



**BURDUR ALT HAVZASI ENTEGRE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİNİN
BELİRLENMESİNDE WEAP (WATER EVALUATION AND PLANNING
SYSTEM) MODELİNİN KULLANILMASI**

Cihangir ARSLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAYIS 2019

Cihangir ARSLAN tarafından hazırlanan “BURDUR ALT HAVZASI ENTEGRE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİNİN BELİRLENMESİNDE WEAP (WATER EVALUATION AND PLANNING SYSTEM) MODELİNİN KULLANILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Zeliha SELEK

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Başkan: Doç. Dr. Yakup DARAMA

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Atılım Üniversitesi

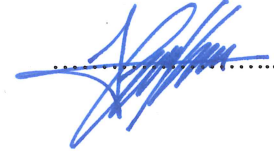
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Önder KOÇYİĞİT

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Tez Savunma Tarihi: 10/05/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Cihangir ARSLAN

10/05/2019

BURDUR ALT HAVZASI ENTEGRE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİNİN
BELİRLENMESİNDE WEAP (WATER EVALUATION AND PLANNING SYSTEM)

MODELİNİN KULLANILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Cihangir ARSLAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2019

ÖZET

Su kaynaklarının günden güne azalması ve su kıtlığı yaşayan ülkelerin artması sebebiyle suyla ilgili problemler küresel boyuta ulaşmıştır. Herhangi bir su kaynağına yapılan müdahale diğer havza elemanlarını doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Çevrenin tüm doğal kaynaklarıyla bir bütün oluşturması "Entegre Su Kaynakları Yönetimi" yaklaşımının gelişmesine neden olmuştur. Bu sebeple su kaynakları planlanıp yönetilirken, suyun sadece miktarı değil, kalitesi, toprak ve havayla ilişkileri, tüm fiziksel faktörler bir arada dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada, Burdur Gölü Havzası entegre su kaynaklarının yönetimi için WEAP (Water Evaluation and Planning System) programından yararlanılmıştır. Burdur Gölü Havzasında yer alan su kaynakları ile talep bölgeleri (içme suyu, sulama vb.) programa tanıtılmış ve WEAP modeli oluşturulmuştur. Akabinde havzadaki su kullanımları ile akım gözlem istasyonlarından elde edilen yağış, akış, buharlaşma vb. gibi hidrolojik veriler kullanılarak programda mevcut durumun su bilançosu hesaplanmıştır. Oluşturulan model ile geleceğe yönelik (2017-2050) su ihtiyacının belirlenmesi için iyimser ve kötümser senaryolar türetilmiştir. Yapılan hesaplamalara göre yüzeysel ve yeraltı suları dâhil Burdur Gölü havzasına giren su miktarı mevcut durumda $275,7 \text{ hm}^3$, karşılanamayan su talebi 21 hm^3 'tür. İyimser senaryoda 2050 yılında havzaya giren su miktarı $353,5 \text{ hm}^3$, karşılanamayan su talebi $8,9 \text{ hm}^3$ iken kötümser senaryoda havzaya giren su miktarı $189,4 \text{ hm}^3$, karşılanamayan su talebi 85 hm^3 olarak bulunmuştur. Mevcut sistemlerdeki kayıp kaçakların fazla olması, suyun bilinçsiz tüketilmesi, belgeli belgesiz sondaj miktarının fazla olması gibi nedenlerden dolayı havzada su açığı bulunmaktadır. Su açığını kapatmak için kamuoyunda su farkındalığının artırılması, belgesiz kuyuların kontrol altına alınması, sistemlerdeki kayıp kaçak miktarlarının en aza indirilmesi gerekmektedir.

Bilim Kodu : 91122

Anahtar Kelimeler : Havza Planlaması ve Yönetimi, Burdur Gölü Havzası, WEAP Modeli, Entegre Su Kaynakları Yönetimi, Su Talebi

Sayfa Adedi : 82

Danışman : Doç. Dr. Zeliha SELEK

USAGE OF WEAP (WATER EVALUATION AND PLANNING SYSTEM) MODEL IN
THE DETERMINATION OF INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT
FOR BURDUR SUB-BASIN

(M. Sc. Thesis)

Cihangir ARSLAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

May 2019

ABSTRACT

As water resources decrease day by day and increase of countries facing with water scarcity, water related problems have reached a global dimension. The intervention in any water source affects other basin elements directly or indirectly. The creation of a whole with the natural resources of the environment has led to the development of the "Integrated Water Resources Management" approach. Therefore, while water resources are planned and managed, not only the quantity of water, but also the quality, the relations with the soil and air, all physical factors should be considered together. In this study, WEAP (Water Evaluation and Planning System) program has been used for integrated water resources management of the Burdur Lake Basin. Water resources and demand areas (potable water, irrigation etc.) in the Burdur Lake Basin have been introduced to the program and WEAP model has been created. Then the water balance sheet of the current situation has been calculated by using the hydrological data obtained from the stream gauge stations such as precipitation, inflow, evaporation etc. With created model, optimistic and pessimistic scenarios are derived for determining the future (2017-2050) water need. According to the calculations, the amount of water entering the Burdur Lake Basin including the surface water and ground water is currently 275,7 hm³ and the water demand is 21 hm³. In the optimistic scenario, it was found that the amount of water entering the basin in the year 2050 is 353,5 hm³ and the deficit in water demand is 8,9 hm³ while in pessimistic scenario, the amount of water entering the basin is 189,4 hm³ and deficit in water demand is 85 hm³. There is a water deficit in the basin due to the high quantity of leakages in existing systems, unconscious consumption of water and high amount of undocumented drilling. In order to decrease this water deficit, raise public awareness for water, undocumented wells should be taken under control, and leakage amounts in systems should be minimized.

Science Code : 91122

Key Words : Basin Planning and Management, Burdur Lake Basin, The WEAP Model, Integrated Water Resources Management, Water Demand

Page Number : 82

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Zeliha SELEK

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin belirlenmesi ve tamamlanması aşamalarında, öncelikle ilgi ve desteklerini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Zeliha SELEK'e teşekkür etmeyi bir borç bilirim. Ayrıca, tecrübelerinden faydalandığım İnşaat Mühendisliği Bölümü'ndeki kıymetli tüm hocalarıma, tez hazırlık sürecinde yardım ve katkılarını esirgemeyen kıymetli eşim Sayın Gözde ARSLAN'a ve tüm aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. TÜRKİYE'NİN HİDROLOJİK SU HAVZALARI VE ENTEGRE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ	7
2.1. Türkiye'nin Hidrolojik Su Havzaları	7
2.1.1. Türkiye'nin Hidrolojik Su Havzaları Konusunda Yapılan Çalışmalar	11
2.2. Entegre Su Kaynakları Yönetimi	14
2.2.1. Dünyada Entegre Su Kaynakları Yönetiminin Gelişimi	17
2.2.2. Entegre Su Kaynakları Yönetimi Üzerine Yapılan Çalışmalar	21
3. ÇALIŞMA ALANI	25
3.1. Doğal Coğrafya	27
3.1.1. Dağlar	27
3.1.2. Ovalar	27
3.1.3. Platolar	28
3.1.4. Göller.....	28

	Sayfa
3.2. İklim Özellikleri	29
3.3. Sosyal Durum	30
3.4. Tarım	31
3.5. Sanayi	32
3.6. Ticaret.....	33
3.7. Turizm	34
3.7.1. Göl turizmi	34
3.7.2. Mağara turizmi	35
3.7.3. Dağ turizmi.....	35
4. METODOLOJİ	37
4.1. WEAP (WATER EVALUATION AND PLANNING SYSTEM) Modeli	37
4.1.1. Şematik Görünüm Sekmesi.....	39
4.1.2. Veri Girişi Sekmesi	39
4.1.3. Sonuçlar Sekmesi	40
4.1.4. Senaryo Gezgini / Araştırmacı Sekmesi.....	41
4.1.5. Notlar Sekmesi	42
4.2. WEAP Modelinin Oluşturulması	42
4.2.1. Talep Bölgeleri.....	42
4.2.2. Kaynaklar	43
4.2.3. Depolama Tesisleri.....	43
4.3. WEAP Modeline Ait Verilerin İşlenmesi	44
4.4. Senaryolar	54
4.4.1. Senaryo 1: Mevcut Durum	54
4.4.2. Senaryo 2: İyimser Senaryo	54

	Sayfa
4.4.3. Senaryo 3: Kötümser Senaryo.....	56
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	59
5.1. Sulama İçin Gerekli Su Miktarları	59
5.1.1. Karamanlı sulaması.....	59
5.1.2. Bademli sulaması	61
5.1.3. Karataş sulaması.....	62
5.1.4. Karaçal sulaması	63
5.2. İçme Suyu İçin Gerekli Su Miktarları	64
5.2.1. Burdur ili içme suyu.....	64
5.2.2. Kemer ilçesi içme suyu.....	65
5.2.3. Keçiborlu ilçesi içme suyu	66
5.2.4. Karamanlı ilçesi içme suyu	67
5.2.5. Tefenni ilçesi içme suyu	68
5.3. Organize Sanayi Bölgeleri İçin Gerekli Su Miktarları.....	69
5.3.1. Burdur organize sanayi bölgesi	69
5.3.2. Isparta Süleyman Demirel organize sanayi bölgesi	70
5.4. Burdur Gölü Alt Havzası Toplam Su İhtiyacı	71
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	75
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	81

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Falkenmark göstergesi sınıfları.....	4
Çizelge 2.1. Türkiye havza numaraları ve su potansiyelleri	8
Çizelge 2.2. Farklı ülkelerdeki sektörel su kullanım miktarları.....	10
Çizelge 2.3. Entegre su kaynakları yönetiminin aşamaları	17
Çizelge 3.1. Afyonkarahisar, Burdur, Denizli ve Isparta illerinde uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1950 - 2014)	30
Çizelge 3.2. Havzadaki yerleşim yerlerinin nüfus durumu	31

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Dünya'daki suların oranı.....	2
Şekil 1.2. Hidrolojik çevrim.....	3
Şekil 2.1. Türkiye'nin yıllık toplam alansal yağışı	9
Şekil 2.2. Dünya ve Türkiye'de su kullanımının sektörlere göre dağılımı.....	10
Şekil 4.1. Burdur gölü alt havzası WEAP modeli	44

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. WEAP programının sekme tanımlaması	38
Resim 4.2. WEAP programının şematik görünüm sekmesi.....	39
Resim 4.3. WEAP programının data sekmesi.....	40
Resim 4.4. WEAP programının sonuçlar sekmesi.....	41
Resim 4.5. WEAP programının senaryo gezgini / araştırmacı sekmesi.....	41
Resim 4.6. WEAP programının notlar sekmesi.....	42
Resim 4.7. Burdur gölü havzası talep bölgeleri WEAP veri girişi.....	45
Resim 4.8. Burdur gölü havzası talep bölgelerinin su kullanım miktarları	46
Resim 4.9. Burdur gölü havzası talep bölgeleri kayıpları veri girişi	47
Resim 4.10. Bozçay deresi üzerinde yer alan Karaçal Barajına ait bazı veriler	48
Resim 4.11. Değirmen dere üzerinde yer alan Karamanlı Barajına ait bazı veriler	49
Resim 4.12. Bademli deresi üzerinde yer alan Bademli Barajı ve Karataş Depolamasına ait bazı veriler	50
Resim 4.13. Burdur gölü havzası içerisinde yer alan akiferlere ait bazı veriler	51
Resim 4.14. Burdur gölü havzası yerüstü suyu kaynaklarına ait bazı veriler.....	52
Resim 4.15. Burdur gölü havzası WEAP modeli iletim bağlantıları	53
Resim 4.16. Burdur gölü havzası WEAP modeli dönen akışlar	53
Resim 4.17. WEAP modeli senaryo 2 (iyimser senaryo) yapılan kabuller.....	55
Resim 4.18. WEAP modeli senaryo 3 (kötümser senaryo) yapılan kabuller.....	57
Resim 5.1. Karamanlı sulamasının farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri.....	60
Resim 5.2. Bademli sulamasının farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri	61
Resim 5.3. Karataş sulamasının farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri	62

Resim	Sayfa
Resim 5.4. Karaçal sulamasının farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri	63
Resim 5.5. Burdur ili içme suyunun farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri	64
Resim 5.6. Kemer ilçesi içme suyunun farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri.....	65
Resim 5.7. Keçiborlu ilçesi içme suyunun farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri.....	66
Resim 5.8. Karamanlı ilçesi içme suyunun farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri.....	67
Resim 5.9. Tefenni ilçesi içme suyunun farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri.....	68
Resim 5.10. Burdur organize sanayi bölgesi içme ve kullanma suyunun farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri.....	69
Resim 5.11. Isparta Süleyman Demirel organize sanayi bölgesi içme ve kullanma suyunun farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri	70
Resim 5.12. Burdur gölü havzasının farklı senaryolara göre toplam su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri	71
Resim 5.13. Burdur gölü havzasının toplam akış, toplam rezervuar hacmi ve karşılanamayan talep eğrileri	72
Resim 5.14. Burdur gölü 1984 ve 2016 yılları uydu görüntüleri.....	73
Resim 5.15. Burdur gölünün farklı senaryolara göre 2017 - 2050 yılı rezervuar hacmi eğrileri	73

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 2.1. Türkiye'nin 25 nehir havzası.....	8
Harita 2.2. Türkiye'de yıllık ortalama yağışın alansal dağılımı	9
Harita 3.1. Burdur havzası ve Burdur gölü alt havzasının Türkiye'deki konumu	25
Harita 3.2. Burdur göller havzası'nın alt havzaları.....	26
Harita 3.3. Burdur göller havzası yükselti haritası.....	26

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

ha	Hektar
hm³	Hektometreküp
km	Kilometre
km²	Kilometrekare
m	Metre
m²	Metrekare
m³	Metreküp
mm	Milimetre

Kısaltmalar

Açıklamalar

AB	Avrupa Birliği
ANFIS	Adaptif Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi
BM	Birleşmiş Milletler
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EİE	Elektrik İşleri Etüd İdaresi
EMINWA	Çevre Bakımından Güvenli İçsuların Yönetimi
ESKY	Entegre Su Kaynakları Yönetimi
EWD	Avrupa Su Çerçeve Direktifi
EWD	Avrupa Su Çerçeve Direktifi
GAP	Güneydoğu Anadolu Projesi
GEF	Küresel Çevre Hizmetleri
GWP	Küresel Su Ortaklığı
MGM	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
NASA	Amerikan Uzay ve Havacılık Dairesi

Kısaltmalar**Açıklamalar****OSB**

Organize Sanayi Bölgesi

RAM

Random Access Memory

SEI

Stockholm Çevre Enstitüsü

SYM

Sayısal Yükseklik Modeli

TÜİK

Devlet İstatistik Enstitüsü

UNCED

Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı

UNEP

Birleşmiş Milletler Çevre Programı

USGS

Amerikan Jeoloji Araştırmaları Kurumu

WCED

Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu

WEAP

Su Kaynakları Değerlendirme ve Planlama Sistemi

WWC

Dünya Su Konseyi

YAS

Yeraltı Suyu

YÜS

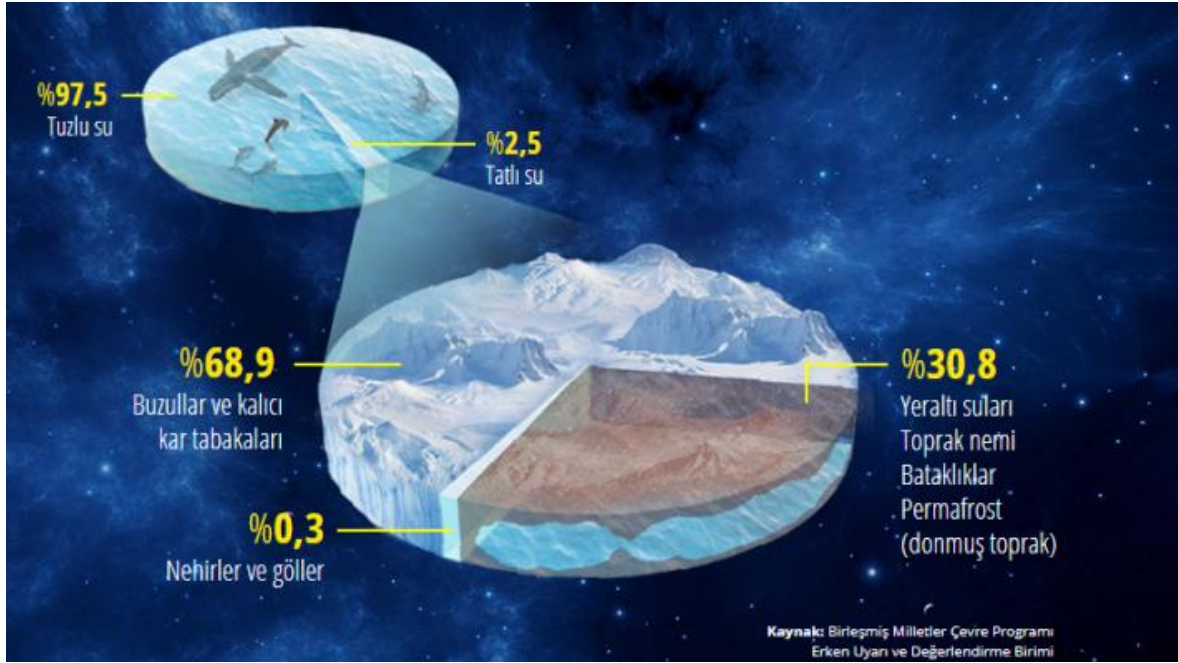
Yerüstü Suyu

1. GİRİŞ

Tüm canlı yaşamın devamı için vazgeçilmez, alternatifsiz bir kaynak olan su, geçmişten günümüze kadar canlıların yaşamını etkilemiştir. Tarih sahnesinde yer alan medeniyetler merkezlerini olabildiğince suya yakın kurmaya çalışmışlar ve bu alanlarda kendilerini geliştirmeye çalışmışlardır. Suya hizmet etmek ve suyu verimli bir şekilde kullanmak için çeşitli hesaplamalar yapmışlar, yaşadıkları zamanın izin verdiği ölçüde teknolojiden faydalanmışlar ve bu kapsamda su yapıları inşa ederek suyu verimli bir şekilde kullanmaya çalışmışlardır.

İçerisinde okyanuslar, denizler, nehirler, göller gibi bir sürü su yapısı barındıran dünya yüzeyinin, yaklaşık yüzde 75'inin sularla kaplı olduğu bilinen bir gerçektir. Fakat bilinmesi gereken en önemli gerçeklerden birisi de günümüzde evimizin banyosunda veya mutfağında yer alan musluğa gidip kolay bir şekilde kullanabildiğimiz ve tükenebileceği gerçeğini hiç bir zaman düşünmediğimiz kullanılabilir suyun oldukça az olduğu ve hayatın kaynağı olan kıymetli suyumuzun çok dikkatli ve verimli bir şekilde kullanılması gerektiğidir.

Dünyada 1,4 milyar km³ civarında su vardır ki bu, dünya yüzeyinin yaklaşık 4'te 3'üne tekabül etmektedir. Dünyadaki suların %97,5'i tuzlu su iken geri kalan %2,5'lik kısım tatlı sudan oluşmaktadır. Bu tatlı suyun %68,9'unu buzullar ve kalıcı kar tabakaları, %30,8'ini yeraltı suları, toprak nemi, bataklık ve permafrost (donmuş toprak) geri kalan %0,3'lük kısmını ise nehirler ve göller oluşturmaktadır. Şekil 1.1'den de görüleceği üzere dünyamız mutlak su kıtlığı çekmektedir. Bu sebeple suyun verimli kullanılması çok büyük önem arz etmektedir [1].



Şekil 1.1. Dünya'daki suların oranı [2]

Su hakkında bilinmesi gereken önemli hususlardan biriside dünyadaki su miktarının sabit olduğu ve dışardan herhangi bir yardım ile atmosfer dışına çıkarılmadıkça su miktarında bir değişim olmadığıdır. Sadece tatlı su ve deniz suyu oranlarında değişim gerçekleşmektedir [2]. Yani su dünyada bir döngü içerisinde. Su öncelikle çeşitli faktörler sebebiyle sıvı durumdan gaz durumuna geçerek atmosfere ulaşır. Sonrasında atmosferdeki su yoğunlaşır ve yeryüzüne geri döner. Bu döngüye “hidrolojik çevrim” adı verilir (Bkz. Şekil 1.2).

Hidrolojik çevrim incelenecek olursa, mevcut halde atmosferde buhar şeklinde bulunan su yoğunlaşır ve yeryüzüne yağış olarak düşer. Karaya düşen suyun yaklaşık % 60- 75'i zeminden, bitkilerin yaptığı terleme ve buharlaşma ile denizlere ulaşmadan atmosfere geri dönmektedir. Söz konusu suyun belirli bir kısmı da sızma şeklinde yerin altına geçmektedir. Geriye kalan su yüzeysel akış ile akarsulara sonrasında denizlere iletilir. Yeraltında bulunan su ise yer altı suyu akışı yaparak ve bir süre sonra yüzeysel akışa karışmaktadır. Denizlere ve okyanuslara gelen su da buharlaşır ve atmosfere geri döner. Yukarıda yer alan su döngüsü canlılığın devamı için oldukça önem arz etmektedir.



Şekil 1.2. Hidrolojik çevrim [4]

Su kaynaklarının sabit kalmasına rağmen nüfusun hızla artması yani suya olan talebin artması sebebiyle su ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. NASA'nın (Amerikan Uzay ve Havacılık Dairesi) yaptığı araştırmaya göre, tatlı su kaynaklarının tüketilmesi, su kaynaklarının yeniden oluşma sürecine göre oldukça hızlı olmaktadır. Günümüzde 1,4 milyar insan içme suyundan yeterli miktarda faydalanamamakta olup 2,3 milyar insan temiz suya ulaşamamaktadır. Ayrıca 2050 yılında toplam nüfusu yaklaşık 3,76 milyar olan 54 ülke su konusunda sıkıntıya düşecektir. Sonuç olarak günümüzde dünya nüfusunun %20 si su konusunda sıkıntı çekerken bu miktar 2050 yılında %40'a kadar artacaktır [5].

1989 yılında İsveçli su uzmanı Malin Falkenmark, su stresini ölçmek için en yaygın kullanılan göstergelerden biri olan Falkenmark Göstergesi'ni geliştirmiştir. Falkenmark Göstergesi, bir ülke/bölgedeki kişi başına yıllık su kullanılabilirliğinin ölçümüne dayanmaktadır. Belirli bir ülke/bölge için Falkenmark Göstergesi, ilgili ülke/bölgenin mevcut su kaynaklarının, ilgili ülkede/bölgede yaşayan insan sayısına oranıyla hesaplanmaktadır. Falkenmark'a göre $1700 \text{ m}^3/\text{kişi/yıl}$ miktarından daha fazla su mevcudiyeti, su azlığının yalnızca düzensiz veya yerel olarak gerçekleştiği eşik olarak tanımlanmaktadır. Göstergenin bu miktarın altında olması durumunda, su kıtlığı farklı şiddet derecelerinde sınıflandırılmaktadır. $1700 \text{ m}^3/\text{kişi/yıl}$ 'dan daha az su mevcudiyetinde

su stresi düzenli olarak ortaya çıkmakla beraber 1000 m³/kişi/yıl değerinin altı, su kıtlığının ekonomik kalkınma, insan sağlığı ve refahı için bir limiti olarak önümüze çıkmaktadır. 500 m³/kişi/yıl'dan daha az bir su mevcudiyeti ise yaşam için temel bir kısıtlamadır [6]. Söz konusu gösterge Çizelge 1.1'de yer almaktadır.

Çizelge 1.1. Falkenmark göstergesi sınıfları [6]

Falkenmark Göstergesi (m ³ /kişi/yıl)	Sınıf
>1700	Stressiz
1000 - 1700	Su Stresi
500 - 1000	Kıtlık
<500	Kesin Kıtlık

Türkiye'deki su kaynakları incelenecek olursa Türkiye, kullanılabilir su kaynağı bakımından su kıtlığı çeken bir ülke sayılmasa da su stresi yaşamayan bir ülke olarak da nitelenemez. Türkiye'ye yılda ortalama 574 mm yağış düşmekte olup bu miktar yaklaşık 450 km³ su anlamına gelmektedir [7]. Türkiye'de her geçen yıl tüketilen su miktarında artış olmaktadır. 1990-2000 yılları arasında tüketilen su miktarında %40,5 artış meydana gelmiştir. Tüketilen su miktarlarındaki artış su kaynakları üzerindeki baskıyı arttırmaktadır. Türkiye'deki havzaların nüfus ve yağış potansiyellerinin farklı olmasından dolayı bu baskı da havzalar içerisinde farklı yoğunluklarda hissedilmektedir [8].

Türkiye topoğrafik yapısı gereği 25 hidrolojik su havzasına ayrılmıştır. 25 havzanın toplam ortalama akış miktarları yılda 180,8 milyar m³'tür. Havzaların her birinde yağış miktarları farklı olduğundan söz konusu havzaların su potansiyelleri ve verimleri de farklılık göstermektedir. Türkiye genelindeki akarsuların rejimleri genellikle düzensiz ve vahşi akış şeklindedir. Bunun sebebi ülkemiz arazilerinin eğimlerinin fazla olması ve jeolojik yaş olarak genç olmasıdır. Akarsuların düzensiz ve vahşi akış şeklinde olmasından dolayı söz konusu su kaynaklarına düzenlemeler ve önlemler alınmadan doğrudan suyun kullanılması mümkün olmamaktadır. Ülkemizdeki su potansiyeli fazla gibi gözükse de havzaların su miktarlarındaki değişkenlikler ve yağış zamanlarının farklı olması sebebiyle çoğu zaman ihtiyaç karşılanamamaktadır [9].

Suyun oldukça değerli olduğu ÷lkemizde ve dñnyada suyun verimli bir şekilde kullanılması ne kadar önem arz ediyorsa suyun kontrol altında tutularak yönetilmesi de o kadar önem arz etmektedir. Suyun azalması durumunda canlı yaşamının tehlikeye girmesi kadar suyun fazla olmasında da canlıların hayatı tehlike altına girmektedir. Sel, taşkın, tsunami gibi doğal afetler neticesinde yurdumuzda ve dünya çapında tehlikeli durumlar meydana gelmekte hatta bu afetlerin ciddi sonuçları meydana gelebilmektedir [10].

Sonuç olarak suyun kontrol edilmesi ve yönetilmesi mikro ve makro ölçekte oldukça önem arz etmektedir. Suyu verimli bir şekilde kullanmak yani suyun zararlarından korunmak ve sudan en iyi şekilde yararlanmak için iyi bir su politikası oluşturulmalı bu politika çerçevesinde iyi bir planlama yapılması ve bu planlamaların uygulamaya konulması gerekmektedir.

Su kaynaklarının planlanması ve yönetilmesi sanıldığından çok daha zor ve karmaşık iş ve işlemler gerektirmektedir [11]. Suyun etkin bir biçimde kullanılabilmesi için su, çevre faktörleriyle beraber bir bütün olarak değerlendirilmelidir. Herhangi bir su kaynağına yapılan müdahale diğer havza elemanlarını doğrudan veya dolaylı olarak etkilemesi sebebiyle su kaynakları yönetiminin de çevre ile bütünleşik olarak değerlendirilmesi zaruri hale gelmiştir [12].

Havzada yer alan su kaynaklarının tek başına incelenmesi yeterli olmadığından bu elemanların havza içerisindeki değişkenliklerinin de dikkate alınması zorunlu olmaktadır. Su kaynaklarının planlanması ve yönetiminde tüm havzaların bir bütün olarak değerlendirilmesi gerektiği ve "Entegre Su Kaynakları Yönetimi"nin kullanılmasının zorunlu olduğu görüşü tüm uzmanlar tarafından paylaşılmıştır [8]. Geliştirilmesi düşünülen su kaynakları havza temelli bütüncül bir yaklaşım ile planlanmalı, projelenebilir ve işletilmelidir [13]. Günümüzde dünyanın gelişmiş ÷lkelerinde entegre havza yönetim planları oluşturulmakta ve havzaların sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi sağlanmaktadır [14].

Entegre Su Kaynakları Yönetimi farklı senaryolara göre çeşitli öngörüler geliştirilerek karmaşık sistemlerin (sosyal, politik, kültürel, ekolojik, hidrolojik v.b.) anlaşılmasına olanak sağlamaktadır [8].

WEAP ("Water Evaluation and Planning" System), su kaynakları planlamasında entegre yaklaşımı esas alan bir programdır [15]. Program aracılığıyla oluşturulan model ile mevcut su talebi ve teminine ait dinamiklerin alternatif senaryoları üretilebilmekte bu sayede esnek, bütünleşik ve şeffaf bir planlama yapılmaktadır [16].

