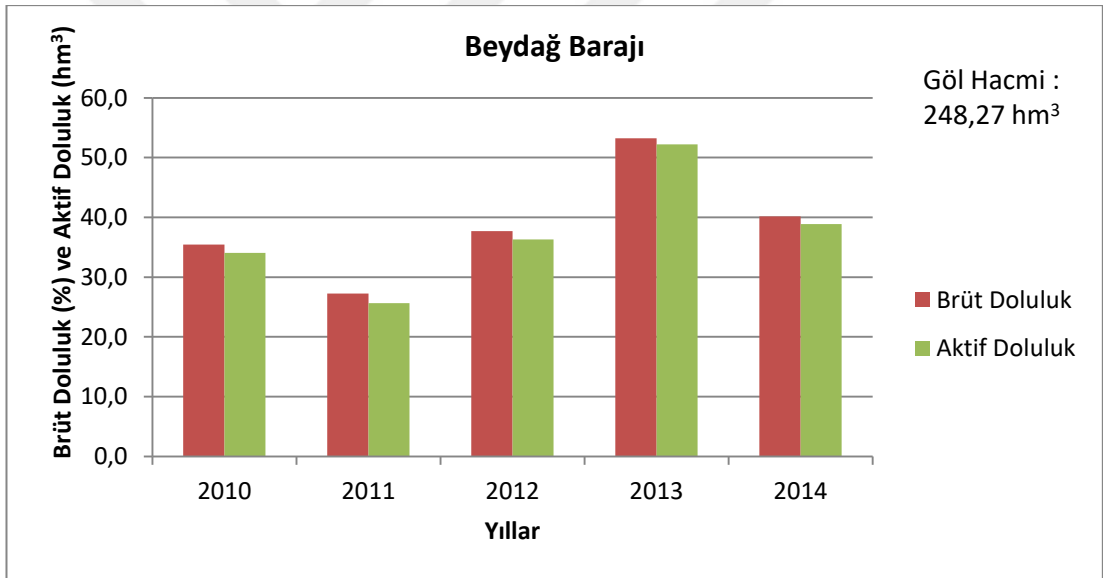
Şekil 3.12 Tahtalı Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği (DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, 2015)



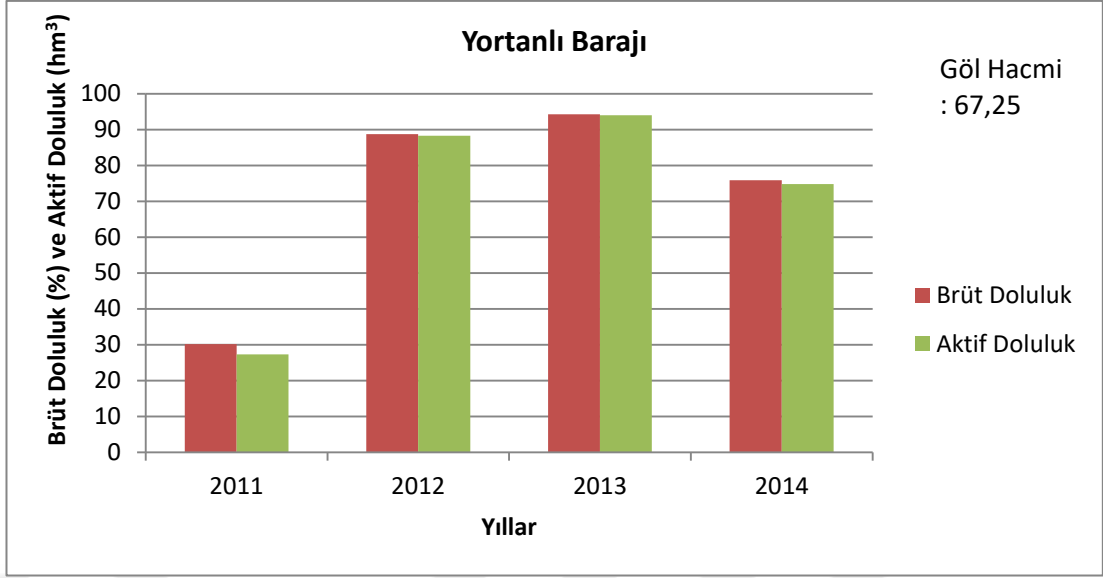
Şekil 3.13 Alaçatı Kutlu Aktaş Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği (DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, 2015)



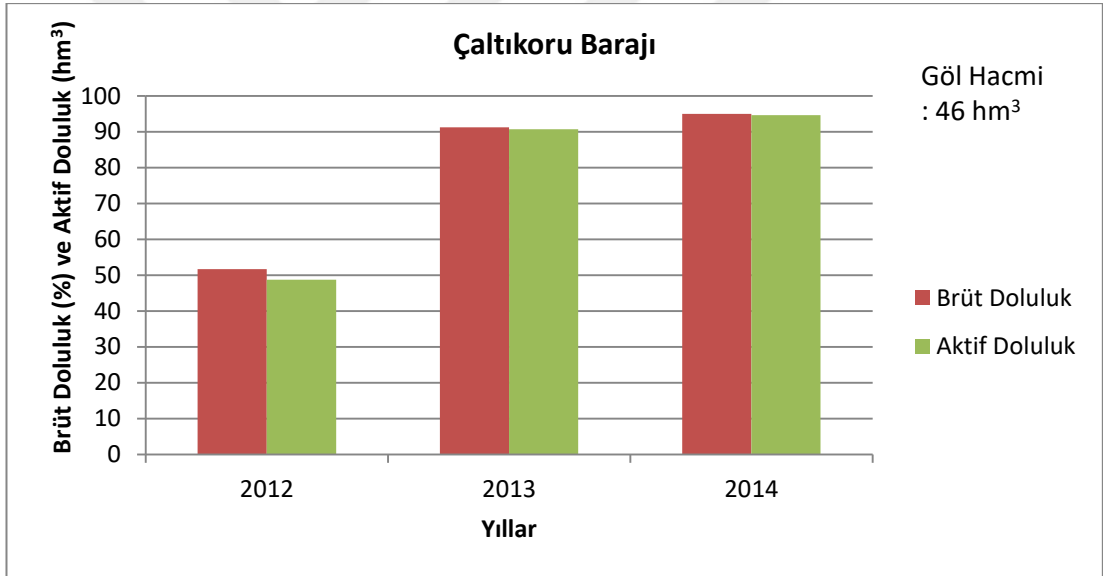
Şekil 3.14 Kavakdere Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği (DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, 2015)



Şekil 3.15 Beydağ Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği (DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, 2015)



Şekil 3.16 Yortanlı Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği (DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, 2015)



Şekil 3.17 Çaltıköy Barajı'nın brüt ve aktif doluluk grafiği (DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, 2015)

Yukarıda ifade edilen İzmir iline su sağlayan yeraltı ve yerüstü su kaynakları Şekil 3.18'te konumları ile beraber verilmiştir.



Şekil 3.18 İzmir ilinin içme suyu kaynakları (İZSU, 2016)

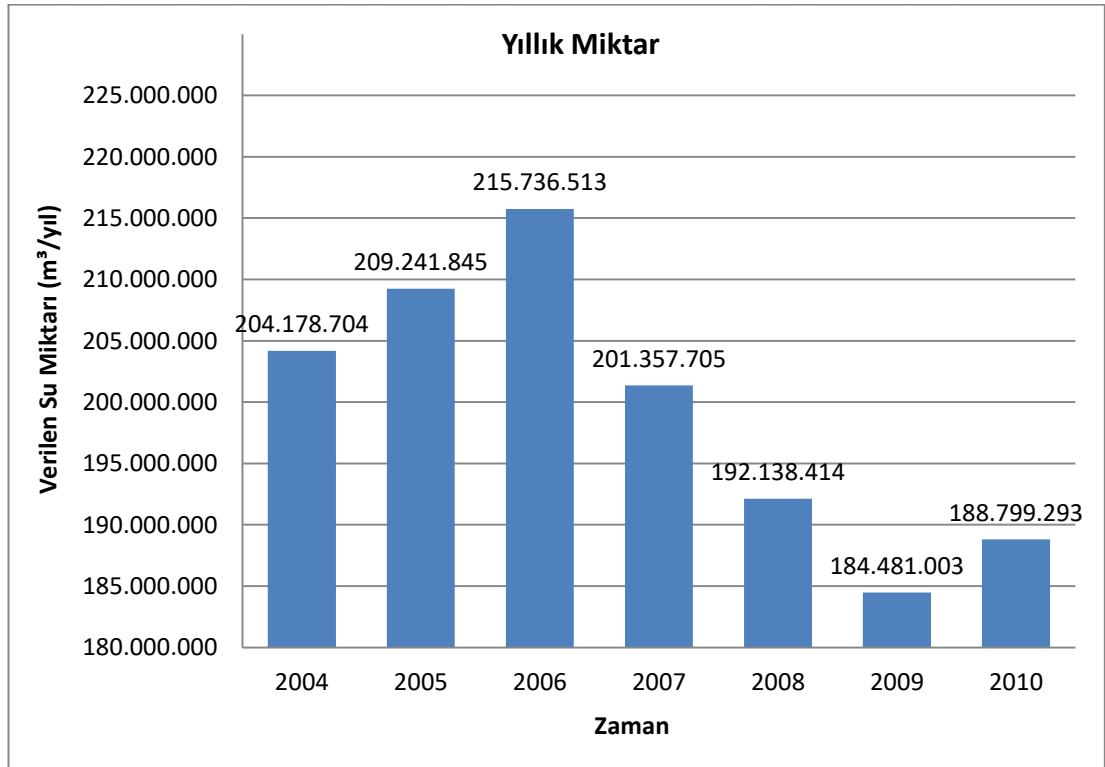
3.1.3 İzmir İline Verilen Su Miktarı

İzmir kent merkezi olarak adlandırılan bölgeye 2010 yılı için günlük ortalama olarak verilen içme suyu miktarı 517,258 m³'tür. 2004 yılından başlayarak İzmir iline yıllık verilen ortalama su miktarı aşağıda Tablo 3.1'de verildiği gibidir.

Tablo 3.1 İzmir'e 2004-2010 yılları arasında verilen su miktarı (İZSU, 2016)

Yıl	Kente verilen su miktarı		
	m ³ /yıl	m ³ /gün	litre/saniye
2004	204 178 704	559 394	6474
2005	209 241 845	573 265	6635
2006	215 736 513	591 059	6841
2007	201 357 705	551 665	6385
2008	192 138 414	526 407	6093
2009	184 481 003	505 427	5850
2010	188 799 293	517 258	5987

Bu değerleri kullanarak yıl bazında metre küp cinsinden kente sağlanan suyun değişimini incelemek için aşağıda verilen Şekil 3.19'dan faydalanabiliriz.



Şekil 3.19 2004-2010 yıllarında İzmir iline verilen yıllık su miktarları (İZSU, 2016)

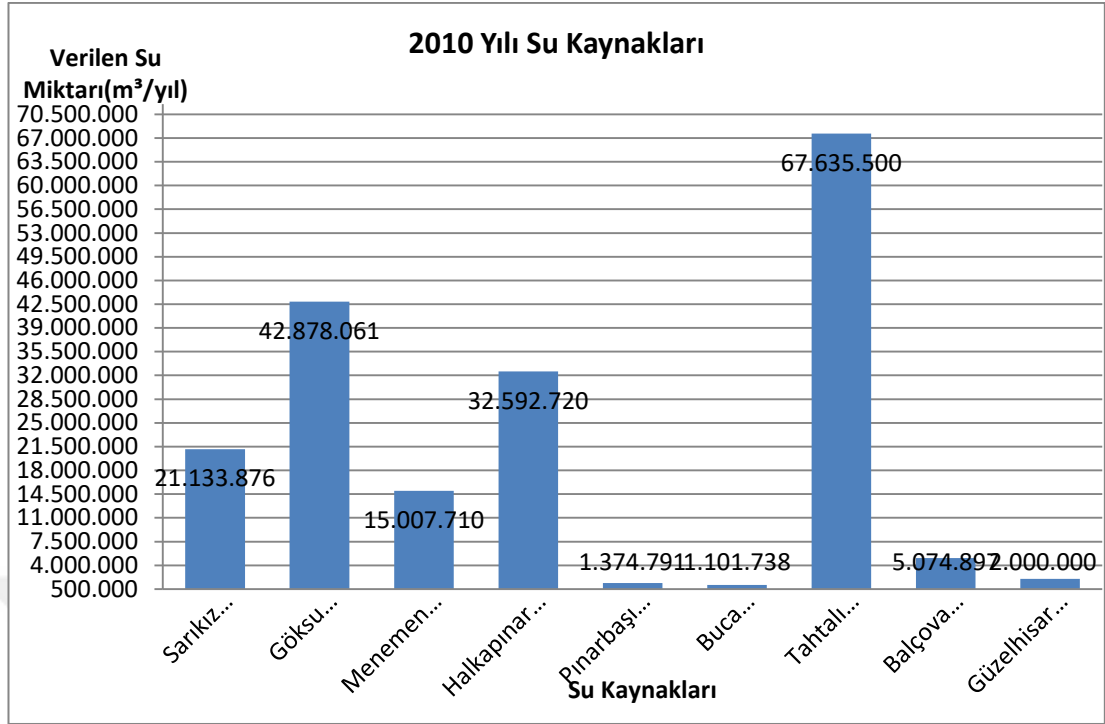
Yukarıdaki şekilden anlaşılabacağı gibi 2005 senesinde İzmir'e verilen su miktarı bir önceki seneye göre artış göstermiştir. 2006 yılı içinde aynı durum yaşanmıştır. Burada ifade edilen 7 yıllık zaman diliminde İzmir iline verilen su miktarı olarak en yüksek değer 2006 yılında oluşmuştur. Enteresan olan gelişme 2007 yılında yaşanmıştır. Bu senede şehre verilen su miktarı 2004 yılından dahi az miktarda gerçekleşmiştir. 2007 yılında oluşan bu azalma 2008 ve 2009 yılında da yaşanmıştır. Hatta 2009 yılı bu 7 yıllık periyottaki en düşük değere sahiptir. 2010 yılına gelindiğinde ise bir önceki seneye göre artış yaşanmıştır. Ancak bu artış 2007 yılındaki değerin yanından dahi geçemez. İzmir'e verilen sulardaki azalışın ana nedeni ise 2000'li yıllarda %65 olan kayıp kaçak oranlarının, kentteki boruların değişimi birlikte, 2006'lı yıllardan sonra hızla azalarak %36'lere düşmesidir.

