



EGE ÜNİVERSİTESİ

DOKTORA TEZİ

**Küresel İklim Değişikliğine Duyarlı Su Yönetiminin
Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Modellenmesi:
Küçük Menderes Havzası Örneği**

Faramarz JUDY

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Yusuf Kurucu

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi : 06.12.2018

Bornova-İZMİR

2018

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

**Küresel İklim Değişikliğine Duyarlı Su Yönetiminin Coğrafi
Bilgi Sistemi Kullanılarak Modellenmesi: Küçük Menderes
Havzası Örneği**

Faramarz JUDY

Tez Danışmanı : Yusuf KURUCU

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi : 06.12.2018

Bornova-İZMİR

2018

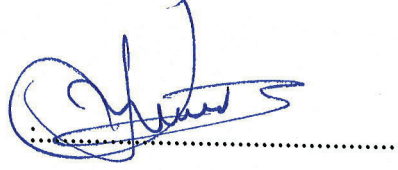
Faramarz JUDY tarafından doktora tezi olarak sunulan “Küresel İklim Değişikliğine Duyarlı Su Yönetiminin Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Modellenmesi: Küçük Menderes Havzası Örneği ” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 06.12.2018 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı

Danışman: Prof. Dr. Yusuf KURUCU



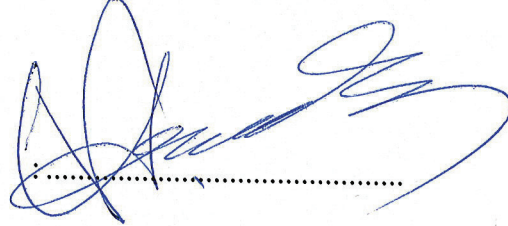
Raportör Üye

Prof. Dr. Sezai DELİBACAK



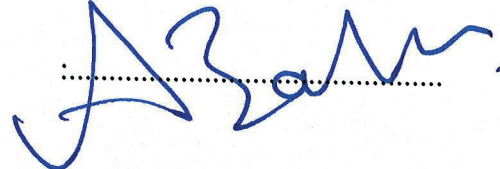
Üye

Prof. Dr. Şerafettin AŞIK



Üye

Prof. Dr. Alper BABA



Üye

Doç. Dr. Görkem AKINCI



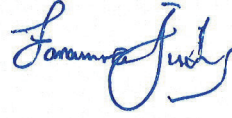
EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum "Küresel İklim Değişikliğine Duyarlı Su Yönetiminin Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Modellenmesi: Küçük Menderes Havzası Örneği" başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

06 / 12 / 2018

İmzası



Adı-Soyadı

Faramarz JUDY

ÖZET

Küresel İklim Değişikliğine Duyarlı Su Yönetiminin Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Modellenmesi: Küçük Menderes Havzası Örneği

JUDY, Faramarz

Doktora Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yusuf Kurucu

Aralık 2018, 98 sayfa

Ege Bölgesi'nde bulunan Küçük Menderes Havzası, bölgenin gıda ihtiyacını karşılayan ve hızla gelişmekte olan en verimli havzalarından birisidir. Havzanın mevcut su varlığı temel olarak; sektörlerin, yerleşimin, tarımın ve çevrenin (Yaban hayatı) ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Ancak gelecek yıllar içerisinde iklim değişikliklerine bağlı olarak suyun azalması durumunda, havza suyunun paylaşılmasında canlı yaşamın en az etkilenecek şekilde davranılması gerekmektedir. Bu proje ile iklim değişikliğine bağlı değişen yağış miktarına duyarlı olarak sektörler suyun öncelikler belirlendikten sonra ve akılcı bir şekilde dağıtılması için bir model üretilmesi hedeflenmiştir. Gıda üretimi için tarımsal işlevlerin kesintiye uğramadan yürütülmesi su olmadan mümkün değildir. Suyun en önemli kullanımı tarımsal üretim aşamasında gerçekleşmektedir.

Bu proje ile yağış miktarının az olduğu ve buharlaşma miktarındaki artışın fazla olduğu kurak dönemlerde, havzada mevcut sektörlerin her biri için su dağıtımının nasıl olması gerektiği belirletip senaryo oluşturuldu.

Havzada yağışın az olması durumunda Senaryo / Model; sanayi, tarım, yerleşim ve çevre sektörlerinin su talebi için su yönetim stratejisini açıklamaya yardımcı olur.

Minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi, nüfusa ve yıllık kişisel su tüketimine dayalı olarak hesaplanmaktadır. Bununla birlikte ikinci olarak tarımsal amaçlı minimum ve maksimum toplam su tüketimi hesaplanmaktadır. Son olarak da çevre yaşamı su tüketimi, göllerin buharlaşması dikkate alınıp hesaplanmakta ve sanayi için ise gerekli su talebi farklı endüstriler bazında hesaplanmaktadır.

Tarımda su kullanımının azaltılması, Sulamada yeni sistem ve yöntemlerin önerilmesi, toprakların geçirgenlik özellikleri dikkate alınarak kesintisiz ürün deseni planlaması, sanayi sektörlerinin suya bağımlılığı dikkate alınarak ihtisaslaşmaların oluşması önerilecektir.

Sonuç olarak, dinamik bir model su talebi ve temini üzerine üretildi. Model farklı sektörler için su kısıtlığını yönetip su eksikliği sırasında su tahsisini gösterir.

Anahtar sözcükler: Küresel İklim Değişikliği, Su Yönetimi, Coğrafi Bilgi Sistemi, ulaştırma modeli.



ABSTRACT**GIS-based integrated modeling of water management under
global climate change (Case study Küçük Menderes basin)**

JUDY, Faramarz

PhD in Soil science and Plant Nutritinat.

Supervisor: Prof. Dr. Yusuf KURUCU

December 2018, 98 pages

Küçük Menderes basin is located in the Aegean Region, western Turkey. Küçük Menderes basin is one of the most productive regions that provide sufficient water to produce food for everyone in this region. Küçük Menderes basin basically provides water for different sectors; industrial, agricultural demand and environmental (wildlife) demand along with municipal (settlement) demand. In the coming years, climate change is expected to pose serious challenges in Küçük Menderes basin. Shortly, it is necessary to treat the basin water in such a way that the environmental demand is least affected. Most water use takes place in agricultural production therefore water scarcity, based on climate change, will directly affect on agriculture water demand.

The aim of this research is increasing the understanding of water demand distribution to apply for different future climate change scenarios. Scenario/Model helps to comprehend what is water demand management strategy for different sectors; industrial, agricultural, municipal (settlement) and environmental demand during the lack of rainfall in the basin.

In this project, according to the amount of rainfall, sector priorities determined and a model produced for water allocation during the change of years. In the first step, maksimum and minimum total municipal (settlement) demand is calculated based on population and water consumption by person for a year, as it follows in the second step, maksimum and minimum water demand for agriculture is computed. Environmental demand is calculated according to water demand for lakes and industrial demand is calculated by using water demand for different industries.

By reducing water use in agriculture, the introduction of new systems and methods in irrigation, considering the permeability of soils, it will be suggested that specialization product dependence of the industrial sectors.

As a result, a dynamic model is produced by calculating water demand and supply. Model manages water scarcity for different sectors and indicates water allocation during lack of water.

Key words: water demand and supply, climate change, dynamic model





TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince gerekli verilerin sağlanmasında kolaylık gösteren çalışanlarına, özellikle kıymetli görüşlerinden yararlandığım ve yakın ilgisini esirgemeyen sayın **Prof. Dr. Yusuf Kurucu** ve tezin biçimlenmesinde değerli katkılarını aldığım Prof. Dr. Sezai DELİBACAK, Doç. Dr. Mustafa Tolga ESETLİLİ ve BAP projeleri Komisyonuna ve diğer bölüm hocalarıma teşekkürlerimi sunuyorum.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
İÇİNDEKİLER	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxvi
1. GİRİŞ	1
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR YAŞAM ÜZERİNE ETKİLERİ	4
2.1 İklim Değişikliği	4
2.2 Sürdürülebilir Yaşam Üzerine İklim Değişikliğinin Etkileri	5
2.3 İklim Değişikliğinin Toprak Kalitesi Üzerine Etkileri	7
2.4 İklim Değişikliğinin Su Kalitesi Üzerine Etkileri	9
2.5 İklim Değişikliğinin Su Miktarı Ve Kullanımı Üzerine Etkileri	11
2.6 İklim Değişikliğinin Buharlaştırmanın Üzerine Etkileri	12
2.7 Su Kullanımında Öncelikler	15

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.7.1 Su tahsisi	15
2.7.2 Su kullanımının yönetilmesi	16
2.7.3 Su kullanımının ve dağıtımın önceliği	20
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
3.1 Materyal.....	24
3.1.1 Çalışma alanı	24
3.1.2 Küçük Menderes Havzasının iklimi.....	25
3.1.3 Küçük Menderes Havzasının bitki örtüsü.....	25
3.1.4 Küçük Menderes Havzasının hidrolojisi.....	29
3.1.5 Küçük Menderes Havzasının toprak özellikleri	31
3.1.6 Küçük Menderes Havzası'nda su paydaşları.....	34
3.2 Yöntem.....	36
3.2.1 Jeostatistiksel analizler.....	37
3.2.2 Enterpolasyon.....	37
3.2.3 Ters Ağırlıklı Mesafe (IDW) yöntemi.....	38
3.2.4 Küçük Menderes Havzası ortalama sıcaklık değişimi.....	38
3.2.5 Küçük Menderes Havzası maksimum sıcaklık değişimi.....	41
3.2.6 Yağış değişiminin kestirimi.....	45

İÇİNDEKİLER(devam)

Sayfa

3.3 Model Oluşturma.....	49
4. BULGULAR	54
4.1 Küçük Menderes Havzasının Evsel, Tarım, Sanayi Ve Doğal Yaşam Paydaşlarının Su Tüketimi.....	54
4.1.1 Küçük Menderes havzasının evsel su tüketimi.....	54
4.1.1.1 Bayındır	55
4.1.1.2 Beydağ	56
4.1.1.3 Kiraz.....	57
4.1.1.4 Ödemiş.....	58
4.1.1.5 Selçuk	59
4.1.1.6 Tire	60
4.1.1.7 Torbalı.....	61
4.1.1.8 Menderes.....	62
4.1.2 Küçük Menderes Havzasının tarımsal su tüketimi	64
4.1.2.1 Küçük Menderes Havzasının bitki su tüketimi.....	65
4.1.2.2 Küçük Küçük Menderes Havzası hayvancılık su tüketimi.....	68
4.1.3 Küçük Menderes Havzasının sanayi su tüketimi	71
4.1.4 Küçük Menderes Havzası doğal yaşam su tüketimi.....	72

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
5- MEKANSAL HESAPLAMALAR.....	76
5.1 CBS kullanım ile modelin test.....	84
5.2 Modelin Test Edilmesi.....	85
6- SONUÇ VE ÖNERİLER.....	88
KAYNAKLAR DİZİNİ	90

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Su kullanımının yönetilmesi.....	17
2.2 Çin’de sektörler arası su kullanım dağılımının oransal gösterimi	18
2.3 Türkiye yıllık toplam yağış verisi (1970-2015).....	19
2.4 Su kullanımının ve dağıtımın öncelik sırası.....	21
3.1 Küçük Menderes havzasının Google Earth görüntüsü üzerinde gösterimi.	24
3.2 Küçük Menderes Havzası yer bulduru haritası	25
3.3 Küçük Menderes Havzası’nda bahçe tarımı.....	26
3.4 Küçük Menderes Havzası’nda şeftali bahçesi.....	26
3.5 Küçük Menderes Havzası’nda şeftali bahçesi.....	26
3.6 Küçük Menderes Havzası’nda ayva tarımı.....	27
3.7 Küçük Menderes Havzası’nda bahçe tarımı.....	27
3.8 Küçük Menderes Havzası’nda halofit bitkileri.....	27
3.9 Küçük Menderes Havzası’nda tuzlu topraklar.....	28
3.10 Küçük Menderes Havzası’nda halofit bitkiler ve tuzlu topraklar	28
3.11 Tuzlu topraklarda meyve ağacı dikimi için yüksek sırt hazırlığı.....	29
3.12 İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi.....	31

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.13 Küçük Menderes Havzası'nda Kolüvyal büyük toprak grubuna ait araziler.....	32
3.14 İzmir ili büyük toprak grupları alansal dağılımı	33
3.15 Akdeniz Havzası'nda kuraklıktan etkilenmesi öngörülen alanlar	34
3.16 Küçük Menderes Havzası'nda tarımsal üretimin oransal dağılımı.....	34
3.17 Sanayinin sektörel dağılımında pancar organize sanayi	35
3.18 Doğal yaşam	36
3.19 Ortalama sıcaklık değişimi 2020-2030.....	39
3.20 Ortalama sıcaklık değişimi 2030-2040.....	39
3.21 Ortalama sıcaklık değişimi 2040-2050.....	39
3.22 Ortalama sıcaklık değişimi 2050-2060.....	40
3.23 Ortalama sıcaklık değişimi 2060-2070.....	40
3.24 Ortalama sıcaklık değişimi 2070-2080.....	40
3.25 Ortalama sıcaklık değişimi 2080-2090.....	41
3.26 Ortalama sıcaklık değişimi 2090-2100.....	41
3.27 Maksimum sıcaklık değişimi 2020-2030.....	42
3.28 Maksimum sıcaklık değişimi 2030-2040.....	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.29 Maksimum sıcaklık değişimi 2040-2050.....	43
3.30 Maksimum sıcaklık değişimi 2050-2060.....	43
3.31 Maksimum sıcaklık değişimi 2060-2070.....	43
3.32 Maksimum sıcaklık değişimi 2070-2080.....	44
3.33 Maksimum sıcaklık değişimi 2080-2090.....	44
3.34 Maksimum sıcaklık değişimi 2090-2100.....	45
3.35 Yağış değişimi 2020-2030.....	45
3.36 Yağış değişimi 2030-2040.....	46
3.37 Yağış değişimi 2040-2050.....	46
3.38 Yağış değişimi 2050-2060.....	47
3.39 Yağış değişimi 2060-2070.....	47
3.40 Yağış değişimi 2070-2080.....	48
3.41 Yağış değişimi 2080-2090.....	48
3.42 Yağış değişimi 2090-2100.....	49
3.43 Modelin genel iş akışı.....	51
3.44 Projede uygulanan modelin detay iş akışı mantığı.....	52

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.45 İklim verileri, öncelikler ve su taleplerinin dikkate alındığı su dağıtım modeli.....	53
4.1 Küçük Menderes Havzası’nda yer alan ilçelerin konumları.....	55
4.2 Değişen yıllara göre Bayındır ilçesi minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi.....	56
4.3 Değişen yıllara göre Beydağ da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi	57
4.4 Değişen yıllara göre Kiraz’da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi	58
4.5 Değişen yıllara göre Ödemiş’te minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi.....	59
4.6 Değişen yıllara göre Selçuk’ta minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi	60
4.7 Değişen yıllara göre Tire’de minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi	61
4.8 Değişen yıllara göre Torbalı’da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi.....	62
4.9 Değişen yıllara göre Menderes’te minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi.....	63
4.10 Havzanın bir bölümündeki yerleşim ve sanayi yerleri.....	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.11 Havzanın doğal yaşam ortamında sulak alanlar	73
4.12 Sulak alanlar	74
5.1 Küçük Menderes Havzası'nda maksimum toplam evsel su tüketimi.....	77
5.2 Küçük Menderes Havzası'nda maksimum toplam evsel su tüketimi.....	78
5.3 Minimum toplam evsel su tüketimi	79
5.4 Minimum toplam evsel su tüketimi	79
5.5 Küçük Menderes Havzasının bitki su tüketimi	80
5.6 Küçük Menderes Havzasının bitki su tüketimi	80
5.7 Küçük Menderes Havzasının minimum hayvan su tüketimi (m ³ /yıl)	81
5.8 Küçük Menderes Havzasının minimum hayvan su tüketimi (m ³ /yıl)	81
5.9 Küçük Menderes havzasının maksimum hayvan su tüketimi (m ³ /yıl) ...	82
5.10 Küçük Menderes Havzasının maksimum hayvan su tüketimi (m ³ /yıl) ..	82
5.11 Küçük Menderes Havzası su yüzeyleri	83
5.12 Model.....	84



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Enlemlere göre buharlaşma değerinin değişimi .	14
2.2 Türkiye’ nin sektörler bazındaki su kullanım paydaşları ve tahsis edilen su miktarları.....	19
2.3 Dünya genelinde sulama(ziraat), içme(evsel ihtiyaçları) ve sanayi sektörünün su tüketimi (km ³)	20
2.4 Asya ülkelerinde sektörel su talebi beklentisi	22
3.1 Küçük Menderes Havzası’nda toplam su potansiyeli ve dağılımı	30
4.1 Nüfusa bağlı su tüketimi.....	54
4.2 Bayındır ilçesi 2007-2017 yılları arası minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi.....	55
4.3 Beydağ ilçesi 2007-2017 yılları arası minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi.....	56
4.4 Kiraz ilçesi 2007-2017 yılları arası minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi.	57
4.5 Ödemiş ilçesi 2007-2017 yılları arası minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi.....	58
4.6 Selçuk ilçesi 2007-2017 yılları arası minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi.	59
4.7 Tire ilçesi 2007-2017 yılları arası minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi.	60
4.8 Torbalı ilçesinin minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi 2007-2017.	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.9 Menderes ilçesi 2007-2017 yılları arası minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi.....	62
4.10 Küçük Menderes Havzası maksimum toplam evsel su tüketimi(m ³ /yıl) ...	63
4.11 küçük menderes havzası minimum toplam evsel su tüketimi(m ³ /yıl)	64
4.12 Küçük Menderes havzası tarım arazisi dağılımı, 2016 (Dekar)	65
4.13 Tarım arazisi dağılımı, 2016 (Hektar)	65
4.14 İstasyon Adı : Bornova, İstasyon Numarası : 17790, Enlem : 38,466667, Boylam : 27,216667	66
4.15 İstasyon Adı : İzmir, İstasyon Numarası : 17220, Enlem : 38,39487333, Boylam : 27,08185483	66
4.16 İstasyon Adı : Ödemiş, İstasyon Numarası : 17822, Enlem : 38,215726, Boylam : 27,964224, Rakım (m) : 111	67
4.17 İstasyon Adı : Selçuk, İstasyon Numarası : 17854, Enlem : 37,94453116, Boylam : 27,36728566, akım (m) : 17.....	67
4.18 Küçük Menderes Havzasındaki ortalama bitki su tüketimi (Etc, mm/m ³)..	67
4.19 Küçük Menderes Havzasının bitki su tüketimi (m ³ /yıl)..	68
4.20 Küçük Menderes Havzasının hayvan varlığı..	68
4.21 Hayvanların minimum ve maksimum su tüketimleri	69
4.22 Küçük Menderes Havzasının minimum hayvan su tüketimi (m ³ /yıl)	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.23 Küçük Menderes Havzasının maksimum hayvan su tüketimi($m^3/yıl$)	70
4.24 İzmir ilinde sanayi kollarına göre firma sayısı	72
4.25 Küçük Menderes Havzası'nda bulunan göller.....	73
4.26 Doğal yaşamın su ihtiyacı.....	74
4.27 Küçük Menderes Havzası'nda göller ve alanları (m^2).....	75
5.1 Küçük Menderes Havzası'nda maksimum toplam evsel su tüketimi.	77
5.2 Küçük Menderes Havzası'nda minimum toplam evsel su tüketimi	78
5.3 Küçük Menderes Havzası'nda toplam evsel su tüketimi.....	79
5.4 Küçük Menderes Havzası'nda bitki su tüketimi.....	80
5.5 Minimum hayvan su tüketimi Küçük Menderes Havzasında.....	81
5.6 Maksimum hayvan su tüketimi Küçük Menderes Havzasında	82
5.7 Toplam hayvan su tüketimi Küçük Menderes Havzasında	83
5.8 Küçük Menderes Havzası'nda doğal yaşam alanların da buharlaşma.....	83

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>AçıklamaKısaltmalar</u>
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
EC	Elektriksel iletkenlik ya da geçirgenlik(Elektrik kondaktiviti)
TST	Toplam su tüketimi
MTES	Minimum toplam evsel su tüketimi
MTHST	Minimum toplam hayvan su tüketimi
BST	Bitki su tüketimi
SST	Sanayi su tüketimi
ÇİST	Doğal yaşam su tüketimi

1-GİRİŞ

Su ve toprak kaynakları açısından Ege Bölgesi Türkiye’de zengin bir bölgedir. Ancak hızlı nüfus artışı sebebiyle kişi başına düşen toprak ve su miktarı her yıl giderek azalmaktadır (Tekinel ve diğ., 2000; İstanbulluoğlu, 2006).

Nüfusun hızlı artışı, evsel su kullanımının talebi ve sanayinin sürekli gelişimi, sektörler arasında su kullanımında rekabete sebep olmuştur. Bu rekabet ortamında en büyük payı tarım sektörü almaktadır (Çakmak, 2002; DPT, 2001; Akkuzu, 2003).

Dünyada, meydana gelebilecek olası iklim değişikliklerine karşı en hassas olan alanlardan biri ekosistem çeşitliliği bakımından zengin ve verimli topraklara sahip olan Akdeniz havzasıdır. Bu havza için oluşabilecek senaryolar, sel baskınlarındaki ve kurak alan miktarındaki artış olarak gösterilmektedir (Bangash ve diğ., 2013). Ortalama hava sıcaklığında meydana gelebilecek 1-2 °C’ lik yükselme, yıllık ortalama buharlaşma miktarının 45-91 mm arasında artmasına neden olmakta bunun sonucunda sulama ihtiyacında % 3,28-6,68 bir artışa sebep olmaktadır (Husam ve Ashour, 2013).

IPCC (2007)’de Güney Avrupa’daki yüzey akışın 2020’ li yıllarda % 23’ den fazla, 2070’ li yıllarda ise % 6-36 arasında azalış göstereceğini öngörmektedir.

Türkiye’nin Ege Bölgesi’nde bulunan Küçük Menderes Havzası, bölgenin gıda ve su ihtiyacını karşılayan ve hızla gelişmekte olan en önemli havzalardan birisidir. Tarımsal kullanımı yanında, havzada organize sanayi bölgeleri ile küçük ve orta ölçekli sanayi tesisleri yer almaktadır. Önemli doğal yaşam alanlarına da ev sahipliği yapan Küçük Menderes Havzası’nda üç adet doğal göl, bir adet baraj gölü ve koruma statüsüne sahip sulak alanlar mevcuttur (HKEP, 2013).

Havza su kaynaklarının önemli bir kısmı sanayi, tarım, içme suyu ve çevre için ihtiyaç duyulan suyun temin edilmesi amacı ile kullanılmaktadır. Ancak havza son yıllarda çok göç almış ve nüfus artmıştır. Buna bağlı olarak evsel su kullanım ihtiyacı da hızla artmaktadır.

Yağışa bağlı yüzey sularının toplanmasında temel sınırları oluşturan “su çizgisi”, havzayı çevreleyen yüksek arazilerin doruklarından geçen bir poligon özelliği taşımaktadır. Günümüze kadar, havzalar yağışlardan aldığı su

kaynaklarını öncelikli olarak içinde barındırdığı tüm canlılara sunmuştur. Ancak son yıllarda, özellikle sanayi ve yerleşim (içme ve kullanma suyu) alanlarının su talepleri paylaşımında ağırlıklı olarak yer almaktadırlar. Bu durum su paylaşımında dengenin havza içerisinde yaşayan canlılar ve tarımsal üretim aleyhine değişimlere neden olmaktadır. Bunun yanında, iklim değişikliğine bağlı olarak azalan yağış ve artan buharlaşma su kıtlığına neden olmaktadır. Ortaya çıkan su kıtlığı, paylaşımındaki payı giderek azalan canlılar için bir diğer önemli baskıyı oluşturmaktadır (HKEP, 2013).

Bu çalışma ile iklim değişikliğine bağlı olarak değişen yağış miktarına duyarlı olarak suyun sektörlere göre önceliklendirilmesi yapıldıktan sonra bu önceliklere göre suyun akılcı bir şekilde dağıtılması için bir model üretilmesi hedeflenmiştir. Gıda üretimi için tarımsal işlevlerin kesintiye uğramadan yürütülmesi su olmadan mümkün değildir. Suyun en önemli kullanımı tarımsal üretim aşamasında gerçekleşmektedir. Ege Bölgesi'nde bulunan Küçük Menderes Havzası, bölgenin gıda ihtiyacını karşılayan ve hızla gelişmekte olan en verimli havzalarından birisidir. Havzanın mevcut su kaynakları temel olarak; sektörlerin, yerleşimin, tarımın ve çevrenin (yaban hayatı) ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Ancak gelecek yıllar içerisinde iklim değişikliklerine bağlı olarak suyun azalması durumunda, havza suyunun paylaşılmasında canlı yaşamın en az etkilenecek şekilde davranılması gerekmektedir.

Bu çalışma ile yaşamakta olduğumuz iklim değişikliğine bağlı olarak ortaya çıkan ve giderek artması beklenen su kıtlığı koşullarında paydaşların önceliği ve ihtiyacı dikkate alınarak su dağıtımına yönelik dinamik yapıda bir model oluşturulması amaçlanmıştır. Değişen iklim koşullarına bağlı olarak havza su beslenmesi ve atmosfer koşullarında da değişiklikler olabileceği düşünülerek modelin değişebilecek girdilere bağlı olarak farklı öneriler sunabilecek dinamik bir yapıda tasarlanmasına karar verilmiştir. Oluşturulacak su yönetim modeli, havza içerisindeki sektörlerin gruplanması, her grubun ortalama su tüketimini ve havzanın yıllık su kazanımını dikkate almaktadır. Çalışmada havzada mevcut kullanıcılar arasında önceliklendirme çalışmaları da yapılmıştır. Yağış miktarının az olduğu ve buharlaşma miktarındaki artışın fazla olduğu kurak dönemlerde, havzada mevcut sektörlerin her biri için kesintisiz su talepleri olması ve buna bağlı olarak çatışmaların yaşanması beklenmektedir. Canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerek duydukları en az su miktarı bu sektörler için su paylaşımında alt eşik değer olarak kabul edilmiştir. Özellikle insan hakları konusu dikkate alındığında suyun belli bir miktarı ki bu günde kişi başına ortalama 60

litre kadar suyun gerekli olduğu ve geriye kalan su miktarının diğerk sektörlere öncelikler belirlendikten sonra oransal olarak dağıtılması modellenmiştir.



2-İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR YAŞAM ÜZERİNE ETKİLERİ

2-1-İklim değışikliğı

IPCC raporuna göre iklim değışikliğı, sera gazlarının atmosferik konsantrasyonları, yani karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve nitroz oksit (N₂O), son 800 000 yılda görülmemiş seviyelere yükselmiştir (IPCC, 2013).

Atmosferdeki sera gazı seviyelerindeki artış, daha fazla küresel ısınmaya ve dolısıyla iklim değışikliğine neden olmaktadır (Li ve diğ., 2012).

İklim değışikliğinin nedenleri, doğal ve insan aktiveleri olmak üzere iki kategoriye ayrılabilirken (Hulme, 2000), son 50 yılda gözlemlenen ısınmanın (son on yılda 0.1 ° C) çoğunun fosil yakıtların yakılması ve arazi kullanımındaki değışiklikler gibi insan faaliyetlerinden kaynaklandığı bilinmektedir (IPCC, 2013).

Örneğin, 2009'da tarım, doğrudan CO₂ eşdeğerinde dünya çapında emisyonlarının % 14'ünü oluştururken, arazi kullanımı ile mahsul ve mera dönüşümleri hesaplamalara dahil edildiğinde bu emisyon oranının % 17'ye yükselmesine neden olmuştur (IPCC, 2013). Sera gazı emisyonlarını azaltmak için ek çaba harcamadan, küresel ortalama yüzey sıcaklığının, sanayi öncesi seviyelere kıyasla 2100'de 3,7'den 4,8'e yükselmesi beklenmektedir (IPCC, 2014).

İklim değışikliğı, dünyanın pek çok bölgesinde küresel ısınma sonucu ortaya çıkan bir terim olarak tanımlanmaktadır. Dünyanın büyük bir bölümü; yağış miktarındaki değışimden, deniz seviyesinin yükselmesine, sıcaklık ve buharlaşmanın artması gibi farklı şekillerde etkilenmektedir (Rhodri, 2010). İklim değışikliğı, bir bölge ya da alana ait belirli bir ay veya sezondaki, yıllık ortalama yağış miktarları ve ortalama sıcaklık değerleri gibi hava koşullarında oluşan farklılıklar sonucunda ortaya çıkmaktadır (NASA, 2016). İklimde meydana gelen bu değışim, küresel sıcaklık ve yağış miktarında büyük değışiklikler yaratmakta bunun sonucunda suyun kullanılabilirliği ve kalitesini de etkilemektedir (Calzadilla ve diğ., 2014; Bangash ve diğ., 2013).

Evsahibioğlu, 2010 raporunda; Türkiye'de 1901-2000 yılları arasında her 10 senede 0,2 °C artış beklenirken ortalama yağışta %10 azalma olduğu

belirlenmektedir. Buna ek olarak Türkiye de 2071-2100 yılları arasında Samsun'dan Adana'ya kadar bir çizgi çektiğimizde, sıcaklık bu çizginin batısında 3-4 °C ve doğusunda 4-5 °C'ye kadar artarken, yağışın ortalama günlük 0,25 mm'ye kadar azalacağını vurgulamıştır. Sonuç olarak buharlaşma ve evaporasyonun artacağı beklenmektedir. Bununla birlikte 2071-2100 yılları arasında kuraklık sürelerinde artış, orman yangınlarının çoğalması, su kaynaklarındaki azalış, arazi kullanımında meydana gelecek değişikliklerin erozyonu artırıcı yönde etkisinin olacağı öngörülmektedir (Evsahibioğlu, 2010).

Türkiye, coğrafik konumuna bağlı olarak çok sayıda iklim bölgelerine sahiptir. Tarımsal üretimi önemli düzeyde etkileyen yağış şekli ve miktarı, zamansal ve bölgesel olarak değişiklikler göstermektedir. Buna bağlı olarak birçok bölgede su sıkıntısı ve kuraklık yaşanmaktadır. Ortalama çok yıllık yağış miktarı 640 mm olan Türkiye, yılda ortalama 501 milyar m³ yağış almaktadır. Bu miktarın yarısı (274 milyar m³) buharlaşma ile atmosfere geri dönmektedir. Sadece 41 milyar m³'lük bölümü yüzey altına ulaşmakta geriye kalan 186 milyar m³'ü ise yüzey akışla göl ve denizlere ulaşmaktadır. Türkiye üzerine düşen yağış dışında komşu ülkelerden doğan akarsular ile yılda 7 milyar m³ su kazanmaktadır. Bu durumda Türkiye yıllık ortalama toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 milyar m³ civarındadır (DSİ, 2001).

2-2-Sürdürülebilir yaşam üzerine iklim değişikliğinin etkileri

Son yıllarda hızla artan buharlaşmanın etkili olduğu kurak ülkelerden biri olan Etiyopya'nın % 36'sını oluşturan yaklaşık 44 milyon hektar arazinin 33 milyon hektarında tuzluluk, 8 milyon hektarında hem tuzluluk ve hem alkalilik, 3 milyon hektarında ise alkalilik sorunu olduğu belirlenmiştir. Toprak tuzluluğunun yıkanması için gerekli temiz su kaynaklarının bulunmaması ülke tarımsal üretim miktarını önemli ölçüde etkilemektedir (Asfaw ve diğ., 2016).

Türkiye'de farklı zamanlarda etkili kuraklıklar yaşanmıştır, giderek sıklaşan bu periyotlar geçmişte, 1971-1974 dönemi ile 1983, 1984, 1989, 1990, 1996 ve 2001 yıllarında da yaşanmıştır (Türkeş, 2003).

Dedrick ve diğ., 2000, su kullanan sektörler arasında yaşanan rekabetin, su dağıtım sisteminde ve suyun tarlaya uygulanışı sırasında yapılan yanlış uygulamaların, toprak ve su kaynaklarının kalitesini bozduğunu belirtmişlerdir. Suyun kullanılabilirliği ve kalitesinin, su ve toprak özellikleri ile bitkisel üretim

için gerekli olmasının dışında canlıların yaşamı için de oldukça önemlidir. Bu bağlamda, Güvensoy (2006) Türkiye'nin mevcut su potansiyelinin, sulama, enerji üretimi, içme ve kullanma suyu ihtiyacı açısından en ekonomik şekilde kullanılmasının zorunlu olduğu vurgulanmıştır (Güvensoy, 2006). Kulinkina ve diğ., (2016) temiz ve yeterli miktarda su varlığına erişilebilirliğin insan sağlığı ve sosyoekonomik iyileşme için gerekli olduğunu bildirmişlerdir.

Türkiye'de özellikle Marmara ve Ege Bölgesi, toprak ve su kaynakları açısından bulunduğu coğrafya ile kıyaslandığında oldukça zengindir. Ancak nüfus artışı, sanayileşmenin getirmiş olduğu kirlilik ve küresel ısınma bölgelerin toprak ve su kaynaklarını tehdit ederek, gıda güvenliği ve ekonomik gelişmelere engel olmaktadır (İstanbuluoğlu, 2006).

Kuraklık, geleceğin en büyük tehlikeleri arasında bulunmaktadır. Kuraklık, herhangi bir zaman diliminde yağış miktarındaki azalmadan dolayı gözlenen bir doğa olayıdır ve zaman içerisinde (yağıştaki gecikmeler, ürünün büyüme periyodu ile yağış ilişkisi) yağışın etkisi (yağış yoğunluğu ve miktarı) ile ilişkilidir. Yüksek sıcaklık, şiddetli rüzgâr ve düşük nem miktarı gibi parametreler birçok bölgede kuraklıkta etkili olmaktadır (U.S. Drought Portal, 2015).