Bu çalışmada Burdur gölü havzasının WEAP modeli oluşturularak entegre su kaynakları yönetim çalışması gerçekleştirilmiştir. Havzada yer alan havza elemanlarının nüfus, sulama gibi yıldan yıla değişiklik gösteren verileri programa belirli kabuller ile tanımlanarak WEAP programına işlenmiş senaryo 1 (mevcut durum), senaryo 2 (iyimser senaryo) ve senaryo 3 (kötümser senaryo) olmak üzere üç farklı analiz yapılmıştır. Mevcut havza verileri tanımlanarak gerçekleştirilen senaryo 1 (mevcut durum), havzaya gelen akımların fazla olduğu ve su taleplerinin daha az olduğu kabulleri ile gerçekleştirilen senaryo 2 (iyimser senaryo) analizi ile yağışların az olduğu, buharlaşmanın ve su taleplerinin fazla olduğu kabulleri ile gerçekleştirilen senaryo 3 (kötümser senaryo)'ün WEAP modelleri oluşturulmuş ve programda analizleri yapılmıştır.

2. TÜRKİYE’NİN HİDROLOJİK SU HAVZALARI VE ENTEGRE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ

2.1. Türkiye’nin Hidrolojik Su Havzaları

Bir ülkenin su potansiyeli o ülkenin konumuna, jeolojik yapısına, topoğrafik yapısına ve bitki örtüsüne göre değişmektedir. Benzer şekilde ülkemizdeki coğrafi bölgelerdeki yer altı ve yerüstü suyu potansiyellerinin farklı olması, yukarıda yer alan özelliklerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır [17, 18].

Türkiye topoğrafik yapısı gereği 25 hidrolojik su havzasına ayrılmıştır. 25 havzanın toplam ortalama akış miktarları yılda 180,8 milyar m³’tür. Havzaların her birinde yağış miktarları farklı olduğundan söz konusu havzaların su potansiyelleri ve verimleri de farklılık göstermektedir [7, 19].

55,419 milyar m³ ile ülkemizin en fazla su verimine sahip olan Fırat- Dicle Havzası toplam ülke su potansiyelinin yaklaşık %22,55’ini oluşturmaktadır. Su potansiyelleri en düşük olan havzalar ise Akarçay havzası ve Burdur Göller havzasıdır. Akarçay Havzası 0,325 milyar m³, Burdur Göller Havzası ise 0,256 milyar m³ su verimine sahiptir [7]. Türkiye genelindeki akarsuların rejimleri genellikle düzensiz ve vahşi akış şeklindedir. Bunun sebebi ülkemiz arazilerinin eğimlerinin fazla olması ve jeolojik yaş olarak genç olmasıdır. Akarsuların düzensiz ve vahşi akış şeklinde olmasından dolayı söz konusu su kaynaklarına düzenlemeler ve önlemler alınmadan doğrudan suyun kullanılması mümkün olmamaktadır. Ülkemizdeki su potansiyeli fazla gibi gözükse de havzaların su miktarlarındaki değişkenlikler ve yağış zamanlarının farklı olması sebebiyle çoğu zaman ihtiyaç karşılanamamaktadır. Ülkemizin topoğrafik yapısına göre oluşturulan 25 hidrolojik su havzası ve bu havzaların yıllık su verimleri Harita 2.1 ve Çizelge 2.1’de gösterilmiştir [9, 19].

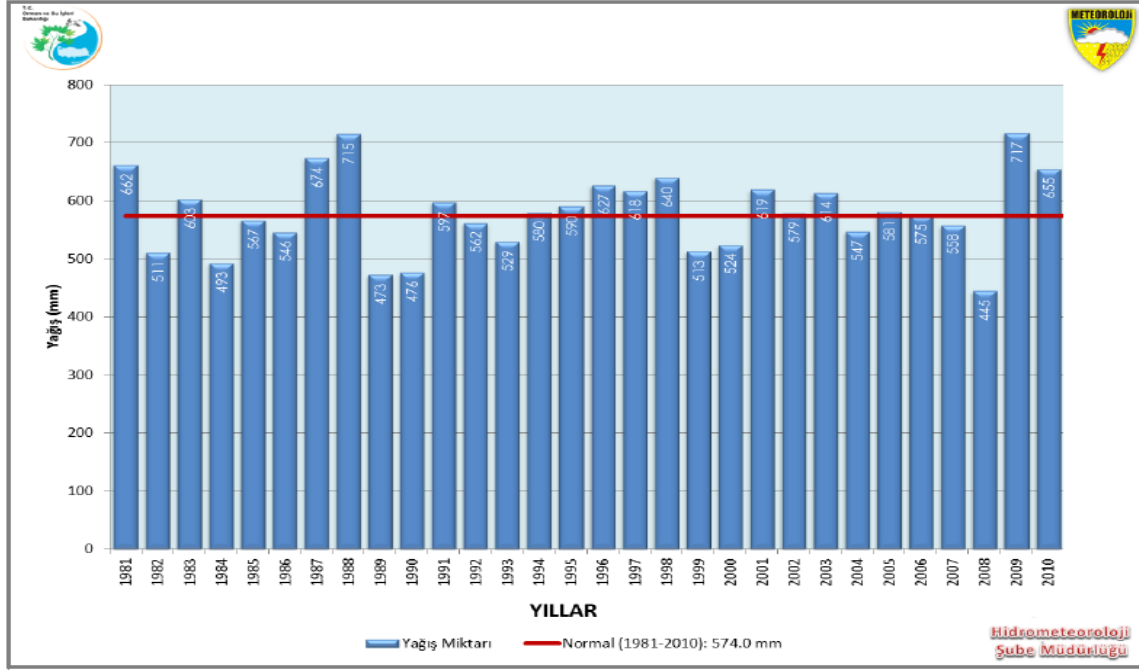


Harita 2.1. Türkiye'nin 25 nehir havzası [20]

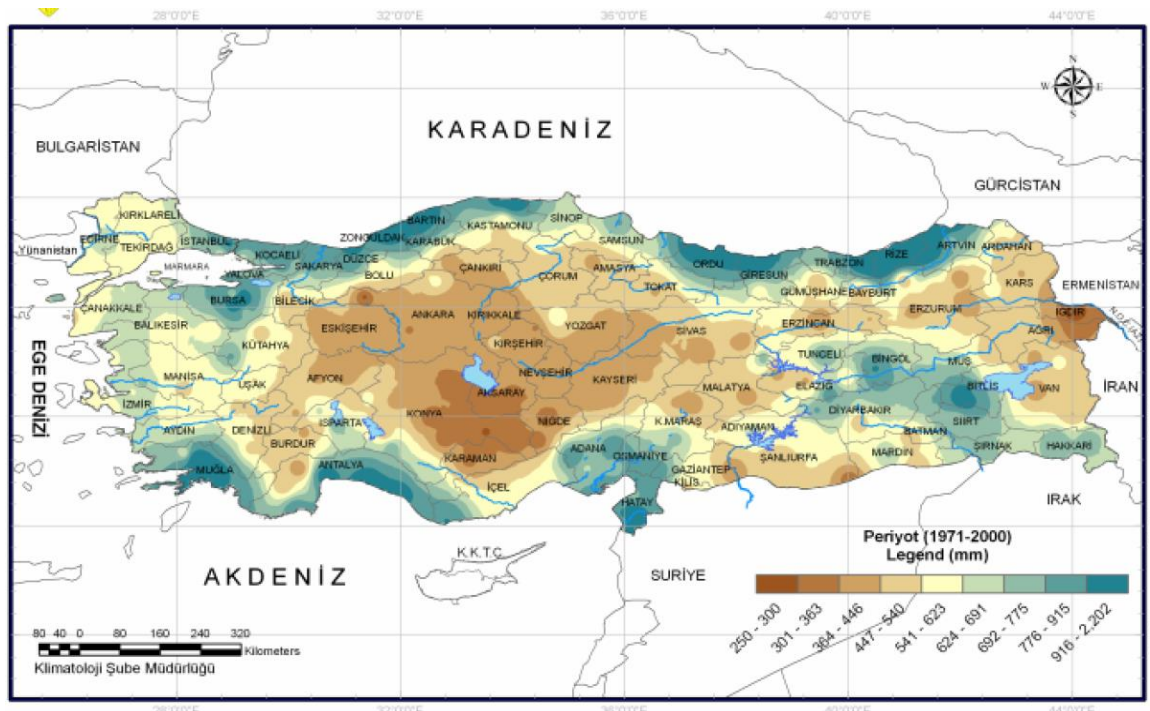
Çizelge 2.1. Türkiye havza numaraları ve su potansiyelleri [7, 11]

TÜRKİYE'NİN HAVZALARI		
Havza No	Havza Adı	Su Potansiyeli ($\times 10^9 \text{ m}^3$)
1	Meriç-Ergene Havzası	1,842
2	Marmara Havzası	7,540
3	Susurluk Havzası	4,226
4	Kuzey Ege Havzası	1,501
5	Gediz Havzası	1,545
6	Küçük Menderes Havzası	0,527
7	Büyük Menderes Havzası	2,968
8	Batı Akdeniz Havzası	6,969
9	Antalya Havzası	13,082
10	Burdur Göller Havzası	0,255
11	Akarçay Havzası	0,325
12	Sakarya Havzası	5,158
13	Batı Karadeniz Havzası	9,914
14	Yeşilırmak Havzası	6,582
15	Kızılırmak Havzası	6,120
16	Konya Kapalı Havzası	2,647
17	Doğu Akdeniz Havzası	8,240
18	Seyhan Havzası	6,786
19	Asi Havzası	1,813
20	Ceyhan Havzası	7,371
21	Fırat - Dicle Havzası	55,419
22	Doğu Karadeniz Havzası	16,461
23	Çoruh Havzası	7,047
24	Aras Havzası	4,182
25	Van Gölü Havzası	2,263

Dağlık bölgelerinde yağışın bol olduğu, iç kesimlere gidildikçe de yağış miktarının azaldığı Türkiye'nin ortalama yağış yüksekliği 574 mm/yıldır. Bu miktar yılda ortalama $450 \times 10^9 \text{ m}^3$ su anlamına gelmektedir. Yıllık alansal yağış miktarları Şekil 2.1'de ortalama yağışın alansal dağılımı ise Harita 2.2'de yer almaktadır.

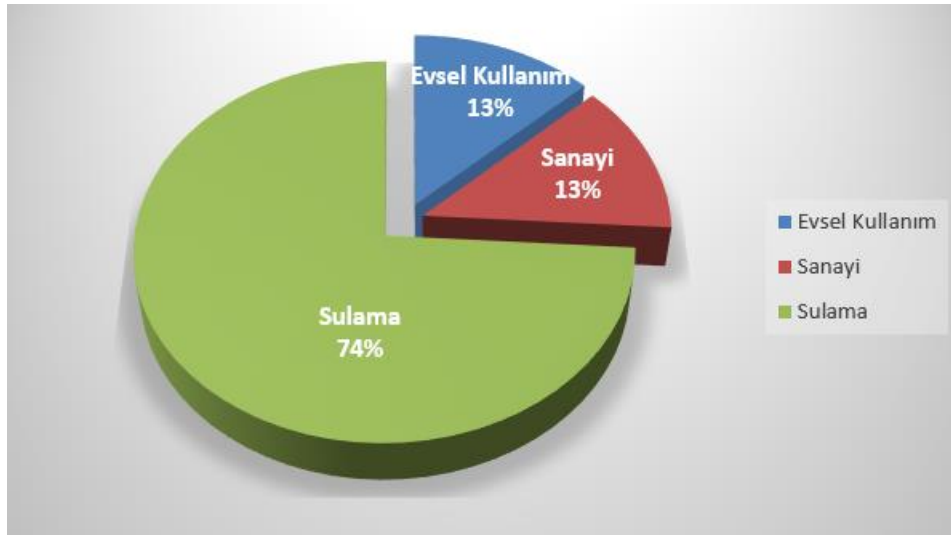


Şekil 2.1. Türkiye'nin yıllık toplam alansal yağışı [21]



Harita 2.2. Türkiye'de yıllık ortalama yağışın alansal dağılımı [21]

Türkiye’de mevcut $112 \times 10^9 \text{ m}^3$ kullanılabilir su kaynağından yararlanma oranı yaklaşık %48,2’dir. Bu miktarın $40 \times 10^9 \text{ m}^3$ ’ü sulamada, $7 \times 10^9 \text{ m}^3$ ’ü evsel ve içme suyunda, $7 \times 10^9 \text{ m}^3$ ’ü ise sanayide kullanılmaktadır. Özetle ülkemiz su kaynaklarının yaklaşık %74’ü sulama, %13’ü sanayi, %13’ü kentsel tüketim için kullanılmaktadır [7]. Ülkemiz su kaynaklarının kullanım oranları Şekil 2.2’de verilmiştir. Bu oranlar dünyada %71, %18, %11, Avrupa’da ise %22, %57 ve %22’dir. Farklı ülkelerdeki sektörel su kullanım miktarları Çizelge 2.2’de yer almaktadır. [22], [23].



Şekil 2.2. Türkiye’de su kullanımının sektörlere göre dağılımı [7]

Çizelge 2.2. Farklı ülkelerdeki sektörel su kullanım miktarları [8]

ÜLKE	EVSEL KULLANIM (%)	SANAYİ KULLANIMI (%)	TARIMSAL KULLANIM (%)
ANGOLA	23	17	60
MISIR	8	6	86
SOMALİ	0	0	99
KANADA	20	69	12
ABD	13	46	41
BREZİLYA	28	17	55
ÇİN	12	23	63
HİNDİSTAN	7	2	90
İSRAİL	36	6	58
JAPONYA	20	18	62
FRANSA	16	74	10
RUSYA	19	63	18
İNGİLTERE	22	75	3
AVUSTRALYA	15	10	75

Ülkelerdeki su kullanımları; nüfus, ekonomi, refah seviyesi, sosyal kültürel değerler gibi faktörlere göre değişiklik göstermekte olup gelecekte meydana gelecek su ihtiyaçlarının planlanması da bu değişkenlere göre yapılmaktadır. Ancak söz konusu değişkenlerin gelecekte nasıl değişiklikler göstereceğinin önceden tahmin edilmesi oldukça zordur. Gelecekte ortaya çıkacak su ihtiyaçlarının tahmini için çok boyutlu düşünülmeli ve yukarıda yer alan yönlendiricilerin analizlerinin çok iyi yapılması gerekmektedir [8].

2.1.1. Türkiye'nin hidrolojik su havzaları konusunda yapılan çalışmalar

Tez çalışmasının bu bölümünde Türkiye’de yer alan su havzalarıyla alakalı bugüne kadar yapılmış literatürdeki önemli çalışmaların bir kısmı özetlenecektir. Türkiye’nin 25 hidrolojik su havzasını daha iyi analiz etmek, su kaynaklarının daha doğru bir şekilde planlamak ve yönetmek amacıyla için literatürde oldukça fazla çalışma yapılmıştır.

Koçman (1979) Yukarı Kura nehri havzasının fiziksel coğrafyası üzerine çalışmalar yürütmüştür. Söz konusu havza üzerine çok fazla çalışma yapılmadığını belirten Koçman, bölgenin özellikle çok çeşitli ve dikkate değer problemler göstermesi sebebiyle bu havzada sentez mahiyetinde inceleme yaptığını ve havzanın bütün konuları üzerinde durulduğunu belirtmiştir. Koçman, havzanın jeolojik yapısı, iklim koşulları, havzanın hidrografyası, toprak çeşitliliği, doğal bitki örtüsü gibi konularda Yukarı Kura havzası üzerine detaylı bir çalışma ortaya koymuştur [24].

Ekmekçi (1987) Beyşehir Gölü’nün komşu havza akımlarına olan etkilerini araştırmıştır. Beyşehir Gölü’nün komşu havzalarda (özellikle Manavgat ve Köprüçay havzalarında) meydana gelen akım fazlası için kaynak olarak düşünüldüğünü belirten Ekmekçi, göl ile komşu havza akımları arasındaki etkileşimin araştırılması amacı ile sayısal hidrometeorolojik verilerin istatistiksel analizlerini yapmıştır. Araştırma sonucunda gölde $5 \text{ m}^3/\text{s}$ lik bir kaçak olduğunu, yağışlı dönemde seviyenin yükselmesi ile kaçak miktarının $28,7 \text{ m}^3/\text{s}$ ’ye kadar çıkabildiğini ortaya koymuştur [25].

Eminoğlu (1987) Dalaman Çayı su toplama havzasının hidrolojik yapısı üzerine çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmasında Dalaman Çayı su toplama havzasının A, B, C olmak üzere 3 hidrolojik toprak grubu olduğunu belirten Eminoğlu, havzanın yağmur özelliğinin belirtilmesi amacıyla havza içinde 14, havza dışında ise 7 yağmur istasyonundan ölçülen uzun yıllık değerlerin göz önüne alındığını belirtmiştir. Havzada ölçülen yağmurların,

aritmetik ortalama, thiessen ve izohiyet yöntemine göre alansal ortalaması bulunduğundan sonra değişik süreli - şiddetli yağmurların tekrarlanma süreleri, logaritmik ve normal dağılımına göre elde edilmiştir. Yıllık potansiyel su tüketimleri, Penman ve Turc ilişkilerine göre belirlenmiş, Turc ve su bütçesi ilişkisine göre bulunan havza verimi direkt ölçümler ile karşılaştırılmıştır [26].

Karakılıç (1987) küçük havzalardaki hidrolojik olayların matematiksel modeli hakkında çalışmalar yapmıştır. Çalışma kapsamında hesap yağmuru modelinden kanal ötelemesinin son safhasına kadar olan her hidrolojik olayı tanımlamak için geliştirilen bağlantılar incelenmiştir. Karakılıç, bütün olayların tanımlarını birleştiren uygun bir simulasyonun yapılmasına ihtiyaç olduğunu belirtmiştir [27].

Yiğit (1988) Hazar Gölü (Gölcük) havzası üzerine çalışmalar yapmıştır. Planlama çalışmaları için bölgesel coğrafya araştırmalarının önemli olduğunu vurgulayan Yiğit, havzanın jeolojik yapısı, iklim koşulları, havzanın hidrografyası, toprak çeşitliliği, doğal bitki örtüsü gibi konularda detaylı bir çalışma ortaya koymuştur [28].

Burak Baltaoğlu (1990) Sakarya Nehri havzasında su kalitesi yönetimi konusunda çalışmalar yapmıştır. Su kaynaklarından günümüzde ve gelecekteki yararlanma olasılıklarının sınırlanmaması için su kalitesini tanımlayan parametrelerin kontrol edilmesi gerektiğini belirten Baltaoğlu, yaptığı çalışmada ve daha önceki çalışmalarda seçilen matematik modelin kalibrasyonunu, doğruluk ve duyarlılık analizlerini yapmış ve modelin güvenilirlik ile kullanılabileceği kanıtlanmıştır. Çalışmada tüm Sakarya havzası ele alınarak öncelikle o zamanın koşullarındaki su kalitesi saptanmış ve daha sonra Porsuk Çayı ile Sakarya Nehri, yararlı kullanımlar açısından değerlendirilerek, su kaynaklarının istenen amaçlara uygunlukları araştırılmıştır. Ayrıca çalışmada gelecekteki yararlı kullanımlar belirlenerek, su kalitesinin iyileştirilmesi için alınabilecek önlemlerin su kalitesi üzerine etkileri model yardımı ile araştırılmıştır [29].

Demirci (1996) Dicle havzasının su potansiyeli, aylık ve yıllık akımların olasılık dağılımları üzerine çalışmalar yapmıştır. Çalışmada GAP'ın önemli bir bölümünü içine alan Dicle havzasının doğal su potansiyeli ve suyun aylara göre dağılımları ile tekerrür analizleri yapılmıştır. Bunun için havzada yer alan EIE istasyonlarından yeterli uzunlukta gözleme sahip 11 adedi kendi aralarında korrelasyon ve regresyon teknikleriyle incelenmiş

ve eksik veriler kestirilerek, gözlem dizileri 1947-1980 dönemini kapsayacak biçimde uzatılmıştır. Dicle havzasının Irak sınırına yakın Cizre, Girikhan ve Narlı istasyonlarının, doğal akımları ifade edebilecek bu değerleri yardımıyla, Cizre'de her bir ayın, her üç istasyonda yıllık ortalama akımların tekerrür analizi yapılmış, %50, %25, %5 ve %3 altında kalma olasılıklarına karşı gelen debiler belirlenmiştir [30].

Aydın (1998) Yukarı Fırat havzasının DSİ 9. Bölge dahilindeki bölümünü simülasyon modeliyle incelemiştir. Çalışmada Yukarı Fırat havzasının DSİ 9. Bölge sınırları dahilindeki Peri, Munzur ve Murat kollarının akımları modellenip havzanın simülasyon programı hazırlanmıştır. Simülasyon modeli hazırlandıktan sonra program değişik alternatiflere göre çalıştırılmış ve sonuçlar incelenmiştir [31].

Yunusoğlu (2001) tarafından Kızılırmak havzası üzerinde bölgesel akarsu ağı analizi yapılmıştır. Söz konusu analiz OWDM, ANNIE, GLSNET isimli bilgisayar programları ile gerçekleştirilmiştir. Genelleştirilmiş en küçük kareler ve ağ analizi bilgisayar programı kullanılarak, model hatasını en aza indirmek için drenaj alanı, kanal uzunluğu, drenaj yoğunluğu, havza yuvarlaklığı, yağış gibi parametreler kullanılarak havzaya ait en iyi regrasyon modelini elde etmek üzere analizler yapılmıştır [32].

Fırat (2007) sinirsel bulanık mantık yaklaşımı ile havza modellemesi yapmıştır. Çalışmada sinirsel bulanık mantık yönteminin (ANFIS) günlük akarsu akış ve katı madde miktarının tahmin edilmesinde uygulanabilirliği araştırılmıştır. Çalışma alanı olarak Büyük Menderes havzası seçilmiştir. Havzanın dört akarsu kolu için farklı giriş yapısına sahip akış ve katı madde tahmin modelleri geliştirilmiştir. ANFIS sonuçları gözlem verileri ile karşılaştırılmış ve performansları değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ANFIS yönteminin, akış ve katı madde modellenmesinde ve tahmin edilmesinde başarılı bir şekilde uygulanabileceğini göstermiştir [33].

Saplıoğlu (2010) Köprüçay Nehri havzasının parametrik havza modellemesi ile akım tahminlerinde bulunmuştur. Çalışmada akış katsayıları ve yağış değerlerinden elde edilen yüzeysel akış ve taban akışı ayırma yöntemi kullanılarak belirlenen taban akışı ve yüzeysel çekilme katsayılarının kombine edilmesi ile parametrik havza modellemesi tamamlanmıştır [34].

Fattah (2015) Coğrafi Bilgi Sistemi ile Murat Nehri havzası hidrolojik analizini gerçekleştirmiştir. Çalışma doğrusal yöntem ile pratik bir yağış-akış ilişkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Fırat Nehri'nin en büyük kolu olan Murat Nehrinin hidrolojik özellikleri Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) standart Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile belirlenmiştir [35].

Coşkun (2017) Zamantı Irmağı alt havzasındaki DSİ projelerinin WEAP (water evaluation and planning system) programı ile modellenmesi çalışmasını gerçekleştirmiştir. Bahçelik Barajı ve ünitelerinin kapsamlı bir WEAP modeli oluşturularak tam developman durumunda güncellenen su bütçesine göre işletme simülasyonları yapılmış ve ünitelerin tarımsal sulama ile enerji üretimlerinin birbirleri üzerine etkileri incelenmiştir. WEAP programı ile oluşturulan baraja ait bu simülasyon modelinde ünitelere öncelikler verilerek kabul edilen işletme kuralları için analizler yapılmış ve sonuçları irdelenmiştir [36].

2.2. Entegre Su Kaynakları Yönetimi

Entegre yani bütünleşik havza yönetimi; “bir akarsu havzasındaki doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve planlamasının koordine edilmesi” ve su kaynaklarının, ilgili gruplarının katılımıyla, havza ölçeğinde ele alınarak incelendiği bir planlama anlayışıdır [37].

Entegre yönetim konusunda, günümüze kadar çeşitli araştırmacılar farklı tanımlar geliştirmişlerdir. Örneğin Grigg 1999 yılında entegre su yönetiminde en önemli faktörün, farklı kesimlerin görüşlerinin bütünleştirilmesi olduğunu belirtmiş ve şu tanımlı yapmıştır: Entegre su kaynakları yönetimi, tüm kesimlerin görüş, beklenti ve amaçlarını dengeleyecek biçimde, su kaynaklarının planlanması, yönetilmesi ve kontrolü için oluşturulacak işlevler bütünüdür. Bu tanımlamada, suyla alakalı tüm kesimler dikkate alındığından “sosyal bütünlük” ve su sistemleri ele alındığından “ekolojik bütünlük” kavramları da yer almakta ve yönetim sorumluluğu da her kesim tarafından paylaşılmaktadır.

Cobourn 1999 yılında entegre su yönetimi hakkında kuruluşlar ve organizasyonlar arası koordinasyona dikkat çekmiştir. Cobourn entegre su kaynakları yönetimi için standart bir model veya kurallar olmamasına rağmen, hemen her ülkenin bu yaklaşımı denediğini belirtmiştir.

Cobourn’a göre entegre su kaynakları yönetimi, bütünleyici özellikte bir sistem yaklaşımı olup çok çeşitli konular ve sorunlar ile bunların ilişkilerini, suyun miktarı kadar kalitesini de dikkate almakta ve sadece su temini ve taşkın kontrolü gibi sorunlarla ilgilenmemektedir. Entegre havza yönetimi, disiplinler arası bir yaklaşım olup toplumun her kesimine yani bütün ekosisteme hitap etmekte, uzun vadeli sürdürülebilirliği hedefleyerek mevcut ve gelecek yıllardaki sorunları, çözümleri ve sonuçları dikkate almaktadır. Sistem devletin tüm kademesinde ve kuruluşları arasında koordinasyon gerektirmektedir. Su kaynaklarının planlama ölçeği son derece geniş olduğundan kaynakların en etkin yönetimi alt havzalarda gerçekleştirilebilmektedir. Yönetim sürecinin yaşayan bir olay olduğunu vurgulayan Cobourn sürecin sürekli iyileştirme ve gelişime yer vermesi gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca toplumun, sorumlulukları konusunda eğitilmesi gerektiğini ve entegre havza yönetimi için tüm halkın katılımıyla uzun süreli hedeflerin geliştirilmesi gerektiğini belirtmiştir [12].

Koç ve ark. 2010 yılında, entegre havza yönetimini “havza sınırları içerisinde yerüstü ve yeraltı sularını, su ve toprak kaynaklarını bütün bir şekilde ele alan; havzanın memba ve mansabı arasındaki ilişkileri, suya gereksinim duyan ekosistemlerin suyla olan ilişkileri, suyu farklı yerde farklı amaçlarla kullanan ve yönetenlerin arasındaki ilişkileri gibi temel ilişkilerin belirlenmesi ve bu ilişkilerle arasında işbirliği sağlayacak yasal ve kurumsal mekanizmalar oluşturulmasıdır” şeklinde tanımlamışlardır [37].

Çevrenin doğal kaynaklarla bir bütünlük oluşturması ve gelişim planlarının hepsinin “sürdürülebilir kalkınma” felsefesi ile gerçekleştirilmesinin zorunlu olması entegre havza yönetim yaklaşımının gelişmesine sebep olmuştur. 1970’li yıllardan bugüne kadar çeşitli özelliklerinde zaman içinde farklılıklar gösteren su kaynaklarının planlanması ve yönetilmesinde “entegre” yani bütünleşik havza yönetiminin benimsenmesinde üç ana neden mevcuttur.