İzmir ilinde yer alan su kaynaklarının toplamının ortalama yıllık su potansiyeli Devlet Su İşleri tarafından 324 milyon m³ olarak belirlenmiştir. 2000 yılından 2010 yılına kadar olan dönemde sağlanan su miktarında, kayıp kaçak oranlarının düşürülmesi ile birlikte %38'lik bir azalma olmuştur ve yılda ortalama toplam 199,4 milyon m³ su sağlanabilmiştir. Aşağıda bulunan Tablo 3.2'de tek tek ve toplamda şehirde bulunan su kaynakların 2010 yılı için sağladıkları su miktarları verilmiştir.

Tablo 3.2 2010 yılında İzmir’e su sağlayan kaynakların tek tek ve toplam dağılımları (İZSU, 2016)

Su Kaynağı		2010 Yılı Üretilen Su Miktarı		
		m ³ /yıl	m ³ /gün	litre/saniye
Yeraltı suyu Kuyuları	Sarıköz Kuyuları	21 133 876	57 901	670,2
	Göksu Kuyuları	42 878 061	117 474	1 359,7
	Menemen ve Çavuşköy Kuyuları	15 007 710	41 117	475,9
	Halkapınar Kuyuları	32 592 720	89 295	1 033,5
	Pınarbaşı Kuyuları	1 374 791	3 767	43,6
	Buca Kuyuları	1 101 738	3 018	34,9
	Toplam Yeraltı Suyu Üretimi	114 088 896	312 572	3 617,7
Barajlar	Tahtalı Barajı	67 635 500	185 303	2 144,7
	Balçova Barajı	5 074 897	13 904	160,9
	Güzelhisar Barajı	2 000 000	5 479	63,4
	Toplam Yüzeysel Su Üretimi	74 710 397	204 686	2 369,1
Toplam Üretilen Su		188 799 293	517 258	5 986,8

Yukarıdaki Tablo 3.2’de bulunan değerler kullanılarak Şekil 3.20 oluşturulmuştur. Yerüstü su kaynakları İzmir iline sağlanan suyun %39,58’lik kısmını oluşturmaktadır. Bu şekilde faydalanılarak yapılabilecek yorumlardan birisi İzmir ilinin en büyük su yükünü çeken kaynağın Tahtalı Barajı olduğudur. Yani bir yerüstü su kaynağı, verilen toplam su miktarının %35,82 gibi yüksek bir oranını elinde tutmaktadır. Yeraltı su kaynakları İzmir iline sağlanan suyun %60,42’lik kısmını oluştururken bunlardan Göksu Kuyuları verilen toplam su miktarı içerisinde %22,71’lik paya sahip olarak ilk sırada yer almaktadır. Diğer kaynaklar ise Halkapınar Kuyuları, Menemen ve Çavuşköy Kuyuları şeklinde sıralanmaktadır.



Şekil 3.20 2010 yılında kaynaklar bazında İzmir iline verilen yıllık su miktarları (İZSU, 2016)

3.1.4. İzmir İlindeki Kaçak ve Kayıplar

İzmir ilinde belediyeler bazında kişi başı günlük kullanım için çekilen su miktarı Türkiye İstatistik Kurumu tarafından 2014 yılında yapılan bir araştırma ile 180 litre olarak belirlenmiştir. Bu değer Türkiye ortalamasında kendisini 203 litre olarak göstermektedir.

Kayıp ve kaçak oranı 2000’li yıllarda %65 gibi çok yüksek miktarlarda bulunmaktadır. 2007 yılı için bu değer %50 civarında kendini göstermiş ve 2010 yılına gelindiğinde %36,4’e gerilemiştir. 2014 yılı için gerçekleşen kayıplar %32,64 civarındadır. Ancak bu miktar hala yeterli düzeylerde değildir. Çünkü kayıp ve kaçak oranı bir ülkenin veya şehrin gelişmişlik düzeyini ifade etmektedir ve gelişmiş ülkelerde %10 civarında bulunmaktadır.

3.2 İklim Değişimi ve Tarım Suyu

En çok kullanımın gerçekleştiği alan olması sebebiyle tarım sektörünü detaylarıyla incelemek faydalı olacaktır. 1960’larda ortaya çıkan ve “*Yeşil Devrim*” olarak adlandırılan bir yapılanma sonucunda tarım alanında üretim artışı yaşanmıştır. Üretimin artması demek kullanılan su miktarının da artması anlamına gelmektedir. Örneğin; 1 ton buğday üretimi yapılabilmesi için 1 000 ton civarında su gereksinimi duyulmaktadır (Neubert ve Susanne, 2001).

Tarım üreticileri iklimin sıcak ve yağışın az olduğu bölgelerde bitkilerdeki gelişimi sağlamak adına gelişi güzel sulama yapabilirler. Gelişi güzel yapılan bu sulama, suda bulunan tuzun toprağa geçmesine neden olmaktadır. Bahsedilen tuz geçişi; toprağa verilen ve kendisinin çektiği suyun sıcaklık nedeniyle hızlı bir buharlaşma geçirmesi ve geriye kalan tek şeyin sudan ayrılmış tuz olarak kalması şeklinde gerçekleşmektedir. Bu da tarımsal üretimin azalmasına, sınırlı miktarlarda olmasına ve verimsizliğin oluşmasına neden olmaktadır. Buna ülkemiz sınırları içerisinde verilebilecek en güzel örnek, Fırat Nehri’nin suyunun iyi bir kalitede olmasına rağmen her yıl 10 dekar miktardaki toprağa 1,1 ton civarında tuz aktarması gerçekleştiriyor olmasıdır.

Tarım alanında gübre kullanımının verimliliği arttırdığının anlaşılması sonucunda suni gübre kullanımı geçtiğimiz yüzyıldan günümüze gelene kadar neredeyse on kat artış göstermiştir. Gübre kullanımının artması ile su kullanımı arasında bir bağıntı bulunmaktadır. Ki bu bağıntı sonucunda gübre kullanımında on kat artışın yaşandığı zaman zarfında su kullanımı da üç kat artmıştır. Bu artışı karşılamak için de özellikle yerüstü su kaynakları kullanılmıştır. Yerüstü suları yetersiz kalmaya başlayınca doğal olarak yeraltı su kaynaklarına yönelmeler olmuştur (Brown, 2006). Burada gözden kaçırılmaması gereken bir nokta vardır ki; suda sağlanacak olan verimlilik artışının sonucunda tarımda da doğrudan bir verim artışı yaşanacağı olduğudur.

Ülkemizde de bir zamanlar yoğun bir şekilde kullanılmakta olan ark ile sulama sisteminin doğru bir sistem olmadığı yapılan araştırmalar sonucunda anlaşılmıştır.

Öncelikle bu yönteme alternatif olarak yağmurlama sulama sistemi ortaya çıkmıştır. Yağmurlama sistemi ile neredeyse %30'luk bir tasarruf sağlamıştır. Günümüzde ise sulama sistemleri daha da gelişmiş ve artık son nokta olan damla sulama sistemine geçilmiştir. Kullanılan bu sistem sayesinde ark ile sulamaya nazaran %50'lik bir tasarruf sağlanmıştır (Brown, 2006). Bu alanda yapılan diğer araştırmalar sonucunda varılan bir başka sonuç ise; geleneksel sulama ile suyun %30-35'i bitki tarafından kullanılabilir olmasına rağmen modern sulama yöntemleri ile bu oranın %90-95'lere kadar yükseltilebildiğidir. Dünya üzerinde damla sulama sistemi özellikle Ürdün, İsrail gibi su kaynakları konusunda problem yaşayan ülkelerde kullanılmaktadır. Ülkemizde sulamaya açık olan alanların %91'i yüzey sulama yöntemleriyle, %7'si yağmurlama sulama yöntemiyle ve geriye kalan %2'si de damla sulama yöntemiyle sulanmaktadır. Bu kullanım oranlarına ek olarak, sulanmaya uygun özellikte olan alanların hepsinin sulamaya açılması durumunda var olan su kaynaklarının ($112 \text{ km}^3/\text{yıl}$) yetersiz kalacağı da göz ardı edilemez bir gerçektir (Kanber ve diğer., 2005). Görüldüğü gibi ülkemizde etkin bir şekilde kullanılan sulama sistemi açık sulama olan ark ile sulama sistemidir. Bu durumda da sulanan alanların büyük bölümünde yüzey sulama yöntemleri hakimiyet sürdürmektedir. Bu tarz sulama nedeniyle buharlaşma, su kayıpları ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği gibi olumsuzluklar ortaya çıkmıştır ve giderek artan bir şekilde devam etmektedir. Bu sebeplerle etkin sulama tekniklerinin ülkemizde de yaygınlaşarak kullanılması gerekmektedir. Bunun için bugün ki teknolojiler ışığında kullanılacak en doğru sulama sistemi damla sulama sistemidir. Tarım sektöründe kullanılan suyun azaltılması başarılabilirse su kaynakları ve sürdürülebilirlik açısından büyük bir adım atılmış olacaktır (Korukçu ve diğer., 2007). Bütün bu bilgilere rağmen günümüzde hala Dünya üzerindeki toplam su tüketiminin %73'ü tarım alanında kullanılmaktadır. Ülkemizde tarım alanında kullanılan su miktarı Dünya'da bu sektörde yaşanan su kullanımı ile aynı seviyelerde bulunmaktadır. Ülkemizde bu alandaki su tüketimi 2007 yılında DSİ tarafından açıklanan oranlara göre %73,8 civarında bulunmaktaydı. Son zamanlarda yapılan açıklamalara göre ise tarım alanında kullanılan su miktarı %73 seviyelerine gerilemiştir. Dünya'daki kullanım ile aynı miktara sahip olsak da bu değer tabii ki azaltılması gerekmektedir. Tarım sektöründe suyun bu miktarda kullanıyor olmasının nedenlerinden birisi artan

nüfus ve buna bağlı olarak yüksek rakamlardaki nüfusun duyduğu gıda ihtiyacıdır. Aslında tarım sektörü artan nüfus ve iklim değişimi nedeniyle yaşanacak su potansiyeli azalmasından olumsuz yönde etkilenecektir. Bu durumlar birbirlerine bir zincir gibi bağlıdır. Bu sebeple de su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması zorunlu hale gelmiştir.

Tarım alanında suyun etkin kullanımı anlamında yapılması gerekenlerden biri, su kaynaktan bitkiye gelene kadar oluşan kayıp ve kaçakların en aza indirilmesidir. Bu alanda su kaynaklarının etkin kullanımı için su tasarrufu sağlayan yöntemler seçilmelidir. Basınçlı sulama yöntemlerinden damla sulama yöntemi tercih edilerek, kısıntılı sulama yapılarak, sulamada miktara bağlı olarak ücretlendirilmeye gidilerek, sulamanın açık sistemler yerine borulu sistemler yapılarak tasarruf önlemleri alınabilir.