Kuraklık terimini incelediğimizde üç farklı şekilde tanımlandığı görülmektedir. Bunlardan,

1. Meteorolojik Kuraklık; uzun bir zaman içinde yağışın normal değerlerin altına düşmesi olarak tanımlanmaktadır.

2. Tarımsal Kuraklık; meteorolojik kuraklığın birçok özelliği ile yakın ilişkilidir. Ancak, toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda su bulunmaması nedeni ile nem kaybı ve su kaynaklarında kıtlık olduğu zaman gözlenen kuraklık tipi olarak tanımlanır. Bu kuraklık türü, ürün miktarında ve bitki büyümesinde azalmaya neden olurken hayvanlar için ise yaşamsal tehlikeye neden olmaktadır.

3. Hidrolojik Kuraklık; yeraltı su kaynakları, yüzey suları veya yağış periyotlarının etkisi ile ilişkilidir. Meteorolojik kuraklığın devam etmesi durumunda hidrolojik kuraklıktan söz edilebilir (Granger, 2011).

2-3-İklim değişikliğinin toprak kalitesi üzerine etkileri

Toprak; eriyen kar suları, yağmur ve sulama suyunun akış yönünü kontrol etmeye yardımcı olur. Su ile çözünen maddeler toprak derinliklerine doğru ilerler. Diğer yandan toprak, bitki ve hayvan yaşamının sürdürülmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Sonuç olarak canlıların çeşitliliği ve verimliliği doğrudan toprağa bağlıdır (Doran ve Parkin, 1994).

Toprakların kalitesi; doğal veya yönetilen ekosistem sınırları içinde bitki ve hayvan verimliliğini sürdürmek, insan sağlığını desteklemek, korumak veya su ve hava kalitesini arttırmak için önemlidir (Herrick, 2000).

Doran ve Parkin (1995), toprak kalitesini ekosistem sınırları içinde, biyolojik üretkenliği sürdürmeyi ve çevre kalitesini korumayı amaçlayan, bitki ve hayvan sağlığını etkileyen bir toprak özelliği olarak tanımlanmışlardır.

Tarımsal üretim toprak kalitesini düşürmektedir. Örneğin toprak işleme doğal toprak ekosistemine zarar verebilecek süreçleri başlatmakta ve sonuç olarak su tutma kapasitesi, toprak-su içeriği ve agregasyon gibi toprak fiziksel özelliklerinin çoğunu değiştirmektedir (McBratney ve diğ., 2014).

Topraklar günümüzde dünya genelinde risk altındadır (FAO ve ITPS, 2015; Stolte ve diğ., 2016; Tóth ve diğ., 2008). Toprağın rekabetçi ve yoğun kullanımları sonrasında meydana gelen kirlenmeler; ormancılık, mera, gıda üretimi, içme suyu, bitki koruma ve canlılar için yaşam destekleyici özelliğini giderek daha fazla etkilemektedir. Toprak bilimi uzmanları, toprakların kullanım kararlarını alma süreçlerinde toprağın sürdürülebilirliğinin dikkate alınması gerektiği vurgulamaktadırlar (Doran, 2002; Herrick, 2000).

Toprak kalitesinin yanı sıra su ve hava kalitesi de çevre kalitesinin üç temel bileşeninden biridir (Andrews ve diğ., Adaşları, 2002). Su ve hava kalitesi temelde insan ve hayvan yaşamını veya doğal ekosistemleri doğrudan etkileyen temel kriterlerdendir (Carter ve diğ., 1997; Davidson, 2000).

Toprak kalitesi, toprağın değerlendirilmesini ve yönetilmesini ifade eder. Toprağın doğru şekilde kullanımı sağlandığı takdirde gelecek için sürdürülebilirliği artmaktadır. Bir arazi yöneticisi toprak kalitesindeki değişiklikleri izleyerek uygulamaların sürdürülebilirliğini belirleyebilir.

Tuzluluk günümüz koşullarında toprakların önemli sorunlarından birisidir. Dünya genelinde yaklaşık her yıl 10 milyon ha toprak, tuzluluk etkisi nedeniyle kaybolmaktadır. Bu sayı göz önüne alındığı zaman ne kadar önemli bir sorun olduğu görülmektedir. Kurak ve yarı kurak iklim özelliklerine sahip olan yerlerde yağışın yetersiz düzeylerde olması ve yüksek buharlaşma tuzluluğun başlıca nedenidir. Tuzluluğun başka bir önemli nedeni arazinin yetersiz drenaja sahip olması ve yanlış sulama uygulamalarıdır. Dünya nüfusunun hızla artması dünyadaki besin ihtiyacını da aynı oranda arttırdığı göz önüne alındığında toprakların daha iyi korunması ve kaybedilen toprakların uygun ekonomik bir şekilde geri kazanılması her geçen gün büyük önem kazanmaktadır (Rhodri, 2101).

Kurak ve yarı kurak iklim özelliklerine sahip olan yerlerde yıkanarak yer altına karışan çözünebilir tuzların kapillarite ile toprak yüzeyine çıkması ve buharlaşma sonucu suyun buharlaşmasıyla toprak yüzeyinde birikmesidir. Bu birikme olayı sadece toprağın yüzeyinde değil aynı zamanda yüksek sıcaklığa sahip bölgelerde toprağın alt kısımlarında da olabilmektedir. Sodik topraklar tuzlu topraklara göre daha zor ıslah edilmektedir (Rhodri, 2010).

Toprak içi su hareketleri toprak oluşumuna ve sonrasında toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine çok etkilidir. Toprak oluşumu sürecinde toprak nemi, hem toprak içi havalanma hem de kimyasal çözünme olaylarının temel parametresidir. Bunun yanında kayaçlardan ve organik maddelerden köken alan minerallerin ayrışmasında önemli rol oynayan mikro ve makro organizmaların varlığı ve aktiflik dereceleri toprak nemi ile doğrudan ilişkilidir. Minerallerin ayrışması ile ortaya çıkan element ve bileşiklerin ortamda kalmaları ya da taşınmaları toprak içi su hareketlerine bağlıdır. Ayrışma ürünleri bitkilerin besin elementleri olabileceği gibi, toprak strüktürü ve tekstürünü oluşturan temel materyaller de olabilmektedir (Carter ve diğ., 1997).

Toprak içi su hareketlerinin mevsimsel olarak yön değiştirdiği bilinmektedir. Genellikle yüksek buharlaşmaya bağlı olarak yukarı yönde hareket ederken, sulanan bölgelerde yaz aylarında aşağı yönde olabilmektedir. Bunun yanında kış aylarında ise yağışın miktarına bağlı olarak yine aşağı yöndedir. Toprak içerisindeki suyun hareketi özellikle çözünebilen tuzlar, oksitler, kireç vb materyaller ile partikül boyutu küçük olan killerin taşınmasına neden olmaktadır. Bu materyallerin yıkanması veya birikmesi toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirmekte, bazen de toprak horizonlarının oluşmasına neden

olmaktadır. Yukarıda bahsedilen ve toprak canlılığı için oldukça önemli olan olaylar toprak suyu ile mümkün olabilmektedir. Değişen iklim koşullarının toprak suyu aleyhine getireceği koşullar hem hızlı ve şiddetli buharlaşma ve hem de yağış eksikliği yönünde olması beklenmektedir. Bunların yanında sulama suyunda da beklenen kıtlık, toprak suyunun çok sınırlı olmasına ve toprak içi olayların yavaşlamasına neden olacaktır. Bu koşullarda tuzlu taban suyunun yukarı yönde hareketi, hızlı buharlaşma ile yüzey horizonlarında tuz birikimine neden olacaktır. Toprakta tuz artışı sadece taban suyu hareketi ile değil sulama suyu ile de gerçekleşebilmektedir. Yağış kıtlığı ile bozulan sulama suyu kalitesi, buharlaşma ile birlikte toprakta istenmeyen bileşiklerin birikmesine neden olabilecektir. Toprağın kimyasındaki değişiklikler, agregatlaşma özelliklerinde de değişikliklere neden olabilecektir. Bu durumda toprak strüktüründe, kurak bölgelerde görülen masifleşme yönünde bir değişim beklenmelidir. Yukarıda belirtilen ve beklenen değişiklikler toprak verimliliğinin azalmasına neden olacaktır.

Kıyı alanlarında ortaya çıkan iklim değişikliği, deniz seviyesinin yükselmesine neden olabilmekte ve bunun sonucunda sulak alanların azalması ve topraklarda tuzluluğun artmasına neden olarak tarımsal üretimi olumsuz yönde etkilemektedir (Dasgupta ve diğ., 2014). Tarıma elverişli topraklarda meydana gelebilecek tuzlanmadaki artış, toprak kalitesini ve dolayısı ile bitkisel üretimi de olumsuz yönde etkilemektedir (De Paza ve diğ., 2012).

Toprak kalitesinin iyi olması, işleme ve koruma gibi giriş maliyetlerini azaltmakta ve su ve besin maddelerinin daha verimli kullanılması dahil daha iyi üretim performansı sağlamaktadır. Toprak kalitesini araştırmanın ve değerlendirmenin nihai amacı yüksek agregat stabilitesi, biyolojik aktivite veya başka bir toprak özelliğine ulaşmak değildir. Amaç, uzun vadeli tarımsal verimliliği, su kalitesini, ve insanlar dahil tüm organizmaların habitatlarını korumak ve iyileştirmektir (McBratney ve diğ., 2014).

2-4-İklim değişikliğinin su kalitesi üzerine etkileri

Hızlı nüfus artışı, plansız kentleşme, arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişiklikleri su kaynakları yönetimi için büyük zorluklar olarak kabul edilmiştir (Hunter, 2003). Arazi kullanımı ve arazi örtüsü havza hidrolojisini, buharlaşma, infiltrasyon, yüzey ve yeraltı su rejimlerini ve sonuçta su kalitesini etkilemektedir (Cuo et al., 2013).

İklim değışikliğinin Türkiye’deki etkisinin bazı bölgelerde yağışın azlığı ve buna karşın buharlaşmanın artacağı yönündedir. Bu iki önemli olay sonucunda su kaynaklarında önemli ölçüde azalma beklenmektedir.

Son yıllarda su kalitesini, önemli ölçüde demografik, iktisat ve kültürel dönüşümün neden olduğu arazi kullanım şekilleri ve tarım uygulamalarındaki değışiklikler etkilemiştir (Berka ve diğ., 2001). Sonuç olarak, su kirlenmesi, besinler ve ötrofikasyon tehlikeleriyle artmaktadır. Ötrofikasyon, su mühendisleri ve yöneticileri için sürekli bir sorun haline gelmiştir (Daniel ve diğerleri, 1998). İklim değışikliğinin neden olacağı su kaynaklarının azalması sonucunda, sulardaki kirlilik yükü konsantrasyonunun artması beklenmelidir.

Mevcut su kaynaklarında farklı seviyelerde tuzluluk mevcuttur. Yer altı su kaynaklarının yeterli seviyede yağış alarak beslenmesi, su miktarı ve kalitesi açısından oldukça önemlidir. Yetersiz yağışın özellikle denize yakın bölgelerde, yer altı sularında denizden kara yönüne akış başlamaktadır. Halen eser miktarda tuz içeren suların, yeraltı su seviyesinin düşmesi sonucunda daha çok tuz içermesi beklenmelidir. Bir başka deyişle, sulama sularındaki tuz oranının artması beklenmelidir. Tuzlu suların sıcak iklim koşullarında sulama suyu olarak kullanılması, toprakta önemli düzeyde tuzluğa neden olacağı bilinmektedir (Froehlich, 2000).

Mevcut su yönetimi zorluklarına rağmen iklim değışikliği sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için ek bir zorluktur. İklim değışikliği, gelecekteki su kaynaklarının değerlendirilmesinde kritik bir faktör olarak görülmektedir (Dumont ve diğ., 2013). İklim değışikliği, mevsimsel ve yıllık su akışlarını değıştirmektedir. Bu da havzanın hidrolojik özelliklerini etkiler (Murray-Hudson ve diğ., 2006; Novotny ve Stefan, 2007; Heathwaite, 2010). İklim değışikliği, aynı zamanda, nehir ekosistemlerini etkileyecek olan sediment akışı ve nehir morfolojisinde meydana gelen değışiklikleri de beraberinde getirmektedir. Aşırı iklim değışikliği olan yerlerde, 1 °C lik sıcaklık artışı görülmüştür. Bu nedenle su varlığının gelecekte birçok tropik ve alt tropik bölgelerde değışmesi beklenmektedir (IPCC, 2014).

Yapılan çalışmalar arazi kullanımı ve arazi örtüsü değışiminin iklim değışikliğinin su mevcudiyetini ve su kalitesini etkileyen iki temel faktör olduğunu göstermiştir (ElKhoury ve diğ., 2015; Mehdi ve diğ., 2015; Pulido-Velazquez ve diğ., 2015; Shrestha ve diğ., 2016).

Su kaynaklarının planlanması ve değerlendirilmesi için en iyi yöntem değişken parametreleri dikkate alan modelleme yaklaşımlarıdır. İklim ve arazi kullanımındaki değişiklikler su mevcudiyeti ve su kalitesi üzerindeki etkilerini birleştirebilir ve olabilecek sonuçları belirsizdir.

Tu (2009), doğu Massachusetts, ABD'de iklim ve arazi kullanımındaki değişikliklerin akış ve su kalitesi üzerindeki etkilerini tahmin etmiştir. Bu çalışmada iklim değişikliğinin ve arazi gelişiminin, akarsuyun ve azot yükünün mevsimsel dağılımlarının, akım ve azot yükünün ortalama yıllık miktarını değiştirmekten daha fazla etkide bulunduğunu ortaya koymuştur.

2-5-İklim değişikliğinin su miktarı ve kullanımı üzerine etkileri

Sınırlı ve oldukça değişken olan dünya su bütçesi, artan buharlaşma ve azalan yağış miktarına karşın artan su tüketimi ile birlikte dünya genelinde su yönetimini zorunlu. Araştırmacılar, su kıtlığının olumsuz etkilerinin giderek arttığını ve iklim değişikliğinin etkisiyle de geleceği daha kötü etkileyeceğini tahmin etmektedirler (Olmstead, 2010).

Beklenen nüfus artışı ve iklim değişikliği tatlı su kaynaklarını azaltmaya azalma stresini arttırmaya devam edecektir. Örneğin, Türkiye nüfusunun 2050 yılına gelindiğinde 95 milyon olacağı tahmin edilmektedir. İklim bazlı su kullanımı projeksiyonları yükselen sıcaklıklar nedeniyle, yağışlarda lokalize azalmalar ve yüksek potansiyele sahip evapotranspirasyonda çarpıcı artışlar göstermektedir (Brown ve diğ., 2013). İklim değişikliğinin getirdiği bir diğer sorun yağış düzensizliğidir. Yıllık yağış içerisinde kısa süreli yoğun yağışlar giderek artmaktadır. Yüzey akışa geçen ve göl veya denize ulaşan yağış sularının yer altı su rezervine katkısı çok sınırlıdır. Buna bağlı olarak en tehlikeli kuraklık çeşidi olarak tanımlanan “hidrolojik kuraklık” kalıcı olmaya başlamaktadır.

Su kıtlığı, gıda üretimi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Yağışa bağlı yapılan tarımsal üretim, yetersiz yağış alan topraklarda oldukça düşük verimli tarıma neden olmaktadır. İnsanların kendi bitkilerini sulamak için başka bir yolu yoktur ve bu nedenle, hızlı büyüyen nüfusların tarımsal lojistiği çok önemli sorunlar oluşturacağını beklemeli ve önlemler için çok disiplinli ortak çalışmalar yapılmalıdır (Rehana ve Mujumdar, 2013).

Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsüne göre, tarım, küresel su tüketiminin yaklaşık % 70'ini oluşturup sürekli olarak evsel, endüstriyel ve çevresel kullanımlarla rekabet etmektedir. Bu büyüyen sorunu düzeltmek için, su yönetimiyle ilgili etkin için daha etkili yöntemler oluşturmaya çalışılmaktadır. Tarımsal üretimde su kaybını en aza indirecek sulama yöntemleri kullanılması önerilmektedir.

Sulama yönetimi, sulama sistemlerinin iyileştirilmesi ve sürdürülmesi için çalışır. Ancak, tarımsal üretimin miktarını artırmak için sulama alanları genişletilmektedir (Berka ve diğ., 2001).

Yağışa bağlı tarımsal üretim için toprak su bütçesi oldukça önemlidir. Yağışa bağlı tarımsal uygulamalar, gelişmekte olan ülkelerdeki en yaygın tarım yöntemidir. Araştırmaya göre, dünyanın dört bir yanındaki tarım arazilerinin % 80'i yağmura bağlı tarım yapıyor ve "küresel gıda sepetine yaklaşık %58 katkıda bulunuyor". Yağmura bağlı tarım için su yönetiminde kullanılan bazı teknikler, ek su kaynağı ve su toplama tekniklerinin kullanımını içermektedir. Bunlara küçük ölçekli yağmur suyu toplama göletleri ve barajlar örnek olarak verilebilir. Bu teknikler, yağışın tutarsız olduğu bölgelere çok ihtiyaç duyulan suyun sağlanmasına yardımcı olur. Yağışa bağlı tarımsal üretim alanlarında sınırlı miktarlarda da olsa ilave suya sahip olunması, yetiştirilen ürün verimi ve ürün çeşidinin artmasına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır.

2-6-İklim değişikliğinin buharlaşma üzerine etkileri

Buharlaşma, sıvı suyun buhara dönüştüğü ve buharlaşan yüzeyden (buhar çıkarma) uzaklaştırıldığı işlemdir. Su, göller, nehirler, topraklar ve ıslak zemin gibi çeşitli yüzeylerden buharlaşır (Assouline, 1993)

Sıcaklık arttıkça buharlaşma da artmaktadır. Ek olarak, atmosferin nem tutma kapasitesi sıcaklık ile artar. Küresel sıcaklıklarda her 1°C lik artış için, atmosferin nem tutma kapasitesinde %7'lik bir artış sağlar ve atmosferdeki daha fazla nem, sonuçta yağış modellerinde önemli değişikliklere yol açar (Kumar, 2003)

Gerçek buharlaşma suyun mevcudiyetine bağlıdır, örneğin bir gölden su, kuru toprağa göre daha fazla buharlaşır. Tropik yağmur ormanları gibi nemli alanlar kurak bölgelere göre daha yüksek buharlaşma oranlarına sahiptir. Kara

yüzeyinden buharlaşan su miktarı toprakta bulunan su miktarına, toprak dokusu ve yapısına bağlıdır (Smith ve diğ., 2001).

Su ve ıslak zeminlerde oluşan buharlaşma süreklilik göstermektedir. Su ve ıslak yüzeyden buharlaşan suyun miktarına atmosfer koşulları etkilidir. Buharlaşma, ortam enerjisinin etkisiyle olmaktadır. Bir gram suyu 539 – 597 kalorilik ısı ile buhar şekline dönüştürmek mümkündür. Buharlaşmaya etki eden temel parametreler difüzyon, konveksiyon veya rüzgâr olaylarından oluşmaktadır. Difüzyon olayı, atmosfer buhar basıncı suyun sıcaklığına bağlı olarak doymuş buhar basıncının altına düşünceye kadar sürer. Suyun sıcaklığı havadan daha yüksek olduğu durumlarda ise konveksiyon olayları için koşullar oluşur. Buharlaşmaya etki eden temel faktörler aşağıda verilmektedir (Smith Ve diğ., 2001).

Buharlaşmayı etkileyen üç temel parametre vardır. Bunlar, meteorolojik faktörler, coğrafi-topoğrafik konum ve buharlaşan suyun kalitesi ile bulunduğu konumdur (<https://www.mgm.gov.tr>). Her bir faktör alt başlıklarıyla aşağıda özetlenmiştir.

Meteorolojik faktörler;

Meteorolojik faktörler beş alt grup altında incelenmektedir. Bunlar;

a) Güneş Radyasyonu : Güneşten gelen, uzun kızılötesi dalga boylarından, kısa mor üstü dalga boylarına varana kadar geniş bir aralığı içeren yansımadır. Güneş radyasyonunun neredeyse %25'i geri yansımadan dolayı yüzeyi terk eder (NASA, 2010).

b) Hava Buhar Basıncı: Buharlaşma, su yüzeyi ile suyun üstündeki buhar basıncının arasındaki fark ile doğru orantılıdır. Hava buhar basıncı arttıkça buharlaşma miktarı azalır.

c) Sıcaklık: Doymuş buhar basıncı sıcaklıkla doğrudan ilişkili olduğundan buharlaşma oranı, hava ve su sıcaklıklarından yüksek düzeyde etkilenir. Örneğin gün içinde buharlaşma sabah saatlerinde en az düzeydeyken, öğleden sonra 12.00-15.00 saatleri arasında ise en fazla değerine ulaşır.

d) Rüzgâr: Rüzgâr ve buharlaşma arasında önemli düzeyde ve doğru orantılı ilişki mevcuttur. Rüzgar hızı ve rüzgarın düşük nem içeriği buharlaşmayı çok hızlandırmaktadır.

e) Basınç: Hava basıncı arttıkça birim hacimdeki molekül sayısı artar ve sudan havaya sıçrayan moleküllerin hava moleküllerine çarpıp yeniden suya dönmeleri ihtimali yükselmiş olacağından buharlaşma azalır. Yükseklik arttıkça basınç azalır, buna karşın buharlaşma artar.

Coğrafik ve Topoğrafik Faktörler

a) Enlem: Özellikle serbest su yüzeylerinden meydana gelen buharlaşma miktarının enlem derecelerine göre değişmekte olduğu tespit edilmiştir. Farklı enlem derecelerine sahip bölgelerde açık su yüzeyinde meydana gelen yıllık ortalama buharlaşma miktarları çizelge 2.1. de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Enlemlere göre buharlaşma değerinin değişimi (<https://www.mgm.gov.tr>).

Enlem Derecesi	Ortalama Buharlaşma (mm/yıl)
0° □ 10° (Ekvator Bölgesi)	1150
10° □ 30° (Alize Bölgesi)	2250
30° □ 40° arası	1600
40° □ 50° arası	1000
50° □ 60° arası	450

b) Yükseklik: Yükseklik arttıkça buharlaşma miktarı artar, bunun nedeni denizden yükseldikçe hava basıncı azalır. Diğer taraftan yükseklik arttıkça havanın sıcaklığı azalacağından buharlaşma miktarı da azalır. Fakat bu azalma hava basıncından ileri gelen artışı telafi edemediğinden yükseklik arttıkça buharlaşmanın bir miktar arttığı kabul edilir.

c) Bakı: Güneye ve Batıya bakan yamaçlardaki ıslak bölgeler güneş ışınlarına daha çok maruz olduklarından buharlaşma Kuzey ve Doğuya bakan yamaçlara göre daha fazla olur.

Suyun Kalitesi ve Bulunduğu Ortam

Su kütlesinin büyüklüğü, tuz içeriği, bulanıklığı ve hareketliliği buharlaşma miktarı üzerinde etkilidir.

a) Su kütlesinin büyüklüğü: Derin su kütleleri hava sıcaklığındaki değişimlere geç uyarlar. Bu sebeple derin sularda buharlaşma, sığ su kütlelerine göre yazın daha az, kışın ise daha çok olur.

b) Tuz içeriği: Suda erimiş tuzların buhar basıncını azaltması nedeniyle tuzlu sular, tatlı sulara göre daha az buharlaşır.

c) Kirlilik: Durgun su yüzeyinde biriken yabancı maddeler toz veya yağ tabakaları, buharlaşmayı azaltır.

d) Dalgalı ve hareket halindeki su: Akan sulardaki buharlaşmanın durgun sulardaki buharlaşmadan %7 ile %9 oranında yüksek olduğu araştırmalarla bulunmuştur.

2-7- Su kullanımında öncelikleri

2-7-1 Su tahsisi

Su tahsisi; hidrolojik bir sistem içerisinde, suyun çeşitli ihtiyaçlar için kullanılması anlamına gelmektedir. Belirli bir miktardaki suyun, bir amaca yönelik kullanımına bağlı olarak ölçülmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir (Ecology Dictionary, 2016). Tüm dünyada, su kaynaklarının nasıl paylaşılması gerektiği konusunda üç farklı yöntem bulunmaktadır:

A- Orantılı bölüşme:

Bu yöntemde, su; havzanın fiziksel özelliklerine göre (Boyut, akış ve diğer faktörler), yaşayan nüfusa göre veya havzadaki su kaynaklarının varlığına ve kapasitesine bağlı olarak dağıtılmaktadır.

B-Mevcut kullanım şekline göre:

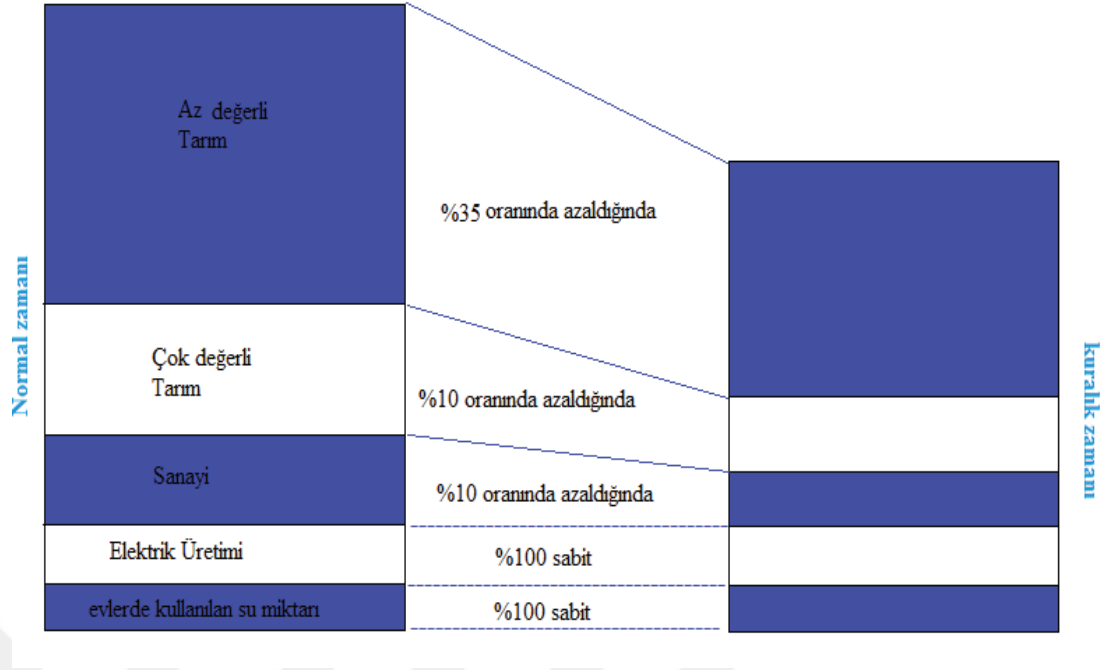
Geçmişten gelen alışkanlıklar, suya bağımlılık düzeyi ve üretkenliğe bağlı olan su dağıtımıdır.

C-Gelecekteki kullanım planları:

Suyun dağıtımı, büyüme tahminlerine bağlı olarak yapılan gelişim planlamaları ile uyum içerisinde olmalıdır (Speed, et al., 2013).

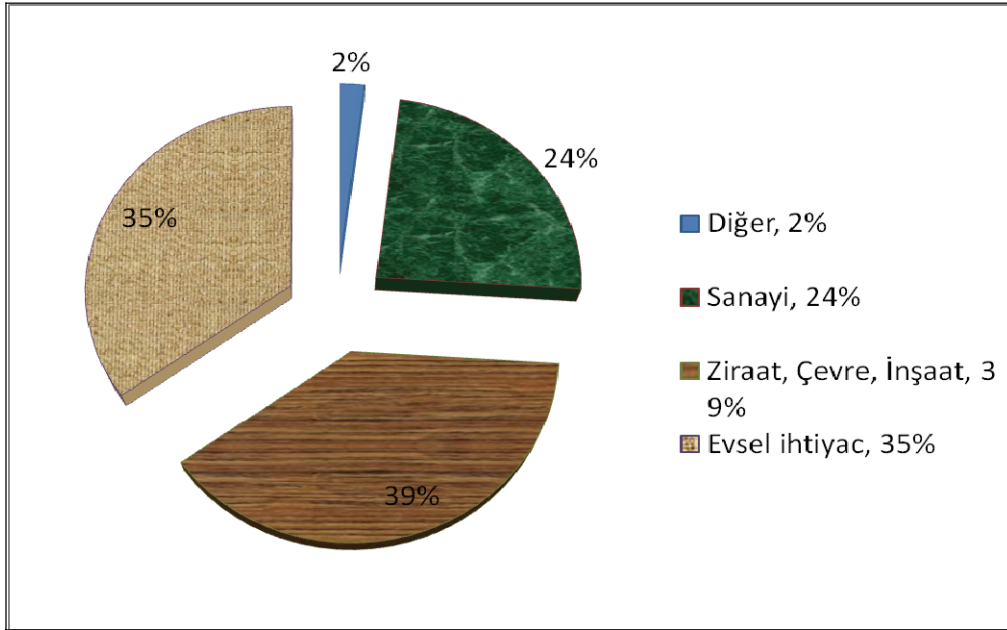
2-7-2 Su kullanımının yönetilmesi

Canlı yaşamı, sanayi, çevre ve tarım için oldukça önemli olan su kaynaklarının iklim değişikliğine paralel olarak doğru bir şekilde planlanması, dağıtılması ve yönetilmesine duyulan ihtiyaç günden güne artmaktadır. Özellikle tarım sektörü, gelecek on yıl içerisinde meydana gelebilecek iklim değişikliğine uyum sağlamak zorundadır. Speed ve diğ., (2013), trımsal üretimi, sulu yada kuru tarım ya da verimsiz araziler dikkate alınarak, az değerli tarım arazileri ve çok değerli tarım arazileri şeklinde değer derecelemesi yapılmıştır. Şekil 2.1. den de görüleceği gibi, tarım toplamda en çok su kullanan paydaş olarak gösterilmektedir. Su kullanan paydaşların her hangi bir su kıtlığı durumunda kendi paylarına düşen su miktarının azaltılabilme sınırı vardır. Eşik değer olarak da tanımlanabilecek miktarlar ülkeler ve önceliklerine göre değişmektedir. Speed ve diğ., göre evsel kullanım ve enerji üretiminde bir kısıt öngörülmediği anlaşılmaktadır. Bu öneriye göre su kısıtı durumunda evsel su kullanımı ve elektrik üretimi için bir azaltmaya gidilmemiş, buna karşın sanayide yüzde on su kullanımı önerilmiştir. Bunun yanında ürünün stratejik önemi (yağ, endüstri bitkileri vb.) ve sulu tarım olup olmaması dikkate alınarak önemli ya da değerli tarımsal üretim için su tahsisi yüzde on ve diğer tarımsal üretim için yüzde 35 azalmasını önermişlerdir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Su kullanımının yönetilmesi (Speed ve diğ., 2013)

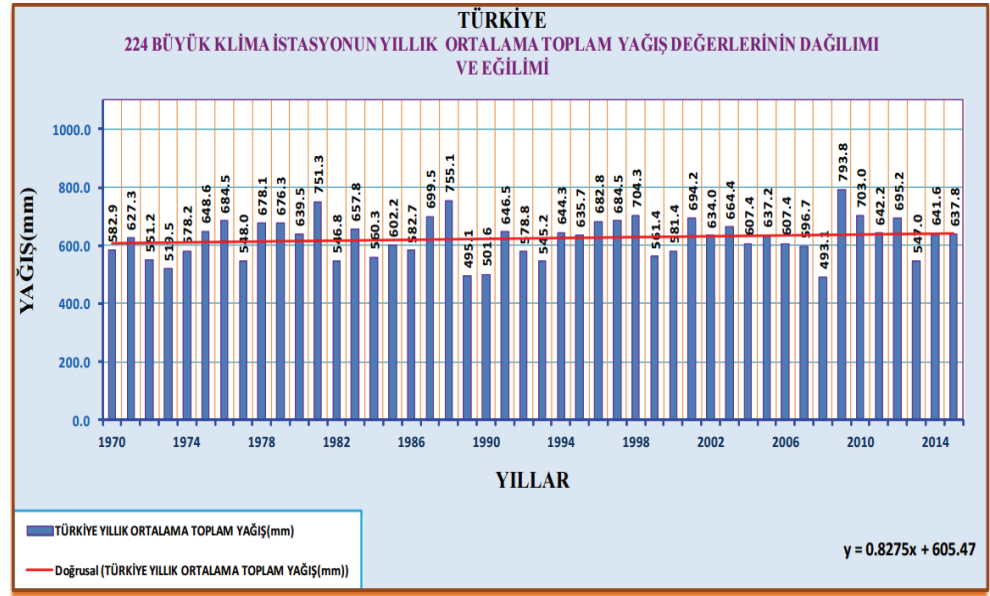
Tao ve Xin (2014) Çin’ de yaptıkları bir araştırmada su tüketiminin sektörler arasındaki dağılımını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda belediye tarafından sağlanan suyun neredeyse üçte ikisinin endüstri, tarım ve inşaat sektörleri tarafından kullanıldığını, kalan kısmın ise evsel ihtiyaçları karşılamak için tüketildiğini bildirmişlerdir. Çalışmada 2011 yılında 365 milyon insanın toplam 15,3 milyar ton su kullandığı ve bu suyun %80’ inden fazlasının çamaşır ve bulaşık yıkama ve banyo yapma gibi ihtiyaçları karşılamak amacıyla kullanıldığını belirlemişlerdir. Evde kullanılan suyun yalnızca %2 si içmek ve yemek pişirmek için kullanılmaktadır (1.1 milyar ton). Bu çalışmada, evlerde kullanılan su miktarı denilince akıllara yalnızca içme suyunun gelmemesi gerektiği çok net görülmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Çin’de sektörler arası su kullanım dağılımının oransal gösterimi (Tao ve Xin, 2014)

Su verimliliğini, geleneksel sulama programları ve uygulamaları kullanarak etkin bir şekilde gerçekleştirmek mümkün değildir (Speed ve diğ., 2013). Su dağıtımının planlamasında, su verimliliğinin artırılmasını esas alan bir yöntem kullanmalıdır. Güney Avustralya’da devlet 2016 yılında su tahsis planı için yasal bir belge düzenlemiştir. Bu belgede, var olan su kaynaklarının kullanımını yönetmek için kurallar belirlemişlerdir. Bu kuralları oluştururken çevreyi, sosyal ve ekonomik ihtiyaçları dikkate almışlar ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve güvenliğini sağlamışlardır.