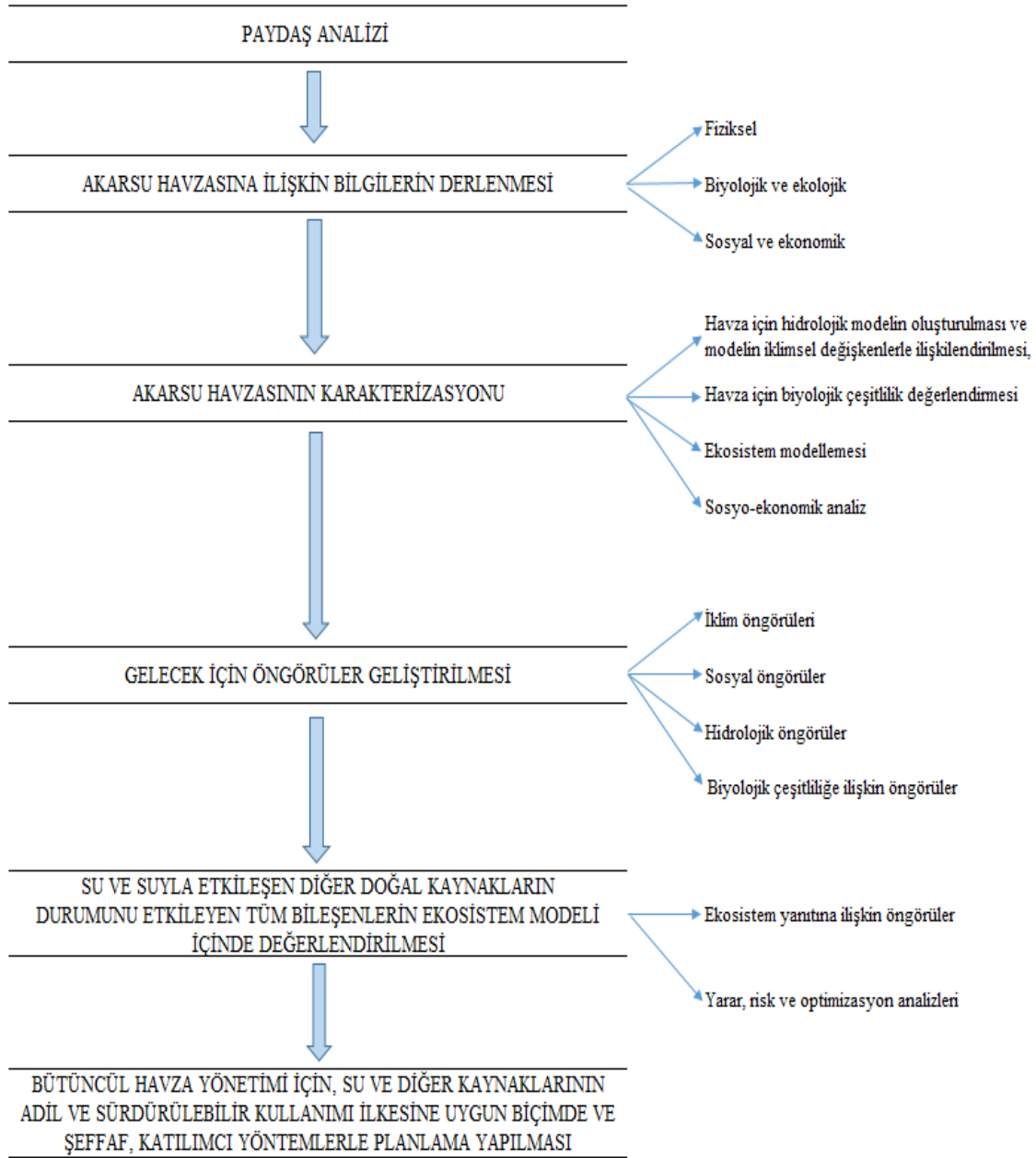
Bunlardan ilki çevrenin su, toprak ve hava gibi kaynaklardan oluşan bir bütün olmasıdır. Bahsi geçen kaynaklar birbirleriyle sürekli etkileşim içindedirler. Bu sebeple herhangi bir kaynağa yapılan en küçük müdahale bile diğerlerine de yansımaktadır. Buna göre su kaynaklarının aktif bir şekilde geliştirilmesi ve yönetilmesi için birbirleriyle olan iletişimleri dikkate alınmalıdır. Kısacası su kaynakları günümüzde çevre bütününe bir parçasıdır ve bu kaynaklar havza bazında ve diğer çevresel kaynaklarla beraber yönetilmelidir.

İkinci neden çevresel sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkındır. Hızlı ekonomik gelişmelerin sonucunda çevrede geri dönüşü olmayan kalıcı hasarlar bırakabilmektedir. Bu sebeple havza gelişimi ekonomik, sosyal, yasal, idari ve politik öğelerle beraber bütünleşik olarak ele alınmalıdır.

Üçüncü neden ise küresel iklim değişikliğidir. Küresel boyutta iklimde meydana gelen değişiklikler sonucunda tüm çevresel unsurlar çeşitli şekillerde etkilenmekte ve bu etkileşimler bir kaynaktan diğerine yansımaktadır. Bu durum da entegre su kaynakları yönetimini zorunlu hale getirmektedir.

Entegre su kaynakları yönetimi çok karmaşık hidrolojik, sosyal, kültürel, politik ve ekolojik sistemlerin anlaşılmasını ve bu sistemlere ilişkin öngörülerin geliştirilmesini gerektirir. Havza sisteminin temel bileşenleri için oluşturulan bu öngörüler, farklı senaryolara göre gerçekleştirilir. Planlamanın ana aşamalarının genel yapısı Çizelge 2.3'te verilmektedir [8].

Çizelge 2.3. Entegre su kaynakları yönetiminin aşamaları [8]



2.2.1. Dünyada entegre su kaynakları yönetiminin gelişimi

Su, uluslararası platformda ilk kez 1972 yılında Birleşmiş Milletler'in (BM) Stockholm'de yapılan İnsan Çevresi Konferansında yer almıştır. Konferansın çevre ile ilgili 26 ilkesi olmuş bu ilkelerin bir tanesi de "su, toprak hava ve doğal ekosistemlerin gelecek nesiller için planlama ya da yönetim yoluyla korunması" şeklinde ortaya konulmuştur. Konferansta, BM'de çevre problemlerini küresel ölçekte inceleyecek uluslararası bir organın oluşturulmasına karar verilmiştir. Buna göre, Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'nun 1997

sayı ve 15 Aralık 1972 sayılı kararı ile Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), BM'ye bağlı bir “program” olarak oluşturulmuştur.

Su hakkında yapılan ilk küresel faaliyet ise 1977 yılında Arjantin'in Buenos Aires eyaletinin güneyinde yer alan Mar del Plata kıyı şehrinde toplanan “Birleşmiş Milletler Su Konferansı”dır. Konferansta “Sosyo-ekonomik şartlar ve kalkınma seviyesi ne olursa olsun, bütün halkların temel ihtiyaçlarını karşılayacak miktar ve kalitede suya ulaşma hakları vardır.” ifadesi yer almıştır. Konferans sonrası UNESCO tarafından Dünya Su Programı başlatılmış ve Birleşmiş Milletler Genel Kurulu 1980 yılında “Uluslararası İçme Suyu İhtiyacı ve Suyun Kalitesinin Bozulması Deklarasyonu”nu yayımlamış, konferans sonucu olarak içme suyuna erişmenin bir insan hakkı olduğu sonucuna varılmıştır.

1983 senesinde dönemin Norveç Başbakanı Gro Harlem Brundtland başkanlığında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) kurulmuş bu komisyon 1987 yılında çevre üzerindeki baskıyı arttırmadan kaynakları tüketmeden ekonomiyi büyütmeyi sağlamak üzere kararlar almıştır [38].

1986 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), Kaynakları Kararlarda olan Çevre Bakımından Güvenli İçsuların Yönetimi” (EMINWA) isimli programı başlatmıştır. Bu program, çeşitli ülkelerin sınır içi su politikalarını çevreyle entegre etmesine temel oluşturmuştur.

Su kaynaklarının koruması için kamuoyu oluşturmak amacıyla 1990 senesinde Stockholm Su Vakfı kurulmuştur. Söz konusu vakıf 1990 yılından itibaren günümüze kadar her sene “Stockholm Su Sempozyumu” adı altında uluslararası toplantılar yapmaktadır. 1996 senesindeki toplantıda “Küresel Su Ortaklığı”nın (GWP) kuruluş konferansı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca aynı sene, “Küresel Çevre Hizmetleri” (GEF) adı altında uluslararası bir pilot program da oluşturulmuştur. Söz konusu program ile iklimde meydana gelen değişiklikler, biyolojik çeşitlilik, ozon tabakasının gün geçtikçe incilmesi ve uluslararası akarsularda kirlilik gibi dört temel çevresel problem üzerinde yeni yaklaşımların geliştirilmesi amaçlanmıştır [12].

1992 yılında Dublin’de “Uluslararası Su ve Çevre Konferansı” gerçekleştirilmiş ve bu konferansta bir önceki kararların tersi olarak suyun ekonomik bir değer olduğu belirtilerek

su kamu hizmeti dışına çıkarılarak piyasa koşullarına açılmıştır. Aynı yılda 108'i devlet başkanlığı düzeyinde olmak üzere 172 ülkenin katılımıyla Rio de Janerio şehrinde Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (UNCED) düzenlenmiştir. Rio zirvesi olarak bilinen konferansta su ile alakalı sektör bağlarının daha da güçlendirilmesine, su kaynakları yönetiminin çevresel etkilerinin göz önüne alınmasına, suyun ekonomik bir değer olarak ele alınmasına dikkat çekilmiştir [35]. Konferans sonucu GÜNDEM 21 adlı bir deklarasyonla açıklanmıştır. GÜNDEM 21 adlı belgede su kaynaklarının çevre bütünü olarak değerlendirilmesi gerektiği, su kaynaklarının yönetilmesinde diğer kaynaklarla “entegre” biçimde bir yönetim yapılması gerektiğinin zorunlu olduğu vurgulanmıştır. GÜNDEM 21'e göre su sadece doğal kaynak değil aynı zamanda sosyal ve ekonomik kaynak olarak tanımlanmakta, su kaynaklarının geliştirilmesinin sürdürülebilir kalkınma felsefesi içerisinde entegre bir şekilde yapılması görüşü benimsenmiştir.

1996 yılında su kaynakları hakkındaki bilinç ve duyarlılığı arttırmak, su kaynaklarının tüm canlılara etkin biçimde hizmet edebilmesi için korunması, geliştirilmesi ve yönetilmesini sağlamak için “Dünya Su Konseyi” (World Water Council - WWC) kurulmuştur [12].

Su ile alakalı problemleri uluslararası boyutta kesin bir şekilde ele almak üzere Dünya Su Forumu başlatılmıştır. 1996 yılında kurulan Dünya Su Konseyi (WWC) Dünya Su Forumunu her 3 yılda bir ev sahibi ülke tarafından düzenlemektedir. Herkese açık, herkesi dahil eden ve tüm paydaşların entegre edilmesine yönelik olan Dünya Su Forumu'nun amacı su ile ilgili problemlerin politik gündemde önemini arttırmak, söz konusu problemlerin çözümlerini daha da derin araştırmak, sağlam öneriler üreterek politik sonuçlar elde etmektir.

Mart 1997 yılında Fas - Marakeş'te düzenlenen Birinci Dünya Su Forumunda su ile ilgili su ve çevre sağlığı, ekosistemin korunması, paylaşılan suyun önemi suyun verimli kullanımı gibi öncelikler belirlenmiştir.

2000 yılında Hollanda da düzenlenen ikinci Dünya Su Forumunda gıda ve çevre güvenliği için su güvenliğinin önemi ortaya konulmuş ve dünyaya "su herkesi ilgilendirir" mesajı verilmiştir. Aynı yıl Birleşmiş Milletler Binyıl Konseyi düzenlenmiş ve bu konseyde önemli kararlar alınmıştır. Söz konusu konseyde 2015 yılına kadar su kaynaklarına erişemeyen insanların oranını yarıya indirilmesi amaçlanmış ve entegre su kaynakları

yönetiminin sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında önemli bir yaklaşım olduğu kabul edilmiştir.

2001 yılında Almanya'nın Bonn kentinde Uluslararası Tatlısu Konferansı'nın alt başlığı "Sürdürülebilir Kalkınmanın Anahtarı: Su" ifadesi belirtilmiştir.

2002 yılında BM Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi Güney Afrika'nın Johannesburg kentinde düzenlenmiştir. Bu konferansta 10 yıl önce 1992 Rio Zirvesinden o tarihe kadar gelinen süreçler özetlenmiş, karşılaşılan sıkıntılara ve darboğazlara dikkat çekilmiş ve "sürdürülebilir kalkınma" hedefine yönelik küresel sözler yinelenmiştir. Bu doğrultuda sürdürülebilir kalkınmanın oluşabilmesi için doğal kaynakların yönetiminin entegre bir yaklaşımla ele alınması gerektiği ifade edilmiştir.

2003 yılı Mart ayında Japonya'nın Kyoto ve Shiga şehirlerinde yapılan Üçüncü Dünya Su Forumu'nda suyun sürdürülebilir kalkınmadaki önemini vurgulayan bir deklarasyon yayımlanmıştır. Sağlıklı suya ulaşılabilmek için gerekli olan finans kaynaklarının nasıl bulunacağına dair rapor "Herkes için Suyun Finansmanı" adı ile bu forumda sunulmuştur.

2003 senesinde suya dair önemli bir diğer toplantıda G8 Uluslararası Hükümetler Forumu'nun Haziran ayında Fransa'da düzenlediği 29. toplantısı olmuştur. Toplantıda G8 üyesi ülkeler suya finansal destek sağlanması konusunda anlaşmış ve maddi destek vermeyi kabul etmişlerdir.

2006 yılında dördüncü Dünya Su Forumu Meksika'nın Mexico şehrinde düzenlenmiştir. Forumda "Entegre Su Kaynakları Yönetimi", "Herkes için Su Sağlanması", "Besin ve Çevre için Su Sağlanması", "Büyüme ve Gelişme için Su", "Risk Yönetimi" gibi başlıklar altında oturumlar yapılmıştır.

2009 yılında "Farklılıkların Suda Yakınlaşması" temasıyla organize edilen beşinci Dünya Su Forumu ülkemizde, İstanbul'da düzenlenmiştir. Forumda "Yerel Su Yönetimleri ve Sistemleri için Sürdürülebilir Finans Kaynakları", "Suyun Çoklu Kullanımı", "Açlık ve Fakirliğin Giderilmesi için Su ve Gıda", "Enerji için Su - Su için Enerji", "Su Hizmetlerinde Kamu ve Özel Sektörün Optimizasyonu", "Düzenleyici Yaklaşımlar Yoluyla Verimin Artırılması", "Hakkaniyet ve Sürdürülebilirliğe Yönelik Fiyatlandırma

Politikaları” gibi konular ele alınmıştır. Ayrıca forumda küresel değişikliklerin etkilerini azaltmak, yerel ve bölgesel idarelerin uyumunu hızlandırmak ve idarelerin finansal kaynaklara erişimini sağlamak, su ve sağlık hizmet altyapılarının finansmanını hızlandırmak, gibi konularda ele alınmış ve yerel yönetim tarafından “Yerel ve Bölgesel Otoriteler için İstanbul Su Mutabakatı” imzalanmıştır.

Benzer şekilde altıncı forum 2012 yılında Marsilya’da, yedinci forum Mart 2015 de Güney Kore'nin Daegu ve Gyeongju kentlerinde, sekizinci forumda 2018 yılında Brezilya'nın Başkenti Brasilia'da gerçekleştirilmiş ve bu forumlarda da su üzerine önemli kararlar alınmıştır.

Özetle, suyun kıymeti zamanla daha da çok anlaşılmış ve dünya ülkeleri su krizlerinin önüne geçebilmek için suyun planlaması ve yönetilmesi hakkında çeşitli kararlar almışlardır. Dünya su krizinin çözümünde öne plana çıkan kavram ise “Entegre Su Kaynakları Yönetimi” olmuştur. Çeşitli ülkeler ve Avrupa Birliği su politikalarını bu kavram üzerinde şekillendirmiş, havza bazlı yönetim yaklaşımını benimsediklerini belirtmişlerdir [38].

2.2.2. Entegre su kaynakları yönetimi üzerine yapılan çalışmalar

Tez çalışmasının bu bölümünde entegre su kaynakları yönetimi ile alakalı bugüne kadar yapılmış literatürdeki önemli çalışmaların bir kısmı özetlenecektir. Su kaynaklarını kontrol altında tutmak, yönetmek ve planlamak amacıyla için literatürde oldukça fazla çalışma yapılmıştır.

Salmaner (2008) Konya kapalı havzasında entegre su kaynakları yönetimi üzerine çalışmalar gerçekleştirmiştir. Çalışma ile çeşitli insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan, su kaynakları ve havzalarının taşıma kapasitesini zorlayan su talebi sorununun ancak havza ölçeğinde uygulanan entegre bir planlama yaklaşımıyla çözülebileceğini ortaya koyulmuştur [39].

Özdemir (2009) Büyük Menderes Nehri arazi kullanımı ve su yönetimi açısından incelemiştir. Çalışmada, Türkiye’nin güneydoğu kesimleri içinde yer alan Büyük Menderes Nehri havzasında günümüz ve geçmiş döneme ait arazi kullanım biçimleri, arazi kullanım sınıfları ile son yıllarda küresel ısınmayla beraber oldukça önem kazanan suyun

varlığı, kullanılabilirliği, kalitesi ve kirliliği ile su yönetiminin CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle ortaya konması amaçlanmıştır [40].

Casiadi (2010) Avrupa Birliği'nin bütünleşik su kaynakları yönetimi üzerine çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada su kaynakları yönetiminin birçok toplumsal, ekonomik, çevresel hatta siyasi boyutları kapsadığından dolayı entegre su kaynakları yönetimi modelinin Avrupa'da benimsendiği ve söz konusu modelin karmaşık sistemlere uygun bir model olduğu belirtmiştir [41].

Atacan Ögüt, Beler Baykal ve Kınacı (2011) mevsimsel nüfus farklılıklarının gözlemlendiği turizm alanlarında sürdürülebilir su ve atık su yönetimi hakkında çalışmalar yapmıştır. Çalışmalarında örnek olarak Bodrum Yarımadasını seçen Ögüt vd. çalışmada özellikle Bodrum Yarımadasında toplam nüfusun yıl içindeki değişiminin belirlenmesi ve bunun su ve atıksu yönetimine etkileri üzerine yoğunlaşmıştır. Yerleşik, ikincil konut, turizm ve yat nüfusları; aylık doluluk oranları araştırılarak ay bazında belirlenmiş ve bu değişimlere göre atıksu yönetim yaklaşımları geliştirilerek bu yaklaşımları değerlendirmişlerdir [42].

Yılmaz ve Tombul (2015) Akarçay havzası entegre su kaynakları yönetiminde WEAP modeli üzerine çalışmalar gerçekleştirmiştir. Söz konusu havza üzerinde WEAP programında model oluşturulmuş ve havzanın su bilançosu çıkarılmıştır [43].

Şenik (2016) Türkiye'de yer üstü su kaynakları yönetimi sorununun planlama sürecinde çözümlenmesi konusunda bir çalışma gerçekleştirmiştir. Söz konusu çalışmada Bakırçay havzası üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Çalışma kapsamında Genelde Türkiye özelde ise Bakırçay Havza'sına yönelik yapılan saptamalar ışığında, anılan sorunları aşmak ve su kaynakları korumak amacıyla olan havza temelli bir planlama süreci önerisi geliştirilmiştir [44].

Çelik Morkoç (2018) sistem dinamiği ile Ankara'da sürdürülebilir su kaynakları yönetimi üzerine çalışmalar gerçekleştirmiştir. Çalışmada, Ankara'daki su kaynaklarının yönetimi sistem dinamikleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Sistem dinamiklerinin, sistemin mekanizmasını çözümlemeye ve uzun dönem tahminleme yapılmasında kullanılan bir metot olduğu belirtilmiş SD model ile Ankara'nın su durumu simüle edilmiş ve uzun vadede su yeterliliği incelenmiştir. TÜİK'in nüfus projeksiyonlarında kullandığı üç farklı

nüfus senaryosu kullanılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Mevcut parametrelerle Ankara'nın 50 yıllık su eğilimlerinin tahmin ve modellenmesi gerçekleştirilmiştir [45].

3. ÇALIŞMA ALANI

Burdur Havzası, Türkiye'nin güneybatısında; batıda Eşeler ve Maymun dağları, doğuda Kestel ve Çatak dağları, güneyde Rahat ve Kuru dağları, kuzeyde Boz ve Akdağların su ayırım çizgileri arasında yer almakta olup kuzey ve batısında Büyük Menderes Havzası, doğusunda Antalya Havzası ve güneyinde Batı Akdeniz Havzası bulunmaktadır [46] (Bkz. Harita 3.1).



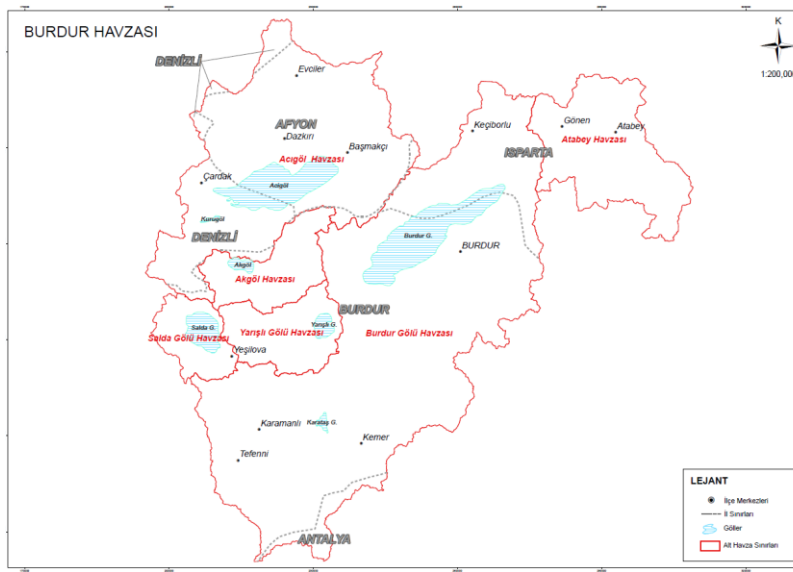
Harita 3.1. Burdur havzası ve Burdur gölü alt havzasının Türkiye'deki konumu

Havza sınırları içerisinde 1 adedi il merkezi, 11 adedi ilçe merkezi olmak üzere 15 adet belediye ve 181 adet köy bulunmaktadır. Havza toplam olarak yaklaşık 6294 km² alanı kaplamakta olup havzada Burdur (yaklaşık 349310 ha) (%55), Isparta (yaklaşık 123225 ha) (%20) Afyonkarahisar (yaklaşık 100398 ha) (%16) Denizli (51134 ha) (%8) ve Antalya (5328 ha) (%1) illerinin bir bölümü bulunmaktadır. Havzadaki 4 adet büyük gölün toplam yüzey alanı 321 km²'dir. (Burdur, Salda, Yarıklı gölleri ve Acıgöl)

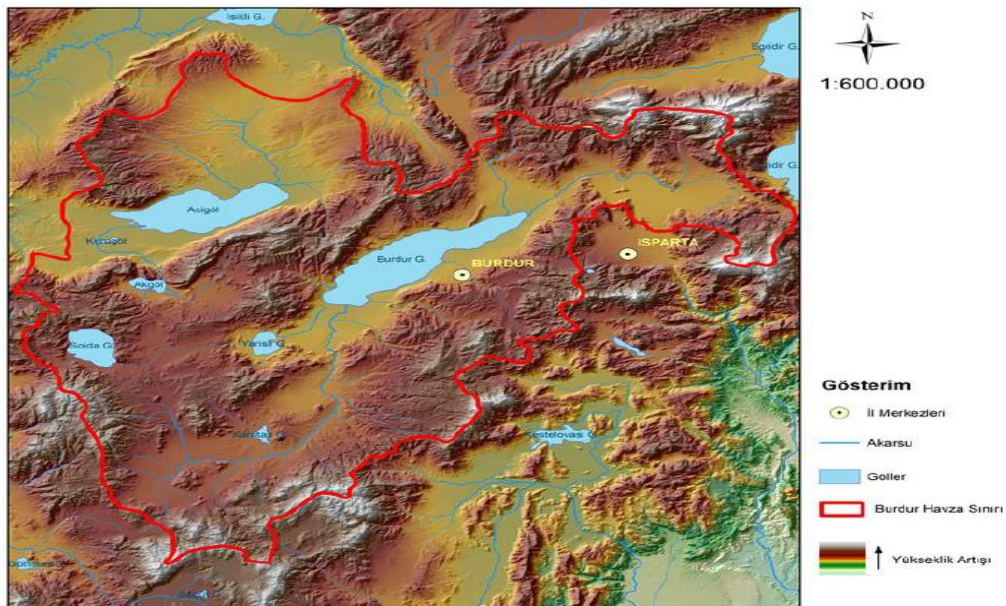
Burdur Göller Havzası 6294 km² yağış alanına sahiptir. Bu kadar büyük yağış alanı olan bu havzayı daha ayrıntılı olarak çalışabilmek için alt havzalara ayırmanın daha uygun olacağı düşünülmüştür (Bkz. Harita 3.2 ve Harita 3.3).

Burdur Havzası kapsamında 6 adet alt havza belirlenmiş olup, yağış alanları ile birlikte aşağıda verilmiştir;

- 1 No'lu Atabey Alt Havzası 643 km²
- 2 No'lu Burdur Gölü Alt Havzası 3185 km²
- 3 No'lu Salda Alt Havzası 214 km²
- 4 No'lu Yarıklı Alt Havzası 322 km²
- 5 No'lu Akgöl Alt Havzası 316 km²
- 6 No'lu Acıgöl Alt Havzası 1614 km² 'dir [46].



Harita 3.2. Burdur göller havzası'nın alt havzaları [46]



Harita 3.3. Burdur göller havzası yükselti haritası [46]

Bu tez kapsamında 2 No'lu Burdur Gölü alt havzası üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

3.1. Doğal Coğrafya

3.1.1. Dağlar

Afyonkarahisar, İç Batı Anadolu'nun orta derecede yükseltiye sahip olan dağlarıyla bu dağlar arasındaki ovalardan oluşmaktadır. İlin güneyinde Sultan Dağları, Maymun Dağları, batısında Burgaz Dağları, kuzeybatısında Eynihan Dağları ve doğusunda Emirdağlarının doğu uzantıları bulunmaktadır.

Burdur ilinde Batı Torosların uzantıları bölgenin engebeli yapıya sahip olmasına neden olmuştur. Güneyde Elmalı Dağı, Boncuk Dağları, Katrancı ve Beydağları, doğuda Dedegöl ve Kuyucak Dağları, kuzeyde Karakuş Dağları, batıda ise Eşeler ve Acıgöl Dağları bölgenin en önemli yükseltileridir.

Denizli ilinin en yüksek dağı 2571 m yüksekliğindeki Honaz Dağıdır. Honaz dağı aynı zamanda Batı Anadolu'nun da en yüksek dağıdır. Eşeler (2254 m), Bozdağ (2421 m), Karcı (2308 m), Bulkaz (Burkaz) (1990 m), Akdağ (2449 m), Elmadağ (1805 m), Beşparmak (1307 m) ve Büyük Çökelez (1340 m) Denizli ilinin diğer önemli dağları arasında yer almaktadır.

Isparta ilinin yeryüzü şekillerinin %68,4'ü dağlardan oluşmaktadır. Bölgenin önemli dağları Torosların kuzey uzantısı olan Kuyucak Dağları, Karakuş Dağları, Dedegöl Dağları ve doğu-kuzeydoğusunda bulunan Sultan Dağları bölgenin önemli dağları arasında yer almaktadır. Dağlar dik yamaçlara sahip uzun sırtlar şeklindedir. En önemli yükseltisi 1992 m rakımı ile Karakuş dağıdır [46].

3.1.2. Ovalar

Afyonkarahisar ilinin doğusundaki Emirdağlarının batı kısmında yaklaşık 1000 m rakıma sahip Afyonkarahisar ovası yer almaktadır. Afyonkarahisar ili sınırları içinde yer alan Sandıklı (Kumalar) Dağlarının batı kısmında ise Sincanlı ve Sandıklı ovaları bulunmaktadır. Bozdağ ile Maymun Dağlarının güneyi ile Acıgöl arasında Dazkırı-Dinar ovası bulunmaktadır.

Burdur ili çevresinde bulunan dağların arasında, eski kapalı havzaların dolmasıyla oluşan ovalar yer almaktadır. Ovalar dar ve derin boğazlar ile birbirinden ayrılmaktadır. Doğal görünüşleri bozkır şeklindedir. Ovalar Burdur il topraklarının yaklaşık olarak %19'unu kaplamaktadır. İlde bulunan ovaların tabanları eski göl yataklarında bulunmaktadır. Bu ovalar; Ağlasun, Burdur, Kestel, Bucak, Tefenni, Karamanlı, Gölhisar ve Yeşilova ovalarıdır.

Denizli ili düzlüklerini Çürüksu Vadisi ve Büyük Menderes boyunca kademeler halinde alçalan Kaklık, Baklan, Çardak, Çivril, Böceli, Sarayköy (Büyük Menderes) ve Denizli (Çürüksu) Ovaları ile yayla görünümüne Tavas, Acıpayam, Eksere Ovaları, Karayayla, Uzunpınar, Çameli, Şahman Sülaymaniye, Yoran, Kuyucak Yaylası oluşturur.

Isparta ilinin yeryüzü şekillerinin %16,8'ini ovalar oluşturmaktadır. En önemli alüviyal ovalar; Gelendost ovası (6961 ha), Yalvaç ovası (2697 ha), Senirkent ovası(13637 ha), Atabey ovası (14882 ha), Hoyran Ovası (3733 ha), Şarkikaraağaç ovası (16463 ha), Boğazova (2707 ha)'dır [46].

3.1.3. Platolar

Burdur ilinde yaylalar genellikle dağlar üzerinde bulunmaktadır. Kocayayla, Bayındır Yaylası, Başpınar Yaylası, Menekşeli Düz ve Eğneş Yaylaları ile Eşeler Yaylası başlıca yaylalar arasında yer almaktadır [46].