İzmir ili ülkemizdeki tarım alanlarının %1,4'lük kısmına sahip olmakla beraber bu alanların büyüklüğü açısından 28. sırada yer almaktadır (TÜİK, 2007). İzmir ilinin toplamda 12 012 000 dekar (da) olan yüzölçümünün %30,5'ini tarım alanı, %10,1'ini çayır-mera; %40,8'ini orman-fundalık ve %18,6'sını da tarım dışı arazi oluşturmaktadır. 2001 yılında yapılan Genel Tarım Sayımları sonuçlarına göre İzmir ili için tarım arazisi 2 731 986 da iken tarım işletme sayısı 7 856'dır (DİE, 2001). İzmir ilinde sulanmayan alanlar tüm tarım arazilerinin yaklaşık yarısını oluşturmaktadır (İzmir İl Tarım Müdürlüğü, 2007). Sulanabilir arazilerin de %74,3'ünde sulama işlemi yapılmaktadır (TKB, 2006). Bu arazilerin tamamında sulama yapılabilmesi için gerekli olan alt yapının oluşturulması ile mantıklı adımların atılması gerekmektedir. Modern sulama teknikleri açısından İzmir ili değerlendirilecek olursa karşılaşılan kullanım oranı sadece %8'dir (Tomar, 2006).

3.2.1 Basınçlı Sulama

Tarım alanında su kullanım etkinliğini ifade eden sulama randımanı; sulama suyuna duyulan ihtiyacın, kaynaktan sulama için alınan suya oranı şeklinde

tanımlanabilir. Ülkemizde tarım alanında sulama randımanını etkileyen en önemli faktör, gerçekleşen aşırı su kullanımıdır.

Ülkemizde de yoğun olarak kullanılan klasik sulama yöntemi; arkların doğru bir şekilde boyutlandırılmaması ve sulama parsellerinin küçük olması sonucunda su yönetimini güçleştirmekte, tarla içi su kayıplarını arttırmakta, sulamadaki verimliliği düşürmektedir. Klasik sulama yönteminin yarattığı sıkıntılar işletme kayıpları, sızma ve buharlaşma olarak özetlenebilir ve bu durumlar sonucunda sulamada sağlanan verim %50'lerdedir. Yani bitkiye 1 m³ civarında bir miktarda su sağlayabilmek için 2 m³ civarında su kullanmak gerekmektedir (Kanber ve diğer., 2005).

Sulama amaçlı kullanılmak için kaynaktan çekilen su bitkiye gelene kadar oluşan kayıplar nedeniyle gereğinden daha fazla miktarlarda olmak zorundadır. Bu nedenle ihtiyaç olan miktarların iki hatta üç katı miktarlarda su verilmektedir (Çakmak ve diğer., 2007). Sulama şebekelerinde kullanılan dağıtım ve iletim kanalları; toprak kanal, klasik beton kaplamalı kanal, kanalet ve borulu sistem şeklindedir. Ülkemiz sınırları içerisinde sulama sistemlerinin %46,6'si beton kaplama, %42,4'ü kanalet, %5,8'i toprak kanal ve %5,2'si borulu sistemden oluşmaktadır (Çakmak ve diğer., 2005). Sulama şebekelerinde yaşanan kayıpların ortalama değeri %10 olarak belirtilmesine rağmen uygulamada bu değer tabi ki daha yükseklere ulaşmaktadır. Teknolojinin nimetlerinden yararlanılarak oluşturulan borulu sulama sisteminin kullanılmasıyla yüksek miktarlarda su tasarrufları sağlamak mümkündür.

Toprak Envanter Etütlerine göre; ülkemiz sınırları içerisinde yer alan sulanabilir alanların %73'ü %0-12 eğim derecesindedir ve bu nedenle basınçlı sulama yöntemleriyle sulanmaları gerekmektedir. Damla sulama yönteminde kısmen arıtılmış su kullanılabilir ve bu su doğrudan bitkilerin kök bölgelerine verilmektedir. Bu yöntemin sık ve az miktarlarda uygulanabilecek olması artılarından ve arazinin hepsi değil sadece belirli bir bölümü ıslatılmaktadır. İşte bu özelliklere sahip olması nedeniyle damla sulama yöntemi ile tasarruf sağlamak mümkündür (Kanber ve diğer., 2008).

3.2.2 Kısıntılı Sulama

Bu sulama yöntemi su kaynaklarının tüm alanı sulamaya yetmediği durumlarda uygulanacak bir yöntemdir. Bu sulama planında ya kullanılan suda kısıntıya gidilir ya da sulanan alanlar daraltılarak, yani bir bölge sulanma dışında bırakılarak kısıntıya gidilir. Kısıntıya gidilecek zamanla ilgili olarak iki seçenek bulunmaktadır. Bunlardan ilki sürekli kısıntıya gitmek, ikincisi de kısıntıyı planlı olarak gerçekleştirmektir ki bu yöntemde bitkiye belirli gelişme dönemlerinde su verilmektedir. Bu da bitkinin daha az miktarda suya ihtiyaç duyması anlamına gelir. Sürekli kısıntı uygulaması farklı yöntemler benimsenerek uygulanabilir. Mesela her uygulamada verilen sulama suyu bir miktar azaltılabilir. Su verilme aralıkları uzatılabilir. Bu yöntem ile bitkiden maksimum verim sağlamak mümkün olmazken daha az su kullanılıyor olması nedeniyle su yönünden verimlilik sağlamak mümkündür. Bu yöntem ile sulama suyundan %50'lere varan değerlerde tasarruflar elde edilebilir. Bitkide yaşanacak verim azalması kabul edilebilir bir durum halindedir. Suda hangi zamanlarda kısıtlamaya gidileceği belirlenmesi sonucunda birim su ile daha fazla verim, daha fazla gelir elde edilir ve arttırılan su ile daha fazla miktarda alanların sulanması veya suyun başka alanlarda kullanımı gerçekleştirilebilir (Kodal, 2007).

Bu iki sulama yöntemine ek olarak atılabilecek adımlar arasında suyun fiyatlandırılması ve atık su ile sulama yöntemleri de bulunmaktadır. Suyun fiyatlandırılmasındaki temel amaç hem suyun daha az kullanılmasını sağlamak hem de kullanımı yapılan suda verimlilik ve tasarruf sağlamaktır. Tasarrufu sağlanan sular ile başka alanlar sulanabilir duruma getirilebilir veya başka sektörlere su aktarımı da yapılabilir. Ülkemiz sınırlarında suyun fiyatlandırılması yapılırken sulanan alan ve bitki çeşidine göre yapılmaktadır. Gerekli altyapı sistemleri bulunmadığı için su ölçümü yapılamamakta daha çok suyun verilme zamanına göre ücretlendirmeye gidilmektedir. Bu da aşırı su kullanımı sorunlarının yaşanmasına neden olmaktadır (Aküzüm ve Çakmak, 2008). Sulama suyunda sıkıntılar yaşanan bölgelerde sulama amacına yönelik nitelikleri barındıran atık sular tekrar kullanıma alınabilir. Sulama alanında; evsel atık sular, drenaj suyu ve taban suyu gibi kaynaklar kullanılmaktadır

(Çakmak ve Kendirli, 2001). Ancak kullanılacak olan atık suların barındırdıkları inorganik maddeler, patojenler ve miktarları bilinmelidir ki tarım işçileri ve çevre sağlığı açısından problemler yaşanmasın. Atık suların kullanımı ile ilgili prensipler Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği sayesinde belirli çerçevelere oturtulmuştur. Ülkemiz sınırları içerisinde son zamanlarda yaklaşık 130 000 hektarlık alan atık sular ile sulanmaktadır (Kanber ve diğer., 2007). Su kaynaklarında yaşanan kirlenme ve azalma dikkate alınırsa atık suların iyi derecelerde temizlenip tekrar sistemlerde kullanılmasının önemi de anlaşılmış olur (Kanber ve diğer., 2008).

3.3 İzmir’de Sanayide Kullanılan Su

Sanayi alanındaki su kullanımı iklim değişimlerine karşı hassasiyet içermemektedir. Bu alandaki kullanım daha çok uygulanan teknolojiler ve tarzlar ile şekillenmektedir. Ancak sanayideki soğutma suyu kullanımı iklim değişimi ile şekillenebilir. Su sıcaklıklarında yaşanan ısınmalar soğutma amaçlı kullanılan suyun etkisini azaltmakta ve bu da daha fazla su kullanımı sonucunu yaratmaktadır. Bu nedenle de kullanım suyunu arttırmak yerine soğutma teknolojilerini daha verimli bir hale getirmek yönünde adımlar atılmalıdır.

2007 yılında DSİ tarafından yapılan açıklamaya göre ülkemizde sanayi alanında kullanılan su miktarı %10,7 şeklindedir. Son zamanlarda yapılan açıklamalara göre bu alandaki su kullanım oranı %11’e yükselmiştir.

İzmir ili Ege Bölgesi ve komşu iller ile karşılaştırıldığında sanayi açısından öne çıkmaktadır. İzmir ili sanayi sektöründe yaşanan Gayri Safi Yurtiçi Hasıla’da artış açısından İstanbul ve Kocaeli’nden sonra 3. sırada bulunmaktadır. İzmir ilindeki Organize Sanayi Bölgeleri’nde bulunan işletmelerin sadece %30’unun kanalizasyon bağlantısı bulunmaktadır. Bu işletmelerden yalnızca %2’sinde ön arıtma sistemi bulunurken, %35’i genel atıksu arıtma tesisine bağlı bulunmaktadır. Serbest bölgelerde bulunan işletmelerin hepsinin kanalizasyon bağlantısı olmasına rağmen yalnız %4’ü ön arıtma tesisi barındırmakta ve %12’si genel atıksu arıtma tesisine bağlı bulunmaktadır.

3.4 İklim Değişimi ve Su Kaynaklarında Yaşanacak Azalmaların Diğer Etkileri

Bu kısımda zincirleme olarak yaşanan iklim değişimleri, bu durumun su kaynaklarını azaltması, bu durumunda diğer alanlar üzerinde yarattığı etkiler ve baskılamaların ne yönde olduğu incelenecektir.

3.4.1 İklim Değişimi-Nüfus Artışı-Su Kaynakları Üçlüsü

Bilim ve teknolojinin gelişmesi ile elde edilen yöntemler sayesinde hastalıklarda gerilemeler yaşanmış ve yaşam süresi uzamıştır. Bu gelişmeler sonucunda nüfusta yaşanan yükseliş miktarı her geçen gün artmıştır ve artmaya da devam etmektedir. Artan nüfus ile gezegenimizde ne kadar insanın barınabileceği, çevre koşullarının ve doğal kaynakların ne kadar insanın hayatını idame ettirmesine katkı sağlayacağı cevabı merak uyandıran sorular haline gelmiştir. Birleşmiş Milletler verilerine göre her 45 yılda bir dünya nüfusu %100 artmaktadır. Nüfusta yaşanan artış bu şekilde devamlılık gösterirse 2020’de 7,6, 2030’da 8,3, 2040’da 8,8 ve 2050’de 9,1 milyar olacağı öngörülmektedir (World Population Prospect, 2008). Bu öngörüler ile bizi bekleyen geleceğin pek de parlak olmadığı sonucuna varabiliriz.

Dünya nüfusunda yaşanan artış sonucu olarak kişi başına tüketilen su miktarı da artış göstermiştir. 1700’lü yıllarda Dünya üzerinde yaşayan insan sayısı 700 milyon civarında bulunmaktaydı ve bu tarihlerde kişi başına tüketilen su miktarı 110 m³ civarındaydı. Kullanılan miktarların büyük çoğunluğu, yaklaşık olarak %90’i tarım alanında gerçekleşmekteydi. 1990’lı yıllarda tüketilen su miktarı 1700’lere göre 40 katlık artış göstermiştir. Tabi ki bu zaman zarfında Dünya üzerindeki nüfus büyük miktarda artmış ve buna bağlı olarak da su tüketimi, çevre kirliliği gibi olumsuz durumlar baş göstermiştir. Bu süreç içerisinde çeşitli kurak dönemler yaşanmış bu da yeraltı su kaynaklarının daha yoğun bir şekilde kullanılmasına neden olmuş ve akiferler büyük ölçüde zarar görmüştür. Örneğin; Orta Anadolu’nun önemli tarım merkezi olan Konya Ovasında yapılan bilinçsiz tarım nedeni ile yeraltı suları çok derinlere inmiş ve şu an Tuz Gölünün tuzlu suları söz konusu boşalan akiferlere

dolmaya başlamıştır. Bu aşırı kullanım nedeniyle de su kaynakları olağanüstü miktarlarda zarar görmektedir.