Türkiye’nin yüzölçümü 783.562 km^2 dir ve ülke bazında kabul edilen ortalama yağış miktarı 643 mm dir. Meteoroloji merkezinden alınan verilere göre Türkiye’nin 1970-2015 yılları arası ortalama yağış miktarları Şekil 2.3.’de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Türkiye yıllık toplam yağış verisi (1970-2015)(Kaynak: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx>)

Şekil 2.3. de gösterildiği gibi Türkiye'nin yağış ile sağladığı yıllık su miktarının yaklaşık 501 km³ olduğu kabul edilir. Ancak yenilenebilir su miktarı 234 km³ olarak hesaplanmıştır. Teknik olarak bu suyun sadece 112 km³ (98 km³ yerüstü, 14 km³ yeraltı suyu) bölümünü kullanmak mümkündür. Türkiye'nin sektörlere göre su tüketimi Çizelge 2.2. de gösterilmektedir. Türkiye'de en çok su kullanan sektör, tarım olarak ön plana çıkarken, artan nüfusa uyumlu olarak içme suyu kullanımının da 2030 yıllarına doğru katlanarak artması beklenmektedir. Ulusal gelişim stratejileri doğrultusunda sanayi sektörünün de su ihtiyacının hızla artacağı öngörülmektedir (TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik, 2011). Artan su ihtiyacına karşın, gelecekte su kıtlığının yaşanacağını düşünürsek, paydaşlar arasında çatışmaların olması kaçınılmaz olarak görülmelidir.

Çizelge 2.2. Türkiye' nin sektörler bazındaki su kullanım paydaşları ve tahsis edilen su miktarları

Sene	Toplam Su kullanımı		Sektörler					
			Sulama		İçme suyu		Sanayi	
	Km ³	%	Km ³	%	Km ³	%	Km ³	%
1990	31	28	22	72	5	17	3	11
2004	40	36	30	74	6	15	4	11
2030	112	100	72	64	18	16	22	20

Türkiye'nin halen yağış ile sağladığı yıllık su miktarının yaklaşık 501 km³ olduğu düşünülürse, bu miktarın yaklaşık 34 km³ lük miktarı tarım için kullanılmakta, evsel su tüketimi 7 km³ ve sanayi sektörü için ise 5 km³ su kullanılmaktadır. ABD nin yıllık ortalama yağış miktarı 6887 Km³ dir. ABD, sanayi sektöründe en fazla su tüketen ülkedir. Hindistan, 688 km³ su tüketim ile tarım için en büyük su kullanan ülke durumundadır (Çizelge 2.3.).

Çizelge 2.3. Dünya genelinde sulama (ziraat), içme (evsel ihtiyaçları) ve sanayi sektörünün su tüketimi (Kaynak: TÜBİTAK bilim, teknoloji ve yenilik, 2011)

Ülke	Yıllık Ortalama Yağış(Km ³)	Ziraat	Evsel su tüketimi	Sanayi Sektörünün	Veri Tarihi
Türkiye	501	34	7	5	2008
Hindistan	3,56	688	56	17	2007-2010
Güney Kore	127	16	7	3	2002
ABD	6,887	192	65	221	2005-2008
Çin	6	358	68	129	

Uluslararası düzeyde bir su kıtlığının öngörülmesine bağlı olarak, suya erişim için bölgesel ve yerel çatışmalar yaşanacağı bilinmektedir. Bu nedenle son yıllarda uluslararası düzeyde su tahsis planları ve anlaşmalar giderek önem kazanmaktadır. Önümüzdeki yıllarda, Türkiye kalıcı su sıkıntısı sorunuyla karşılaşacaktır. Bu sorun politikacıların ulusal ve uluslararası sorumluluklarını daha da arttıracaktır. Çözüm için bilimsel yaklaşım kaçınılmazdır. Bu nedenle, su yönetimi ve su kullanımı konularında araştırmaların desteklenmesi önemli bir stratejik hedef haline gelmektedir.

2-7-3 Su kullanımının ve dağıtımın önceliği

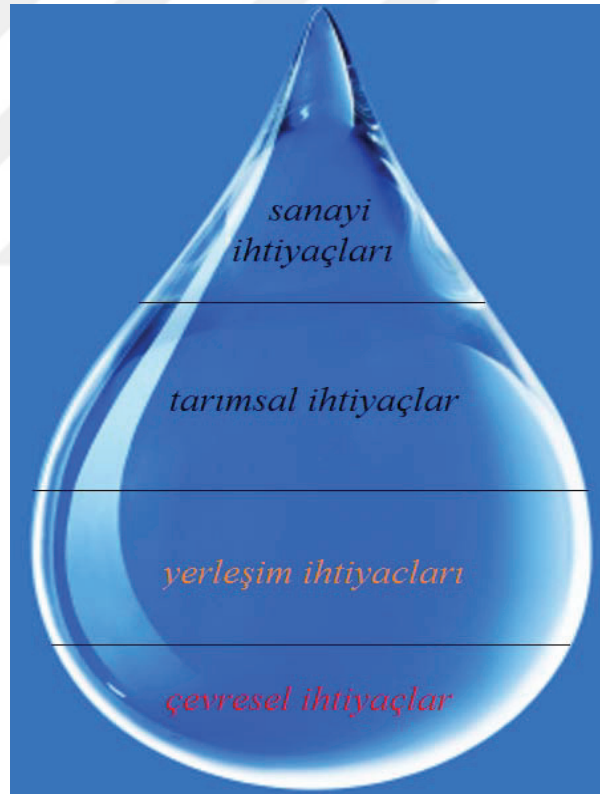
Su bütün canlılar için önemli bir unsurdur ve gelecekte daha da önem kazanacaktır. Bu yüzden suyun varlığı hayatın devam etmesi anlamına gelmektedir.

Ayrıca suyun kullanılabilirliği ve kalitesi konusunda iklim değişikliği sonucu meydana gelebilecek riskler hakkında çiftçiler, mühendisler ve politikacılar arasındaki farkındalığı arttırmak gerekmektedir (Chena, 2016). Su dağıtımının planlanması ve su kaynaklarının yönetimini bütün olarak yapılmasına

yönelik metotlar geliştirerek, alternatifler arasından bölge için en uygun olan yöntemin seçilmesini sağlamak gerekmektedir (Pedro-Monzonisa ve diğ., 2016).

Tarihsel olarak, suya erişim çok çeşitli hedefleri karşılamak üzere düzenlenmiştir; tarımsal üretim, ekonomik gelişim, halk sağlığı ve son zamanlarda çevre koruma de buna eklenmiştir. Su paylaşım kuralları ve düzenlemeleri Babil, Roma ve Çin gibi eski uygarlıklar zamanlarına dayanmaktadır (Teonlan Meriç, 2004).

Speed ve diğ., (2013) su tahsisi için önceliği çevresel ihtiyaçları karşılamak, daha sonra kalan dağıtılabilir su hacmini ise sanayi, tarım ve farklı sektörlerde kullanılmasını planlamışlardır. Su kıtlığının dünya çapında artmasından dolayı yapılan su tahsis planları ve anlaşmaları, suya erişim konusunda uluslararası, bölgesel ve yerel anlaşmazlıkların çözümüne de yardımcı olmuştur.



Şekil 2.4. Su kullanım ve dağıtımda öncelik sırası (Speed ve diğ., 2013)

Teonlan Meriç'e (2004), göre su öncelik sırasına göre farklı sektörlerle dağıtılmaktadır. Buna göre ilk sırada gıda ve tarım sektörü bulunurken ikincisi sırada enerji sektörü gelmektedir. Bu sıralamayı sanayi sektörü takip ederken evsel su kullanım ve doğal yaşam sonraki sıradadır.

Tarihsel olarak, su kaynakları sulama, evsel su tüketimi ve günümüz de sanayi öncelikli paylaşılmaktadır (Çizelge 2.4). Sektörel su tüketiminde Batı Asya’da farklı yıllarda tarıma öncelik verilmiştir (Economic and Social Commission for Western Asia, 2003).

Dünya’da sektörel su talebi Batı Asya ülkelerinde üç farklı yılda (1990, 2000, 2025) araştırılmıştır. Su kullanımı her üç sektörde gelecek senelerde artış göstermiştir. Bu ülkelerde de en fazla su tüketen sektör tarım olduğu görülmüştür. Batı Asya’da su talebi 2025 senesinde toplam 192266 km³ olması beklenmektedir.

Çizelge 2.4. Asya ülkelerinde sektörel su talebi beklentisi (milyon m³) (Economic and social commission for western Asia, 2003)

Ülke	1990			2000			2025		
	Evsel.	Zir.	San.	Evsel.	Zir.	San.	Evsel.	Zir.	San.
Bahreyn	112	120	17	132	124	26	169	271	169
Mısır	2700	497000	4600	2950	59900	5350	6300	69100	10900
Irak	3800	45200	1450	4300	52000	9700	8000	76000	10000
Ürdün	190	650	43	388	791	63	700	900	160
Kuveyt	295	80	8	375	110	105	1100	140	160
Lübnan	271	875	65	312	950	150	1100	2300	450
Umman	117	1150	5	262	1500	85	630	1500	350
Filistin	78	140	7	260	217	18	800	420	70
Katar	107	109	9	147	185	15	230	205	50
Suudi Arabistan	1508	14600	192	2350	15000	415	6450	16300	1450
Suriye	650	6930	146	1280	15370	480	2825	19430	1300
Birleşik Arap Emirlikleri	513	950	27	750	1400	30	1100	2050	50
Yemen	168	2700	31	360	3150	61	840	3650	134
Toplam	10509	123204	6600	13866	150697	16498	30244	192266	25243

Ülkelerin toplam su miktarı kendi yasalarına göre var olan paydaşlar arasında uygun şekilde bölünmektedir. Türkiye’de DPT (Devlet Planlama Teşkilatının 2001 yılında) su kullanım önceliklerini paydaşlar arasında belirlemiş ve mevcut sektörler arasında tüketim önceliğini aşağıdaki şekilde öncelik sırasıyla tanımlamıştır (Teonlan Meriç, 2004).

1) İçme ve kullanma ihtiyacı

- 2) Hayvanlar ve doğal hayatın devamı için gerekli su ihtiyacı.
- 3) Tarımsal sulama suyu ihtiyacı
- 4) Enerji ve sanayi suyu ihtiyacı
- 5) Ticaret, turizm, balıkçılık vb. su. İhtiyacı

Meinzen-Dick ve diğ., (1999), tarımda yararlanılacak sulama suyu varlığında yetersizlik söz konusu olursa diğer kullanımlara ayrılan su oranında da azalmalar meydana geleceğini belirtmiştir. Su miktarının artmasının aynı zamanda su kalitesini olumlu yönde etkileyeceğini belirten araştırmacılar, kullanım fazlası su varlığının mevcut olduğu bölgelerde balıkçılık, taşıma ve evsel kullanım gibi birçok sektörde ilerleme görülmektedir.



3- MATERYAL VE YÖNTEM

3-1-Materyal

3-1-1 Çalışma alanı

Küçük Menderes Havzası, kuzey ve doğudan Gediz Havzası, güneyden Büyük Menderes Havzasıyla komşu olup, $38^{\circ} 41' 05''$ ve $37^{\circ} 24' 08''$ kuzey enlemleri ile $28^{\circ} 24' 36''$ ve $26^{\circ} 11' 48''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 3.1.).

Havzanın yüzölçümü toplam olarak 702931 ha olup, su yüzeyleri çıkarıldığında yüzölçümü 668.858 ha'dır ve Türkiye yüzölçümünün %0,9'unu kapsamaktadır (Küçük Menderes Havzası, 2016).

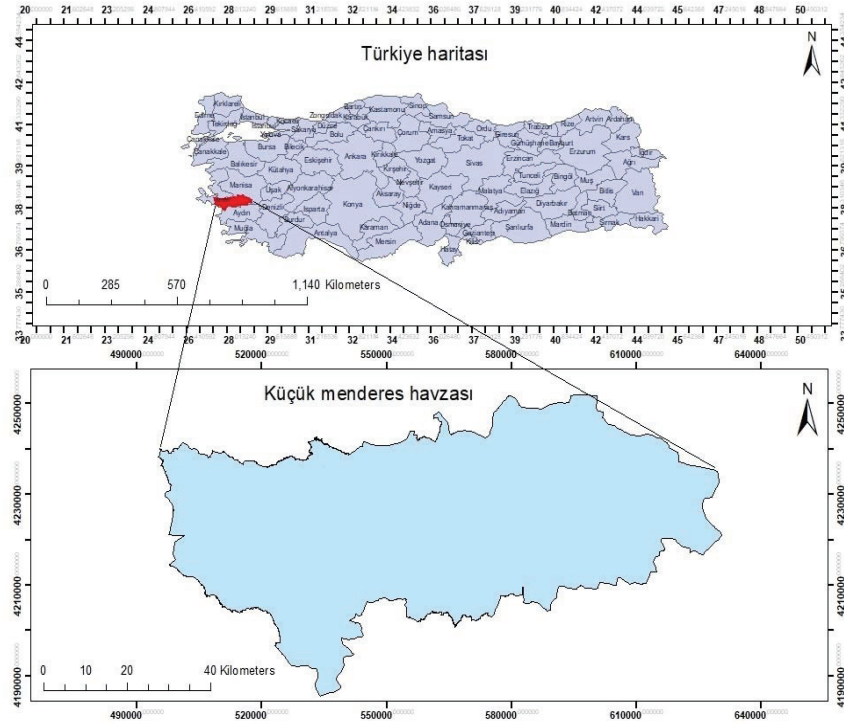
Küçük Menderes havzasının en önemli akarsuyu Küçük Menderes Nehri ve yan kolları olan Uladı Deresi, Ilıca Deresi, Değirmen Dere, Fetrek Çayı, Aktaş Deresi, Rahmanlar Deresi, Pirinççi Deresi, Yuvalı Dere, Keles Çayı, Ceriközkaya Deresi, Eğridere, Birgi Çayı ve Çevlik Çayıdır. Çalışma, Küçük Menderes Havzası'nda yer alan; Bayındır, Beydağ, Kiraz, Menderes, Ödemiş, Selçuk, Tire ve Torbalı ilçelerini kapsamaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Küçük Menderes Havzasının Google Earth görüntüsü üzerinde gösterimi

Ege Bölgesi'nde bulunan Küçük Menderes Havzası, bölgenin su ve gıda ihtiyacını karşılayan ve hızla gelişmekte olan en önemli havzalarından birisidir (Şekil 3.2.). Ancak havza son yıllarda çok göç almış ve ilçe merkezlerinin nüfusu

artmıştır. Havza suyu sanayi, tarım, içme suyu ve çevresel ihtiyaç için kullanılmaktadır.



Şekil 3.2. Küçük Menderes Havzası yer bulduru haritası

3-1-2- Küçük Menderes Havzasının İklimi

Akdeniz ikliminin tipik özellikleri görülen Küçük Menderes Havzası yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır.

Küçük Menderes Havzasındaki yıllık toplam yağışın yaklaşık yarısı kışın düşmektedir. Don olayları ve kar yağışı kıyı kesimlerinde oldukça nadir olarak görülmektedir. Havzanın yüksek kısımlarında iğne yapraklı ormanlar, karışık tipte ağaç toplulukları yer alırken yükseltinin az olduğu kısımlarda bodur bitkiler bulunmaktadır.

3-1-3- Küçük Menderes Havzasının Bitki örtüsü

Küçük Menderes Havzasının yüzölçümünün %8,4 'ünü Ödemiş İlçesi kapsamaktadır. İzmir ili çayır-mera alanlarının %29,1 'ine, tarım alanlarının %51,6'sına, orman alanlarının %38,9 'una sahiptir. Menderes'in toplam arazisinin %58,3 'ü orman ve fundalıktır. Kiraz ilçesindeki toplam arazinin %16,1 'ini çayır meralar oluşturmaktadır. İzmir ilinde tarımsal üretim alanlarında tarla bitkileri

%54.7; meyvelerde %61, sebzelerde %44.8, bağ alanlarında %27.7; narenciyede %52.3, nadasta %37.5; zeytinde %52.5 paya sahiptir ((Küçük Menderes Havzası, 2016)(Şekil 3.3. , Şekil 3.4. , Şekil 3.5, Şekil 3.6. , Şekil 3.2.).



Şekil 3.3. Küçük Menderes Havzası'nda bahçe tarımı



Şekil 3.4. Küçük Menderes Havzası'nda şeftali bahçesi



Şekil 3.5. Küçük Menderes Havzası'nda şeftali bahçesi



Şekil 3.6. Küçük Menderes Havzası'nda ayva tarımı



Şekil 3.7. Küçük Menderes Havzası'nda bahçe tarımı

Yüksek tuz oranı içeren topraklarda veya sularda yaşayan tuza dayanıklı bitkiler olan halofitler hayvan yemi olarak değerlendirilebilmektedir. Bu bitkilerin dokularında oldukça yüksek miktarda tuz bulunmakta ve toprakların tuzluluk düzeyinin göstergesi olarak da kullanılmaktadır (Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. Küçük Menderes Havzası'nda halofit bitkiler

Tuzlu topraklar kültür bitkilerinin yetişmesine engel olabilir. Sulama suyu ya da taban suyundan kaynaklanan tuzluluk suyun buharlaşması sonrasında yüzeyde birikir. Bu durumda toprak yüzeyi beyaz tuz katmanı ile rtlebilmektedir. Bu toprakların tuzlarının giderilmesi ve verimli tarımsal üretim için yıkama yoluyla ıslah edilmesi gerekmektedir (şekil 3.9. ve şekil 3.10.).



şekil 3.9. Küçük Menderes Havzası'nda tuzlu topraklar



şekil 3.10. Küçük Menderes Havzası'nda halofit bitkiler ve tuzlu topraklar

Küçük Menderes Havzası'nda denize yakın ve taban suyu yüksek olduğu bölgelerde topraklarda tuzluluk artmaktadır. Meyve ağaçlarını tuzluluktan korumak için bahçe hazırlığı sırasında topraklar yükseltilerek yüksek dikim sırtı oluşturulmaktadır (şekil 3.11.).



Şekil 3.11. Tuzlu topraklarda meyve ağacı dikimi için yüksek sırt hazırlığı

3-1-4- Küçük Menderes Havzasının Hidrolojisi

Küçük Menderes Havzası su kullanım dağılımının %17 'sini sulamada, %83 'ünü sulama dışı faaliyetler için tahsis etmektedir (Küçük Menderes HKEP, 2013).

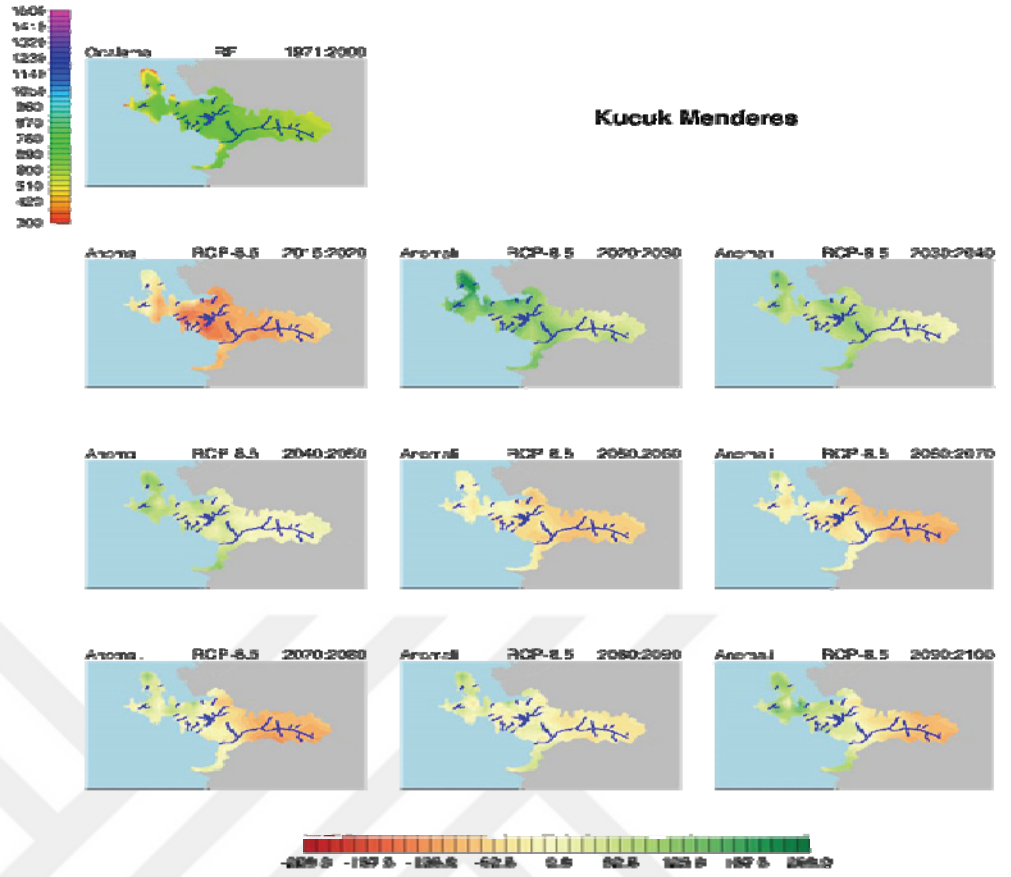
DSİ tarafından hazırlattırılan İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu içeriğinde Küçük Menderes Havzası su varlığının sektörlere göre dağılımı incelenmiştir. Bu çalışmada havza sınırları içerisine Çeşme, Seferihisar, Güzelbahçe ve Karaburun ilçeleri de dâhil edilmiştir. Rapora göre yer altı ve yer üstü sularının varlığı ve tahsisi Çizelge 3.1.'de vermiştir.

Çizelge 3.1. Küçük Menderes Havzası'nda toplam su potansiyeli ve dağılımı (Kaynak: Anonim 2016. İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi projesi. T.C. orman ve su işleri bakanlığı su yönetimi genel müdürlüğü)

Havza	Küçük Menderes		
Su Dağılımı	Yeraltı	Yüzeysel	Toplam
Toplam Su Potansiyeli (milyon m ³ /yıl)	179	1.190	1.369
Kullanılabilir Su Potansiyeli (milyon m ³ /yıl)	179	595	774
İçme ve Kullanmaya Tahsis Edilen Su Miktarı (milyon m ³ /yıl)	63	496	559
Sanayiye Tahsis Edilen Su Miktarı (milyon m ³ /yıl)	70	0	70
Sulamaya Tahsis Edilen Su Miktarı (milyon m ³ /yıl)	102	10	112
Tahsis Edilen Toplam Su Miktarı. (milyon m ³ /yıl)	235	506	741
Brüt Su Potansiyeli Dağılımı	%13	%87	%100
Net Su Potansiyeli Dağılımı	%23	%77	%100
İçme Kullanma / Toplam	%75		
Sanayi / Toplam	%9		
Sulama / Toplam	%15		
Havza Bazlı Su Fazlası	+ 33		

İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Raporuna göre Küçük Menderes Havzası'nda toplam su potansiyeli yılda 1369 milyon m³'tür. Bu rapora göre kullanılan toplam su potansiyeli yılda 774 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Küçük Menderes Havzası'nda içme ve kullanılmaya tahsis edilen su miktarı; yer altı suyu olarak yılda 63 milyon m³, yüzeysel olarak kullanılan su miktarı 496 milyon m³, toplamda ise 559 milyon m³ su tahsis edilmektedir.

İklim bilimciler farklı modeller kullanarak gelecek yılların iklim koşullarının tahmin etmeye çalışmaktadırlar. Ancak geliştirilen her bir tahmin modeli aynı sonucu vermemekle beraber birbirine yakın değerler bulmaktadırlar. Şekil 3.12 de farklı modellerle üretilmiş çok yıllık yağış tahminleri verilmektedir. Bu modellerde 2040-2050 yılları arasında biraz normale dönüş görülse de sonraki yıllarda yağışın azalacağı ve buharlaşmanın artacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 3.12. İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi

3-1-5 Küçük Menderes Havzasının Toprak Özellikleri

Küçük Menderes havzasının mevcut toprak yapısı oldukça verimli olup her türlü sebze ve meyve yetiştiriciliği yapılabilir. Dağlık alanların büyük çoğunluğu orman dokusuyla kaplıdır ancak etek arazilerde yoğunlukla zeytin ağaçları mevcuttur.

Küçük Menderes Havzası'nda bulunan topraklar ve bunların özellikleri şöyle özetlenebilir:

Alüvyal Topraklar (A)

Alüvyal topraklar, yüzey sularının tabanlarında, akarsular tarafından taşınarak yığılmış bulunan; düz, düze yakın eğimli, (A) C profilli azonal genç topraklardır. Bu topraklar farklı zamanlarda gelen ve sedimentasyonun şiddetine göre farklı toprak özelliklerinden oluşmuş tabakalara sahip verimli topraklardır. Alüvyal topraklarda bünye, drenaj ve hatta topoğrafya ırmak yatağından uzaklaştıkça

farklılık gösterir. Vadi tabanını her iki yandan sınırlayan dağlık arazilerde ağır toprak bünyesi ve yüzey altı drenaj sorunlarına sıklıkla rastlanır.

Hidromorfik Alüvyal Topraklar (H)

Bu topraklar sık sık taşkınlara uğrayan yüksek taban suyuna sahip topraklardır. Drenajları yetersiz olduğundan dolayı taban suyu seviyesi yılın büyük bir bölümünde yüzeyde veya yüzeye yakındır ve alt katmanları genellikle yaştır.

Kolüvyal Topraklar (K)

Küçük Menderes Havzası arazilerinde yaygın olarak görülen Kolüvyal topraklar yüzey akışla veya yan derelerin kısa mesafelerden taşıyarak, eğimin azalmış olduğu yerlerde depo ettikleri materyallerin üzerinde gelişen, genç ve A/C profilli topraklardır. Kolüvyal toprakların eğimi %2 den fazla olmak zorundadır. Kolüvyal Toprakların sulu tarım yapılan arazilerinde eğim %2 den aşağı düşürüldüğünden, düz veya düze yakın bir eğim de görülebilir. Kolüvyal toprakların rengi onu oluşturan ana materyale bağlıdır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Küçük Menderes Havzası'nda Kolüvyal büyük toprak grubuna ait araziler

Kestane Renkli Topraklar (C)

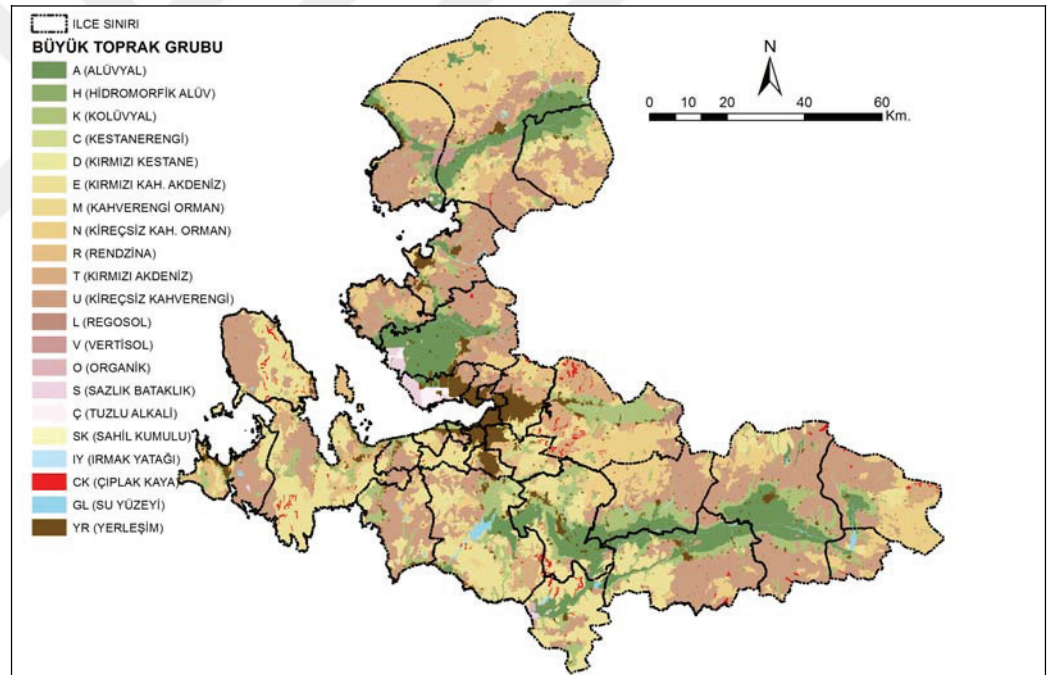
ABC veya A(B)C profiline sahip, kalsifikasyon sonucu oluşmuş zonal topraklar sırası içerisinde yer alır. Kalsifikasyon nedeni ile profilde kalsiyum çok olup baz doygunluğu yüksektir. Derinlik arttıkça iki değerli katyonların bir değerli katyonlara oranı azalma gösterirse baz saturasyonu %80'i geçer. Ana madde, kalkerden volkanik kayalara kadar değişen kireççe zengin materyaller, ayrıışmış kalker, gnays, şist, bazalt ve diğer püskürüklerden ibarettir.

Kırmızı Kestane Renkli Topraklar

Solumun rengi hariç hemen hemen bütün özellikleri kestane renkli toprakların aynı veya benzeridir. A horizonunun rengi koyu kırmızı, kahverengi, reaksiyonu nötr ya da alkalidir. B horizonu daha ağır bünyeli ve kırmızımsı kahverengidir.

Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları (T)

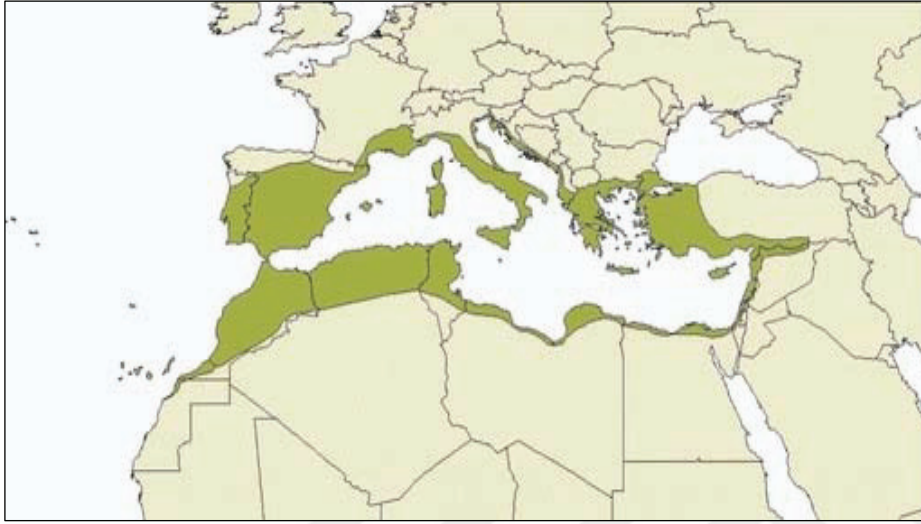
Bu topraklar esas itibariyle Kırmızı Akdeniz ve Kahverengi Akdeniz topraklarının karışık halidir. ABC profiline sahip topraklardır. A1 horizonu iyi gelişmiş, orta derecede organik maddeye sahiptirler. Organik madde mineral madde ile iyice karışmıştır. Zayıf bir A2 horizonu da görülebilir. A1 horizonu kırmızı veya kahverengi, köşeli blok ve prizmatik yapıya sahip, az belirgin geçişlidir. İzmir ili büyük toprak grupları alansal dağılımı Şekil 3.14 gösterilmiştir.



Şekil 3.14. İzmir ili büyük toprak grupları alansal dağılımı

3-1-6- Küçük Menderes Havzasının Su Paydaşları

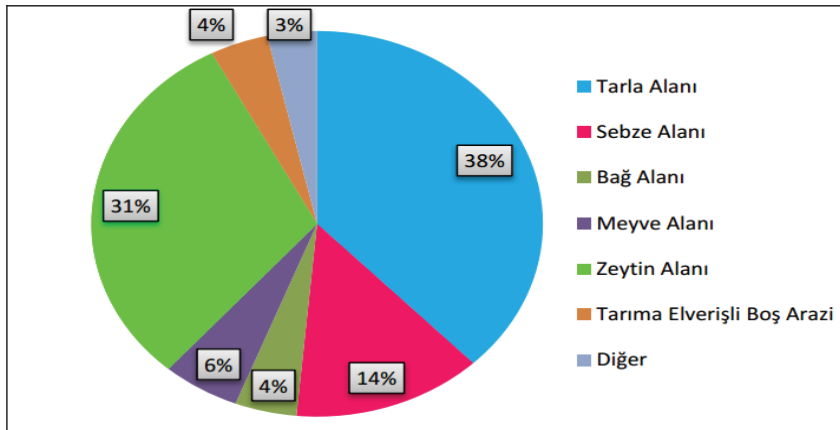
Dünyada iklim değişikliğine en hassas alanlardan biri ekosistem çeşitliliği üzerine olumlu etki gösteren ve verimli topraklara sahip olan Akdeniz havzasıdır (Şekil 3.15.). Bu havza için oluşabilecek senaryolar, sel baskınlarındaki ve kurak alan miktarındaki artış olarak gösterilmektedir (Bangash ve diğ., 2013).



Şekil 3.15. Akdeniz Havzası'nda kuraklıktan etkilenmesi öngörülen alanlar

Tarım sektörü:

Küçük Menderes Havzası 702.931 ha alana sahip olup bu alanın 290.067 ha tarım yapılan topraklardır. Küçük Menderes Havzası'nda %14 sebze % 4 bağ % 6 meyve %31 zeytin alanı bulunmaktadır. Tarıma elverişli boş arazi alanı ise %4'ü kapsamaktadır. Tarım için kullanılan bu araziler Küçük Menderes Havzası'nın %41'ini oluşturmaktadır. Küçük Menderes Havzası'nda yetiştirilen ürünler; zeytin, pamuk, tütün, hububat, üzüm, domates ve biberdir (Şekil 3.16.).