3.1.4. Göller

Afyonkarahisar ilinin güney batısında Acıgöl ve güneydoğusunda Akşehir Gölü yer almaktadır.

Burdur ilinde içleri su dolu çöküntü çanakları, mağaralar, vadiler ve dehlizler bölgenin doğal oluşumları arasında yer almaktadır. Yöre, bu doğal oluşumlardan dolayı aynı zamanda “Göller Bölgesi” adını almaktadır. Bölgede çok sayıda karstik kökenli göl vardır. İlin havza sınırları içerisinde kalan en büyük gölleri Burdur Gölü ve Salda Gölü'dür.

Denizli ilinin en büyük gölü Acıgöl'dür (Çardak Gölü). 44,32 km² yüz ölçümüne sahip olan Acıgöl, Afyon ilinin Dazkırı ilçesi ile Denizli ilinin Çardak ilçesi arasında yer alan

graben arazide temiz sodyum sülfat tuzunun elde edildiği bir göl olarak bilinmektedir. Doğal yapısıyla flamingo, ördek gibi pek çok türün yaşadığı bir bölgedir. Sodyum sülfat tuzu göl kenarında yer alan işletmeler değerlendirilmektedir.

Isparta ilinde tektonik ve volkanik hareketler sonucu oluşan çukurların zaman içinde su ile dolmasıyla göller oluşmuştur. Eğirdir Gölü, Isparta'da bulunan en büyük ve en önemli göldür. Ancak Eğirdir gölü Burdur havzası dışında yer almaktadır [46].

3.2. İklim Özellikleri

Afyonkarahisar Meteoroloji İstasyonu'nda ölçülen 65 yıllık verilere göre uzun yıllar içinde gerçekleşen yıllık ortalama sıcaklık Afyonkarahisar ilinde 11,3°C; Burdur ilinde 13,3°C; Denizli ilinde 16,2°C ve Isparta ilinde ise 12,2°C'dir.

Yıllık ortalama toplam yağış miktarı Afyonkarahisar ilinde 422,6 mm; Burdur ilinde 426,6 mm; Denizli ilinde 553,8 mm ve Isparta ilinde 543,6 mm'dir.

Afyonkarahisar iline en fazla yağış Mayıs ayında gerçekleşmiş olup ortalama 51,6 kg/m²; Burdur ilinde en fazla yağış Aralık ayında gerçekleşmiş olup ortalama 61,2 kg/m²; Denizli ilinde en fazla yağış Aralık ayında gerçekleşmiş olup ortalama 90,2 kg/m² ve Isparta ilinde en fazla yağış Aralık ayında gerçekleşmiş olup ortalama 84,3 kg/m²'dir.

Afyonkarahisar, Burdur, Denizli ve Isparta illerinin uzun yıllar içindeki en düşük sıcaklık, en yüksek sıcaklık, güneşlenme süresi, yağışlı gün sayısı ve aylık toplam yağış miktarı ortalamaları Çizelge 3.1'de yer almaktadır [46].

Çizelge 3.1. Afyonkarahisar, Burdur, Denizli ve Isparta illerinde uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1950 - 2014) [47]

Afyonkarahisar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	0,4	1,7	5,4	10,4	15,0	19,1	22,2	22,1	17,7	12,1	6,7	2,5
Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	4,6	6,5	11,0	16,4	21,1	25,6	29,3	29,5	25,2	19,0	12,6	6,7
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	-3,4	-2,5	0,2	4,4	8,1	11,3	13,8	13,7	10,0	5,9	1,7	-1,2
Ort. Güneşlenme Süresi (s)	3	4,1	5,1	6,3	8,2	10,1	11,2	10,6	8,5	6,3	4,5	2,5
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	12,6	11,9	12,5	11,9	12,1	7,5	3,9	3,1	4,3	7,6	8,8	12,6
Aylık Top. Yağ. Mik. Ort. (kg/m ²)	42,2	37,7	43,7	46,3	51,6	35,1	19,4	11,2	19,7	37,5	32,9	45,3

Burdur	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	2,7	3,8	7,0	11,7	16,5	21,2	24,7	24,5	19,9	14,2	8,6	4,4
Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	6,9	8,7	12,7	17,7	23,0	28,1	31,9	32,2	27,8	21,3	14,2	8,4
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	-0,8	-0,3	2,1	6,2	10,2	14,0	17,1	17,0	12,9	8,4	4,0	1,0
Ort. Güneşlenme Süresi (s)	3,5	4,6	5,6	7,6	9,0	11,6	11,5	11,0	9,2	7,1	5,3	3,1
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	11,3	9,9	10,2	10,1	10,0	6,0	2,9	2,1	3,3	6,3	7,3	11,3
Aylık Top. Yağ. Mik. Ort. (kg/m ²)	55,4	41,2	44,8	45,5	43,3	27,8	12,3	7,1	15,1	34,3	38,6	61,2

Denizli	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	5,9	7,0	10,1	14,6	19,8	24,6	27,5	26,9	22,4	16,8	11,4	7,6
Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	10,5	12,1	15,8	20,7	26,3	31,3	34,4	34,3	29,9	23,7	17,3	12,2
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	2,3	2,8	5,2	9,0	13,1	17,3	20,0	19,7	15,6	11,3	7,0	4,0
Ort. Güneşlenme Süresi (s)	3,5	4,3	5,4	6,6	9,1	11,1	11,6	11,0	9,2	6,5	5,0	3,3
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	11,5	10,8	10,9	10,3	8,7	4,8	2,0	1,7	3,0	5,8	7,6	12,4
Aylık Top. Yağ. Mik. Ort. (kg/m ²)	87,1	72,6	61,1	53,4	41,2	24,1	13,3	7,8	13,2	34,5	55,3	90,2

Isparta	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	1,9	2,9	6,1	10,8	15,5	20,1	23,5	23,2	18,6	12,9	7,4	3,5
Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	6,4	7,8	11,6	16,5	21,6	26,6	30,3	30,5	26,4	20,3	13,7	8,1
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	-1,8	-1,3	1,0	4,9	8,6	12,4	15,4	15,1	10,8	6,6	2,4	-0,2
Ort. Güneşlenme Süresi (s)	3,5	4,5	6,6	6,5	8,4	10,4	11,4	11,1	9,4	7,1	5,3	3,3
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	12,4	11,1	11,1	10,8	10,7	6,7	3,0	2,2	3,6	6,6	7,9	12,2
Aylık Top. Yağ. Mik. Ort. (kg/m ²)	76,9	62,6	56,0	53,1	53,4	31,5	14,5	10,7	16,9	37,7	46,0	84,3

3.3. Sosyal Durum

Burdur Havzası'nda Antalya, Afyonkarahisar, Burdur, Denizli ve Isparta illerinin bir bölümü yer almaktadır. Havza, Isparta ilinin Keçiborlu, Atabey, Gönen; Burdur ilinin Merkez, Karamanlı, Kemer, Tefenni, Yeşilova; Denizli ilinin Çardak, Afyonkarahisar ilinin Evciler, Başmakçı, Dazkırı ilçelerini kapsamaktadır. Antalya'nın havza içerisinde kalan bölümünde Korkuteli ilçesinin bir bölümü bulunmaktadır. Antalya'da Korkuteli'nin havza içerisinde kalan bölümünde yerleşim yeri yoktur.

Türkiye İstatistik Kurumu tarafından 2015 yılında gerçekleştirilen Adrese Dayalı Nüfus Sistemi'ne göre havza sınırları içerisinde; 28991 kişi Afyonkarahisar'da, 135085 kişi Burdur'da, 11879 kişi Denizli'de, 31279 kişi Isparta'da yaşamaktadır. Bu durumda havzanın nüfusu toplam 207234 kişi olmaktadır. Havzanın nüfusu, Türkiye nüfusunun

%0,26'sını oluşturmaktadır. Havzada yer alan yerleşim yerlerinin nüfus durumu Çizelge 3.2'de yer almaktadır [46].

Çizelge 3.2. Havzadaki yerleşim yerlerinin nüfus durumu

2015 Nüfusu				
Yerleşimin Adı	İlçe	Köyler	Toplam	<u>Havzadaki Nüfus</u> <u>Havza Nüfusu</u>
Afyonkarahisar	14071	14920	28991	0,14
Burdur	97629	37456	135085	0,65
Denizli	4440	7439	11879	0,06
Isparta	21413	9866	31279	0,15
TOPLAM	137553	69681	207234	

3.4. Tarım

Havzada ekilen alan yaklaşık 1753863 dekadır. Ekili alan Afyonkarahisar'da 349001 da; Burdur'da 955710 da; Denizli'de 99626 da; Isparta'da 349526 da'dır.

Afyonkarahisar ili, Başmakçı ilçesinin başlıca tarım ürünleri arpa, buğday, şekerpancarı ve haşhaştır. İlçede gül yetiştiriciliği de gelişmiştir. Tavukçuluk ekonomik bakımdan önemli gelir kaynakları arasında yer almaktadır. Türkiye'nin yaklaşık %10'luk yumurta ihtiyacı Başmakçı ilçesi tarafından karşılamaktadır. Dazkırı ve Evciler ilçelerinde de ekonomi tarıma dayalı olup buğday, arpa şekerpancarı üretimi ilk sıralarda yer almaktadır. Bunun yanında gül yetiştiriciliği yapılmaktadır. Afyonkarahisar ilinde havzada kalan kısımda ekilen alan yaklaşık 349001 dekadır.

Burdur'da nüfusun yaklaşık %61'i tarım sektörü ve ormancılık alanlarında istihdam edilmektedir. Sektördeki istihdamın yaklaşık %98,4'ü ise tarım iş kolunda yoğunlaşmaktadır. Nüfusu tarım ve hayvancılıkta yoğunlaşmış olan Burdur'un kişi başına düşen hayvansal ve bitkisel ürün değeri Türkiye ortalamasının üstünde yer almaktadır.

Burdur Gölü'nün yakın çevresinde tarım yapılmaktadır. Başlıca tarım ürünleri, üzüm, hububat, sebze, meyve, badem, susam, şekerpancarı, haşhaş ve kendirdir. Yörede gülcülük de yapılmaktadır. Oldukça değerli bir ürün olan gülün yağı, besin ve parfüm gibi endüstrilerde kullanılmaktadır. Kuzey ve kuzeydoğuda gül tarlaları fazladır. İlde havzada kalan kısımda ekilen alan yaklaşık 955710 dekadır.

Denizli'nin Çardak ilçesinde tahıl alanları, sebze ve meyve bahçeleri bulunmaktadır. İlde havzada kalan kısımda ekilen alan yaklaşık 99626 dekadır.

Isparta'nın Gönen ilçesindeki işlenebilir tarım arazisi 108810 dekadır ve bu alanın 27340 dekarı sulanabilmektedir. İlçe ekonomisini etkileyen ürünlerin başında elma yetiştiriciliği gelmektedir. Tarımsal yönden önemli diğer bir ürün ise güldür. Gül üretimi Gönen'in merkezinde ve Güneykent beldesinde yoğunluk kazanmıştır. Keçiborlu, Atabey ve Gönen ilçelerinde organik tarım olarak gül üretimi yapılmaktadır ve tamamen ihraç ürünü olduğundan arttırılmasına çalışılmaktadır. Keçiborlu'da tarımsal işletme olarak Gül İşletmeleri bulunmaktadır. İlde havzada kalan kısımda ekilen alan yaklaşık 349526 dekadır [46].

3.5. Sanayi

Havzadaki sanayi merkezleri Burdur ve Süleyman Demirel organize sanayi bölgesinde yoğunlaşmıştır.

Burdur organize sanayi bölgesinde küçük sanayi kuruluşları yer almaktadır. Burdur il merkezinde bulunan büyük sanayi kuruluşları ise havzadaki tarımsal ürünleri değerlendirmektedir.

Burdur OSB, 85 hektar büyüklüğünde olup bölgede 57 adet sanayi parseli yer almaktadır. Parsellerin 51 tanesi üretim aşamasında, 2 tanesi inşaat aşamasında, 4 tanesi ise proje aşamasındadır. Üretimde olan parseller içerisinde yaklaşık 1550 kişi istihdam edilmektedir. Ağırlıklı sektör grubu, elektriksiz makineler, gıda ve pişmiş kil sanayidir. OSB'de mermer, hayvancılık ve gıda sektörü ilk üç sıradadır. Süt ve süt ürünleri ile kot dikim fabrikaları en çok su tüketen fabrikalardır.

Süleyman Demirel organize sanayi bölgesi 252 hektar büyüklüğündedir. OSB'de yer alan 84 tane sanayi parselinin, 67 tanesi tahsis edilmiş olup tahsis edilen parsellerden; 41 tanesi üretim aşamasında, 20 tanesi inşaat aşamasında, 6 tanesi ise proje aşamasındadır. Üretimde olan parseller içerisinde yaklaşık 1370 kişi istihdam edilmektedir. Ağırlıklı sektör grubu; orman ürünleri, dokuma-giyim ve gıda sanayidir. OSB'de ilk beşi sırasıyla tekstil, ahşap, metal, gıda ve plastik sektörleri oluşturmaktadır [46].

3.6. Ticaret

Başlıca gelir kaynağı tarım ve hayvancılık olan Afyonkarahisar ilinde arpa, buğday ve ayçiçeği ekimi oldukça fazla olmaktadır. Baklagil, haşhaş ve şeker pancarı da tarım ürünleri arasında yer almaktadır. Afyonkarahisar ilinde üretilen haşhaşın içerisinde %12 oranında morfin bulunmaktadır. Bu miktar dünya sıralamasında birincidir. İl'in çeşitli bölgelerinde çok kıymetli taş ocakları bulunmaktadır. Ortasivri, Ilıpınar, Ciritkaya, Ayazin, Kale, Kızılburun ve Topuzlu bu kıymetli ocaklardan bazılarıdır. Yaklaşık beş milyar metreküp mermer rezervine sahip olan Afyonkarahisar'ın en büyük tabii zenginliği mermerciliklerdir. Soma ve İşcehisarda yer alan ocaklar M.Ö. 10. asırdan beri işletilmektedir.

Afyon mermeri işlenerek yurtdışına satıldığında Türkiye ekonomisine önemli katkılarda bulunabilir. Günümüzde İtalya Afyon'dan işlenmemiş mermeri alıp işleyerek diğer ülkelere ihracat yapmaktadır. Afyon, sanayi bakımından yakınındaki illere göre sanayisi daha geride kalmış olsa da son senelerde sanayisi hızla gelişmektedir. Afyon'da dokumacılık, halıcılık ve küçük el sanatları da yaygındır.

Ekonomisi daha çok tarıma dayanan Burdur'daki nüfusun %75'i, geçimini tarım, ormancılık hayvancılık ve balıkçılıkla sağlamaktadır. Burdur'da en çok tahıl üretilmekte olup gül yetiştiriciliği de oldukça yaygındır. Türkiye gül yağı üretiminin yüzde %85'i Isparta ilinden gerçekleşirken %15'i Burdur'dan sağlanır. Anason Türkiye'de en çok Burdur da yetişmektedir.

Burdur'un sanayisi hızlı bir şekilde gelişmekte olup şeker fabrikasından süt fabrikalarına, traktör fabrikalarından çiçek ve nebâtât esansları fabrikalarına kadar birçok sektörde üretim yapılmaktadır. Ayrıca mobilya sanâyi de oldukça gelişmiştir.

Denizli ilinin de ekonomisi Burdur'a benzer bir şekilde tarıma dayanmaktadır. Denizli'deki nüfusun %70'i, geçimini tarım, ormancılık ve balıkçılıkla sağlamaktadır. Toprakları tarıma oldukça elverişli olan Denizli ilinde arpa, mısır, haşhaş, buğday, üzüm gibi birçok ürün yetiştirilmektedir. Üzüm'e ilave olarak şeftali, kiraz, elma, armut ve nar da bol miktarda yetişmektedir. Sanayisi hızla gelişen Denizli'de dokuma ve metal sanâyi ön sıralarda yer almaktadır. Yakın bir zamanda Denizli ilinin bir sanâyi merkezi haline gelmesi beklenmektedir.

Isparta'nın da ekonomisi büyük ölçüde tarıma dayanmaktadır. Oldukça kıymetli olan gülyaağının imalatı en çok Isparta'da yapılmaktadır. Gülyaağı imalatını gerçekleştirmek için gerekli olan Türkiye gül bahçelerinin %80'i Isparta'da yer almaktadır. Yılda üretilen iki milyon kilo gül çiçeğinden yaklaşık %0,3 kadar gülyaağı elde edilmekte, bu miktarın da büyük bir kısmı dışarıya ihraç edilmektedir. İlde halıcılık ve kükürt işletmeciliğı de oldukça önemlidir. Türkiye'de en fazla kükürt Isparta'dan temin edilmektedir. Türkiye'de bilinen kükürt rezervlerinin %80'i Isparta'dadır ve en büyük kükürt işletmeleri de bu ildedir. Hemen hemen her köy ve ilçesinde dokuma tezgâhları olan Isparta'da halıcılık ve dokumacılık sanayisi başlıca sanayi kolları arasında yer almaktadır [46].

3.7. Turizm

3.7.1. Göl turizmi

Bölgenin turizm açısından en önemli gölleri Burdur ve Salda gölleri ile Karacaören ve Yapraklı baraj gölleridir.

Burdur Gölü

En derin noktası 110 m, uzunluğu 34 km ve yüzölçümü 186 km² olan Burdur Gölü, oldukça geniş bir havzada yer almaktadır. İçerisinde endemik bir balık türü olan *Aphanius Burduricus* barındıran Burdur Gölü, başta flamingo kuşları ve dikkuyruk ördekleri olmak üzere birçok kuş türüne konaklama imkânı sunmaktadır.

Salda Gölü

Salda gölü tektonik kökenli bir göldür. Göl, Türkiye'nin en derin gölleri arasında yer almaktadır. Derinliğı 185 m, yüzölçümü 125 km² olan Salda Gölü'nün çevresi 1989 yılında Doğal Sit Alanı olarak kabul görmüştür. İçerisinde kamp alanları da bulunduran Salda Gölü günümüzde oldukça fazla turist çekmektedir.

3.7.2. Mağara turizmi

İnsuyu Mağarası

1965 yılında turizme açılan İnsuyu Mağarası'nın uzunluğu 597 m, rakımı 900 m'dir. Mağara içerisinde karstik yapının zamanla erimesinden dolayı sarkıt ve dikitler meydana gelmiştir. Burdur'a yaklaşık 13 km mesafede bulunan mağara 1976 yılında Kültür Bakanlığı'nın kararı ile doğal sit alanı olarak kabul edilmiştir.

Seferyitiği Mağarası

Girişi oldukça zor olan ve içerisinde eşsiz sarkıt ve dikitler bulunan Seferyitiği mağarası yeni keşfedilmiş olup İncir Kervansarayının kuzey tarafında yer almaktadır.

Kızılın Mağarası

Girişi oldukça dar ve çöküntü kayalardan oluşan Kızılın Mağarası, İnsuyu Mağarasına kuş uçuşu yaklaşık 2 km mesafede yer almaktadır. Mağara içerisinde bulunan galerilerde iskelet, kap ve kap parçaları, kömür, kül kalıntılarına rastlanmıştır. Bu sebeple mağaranın Tunç döneminde yaşam ve gömü alanı olarak kullanıldığı düşünülmektedir.

3.7.3. Dağ turizmi

Burdur ili kış turizmine uygun arazi yapısına sahiptir. İl sınırları içerisinde Kumar ve Kestel yaylaları, Eşeler yaylası, Böğrüdelik yaylası, Kozpınarı yaylası gibi önemli yaylalar bulunmaktadır.

Afyonkarahisar, kaplıca ve ılıca yönünden Türkiye'de önemli bir konumdadır. Son yıllarda termal turizme yönelik ilgi artmış bu sebeple Afyonkarahisar'da da termal turizme yönelik yatırımlar artmıştır. Kaplıcaları, zengin Tabiat yapısı, tarihî eserleri, alternatif turizm çeşitliliği, kültür ve inanç turizmi festival ve şenlikler gibi çeşitli turizm değerlerine sahip olan Afyonkarahisar, Anadolu'nun batı yakasında bir kavşak noktası olup, doğuyu batıya, kuzeyi güneye bağlayan tabiî bir kapı konumundadır. Bu yüzden turizm potansiyeli yönüyle ülkemizin sayılı illeri arasındadır [46].

4. METODOLOJİ

4.1. WEAP (WATER EVALUATION AND PLANNING SYSTEM) Modeli

WEAP (Su Kaynakları Değerlendirme ve Planlama Sistemi), mevcut su talebi ve teminine ait dinamiklerin sürdürülebilirliğinin ve alternatif senaryoların uzun süreler için değerlendirilmesi amacıyla esnek, bütünleşik ve şeffaf bir planlama aracı olarak 1988 yılında oluşturulmuştur. WEAP su kaynakları planlamasında entegre yaklaşımı esas alan bir programdır. Program Stockhol Enviromental Institute (Stockholm Çevre Enstitüsü) (SEI) tarafından geliştirilmiş olup WEAP'in ilk büyük uygulaması Aral Denizi bölgesinde 1989 yılında gerçekleştirilmiştir [48].

WEAP yazılımı, entegre su kaynaklarının yönetiminde havza su hidrolojisini verimli bir şekilde planlamayı hedeflemektedir. Program sayesinde mevcut havza bilgileri programa girilerek çeşitli senaryolara göre su bütçeleri hesaplanabilmekte ve yönetim analizleri yapılabilmektedir.

Program kullanıcılarına, esnek ve genişletilebilir bir veri tabanı yapısı, CBS tabanlı grafiksel ara yüzü, kullanıcı tanımlı değişken ve denklemler, su tahsis denklemlerini içeren lineer çözüm programları, hazır fonksiyonlar ile modelleme yapabilme, grafik tablo ve harita içeren güçlü bir raporlama sistemi gibi imkânlar sunmaktadır.

Yazılıma veri girişinde bir hata olması durumunda kolay bir şekilde veri ara yüzüne gidilerek doğru veri programa işlenerek hesaplamalar yapılabilir. Program sayesinde kısa sürede sonuç alınabilmekte ve kullanıcının merak ettiği çeşitli sorulara cevap vermektedir. Bu sorulara örnek verilecek olunursa WEAP yazılımı ile;

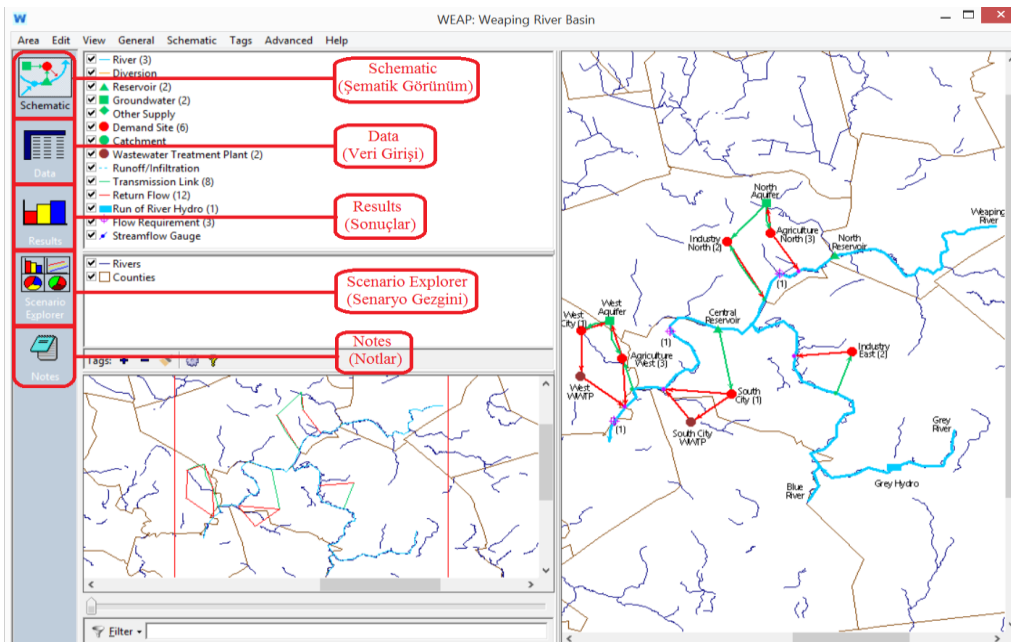
- Eğer nüfus artışı ve ekonomik gelişme örüntüsü değişirse ne olur?
- Eğer hazne işletme kuralları değiştirilirse ne olur?
- Eğer yeraltı suyu kaynakları tümüyle tüketilirse ne olur?
- Eğer su kaynaklarını koruma programları uygulanırsa ne olur?
- Eğer artık yüzeysel suların yeraltı akiferlerinde depolanmasını öngören bir birleşik su kullanımı programı uygulanırsa ne olur?

- Eğer suyun geri dönüştürülerek tekrar kullanılmasını amaçlayan bir program uygulanırsa ne olur?
- Eğer daha verimli sulama teknikleri kullanılırsa ne olur?
- Eğer tarımsal ürün deseni değişirse ne olur?
- Eğer iklim değişikliği talep ve arzı değiştirirse ne olur?
- Membadaki kirlilik mansap su kalitesini nasıl etkiler?
- Arazi kullanımındaki değişimler akımları nasıl etkiler?

gibi sorulara cevap bulunabilmektedir [48].

Program İngilizce temelli bir program olup yazılım içerisinde yer alan kullanıcı dilini değiştirme sekmesiyle Arapça, Çince, Farsça, Fransızca, Yunanca, Korece, Portekizce, Rusça, İspanyolca ve Tayca (Tay dili) alternatifleri de bulunmaktadır. Programda Türkçe de dâhil olmak üzere bazı dillerin tamamının çevirisi yapılmamıştır. Yazılımın çalışması için Windows XP ve üzeri bir işletim sistemi ile 256 MB ve üzeri RAM yeterli olmaktadır. Programın analiz süresi kullanılan bilgisayar özelliklerine ve oluşturulan modele bağlı olarak değişmekle birlikte analizler genel olarak kısa bir sürede tamamlanmaktadır.

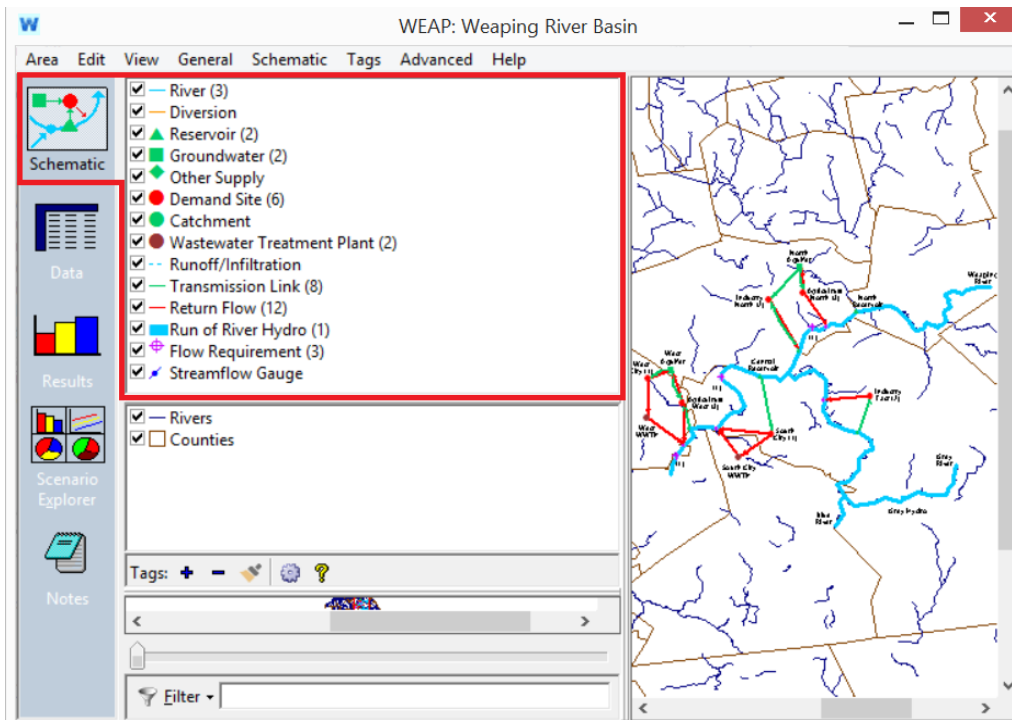
WEAP yazılımı beş adet sekmeden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi Schematic (Şematik Görünüm) ikincisi Data (Veri Girişi), üçüncüsü Results (Sonuçlar), dördüncüsü Scenerio Explorer (Senaryo Gezini) ve sonuncusu Notes (Notlar) kısmıdır (Bkz. Resim 4.1).