İzmir'in nüfusu, 2007 yılında yapılan Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) verilerine göre 3 795 978 olarak belirlenmiştir. İzmir ilinin nüfus yapısında dikkat çekici noktalardan biri aldığı göç miktarının oldukça yüksek olmasıdır. 2000 yılı Genel Nüfus Sayımı (GNS) verilerine göre ülkemizin nüfus yoğunluğu 88, Ege Bölgesi'nin 99, İzmir ilinin ise 281 olarak belirlenmiştir. Bu verilere göre İzmir ili ülkemizde nüfus yoğunluğu açısından 3. sırada yer almaktadır. 2007 yılında yapılan ADNKS verilerine göre ise ülkemiz nüfus yoğunluğu 92, Ege Bölgesi 103, İzmir ili 311 olacak şekilde artış göstermiştir (TÜİK, 2008). Bütün bunlara rağmen 2007 yılı ADNKS verilerine göre İzmir ilinin %45'i İzmir ilinde nüfusa kayıtlı bulunmadığı da göz ardı edilmemelidir. Aradan bir yıl geçtikten sonra tekrarlanan ADNKS sonucunda ülkemizdeki nüfus yoğunluğu 93, Ege Bölgesi 105, İzmir ili 316'ya ulaşmıştır. İzmir ilinin nüfus artış hızı uzun zamandır ülkemizin ortalamasının üzerinde gerçekleşmektedir. Son 82 yılda ülkemizin nüfusunda 5 kat artış yaşanırken, İzmir ilinde 7 katlık bir artış görülmüştür. Nüfusta yaşanan bu artış tabi ki daha fazla su ihtiyacına ve kullanımına neden olarak su kaynakları üzerinde baskıya neden olmaktadır.

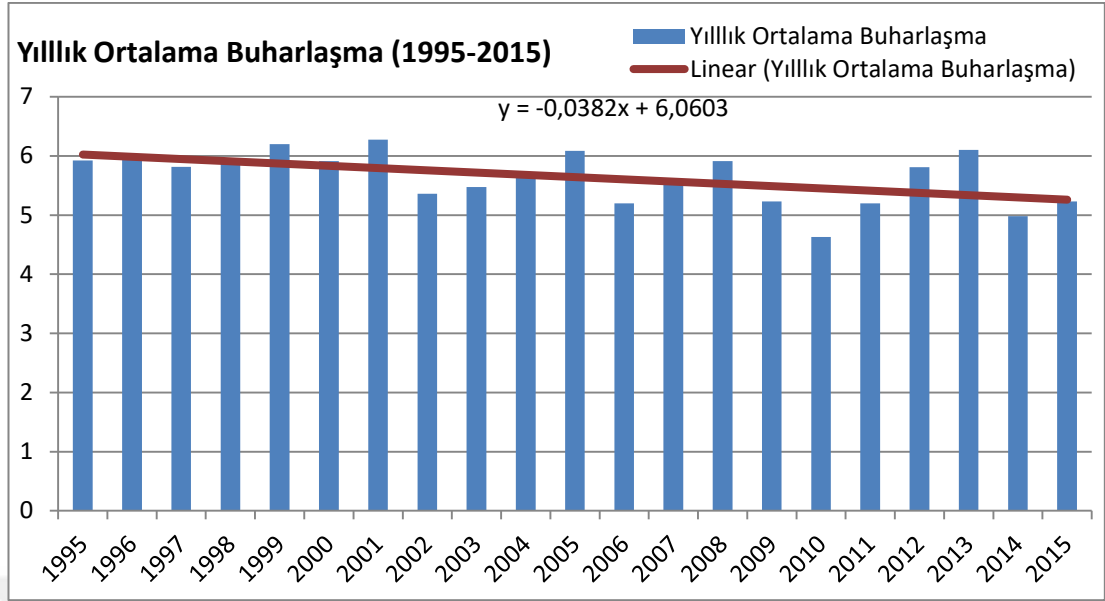
3.5 Suyla İlişkin Sorunların Nedeni

Yaşamımız için vazgeçilmez bir kaynak olan su ve onun sürdürülebilirliği; yaşanan nüfus artışı, kayıp-kaçaklar ve aşırı kentleşme gibi sebeplerle tehdit altında bulunmaktadır. Yukarıda bulunan bölümlerde İzmir ilinin nüfus artışı yaşadığı, kayıp-kaçak sıkıntısı olduğu ve ilin aşırı derecede göç aldığı ifade edilmiştir. Bunlar göz önüne alındığında tüm alanlarda talep edilen su miktarı artmakta ve bunun sonucu olarak da yerüstü-yeraltı su kaynakları tükenme sınırlarına gelmektedir. İnsanların suyu verimli ve akılcı bir şekilde kullanmaması, su kullanım bilincinin yerleşmemiş olması da önemli faktörlerdendir. Üretim sektörünün suya olan duyarsızlığı, sanayileşme, ekonomik alanda devam eden büyüme gelişmeleri suya ilişkin yaşanan sorunlara negatif yönde etki etmektedir. Örneğin İzmir ili içinde su

kullanan sanayiden veri alınamamakta ve sağlıklı kentleşme için ileriye dönük planlar gerçekçi olarak yapılamamaktadır. Ve daha da ilginç ise sanayi sektörünün suyu alıp sadece üretimlerinde aracı olarak kullanmakta ve suya karıştırdıkları kimyasal kirleticileri önemsememekte ve bazen ön arıtma dahi yapmadan tekrar şehir şebekesine göndermektedir. Zaten sınırlı olan su kaynaklarını kullanarak sınırsız bir büyüme ve gelişmeyi hedeflemek başlı başına yanlış bir tercihtir.

3.6 Buharlaşma, Güneşlenme Süresi ve Bulutluluk

Sıcaklık artışlarının bir sonucu da havanın su tutma kapasitesini arttırarak potansiyel buharlaşmanın daha yüksek seviyelere çıkmasıdır. Nemli olarak adlandırabileceğimiz bölgelerde atmosferin sahip olduğu nem içeriği buharlaşma üzerinde önemli bir kısıtlayıcıdır. Bu nedenle nem oranında gerçekleşecek bir değişim buharlaşma oranını etkileyecektir. Bir bölgenin sahip olduğu bitki örtüsü, çeşitliliği ve özellikleri buharlaşma üzerinde önemli etkilere sahiptir. Yağışlarda yaşanan azalmaların bir etkeni de bitki örtüsüdür. Farklılık arz eden bitki örtüsü türleri farklı miktarlarda terleme oranlarına sahiptir. Ayrıca farklı bitki örtüsü türleri bitkiler üzerinde bulunan havada farklı türbülanslar oluşmasına neden olur. Oluşan türbülans miktarı arttıkça buharlaşma da artar. Su havzasında oluşması muhtemel olan bir bitki örtüsü değişimi yine bu havzadaki su dengesini etkileyebilir. Ülkemizde buharlaşmanın en fazla yaşandığı yer Cizre, en az yaşandığı yer ise Karadeniz Bölgesi'dir. İzmir ili özelinde buharlaşmayı inceleyecek olursak aşağıda yer alan 1995-2015 arası için yıllık buharlaşma verileri kullanılarak çizilmiş grafikten yararlanılabilir.



Şekil 3.21 1995-2015 arası İzmir ili yıllık ortalama buharlaşma (DMİ, 2016)

Grafikten de anlaşılacağı üzere buharlaşma miktarında bir azalma görülmektedir. Bunun nedeni yukarıda belirtildiği gibi bitki örtüsü değişimi olabileceği gibi başka küçük nedenlerin birleşmesinin oluşturduğu bir etki de olabilir. Ancak burada eğim oranının 0,03 gibi küçük bir değer olduğunu ifade etmekte fayda bulunmaktadır. (Nispi nem: Mevcut olan basınç ve sıcaklık değerlerinde, havada bulunan su miktarının, aynı basınç ve sıcaklıktaki havanın alabileceği maksimum düzeydeki su buharı miktarı oranına verilen isimdir ve yüzde (%) ile ifade edilir. Başka bir söylev ile nispi nem havanın sahip olduğu doyma açığını göstermektedir. Nispi nem mutlak nem miktarını vermemektedir. Buharlaşma ile nispi nem arasında ters bir ilişki vardır.)

Ülkemizde güneşlenme süresi ve şiddeti kuzey enlemlerde az, güney enlemlerde ise fazla miktarlarda gerçekleşir. Ülkemizdeki 81 ilin güneşlenme sürelerinin ortalaması alındığı zaman ulaşılan değer yıllık 2,6665 saattir. İzmir ili için bu değer 2,986 olduğu göz önüne alınırsa ortalamanın 0,3195’lik bir fazlalık görülmektedir.

Bulutluluk oranı ülkemizin kuzey enlemlerinde yüksek olmasına karşın güney enlemlerinde düşüktür. Karadeniz Bölgesi’nde yaşanan yüksek yağış miktarlarının da bu durum ile ilişkisi bulunmaktadır. Çünkü bulutluluk ile yağış arasında doğrusal bir

ilişki bulunmaktadır. İzmir ili için bulutluluk oranı orta derecelerde bulunmaktadır. Yağış gerçekleştiği zaman bulutluluk oranında artış olduğu gözle görülen bir gerçektir.



BÖLÜM DÖRT

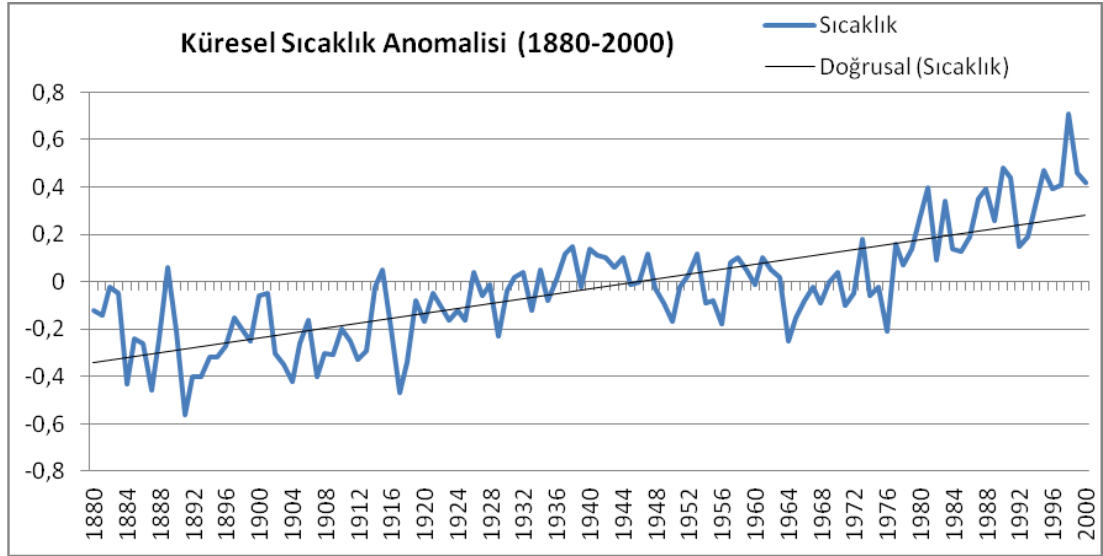
İZMİR İKLİMİ

4.1 İklimsel Değişimler

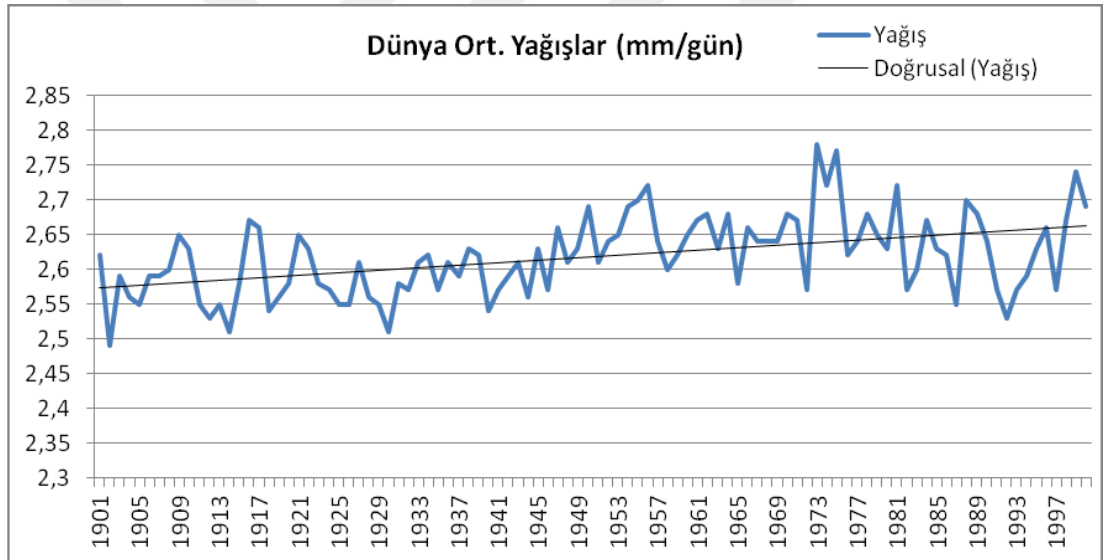
İklimler, her zaman biriminde, ya “küresel ısınma” ya da “küresel soğuma” eğiliminde olurlar. Bilimde küresel soğuma dönemlerine “buzul çağları”, küresel ısınma dönemlerine de “yağmur çağları” denir. Dünyamız, majör olarak son 18 000 yıldan bu yana küresel ısınma döneminde, diğer bir deyişle yağmur çağındadır. Ancak bu küresel ısınma ya da küresel soğumaların içerisinde de mutlaka iniş çıkışlar mevcuttur. Son 18 000 yıldan bu yana küresel ısınmadayız ancak, kabaca 8-10’ar yıl süre ile ve göreceli olarak sıcaklıklar artar ve azalır. Sıcaklığın arttığı yıllarda yağışlar ortalamaların üzerine çıkar (wet period), azaldığı yıllarda da altına düşer (dry period). Ülkemizde 1960, 1980, 2000’li yıllar yağışlı, 1970, 1990 ve 2010’lu doğru gelinen yıllarda da kurak geçmiştir. Aynı şekilde İzmir’de de yağışlar bu şekilde gerçekleşmiştir. Diğer bir deyişle iklimler son derece düzenli doğa olayları olup az ya da çok yağın dönemler önceden tahmin edilebilmektedir.