Şekil 3.16. Küçük Menderes Havzası'nda tarımsal üretimin oransal dağılımı ((Küçük Menderes HKEP, 2013)

Tarım sektörü, iklim değişikliklerinden kolayca etkilenebilecek bir sektördür. Özellikle Türkiye'nin coğrafi konumu nedeniyle iklim değişikliğinin tarıma etkisinin daha fazla olması beklenmektedir. Dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de nehirlerden ve akiferlerden çekilen suyun yaklaşık %70’i tarımsal, evsel ve endüstriyel amaçlar için kullanılmaktadır.

Küçük Menderes Havzası’nda hayvancılık, tarımın yanında bir diğer ekonomik faaliyet olarak karşımıza çıkar. Hayvancılık faaliyetlerini, küçükbaş hayvancılık, büyükbaş hayvancılık, kümes hayvancılığı, ipekböcekçiliği, arıcılık olarak sınıflandırmak mümkündür. Ayrıca, havzada su ürünleri yetiştiriciliği de yapılmaktadır.

Sanayi sektörü:

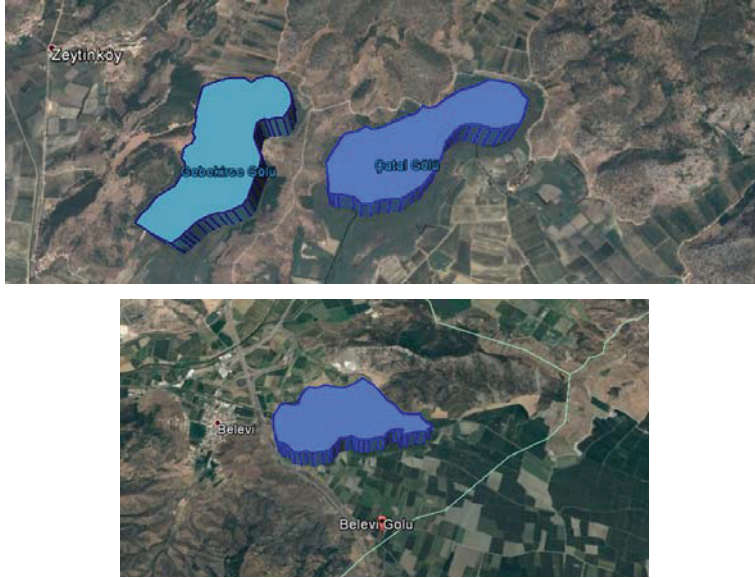
Sanayinin sektörel dağılımında gıda ve tekstil sektörleri ilk sırayı almakta olup, havzada yer alan başlıca sanayi sektörleri küçük, orta ve büyük ölçekli makine/imalat, demir-çelik, kimya, plastik, mermer ve yapı malzemeleri, otomotiv, kağıt-karton, elektrik ve elektronik, tütün işletmesi, orman ürünleri, yem, metal, deri sanayidir (Küçük Menderes HKEP, 2013). Ayrıca, zeytin ve zeytinyağı üretimi ekonomik anlamda oldukça önemli bir yere sahiptir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 Pancar organize sanayi(Google Earth)

Doğal yaşam

Küçük Menderes Havzası'nda bulunan göller ve kapladıkları alan Şekil 3.18.'de belirlenmiştir. Havza canlı yaşamı için oldukça önemli bir konuma sahiptir. Göller etrafındaki sucul bitkiler, özellikle göçmen kuşların konaklama yeri durumundadır. Tarımsal ürünlerin döllemesinde önemli rol oynayan böcek popülasyonunun da kış aylarında konaklama ortamı olarak işlev görmektedir.



Şekil 3.18. Doğal yaşam

3.2. YÖNTEM

İklim değişikliğinden dolayı azalan yağış miktarı ve artan buharlaşma miktarı, su kıtlığına neden olmaktadır. Bu araştırmada, Küçük Menderes Havzası'nda yağış değişimi, jeostatistiksel analiz yöntemi kullanılarak ve enterpolasyon yöntemi ile gelecek her 10 sene için ArcGIS yazılımı kullanılarak 8 döneme ait haritalar oluşturulmuştur.

Küçük Menderes Havzası projesindeki veriler, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesinin yürütmekte olduğu “Kesintisiz Gıda Üretimi Amaçlı Kuraklık Yönetimi” isimli projeden elde edilmiştir. Bu verilere göre ortalama ve maksimum sıcaklık değişimleri 2020-2030, 2030-2040, 2040-2050, 2050-2060, 2060-2070, 2070-2080, 2080-2090 ve 2090-2100 yılları için enterpolasyon yöntemi ile aşağıdaki şekillerde tahminlenmiştir.

3.2.1. Jeostatistiksel analizler

Jeostatistik: İstatistiğin uygulamalı bir dalıdır. Jeostatistik, mekansal veya uzaysal olaylarla ilişkili değerleri analiz etmek için kullanılan bir istatistik yöntemidir. Jeostatistik bir yöntem olarak, örneklerin alınmadığı yerlerde mekansal modelleri ve enterpolasyon değerlerini tanımlamak için pratik bir araç olarak kullanılmaktadır (Başkan, 2004).

Birçok jeostatistik yöntemlerin başlangıcında mekansal kalıpları tanımlamak ve numunelerin alınmadığı yerlerin değerlerini belirlemek için enterpolasyon yöntemi uygulanmaktadır. Bu yöntemler, yalnızca enterpolasyonlu değerleri ölçmek için değil, aynı zamanda değerleri belli olmayan ölçümleri ölçmek için de kullanılır. Numunesi alınmayan koordinatların konumunu ve özelliklerini belirlemek ve doğru karar verme açısından çok önemlidir.

Jeostatistik analizi tek değişkenden çok değişkene doğru değişebilir ve birleştirmek için mekanizmalar sunabilir. Böylece daha doğru enterpolasyon ve belirsizlik modelleri oluşturulabilir. Jeostatistiksel analiz yapılması büyük miktarda maliyet ve zaman gerektiren çeşitli veri kümelerinin analizi için ucuz maliyetli ve mantıksal bir çözümdür (Martin ve Bertazzon, 2010).

3-2-2-Enterpolasyon

Enterpolasyon belirli noktalardan alınan ham veriler referans alınarak diğer noktalardaki değerleri hesaplamak için kullanılır. Enterpolasyon, uzayda birbirine yakın olan objeleri, birbirinden uzak olanlardan daha benzer olduğunun varsayımını yapar (Martin ve Bertazzon, 2010).

Jeostatistiksel analiz iki grup enterpolasyon tekniği sunar: belirlenimci ve jeostatistik. Tüm yöntemler yakın örnek noktaların benzerliğine dayanır.

Belirleyici teknikler, enterpolasyon için matematiksel fonksiyonları kullanır. Jeostatistik hem istatistiksel hem de matematiksel yöntemlere dayanır ki tahminlerin belirsizliğini değerlendirmek için kullanılabilir.

3-2-3-Ters Ağırlıklı Mesafe (IDW) yöntemi

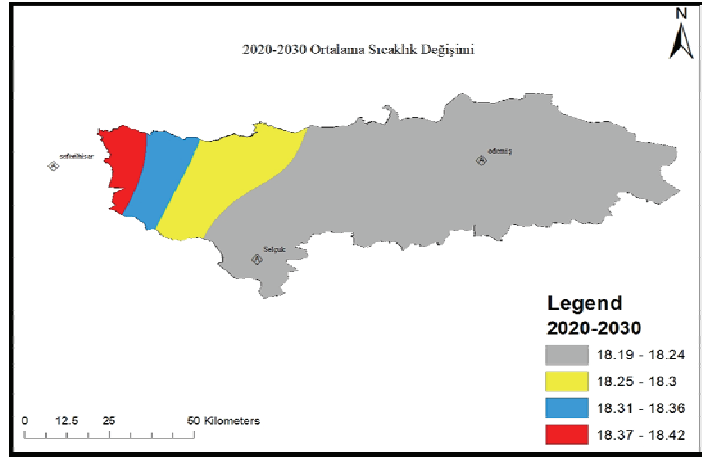
Ters Ağırlıklı Mesafe (IDW) yöntemi enterpolasyon tekniği enterpole edilecek yüzeyde yakındaki noktaların uzaktaki noktalardan daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayandırılır.

Bu teknik enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı da azaltan ve bu örnekleme noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapar.

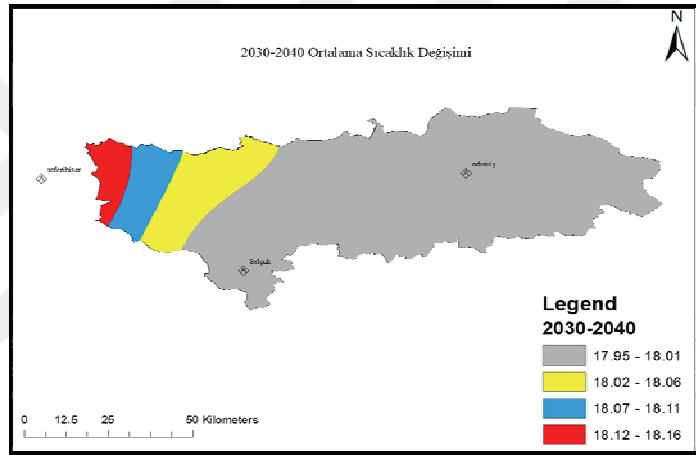
3-2-4-Küçük Menderes Havzası ortalama sıcaklık değişimi

İklim değişikliği, dünyanın pek çok bölgesinde küresel ısınma sonucu ortaya çıkan bir terim olarak tanımlanmaktadır. Dünyanın büyük bir bölümü; yağış miktarındaki değişimden, deniz seviyesinin yükselmesinden, sıcaklık artışından ve buharlaşmanın çoğalmasından farklı şekillerde etkilenmektedir (Hodri, 2010). Evsahibioğlu (2010) raporunda; Türkiye’de sıcaklık artışı 1901-2000 yılları arasında her 10 senede 0,2 °C artış beklenirken ortalama yağışta %10 azalma öngörmektedir. Kurak koşullarda, sıcaklığın daha da artması gerçek evapotranspirasyonu tetiklemektedir. Birçok ülkede kuraklık koşullarının sıklığı ve şiddeti artmaktadır (Dehn ve Buma, 1998).

Bu çalışmada ortalama sıcaklık değişimi jeoistatistiksel analizler kullanılarak enterpolasyon yöntemi ile gelecek her 10 yıl için 8 farklı dönem için bir GIS yazılımı (ArcGIS) kullanılarak üretilmiştir. Küçük Menderes Havzası projesindeki veriler, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesinde yürütülmekte olan “Kesintisiz Gıda Üretimi Amaçlı Kuraklık Yönetimi” isimli projeden elde edilmiştir. Bu verilere göre sıcaklık 2020-2030 ve 2030-2040 yılları arasında ortalama sıcaklık yaklaşık 18 derece olacak şekilde tahminlenmiştir. Sıcaklığın, denizden uzaklaştıkça azalacağı ve Ödemiş yöresinde en düşük değerlere ulaşacağı kullanılan model ile tahmin edilmiştir (Şekil 3.19- Şekil 3.20).

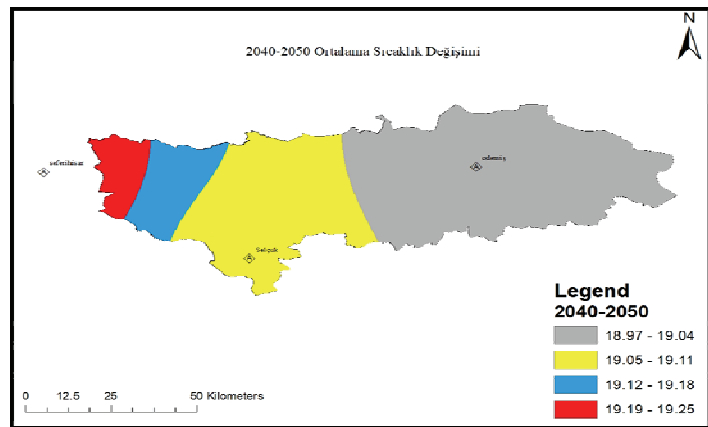


Şekil 3.19. Ortalama sıcaklık değişimi 2020-2030

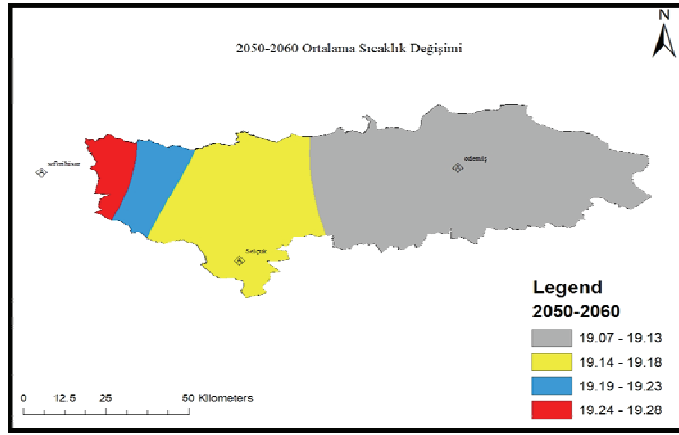


Şekil 3.20. Ortalama sıcaklık değişimi 2030-2040

Yapılan araştırmaya göre sıcaklık 2040-2050 ve 2050-2060 yılları arasında ortalama yaklaşık 19 derece olacaktır. Sıcaklık, çalışma alanının denize yakın bölgelerinde artacak, Seferihisar ve Selçuk bölgelerinde ise maksimum seviyeye ulaşacaktır (Şekil 3.21- Şekil 3.22).

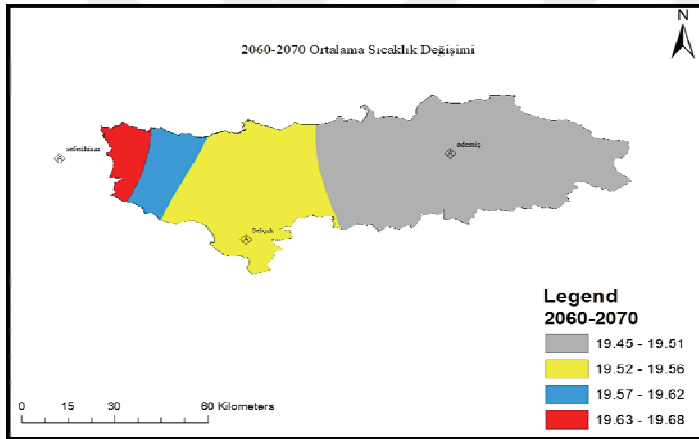


Şekil 3.21. Ortalama sıcaklık değişimi 2040-2050

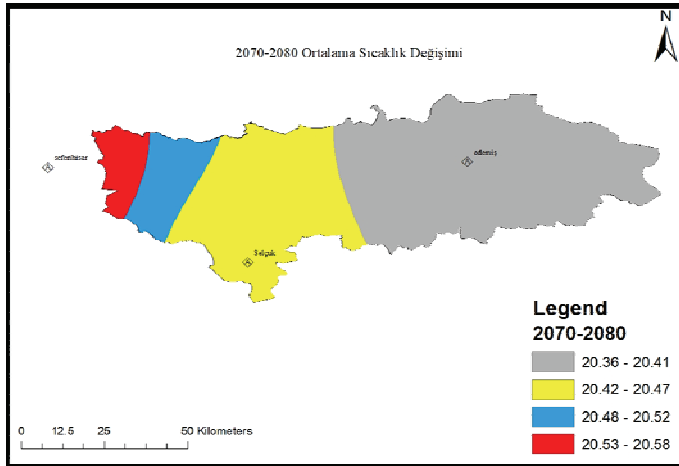


Şekil 3.22. Ortalama sıcaklık değişimi 2050-2060

Bu verilere göre ortalama sıcaklık, 2060-2070 ve 2070-2080 yılları arasında yaklaşık olarak 19 - 20 derece olacaktır. Sıcaklık, denizden iç bölgelere doğru azalacak ve Ödemiş'te en düşük hale gelecektir (Şekil 3.23- Şekil 3.24).

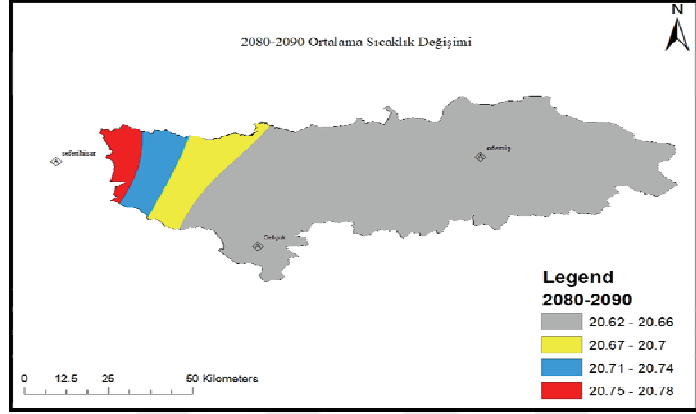


Şekil 3.23. Ortalama sıcaklık değişimi 2060-2070

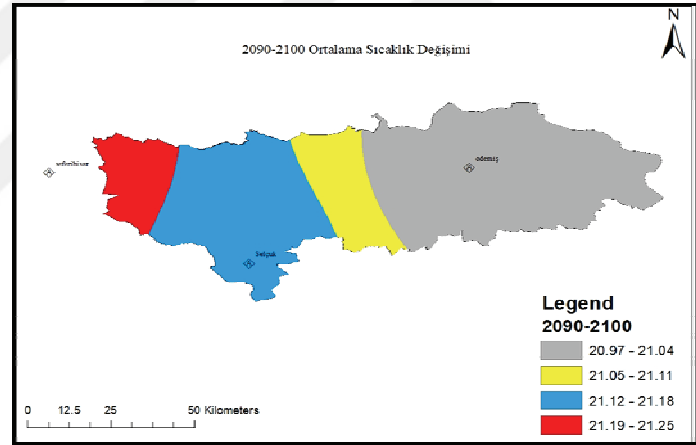


Şekil 3.24. Ortalama sıcaklık değişimi 2070-2080

Kullanılan modellere göre araştırma alanında ortalama sıcaklık değerleri 2080-2090 ve 2090-2100 yılları arasında yaklaşık 21°C olacağı tahminlenmiştir. Özellikle, sıcaklık, denize yakın bölgelerde artacak, Seferihisar ve Selçuk bölgelerinde maksimum seviyeye ulaşacaktır (Şekil 3.25- Şekil 3.26).



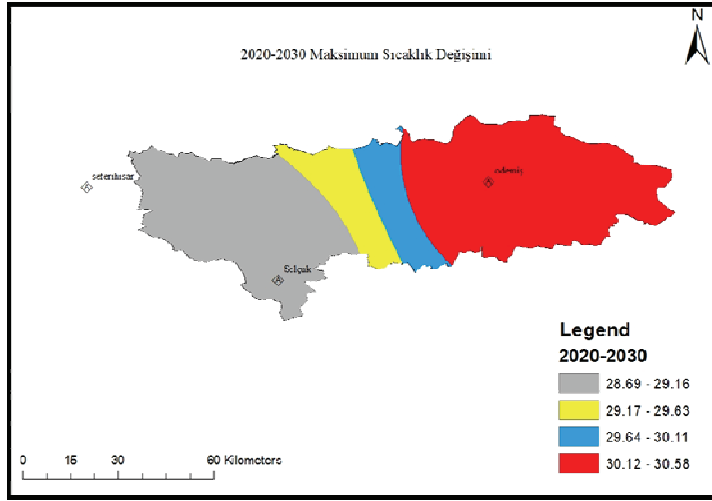
Şekil 3.25. Ortalama sıcaklık değişimi 2080-2090



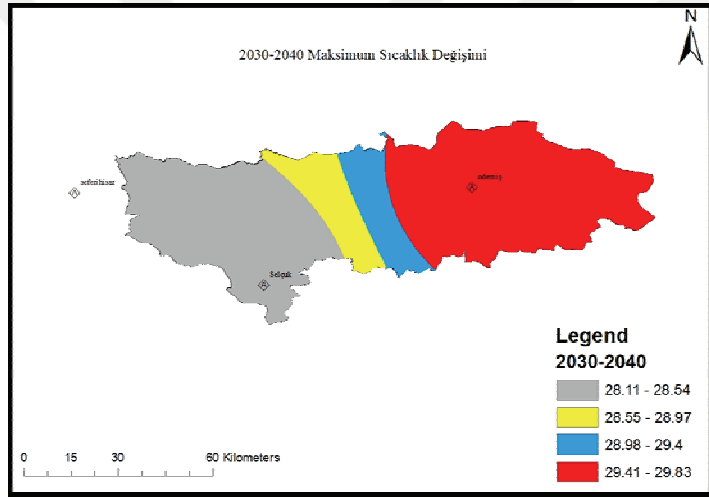
Şekil 3.26. Ortalama sıcaklık değişimi 2090-2100

3-2-5-Küçük Menderes Havzası maksimum sıcaklık değişimi

Bu çalışmada ortalama sıcaklık değişimi jeoistatistiksel analizler kullanılarak enterpolasyon (ters ağırlıklı mesafe yöntemi) yöntemi ile gelecek her 10 sene için 8 farklı dönem için üretilmiştir. Küçük Menderes Havzasına ait bu veriler de Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesinin yürütmekte olduğu “Kesintisiz Gıda Üretimi Amaçlı Kuraklık Yönetimi” isimli projeden elde edilmiştir. Bu verilere göre sıcaklık 2020-2030 ve 2030-2040 yılları arasında ortalama sıcaklık artarak yaklaşık $28-30^{\circ}\text{C}$ derece olması beklenmektedir. Sıcaklık, denizden uzaklaştıkça yükselecek ve Ödemiş’te en yüksek hale gelecektir (Şekil 3.27- Şekil 3.28).



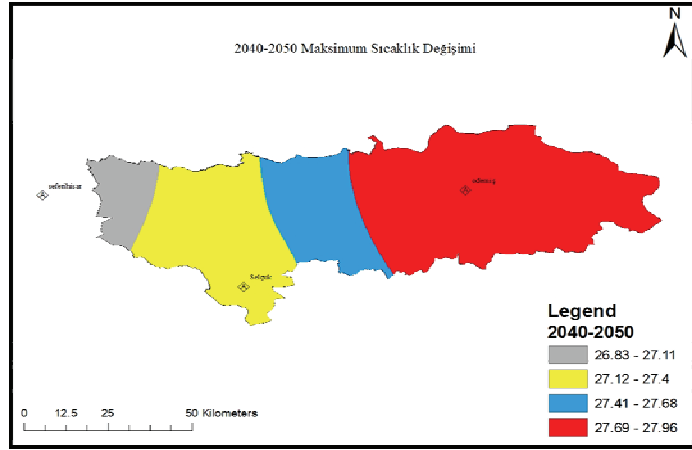
Cecil 3.27. Maksimum sıcaklık değişimi 2020-2030



Şekil 3.28. Maksimum sıcaklık değişimi 2030-2040

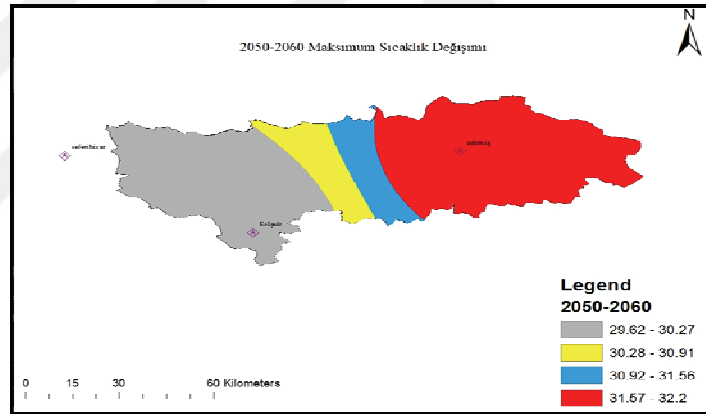
Yapılan araştırmaya göre sıcaklık, 2040-2050 yılları arasında düşük değerlerde olup ortalama sıcaklığın yaklaşık 27 derece olması beklenmektedir.

Bu tahminlere göre sıcaklık, denizden uzaklaştıkça artacak, Seferihisar bölgesinde ise en düşük seviyeye ulaşacaktır (Şekil 3.29).

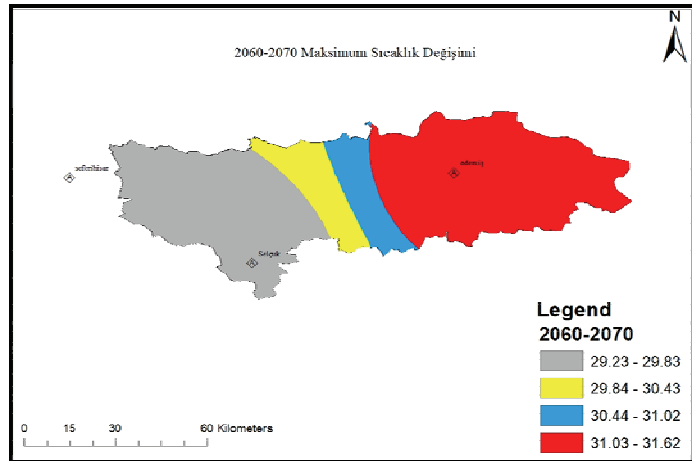


Şekil 3.29. Maksimum sıcaklık değişimi 2040-2050

Bu verilere göre sıcaklık 2050-2060 ve 2060-2070 yılları arasında ortalama sıcaklık yaklaşık 30-31 derece olması beklenmektedir. Sıcaklık, denizden uzaklaştıkça yükselecek ve Ödemiş'te en yüksek seviyesine ulaşacaktır (Şekil 3.30- Şekil 3.31).

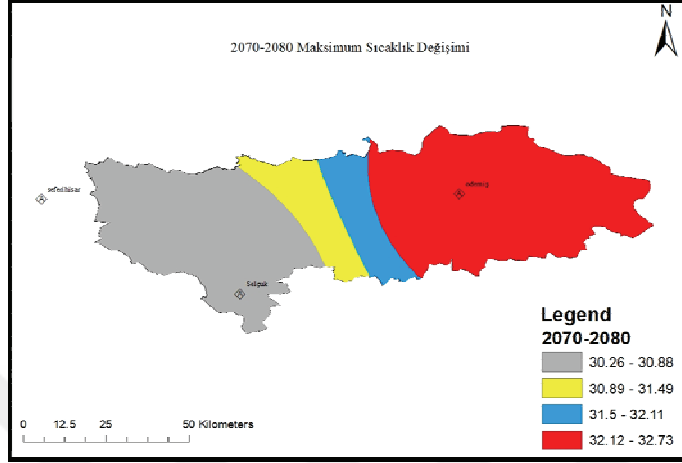


Şekil 3.30. Maksimum sıcaklık değişimi 2050-2060



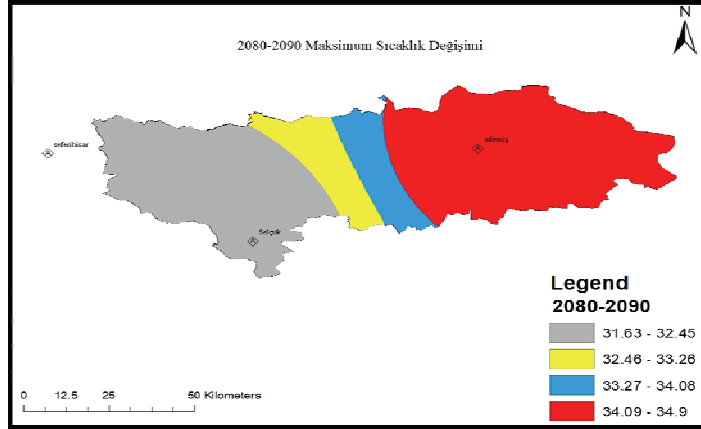
Şekil 3.31. Maksimum sıcaklık değişimi 2060-2070

Yapılan araştırmaya göre 2070-2080 yılları arasında ortalama sıcaklık yaklaşık 30-32 derece olması beklenmektedir (Şekil 3.32). Diğer yıllarda olduğu gibi sıcaklık, denizden uzaklaştıkça artacak, Seferihisar bölgesinde minimum seviyeye ulaşacaktır.

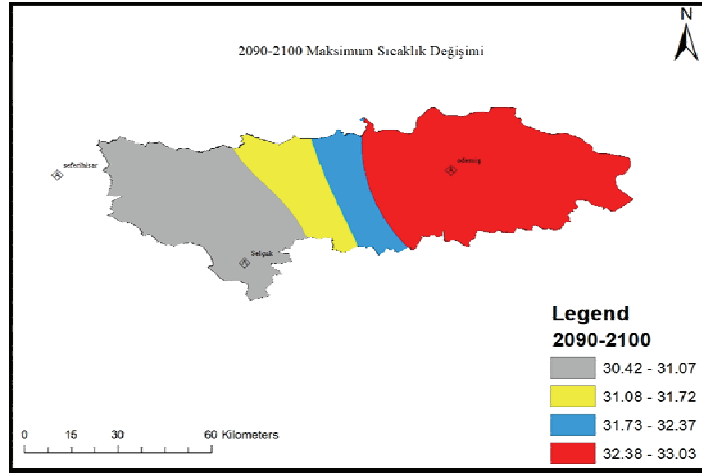


Şekil 3.32. Maksimum sıcaklık değişimi 2070-2080

Bu verilere göre sıcaklık 2080-2090 ve 2090-2100 yılları arasında sıcaklık yüksek derecede artış göstermektedir (Şekil 3.33- Şekil 3.34).



Şekil 3.33. Maksimum sıcaklık değişimi 2080-2090

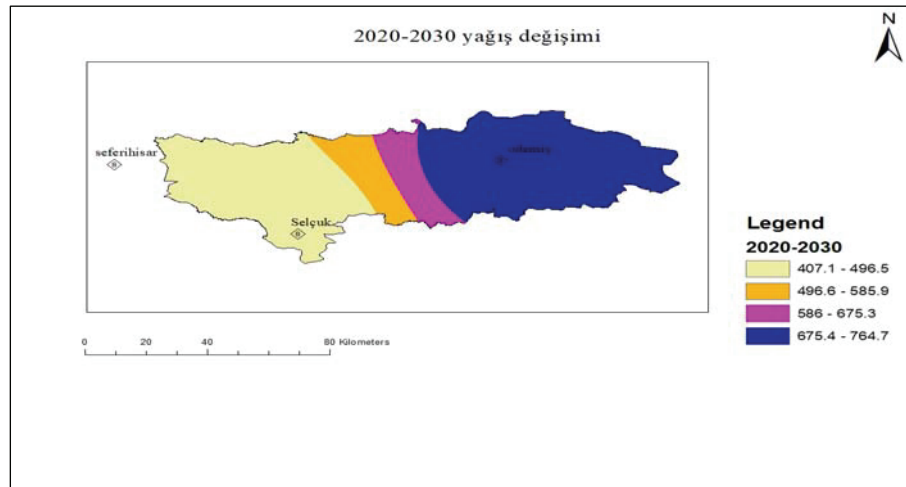


Şekil 3.34. Maksimum sıcaklık değişimi 2090-2100

3-2-6-Yağış değişiminin kestirimi

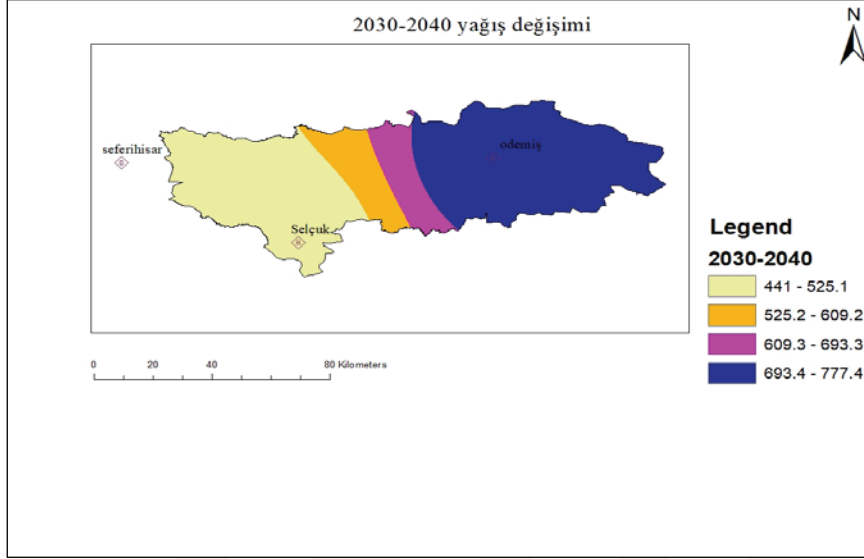
Yağış değişim ve şekilleri, iklim değişikliğinin genel etkisini belirleyen en kritik faktörlerdendir. Projeksiyonlar, gelecekteki iklim değişikliğinde büyük bölgesel farklılıkları göstermektedir. Bu nedenle iklim değişikliğinin sonuçları bölgesel olarak da ayrı özellik gösterecektir (Longley e diğ., 2005)

İklim değişikliğine bağlı olarak azalan yağış ve artan buharlaşma, su kıtlığına neden olmaktadır. Bu araştırmada da yağış değişimi, jeostatistiksel analiz yöntemi kullanılarak enterpolasyon yöntemi ile gelecek her 10 sene için 8 dönem halinde hesaplanmış ve haritalar üretilmiştir. Yapılan analiz sonucu, yağışın 2020-2030 yılları arasında 400-600 mm olacağını ve Seferihisar'dan Ödemiş'e doğru artacağını göstermiştir (Şekil 3.35).