Resim 4.1. WEAP programının sekme tanımlaması

4.1.1. Şematik görünüm sekmesi

Havza modellemesi bu sekmeden gerçekleştirilmektedir. Yazılım CBS tabanlı bir arayüze sahip olduğundan modelleme yaparken sistem elemanlarının oluşturulması ve yerleştirilmesi için bu özellikten faydalanılabilmektedir. Yazılım, modelleme yaparken sulama, içme suyu gibi talep bölgeleri (demand sites), nehir (river), baraj (reservoir), yeraltı suyu (groundwater), iletim hattı (transmission link), dönen akış (return flow) sekmelerinden sürükle-bırak metoduyla modelleme yapmaya imkân sunmaktadır. Şematik görünüm sekmesi Resim 4.2'de yer almaktadır [48].



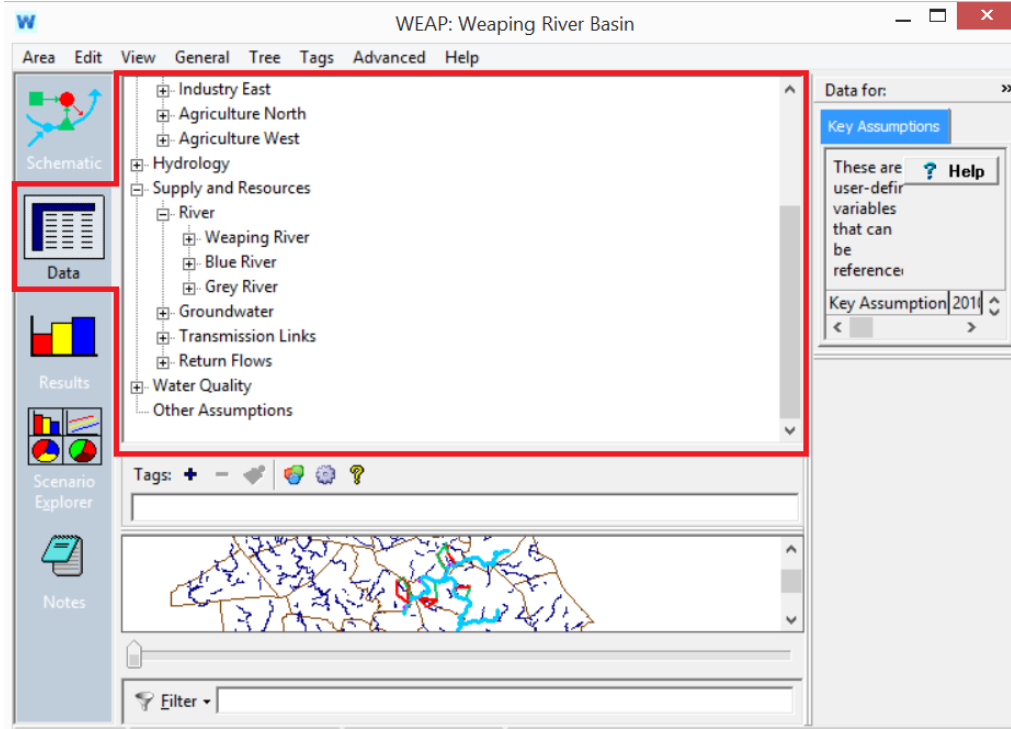
Resim 4.2. WEAP programının şematik görünüm sekmesi

4.1.2. Veri girişi sekmesi

Bu kısım şematik olarak oluşturulan modele veri girişi yapmayı sağlayan sekmedir. Bu sekmeden, havzada yer alan yerleşim bölgelerindeki insan sayısından organize sanayinin kullandığı su miktarına, tarım bölgelerinde ihtiyaç duyulan sulama miktarından havzada mevcut bulunan yeraltı suyu miktarına, yeraltı suyundan çekilen su miktarından içme ve kullanma suyundan arıtılan suyun dönerek nehirlerle aktarılan su miktarına, havzada yer alan nehirlerin akış miktarlarından havzaya geri dönen su miktarlarında olan kayıplara, barajlarda yer alan rezervuar kapasitesinden barajların hacim satıh grafiklerine kadar

havzada yer alan ne kadar veri varsa bu kısımdan programa girdi yapılmaktadır (Bkz. Resim 4.3).

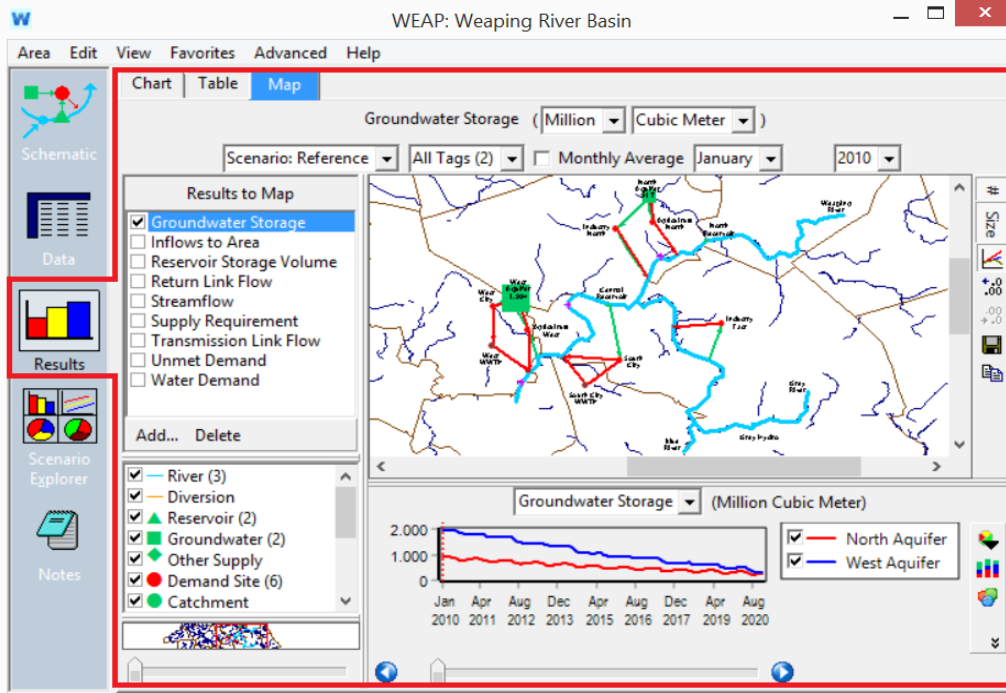
Geleceğe yönelik senaryolar oluşturulurken yazılımın veri tabanında yer alan matematiksel formüllerden de faydalanılabilmektedir. Ayrıca Excel'de yer alan tablolar kolay bir şekilde programa aktarılabilmektedir [48].



Resim 4.3. WEAP programının data sekmesi

4.1.3. Sonuçlar sekmesi

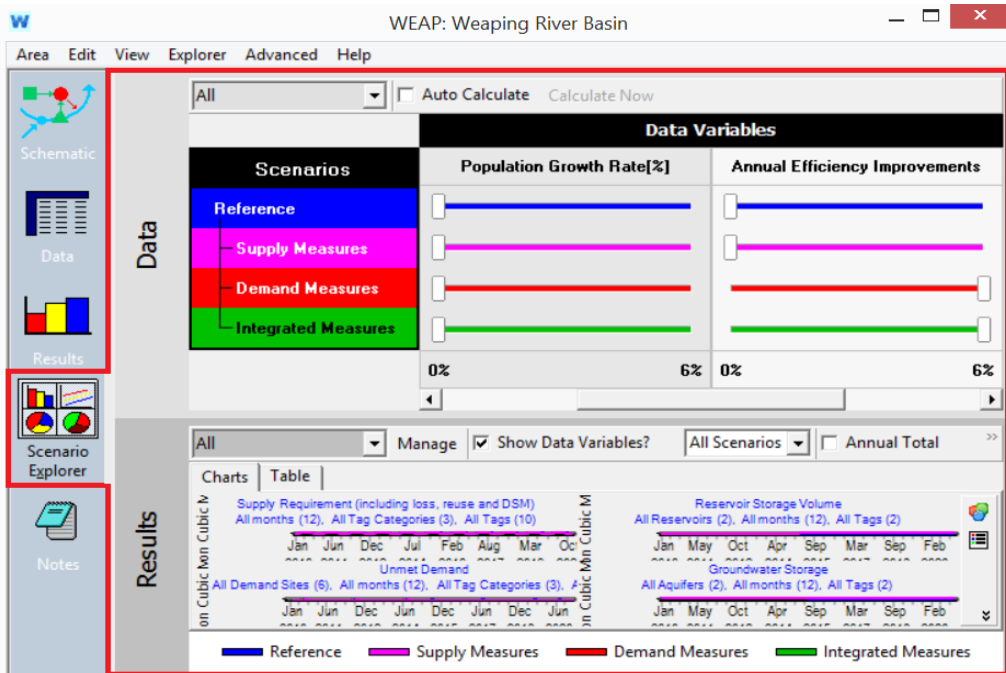
Bu sekmede oluşturulan ve verileri tanımlanan modelin analiz sonuçları yer almaktadır. Modelin tüm çıktıları ayrıntılı bir şekilde grafikler ve tablolar üzerinde görüntülenebilmektedir. Grafik ve harita formatları sonuçların zaman bazlı animasyonlu şekilde görüntülenmesine olanak sağlamaktadır [48] (Bkz. Resim 4.4).



Resim 4.4. WEAP programının sonuçlar sekmesi

4.1.4. Senaryo gezgini / araştırmacısı sekmesi

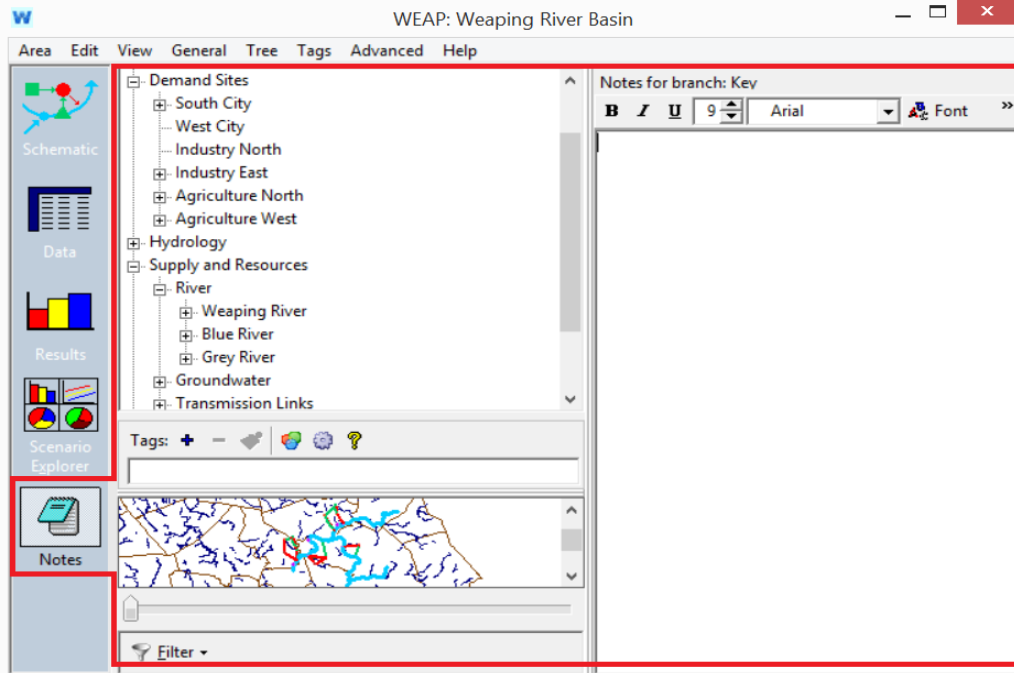
Veri girişlerinin ve sonuçların gösterildiği, hızlı bir özet grafik grubu gösteren sekmedir. Bu kısımda verilerdeki değişikliklerin sonuçları nasıl etkilediği kolay bir şekilde görülebilmektedir [48] (Bkz. Resim 4.5).



Resim 4.5. WEAP programının senaryo gezgini / araştırmacısı sekmesi

4.1.5. Notlar sekmesi

Bu kısımda elde bulunan veriler ve yapılan kabuller belge haline getirilebilmektedir [48] (Bkz. Resim 4.6).



Resim 4.6. WEAP programının notlar sekmesi

4.2. WEAP Modelinin Oluşturulması

Burdur gölü havzasına ait hidrolojik veriler Şubat 2017 tarihli "Burdur Havzası Master Plan Nihai Raporu"ndan alınmıştır [46]. Veri girişleri yapılan havza elemanları özetlenirse;

4.2.1. Talep bölgeleri

1. Sulama

- Karamanlı Sulaması
- Bademli Sulaması
- Karataş Sulaması
- Karaçal Sulaması

2. İçme Suyu

- Burdur İli İçme Suyu
- Kemer İlçesi İçme Suyu

- Keçiborlu İlçesi İçme Suyu
- Karamanlı İlçesi İçme Suyu
- Tefenni İlçesi İçme Suyu
- 3. Organize Sanayi Bölgesi
- Burdur Organize Sanayi Bölgesi
- Isparta Süleyman Demirel Organize Sanayi Bölgesi

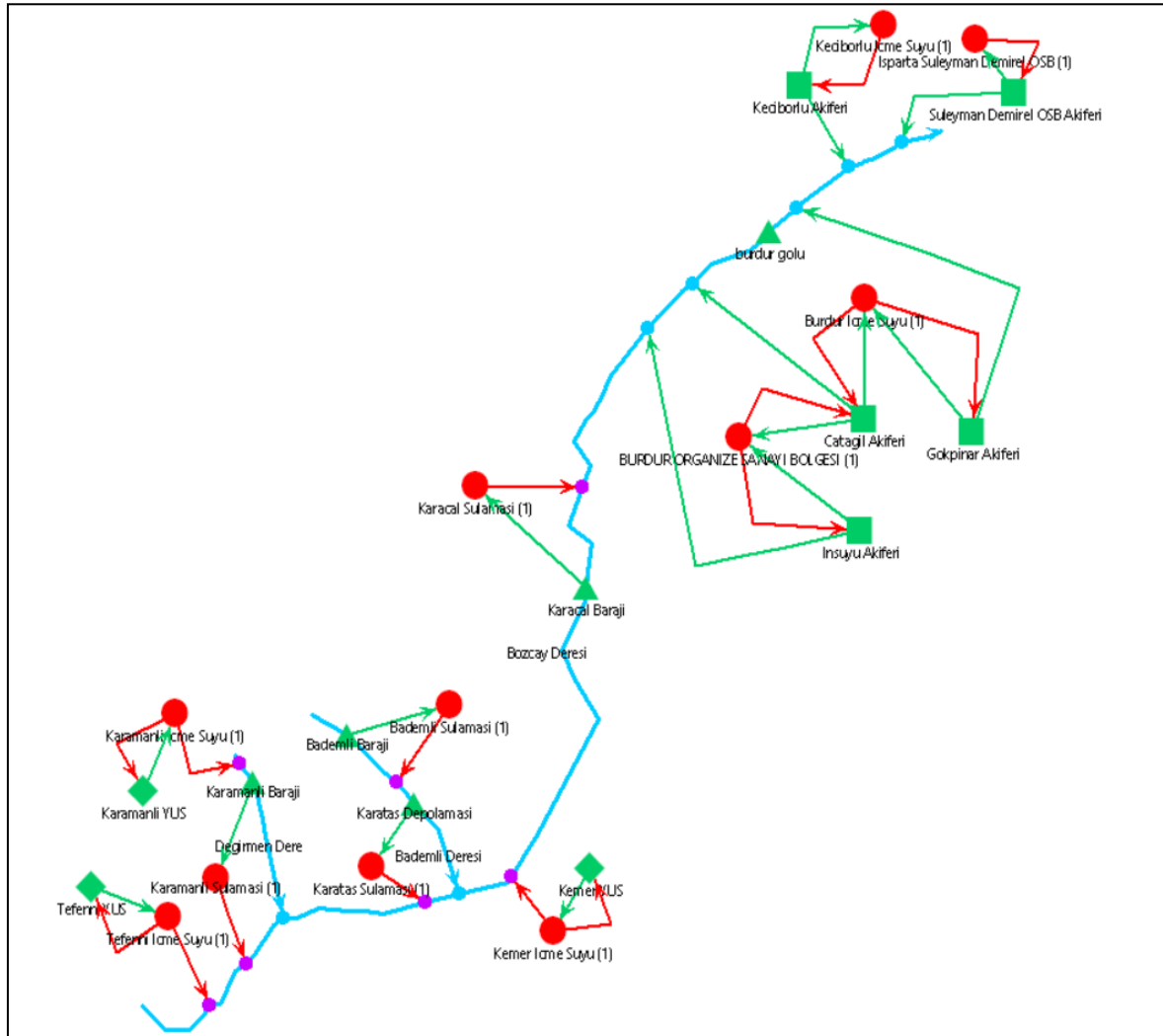
4.2.2. Kaynaklar

1. Nehir
 - Bozçay Deresi (Eren Çayı)
 - Değirmen Dere
 - Bademli Deresi
2. Yeraltı Suyu
 - Çatağıl Akiferi
 - İnsuyu Akiferi
 - Gökpınar Akiferi
 - Keçiborlu Akiferi
 - Süleyman Demirel Organize Sanayi Bölgesi Akiferi
3. Yerüstü Suyu
 - Karamanlı YÜS
 - Tefenni YÜS
 - Kemer YÜS

4.2.3. Depolama Tesisleri

1. Barajlar
 - Karamanlı Barajı
 - Karaçal Barajı
 - Bademli Barajı
 - Karataş Depolaması
2. Göller
 - Burdur Gölü

Yukarıda yer alan birimler WEAP modeli olarak oluşturulmuştur [46]. Söz konusu WEAP modeli Şekil 4.1'de yer almaktadır.



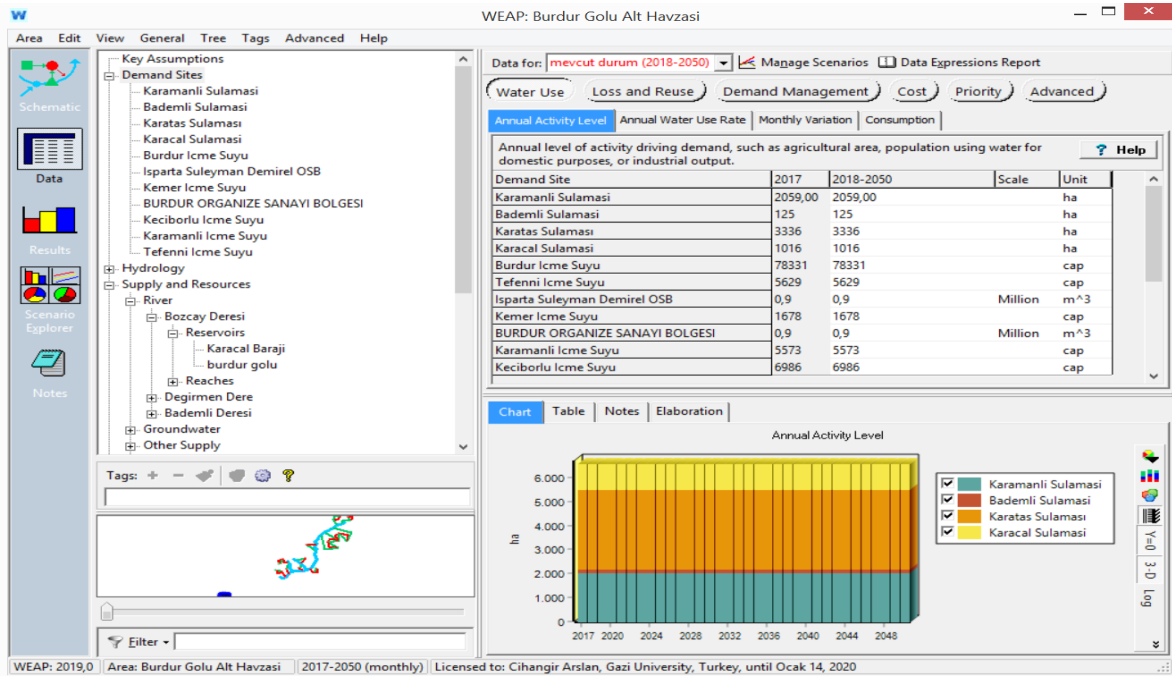
Şekil 4.1. Burdur gölü alt havzası WEAP modeli

4.3. WEAP Modeline Ait Verilerin İşlenmesi

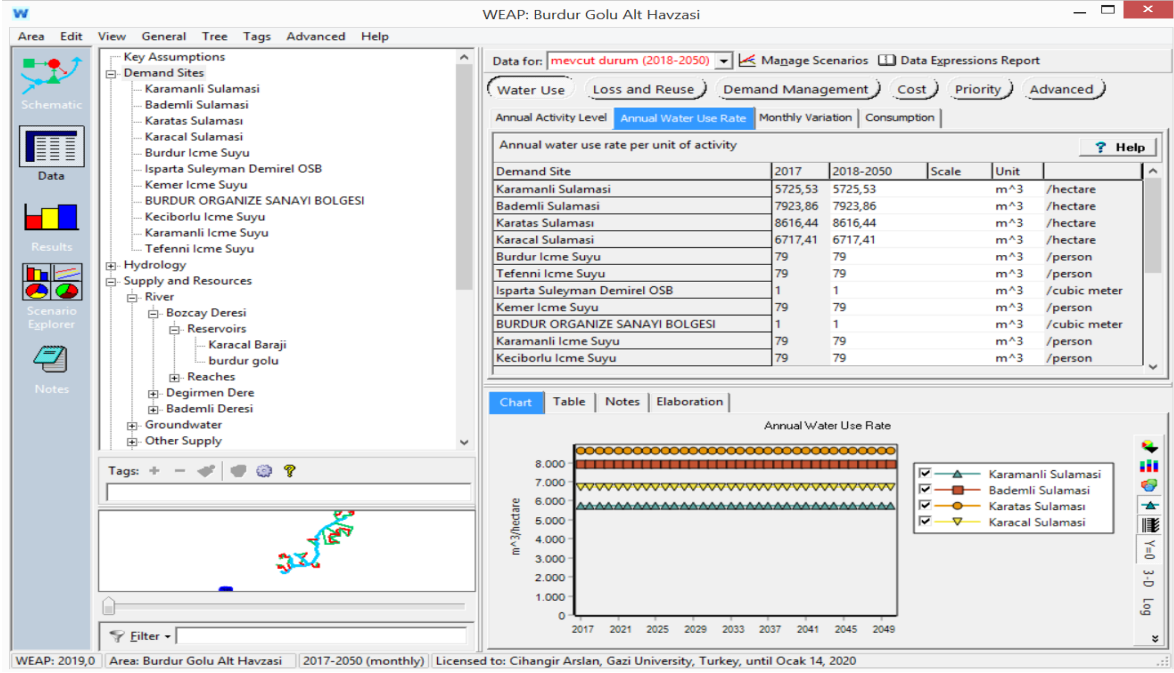
Havzada yer alan birimlere ait veriler havzada bulunan meteoroloji istasyonlarından alınmıştır. Havzadaki meteoroloji istasyonları, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (MGM) ile Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından işletilmektedir. MGM tarafından işletilen istasyonlarda ihtiyaç olan parametrelere bağlı olmakla birlikte, genellikle yağış, sıcaklık, buharlaşma, nem, rüzgâr ve basınç ile güneşlenme miktarı gözlemleri yapılmaktadır. DSİ istasyonlarında ise, genellikle yağış ve buharlaşma gözlemleri yapılmaktadır.

Çalışma kapsamında eldeki verilerle senaryo 1 (mevcut durum) oluşturmuş daha sonra belirli kabuller yapılarak senaryo 2 (iyimser durum) ve senaryo 3 (kötümser durum) çalışılmıştır.

Senaryo 1 (mevcut durum) oluşturulurken talep bölgelerinden sulama suyu ihtiyaçları için master plan raporundan alınan yıllık su ihtiyaçları programa işlenmiştir. İçme suyu ihtiyacı için havzada yer alan nüfus miktarı her yerleşim birimi için ayrı ayrı girilmiştir. Ayrıca organize sanayi için gerekli olan su miktarları da programda yer almaktadır (Bkz. Resim 4.7 ve Resim 4.8).

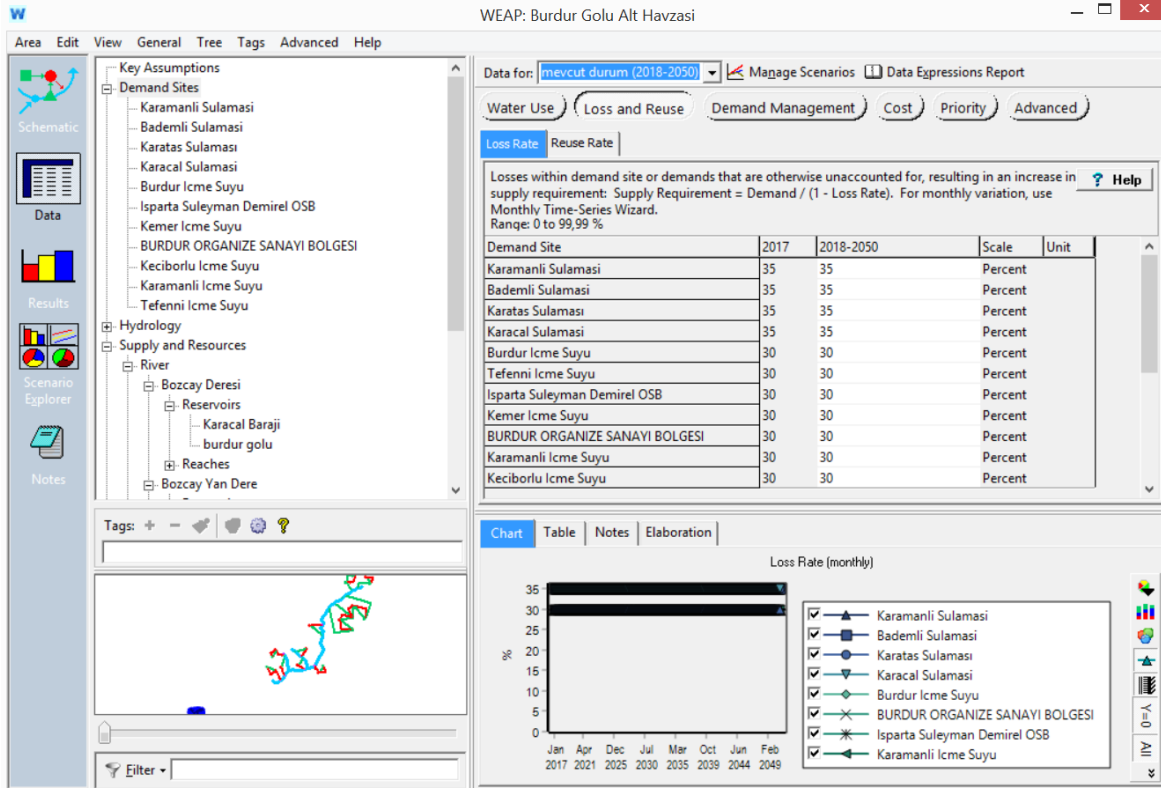


Resim 4.7. Burdur gölü havzası talep bölgeleri WEAP veri girişi



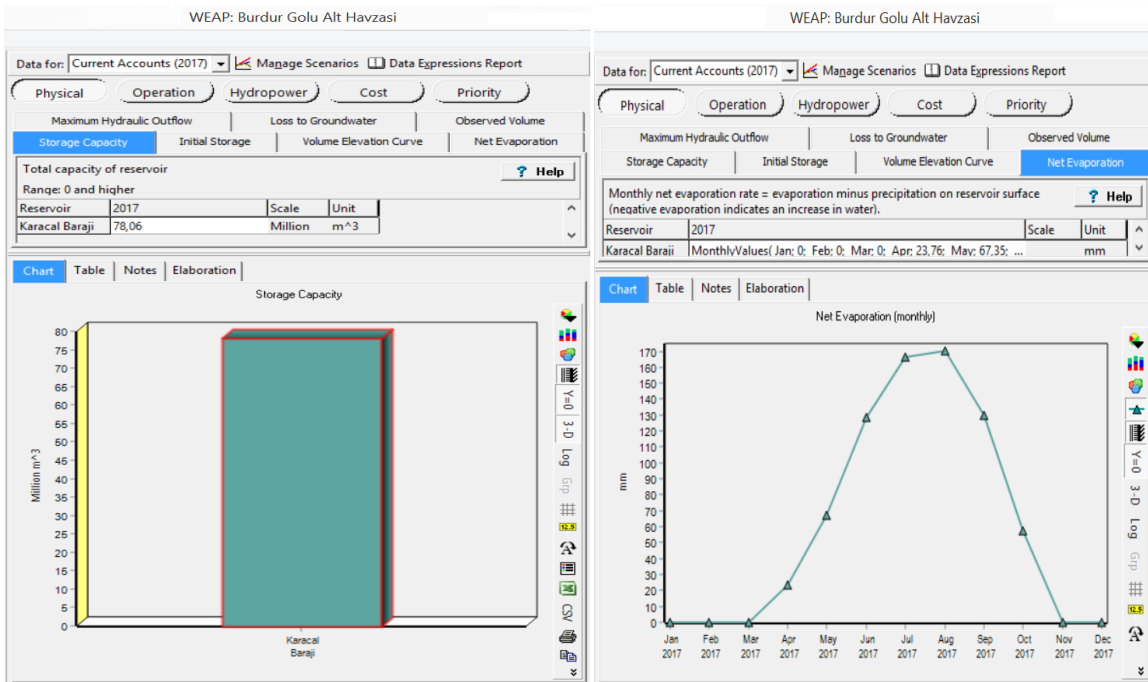
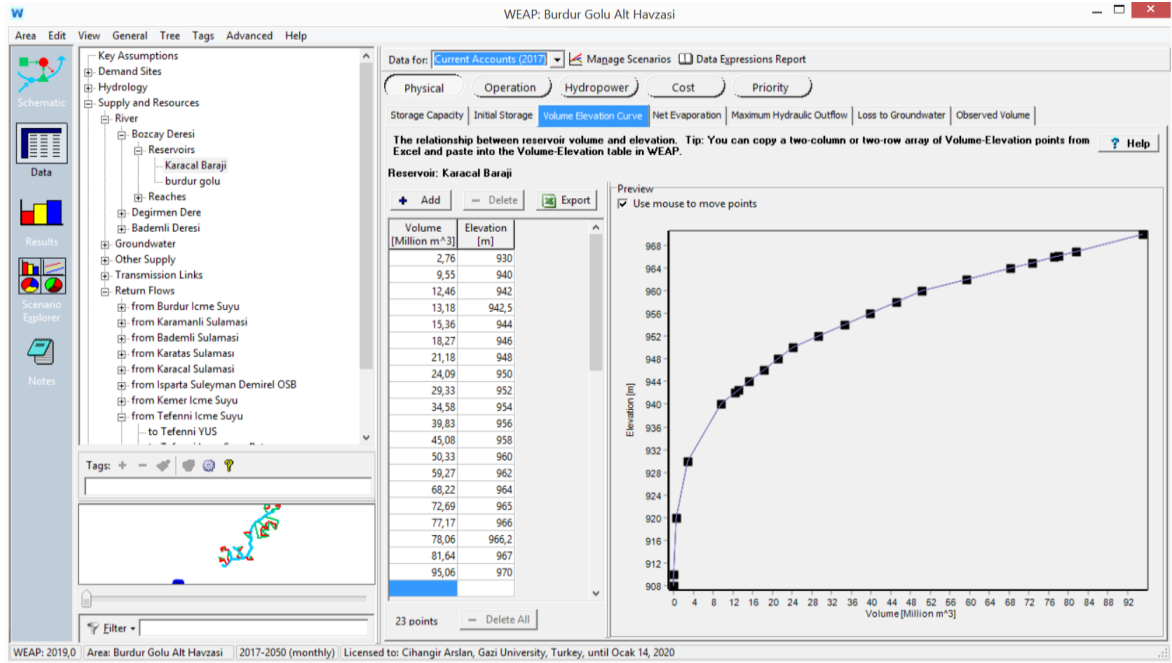
Resim 4.8. Burdur gölü havzası talep bölgelerinin su kullanım miktarları

Bilindiği üzere ana borulardaki çatlaklardan veya servis / vana bağlantılarından kaynaklı problemlerden dolayı su iletiminde fiziksel kayıplar meydana gelmektedir. WEAP programı bu kayıpları göz önünde bulunduracak bir tasarım yapmaya olanak sağlamaktadır. Dünyanın çeşitli bölgelerinde işçilik / malzeme kalitesi / toprak özellikleri gibi etkenlerden dolayı kayıp oranları değişiklik göstermektedir. Örneğin ABD'nin Boston şehrinde %33, İngiltere genelinde %24, Almanya'da %12 oranında su kaçakları bulunmuştur. Türkiye'de bu oran %30 ile %45 arasında değişkenlik göstermektedir. Bu çalışma kapsamında borulardaki kayıp kaçak oranı mevcut durumda sulama şebekeleri için %35, içme suyu ve sanayi suyu şebekeleri için %30 alınmıştır [49]. Söz konusu kayıp miktarları Resim 4.9'da yer almaktadır.