4.2 Sıcaklık ve Yağış İlişkisi

Sıcaklık arttıkça yağışlar artar, sıcaklıklar azaldıkça da yağış azalır. Çünkü yağışın ana faktörü buharlaşmadır, dolayısı ile sıcaklıktır. Yani sıcaklık ve yağış birlikte artar ve birlikte düşerler. NASA’nın dünyanın son 100 yıldaki sıcaklık ve yağış anomalileri incelendiğinde, yağışların sıcaklık ile arttığı görülebilir (Şekil 4.1, 4.2).



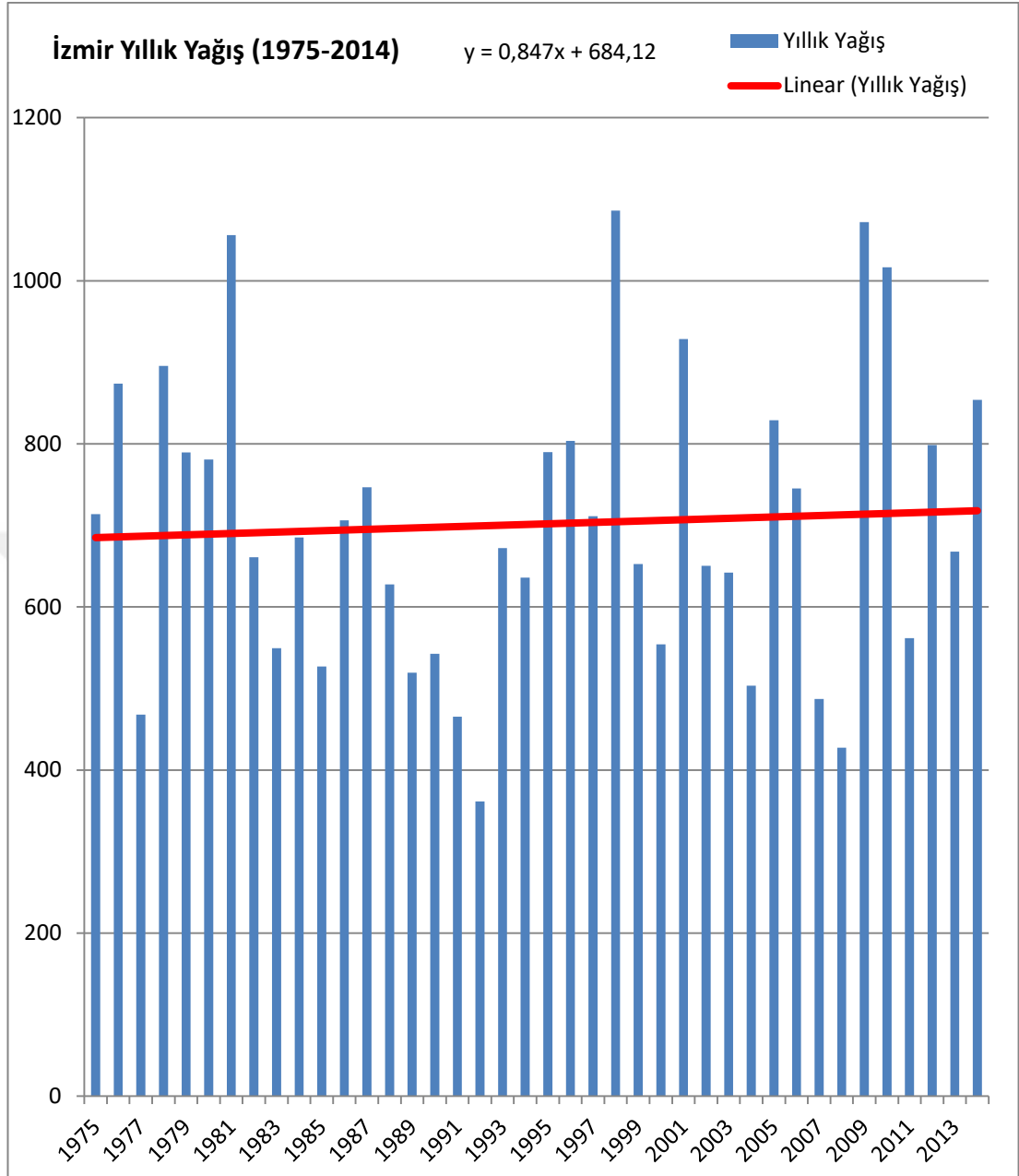
Şekil 4.1 1901-2000 yılları arası küresel sıcaklık anomalisi (Hansen ve diğer., 2010)



Şekil 4.2 1901-2000 yılları arası dünya ortalama yağışları (Hansen ve diğer., 2010)

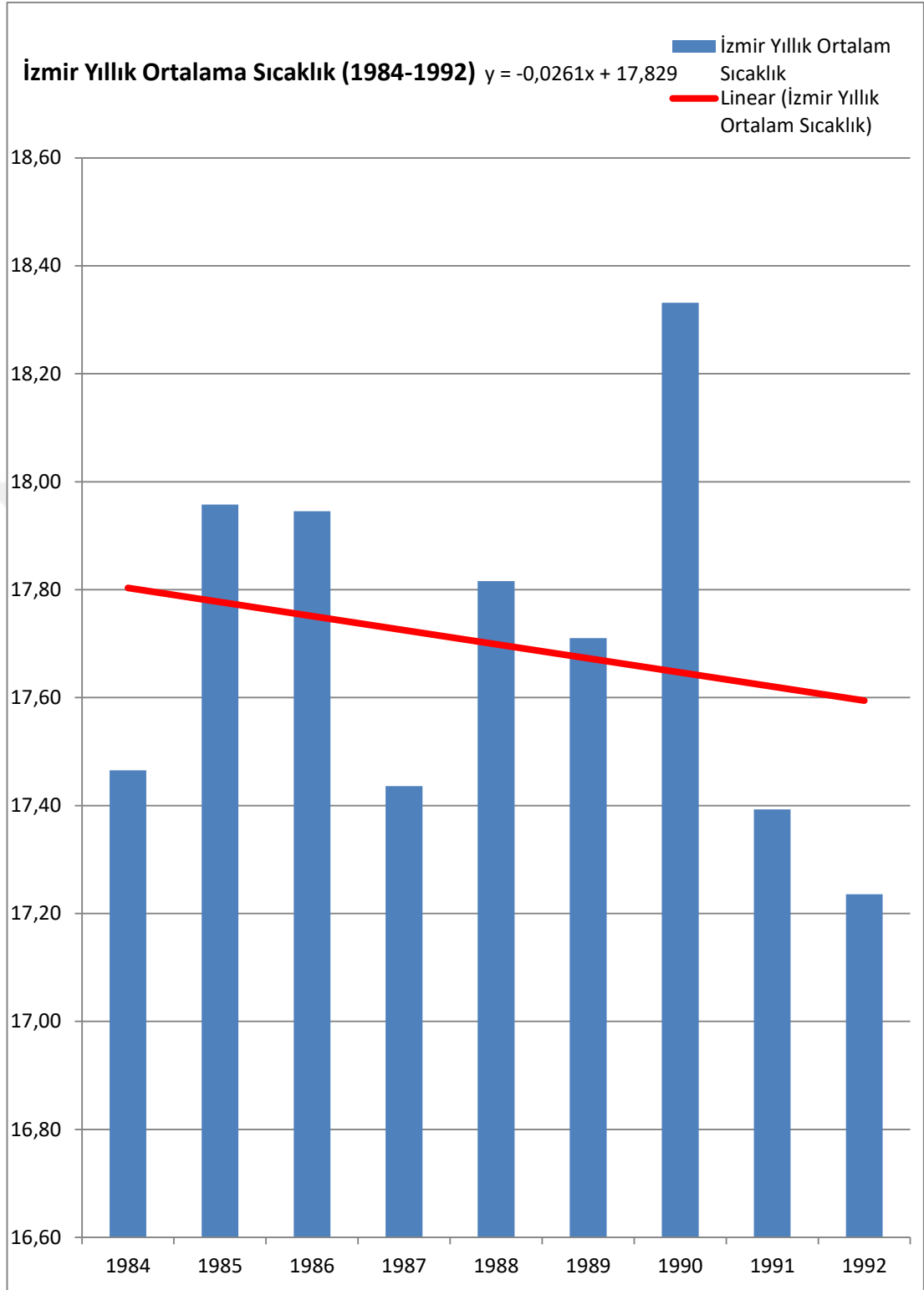
4.2.1 İzmir Sıcaklık ve Yağış İlişkisi

İzmir’de 1975 ile 2014 yılları arasındaki ortalama yağışlara bakıldığında 1970’li, 1990’lı ve 2010’lu yıllara doğru ciddi kuraklıklar yaşandığı, 1980, 2000 ve günümüzde ise yağışların oldukça iyi olduğu görülebilir.

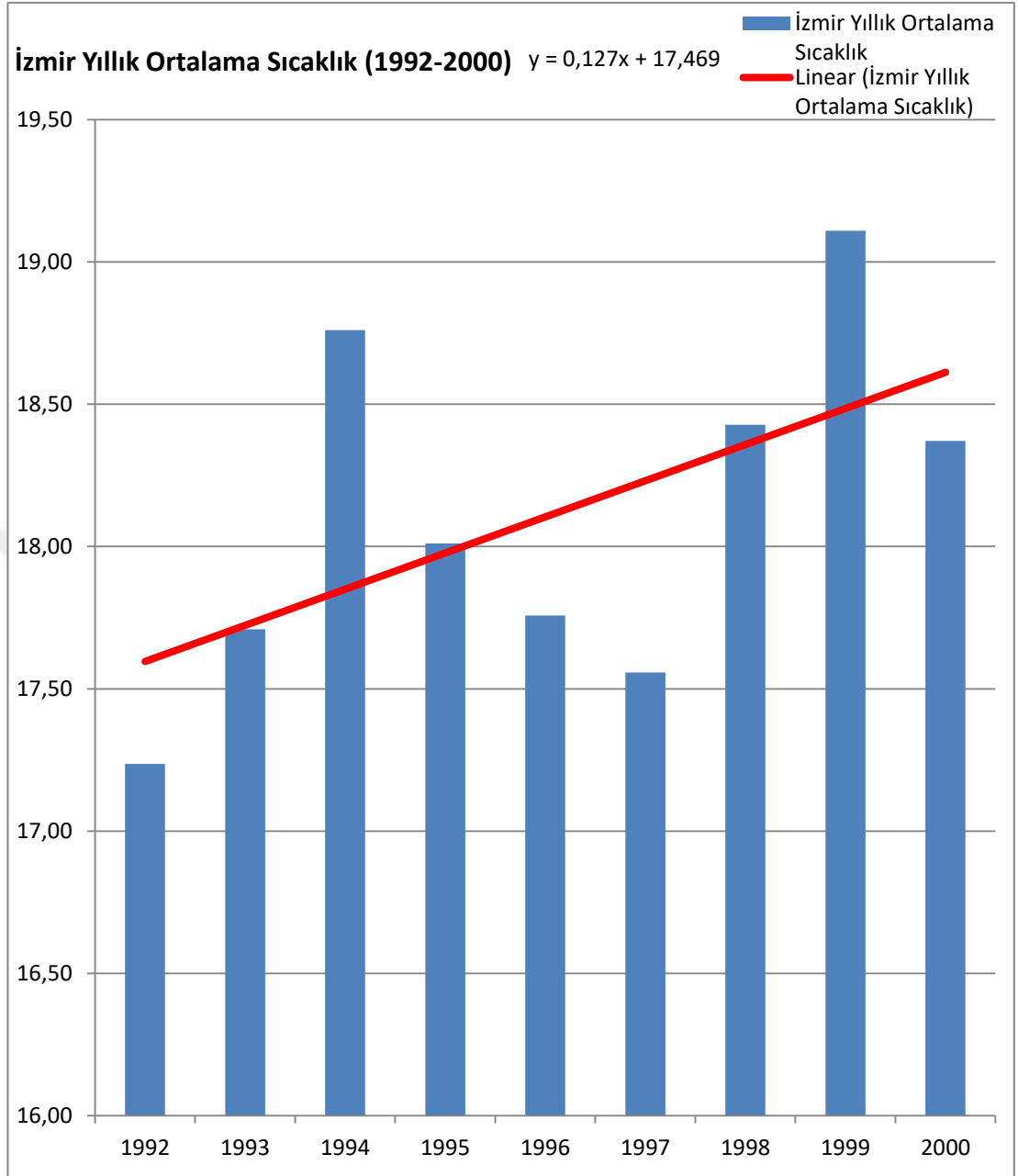


Şekil 4.3 1975-2014 yılları arası içim İzmir ilinin yıllık yağış değişimi (DMİ, 2016)