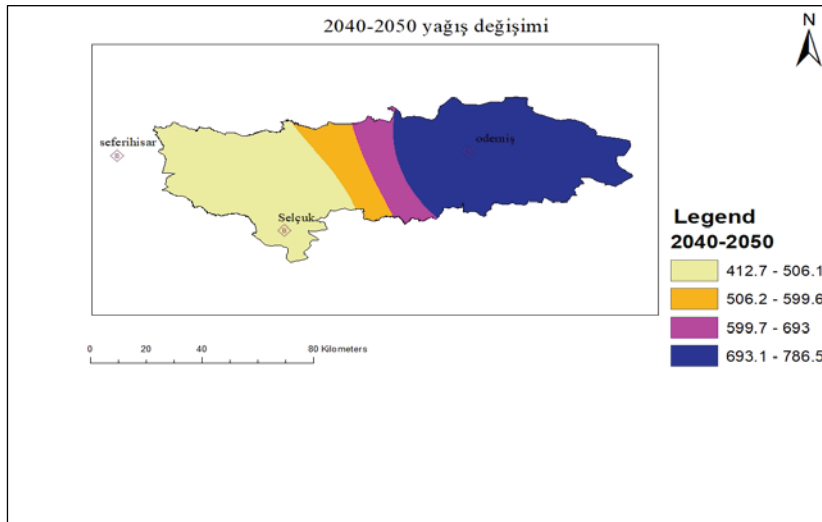
Şekil 3.35. Yağış değişimi 2020-2030

Yağış değişimi 2030-2040 yılları arasında yaklaşık 440-777 mm civarında değişecektir. Enterpolasyon yöntemleri, yağmurun değişiminin (çoğalmasını) Seferihisar'dan Ödemiş yönüne doğru yükseleceğini göstermektedir (Şekil 3.36).



Şekil 3.36. Yağış değişimi 2030-2040

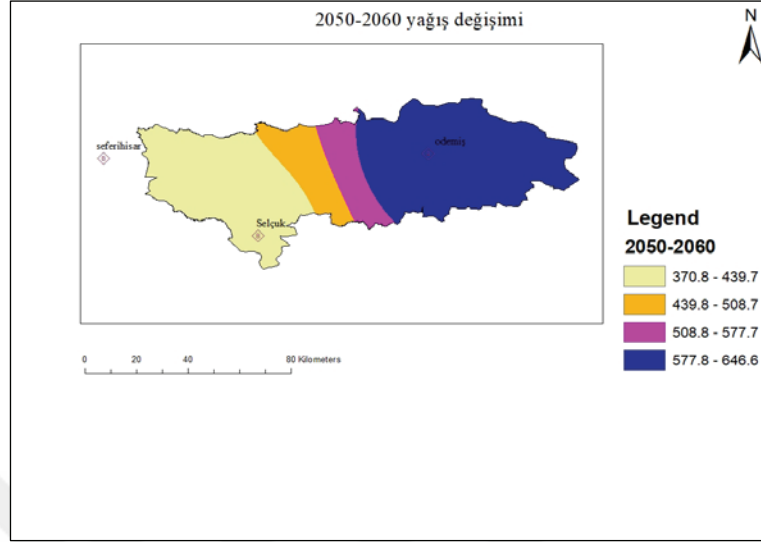
2040-2050 yılları arasında yağış değişimi önceki 10 seneye göre daha düşük miktarı göstermektedir. Yağış değişiminin bu yıllar arasında 412-785 mm olması beklenmektedir. Enterpolasyon yöntemleri ile elde edilen veriler, yağmurun değişiminin (çoğalmasını) önceki yıllarda olduğu gibi Seferihisar'dan Ödemiş'e doğru yükseleceğini göstermektedir (Şekil 3.37).



Şekil 3.37. Yağış değişimi 2040-2050

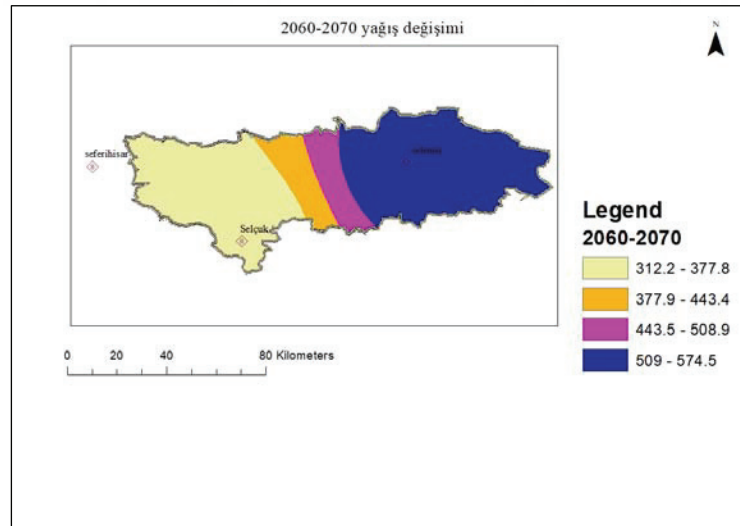
Yağış değişimi 2050-2060 yıllar arsında 370-646 mm olacaktır. Enterpolasyon yöntemleri (ters ağırlıklı mesafe) ile elde edilen veriler yağmurun

değişiminin Seferihisar'dan Ödemiş yönünde artacağını göstermektedir (Şekil 3.38).



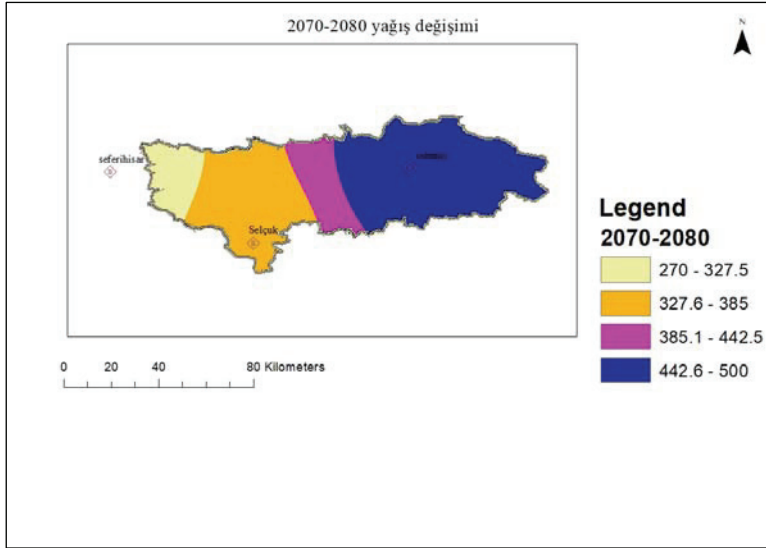
Şekil 3.38. Yağış değişimi 2050-2060

Bu modele göre, yağış değişimi 2060-2070 yılları arasında Selçuk ve Seferihisar bölgesinde 312-443 mm olacağı, buna karşın yağış miktarının Ödemiş'te 509-574 mm olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 3.39.).



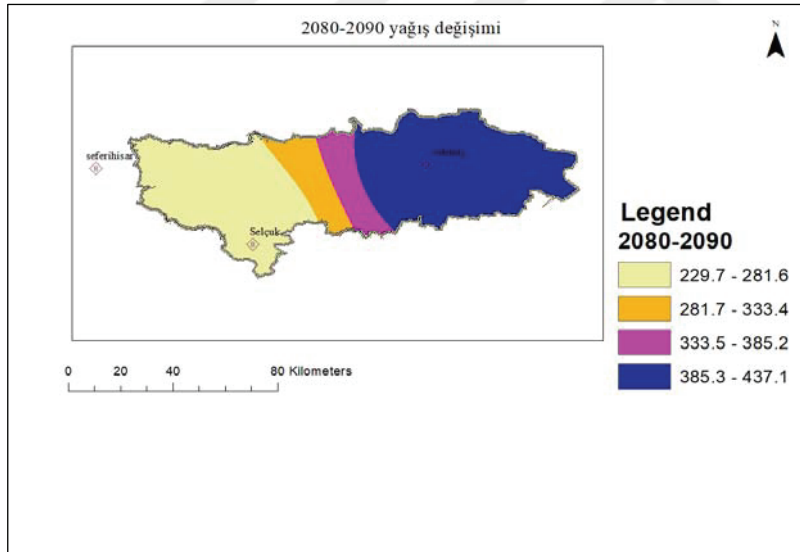
Şekil 3.39. 2060-2070 yılları arasında beklenen yağış değişimi

2070- 2080 yılları arasındaki yağış değişimi, geçen 10 yıllık döneme göre önemli ölçüde azalma göstermektedir. En düşük yağışın batı bölgelerinde görülmesi beklenmektedir (Şekil 3.40).

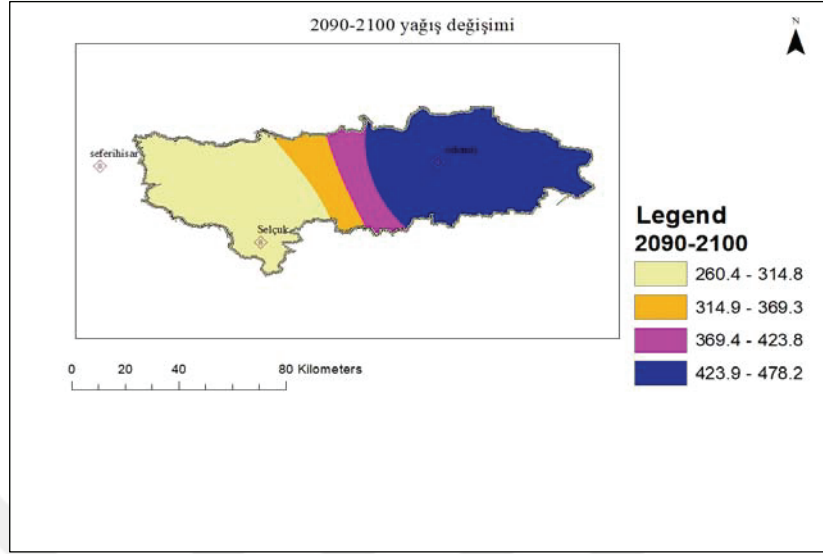


Şekil 3.40. Yağış değişimi 2070-2080

2080-2100 yılları arasındaki dönemlerde ise yağışın tüm havzada etkili bir şekilde düşeceği, buna bağlı olarak su kıtlığının en şiddetli şekilde yaşanacağı tahmin edilmektedir (Şekil 3.41 ve Şekil 3.42).



Şekil 3.41. Yağış değişimi 2080-2090



Şekil 3.42. Yağış değişimi; 2090-2100

3-3- Model oluşturma

Bu çalışmada, Küçük Menderes Havzasındaki su kaynaklarının evsel, endüstriyel, tarımsal ve çevre koruma amaçlı olarak kullanıldığı kabul edilmiştir. Bu proje ile, yağış miktarının az olduğu kurak dönemlerde veya sıcaklıktaki yükselmeye bağlı olarak ortaya çıkan buharlaşma miktarındaki artışın fazla olduğu zamanlarda, dikkate alınan sektörlerin her biri için su dağıtımının nasıl olması gerektiği belirlenmiştir. Proje sonucunda, su varlığının gelecekte meydana gelebilecek iklim değişikliklerinden en az etkilenecek yönetilebilmesi için bir model oluşturulmuştur.

Çalışma alanı olarak seçilen Küçük Menderes Havzası yaklaşık 702931 ha yüzölçümlüdür ve çalışma alanı olarak seçilen bölge içerisinde 8 ilçe yer almaktadır.

Bu proje içerisinde birinci iş basamağını havzaya ait doğal varlıkların sayısal envanterinin oluşturulması ve bu varlıkların gruplandırılması oluşturmaktadır. Her bir varlık ve diğer su kullanıcıları bir sektör başlığı altında toplanmış ve her sektörün yaklaşık su tüketimi belirlenerek mekânsal olarak gösterimi sağlanmıştır.

Havzadaki yaban hayatı, tarımsal arazi kullanım şekli, yol, yerleşim ve diğer arazi kullanım şekilleri, güncel uydu görüntüsü kullanılarak belirlenmiştir. Bu işlemler Image Analyst görüntü işleme ve coğrafi bilgi sistemi yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen altlık envanter bilgileri kullanılarak her sektör için su ihtiyacı eşik değerleri mekânsal olarak gösterilmiştir. Bu amaçla her sektörün su eşik değerleri öznitelik bilgisi olarak oluşturulan veri tabanında yer almıştır. İklim değişikliğine bağlı olarak su kaynaklarının değişimi temel girdi (in put) olarak kabul edilmiştir. Modele sektörlerin öncelikleri ve su gereksinimi eşik değerleri öğretilmiş ve değişen havza su girdilerine göre, oransal olarak suyun dağıtımı gerçekleştirilerek harita üretilmiştir.

Oluşturulan modelde, havza nüfusu, hayvancılık ve havzada yetiştirilen bitkilerin su tüketimi temel veriler olarak kullanılmıştır. Ayrıca, bitki su tüketimi hesapları bu modelde temel veri seti olarak kullanılmıştır. Diğer sektörlerden farklı olarak sanayi sektörü, su tükemine göre kendi içerisinde gruplandırılmıştır.

İklim değişikliğine bağlı olarak doğabilecek kuraklık ve su kıtlığının etkisi, yağışın azalması durumuna göre incelenmiştir. Yağış ile alınacak su ve mevcut yer altı suyu temel girdi olarak dikkate alınıp bu girdinin azalması durumunda, su paylaşımının oransal olarak dağıtım değerleri hesaplanmış ve sonuçlar mekansal olarak haritalanmıştır.

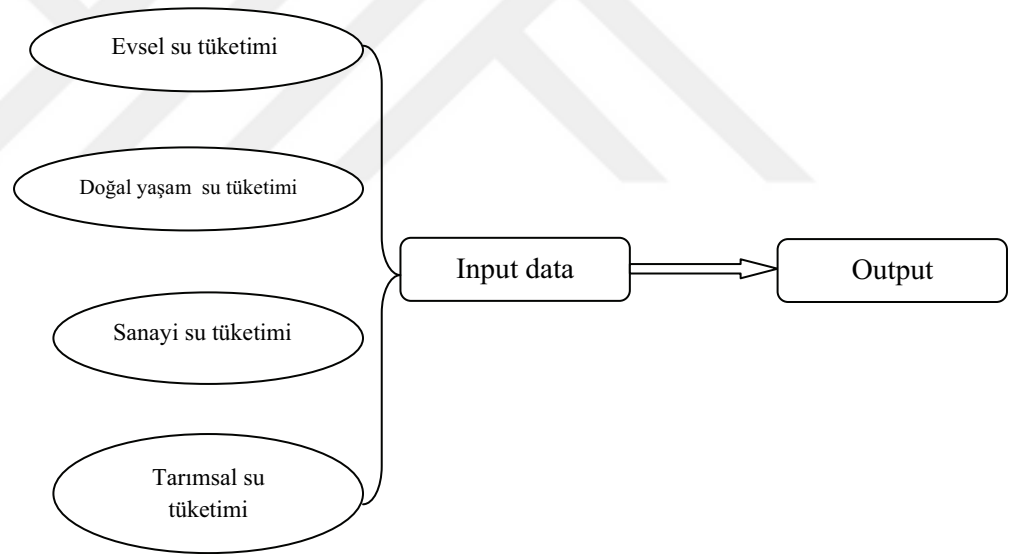
Yıllık toplam yağış miktarının, 638mm'den başlayarak sırasıyla 600, 500, ve 400 mm olacağı kabul edilerek buna göre dört senaryo oluşturulmuştur. Buna bağlı olarak değişen su varlığı miktarı, sektörlerin yaşamsal eşik değerleri de dikkate alınarak sektörlerle dağıtılmıştır. Tarım ve sanayi sektörü su tüketimine göre kendi içerisinde gruplandırılmış ve su tahsisleri bu özelliklerine göre detaylandırılmıştır.

Tarım sektörü içerisinde su dağıtımı için toprakların bünye özelliklerine bağlı olarak geçirgenlikleri dikkate alınmış ve buna bağlı olarak su tahsisi bölgesel düzeyde değişiklikler göstermiştir. Bu nedenle toprak bünye tematik haritaları ve üzerindeki ürün deseni su payı hesabında dikkate alınarak modelleme çalıştırılmıştır. Sektörlerin su tüketim değerleri detaylı analiz edilerek gruplandırılmış su tahsis modelinde bu veriler dikkate alınarak model çalıştırılmıştır.

Senaryo detayları:

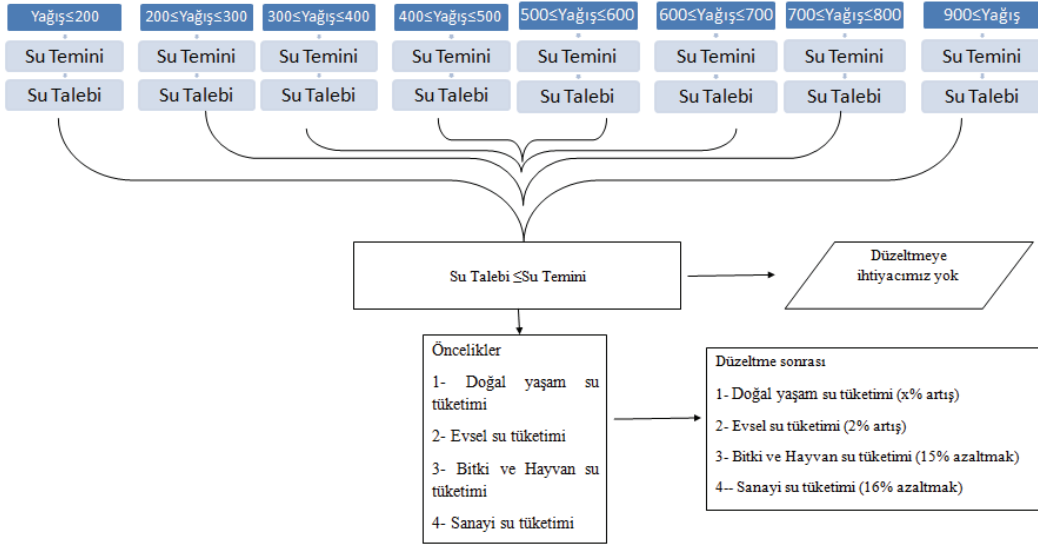
Yağış girdisinin değişimine dayalı olarak oluşturulan senaryolarda, havzada yağmurun az olduğu dönemlerde tarım sektörü, endüstri, evsel ve çevre için gerekli olan su ihtiyacının etkin bir şekilde yönetilebilmesinin sağlanması önerilmiştir. Senaryoda, yıllık toplam yağışın 638mm'den 400 mm'ye düşmesi durumunda su dağıtımı konusunda hangi sektörlerin önceliği olacağı ve suyun sektörlerle yeterliliği incelenmiştir.

Senaryolarda havzanın su dağıtım süreçlerini simüle edebilecek bir model oluşturulmuştur. Söz konusu bu model, dinamik bir yapıya sahip olduğundan su kıtlığının görülmesi (yaşanması) durumunda bunun havzaya olası etkileri hemen simüle edilebilmektedir. Modelin oluşturulabilmesi için Küçük Menderes Havzası'nda her sektöre ait minimum su tüketiminin bu sektörlerle dağıtılması gereklidir (Şekil 3.43.).



Şekil 3.43. Modelin genel iş akışı

Bu modele'de evsel su tüketimi ve çevre su ihtiyaçları sabit tutulmuştur. Bu nedenle diğer sektörlerin su ihtiyaçlarının özel tedbirlerle azaltılması önerilecektir (Şekil 3.44.). Örneğin, 2070 yılından sonra yaşanması beklenen su kıtlığı durumunda tarımsal su ihtiyacın yaklaşık yüzde 20 ve sanayi su ihtiyacın yüzde 40 civarında azaltılabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3.44. Projede uygulanan modelin detay iş akışı

Modelleme yöntemleri veya model kullanımı, coğrafi bilgi sistemlerinde eskiden günümüze kadar çok kullanılan yöntemlerden birisi olmuştur (Blackie ve Eeles, 1985; Hulme ve diğ., adaşlar, 2000; Smith vd., 2001 ve Gielen ve Yagita, 2002).

Coğrafi bilgi sistemi (CBS), mekansal verinin sayısal formatta depolanması, görselleştirilmesi, sorgulanabilmesi, görselleştirilen bilginin farklı şekillerde sunulabilmesi ve raporlanması gibi özelliklere sahip olması ile mekânsal modellerin oluşturulması işlemlerinde etkili bir araçtır (Longley vd., 2005).

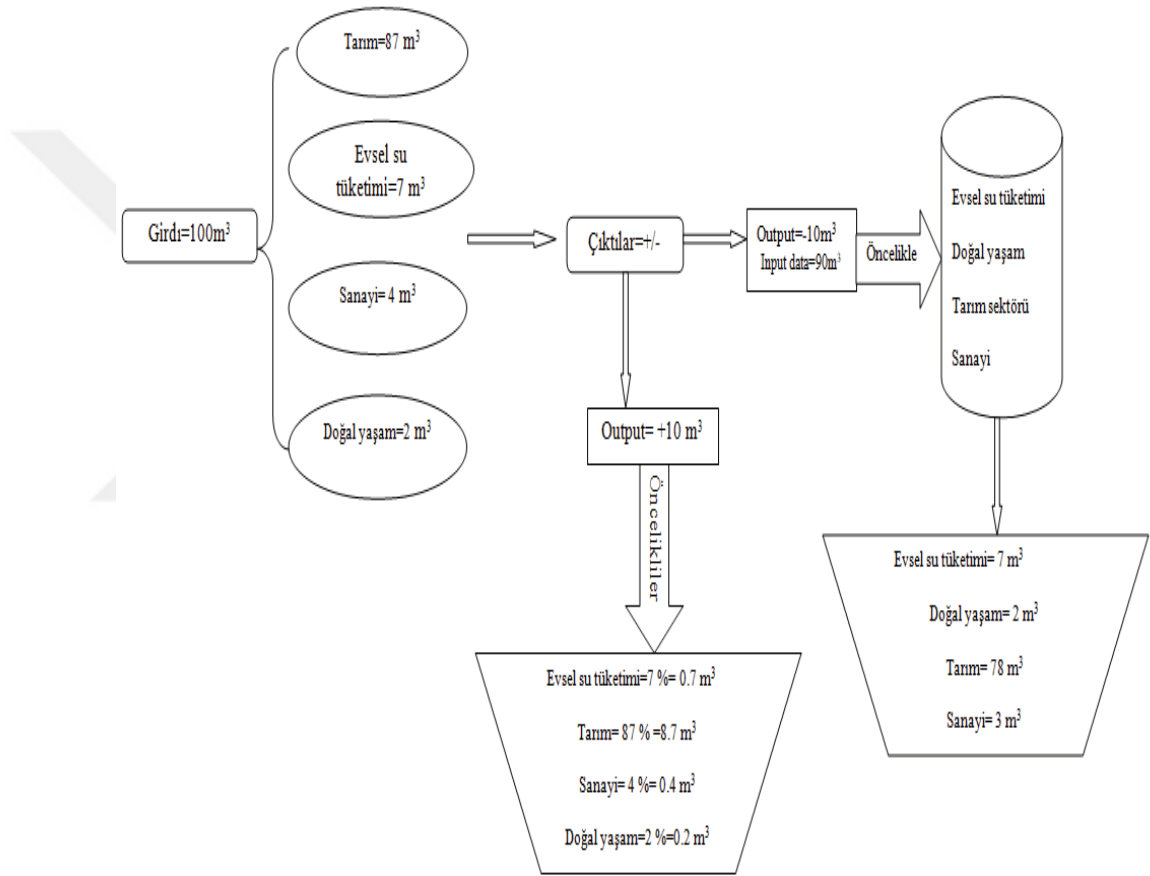
Söz konusu bu senaryoları bir örnekle açıklamak gerekirse, su ihtiyacımızı 100 m³ kabul edelim. Bu su ihtiyacını 4 farklı sektöre dağıtılması gerekmektedir. Bu durumda, Tarım ihtiyacı = 87 m³, evsel ihtiyaç = 7 m³, sanayi ihtiyacı = 4 m³, çevresel ihtiyaç = 2 m³ olarak hesaplanmaktadır (Şekil 3.45) (Türkiye'nin su ayak izi, 2014). Küçük Menderes Havzasındaki suyun farklı ihtiyaçları için kullanımları dikkate alındığında dört farklı sektöre doğru bir şekilde paylaşımları için modelde(Şekil 3.45) aşağıdaki örnek kullanılır.

Gelen veri : Tarım ihtiyacı = 87m³
 Evsel ihtiyaç = 7m³
 Sanayi ihtiyacı = 4m³
 Çevresel ihtiyaç = 2m³

Modelde, su tüketimi su ihtiyacımızdan az olduğunda fazla suyu oransal olarak sektörler aralarında paylaştırılmaktadır. Bu durumda, Ziraat ihtiyacı = % 87

= 8.7 m^3 evsel ihtiyaç = % 7 = 0.7 m^3 sanayi ihtiyacı = % 4 = 0.4 m^3 çevresel ihtiyaç = % 2 = 0.2 m^3 su eklenerek sektörlere dağıtılmaktadır.

Bunun tam tersi, su tüketimi su ihtiyacından fazla olduğunda ise öncelikli sektörler düşünerek su dağıtımı yapılmak zorundadır. Bu durumda modelde, Evsel ve çevresel ihtiyaçları azaltmadan ihtiyaçları olduğu kadar su verilmekte (Evsel ihtiyaç = 7 m^3 , Çevresel ihtiyaç = 2 m^3), ancak Tarım ve sanayi için gerekli olan miktar düşürülmektedir (Tarım ihtiyacı = 78 m^3 , sanayi ihtiyacı = 3 m^3) (Şekil 3.45.).



Şekil 3.45. İklim verileri, öncelikler ve su taleplerinin dikkate alındığı su dağıtım modeli

4-BULGULAR

4-1- Küçük Menderes Havzasının evsel, tarım, sanayi ve doğal yaşam paydaşlarının su tüketimi

4-1-1- Küçük Menderes Havzasının evsel su tüketimi

Yetişkin bir erkek ve kadın için günlük su tüketimi sırasıyla 3,7 L iken 2.7 L'dir. İnsanların yorucu bedensel çalışmasına ve stresine bağlı olarak günlük su tüketimlerinde artışlar meydana gelebilmektedir (Michae Sawka ve diğ., 2005). Bu bakış açısından yola çıkılarak Küçük Menderes Havzası'nda yaşayan her bir birey için günlük su tüketimi hesaplanarak yerleşim yerlerinin ihtiyacı olan su miktarı belirlenmiştir.

Yerleşim birimlerinde günlük su tüketimleri nüfusa göre değişmektedir. İlbank Şirketi araştırma sonuçlarına göre nüfusu 50000 den az olan şehirlere, evsel su tüketimi kişi başına en az 80 litre ve en fazla 100 litre olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1 , Kaynak: İçme suyu Tesisleri Etüt, 2016).

Çizelge 4.1. Nüfusa bağlı su tüketimi (Kaynak: İçme suyu Tesisleri Etüt, 2016)

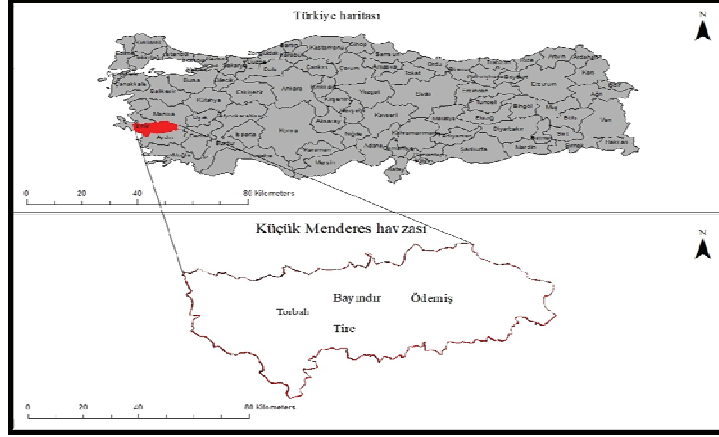
Nüfus	Evsel Su Tüketimi (lt)
$N \leq 50000$	80-100
$50000 < N \leq 100000$	100-120
$100000 < N$	120-140

Evsel su ihtiyaçları çalışma kapsamında ele alınan 8 ilçe (Menderes, Bayındır, Beydağ, Kiraz, Ödemiş, Selçuk, Tire ve Torbalı) için hesaplanmıştır. Bütün ilçelerin nüfusu 50000 kişiden az olduğu için Çizelge 4.1' e göre 80-100 litre L/kişi/gün olarak evsel su tüketimi belirlenmiştir. Buna göre kişi başına yıllık tüketilebilecek su miktarı:

$$(80 \text{ L/kişi/gün}) \times 365 \text{ gün} = 29.200 \text{ L/kişi/yıl}$$

$$(100 \text{ L/kişi/gün}) \times 365 \text{ gün} = 36.500 \text{ L/kişi/yıl olmaktadır.}$$

Küçük Menderes Havzasının ilçelerin nüfusu, nüfus müdürlüğünün sitesinden alınmış ve her ilçe için yıllık su kullanımı hesaplanmıştır (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Küçük Menderes Havzası'nda yer alan ilçelerin konumları

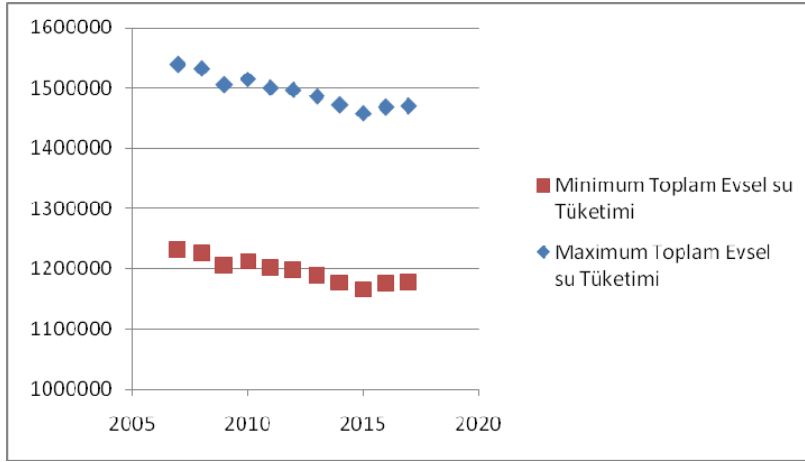
4.1.1.1 Bayındır

Bayındır ilçesine ait nüfus verileri (<http://www.nufusu.com/>) ve bu verilere göre hesaplanan minimum ve maksimum toplam evsel su tüketim miktarları Çizelge 4.2.'de ve bu tüketimlerin yıllara göre değişim grafiği ise Şekil 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Bayındır ilçesi 2007-2017 yılları arası minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi. (m³/yıl)

Yıl	Bayındır Nüfusu	Minimum Evsel Birim Su Tüketimi (l/kişi/yıl)	Maksimum Evsel Birim Su Tüketimi (l/kişi/yıl)	Minimum Toplam Evsel su Tüketimi (m ³ /yıl)	Maksimum Toplam Evsel su Tüketimi (m ³ /yıl)
2017	40258	29200	36500	1175533	1469417
2016	40216	29200	36500	1174307	1467884
2015	39925	29200	36500	1165810	1457262
2014	40310	29200	36500	1177052	1471315
2013	40690	29200	36500	1188148	1485185
2012	40988	29200	36500	1196849	1496062
2011	41105	29200	36500	1200266	1500332
2010	41506	29200	36500	1211975	1514969
2009	41244	29200	36500	1204324	1505406
2008	41965	29200	36500	1225378	1531722,5
2007	42152	29200	36500	1230838	1538548

Değişen yıllara göre Bayındır ilçesi minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi şekil 4.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Değişen yıllara göre Bayındır ilçesi minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi

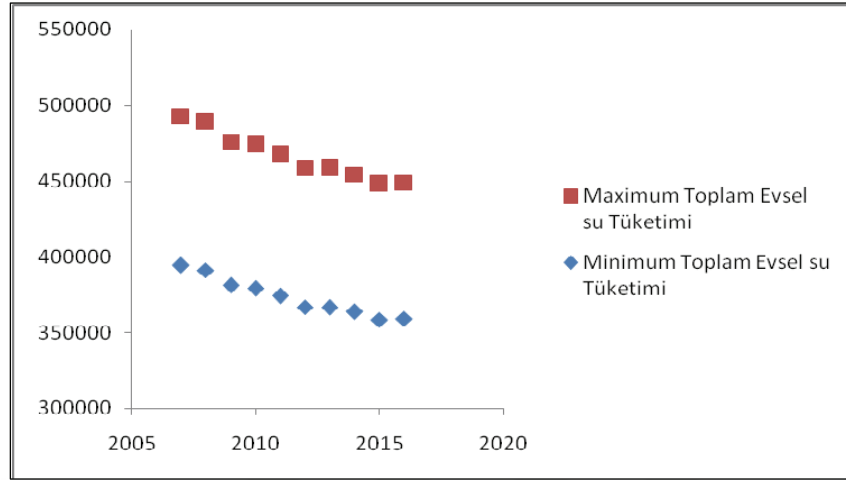
4.1.1.2 Beydağ

Beydağ ilçesine ait nüfus verileri (<http://www.nufusu.com/>) ve bu verilere göre hesaplanan minimum ve maksimum toplam evsel su tüketim miktarları Çizelge 4.3.'de ve bu tüketimlerin yıllara göre değişim grafiği ise Şekil 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Beydağ ilçesi 2007-2017 yılları arası minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi. (m³/yıl)

Yıl	Beydağ Nüfusu	minimum Evsel Birim Su Tüketimi(l/kişi/yıl)	maksimum Evsel Birim Su Tüketimi(l/kişi/yıl)	Minimum Toplam Evsel su Tüketimi (m³/yıl)	Maksimum Toplam Evsel su Tüketimi (m³/yıl)
2017	12391	29200	36500	361817	452271
2016	12300	29200	36500	359160	448950
2015	12276	29200	36500	358459	448074
2014	12457	29200	36500	363744	454680
2013	12555	29200	36500	366606	458257
2012	12566	29200	36500	366927	458659
2011	12809	29200	36500	374022	467528
2010	12977	29200	36500	378928	473660
2009	13047	29200	36500	380972	476215
2008	13395	29200	36500	391134	488917
2007	13500	29200	36500	394200	492750

Değişen yıllara göre Beydağ da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi şekil 4.3. da verilmiştir.