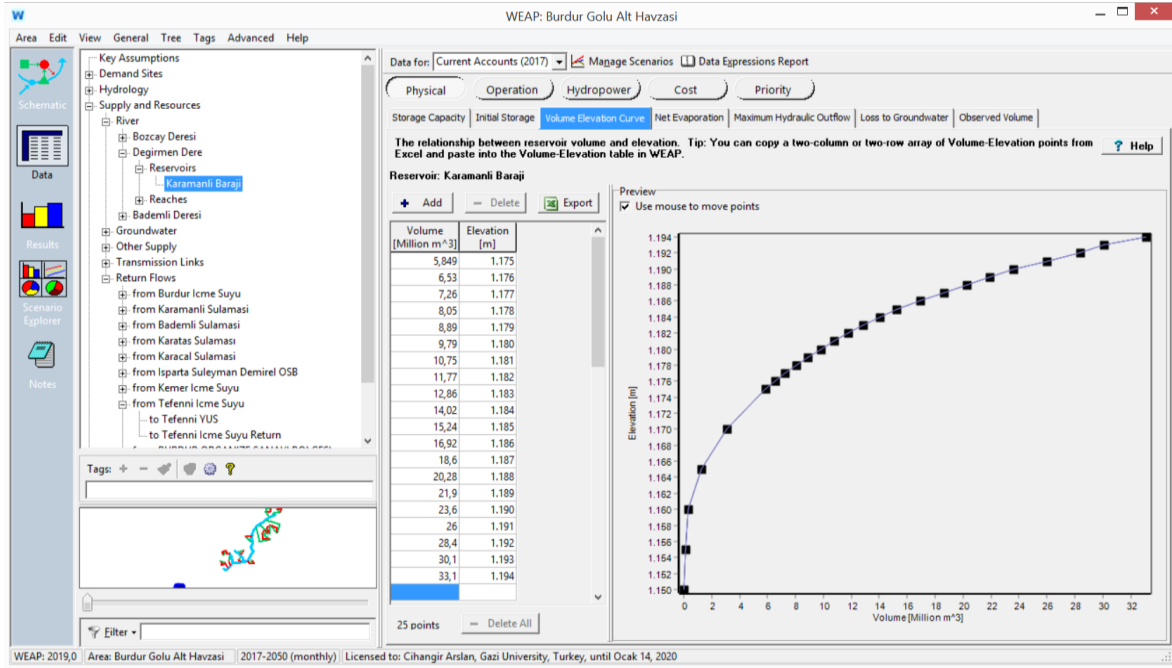


Resim 4.9. Burdur gölü havzası talep bölgeleri kayıpları veri girişi

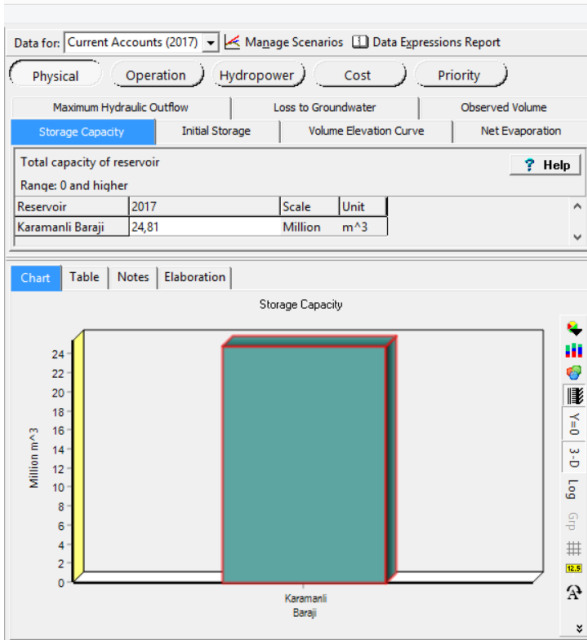
Bozcay Deresi (Eren Çayı) üzerinde yer alan Karaçal Barajı, Değirmen Deresi üzerinde yer alan Karamanlı Barajı, Bademli Deresi üzerinde yer alan Karataş Depolaması ve Bademli Barajlarının depolama kapasitesi, hacim-satış eğrileri, net buharlaşma miktarları gibi veriler de WEAP programına girilmiştir (Bkz. Resim 4.10, Resim 4.11 ve Resim 4.12).



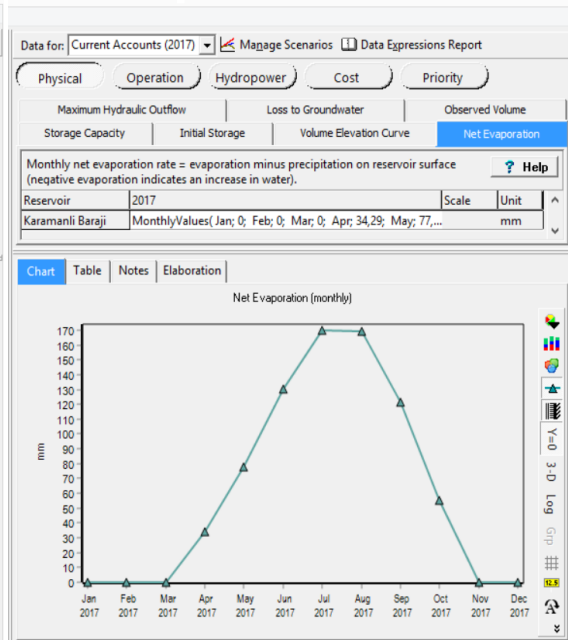
Resim 4.10. Bozçay deresi üzerinde yer alan Karaçal Barajına ait bazı veriler



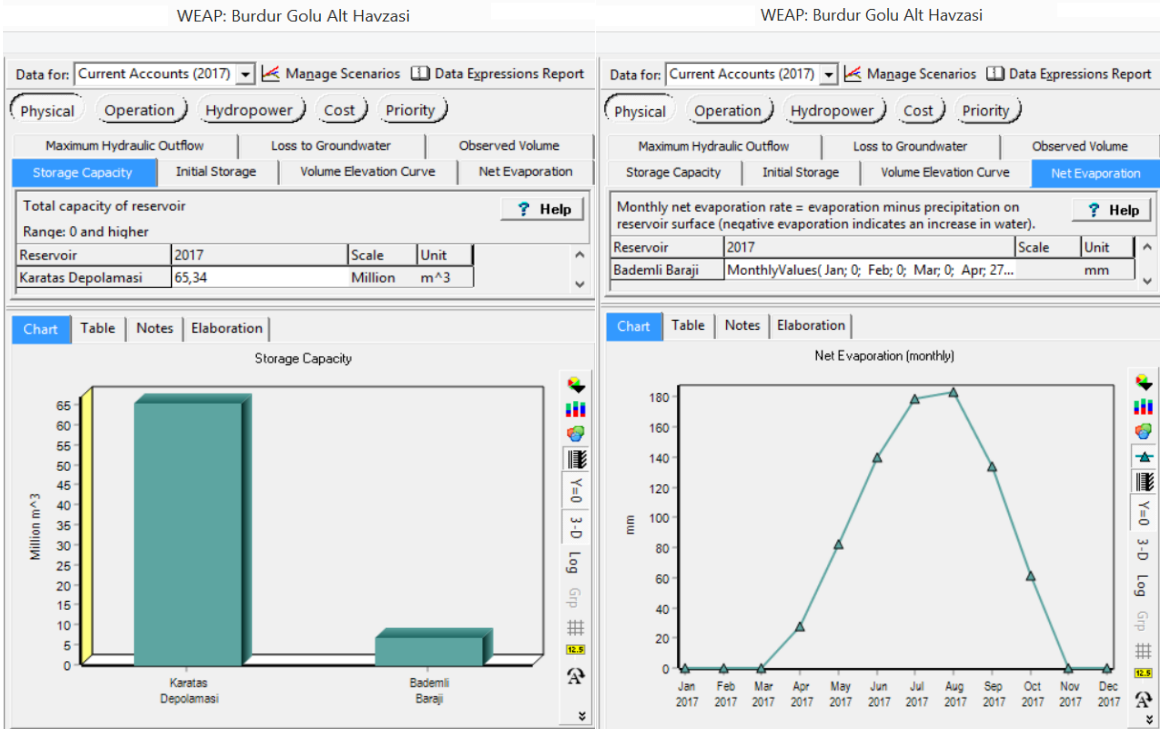
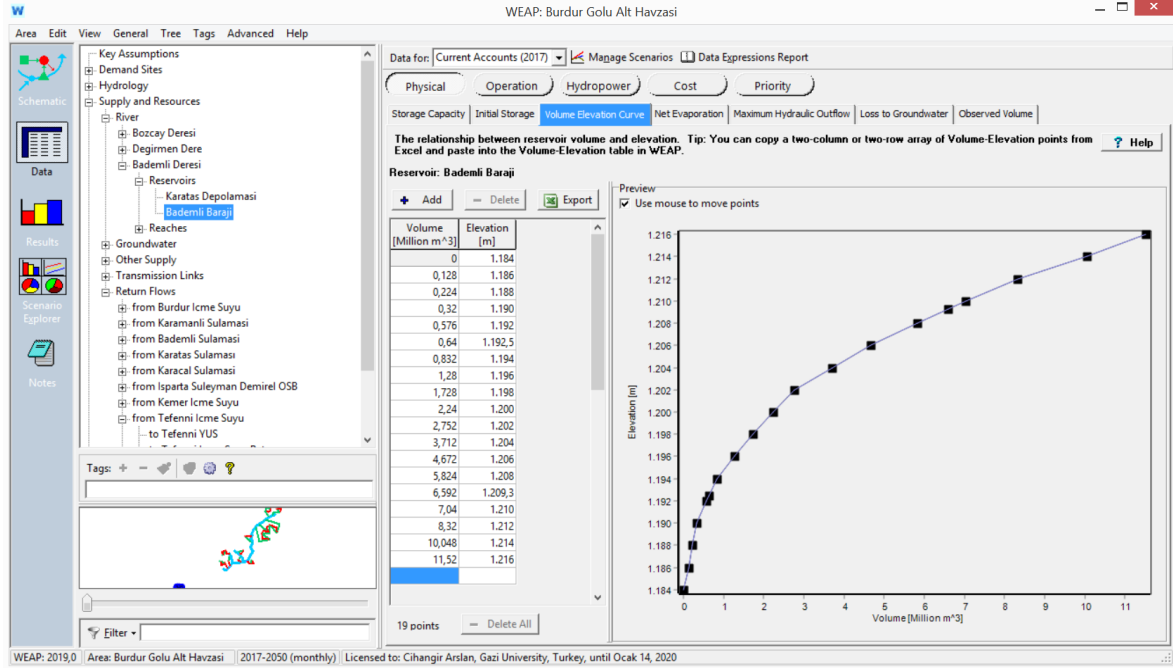
WEAP: Burdur Golu Alt Havzasi



WEAP: Burdur Golu Alt Havzasi



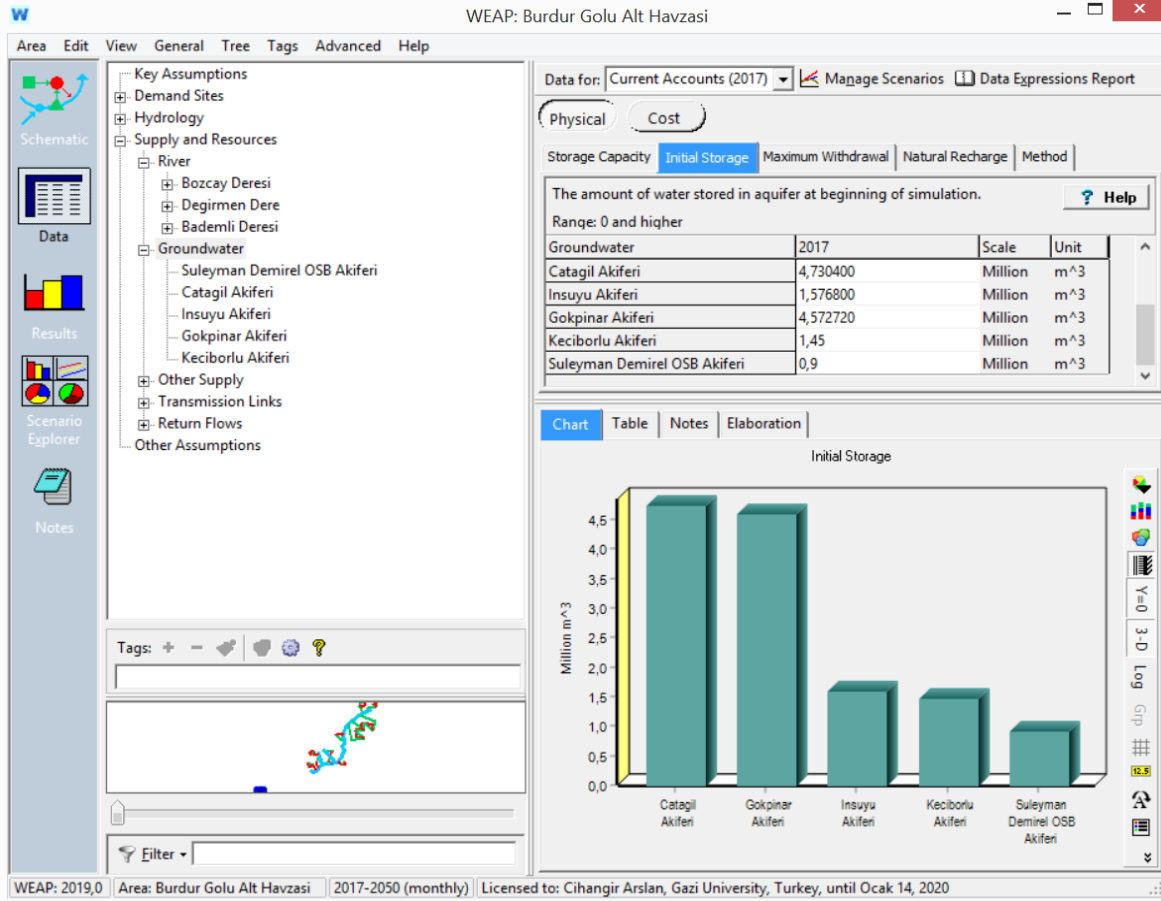
Resim 4.11. Değirmen dere üzerinde yer alan Karamanli Barajına ait bazı veriler



Resim 4.12. Bademli deresi üzerinde yer alan Bademli Barajı ve Karataş Depolamasına ait bazı veriler

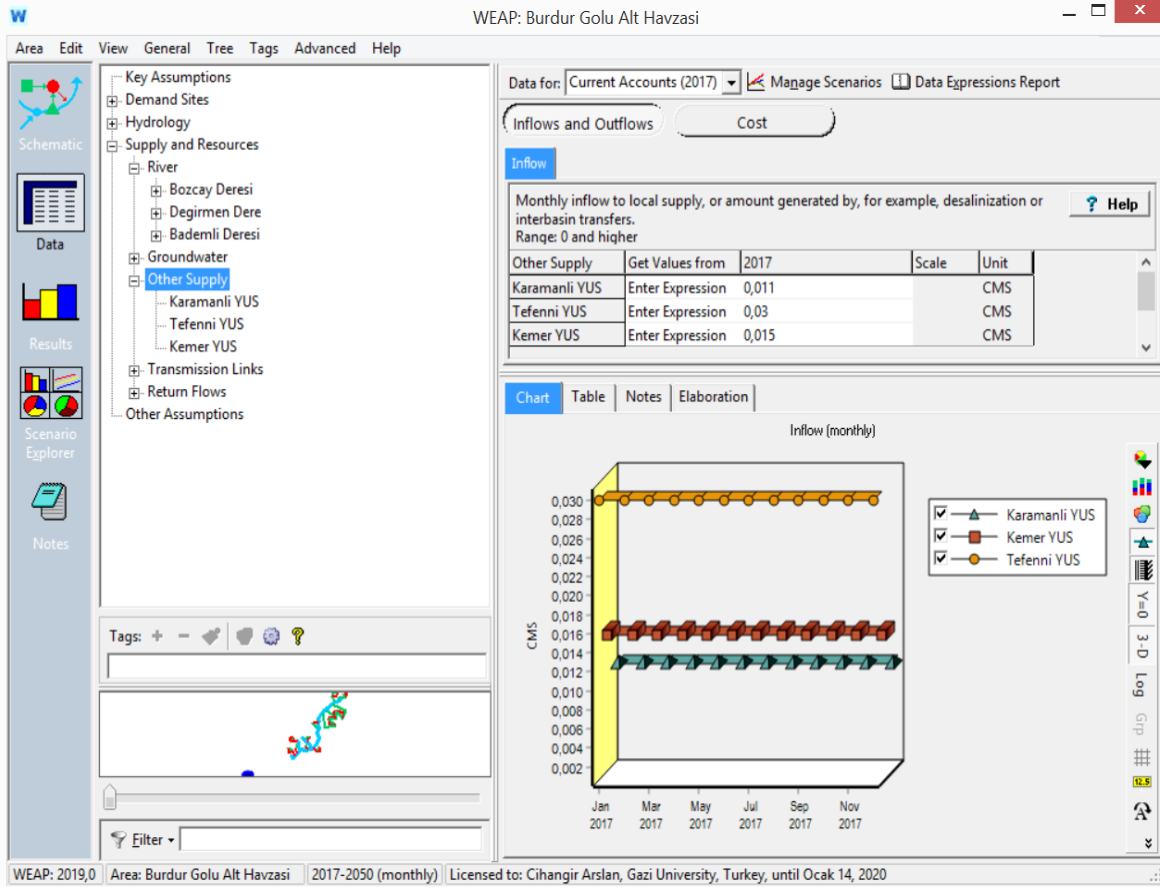
Burdur gölü havzasının yer altı suyu potansiyelini incelenirse mülkiyetlerin küçük parseller halinde olması ve her parselde neredeyse bir kuyu düşmesinden dolayı özellikle Burdur ili merkezi civarında belgeli-belgesiz çok sayıda sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu durum tekniğine uygun açılmamış sondajları olması sebebiyle istenilen bir durum değildir. Bu çalışma kapsamında Burdur il merkezine içme ve kullanma suyu sağlayan Çatağıl,

İnsuyu ve Gökpınar akiferleri ile Keçiborlu ilçesine su sağlayan Keçiborlu akiferi ve Süleyman Demirel organize sanayi bölgesine su sağlayan Süleyman Demirel OSB akiferleri WEAP programına tanımlanmıştır (Bkz. Resim 4.13).



Resim 4.13. Burdur gölü havzası içerisinde yer alan akiferlere ait bazı veriler

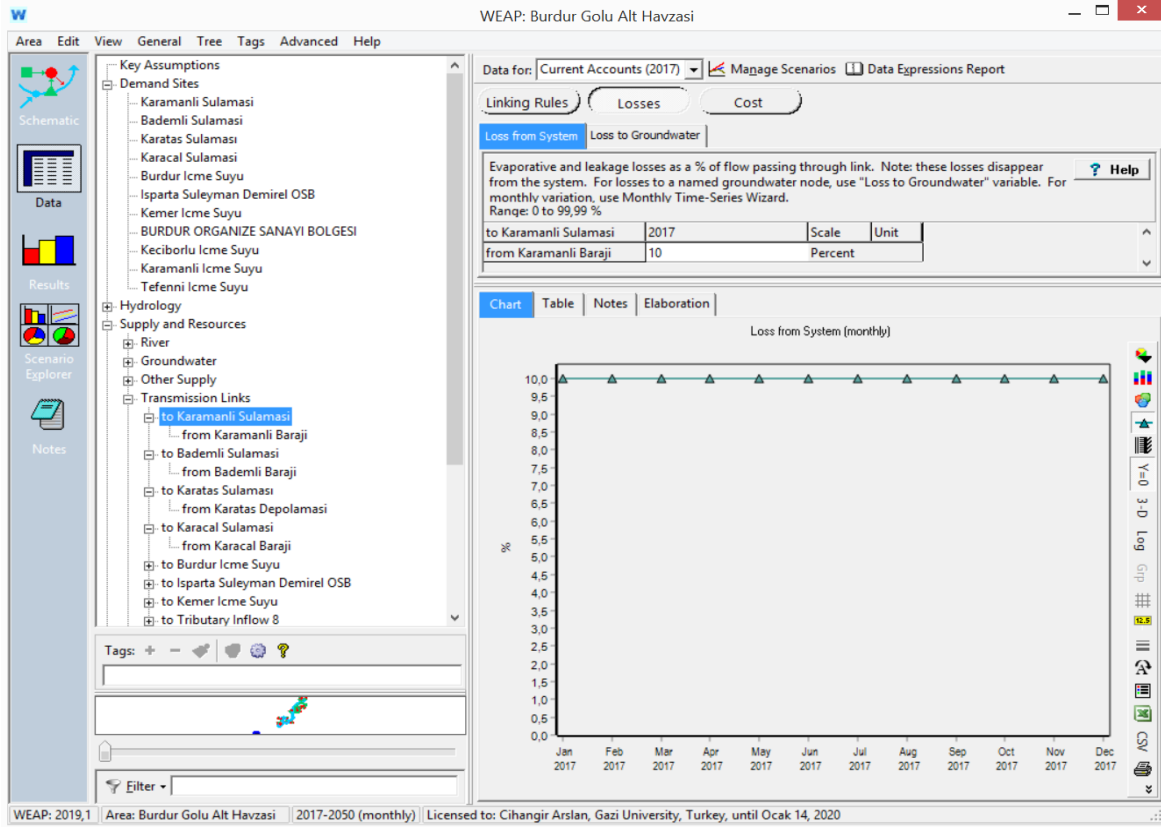
Burdur gölü havzasında yer alan Karamanlı ilçesine su temin eden Karamanlı YÜS, Tefenni ilçesine su temin eden Tefenni YÜS ve Kemer ilçesine su temin eden Kemer YÜS kaynaklarında WEAP programına tanımlanmıştır. Karamanlı ilçesine içmesuyu ihtiyacı Hokurdaklı kaynak grubu, Küçük Süngülü, Eski Yayla kaynakları, Bağlı orman kaynağı ve Gedik yapı drenajından karşılanmaktadır. Su alma tesisi tipi kaptaj olup sondaj kuyuları kullanılmamaktadır. Tefenni ilçesine Çukurca 1-2, Suçıktı, Camızdamı 1-2, Beypınarı 1-2 ve Biyencik kaptajlarından su temin edilmektedir. Kemer ilçesinin içmesuyu 1956 yılında yapılan Akpınar kaptajından sağlanmaktadır (Bkz. Resim 4.14).



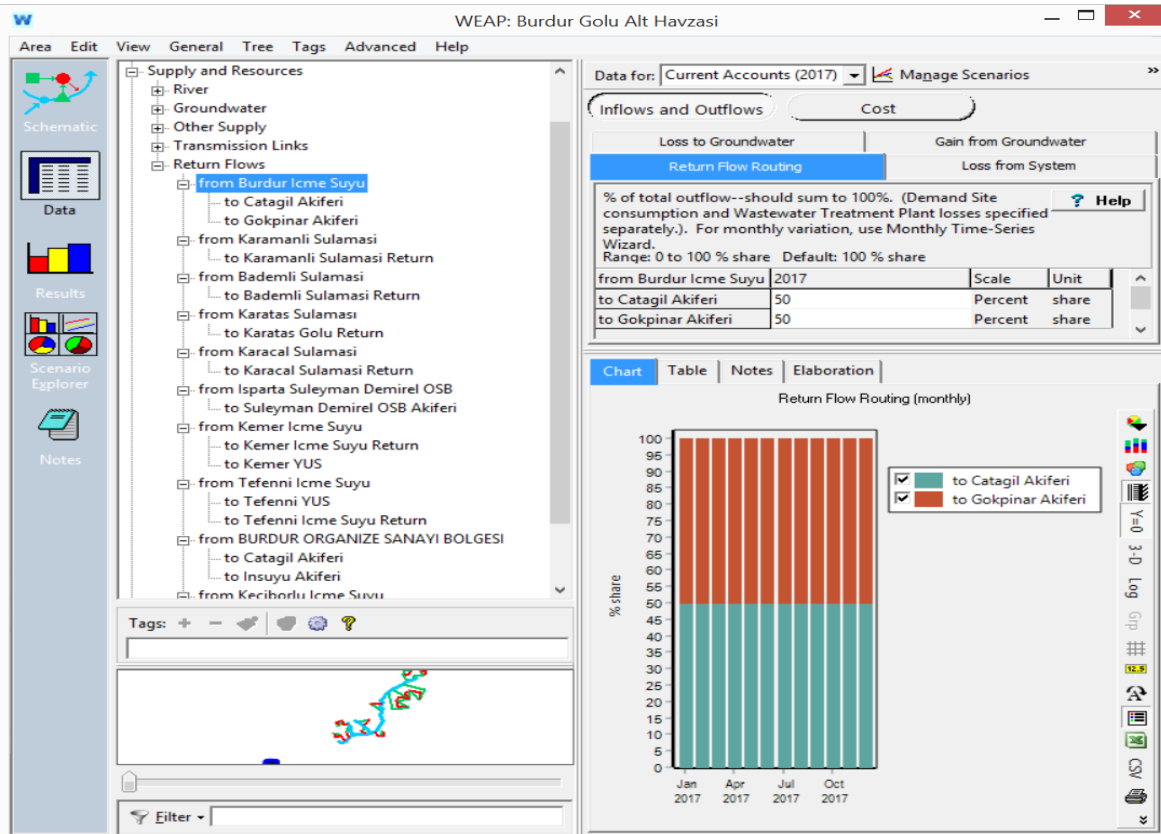
Resim 4.14. Burdur gölü havzası yerüstü suyu kaynaklarına ait bazı veriler

WEAP modelinde kaynaktan talep bölgelerine giden su miktarını tanımlamak amacıyla transmission link (iletim bağlantısı) kullanılmaktadır. Resim 6.15'ten de görüldüğü üzere Karamanlı Barajından Karamanlı Sulamasına, Bademli Barajından Bademli Sulamasına, Burdur iline içme suyu sağlayan akiferlerden Burdur iline gibi buna benzer iletim bağlantıları yazılıma tanımlanmıştır.