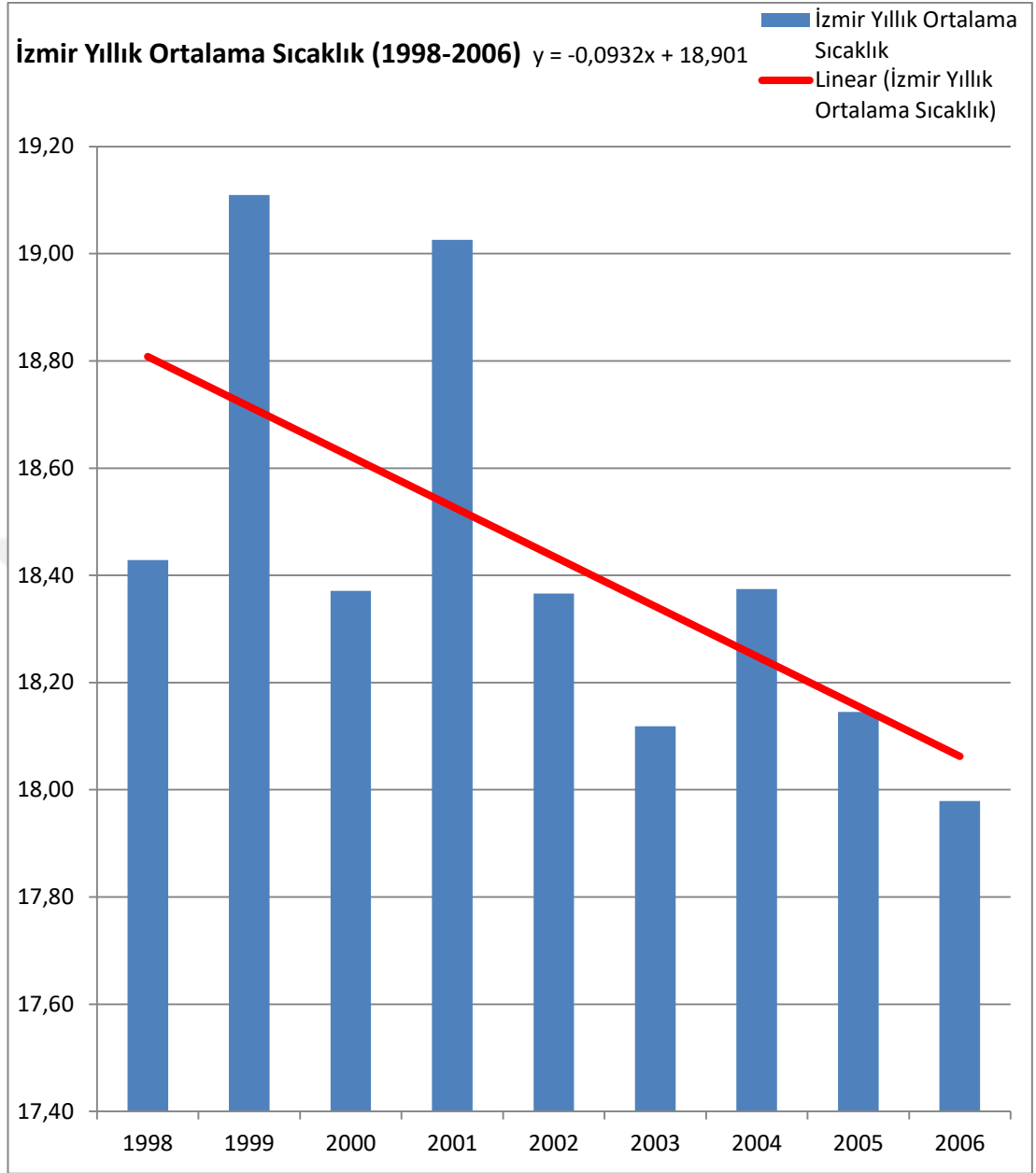
Ancak yağışlar tamamen sıcaklığa bağlı olarak gelişmektedir. Buna örnek olarak İzmir'in 1984-1992, 1992-2000, 1998-2006, 2006-2015 yılları arasında oluşan yağışların doğrudan sıcaklıklara bağlı olduğu Şekil 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 de görülebilir. Özetle sıcaklık arttıkça yağış artmakta, sıcaklıklar düştüğü zamanda kuraklık yaşanmaktadır.



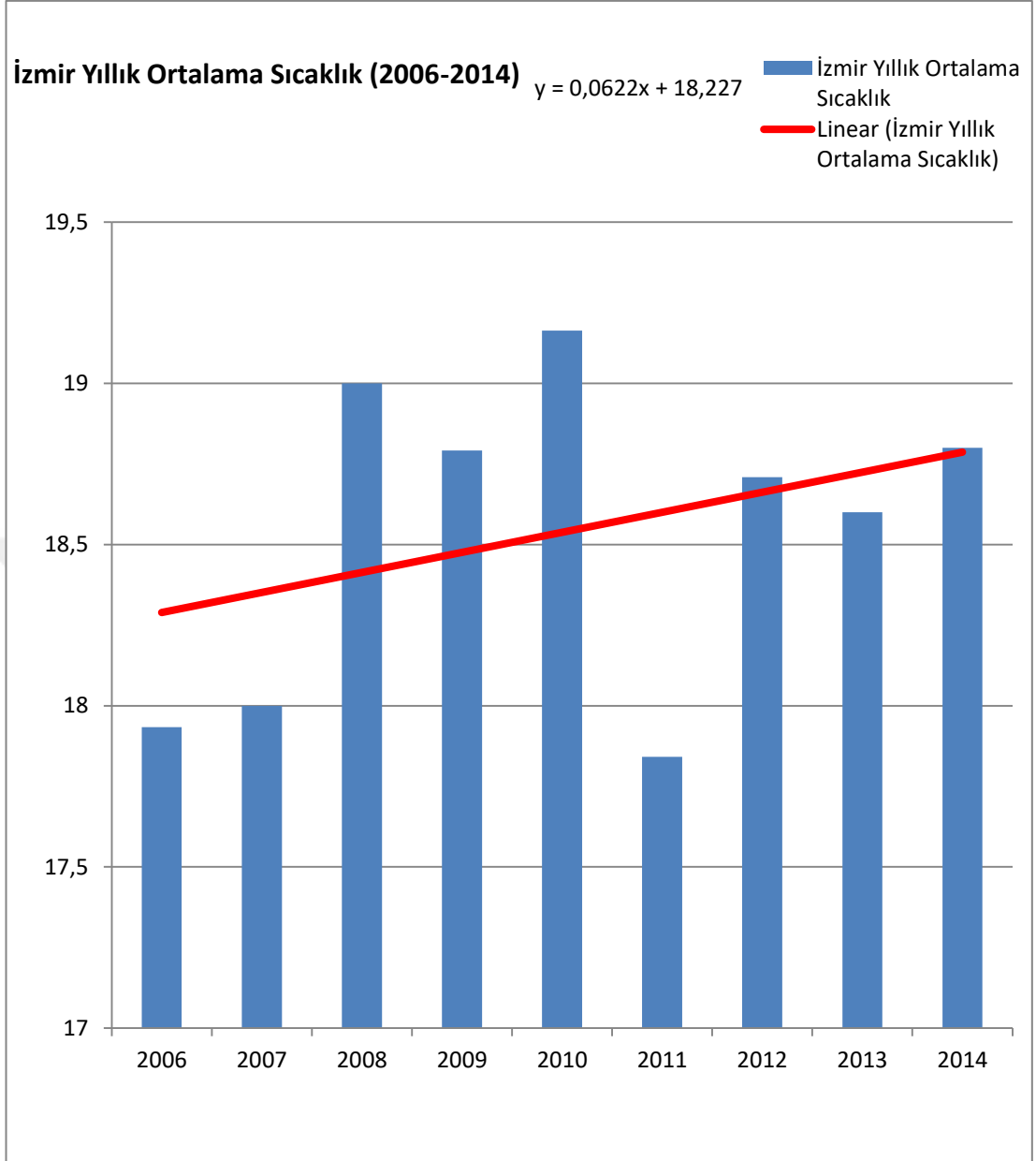
Şekil 4.4 1984-1992 yılları arası için İzmir ili yıllık ortalama sıcaklık değişimi (DMİ, 2016)



Şekil 4.5 1992-2000 yılları arası için İzmir ili yıllık ortalama sıcaklık değişimi (DMİ, 2016)

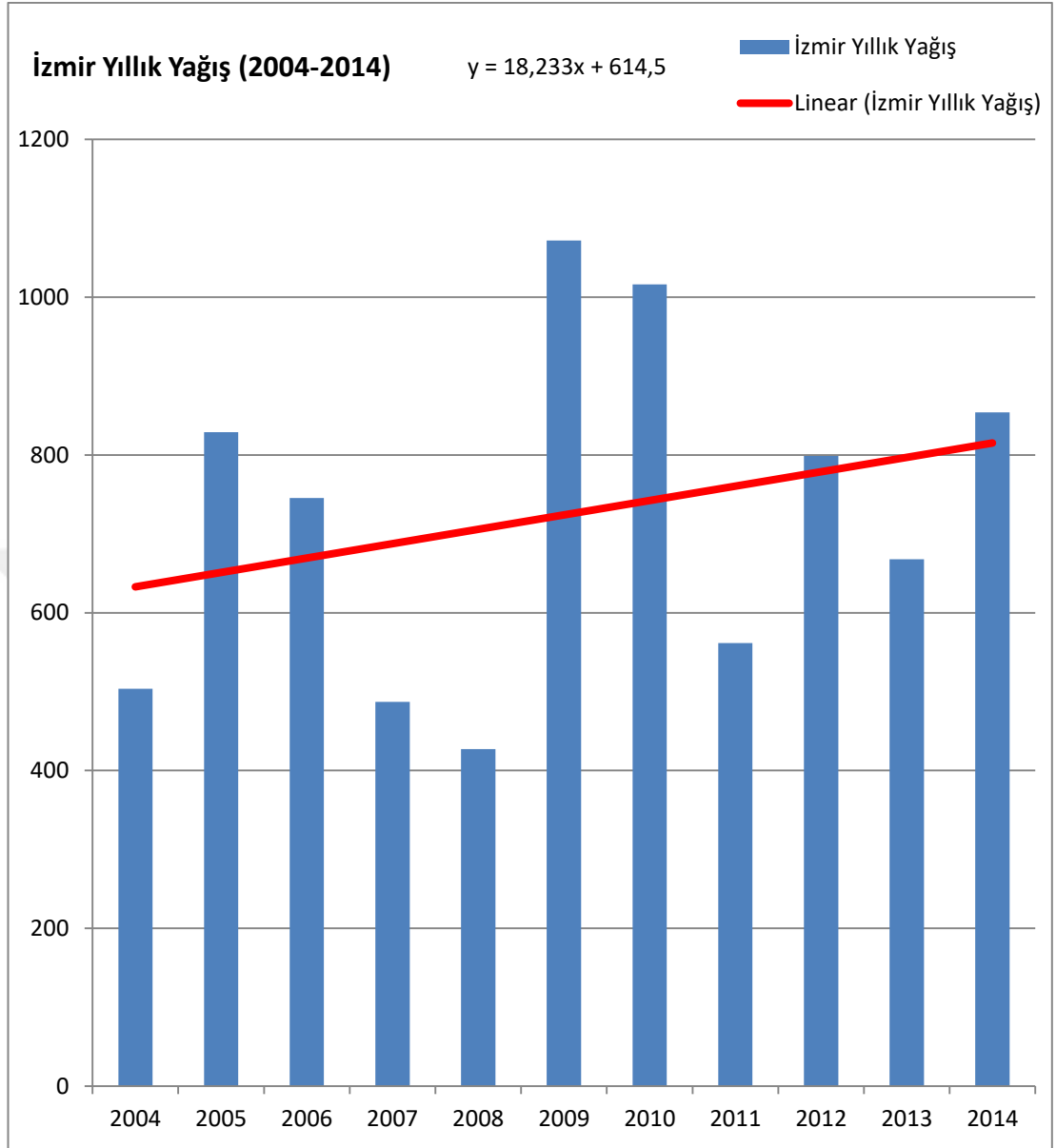


Şekil 4.6 1998-2006 yılları arası için İzmir ili yıllık ortalama sıcaklık değişimi (DMİ, 2016)