Şekil 4.3. Değişen yıllara göre Beydağ da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi

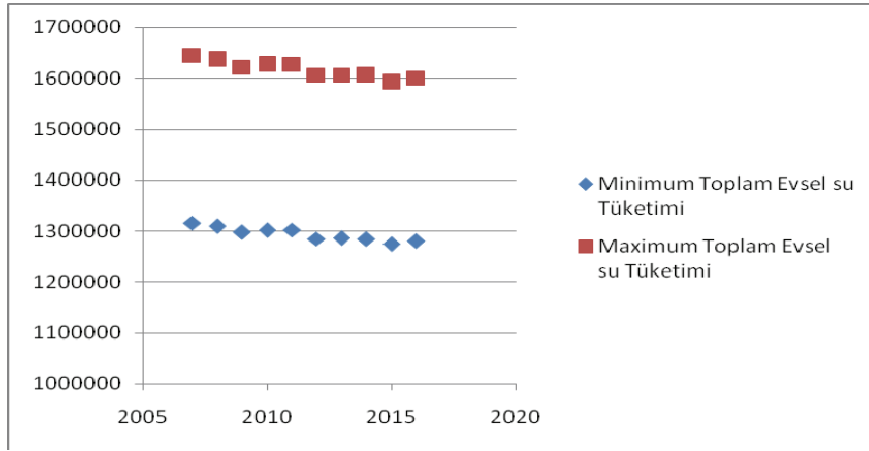
4.1.1.3 Kiraz

Kiraz ilçesine ait nüfus verileri (<http://www.nufusu.com/>) ve bu verilere göre hesaplanan minimum ve maksimum toplam evsel su tüketim miktarları Çizelge 4.4.'de ve bu tüketimlerin yıllara göre değişim grafiği ise Şekil 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kirazın ilçesi 2007-2017 yılları arası minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi. (m³/yıl)

Yıl	Kiraz Nüfusu	minimum Evsel Birim Su Tüketimi(l/kişi/yıl)	makimum Evsel Birim Su Tüketimi(l/kişi/yıl)	Minimum Toplam Evsel su Tüketimi (m³/yıl)	Maksimum Toplam Evsel su Tüketimi (m³/yıl)
2017	43859	29200	36500	1280682	1600853
2016	43845	29200	36500	1280274	1600342
2015	43615	29200	36500	1273558	1591947
2014	43971	29200	36500	1283953	1604941
2013	44017	29200	36500	1285296	1606620
2012	44009	29200	36500	1285062	1606328
2011	44587	29200	36500	1301940	1627425
2010	44555	29200	36500	1301006	1626257
2009	44436	29200	36500	1297531	1621914
2008	44830	29200	36500	1309036	1636295
2007	45072	29200	36500	1316102,4	1645128

Değişen yıllara göre Kiraz da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi şekil 4.4. da verilmiştir.



Şekil 4.4. Değişen yıllara göre Beydağ da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi

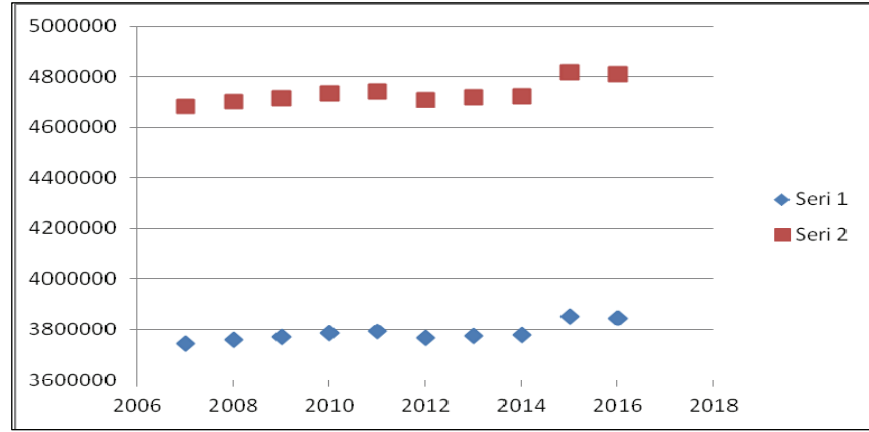
4.1.1.4 Ödemiş

Ödemiş ilçesine ait nüfus verileri (<http://www.nufusu.com/>) ve bu verilere göre hesaplanan minimum ve maksimum toplam evsel su tüketim miktarları Çizelge 4.5.'de ve bu tüketimlerin yıllara göre değişim grafiği ise Şekil 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ödemiş ilçesi 2007-2017 yılları arası minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi. (m³/yıl)

Yıl	Ödemiş Nüfusu	minimum Evsel Birim Su Tüketimi(l/kişi/yıl)	maksimum Evsel Birim Su Tüketimi(l/kişi/yıl)	Minimum Toplam Evsel su Tüketimi (m³/yıl)	Maksimum Toplam Evsel su Tüketimi (m³/yıl)
2017	132241	29200	36500	3861437	4826796
2016	131728	29200	36500	3846457	4808072
2015	132028	29200	36500	3855217	4819022
2014	129407	29200	36500	3778684	4723355
2013	129295	29200	36500	3775414	4719267
2012	129005	29200	36500	3766946	4708682
2011	129968	29200	36500	3795065,6	4743832
2010	129695	29200	36500	3787094	4733867
2009	129210	29200	36500	3772932	4716165
2008	128797	29200	36500	3760872	4701090
2007	128253	29200	36500	3744987	4681234

Değişen yıllara göre Ödemiş da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi şekil 4.5. da verilmiştir.



Şekil 4.5. Değişen yıllara göre Ödemiş da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi

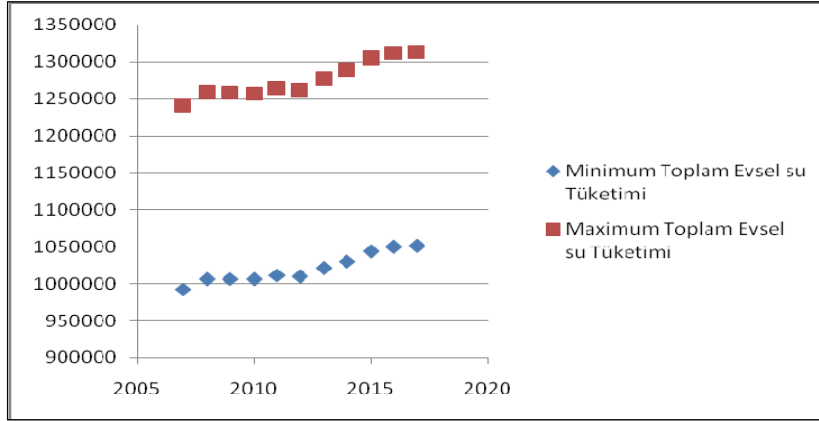
4.1.1.5 Selçuk

Selçuk ilçesine ait nüfus verileri (<http://www.nufusu.com/>) ve bu verilere göre hesaplanan minimum ve maksimum toplam evsel su tüketim miktarları Çizelge 4.6.'de ve bu tüketimlerin yıllara göre değişim grafiği ise Şekil 4.6'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Selçuk ilçesi 2007-2017 yılları arası minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi. (m³/yıl)

Yıl	Selçuk Nüfusu	minimum Evsel Birim Su Tüketimi(l/kişi/yıl)	maksimum Evsel Birim Su Tüketimi(l/kişi/yıl)	Minimum Toplam Evsel su Tüketimi (m³/yıl)	Maksimum Toplam Evsel su Tüketimi (m³/yıl)
2017	35991	29200	36500	1050937	1313671
2016	35960	29200	36500	1050032	1312540
2015	35736	29200	36500	1043491,2	1304364
2014	35281	29200	36500	1030205,2	1287756,5
2013	34979	29200	36500	1021386,8	1276733,5
2012	34587	29200	36500	1009940,4	1262425,5
2011	34643	29200	36500	1011575,6	1264469,5
2010	34441	29200	36500	1005677,2	1257096,5
2009	34479	29200	36500	1006786,8	1258483,5
2008	34459	29200	36500	1006202,8	1257753,5
2007	34002	29200	36500	992858,4	1241073

Değişen yıllara göre Selçuk da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi şekil 4.6. da verilmiştir.



Şekil 4.6. Değişen yıllara göre Selçuk da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi

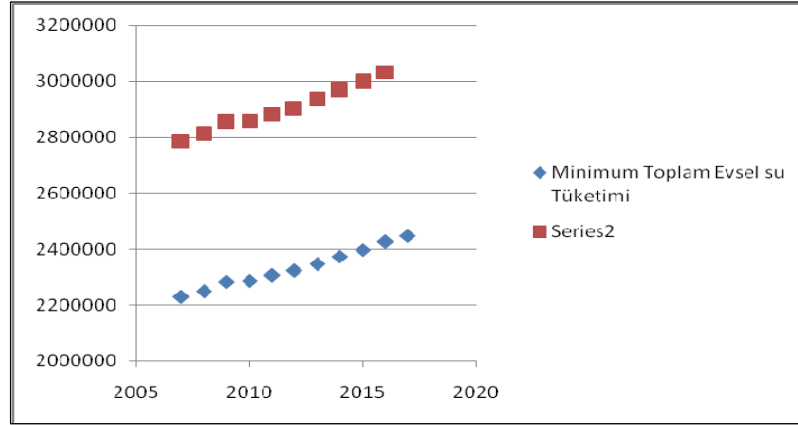
4.1.1.6 Tire

Tire ilçesine ait nüfus verileri (<http://www.nufusu.com/>) ve bu verilere göre hesaplanan minimum ve maksimum toplam evsel su tüketim miktarları Çizelge 4.7.'de ve bu tüketimlerin yıllara göre değişim grafiği ise Şekil 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Tire ilçesi 2007-2017 yılları arası minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi. (m³/yıl)

Yıl	Tire Nüfusu	minimum Evsel Birim Su Tüketimi(l/kişi/yıl)	maksimum Evsel Birim Su Tüketimi(l/kişi/yıl)	Minimum Toplam Evsel su Tüketimi (m³/yıl)	Maksimum Toplam Evsel su Tüketimi (m³/yıl)
2017	83829	29200	36500	2447806	3059758
2016	83082	29200	36500	2425994	3032493
2015	82102	29200	36500	2397378	2996723
2014	81315	29200	36500	2374398	2967997
2013	80381	29200	36500	2347125	2933906
2012	79519	29200	36500	2321954	2902443
2011	78975	29200	36500	2306070	2882587
2010	78342	29200	36500	2287586	2859483
2009	78176	29200	36500	2282739	2853424
2008	77015	29200	36500	2248838	2811047
2007	76327	29200	36500	2228748	2785935

Değişen yıllara göre Tire da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi şekil 4.7. da verilmiştir.



Şekil 4.7. Değişen yıllara göre Tire da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi

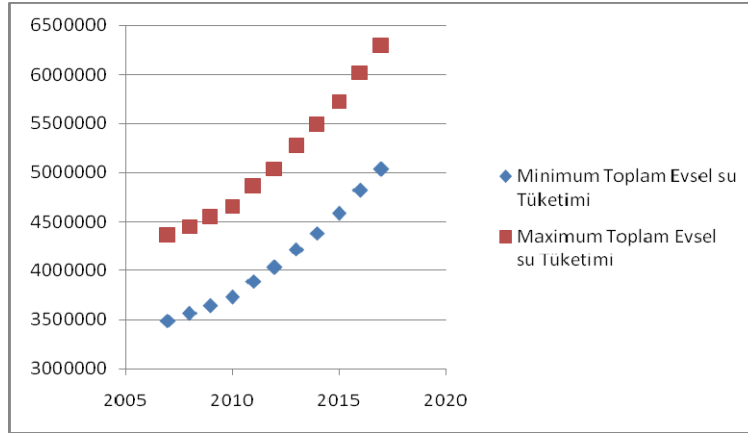
4.1.1.7 Torbalı

Torbalı ilçesine ait nüfus verileri (<http://www.nufusu.com/>) ve bu verilere göre hesaplanan minimum ve maksimum toplam evsel su tüketim miktarları Çizelge 4.8.'de ve bu tüketimlerin yıllara göre değişim grafiği ise Şekil 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Torbalı ilçesinin minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi 2007-2017.
(m³/yıl)

Yıl	Torbalı Nüfusu	minimum Evsel Birim Su Tüketimi(l/kişi/yıl)	maksimum Evsel Birim Su Tüketimi(l/kişi/yıl)	Minimum Toplam Evsel su Tüketimi (m³/yıl)	Maksimum Toplam Evsel su Tüketimi (m³/yıl)
2017	172359	29200	36500	5032882	6291103
2016	164981	29200	36500	4817445	6021806
2015	156983	29200	36500	4583903	5729879
2014	150127	29200	36500	4383708	5479635
2013	144293	29200	36500	4213355	5266694
2012	138040	29200	36500	4030768	5038460
2011	133089	29200	36500	3886198	4857748
2010	127642	29200	36500	3727146	4658933
2009	124581	29200	36500	3637765	4547206
2008	121963	29200	36500	3561319	4451649
2007	119506	29200	36500	3489575	4361969

Değişen yıllara göre torbalı da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi şekil 4.8. da verilmiştir.



Şekil 4.8. Değişen yıllara göre torbalı da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi

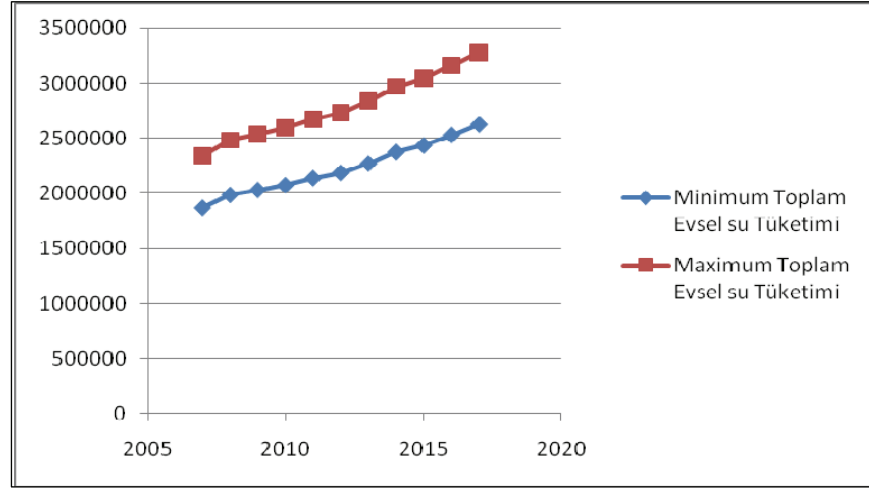
4.1.1.8 Menderes

Menderes ilçesine ait nüfus verileri (<http://www.nufusu.com/>) ve bu verilere göre hesaplanan minimum ve maksimum toplam evsel su tüketim miktarları Çizelge 4.9.'de ve bu tüketimlerin yıllara göre değişim grafiği ise Şekil 4.9'de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Menderes ilçesinin minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi 2007-2017. (m³/yıl)

Yıl	Menderes Nüfusu	minimum Evsel Birim Su Tüketimi(l/kişi/yıl)	Maksimum Evsel Birim Su Tüketimi (l/kişi/yıl)	Minimum Toplam Evsel su Tüketimi (m³/yıl)	Maksimum Toplam Evsel su Tüketimi (m³/yıl)
2017	89777	29200	36500	2621488	2621488
2016	86494	29200	36500	2525624	2525624
2015	83331	29200	36500	2433265	2433265
2014	81297	29200	36500	2373872	2373872
2013	77,706	29200	36500	2269015	2269015
2012	74831	29200	36500	2185065	2185065
2011	73191	29200	36500	2137177	2137177
2010	70977	29200	36500	2072528	2072528
2009	69515	29200	36500	2029838	2029838
2008	68029	29200	36500	1986446	1986446
2007	64065	29200	36500	1870698	1870698

Değişen yıllara göre Menderes da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi şekil 4.9. da verilmiştir.



Şekil 4.9. Değişen yıllara göre menderes da minimum ve maksimum toplam evsel su tüketimi

Yukarıda ayrı ayrı veriler tüm ilçeler ait toplam maksimum ve minimum evsel su tüketimleri toplu olarak sırasıyla Çizelge 4.10. ve Çizelge 4.11.'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Küçük Menderes Havzası maksimum toplam evsel su tüketimi(m³/yıl)

Yıl	Bayındır	Beydağ	Kiraz	Ödemiş	Selçuk	Tire	Torbalı	Menderes	Maksimum Toplam Evsel Su Tüketimi(m³/yıl)
2017	1469417	452271	1600853	4826796	1313671	3059758	6291103	3276860	22290732
2016	1467884	448950	1600343	4808072	1312540	3032493	6021806	3157031	21849119
2015	1457262	448074	1591948	4819022	1304364	2996723	5729879	3041581	21388854
2014	1471315	454680	1604942	4723355	1287756	2967997	5479635	2967340	20957022
2013	1485185	458257	1606621	4719267	1276733	2933906	5266694	2836269	20582934
2012	1496062	458659	1606329	4708682	1262425	2902443	5038460	2731331	20204392
2011	1500332	467528	1627426	4743832	1264469	2882587	4857748	2671471	20015395
2010	1514969	473660	1626258	4733867	1257096	2859483	4658933	2590660	19714927
2009	1505406	476215	1621914	4716165	1258483	2853424	4547206	2537297	19516112
2008	1531722	488917	1636295	4701090	1257753	2811047	4451649	2483058	19361534
2007	1538548	492750	1645128	4681234	1241073	2785935	4361969	2338372	19085010

Çizelge 4.11. Küçük Menderes Havzası minimum toplam evsel su tüketimi(m³/yıl)

Yıl	Bayındır	Beydağ	Kiraz	Ödemiş	Selçuk	Tire	Torbalı	Menderes	Minimum Toplam Evsel Su Tüketimi(m ³ /yıl)
2017	1175533	361817	1280682	3861437	1050937	2447806	5032882	2621488	17832585
2016	1174307	359160	1280274	384645	1050032	2425994	4817445	2525624	17479295
2015	1165810	358459	1273558	3855217	1043491	2397378	4583903	2433265	17111083
2014	1177052	363744	1283953	3778684	1030205	2374398	4383708	2373872	16765618
2013	1188148	366606	1285296	3775414	1021386	2347125	4213355	2269015	16466347
2012	1196849	366927	1285063	3766946	1009940	2321954	4030768	2185065	16163514
2011	1200266	374022	1301940	3795065	1011575	2306070	3886198	2137177	16012316
2010	1211975	378928	1301006	3787094	1005677	2287586	3727146	2072528	15771942
2009	1204324	380972	1297531	3772932	1006786	2282739	3637765	2029838	15612889
2008	1225378	391134	1309036	3760872	1006202	2248838	3561319	1986446	15489227
2007	1230838	394200	1316102	3744987	992858	2228748	3489575	1870698	15268008

Heriki Çizelgeden de görüleceği üzere minimum ve maksimum evsel su tüketimleri gşderek artmış ve 2017 yılında maksimum toplam evsel su tüketimi 22290732 m³/yıl iken, minimum toplam evsel su tüketimi ise 17832585 m³/yıl'dır.

4-1-2 Küçük Menderes Havzasının Tarımsal Su Tüketimi

Küresel ısınmanın su kaynakları üzerindeki etkisi özellikle tarımsal su talebi artışları olarak karşımıza çıkmaktadır (Rehana ve Mujumdar, 2013). Sulama suyu ihtiyacı buharlaşmanın yanı sıra ürün büyüme dönemlerinde terleme, sıcaklık ve yağış değişimlerinden etkilenmektedir (Wang ve diğ., 2012).

Dünya genelinde, kullanılabilir su miktarının %60'ını tarım sektörü tüketmektedir. Su kullanımının verimliliğinin artırılması, özellikle tarım sektöründe büyük oranda su tasarrufu sağlanması açısından oldukça önemlidir (Dumont ve diğ., 2013).

4-1-2-1 Küçük Menderes Havzasının Bitki Su Tüketimi

Küçük Menderes havzasının bitki su tüketimini hesaplamak için gerekli olan havzanın ürün deseni İzmir İl Müdürlüğü'nden alınmıştır.

Küçük Menderes havzasının mevcut tarım alanlarının dağılımı varlığı Çizelge 4.12.'de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği üzere havzada yaklaşık toplam 1,8 milyon da tarım alanı olup en büyük payı yaklaşık 177 bin da ile sebze tarımı almaktadır (GTHB İzmir İl Müdürlüğü, 2016).

Çizelge 4.12. Küçük Menderes Havzası tarımsal alan dağılımı, 2016 (dekar)

Alanlar İlçeler	Tarla (dekar)	Sebze (dekar)	Süs Bitkileri (dekar)	Bağ (dekar)	Meyve (dekar)	Narenciye (dekar)	Zeytin (dekar)	Kavaklık (dekar)	Nadas (dekar)	Tarım Elverişli Boş (dekar)	Toplam Tarım Alanı (dekar)
Bayındır	99,440	19,124	3,539	2,870	12,271	115	164,270	4,000	0	0	305,629
Beydağ	15,320	43,339	0	20	21,320	0	10,850	120	0	0	90,969
Kiraz	111,055	6,652	1,006	0	28,037	0	17,076	900	0	12,673	177,399
Menderes	116,255	20,046	1,690	15,910	2,608	14,515	54,660	0	0	8,140	233,824
Ödemiş	164,288	22,637	12	3,540	42,820	170	61,390	3,500	14	0	298,371
Selçuk	11,200	57,645	3,704	4,000	28,310	9,540	77,730	120	12,000	4,300	208,549
Tire	105,800	2,019	33	1,306	47,648	130	47,795	350	0	0	205,081
Torbalı	150,756	5,440	429	9,009	10,381	300	77,175	150	0	2,021	255,661
<i>Bölge Toplamı</i>	774,114.0	176,902.0	10,414	36,655	193,395	24,770	510,946	9,140	12,014	27,134	1,775,484

Çizelge 4.13 de 8 ilçenin ayrı ayrı incelendiği toplam tarım alanı ve her ilçenin ayrıntılı ürün deseni verilmektedir.

Çizelge 4.13 Tarım arazisi dağılımı, 2016 (Hektar)

Alanlar İlçeler(hectare)	Tarla (Hektar)	Sebze (Hektar)	Süs Bitkileri (Hektar)	Bağ (Hektar)	Meyve (Hektar)	Narenciye (Hektar)	Zeytin (Hektar)	Kavaklık (Hektar)	Nadas (Hektar)	Tarım Elverişli Boş	Toplam Tarım Alanı
Bayındır	9,944	1,912	353	287	1,227	12	16,427	400	0	0	305,629
Beydağ	1,532	4,333	0	2	2,132	0	1,085	12	0	0	90,969
Kiraz	11,105	665	100	0	2,804	0	1,707	90	0	1,267	177,399
Menderes	11,625	2,004	169	1,591	260	1,451	5,466	0	0	814	233,824
Ödemiş	16,428	2,263	1	354	4,282	17	6,139	350	1	0	298,371
Selçuk	1,120	5,764	370	400	2,831	954	7,773	12	1,200	430	208,549
Tire	10,580	201	3	131	4,764	13	4,779	35	0	0	205,081
Torbalı	15,075	544	43	900	1,038	30	7,717	15	0	202	255,661

Türkiye’de iklim bölgelerine göre tarımsal ürünlerin bitki su tüketimleri (Etc, mm), Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimi Rehberinden (2016) alınmıştır. Proje çalışmaları doğrultusunda Küçük Menderes Havzasını kapsayan 4 istasyon (Bornova, İzmir, Ödemiş, Selçuk istasyonları) incelenmiştir (Çizelge 14,15,16,17).

Çizelge 4. 14. İstasyon Adı : Bornova, İstasyon Numarası : 17790, Enlem : 38,466667, Boylam : 27,216667,

Arpa (kışlık)	Ayçiçeği	Çilek	Domates (yer)	Erik	Fasulye (taze)	Fasulye (taze, 2. ürün)	Fiğ (adi)	İncir
396,5	584,7	854,8	768,8	902,4	527	268	366,7	366,7
Kiraz	Maydanoz	Mısır (dane)	Mısır (silajlık)	Narenciye	Patates	Patlıcan	Soğan (yeşil)	Susam
835,2	780,5	723	569,9	833,5	510,6	647,2	194,8	555,5
Şeftali	Üzüm (sofralık, kuru)	Üzüm (şaraplık)	Yerfıstığı	Yonca	Zeytin (sofralık)	Zeytin (yağlık)		
914,5	841,6	658,9	711,6	950	696	696		

Çizelge 4.15. İstasyon Adı : İzmir, İstasyon Numarası : 17220, Enlem : 38,39487333, Boylam : 27,08185483,

Arpa (kışlık)	Ayçiçeği	Bamya	Biber (dolmalık)	Biber (sivri)	Buğday (kışlık)	Çeltik	Çilek	Domates (sırik)
458,9	642,2	814,7	784,7	778	530,7	832,6	958,7	949,1
Domates (Yer)	Elma	Enginar	Erik	Fasülye (Taze)	Fasülye (Taze, 2. Ürün)	Fiğ (Adi)	İncir	Karpuz
854	989,6	899,8	1.006,70	569,3	447,7	427,5	646,5	418,9
Kavun	Kiraz	Maydanoz	Mısır (Dane)	Mısır (Silajlık)	Narenciye	Pamuk	Patates	Üzüm (Şaraplık)
596,3	926,4	915,6	853,1	625	951,1	857	576,2	735,1
Yerfıstığı	Yonca	Zeytin (Sofralık)	Zeytin (Yağlık)					
790	1.132,30	767,8	767,8					

Çizelge 4.16. İstasyon Adı : Ödemiş, İstasyon Numarası : 17822, Enlem : 38,215726, Boylam : 27,964224, Rakım (m.) : 111

Arpa (Kışlık)	Bakla (Taze, 2. Ürün)	Bezelye (Taze)	Biber (Salçalık)	Biber (Sivri)	Buğday (Kışlık)	Çeltik1	Çilek 2	Domates (Salçalık)
390,1	159,8	484,3	790,1	733,3	459,1	776,3	883,9	600,2
Domates (Yer)	Erik	Hıyar	Karpuz	Kavun	Kayısı	Kiraz	Maydan oz	Mısır (Dane)
803,3	935,8	531,3	404,9	566,3	935,8	876,2	762,2	755,5
Mısır (Silajlık)	Mısır (Silajlık, 2. Ürün)	Pamuk	Patates	Patates (2. Ürün)	Patlıcan	Soğan (Kuru)	Soya Fasülyesi	Susam
593,8	368,3	799,2	546,9	318,5	675,8	718,2	696,7	577,6
Susam (2. Ürün)	Şeftali	Tütün	Üzüm (Sofralık, Kuru)	Üzüm (Şaraplık)				
429,4	956,7	561,4	873,4	696,9				

Çizelge 4.17. İstasyon Adı : Selçuk, İstasyon Numarası : 17854, Enlem : 37,94453116, Boylam : 27,36728566, rakım (m.) : 17

Arpa (Kışlık)	Ayçiçeği	Bamya	Biber (Dolmalık)	Biber (Sivri)	Buğday (Kışlık)	Çeltik	Çilek	Domates (Salçalık)
404,1	540,6	676,3	656,1	650,6	467,3	691,8	816,8	532,2
Domates (Yer)	Elma	Enginar	Erik	Fasülye (Taze)	Fasülye (Taze, 2. Ürün)	Fiğ (Adi)	İncir	Karpuz
712,8	827,6	789,7	843,3	491,9	327,6	370,2	540,2	379,6
Kavun	Kiraz	Maydanoz	Mısır (Dane)	Mısır (Silajlık)	Narenciye	Pamuk	Patates	Patlıcan
545,4	780,4	776,6	665,5	522,3	786,4	710,2	509,7	594,4
Soğan (Yeşil)	Susam	Şeftali	Üzüm (Sofralık, Kuru)	Üzüm (Şaraplık)	Yerfıstığı	Yonca	Zeytin (Sofralık)	Zeytin (Yağlık)
192,1	509,7	873,1	798,9	619,8	659,8	930,8	649,4	649,4

Bölgede mevcut olan tarımsal ürünlerin (Tarla, Sebze, Süs Bitkileri , Bağ, Meyve, Narenciye, Zeytin, Kavaklık) ortalama bitki su tüketimi verileri (Etc, mm/m³) Bornova, İzmir, Ödemiş, Selçuk meteoroloji istasyonlarından elde edilmiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Küçük Menderes Havzasındaki ortalama bitki su tüketimi (Etc, mm/m³)

Bitki	Tarla	Sebze	Süs Bitkileri	Bağ	Meyve	Narenciye	Zeytin	Kavaklık
Su tüketimi(mm)	637	583	500	744	765	857	704	600
Su tüketimi(m ³)	6370	5830	5000	7440	7650	8570	7040	6000

Havza genelindeki bitki su tüketimleri (m³) alan verileri ile çarpılıp toplam bitki su tüketimi 8 farklı ilçede ayrı ayrı hesaplanmıştır (Çizelge 4.19.).

Çizelge 4.19. Küçük Menderes Havzasının bitki su tüketimi (m³/yıl)

Alanlar İlçeler	Tarla	Sebze	Süs Bitkileri	Bağ	Meyve	Narenciye	Zeytin	Kavaklık	Tarım Elverişli Boş
Bayındır	63343280	11149292	1769900	2135280	9387315	98555	115711788	2400000	205995410
Beydağ	9758840	25266637	0	14880	16309800	0	7642740	72000	59064897
Kiraz	70742035	3878116	503000	0	21448305	0	12028334	540000	109139790
Menderes	74054435	11686818	845000	11837040	1995120	12439355	38502504	0	151360272
Ödemiş	104651456	13197371	6000	2633760	32757300	145690	43243116	2100000	198734693
Selçuk	7134400	33607035	1852250	2976000	21657150	8175780	54753012	72000	130227627
Tire	67394600	1177077	16500	971664	36450720	111410	33666798	210000	139998769
Torbali	96031572	3171520	214500	6702696	7941465	257100	54362070	90000	168770923

4-1-2-2 Küçük Menderes Havzasının Hayvancılık Su Tüketimi

Su kanın% 80'ini oluşturur, vücut sıcaklığını düzenler ve sindirim, boşaltım ve besinlerin emilimi gibi hayati fonksiyonları doğrudan etkiler. Uygun bir hayvan yetiştirme ortamı oluşturabilmek için iyi kalitede ve yeterli miktarda su sağlamak gerekmektedir.

Küçük Menderes Havzasının hayvan su tüketimini hesaplamak için mevcut hayvan varlığı Çizelge 4.20. verilmiştir (GTHB İzmir İl Müdürlüğü, 2016).

Çizelge 4.20. Küçük Menderes Havzasının hayvan varlığı

Hayvan varlığı Sayı	Bayındır	Beydağ	Kiraz	Menderes	Ödemiş	Selçuk	Tire	Torbali	Toplam
Sığır	67236	19673	71492	22355	125914	2570	89616	24622	423478
Koyun	18660	6710	29149	41330	51045	7212	44950	16240	215296
Keçi	3835	273	2199	24025	9999	5505	2645	9050	57531
Tavuk	374650	5940	59100	596000	542000	83500	1460717	3555435	6677342
Arıkovanı	7847	1011	4347	9715	29864	3404	8338	9520	74046

Bölgede hayvancılık önemli bir faaliyet alanı olup, İzmir ilindeki sığırların %75.3'üne, koyunların %37.7'sine, keçilerin %24.3'üne, tavukların %35.5'ine, arı

kovanlarının %36.8'ine sahiptir. Özellikle Ödemiş ve Tire İlçeleri büyük ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliği ve süt ürünleri işlemede önemli paya sahiptir. Ayrıca, Tire Süt Kooperatifi süt ve ürünleri işlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Tavukçulukta Torbalı ve Tire ilçeleri öne çıkarken, keçi yetiştiriciliğinde Menderes, arıcılıkta ise Ödemiş ilçesi öne çıkmaktadır.

Hayvanların günlük su ihtiyaçları hayvan türlerine göre büyük oranda çeşitlilik sergilemektedir. Hayvanın yaşı ve büyüme süreci, günlük su tüketiminde önemli bir etkiye sahiptir. Hayvanların tükettikleri su miktarları çevresel ve yönetim faktörlerine göre değişkenlik gösterebilir. İçme suyu tesisleri etüt raporunda, bir hayvanın minimum ve maksimum su tüketimleri (l/gün) Çizelge 4.30. verilmiştir. Tek bir hayvana ait minimum ve maksimum su tüketimi (m³/yıl) Çizelge 4.21 te verilmiştir.

Çizelge 4.21. Hayvanların minimum ve maksimum su tüketimleri (l/gün), (m³/yıl)

Hayvan Türü	Bir hayvanın minimum su tüketimi (l/gün)	Bir hayvanın maksimum su tüketimi (l/gün)
Büyük baş hayvan	150	250
Küçükbaş hayvan	25	50
Tavuk/Ördek/hindi	0,25	0,5
Arıkovanı	1	3
Hayvan Türü	Bir hayvanın minimum su tüketimi (m ³ /yıl)	Bir hayvanın maksimum su tüketimi (m ³ /yıl)
Büyük baş hayvan	54,75	91,25
Küçükbaş hayvan	9,125	18,25
Tavuk/Ortak/hindi	0,09125	0,1825
Arıkovanı	0,365	1,095

Küçük Menderes Havzasının hayvancılık alanındaki su tüketimini hesaplamak için hayvan sayısı ile bir hayvanın minimum su tüketimi (m³/yıl) çarpılarak minimum Toplam Hayvan su Tüketimi (m³/yıl) belirlenmiştir (Çizelge 4.22.).