Su, talep bölgesine iletdikten sonra geri dönen su miktarlarını tanımlamak için ise return flows (dönüş akışı) kullanılmaktadır. Şekil 4.16'dan da görüldüğü üzere sulamada kullanıldıktan sonra geri dönen su miktarı veya organize sanayide kullanılan suyun geri dönüşü bu kısımda tanımlanmıştır. Programda iletim bağlantıları ve dönüş akışlarının belirli kabuller yapılarak tanımlaması gerçekleştirilmiştir.



Resim 4.15. Burdur gölü havzası WEAP modeli iletim bağlantıları



Resim 4.16. Burdur gölü havzası WEAP modeli dönen akışlar

4.4. Senaryolar

Bu çalışma kapsamında WEAP modeli oluşturulup havza verileri programa işlendikten sonra belirli kabuller yapılarak çeşitli senaryolar çalışılmıştır. Bunlar senaryo 1 (mevcut durum), senaryo 2 (iyimser durum) ve senaryo 3 (kötümser durum) olmak üzere 3 değişik durum için oluşturulmuştur.

4.4.1. Senaryo 1: Mevcut durum

Mevcut durum senaryosunda, buharlaşma kayıpları, sulamaya veya içme sularında meydana gelen içme suyu kayıpları gibi durumlar 2050 yılına kadar herhangi bir arttırım veya azaltıp yapılmadan mevcut haliyle yansıtılmıştır.

4.4.2. Senaryo 2: İyimser senaryo

İyimser senaryoda havza genelinde su miktarının artacağı, yağışın fazla olacağı bu sebeple baraj doluluk oranlarında bir azalma olmayacağı, buharlaşmaların çok fazla artmayacağı gibi kabuller yapılmıştır. Yapılan bu kabuller daha detaylı bir şekilde incelenirse;

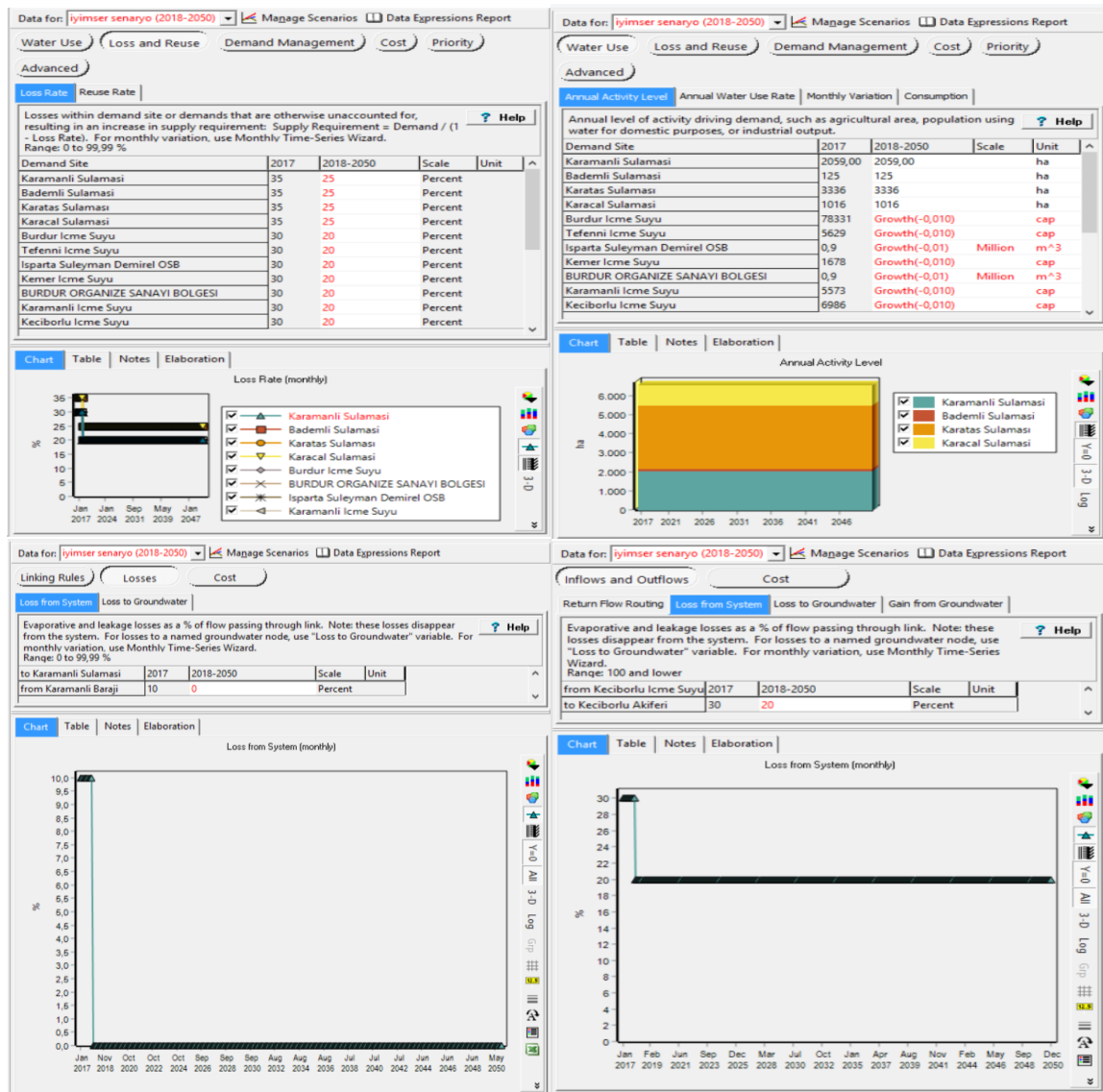
Sulamalar için sulama alanları sabit tutulmuş fakat bitkilerin ihtiyaç duyacağı su miktarında %1 azalma olabileceği kabul edilmiştir. Sulama sistemlerinde mevcut durumda %35 olan kayıp miktarının da %25'e kadar düşebileceği kabul edilmiştir.

İçme suyu ve organize sanayi bölgelerinin ise kişi başı kullanım oranları sabit tutulurken Burdur ili, Tefenni, Kemer, Karamanlı, Keçiborlu ilçeleri ile Burdur ve Süleyman Demirel organize sanayi bölgelerinin nüfus miktarlarında %1'lik azalma olacağı kabul edilmiştir. İçme ve kullanma suyunda da sulamaya benzer olarak mevcut durumda %30 olan kayıp miktarının da %20'ye kadar düşebileceği kabul edilmiştir.

İyimser senaryoda Bozçay Deresi üzerinde bulunan Karaçal Barajı, Değirmen Dere üzerinde yer alan Karamanlı Barajı ve Bademli Deresi üzerinde yer alan Karataş Depolaması ve Bademli Barajlarının depolama kapasiteleri üzerinde herhangi bir arttırım ve buharlaşma miktarları üzerinde herhangi bir azaltma yapılmamıştır.

Çatağıl, İnsuyu, Gökpınar, Keçiborlu ve Süleyman Demirel OSB akiferlerinin depolama kapasitelerinde yaklaşık %1'lik bir artış olacağı kabulü yapılmış olup Karamanlı, Tefenni ve Kemer yerüstü su kaynaklarında baraj ve depolamalara benzer şekilde herhangi bir artış yapılmamıştır.

İletim bağlantıları tanımlanırken sulamalar için mevcut durumda boru kayıpları %10 olarak iyimser durumda ise herhangi bir kayıp olmadığı kabulü yapılmıştır. İçme ve sanayi suyu için mevcut durumda %30 olan boru kayıpları iyimser durumda %20 olarak sisteme tanımlanmıştır. Dönüş akış bağlantıları ise sulamalar ile içme ve sanayi suyu için boru kayıpları iyimser durumda %20 olarak sisteme tanımlanmıştır (Bkz. Resim 4.17).



Resim 4.17. WEAP modeli senaryo 2 (iyimser senaryo) yapılan kabuller

4.4.3. Senaryo 3: Kötümser senaryo

Kötümser senaryoda havza genelinde su miktarının azalacağı, yağışın daha az olacağı bu sebeple baraj doluluk oranlarında bir azalma olacağı, buharlaşmaların çok fazla artacağı gibi kabuller yapılmıştır. Yapılan bu kabuller daha detaylı bir şekilde incelenirse;

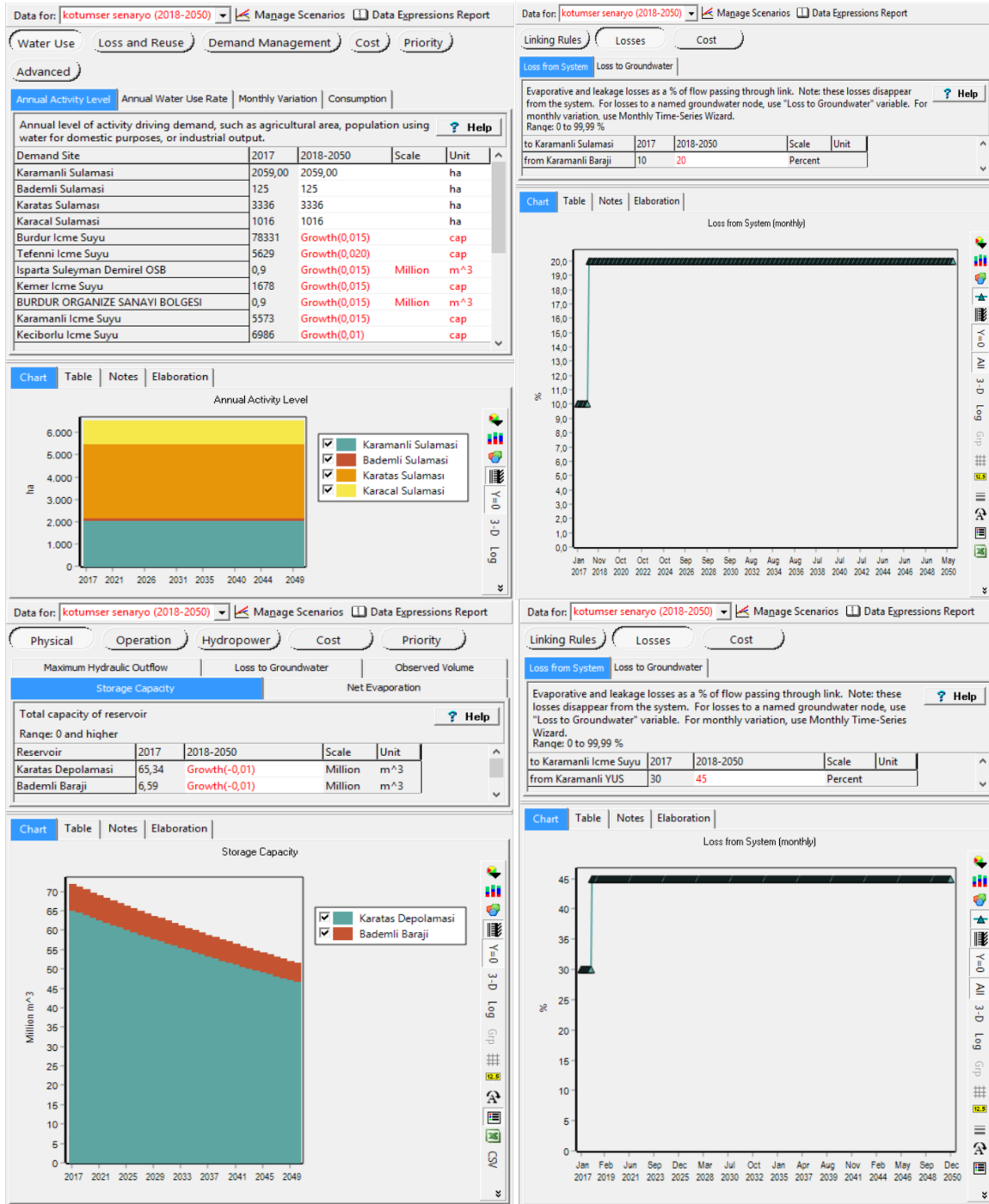
Sulamalar için sulama alanları sabit tutulmuş fakat bitkilerin ihtiyaç duyacağı su miktarında %1 artış olabileceği kabul edilmiştir. Sulama sistemlerinde mevcut durumda %35 olan kayıp miktarının da %50'ye kadar artacağı kabul edilmiştir.

İçme suyu ve organize sanayi bölgelerinin ise kişi başı kullanım oranları sabit tutulurken Burdur ili Tefenni, Kemer, Karamanlı, Keçiborlu ilçeleri ile Burdur ve Süleyman Demirel organize sanayi bölgelerinin nüfus miktarlarında %1~2'lik artış olacağı kabul edilmiştir. İçme ve kullanma suyunda da sulama suyuna benzer olarak mevcut durumda %30 olan kayıp miktarının da %40'a kadar çıkacağı kabul edilmiştir.

Kötümser senaryoda Bozçay Deresi üzerinde bulunan Karaçal Barajı, Değirmen Dere üzerinde yer alan Karamanlı Barajı ve Bademli Deresi üzerinde yer alan Karataş Depolaması ve Bademli Barajlarının depolama kapasitelerinin %1 azalacağı, söz konusu depolama ve barajların buharlaşma kayıplarının ise %1 artacağı kabulleri yapılmıştır.

Çatağıl, İnsuyu, Gökpınar, Keçiborlu ve Süleyman Demirel OSB akiferlerinin depolama kapasitelerinde yaklaşık %1'lik azalma olacağı kabulü yapılmış olup Karamanlı, Tefenni ve Kemer yerüstü su kaynaklarında herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

İletim bağlantıları tanımlanırken sulamalar için mevcut durumda %10 olan boru kayıpları kötümser durumda %20 olarak tanımlanırken içme ve sanayi suyu için mevcut durumda %30 olan boru kayıpları kötümser durumda %45 olarak sisteme tanımlanmıştır. Dönüş akış bağlantıları ise sulamalar ile içme ve sanayi suyu için boru kayıpları kötümser durumda %45 olarak sisteme tanımlanmıştır. Söz konusu veriler Resim 4.18'de yer almaktadır.



Resim 4.18. WEAP modeli senaryo 3 (kötümser senaryo) yapılan kabuller

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

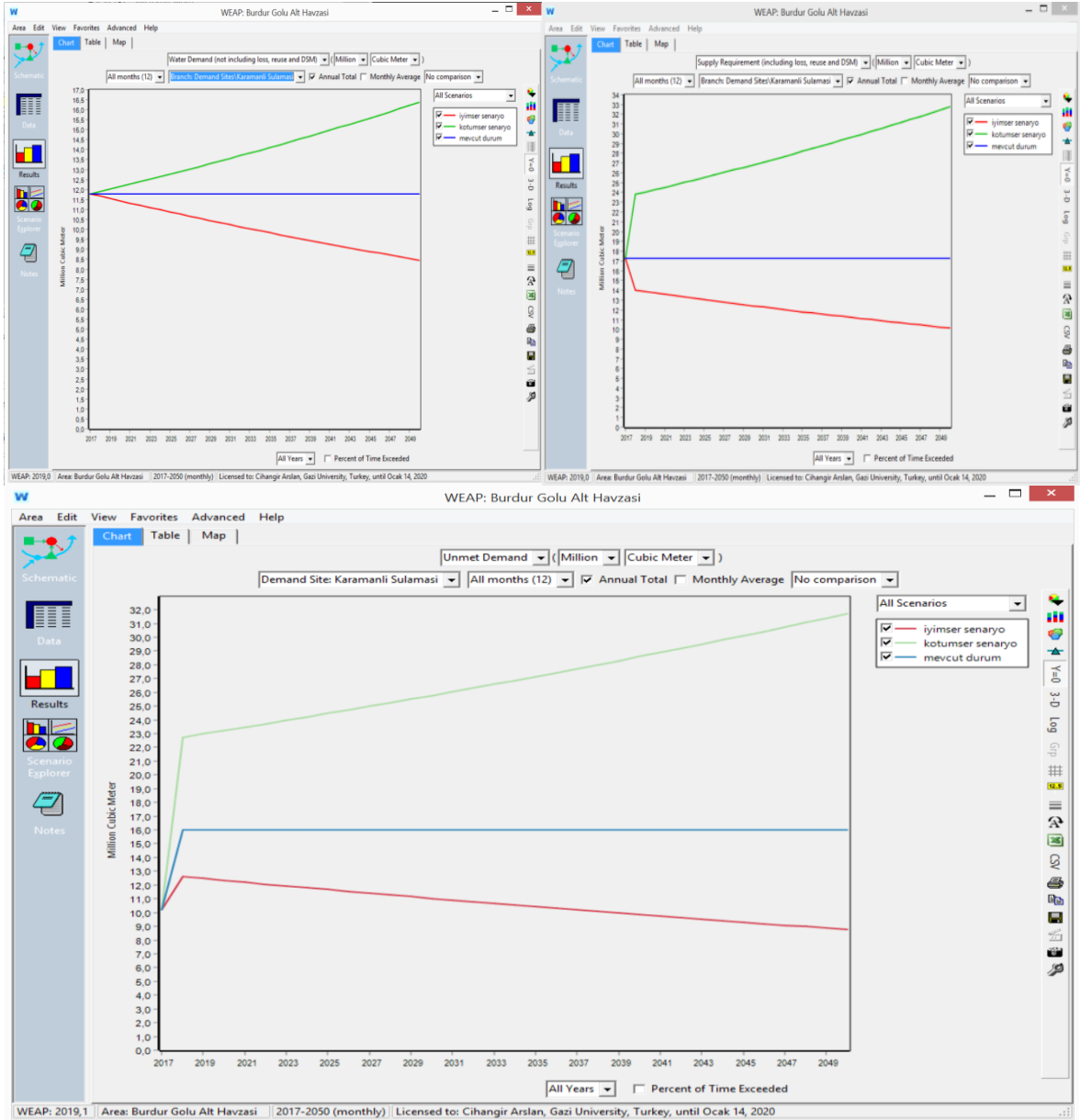
Burdur Gölü Havzası verileri senaryo 1 (mevcut durum), senaryo 2 (iyimser durum) ve senaryo 3 (kötümser durum) olarak 3 farklı senaryo ile programa tanıtılmış ve analiz yapılmıştır. Analiz sonuçlarını detaylı bir şekilde incelenirse;

5.1. Sulama İçin Gerekli Su Miktarları

5.1.1. Karamanlı sulaması

Karamanlı sulamasında kayıpları içermeyen su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık $11,8 \text{ hm}^3$, iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında $8,5 \text{ hm}^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar $16,4 \text{ hm}^3$ 'e kadar çıkmaktadır. Kayıpları içeren su talep miktarı ise mevcut durumda $17,2 \text{ hm}^3$ iken bu miktar 2050 yılında iyimser senaryoda $10,2 \text{ hm}^3$ 'e düşmüş kötümser senaryoda ise $32,7 \text{ hm}^3$ 'e kadar artmıştır.

Karşılanamayan su ihtiyacı grafiği incelendiğinde ise Karamanlı sulamasında mevcut durumda 16 hm^3 'lük bir ihtiyacın karşılanamadığı, 2050 yılında iyimser senaryoda bu miktarın $8,8 \text{ hm}^3$ 'e azaldığı, kötümser senaryoda ise bu miktarın $31,7 \text{ hm}^3$ 'e kadar çıkabileceği tespit edilmiştir. Söz konusu analiz sonuçları Resim 5.1'de yer almaktadır.

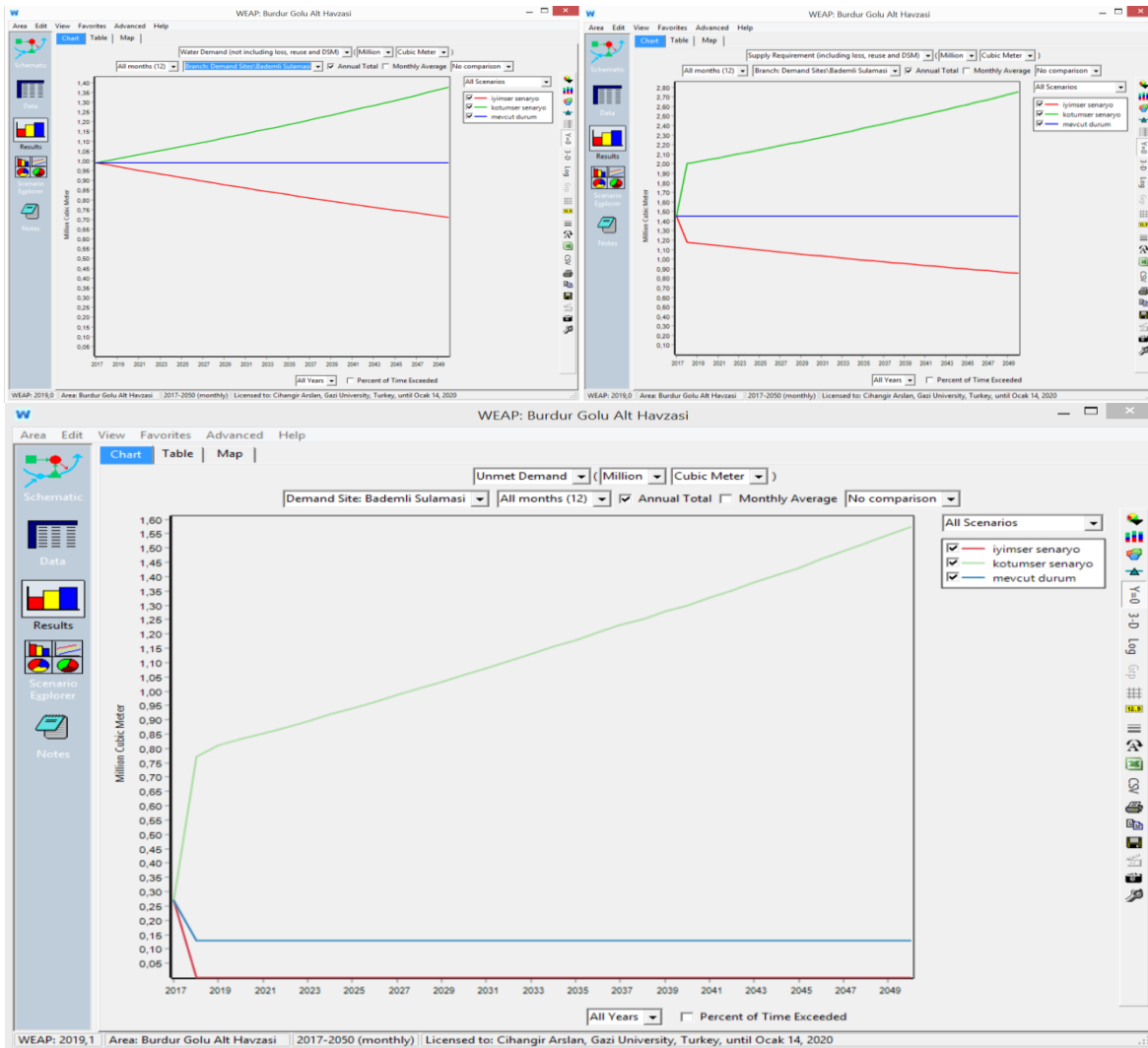


Resim 5.1. Karamanlı sulamasının farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri

5.1.2. Bademli sulamas

Bademli sulamasında kayıpları içermeyen su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 1 hm^3 iken iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında $0,7 \text{ hm}^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar $1,4 \text{ hm}^3$ 'e kadar çıkmaktadır. Kayıpları içeren su talep miktarı ise mevcut durumda $1,4 \text{ hm}^3$ iken 2050 yılında bu miktar iyimser senaryoda $0,9 \text{ hm}^3$ 'e düşmüş kötümser senaryoda ise $2,8 \text{ hm}^3$ 'e kadar artmıştır.

Karşılanamayan su ihtiyacı grafiği incelendiğinde ise Bademli sulamasında mevcut durumda $0,1 \text{ hm}^3$ 'lük bir ihtiyacın karşılanamadığı, iyimser senaryoda bütün su ihtiyacının karşılandığı, kötümser senaryoda ise 2050 yılında yaklaşık $1,6 \text{ hm}^3$ 'lük su ihtiyacının karşılanamayacağı tespit edilmiştir. Analiz sonuçları Resim 5.2'de yer almaktadır.

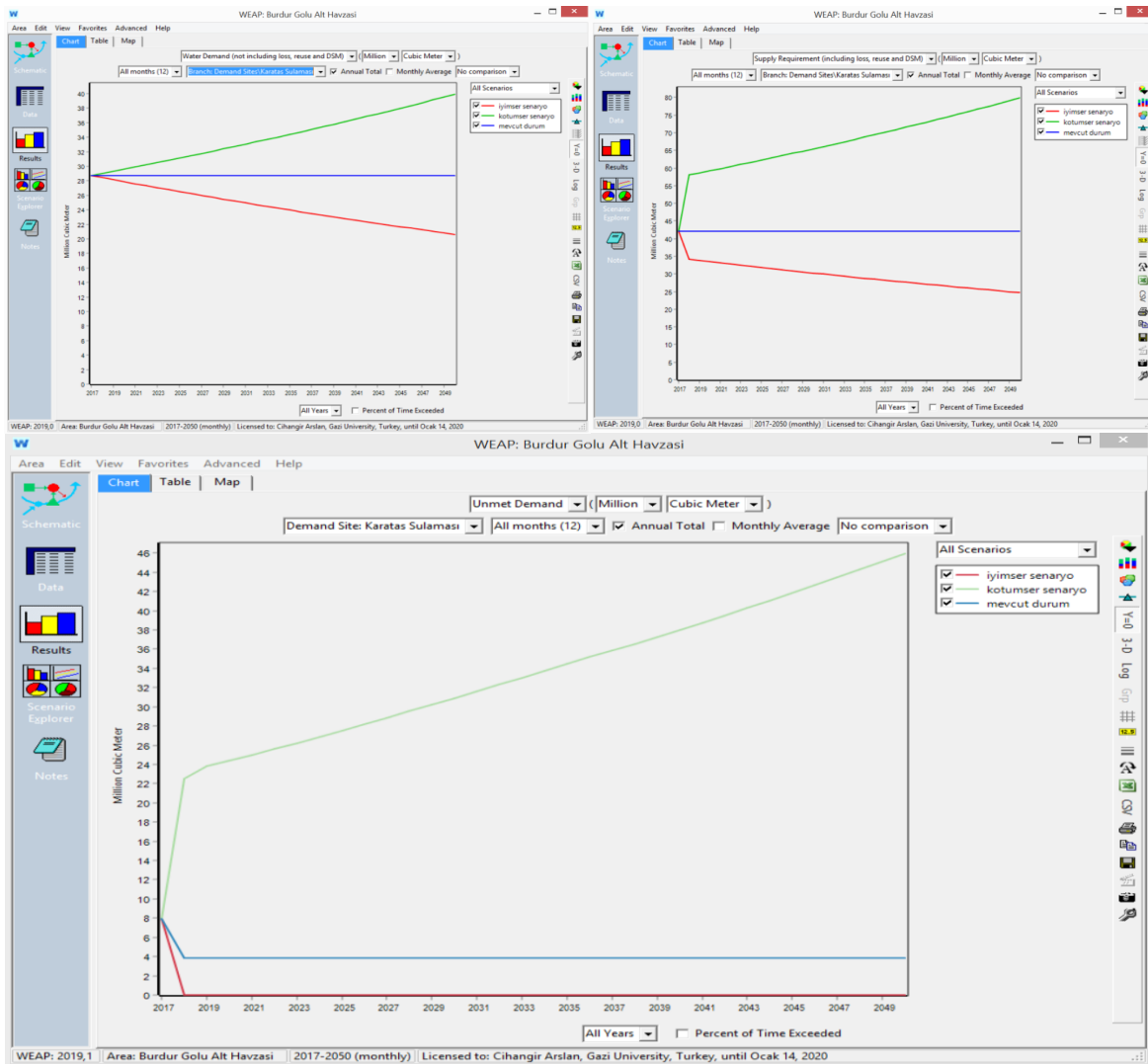


Resim 5.2. Bademli sulamasının farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri

5.1.3. Karataş sulaması

Karataş sulamasında kayıpları içermeyen su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 28,7 hm³, iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında 20,6 hm³'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar 39,9 hm³'e kadar çıkmaktadır. Kayıpları içeren su talep miktarı ise mevcut durumda 42 hm³ iken 2050 yılında bu miktar iyimser senaryoda 24,8 hm³'e düşmüş kötümser senaryoda ise 79,8 hm³'e kadar artmıştır.