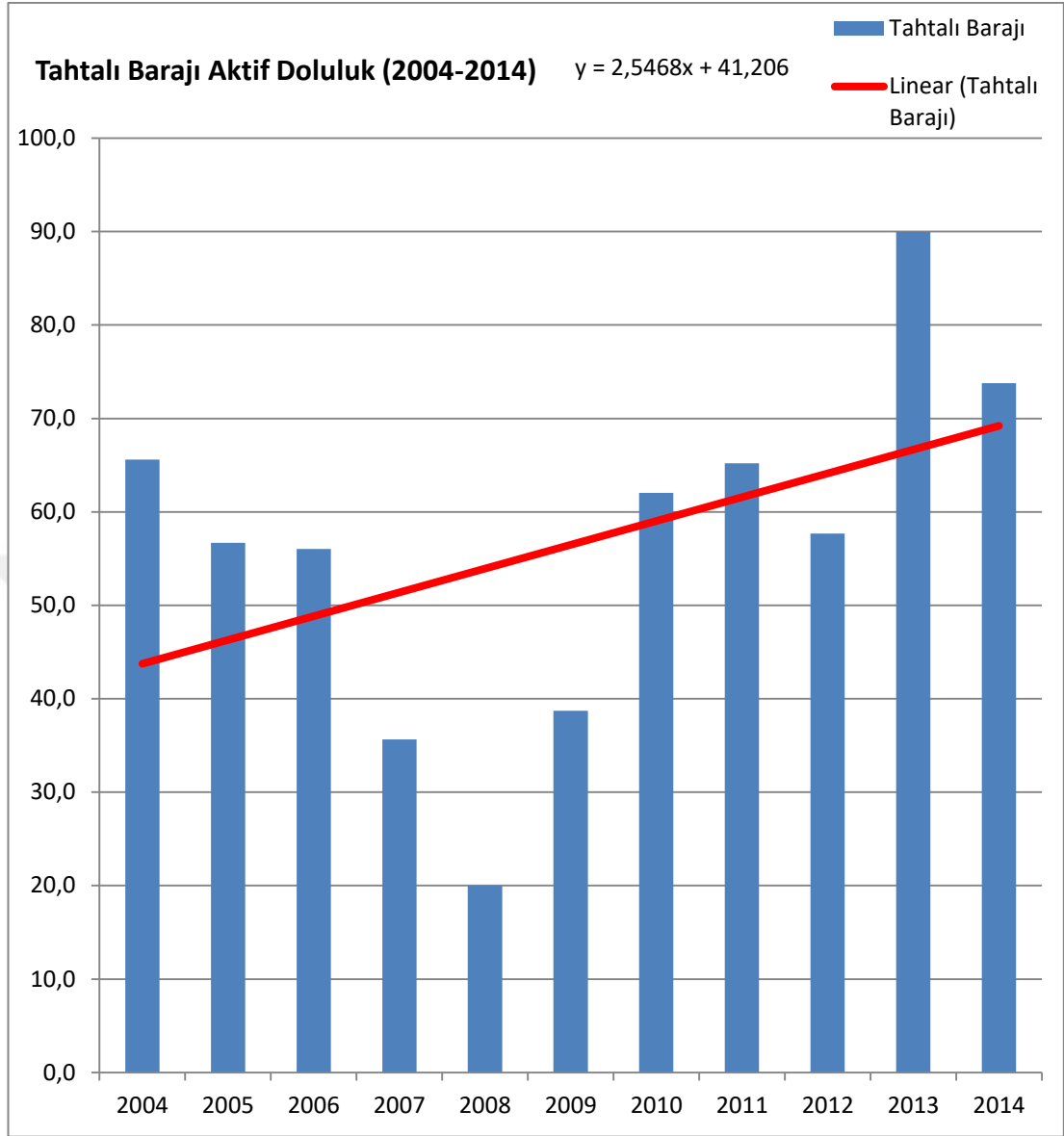


Şekil 4.7 2006-2014 yılları arası için İzmir ili yıllık ortalama sıcaklık değişimi (DMİ, 2016)

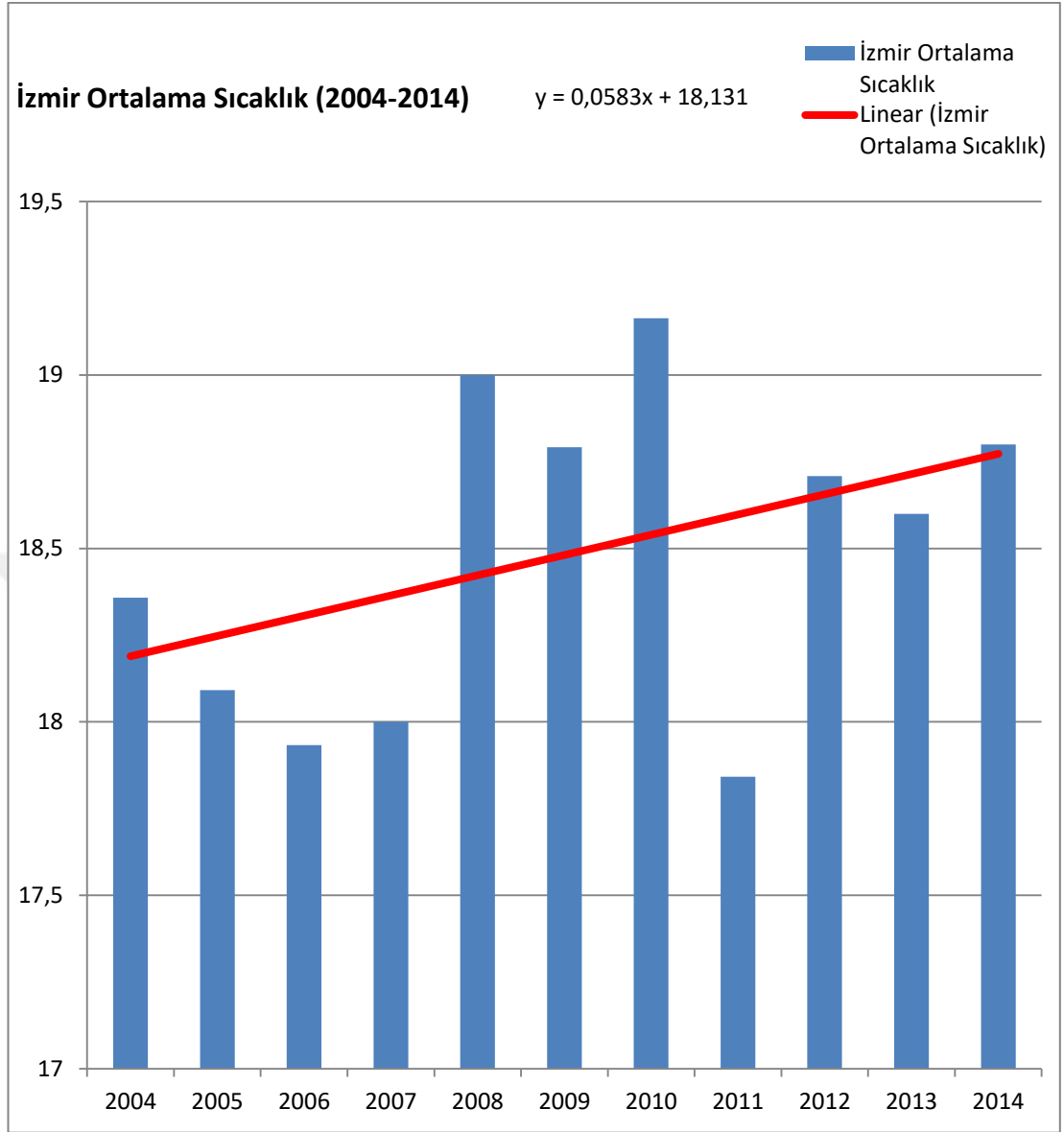
İzmir'in 2004 ile 2014 yılları arası sıcaklık, yağış ve baraj seviyelerindeki doğru orantılı ilişki Şekil 4.8, 4.9 ve 4.10'da verilmiştir. Özetle sıcaklığın oldukça düştüğü 2007 ve 2008'li yıllarda yağışlarında oldukça düşmesi sonucu Tahtalı Baraj seviyesi %10'ların altına düşmüştür.



Şekil 4.8 2004-2014 yılları için İzmir ilinin yıllık yağış değişimi (DMİ, 2016)



Şekil 4.9 2004-2014 yılları için Tahtalı Barajı aktif doluluk değişimi (DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, 2015)



Şekil 4.10 2004-2014 yılları için İzmir ilinin ortalama sıcaklık değişimi (DMİ, 2016)

BÖLÜM BEŞ

SONUÇLAR

Gelecek zamanlar için iklim tahmini yapılabilmesinde oşinografik verilere ek olarak Güneş'te oluşan patlamaların sayılarının ve alansal büyüklüklerin kullanılması ve anlaşılması önem kazanmıştır. Son yıllarda Güneş ile ilgili yapılan tahminler sonucunda varılan nokta; önümüzdeki yıllarda patlama ve aktivitenin giderek azalacağı ve bunun sonucunda da 2020 yılından sonraki zaman zarfı için olası ciddi bir kuraklık tehlikesi yaşanması bilim dünyası çerçevesinde ciddi destek gören konular arasındadır.

İzmir'de söz konusu bu kuraklık döneminde yapılması gerekenler aşağıda sıralanmıştır. Çünkü ülkemizde kişi başına düşen su miktarı 2 000 m³ gibi dünyada su fakiri denilebilecek bir düzeyde iken İzmir'de bu oran 614 m³ ile Türkiye'nin de çok çok altındadır. Diğer bir deyişle İzmir oldukça su fakiridir. Yani oluşabilecek her türlü kuraklıkta İzmir en çok etkilenecek illerin başında gelmektedir. Tüm bu tür iklimsel kuraklıklara hazırlıklı olunabilmesi için İzmir'de yapılması gerekenler şunlardır;

*Su ve özellikle yeraltı suları bir ülkenin en değerli doğal kaynaklarıdır. Dünyada hiçbir maden, yeraltı suları kadar değerli olamaz. Bu nedenle İzmir ve çevresinde su kuyuları ve muhtemel rezerv alanları son derece dikkatli korunmalıdır.

*İzmir ilinde bulunan su rezerv alanları tam anlamıyla belirlenmeli ve gerekli yerler koruma altına alınmalıdır. Koruma altına alınması gereken bu bölgelerde bir sonraki adım olarak su rezervlerine zarar verecek çeşitli faaliyetlerin yapılmasına izin verilmemelidir.

*İzmir için, 2000'li yıllarda %63 olan su kaybı günümüzde %36'lara çekilmiştir. Bu başarı olarak görülebilir. Ancak bu oran, halen kişi başı ortalama günlük su kullanımı 223 litre civarında olan İzmir'de suyun 82 litresinin boşa akıtıldığının da bir göstergesidir. Bu nedenle kayıp oranı en az %20'lere çekilmelidir.

*İzmir'deki suyun ortalama %65'i kuyulardan %35'i de barajlardan sağlanmaktadır. Bu çok tehlikeli bir durumdur ve bu oran bir an önce yeni barajlar yapılarak tersine çevrilmelidir. Özellikle yağışlı dönemlerde su kuyulardan değil barajlardan alınmalıdır.

*Tüm illerde olması gerektiği gibi İzmir'in de rezerv su alanları olmalıdır. Herhangi bir büyük yanardağ patlaması durumunda ya da beklenmeyen bir başka doğa olayı sonucu azalacak yağışlar için rezerv alanlar belirlenmeli ve bu alanlar kesinlikle koruma altına alınmalıdır.