Çizelge 4.22. Küçük Menderes havzasının minimum hayvan su tüketimi (m³/yıl)

Hayvan su tüketimi	Bayındır	Beydağ	Kiraz	Menderes	Ödemiş	Selçuk	Tire	Torbali
Sayı								
Sığır	3681171	1077097	3914187	1223936	6893792	140707	4906476	1348055
Koyun	170272	61228	265984	377136.3	465785	65809	410168	148190
Keçi	34994	2491	20065	219228.1	91240	50233	24135	82581
Tavuk	34186	542	5392	54385	49457	7619	133290	324433
Arıkovanı	2864	369	1586	3545.975	10900	1242	3043	3474
Minimum Hayvan su tüketimi (m ³ /yıl)	3923489	1141728	4207217	1878232	7511176	265612	5477114	1906734

Küçük menderes havzasının hayvancılık su tüketimini hesaplamak için hayvan varlığı sayısının, bir hayvanın minimum ve maksimum su Tüketimi (m³/yıl) ile çarpılıp maksimum ve minimum Toplam Hayvan Su Tüketimi (m³/yıl) belirlendi (Çizelge 4.23.).

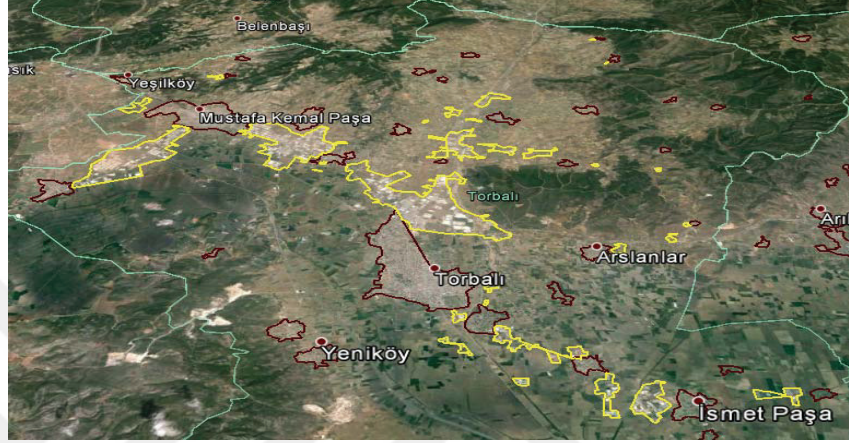
Çizelge 4.23. Küçük Menderes Havzasının maksimum hayvan su tüketimi(m³/yıl)

Hayvan su tüketimi	Bayındır	Beydağ	Kiraz	Menderes	Ödemiş	Selçuk	Tire	Torbali
Sayı								
Sığır	6135285	1795161	6523645	2039894	11489653	234512.5	8177460	2246758
Koyun	340545	122457	531969	754272	931571	131619	820337	449351
Keçi	69988	4982	40131	438456	438456	100466	48271	165162
Tavuk	68373	1084	10785	108770	98915	15238	266580	648866
Arıkovanı	8592	1107	4759	10637	32701	3727	9130	10424
Maksimum Hayvan su tüketimi(m ³ /yıl)	6622785	1924792	7111292	3352030	12991296	485563.9	9321780	3520563

Küçük Menderes Havzası'nda maksimum toplam hayvancılık su tüketimi 45330101m³/yıl iken, minimum toplam hayvancılık su tüketimi ise 26311301m³/yıl olarak belirlenmiştir

4-1-3 Küçük Menderes Havzasının sanayi su tüketimi

Son yıllardaki veriler incelendiğinde, Türkiye’de sanayinin en fazla geliştiği üç il: İzmir, İstanbul ve Kocaeli olarak saymak mümkündür. Sanayinin gelişmesi, iç ve dış piyasalara yakınlığın artmasıyla beraber 1923 yılında İzmir’de 60 civarında fabrika varken aradan geçen 87 yıl sonunda yaklaşık 70.000 ticari işletme ve 6.500 sanayi tesisi hizmet sunmaktadır.



Şekil 4.10 Havzanın bir bölümündeki yerleşim (kırmızı) ve sanayi yerleri (Sarı)

İmalat sanayisinde geniş bir ürün yelpazesini elinde bulunduran Ege bölgesi Türkiye’nin sanayi üretiminin %15 ‘ini sağlamaktadır. Sanayinin en fazla geliştiği üç ilden biri olma özelliğine sahip İzmir ili Küçük Menderes Havzası’nın önemli bir kısmını oluşturmaktadır.

Küçük Menderes Havzası sanayisinin sektörel dağılım içerisinde demir-çelik, kimya, plastik, makine/imalat, mermer ve yapı malzemeleri, kağıt-karton, elektrik-elektronik, otomotiv, orman ürünleri, tütün ve deri sanayi yer almaktadır. Sanayinin geliştiği başlıca ilçeler: Torbalı, Tire ve Ödemiş’tir. Küçük Menderes Havzası’nda bulunan Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) Çizelge 4.24.’te verilmiştir.

İMALAT SANAYİ KOLLARI		2016
Tüketim Malı Üreten Sanayiler	Gıda	854
	İçki	37
	Tütün Ürünleri	36
	Tekstil	809
	Giyim Ürünleri	105
	Deri Ürünleri	157
	Diğer	-
	Toplam	1998
Ara Malı Üreten Sanayiler	Ağaç ve Mantar Ürünleri	68
	Kağıt Ürünleri	96
	Basım ve Yayın	104
	Kimyasal Ürünleri	
	Kimya	149
	Gübre	-
	Lastik ve Plastik Ürünleri	401
	Metalik Olmayan Mineral Ürünleri	-
	Cam	38
	Çimento	2
	Seramik, kil, taş	287
	Ana metal	-
	Demir Çelik	80
	Demir dışı Metaller	90
	Diğer	696
	Toplam	2011
Yatırım Malı Üreten Sanayiler	Metal Eşya İmalat Sanayi	410
	Makine ve Teçhizat	
	Makine İmalat	347
	Tarım Makineleri	14
	Elektrikli Makineleri	80
	Elektronik	67
	Motorlu Kara Taşıtları	1
	Diğer Ulaşım Araçları	-
	Tıbbi	40
	Bisiklet ve Motosiklet	5
	Mobilya	168
	Diğer	626
	Toplam	1770
Genel Toplam		5779

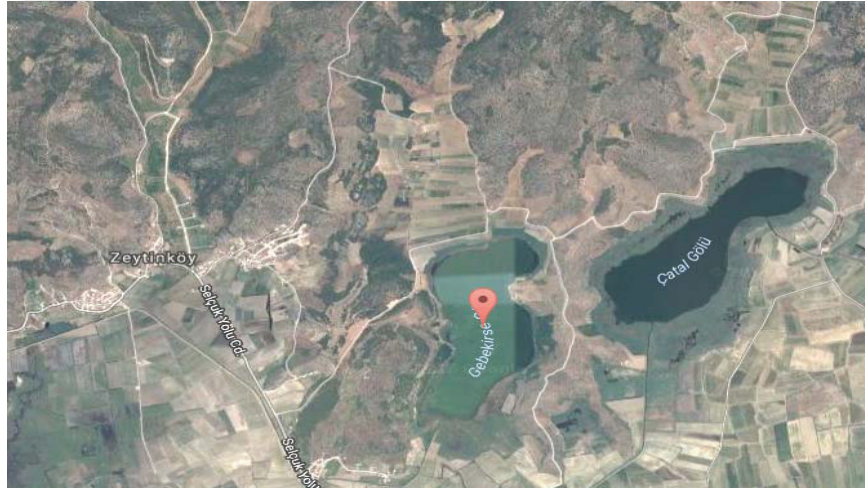
4-1-4 Küçük Menderes Havzasının doğal yaşam su tüketimi

Küçük Menderes Havzası'nda bulunan göller ve kapladıkları alan Çizelge 4.25. verilmiştir.

Çizelge 4.25. Küçük Menderes Havzası'nda bulunan göller

Gölün Adı	Alan (m ²)
Belevi Gölü	140687
Gölcük Gölü	7206
Gebekirse Gölü	628958
Çatal Gölü	601075

Küçük Menderes Havzası'nda küçük ve büyük ölçekli göller bulunmaktadır. Bu göllerin önemli olarak nitelendirilebilecek olanları Bozdağ'ın batısında bulunan Gölcük Gölü, Torbalı-Selçuk arasındaki Belevi Gölü, Yamanlar Dağı üzerinde bulunan tipik krater gölü Karagöl, alüvyonlardan oluşan Çakal Boğaz Gölü, Gebekirse ve Barutça gölleridir. Dinlenme alanı ve rekreasyon olarak kullanılan Gölcük gölü aynı zamanda çevrede bulunan tarım arazilerinin sulanması amacıyla da kullanılmaktadır. Sulama amacıyla oluşturulmuş göletler ise Ataköy, Balabandere, Dokuz Eylül, Sandıdere, Ulaş ve Mordoğan Göletleri'dir.



Şekil 4.11. Havzanın doğal yaşam ortamında sulak alanlar (Çatal Gölü ve Gebekirse Gölü)

839 ha'lık alana sahip Küçük Menderes Deltası içerisinde yer alan Gebekirse Gölü, Selçuk ilçesi 2006 yılında deltaya dahil olmuştur. Çok büyük ekosisteme sahip olan deltada 50 kadar kuş türü bulunmaktadır. Saha birinci derece doğal sit alanıdır. Tarımsal sulamaların düzensizliği ve kuraklık sebebiyle Gölcük Gölü'nün derinliği 5 m'den 1m seviyelerine geldiği belirtilmiştir.



Şekil 4.12 Proje sınırlarında yer alan sulak alanlar

Çizelge 4.26. Doğal yaşamın su ihtiyacı örnekleri

Location	Gölün alanı	Determination date	Method of determination	Evaporation values	Source
Aswan High Dam Lake, Egypt, Sudan	~ 5250 km ²	1979 - 1983	pan and isotope experiments	7.7-21.6 mm day ⁻¹	Aly et al., 1993
Lake Ziway, Ethiopia	mean ~ 490 km ²	1969 - 2000	energy balance, Penman and Morton CRLE	1730 - 1880 mm year ⁻¹	Vallet-Coulomb et al., 2001
Lake Biwa, Japan	680 km ²	1985 - 1987	range of direct and indirect methods; emphasis on bulk transfer	winter' 0.14 - 2.94 mm day ⁻¹ ; 'summer' 0.49 - 6.13 mm day ⁻¹	Ikebuchi et al., 1988
Caspian Sea, (Russia, Iran, Kazakhstan, Turkmenistan, Azerbaijan)	379000 km ²	1900 - 1990	water balance	mean 377 km ³ year ⁻¹	Froehlich, 2000
Lake Kinneret (Sea of Galilee), Israel	166 km ²	May-October 1990	eddy correlation and energy budget	-0.3 - 1.1 mm hour ⁻¹ 2 - 12 mm day ⁻¹	Assouline and Mahrer, 1993

Minimum doğal yaşamın su ihtiyacı (yaban hayatı) 1000 mm ve maksimum doğal yaşamın su ihtiyacı (yaban hayatı) 1600 mm'dir.

$$1\text{mm}=1 \text{ lit/m}^3$$

$$1000 \text{ mm} = 1000 \text{ lit/m}^3 = 1 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$1600 \text{ mm} = 1600 \text{ lit/m}^3 = 1.6 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

Çizelge 4.27. Küçük Menderes Havzası'nda göller ve alanları

Gölün Adı	Alan(m ²)	Minimum Buharlaşma gölden	Maksimum buharlaşma gölden
Belevi Gölü	140687	140687	225099
Gölcük Gölü	7206	7206	11529
Gebekirse Gölü	628958	628958	1006332
Çatal Gölü	601075	601075	961720
Toplam		1377926	2204680

5-MEKANSAL HESAPLAMALAR

Bu çalışmada öncelikli olarak havzaya ait doğal varlıkların sayısal envanteri oluşturularak bu doğal varlıklar gruplandırılmıştır. Her bir varlık ve diğer su kullanıcıları bir sektör başlığı altında toplanmıştır. Her sektörün yaklaşık su tüketimi belirlenerek mekânsal olarak gösterilmesi sağlanmıştır.

Havzadaki yaban hayatı, tarımsal arazi kullanım şekli, yol, yerleşim ve diğer arazi kullanım şekilleri, güncel uydu görüntüleri kullanılarak belirlenmiştir. Bu işlemler görüntü işleme ve coğrafi bilgi sistemi yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen altlık envanter bilgileri kullanılarak her sektör için su ihtiyacı eşik değerleri mekânsal olarak gösterilmiştir. Bu amaçla her sektörün su eşik değerleri öznitelik bilgisi olarak veri tabanına bir veri olarak girilmiştir. İklim değişikliğine bağlı su kaynaklarının değişimi temel girdi (input) olarak kabul edilerek modele sektörlerin öncelikleri ve su gereksinimi eşik değerleri öğretilmiştir. Değişen havza su girdilerine göre, oransal olarak suyun dağıtımı gerçekleştirilerek havzaya yönelik haritalar üretilmiştir.

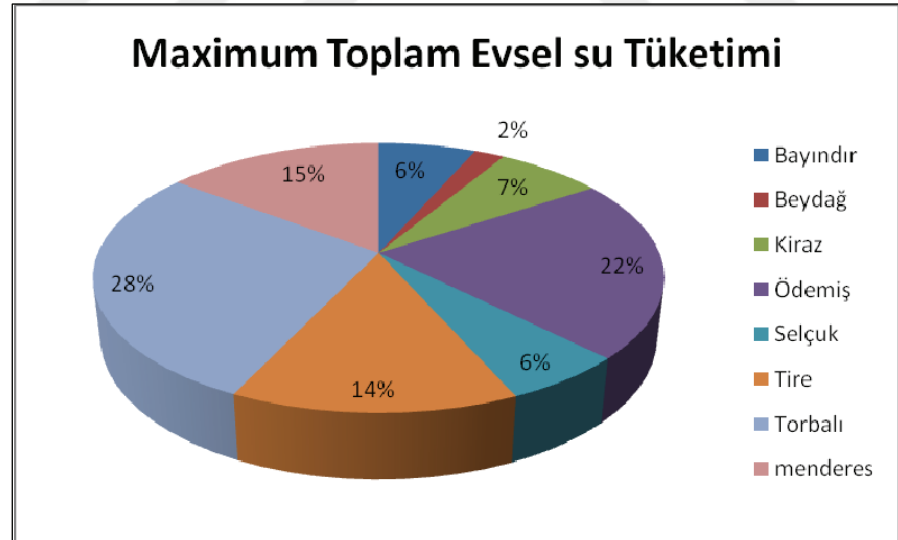
Oluşturulan modelde, havza nüfusunun, hayvancılık ve ekili-dikili olan ürün deseninin su tüketimi temel veriler olarak kullanılmıştır. Bitki su tüketimi hesapları bu modelde temel veri seti olarak kullanılmıştır. Sanayi sektörü ise, su tüketimine göre kendi içerisinde ayrıca gruplandırılmıştır.

Toplam maksimum evsel su tüketimi 2007-2017 yılları arasında 19085010 m³/yıl'dan 22290732 m³/yıl'a kadar yükselmiştir. Tire, Torbalı ve Menderes ilçesinde toplam maksimum evsel su tüketimi 2007-2017 yılları arasında artış göstermiştir. Bunun sebebi nüfusun bu ilçelerde artmasından kaynaklanmaktadır. Fakat Beydağ ve Bayındır gibi ilçelerde ise toplam maksimum evsel su tüketimi göç sebebi ile azalmıştır (Çizelge 5.1.).

Çizelge 5.1. Küçük Menderes Havzası'nda maksimum toplam evsel su tüketimi

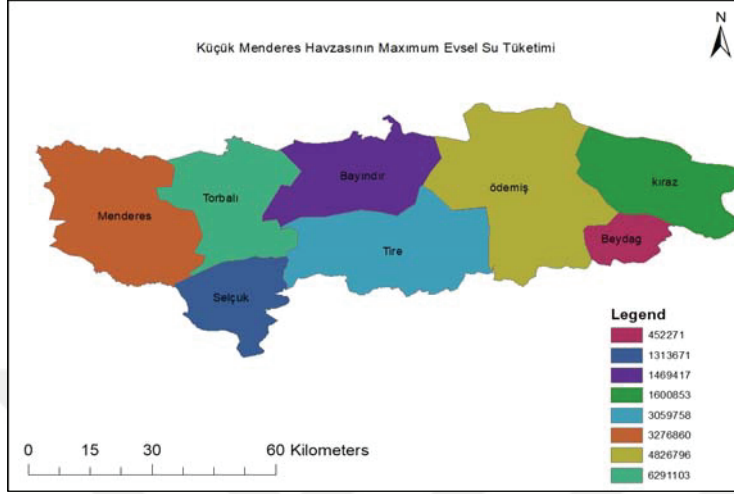
Yıl	Bayındır	Beydağ	Kiraz	Ödemiş	Selçuk	Tire	Torbali	Menderes	Maksimum Toplam Evsel su Tüketimi(m ³ /yıl)
2017	1469417	452271	1600853	4826796	1313671	3059758	6291103	3276860	22290732
2016	1467884	448950	1600343	4808072	1312540	3032493	6021806	3157031	21849119
2015	1457262	448074	1591948	4819022	1304364	2996723	5729879	3041581	21388854
2014	1471315	454680	1604942	4723355	1287756	2967997	5479635	2967340	20957022
2013	1485185	458257	1606621	4719267	1276733	2933906	5266694	2836269	20582934
2012	1496062	458659	1606329	4708682	1262425	2902443	5038460	2731331	20204392
2011	1500332	467528	1627426	4743832	1264469	2882587	4857748	2671471	20015395
2010	1514969	473660	1626258	4733867	1257096	2859483	4658933	2590660	19714927
2009	1505406	476215	1621914	4716165	1258483	2853424	4547206	2537297	19516112
2008	1531722	488917	1636295	4701090	1257753	2811047	4451649	2483058	19361534
2007	1538548	492750	1645128	4681234	1241073	2785935	4361969	2338372	19085010

Küçük Menderes'in evsel su tüketimini %28 ile Torbalı, %22 ile Ödemiş, %15 ve %14 ile de Menderes ve Tire ilçeleri kullanmaktadır (Şekil 5.1.).



Şekil 5.1. Küçük Menderes Havzası'nda maksimum toplam evsel su tüketimi

Küçük Menderes Havzası'nda yer alan ilçeler içerisinde %28 oran ile maksimum toplam evsel su tüketimi Torbalı ilçesinde gerçekleşmektedir (Şekil 5.2.). Buna karşın en düşük maksimum su tüketimi 452271 m³ ile Beydağ ilçesinde kullanılmaktadır.



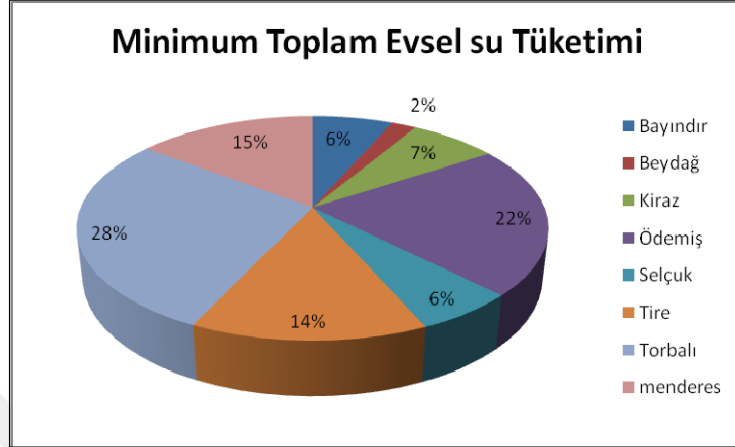
Şekil 5.2. Küçük Menderes Havzası'nda maksimum toplam evsel su tüketimi

Minimum toplam evsel su tüketimi 2007-2017 yıllar arasında 15.489.227 m³/yıl 17.832.585 m³/yıl kadar yükselmiştir. Tire, Torbalı ve Menderes ilçelerinde minimum toplam evsel su tüketimi 2007-2017 yıllar arasında artış göstermektedir. Bunun nedeni, bu ilçelerdeki nüfusun artışın bir etkisi olarak görülmektedir. Buna karşılık, Beydağ ve Bayındır ilçelerinde Maksimum Toplam Evsel su Tüketimi göç vermesi nedeni ile azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 5.2.).

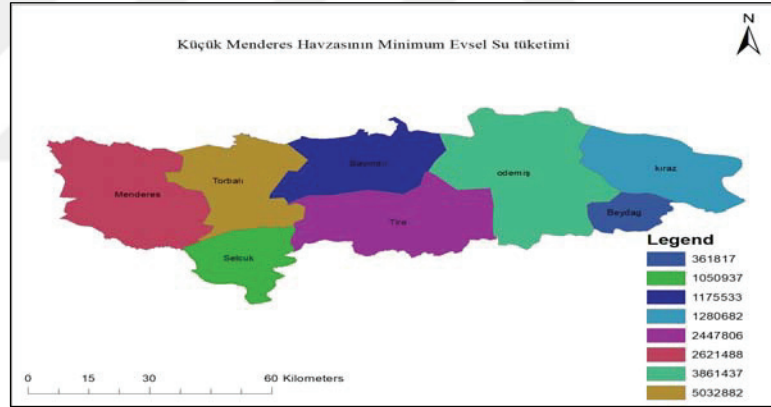
Çizelge 5.2. Küçük Menderes Havzası'nda minimum toplam evsel su tüketimi

Yıl	Bayındır	Beydağ	Kıraz	Ödemiş	Selçuk	Tire	Torbalı	Menderes	Minimum Toplam Evsel su Tüketimi(m ³ /yıl)
2017	1175533	361817	1280682	3861437	1050937	2447806	5032882	2621488	17832585
2016	1174307	359160	1280274	384645	1050032	2425994	4817445	2525624	17479295
2015	1165810	358459	1273558	3855217	1043491	2397378	4583903	2433265	17111083
2014	1177052	363744	1283953	3778684	1030205	2374398	4383708	2373872	16765618
2013	1188148	366606	1285296	3775414	1021386	2347125	4213355	2269015	16466347
2012	1196849	366927	1285063	3766946	1009940	2321954	4030768	2185065	16163514
2011	1200266	374022	1301940	3795065	1011575	2306070	3886198	2137177	16012316
2010	1211975	378928	1301006	3787094	1005677	2287586	3727146	2072528	15771942
2009	1204324	380972	1297531	3772932	1006786	2282739	3637765	2029838	15612889
2008	1225378	391134	1309036	3760872	1006202	2248838	3561319	1986446	15489227
2007	1230838	394200	1316102	3744987	992858	2228748	3489575	1870698	15268008

Minimum toplam evsel su tüketimi en fazla oran ile Torbalı ilçesinde (%28) gerçekleştiği tespit edilmiştir.. Beydağ ilçesi ise %2 minimum toplam su tüketim ile en düşük miktara sahip olduğu saptanmıştır (Şekil 5.3. – 5.4.).



Şekil 5.3. Minimum toplam evsel su tüketimi



Şekil 5.4. Minimum toplam evsel su tüketimi (m³)

Küçük Menderes Havzası'nda evsel su tüketimi

Maksimum toplam evsel su tüketimi 22.290.732 m³ ve minimum toplam evsel su tüketimi 17.832.585 m³'dir (Çizelge 5.3.).

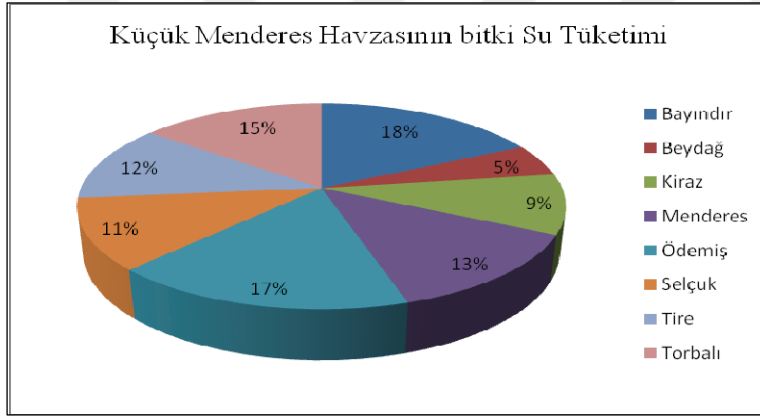
Çizelge 5.3. Küçük Menderes Havzası'nda toplam evsel su tüketimi

Evsel su tüketimi	Su tüketimi (m³/yıl)
Maksimum toplam evsel su tüketimi (m³/yıl)	22290732
Minimum toplam evsel su tüketimi (m³/yıl)	17832585

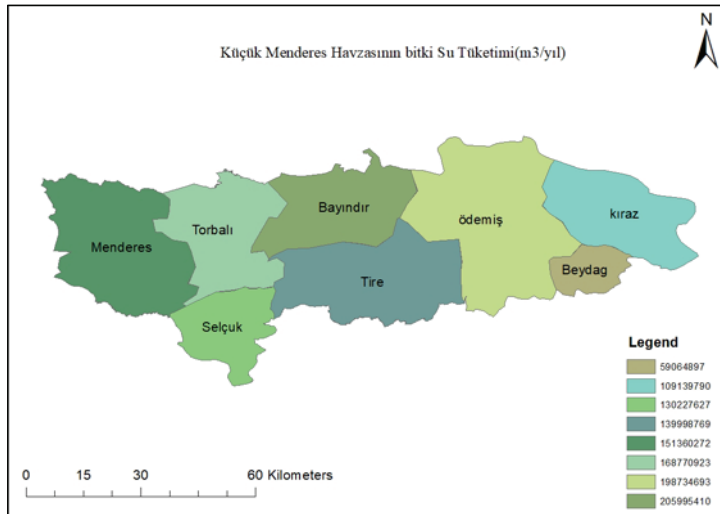
Bitki su tüketimi Küçük Menderes Havzası'nda 8 ilçe için hesaplanmış ve oluşturulan veri tabanına bir katman olarak girilmiştir (Çizelge 5.4.).

Çizelge 5.4. Küçük Menderes Havzası'nda bitki su tüketimi (mm)

Alanlar İlçeler	Tarla	Sebze	Süs Bitkileri	Bağ	Meyve	Narenciye	Zeytin	Kavaklık	Nadas	Tarım Elverişli Boş
Bayındır	63343280	11149292	1769900	2135280	9387315	98555	115711788	2400000	0	205995410
Beydağ	9758840	25266637	0	14880	16309800	0	7642740	72000	0	59064897
Kiraz	70742035	3878116	503000	0	21448305	0	12028334	540000	0	109139790
Menderes	74054435	11686818	845000	11837040	1995120	12439355	38502504	0	0	151360272
Ödemiş	104651456	13197371	6000	2633760	32757300	145690	43243116	2100000	0	198734693
Selçuk	7134400	33607035	1852250	2976000	21657150	8175780	54753012	72000	0	130227627
Tire	67394600	1177077	16500	971664	36450720	111410	33666798	210000	0	139998769
Torbalı	96031572	3171520	214500	6702696	7941465	257100	54362070	90000	0	168770923



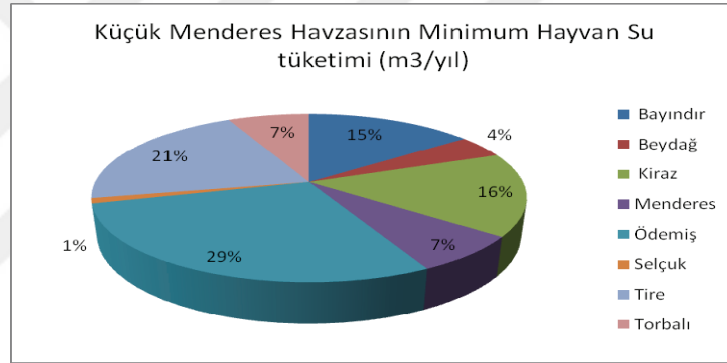
Şekil 5.5. Küçük Menderes Havzasının bitki su tüketimi (m³/yıl)



Şekil 5.6. Küçük Menderes Havzasının bitki su tüketimi

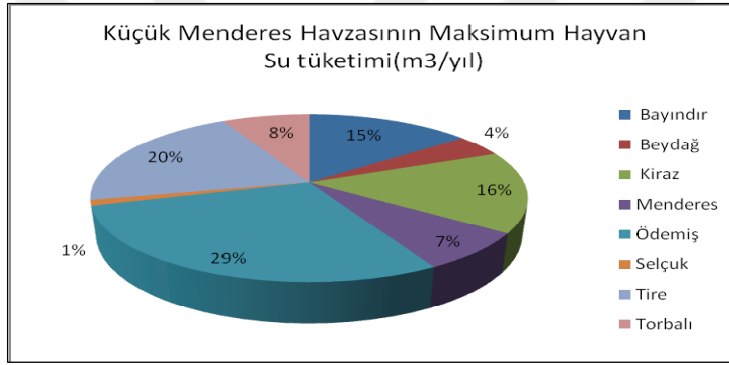
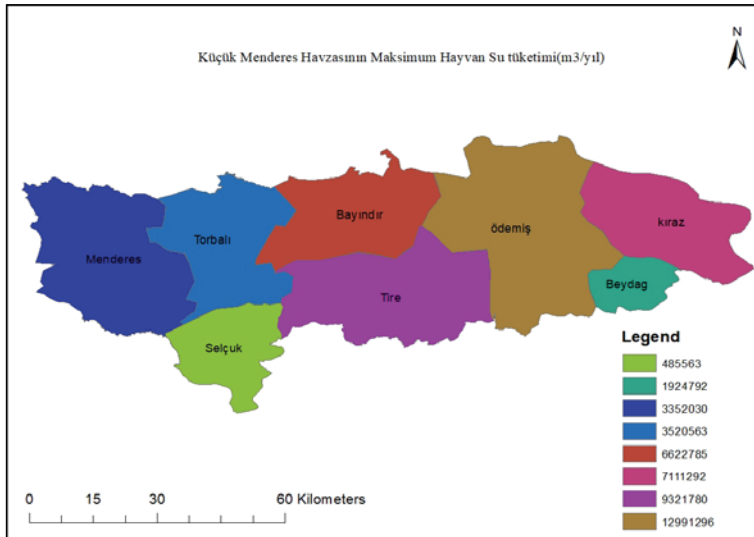
Çizelge 5.5. Küçük Menderes Havzası'nda minimum hayvan su tüketimi (m³/yıl)

Hayvan su tüketimi	Bayındır	Beydağ	Kiraz	Menderes	Ödemiş	Selçuk	Tire	Torbalı
Sayı								
Sığır	3681171	1077097	3914187	1223936	6893792	140707.5	4906476	1348055
Koyun	170272.5	61228.75	265984.6	377136.3	465785.6	65809.5	410168.8	148190
Keçi	34994.38	2491.125	20065.88	219228.1	91240.88	50233.13	24135.63	82581.25
Tavuk	34186.81	542.025	5392.875	54385	49457.5	7619.375	133290.4	324433.4
Arıkovanı	2864.155	369.015	1586.655	3545.975	10900.36	1242.46	3043.37	3474.8
Minimum Hayvan su tüketimi (m ³ /yıl)	3923489	1141728	4207217	1878232	7511176	265612	5477114	1906734

Şekil 5.7. Küçük Menderes Havzasının minimum hayvan su tüketimi (m³/yıl)Şekil 5.8. Küçük Menderes Havzasının minimum hayvan su tüketimi (m³/yıl)

Çizelge 5.6. Küçük Menderes Havzası'nda maksimum hayvan su tüketimi

Hayvan su tüketimi								
Sayı	Bayındır	Beydağ	Kiraz	Menderes	Ödemiş	Selçuk	Tire	Torbali
Sığır	6135285	1795161	6523645	2039894	11489653	234512.5	8177460	2246758
Koyun	340545	122457.5	531969.3	754272.5	931571.3	131619	820337.5	449351.5
Keçi	69988.75	4982.25	40131.75	438456.3	438456.3	100466.3	48271.25	165162.5
Tavuk	68373.63	1084.05	10785.75	108770	98915	15238.75	266580.9	648866.9
Arıkovanı	8592.465	1107.045	4759.965	10637.93	32701.08	3727.38	9130.11	10424.4
Maksimum Hayvan su tüketimi (m ³ /yıl)	6622785	1924792	7111292	3352030	12991296	485563	9321780	3520563

Şekil 5.9. Küçük Menderes Havzasının maksimum hayvan su tüketimi (m³/yıl)Şekil 5.10. Küçük Menderes Havzasının maksimum hayvan su tüketimi (m³/yıl)

Küçük Menderes Havzası'nda Maksimum toplam hayvan su tüketimi 2016-2017 yılları arasında $45.330.101 \text{ m}^3/\text{yıl}$ ve minimum toplam hayvan su tüketimi $26.311.301 \text{ m}^3/\text{yıl}$ dir (Çizelge 5.7.).