*Türkiye'deki toplam suyun %70'inden fazlası tarımda kullanıldığı ve bunun çok büyük oranın da salma sulama nedeni ile boşa akıtılması, İzmir ve Ege'de zaman zaman yaşanan su sorunlarının ana nedenidir. Dünyanın gelişmiş ülkelerinde bu oran %40'lara kadar çekilmiştir. İzmir Türkiye'nin en önemli tarım şehirlerinin başında gelmektedir. Bu nedenle İzmir'deki tüm tarım alanlarında bir an önce "damla sulama" sistemine ve tarım alanındaki üreticilerin su kullanımı ve tasarrufu konusunda bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

*Atıksulardan ve drenaj sularından faydalanma gibi alternatif su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili teknolojilere önem verilmelidir.

*2020'li yıllardan sonra beklenen aşırı kurak dönemde protein açığı oluşma olasılığı da çok fazladır. Bu protein açığı Ege Denizi'nde "detaylı bilimsel çalışmalar" ile kurulacak balık çiftlikleri ile kapatılabilir. Bu nedenle bir an önce turizm ve diğer balıkçılık sektörleri ile kültür balıkçılığı sektörü arasındaki çatışmalar sonlandırmalıdır.

Tüm bu nedenlerden dolayı sürdürülebilir su politikalarının sürdürülebilmesi için gerçekçi politikalar oluşturulmalıdır. Söz konusu bu politikalara; ekosistemler kapsamında su kaynakları, bitki örtüsü, havyanlar ve benzerleri gibi tüm elemanların bağımlı oldukları ortamlarda, sistemin işleminde istenmeyecek değişiklikler

yaratmadan, olabilecek en iyi koşullarda gelecek nesillere devredilmesini hedeflemelidir. Sürdürülebilir tarım açısından ise suyun miktar ve kalitesinin korunması, yanlış sulamaya nedeniyle oluşan su kayıplarının önlenmesi, yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesi İzmir için öncelikli yapılması gereken çalışmaların başında gelmektedir.



KAYNAKLAR

- Aküzüm, T. ve Çakmak, B. (2008). Gıda güvenliği açısından su yönetiminin değerlendirilmesi. *Standard Ekonomik ve Teknik Dergi*, Y/47, N/549, *Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Dergisi*, 55-63.
- Amadore, L., Bolhofer, W.C., Cruz, R.V., Feir, R.B., Freysinger, C.A., Guill, S., Jalal, K.F. Iglesias, A., Jose, A., Leatherman, S., Lenhart, S., Mukherjee, S., Smith, J.B. ve Wisniewski, J. (1996). Climate change vulnerability and adaptation in Asia and the Pacific. *Water, Air, and Soil Pollution*, 92, 1-12.
- Anonymous, (2001b). Climate change, impacts, adaptation and vulnerability. *Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Ateş, İ. (2008). *Küresel ısınmanın sebep olacağı siyasal ve ekonomik gelişmeler ve muhtemel Türkiye yansımaları*. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze.
- Babuş, D. (2005). *Küresel ısınma sorununun uluslararası çevre politikası içerisinde irdelenmesi ve Türkiye'nin yeri*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Baltacı, U. (2014). *Güneş aktivitesi ile iklim değişimi arasındaki ilişkiler ve Türkiye'deki olası etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Bartholin, T.S. (1989). Dendrochronology in Sweden. İn: Morner N.A. and Karien W.(Eds). *Climatic changes on a yearly to millenial basis*. D. Reidel P.C., Dordrecht, 261-262.
- Bilen, Ö. (2009). *Türkiye'nin su gündemi*. Ankara: Umut Tanı Sağlık Matbaa.

Brown, L.R. (2006). *Dünyayı nasıl tükettik*. (M.F. İmre, Çev.). İstanbul: Türkiye İş Bankası Yayınları. (Orijinal çalışma basım tarihi 2006).

Cowie, J. (2007). Climate change - biological and human aspects. *Cambridge: Cambridge University Press*, 164.

Çakmak, B. ve Kendirli, B. (2001). Tarımda atık su kullanımı. *Ziraat Mühendisliği Dergisi, Ziraat Yüksek Mühendisliği Birliği Yayını*, 332, 31-37.

Çakmak, B., Kendirli, B. ve Yıldırım, M. (2005). Türkiye’de sulama uygulamaları ve basınçlı sulama uygulama olanakları. *II. Ulusal Sulama Sistemleri Sempozyumu, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü*, 25-37.

Çakmak, B., Ucar, Y. ve Akuzum, T. (2007). Water resources management, problems and solutions for Turkey. *International Congress on River Basin Management*, 1, 867-880.

Derman, E. (2011). *Güneş etkinliğine ne oldu?* 20 Haziran 2015, <http://gokbilgi.blogspot.com.tr/2011/06/gunes-etkinligine-neolduprofethem.html?m=1>.

Devlet Planlama Teşkilatı: Dokuzuncu Kalkınma Planı, (2007-2013). *Su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi ve özel ihtisas komisyonu raporu*. 13 Temmuz 2015, <http://www.kalkinma.gov.tr/Pages/content.aspx?List=8661bcf7%2D9da5%2D4ecb%2Dda190%2Dfd4aadbacc02&ID=1&Source=http%3A%2F%2Fwww%2Ekal kinma%2Egov%2Etr%2FPages%2FKalkinmaPlanlari%2Easpx&ContentTypeId=0x0100B6043AD55C311E41A48571E65B9E1AD1>.

Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE), (2001). *Genel tarım sayımı sonuçları*. 26 Kasım 2015, http://www.tuik.gov.tr/Icerik.do?istab_id=148.

Devlet Su İşleri (DSİ), (2007). *Toprak ve su kaynakları*. 1 Ekim 2007, <http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm>.

Duygulu, S. (b.t.). *Milankoviç döngüleri*. 4 Nisan 2016, <http://www.kozmikanafor.com/milankovic-donguleri/>.

Dündar, M. (2007). *Su kaynaklarının uluslararası sorun oluşturmaları*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

Eddy, A. (1976). The Maunder minimum. *Science*, 192 (4245), 1189-1202.

Filinte, H.M. (2007). *Yaklaşan küresel iklim krizi*. İstanbul: Yeni İnsan Yayınevi.

Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M. ve Lo, K. (2010). Global surface temperature change. *Geophys*, 48.

İzmir İl Tarım Müdürlüğü, (2007). *İzmir ili 2006 yılı tarım istatistikleri*. 24 Şubat 2009, http://www.izmirtarim.gov.tr/tarist/tarist_kayit.asp.

İzmir Kalkınma Ajansı, (2009). İzmir mevcut durum analizi. *Basılmamış rapor*, İzmir.

İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (İZSU), (2016). Baraj ve kuyuların doluluk verileri. 15 Şubat 2016, <http://www.izsu.gov.tr/Pages/standartPage.aspx?id=212>.

Kadioğlu, M. (2007). *Küresel iklim değişimi ve Türkiye* (2. Baskı). İstanbul: Güncel Yayıncılık Ltd. Şti.

Kanber, R., Çullu, M. A., Kendirli, B., Antepli S. ve Yılmaz, N. (2005). Sulama, drenaj ve tuzluluk. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi Bildirileri*, 213-251.

- Kanber, R. ve Ünlü, M., Çakmak, E.H. ve Tüzün, M. (2007). Water use efficiency in Turkey. *CIHEAM Options Mediterraneennes, Series B*, 57, 175-186.
- Kanber, R., Ünlü, M., Kapur, B., Koç, D.L. ve Tekin, S. (2008). Tarımsal kuraklık ve yeni sulama teknolojileri. *Türktarım Dergisi, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Dergisi*, 179, 14-18.
- Kılıç S. (2008). Küresel iklim değişikliği sürecinde su yönetimi. *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, No:39, 161-186.
- Klaphake, A. ve Scheumann, W. (2001). Politische Antworten auf die globale Wasserkrise: Trends und Konflikte. *Aus Politik und Zeitgeschichte, APuZ B 48 - 49*, 3-12.
- Kodal, S. (2007). Sulama programlama teknikleri. *Orta Asya Sulama Suyu Yönetimi Çalıştayı*, 22.
- Korukçu, A., Yazgan S. ve Büyükcangaz, H. (2007). Tarımda suyun etkin kullanımı: Türkiye'ye bir bakış. *I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi (TİKDEK)*.
- Küçükkılavuz, E. (2009). *Küresel ısınmanın su kaynakları üzerine etkileri: Türkiye örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Lean, J. ve Skumanich, A. (1992). Estimating the Sun's radiative outputs during the Maunder minimum. *Geophysical Research Letters*, 19 (15), 1591-1594.
- Lutgens, F.K., Tarbuck, E.J. ve Tasa, D. (2013). *Genel jeoloji temel ilkeleri*. (C. Helvacı, Çev.). Ankara: Atalay Matbaacılık, 499-504.
- Neale, J. (2009). *Küresel ısınmayı durduralım, dünyayı değiştirelim*. (D. Tarkan, Çev.). İstanbul: Graphis Matbaa, s.22. (Orijinal çalışma basım tarihi 2009).

Neubert ve Susanne, (2001). Wasser und ernährungssihereit. *Aus Politik und Zeitgeschichte*, APuZ B 48 - 49 /2001, 13-22.

Petit J.R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N.I., Barnola, J.M., Basile, I., Bender, M., Chappellaz, J., Davis, M., Delaygue, G., Delmotte, M., Kotlyakov, V.M., Legrand, M., Lipenkov, V.Y., Lorius, C., Pepin, L., Ritz, C., Saltzmann, E. ve Stievenard, M. (1999). Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*, 399, 429-436.

Petit, J.R. (2001). Vostok ice core data for 420,000 years. IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology Data Contribution Series, Antarctica. *Nature*, 399, 429-436.

Postel, S. (1997). *Sürdürülebilir bir su stratejisi yaratmak*. (S. Gül, Çev.). Ankara: Tübitak - Tema Vakfı Yayınları. (Orijinal çalışma basım tarihi 1996).

Silay, A.E. ve Tomar, A. (2013). Su kaynakları yatırımlarının 2009 - 2013 yılları arasında İzmir ölçeğinde irdelenmesi. *Türkiye Mühendisler ve Mimarlar Odalar Birliği (TMMOB) 2. İzmir Kent Sempozyumu*, 683-691.

Scotese C.R. (2002). *PALEOMAP Project*. 15 Mart 2016, <http://www.scotese.com>.

Şen, Z. (2005). İklim değişikliği ve su kaynaklarına etkisi. *22 Mart Dünya Su Günü, İklim Değişikliğinin Su ve Enerji Kaynaklarımıza Etkisi Paneli*.

Türkiye Kalkınma Bankası (TKB), (2006). *Ege bölgesi tarım master planı*. 8 Mart 2009, <http://www.izmirtarim.gov.tr/proje/masterplan/egemaster.pdf>.

Tomar, A. (2006). *İzmir ilinde sulama yatırımlarının tarımsal üretim açısından önemi*. 18 Şubat 2009, http://www.tarimmerkezi.com/yazar_kose.php?hid=143.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2007). *Bitkisel üretim istatistikleri*. 15 Ocak 2009, http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=45&ust_id=13.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2008). *Bölgesel izleme göstergeleri 2007, TR31, İzmir*. Ankara: TÜİK Yayınları.

Türkeş, M. (1997). Hava ve iklim kavramları üzerine. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, 355, 36-37.

Türkeş, M., Sümer U.M. ve Çetiner, G. (2000). Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri. *Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, İstanbul Sanayi Odası*, 7-24.

Uzmen, R. (2007). *Küresel ısınma ve iklim değişikliği: İnsanlığı bekleyen büyük felaket mi?*. İstanbul: Bilge Kültür Sanat Yayınları.

Wolf, A.T., Yoffe, S.B. ve Giordano, M. (2003). International waters: identifying basins at risk. *Water Policy* 5, 29-60.

World Population Prospect, (2008). The 2006 revision population database, 30 Nisan 2008, <http://esa.un.org/unpp/p2k0data.asp>.

Yaşar, D. (1994). *Late Glacial-Holocen Evolution of the Aeagean Sea*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir.

Yaşar, D. (1996). Holocen paleoceanographic evolution of the Aegean Sea. *International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, 1*, 331-346.

Yaşar, D. ve Yıldız, D. (2009). *Küresel ısıtılan dünya ve su*. İstanbul: Truva Yayınları.

Yıldız, D. (2010). *Su'dan savaşlar*. İstanbul: Truva Yayınları.

Yıldız, K., Sipahioğlu, Ş. ve Yılmaz, M. (2008). *Çevre bilimi ve eğitimi*, (Baskı sayısı 2). Ankara: Gündüz Eğitim ve Yayıncılık.