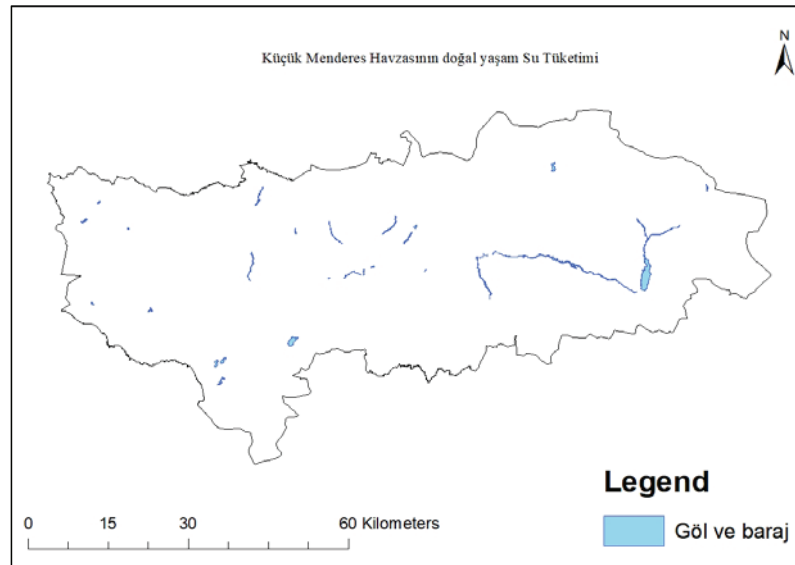
Çizelge 5.7. Küçük Menderes Havzası'nda toplam hayvan su tüketimi

Hayvan su tüketimi	Su tüketimi ($\text{m}^3/\text{yıl}$)
Maksimum toplam hayvan su tüketimi ($\text{m}^3/\text{yıl}$)	45330101
Minimum toplam hayvan su tüketimi ($\text{m}^3/\text{yıl}$)	26311301

Doğal yaşam alanları içerisinde en geniş yüzeye sahip olan Gebekirse gölünün minimum ve maksimum buharlaşma düzeyleri bulunmuştur. Buna karşın en küçük yüz ölçümlü Gölcük gölü daha düşük buharlaşma miktarlarına sahip olduğu Çizelge 5.8'den anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.8. Küçük Menderes Havzası'nda doğal yaşam alanlarında buharlaşma

Gölün Adı	Alan(m^2)	Minimum buharlaşma gölden(m^2)	Maksimum buharlaşma gölden
Belevi Gölü	140687	140687	225099
Gölcük Gölü	7206	7206	11529
Gebekirse Gölü	628958	628958	1006332
Çatal Gölü	601075	601075	961720
Total		1377926	2204680

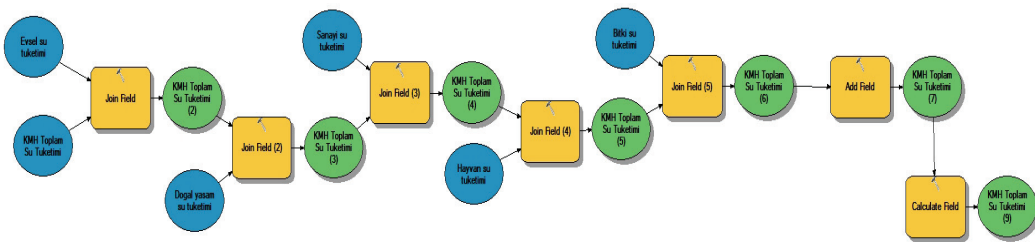


Şekil 5.11. Küçük Menderes Havzası su yüzeyleri

5-1-Modelin test edilmesi CBS kullanım ile

Havzadaki yaban hayatı, tarımsal arazi kullanım şekli, yol, yerleşim ve diğer arazi kullanım şekilleri, güncel uydu görüntüleri kullanılarak belirlenmiştir. Bu işlemler görüntü işleme ve coğrafi bilgi sistemi yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen altlık envanter bilgileri kullanılarak her sektör için su ihtiyacı eşik değerleri mekânsal olarak gösterilmesi sağlanmıştır. Bu amaçla her sektörün su eşik değerleri öznitelik bilgisi olarak veri tabanına bir veri olarak girilmiştir. İklim değişikliğine bağlı su kaynaklarının değişimi temel girdi (input) olarak kabul edilerek modele sektörlerin öncelikleri ve su gereksinimi eşik değerleri öğretilmiştir. Değişen havza su girdilerine göre, oransal olarak suyun dağıtımı gerçekleştirilerek havzaya yönelik haritalar üretilmiştir.

Oluşturulan modelde, havza nüfusunun, hayvancılık ve ekili-dikili olan ürün deseninin su tüketimi temel veriler olarak kullanılmıştır. Bitki su tüketimi hesapları bu modelde temel veri seti olarak kullanılmıştır. Sanayi sektörü ise, su tüketimine göre kendi içerisinde ayrıca gruplandırılmıştır.



Şekil 5.12. Model

5-2-Modelin test edilmesi

Türkiye'nin yüzölçümü 783562 km²'dir ve ülke bazında kabul edilen ortalama yağış 643 mm dir. Bu değerler dikkate alınarak tüm Türkiye'nin su kazancı yıllık olarak 501 km³ olduğu söylenebilir. Fakat yenilenebilir su miktarı ise sadece 234 km³'dir. Bu durumda, teknik olarak sadece 112 km³(98 km³ yerüstü, 14 km³ yeraltı) su kullanılabilir durumdadır. (TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik, 2011)

Araştırmada, önerilen modelin test edilmesi için farklı senaryolar planlanmıştır. Çalışmada, Havza toplam su bütçesini doğrudan ilgilendiren yıllık yağışın, iklim değişikliği senaryolarına göre azalacağı kabul edilmiştir. Bu nedenle, beş farklı yağış miktarı dikkate alınarak modelin paydaşlara su dağıtımını incelenmiştir. Buna göre yağışın yakın gelecek yıllarda ortalama 643mm/yıl olacağı kabul edilmiştir. Ancak uzun vadede yağışın azalacağı birçok iklim değişikliği senaryolarında sıklıkla belirtilmektedir. Bu öngörü dikkate alınarak, araştırmada gelecek 80 yıl boyunca azalan yağış miktarlarına göre paydaşlara verilen su miktarı hesaplanmıştır. .

Küçük Menderes Havzası'nda yağış ile kazanılan su miktarının belirlenebilmesi için yağış miktarı ve havza yüzölçümü esas alınmıştır. Havzanın yüzölçümü 702.931 ha dır. Su yüzeyleri çıkarıldığında ise yüzölçümü 668.858 ha olarak belirlenmiştir

Senaryo A:

Bu senaryoda, gelecek dönemlerde ortalama yıllık yağış 643 mm olarak kabul edilmiştir. Buna göre havza yüzölçümü dikkate alındığında 643 mm yağış ile havzaya ne kadar su sağlanacağı hesaplanabilmektedir. Model çerçevesinde sektörlerin en az su talepleri dikkate alınarak suyun yeterliği incelenmiştir. Yetersizlik durumunda paydaşların öncelikleri dikkate alınarak su dağıtımını önerilmektedir. Buna göre Senaryo A kapsamında 643 mm/yıl yağış ile sağlanan su miktarı ve talebin karşılanabilirliği aşağıdaki gibi elde edilmektedir .

$$(702931 \text{ ha} , 643 \text{ mm})= 4519846330 \text{ m}^3$$

Teknik olarak bu suyun sadece% 40 'ü kullanılabilir. Yani:

$$(4300758940 \text{ m}^3 , 0.4)= 1807938532 \text{ m}^3 = \text{Kullanılabilir Su Miktarı}$$

TOPLAM SU TÜKETİMİ(TST) = Minimum Toplam Evsel Su Tüketimi(MTES) + Minimum Toplam Hayvan Su Tüketimi(MTHST) + Bitki Su Tüketimi(BST) + Sanayi Su Tüketimi(SST) + Çevre İhtiyacı Su Tüketimi(ÇİST)

$$TST = MTES + MTHST + BST + SST + ÇİST$$

$$TST = 17832585 + 26311301 + 1163292381 + 2000000 + 2204680 = 1211640947 = \text{Kullanılabilir Su Miktarı}$$

$$\text{Kullanılabilir Su Miktarı} \geq \text{Toplam Su İhtiyacı}, 1807938532 \geq 1211640947$$

Sonuç olarak Küçük Menderes Havzası'nda su kaynağının 643 mm yağış aldığında sağlanan su miktarının ihtiyacından daha fazla olduğu görülmüştür. Bu nedenle su dağıtımında en az su gereksinimleri karşılanmış durumdadır.

Senaryo B: Bu senaryoda yıllık toplam yağışın 600 mm olacağı kabul edilmiştir.

$$(702931 \text{ ha}, 600\text{mm}) = 4217586000 \text{ m}^3$$

Teknik olarak bu suyun sadece% 40 'ü kullanılabilir. Yani:

$$(4217586000 \text{ m}^3, 0.4) = 1687034400 \text{ m}^3$$

$$TST = MTES + MTHST + BST + SST + ÇİST$$

$$TST = 17832585 + 26311301 + 1163292381 + 2000000 + 2204680 = 1211640947$$

$$\text{Kullanılabilir Su Miktarı} \geq \text{Toplam Su İhtiyacı}, 1687034400 \geq 1211640947$$

Sonuç olarak Küçük Menderes Havzası'nda su kaynağının 600 mm yağışla su ihtiyacından daha büyük olduğunu göstermektedir, bu nedenle sektörlere sağlanan su miktarında herhangi bir azaltmaya gerek duyulmamıştır.

Senaryo C: Bu senaryoda yıllık toplam yağışın 500 mm olacağı kabul edilmiştir.

$$(702931 \text{ ha}, 500\text{mm}) = 3514655000 \text{ m}^3$$

Teknik olarak bu suyun sadece % 40 'ü kullanılabilir. Yani:

$$(3514655000 \text{ m}^3, 0.40) = 1405862000 \text{ m}^3$$

$$\text{TST} = \text{MTES} + \text{MTHST} + \text{BST} + \text{SST} + \text{ÇİST}$$

$$\text{TST} = 17832585 + 26311301 + 1163292381 + 2000000 + 2204680 = 1211640947$$

$$\text{Kullanılabilir Su Miktarı} \geq \text{Toplam Su İhtiyacı}, 1405862000 \geq 1211640947$$

Sonuç olarak Küçük Menderes Havzası'nda su kaynağının 500 mm yağışla su ihtiyacından daha büyük olduğunu göstermektedir, bu nedenle sektörlere sağlanan su miktarında herhangi bir azaltmaya gerek duyulmamıştır.

Senaryo D: Bu senaryoda yıllık toplam yağışın 400 mm olacağı kabul edilmiştir.

$$(702931 \text{ ha}, 400\text{mm}) = 2811724000 \text{ m}^3$$

Teknik olarak bu suyun sadece % 40 'ü kullanılabilir. Yani:

$$(2811724000 \text{ m}^3, 0.40) = 1124689600 \text{ m}^3$$

$$\text{TST} = \text{MTES} + \text{MTHST} + \text{BST} + \text{SST} + \text{ÇİST}$$

$$\text{TST} = 17832585 + 26311301 + 1163292381 + 2000000 + 2204680 = 1211640947$$

$$\text{Kullanılabilir Su Miktarı} \leq \text{Toplam Su İhtiyacı}, 1124689600 \geq 1211640947$$

Bu senaryoya göre, Küçük Menderes Havzası'nda su kaynağının 400 mm/yıl olması durumunda yağışla sağlanan su miktarının paydaşların talebini karşılamadığı görülmektedir. Bu durumda öncelikler dikkate alınarak su dağıtımı yapılmalıdır.

6-SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada değişen iklim koşullarının getireceği kısıtlar dikkate alınarak dört temel su paydaşına su dağıtım optimizasyon modeli önerilmiştir. Bu amaçla Küçük Menderes havzası çalışma alanı seçilmiştir. Havzanın kapsadığı 8 adet ilçenin hayvancılık sektörü, bitkisel üretim, doğal yaşam alanları ihtiyaçları ile yerleşim alanlarındaki evsel ve sanayi su tüketimi temel talepler olarak dikkate alınmıştır. Havza su çizgisi dikkate alınarak yağış ile kazanılacak su miktarı ve bu miktarın teknik olarak kullanılabilecek miktarı hesaplanmıştır. Coğrafi bilgi sistemi ile ilçe detayında paydaş talepleri katman mantığına göre haritalanmıştır.

İklim değişikliği sonuçlarından birisi olan yağış azlığı ve buna bağlı olarak oluşan su bütçesi değişiklikleri çeşitli senaryolar ile farklı düzeylerde tutulmuş ve taleplerin karşılanabilirliği her düzeyde incelenmiştir. Senaryolara göre, havzanın giderek azalan miktarlarda; 643 mm/yıl, 600 mm/yıl, 500mm/yıl ve 400mm/yıl yağış alabileceği varsayılmıştır. İlçe su tüketimleri dikkate alındığında, 500mm suyun paydaş taleplerini en az düzeyde karşılayabildiği, 400 mm/yıl yağış alınması durumunda ise toplam taleplerin karşılanamadığı görülmüştür. Araştırmada sektörlerin su ihtiyacı eşik değerleri sektörler düzeyinde ayrı ayrı belirlenmiştir. Su kıtlığı durumunda eşik değerlerinin altında su verilmesi durumunda sektörlerin önceliklerinin bilinmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Önceki yıllarda yapılan çalışmalarda, içme sularını da içeren evsel su tüketimi öncelikli olarak görülmüştür. Bunu sırasıyla tarım, doğal yaşam alanları ve sanayi izlemiştir. Bu çalışmada öncelik sırası bu şekilde kabul edilmiştir. Özellikle 2070 yılından itibaren tüm sektörlerde eşik değerlerin altında su sağlanmasının söz konusu olacağı belirlenmiştir. Bu durumun yaşamsal risk taşıması nedeniyle, ilave su kaynakları, yağışın mümkün olduğunca depolanması, kullanılan suyun geri kazanılması vb. hazırlıkların günümüzde yapılmasını ve yaygınlaştırılmasını gerektirmektedir.

Sıcaklığın artması ve yağışların belirsizliği tarımsal alanlarda buharlaşmayı doğrudan etkilemekte, bu da sulama suyu ihtiyacını arttırmaktadır. Su paydaşları için sağlanan su miktarının havza bazında kısıtlanacağı yıllarda iklim değişikliğinin diğer etkilerinin hem toprak hem su kalitesine olabilecek olumsuz etkilerinin giderek artacağı belirlenmiştir. Başta toprak ve su tuzluğu önemli tarımsal üretim sorunu olarak öngörülebilir. Buna bağlı olarak azalan su miktarı ile birlikte sulama sistemlerinin optimizasyonu, bitki su tüketimlerinin dikkate alınacağı tarımsal ürün deseni planlaması, tuzluluk ve sıcak koşullara dirençli yeni

ürünlerin tarıma kazandırılması ve çok su tüketen sebze üretimi vb. bitki örtüsünün önemli ölçüde seralarda yapılması planlanmalıdır.

Küçük Menderes Havzası küresel iklim değişikliklerine en hassas bölgedir. İklim değişikliği, su arzındaki belirsizliği daha da şiddetlendirecek ve Küçük Menderes Havzası'nda yağış anormallikleri ve kuraklık gibi aşırı hidrolojik olayları artıracaktır. Yüksek sıcaklıklar, yağış rejiminde değişimlere neden olarak su döngüsünü ve hidrolojik olayların sıklığını ve yoğunluğunu arttırmıştır. Bu nedenle, çok su tüketen sanayiler yerine havzada daha az su tüketen ve kullandığı suyu arıtma kapasitesi yüksek olan sanayi tesislerine yer verilmesi gerekmektedir. Benzer şekilde evsel su tüketimini azaltacak önlemlerin alınması ve mutlaka suyun bu amaçla yeniden kullanımı sağlanmalıdır.

Günümüzde hissedilen iklim değişikliğinin ve artan sanayi talebinin neden olduğu su kaynaklarındaki azalma tarımsal üretimde önemli bir sınırlayıcı unsur haline gelmiştir. Son yıllarda, azalan su rezervine karşın artan talep arasındaki tezatlıklar sıklıkla görülmektedir. Başta sanayinin ve su talebinin artması, diğer paydaşları önemli ölçüde baskılamaktadır. Havza içerisindeki sanayi su talebinin artırılmaması gelecek planları içerisinde mutlaka yer almalıdır. Aksi takdirde sektörler arasındaki çatışmaların yaşanması kaçınılmaz olacaktır.

Bu arada, iklim, su temini ve tarımsal su talebindeki olası değişikliklere göre etkili uyum stratejileri önermek, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve bilimsel yönetimi, sürdürülebilir sosyo-ekonomik kalkınma ve su ve ekolojik çevrenin yeniden canlandırılması çok büyük öneme sahiptir.

Bu çalışma ile izleme yöntemi, sektörlerin su talep eşik değerlerinin belirlenmesi ve su dağıtım önerisi diğer havzalara da örnek teşkil edecek özelliktedir. Havza su paydaşlarının mekânsal olarak izlenmesi, su kullanım yoğunluğunun da mekânsal olarak belirlenmesini sağlayacaktır. Bunun yanında farklı su tutma kapasitesine sahip toprakların yerlerinin bilinmesi, su kullanım optimizasyonu için bilinmesi gereken temel bilgilerden birisidir. Çok su isteyen tarımsal ürün deseninin yüksek su tutma kapasitesine sahip topraklara yönlendirilmesi tarımsal su tasarrufu için oldukça önemlidir. Bu nedenle her paydaşın detay bilgileri CBS kullanılarak ve katman mantığına göre envanter edilmeli ve su dağıtımı ile ilgili karar vericilere destek sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- A. McBratney, D. J. Field, A. Koch. (2014). The dimensions of soil security, *Geoderma*, 213, pp. 203-213.
- Anonim 2016. İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi projesi. T.C. orman ve su işleri bakanlığı su yönetimi genel müdürlüğü)
- A.L. Heathwaite. (2010). Multiple stressors on water availability at global to catchment scales: understanding human impact on nutrient cycles to protect water quality and water availability in the long term. *Freshw. Biol.*, 55 , pp. 241-257.
- Aly, A. I. M, Froelich, K., Nada, A., Awad, M., Hamza, M. and Salem, W. M. (1993). Study of environmental isotope distribution in the Aswan High Dam Lake (Egypt) for estimation of evaporation of lake water and its recharge to adjacent groundwater. *Environmental Geochemistry and Health*, 15, 37-49.
- Andrews, S.S., Karlen, D.L., Mitchell, J.P., (2002). A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 90, 25–45.
- Asfaw, H. Suryabhadgavan , K.V. Argaw, M. (2016). Soil salinity modeling and mapping using remote sensing and GIS: The case of Wonji sugar cane irrigation farm, Ethiopia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2016.05.003>
- Assouline, S. and Mahrer, Y. (1993). Evaporation from Lake Kinneret: 1 Eddy correlation system measurements and energy budget estimates. *Water Resources Research* 29, 901-910.
- B. Mehdi, R. Ludwig, B. (2015). Lehner Evaluating the impacts of climate change and crop land use change on streamflow, nitrates and phosphorus: a modeling study in Bavaria *J. Hydrol.*, 4 (2015), pp. 60-90
- B. Teonıan meriç. (2004). Su Kaynakları Yönetimi ve Türkiye. *Water Resources Management and Turkey. Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 28 (1) 2004.
- Bangash , R. F. Passuello, A. Sanchez-Canales, M. Terrado, M. López, A. Elorza, F. J. Ziv, G. Acuña, V. Schuhmacher, M. (2013). Ecosystem services in Mediterranean river basin: Climate change impact on water provisioning and erosion control. *Science of the Total Environment*, 458–460, 246–255.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bangash , R. F. Passuello, A. Sanchez-Canales, M. Terrado, M. LópeZ, A. Elorza, F. J. Ziv, G. Acuña, V. Schuhmacher, M. (2013). Ecosystem services in Mediterranean river basin: Climate change impact on water provisioning and erosion control. *Science of the Total Environment*, 458–460, 246–255. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.025>.
- Başkan O. (2004). Gölbaşı yöresi topraklarının mühendislik, fiziksel özellik ilişkilerinde jeoistatistik uygulaması, Doktora tezi, A. Ü. Fen bilimler enstitüsü, Ankara.
- Blackie, J.R., & Eeles, C.W.O. (1985). Lumped catchment models. In M.G. Anderson & T.P Burt (Eds.), *Hydrological Forecasting* (pp. 311 - 345). Chichester: John Wiley & Sons.
- Brown, T.C., Foti, R., Ramirez, J.A., (2013). Projected freshwater withdrawals in the United States under a changing climate. *Water Resour. Res.* 49, 1259–1276.
- C. Berka, H. Schreier, K. Hall. Linking water quality with agricultural intensification in a rural watershed. *Water Air Soil Pollut.*, 127 (1) (2001), pp. 389-401.
- Calzadilla, A. Zhu, T. Rehdanz, T. a,c, Tol, R. J., Ringler, C. (2014). Climate change and agriculture: Impacts and adaptation options in South Africa. *Water Resources and Economics*, 5, 24-48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wre.2014.03.001>
- Carter, M.R., Gregorich, E.G., Anderson, D.W., Doran, J.W., Janzen, H.H., Pierce, F.J., (1997). Concepts of soil quality and their significance. In: Gregorich, E.G., Carter, M.R. (Eds.), *Developments in Soil Science*. Elsevier, pp. 1–19.
- Chena, S. Chenb, X. Xuc, J. (2016). Impacts of climate change on agriculture: Evidence from China. *Journal of Environmental Economics and Management*, 76, 105–124. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeem.2015.01.005>
- Choi, J. Kim, C. Choi, S. Park. (2013). Impacts of changes in climate and land use/land cover under IPCC RCP scenarios on streamflow in the Hoeya River Basin, Korea. *Sci. Total Environ.*, 452 (2013), pp. 181-195.
- Climate change 2014: synthesis report. Core Writing Team, R.K. Pachauri, L.A. Meyer (Eds.), *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, Geneva, Switzerland (151 pp).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- ÇAKMAK , B. (2002). Kızılırmak Havzası Sulama Birliklerinde Sulama Sistem Performansının Değerlendirilmesi Belgin. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 5(2) 2002 KSU J. Science and Engineering 5(2) 2002.
- Dasgupta, S. Hossain, M. M. Huq, M. Wheeler, D. (2014). Climate Change, Soil Salinity, and the Economics of High-Yield Rice Production in Coastal Bangladesh. Policy Research Working Paper, WPS7140. Retrieved from: <http://documents.worldbank.org/curated/en/131161468004833954/pdf/WPS7140.pdf>
- Davidson, D.A., (2000). Soil quality assessment: recent advances and controversies. Progress in Environmental Science 2, 342–350.
- De Paza, J. M. Viscontia,F. Molinab, M.J. Ingelmoa,F. Martinezb,F. Sanchezb,J. (2012). Prediction of the effects of climate change on the soil salinity of an irrigated area under Mediterranean conditions. 4 th international congres, S06.03-P -13.
- Dedrick, A.R., Bautista, E., Clyma, W., Levine, D.B. and Rish S.H. (2000). The Management Improvement Program (MIP), A Process for Improving The Performance of Irrigated Agriculture, Irrigation and Drainage Systems 14:5-39.
- Deepak Kumar. (2003). international conference on water resources, coastal and ocean engineering (ICWRCOE 2015) Remote Sensing based Vegetation Indices Analysis to Improve Water Resources Management in Urban Environment. Aquatic Procedia 4 (2015) 1374 – 1380
- Dehn, M., & Buma, J. (1998). Modelling future landslide activity based on general circulation models. Geomorphology, 30, 175-187.
- Dumont, B. Mayor, E. López-Gunn., (2013). Is the rebound effect or Jevons paradox a useful concept for better management of water resources? Insights from the irrigation modernisation process in Spain. Aquat. Procedia, 1, pp. 64-76.
- Doran, J.W., Parkin, T.B., (1994). Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicsek, D.F., B.A., S. (Eds.), Defining Soil Quality for a sustainable Environment. Soil Science Society of America, Madison, WI 53711, USA, pp. 3–21.
- DPI, Devlet Su İşleri, (2001). Genel Müdürlüğü. Retrived from: <http://www.dsi.gov.tr/yayınlarımız>.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- DPT, (2001). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Su Havzaları Kullanımı ve Yönetimi Özel İhtisas Komis. Rap., Ankara.
- E.V. Novotny, H.G. Stefan. (2007). Stream flow in Minnesota: Indicator of climate change. J. Hydrol., 334, pp. 319-333, 10.1016/j.jhydrol.2006.10.011.
- Economic And Social Commission For Western Asia, (2003). Sectoral Water Allocation Policies In Selected Escwa Member Countries. United Nations New York, 2003.
- ElKhoury, O. Seidou, D. Lapen, Z. Que, M. Mohammadian, M. Sunohara, D. Bahram (2015). Combined impacts of future climate and land use changes on discharge, nitrogen and phosphorus loads for a Canadian river basin J. Environ. Manag., 151. pp. 76-86
- AKKUZZU, E., Şerafettin AŞIK, H. Baki ÜNAL, B. Sıtkı KARATAŞ, Musa AVCI. (2003). Menemen Sol Sahil Sulama Sistemi Su Dağıtımında Yeterliliğin ve Değişkenliğin Belirlenmesi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2003, 40 (3):97-104. ISSN 1018-8851.
- Evsahibioğlu, N. AKÜZÜM, T. ÇAKMAK, B. (2010). su yönetimi, su kullanım stratejileri ve sınıraşan sular, türkiye ziraat mühendisliği vii. teknik kongresi.
- F. Li, Y.N. Chen, Z.S. Chen, (2012). The effect of climate change during snowmelt period on streamflow in the mountainous areas of Northwest China Acta Geograph. Sin., 67 (11) pp. 1461-1470 2012.
- FAO, F.a.A.O.o.t.U.N., ITPS, I.T.P.o.S., (2015). Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report.
- Froehlich, K. (2000). Evaluating the water balance of inland seas using isotopic tracers: the Caspian Sea experience. Hydrological processes, 14, 1371-1383.
- Gielen, D.J. & Yagita, H. (2002). The long term impact of GHG reduction policies on global trade: A case study for petrochemical industry. European Journal of Operational Research, 139, 665- 681.
- Government of South Australia, (2016, October 15). Water allocation plans. Retrieved from: <https://www.environment.sa.gov.au/managing-natural-resources/water-use/water-planning/water-allocation-plans>.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Granger R. J. and Hedstrom N. Hydrology and Earth System Sciences, (2011).
Modelling hourly rates of evaporation from small lakes.
- Güvensoy, o. (2006). kahramanmaraş sütçü imam üniversitesi fen bilimleri enstitüsü
tarımsal yapılar ve sulama anabilim dalı okan güvensoy yüksek lisans tezi
kahramanmaraş şubat-2006 bilgisayar ortamında sulama suyu dağıtım
planlaması. yüksek lisans tezi kahramanmaraş şubat-2006
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.025>.
- Havza koruma eylem planlarının hazırlanması projesi küçük menderes havzası
koruma eylem planı (hkep), (2013). Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma
Kurumu marmara araştırma merkezi çevre enstitüsü (TÜBİTAK-MAM).
- Hulme, M., Wigley, T.M.L., Barrow, E.M., Raper, S.C.B., Centella, A., Smith, S. &
Chipanshi, A. (2000). Using a climate scenario generator in vulnerability and
adaptation assessments: MAGICC and SCENGEN Workbook, Norwich:
Climatic Research Unit.
- Husam Al-Najar, H. Ashour, E. K. (2013). The impact of climate change and soil
salinity in irrigation water demand on the Gaza Strip. Journal of water and
climate change, Volume 4, Issue2.DOI: 10.2166/wcc.2013.142.
- Ikebuchi, S., Seki, M. and Ohtoh, A. (1988). Evaporation from Lake Biwa. Journal of
Hydrology, 427-449.
- Integrated assessment of the impact of climate and land use changes on groundwater
quantity and quality in the Mancha Oriental system (Spain) Hydrol. Earth Syst.
Sci., 19 (4) (2015), pp. 1677-1693
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). Contribution of Working
Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on
Climate Change;.
- IPCC. (2013). Summary for Policymakers. In: Stocker T F, Qin D, Plattner G K,
Tignor M, Allen S K, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley P M, eds.,
Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working
Group to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on
Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and
New York, NY, USA.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- IPCC. (2014). Summary for Policymakers. In: Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y, Farahani E, Kadner S, Seyboth K, Adler A, Baum I, Brunner S, Eickemeier P, Kriemann B, Savolainen J, Schlömer S, von Stechow C, Zwickel T, Minx J C, eds., Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Istanbulluoğlu A. F. Konukcu İ. Kocaman (2006). Trakya Bölgesi Su Kaynaklarının Geliştirilmesi ve Sulu Tarım Uygulamaları: Mevcut Verilerin Sorunların Çözümü İçin Analizi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi İstanbulluoğlu ve diğ., 3(2) Journal of Tekirdag Agricultural Faculty 139.
- İçmesuyu Tesisleri Etüt, (2016). Fizibilite Ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname.
- J. Tu. Combined impact of climate and land use changes on streamflow and water quality in eastern Massachusetts, USA J. Hydrol., 379 (3) (2009), pp. 268-283.
- J. E. Herrick, Soil quality: an indicator of sustainable land management? Appl. Soil Ecol., 15 (2000), pp. 75-83.
- J.W. Doran (2002). Soil health and global sustainability: translating science into practice Agric. Ecosyst. Environ., 88, pp. 119-127.
- Kulinkina, AV. Kosinski, KC. Liss, A. Adjei, MN, Ayamgah, GA. Webb, P. Gute, DM. Plummer, JD. Naumova, EN. (2016). Piped water consumption in Ghana: A case study of temporal and spatial patterns of clean water demand relative to alternative water sources in rural small towns. DOI:10.1016/j.scitotenv.2016.03.148.
- Küçük Menderes Havzası, (2016). Sürdürülebilir kalkınma ve yaşam stratejisi mevcut durum analizi raporu. 1. ara rapor.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind D.W. (2005). Geographical systems and science (2nd ed.). Chichester: John Wiley & Sons.
- M. Murray-Hudson, et al. (2006). Scenarios of the impact of local and upstream changes in climate and water use on hydro- ecology in the Okavango Delta, Botswana J. Hydrol., 331, pp. 73-84.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- M. Pulido-Velazquez, S. Peña-Haro, A. García-Prats, A. Mocholí-Almudever, L. Henriquez-Dole, H. Macian-Sorribes, A. Lopez-Nicolas.
- Martin, Y., & Bertazzon, S. (2010). Modeling, In Gomez, B. & Jones, J.P III. (Eds.), Modeling, research methods in geography: A Critical Introduction. (pp. 354-375). Wiley-Blackwell.
- Meinzen-Dick, R., and Bakker, M., (1999). 'Complementarities, competition and conflicts' in M. Bakker, R. Barker, R. Meinzen-Dick and F. Konradsen (eds), Multiple Uses of Water in Irrigated Areas: A Case Study from Sri Lanka, SWIM Paper 8, International Food Policy Research Institute/International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- Nasa. (2016, October 9). What Are Climate and Climate Change? Retrieved from <http://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-is-climate-change-58.html>.
- P. Hunter, (2003). Climate change and waterborne and vector-borne diseases. J. Appl. Microbiol., 94, pp. 37S-46S.
- Pedro-Monzónisa, M. Soleraa, A. Ferrerb, J. Andreua, J. Estrelab T.(2016). Water accounting for stressed river basins based on water resources management models . Science of The Total Environment, 565, 181–190. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.161>
- Rehana, S., Mujumdar, P.P., (2013). Regional impacts of climate change on irrigation water demands. Hydrol. Process. 27 (20), 2918–2933. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.9379>.
- Rhodri P. T., (2010, October 25–29). Proceedings of the Global Forum on Salinization and Climate Change (GFSCC2010) Valencia: Executive summary, Valencia, Italy.
- Shrestha, S. M. Shrestha, M.S. Babel., (2016). Modelling the potential impacts of climate change on hydrology and water resources in the Indrawati River Basin, Nepal Environ. Earth Sci., 75 (4), pp. 1-13
- Olmstead., S.M. (2010). The economics of managing scarce water resources Rev. Environ. Econ. Policy, 4, pp. 179-198.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Smith, B., Prentice, I.C., & Sykes, M.T. (2001). Representation of vegetation dynamics in the modelling of terrestrial ecosystems: Comparing two contrasting approaches within European climate space. *Global Ecology and Biogeography*, 10, 621-637.
- Speed, R. Li Yuanyuan, Tom Le Quesne, Guy Pegram and Zhou Zhiwei. (2013). *Basin Water Allocation Planning Principles, Procedures and Approaches for Basin Allocation Planning*
- Stolte, J., Tesfai, M., Oygarden, L., Kvaerno, S., Keizer, J., Verheijen, F., Panagos, P., Ballabio, C., Hessel, R., eds., (2016). *Soil threats in Europe*, EUR 27607 EN.
- Daniel, T. A. Sharpley, J. Lemunyon. (1998). Agricultural phosphorus and eutrophication: a symposium overview. *J. Environ. Qual.*, 27 (2), pp. 251-257.
- Tao, T. Xin, K. (2014). Public health: A sustainable plan for China's drinking water, *Nature. Arshive*, Volume 511, Issue 7511, Comment, Article.
- Tekinel, O., R. Kanber ve M. Çetin, 2000. Su Kaynaklarının Geliştirme ve Kullanımı. *Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi*, 231- 257, Ankara.
- Türkiye'nin su ayak izi raporu (2014). su, üretim ve uluslararası ticaret ilişkisi Türkiye'nin
- Tóth, G., Montanarella, L., Ezio, R., (Eds.), (2008). *Threats to Soil Quality in Europe*. JRC Scientific and Technical Reports. EUR 23438 EN. European Commission, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, p. 162.
- TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik,. (2011). TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı. *Ulusal Su Ar-Ge ve Yenilik Stratejisi*. Ankara, Aralık 2011.
- Türkeş, M., (2003). Spatial and temporal variations in precipitation and aridity index series of Turkey. In: Hans-Jürgen Bolle, (ed.): *Mediterranean Climate – Variability and Trends, Regional Climate Studies*. Springer Verlag, Heidelberg, pp. 181-213.
- Türkiye Yıllık Toplam Yağış Verisi (1970-2015). retrived from: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/turkiye-yagis-2.pd>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Türkiye'nin su ayak izi raporu.ç (2014). su, üretim ve uluslararası ticaret ilişkisi Türkiye'nin
- U.S. Drought Portal. Palmer Drought Severity Index. (accessed on March 2015.).
- Vallet-Coulomb, C., Legesse, D., Gasse, F., Travi, Y. and Chernet, T., (2001). Lake evaporation estimates in tropical Africa (Lake Ziway, Ethiopia). *Journal of Hydrology*, 245, 1-18.
- Y. Cuo, Y. Zhang, Z. Gao, L. Cairang Hao, (2013). The impacts of climate change and land cover/use transition on the hydrology in the upper Yellow River basin, China, *J. Hydrol.*, 502 (2013). pp. 37-52, 10.1016/j.jhydrol.2013.08.003
- Wang, G.Q. et al., (2012). Assessing water resources in China using PRECIS projections and a VIC model. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 16 (1), 231–240. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-16-231-2012>.