Karşılanamayan su ihtiyacı grafiği incelendiğinde ise Karataş sulamasında mevcut durumda 3,8 hm³'lük bir ihtiyacın karşılanamadığı, iyimser senaryoda bütün su ihtiyacının karşılandığı, kötümser senaryoda ise 2050 yılında yaklaşık 45,9 hm³'lük su ihtiyacının karşılanamayacağı tespit edilmiştir. Analiz sonuçları Resim 5.3'te yer almaktadır.

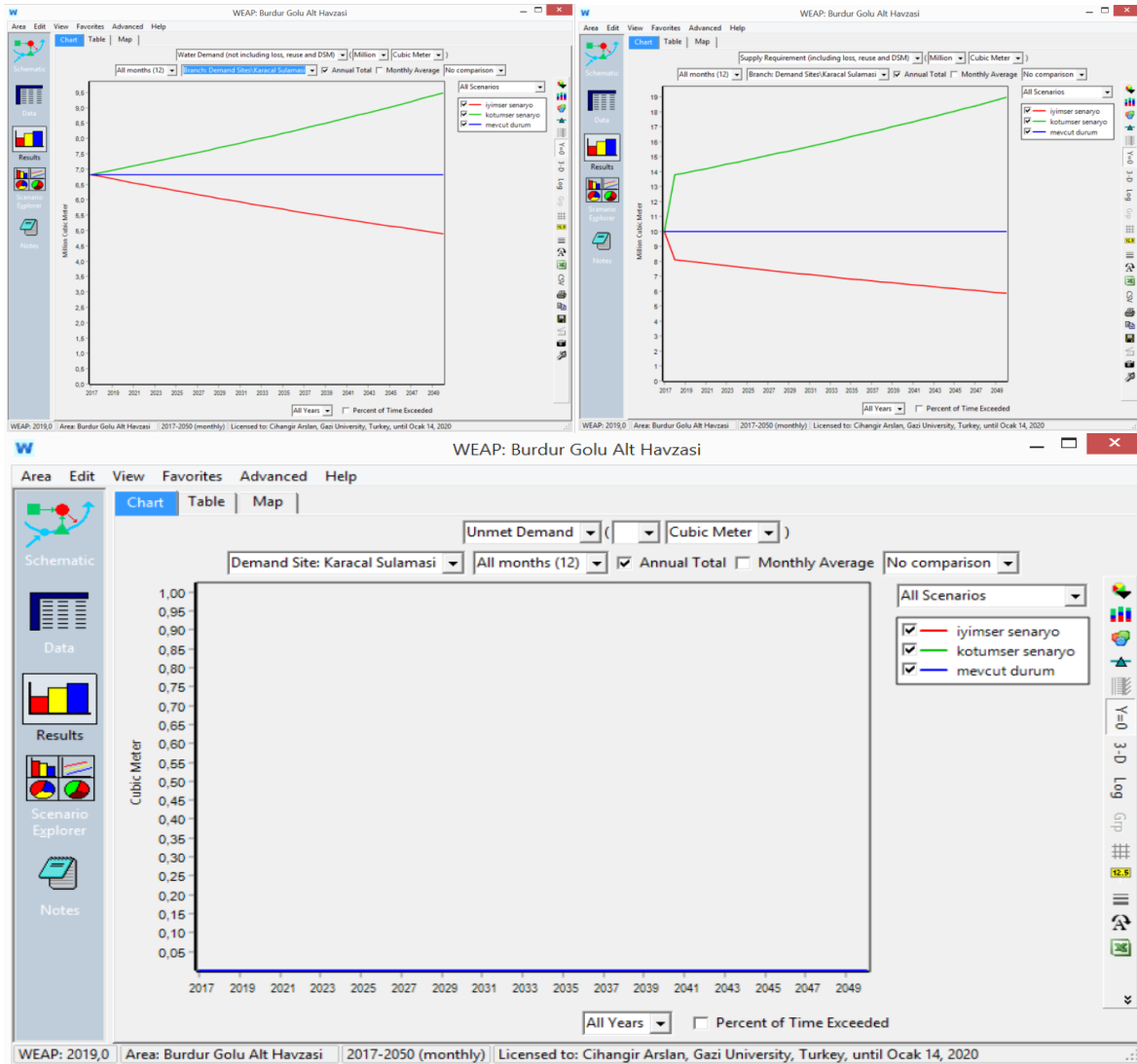


Resim 5.3. Karataş sulamasının farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri

5.1.4. Karaçal sulaması

Karaçal sulamasında kayıpları içermeyen su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 6,8 hm³, iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında 4,9 hm³'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar 9,5 hm³'e kadar çıkmaktadır. Kayıpları içeren su talep miktarı ise mevcut durumda 10 hm³ iken 2050 yılında bu miktar iyimser senaryoda 5,9 hm³'e düşmüş kötümser senaryoda ise 19 hm³'e kadar artmıştır.

Karşılanamayan su ihtiyacı grafiği incelendiğinde ise Karaçal Sulamasında mevcut, iyimser ve kötümser senaryoların hepsinde 2050 yılına kadar karşılanamayan bir su ihtiyacı gözükmemektedir. Analiz sonuçları Resim 5.4'te yer almaktadır.



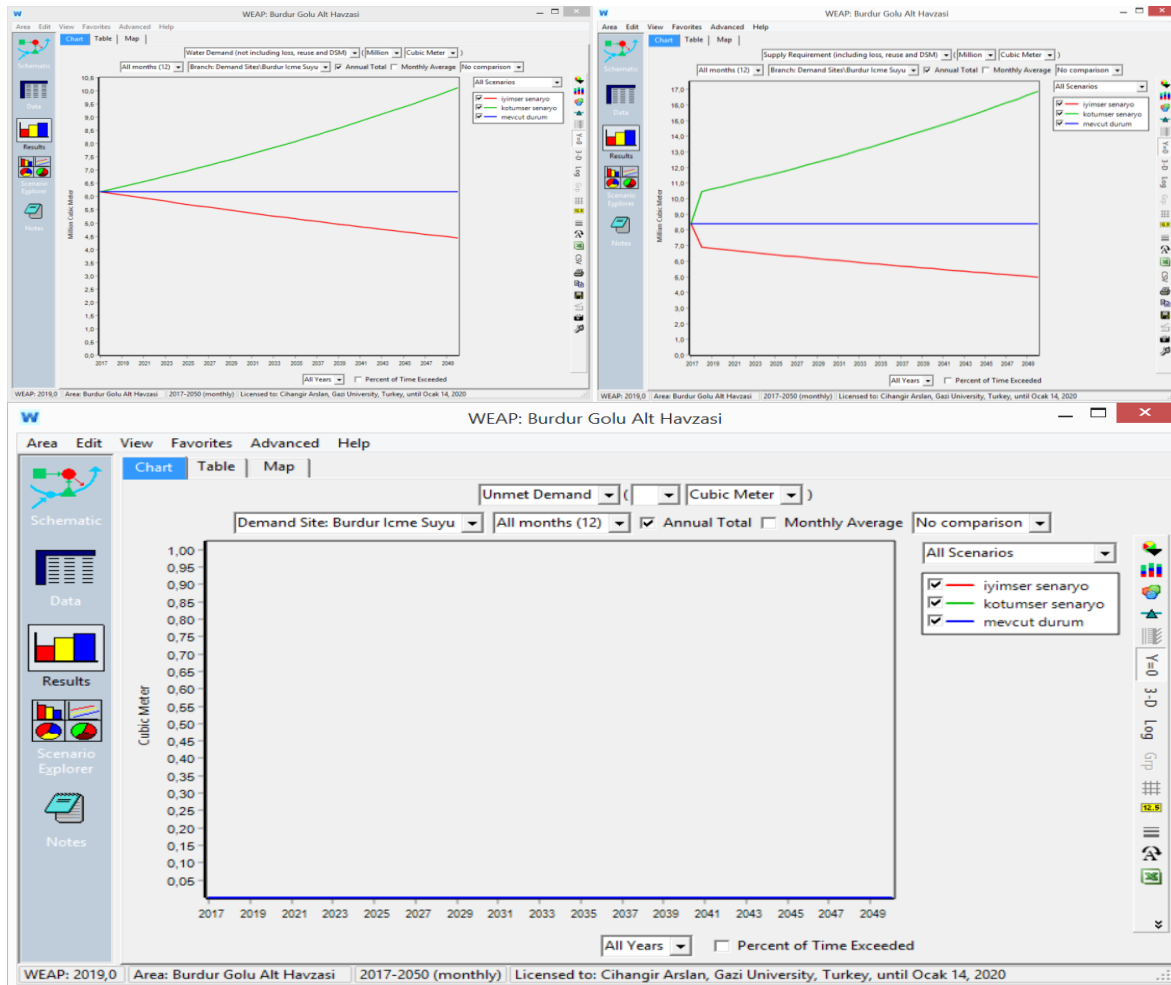
Resim 5.4. Karaçal sulamasının farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri

5.2. İçme Suyu İçin Gerekli Su Miktarları

5.2.1. Burdur ili içme suyu

Burdur ili içme suyunda kayıpları içermeyen su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 6,2 hm³, iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında 4,4 hm³'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar 10,1 hm³'e kadar çıkmaktadır. Kayıpları içeren su talep miktarı ise mevcut durumda 8,4 hm³ iken 2050 yılında bu miktar iyimser senaryoda 5 hm³'e düşmüş kötümser senaryoda ise 16,9 hm³'e kadar artmıştır.

Karşılanamayan su ihtiyacı grafiği incelendiğinde ise Burdur ilinde ne mevcut durumda ne iyimser ne de kötümser durumda karşılanamayan su ihtiyacı bulunmamıştır. Analiz sonuçları Resim 5.5'te yer almaktadır.

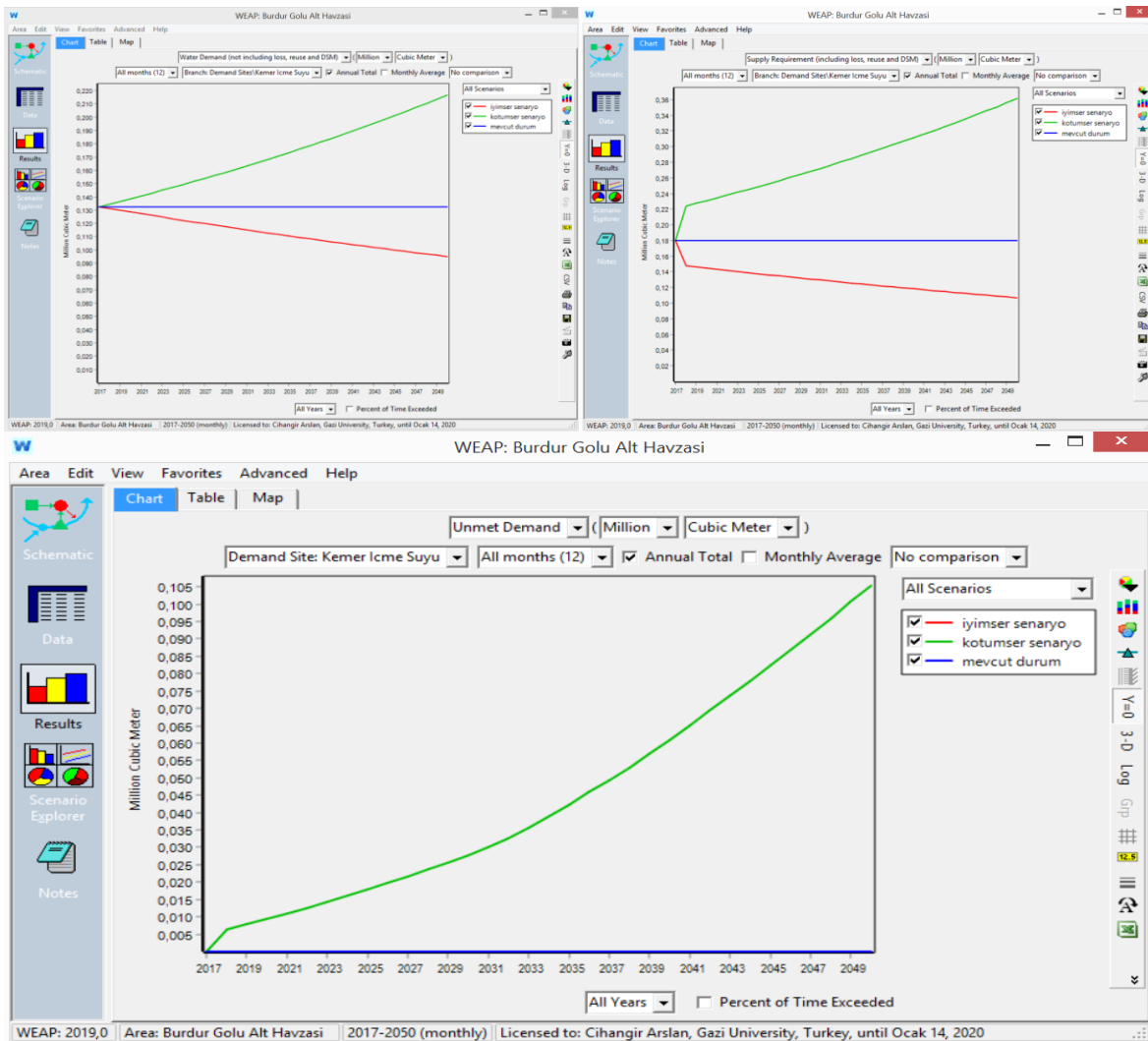


Resim 5.5. Burdur ili içme suyunun farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri

5.2.2. Kemer ilçesi içme suyu

Kemer ilçesinde kayıpları içermeyen su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 0,132 hm³, iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında 0,095 hm³'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar 0,216 hm³'e kadar çıkmaktadır. Kayıpları içeren su talep miktarı ise mevcut durumda 0,179 hm³ iken 2050 yılında bu miktar iyimser senaryoda 0,107 hm³'e düşmüş kötümser senaryoda ise 0,361 hm³'e kadar artmıştır.

Karşılanamayan su ihtiyacı grafiği incelendiğinde ise Kemer ilçesinde mevcut durumda ve iyimser senaryoda karşılanamayan su ihtiyacı bulunmamış iken kötümser senaryoda 2050 yılında 0,105 hm³'lük su ihtiyacı oluşmaktadır. Analiz sonuçları Resim 5.6'da yer almaktadır.

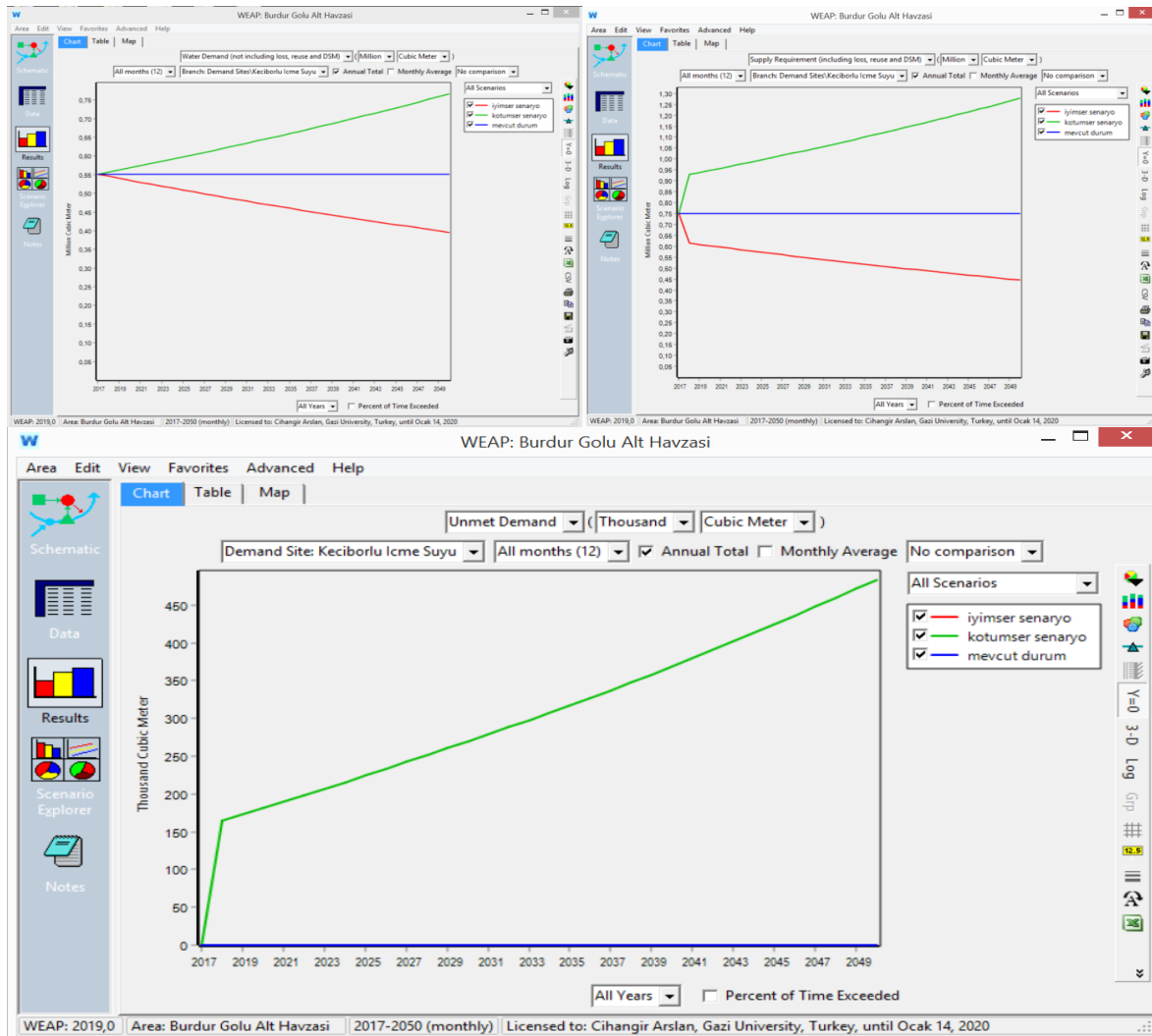


Resim 5.6. Kemer ilçesi içme suyunun farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri

5.2.3. Keçiöorlu ilçesi içme suyu

Keçiöorlu ilçesinde kayıpları içermeyen su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 0,552 hm³, iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında 0,396 hm³'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar 0,766 hm³'e kadar çıkmaktadır. Kayıpları içeren su talep miktarı ise mevcut durumda 0,749 hm³ iken 2050 yılında bu miktar iyimser senaryoda 0,446 hm³'e düşmüş kötümser senaryoda ise 1,277 hm³'e kadar artmıştır.

Karşılanamayan su ihtiyacı grafiğı incelendiğinde ise Keçiöorlu ilçesinde mevcut durumda ve iyimser senaryoda karşılanamayan su ihtiyacı bulunmamışken kötümser senaryoda 2050 yılında 0,484 hm³'lük su ihtiyacı oluşmaktadır. Analiz sonuçları Resim 5.7'de yer almaktadır.

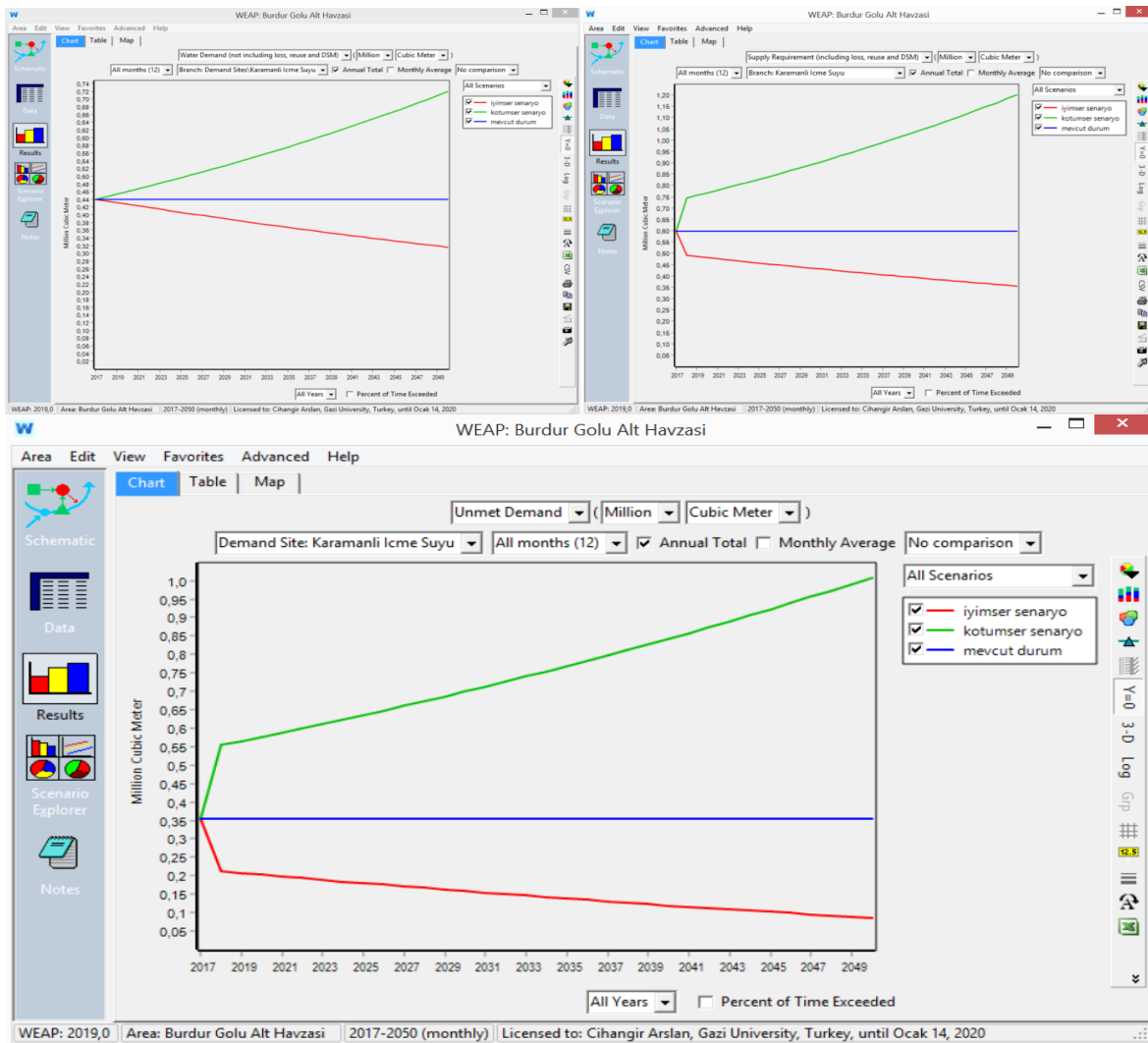


Resim 5.7. Keçiöorlu ilçesi içme suyunun farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri

5.2.4. Karamanlı ilçesi içme suyu

Karamanlı ilçesinde kayıpları içermeyen su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 0,440 hm³, iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında 0,316 hm³'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar 0,720 hm³'e kadar çıkmaktadır. Kayıpları içeren su talep miktarı ise mevcut durumda 0,597 hm³ iken 2050 yılında bu miktar iyimser senaryoda 0,355 hm³'e düşmüş kötümser senaryoda ise 1,199 hm³'e kadar artmıştır.

Karşılanamayan su ihtiyacı grafiği incelendiğinde ise Karamanlı ilçesi içme suyunda mevcut durumda 0,355 hm³'lük, iyimser senaryoda 0,086 hm³'lük, kötümser senaryoda ise 2050 yılında yaklaşık 1,008 hm³'lük su ihtiyacının karşılanamayacağı tespit edilmiştir. Analiz sonuçları Resim 5.8'de yer almaktadır.

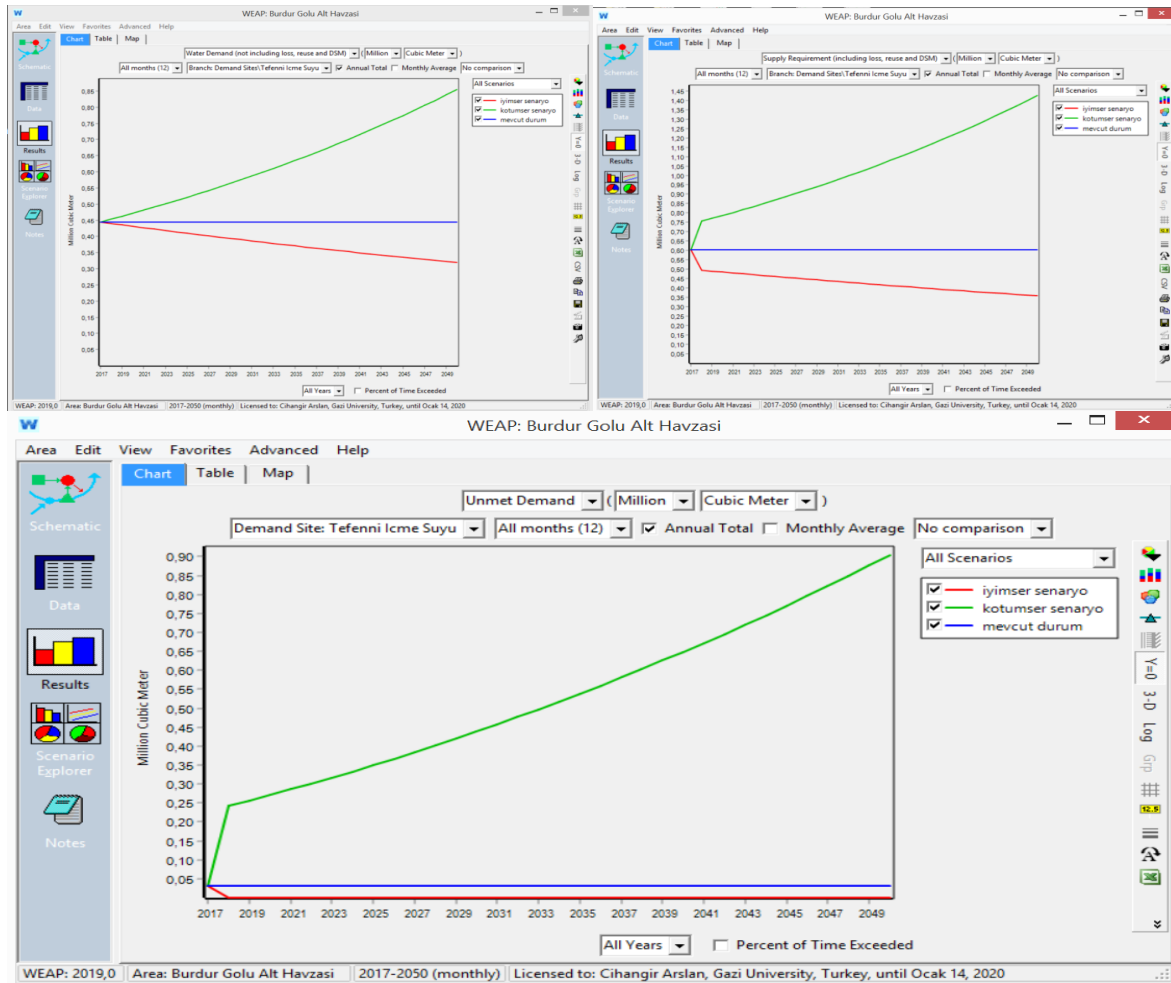


Resim 5.8. Karamanlı ilçesi içme suyunun farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri

5.2.5. Tefenni ilçesi içme suyu

Tefenni ilçesi içme suyunda kayıpları içermeyen su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık 0,445 hm³, iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında 0,319 hm³'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar 0,855 hm³'e kadar çıkmaktadır. Kayıpları içeren su talep miktarı ise mevcut durumda 0,603 hm³ iken 2050 yılında bu miktar iyimser senaryoda 0,359 hm³'e düşmüş kötümser senaryoda ise 1,425 hm³'e kadar artmıştır.

Karşılanamayan su ihtiyacı grafiği incelendiğinde ise Tefenni ilçesi içme suyunda mevcut durumda 0,03 hm³'lük bir ihtiyacın karşılanamadığı, 2050 yılında iyimser senaryoda bütün su ihtiyacının karşılandığı, kötümser senaryoda ise 2050 yılında yaklaşık 0,905 hm³'lük su ihtiyacının karşılanamayacağı tespit edilmiştir. Analiz sonuçları Resim 5.9'da yer almaktadır.



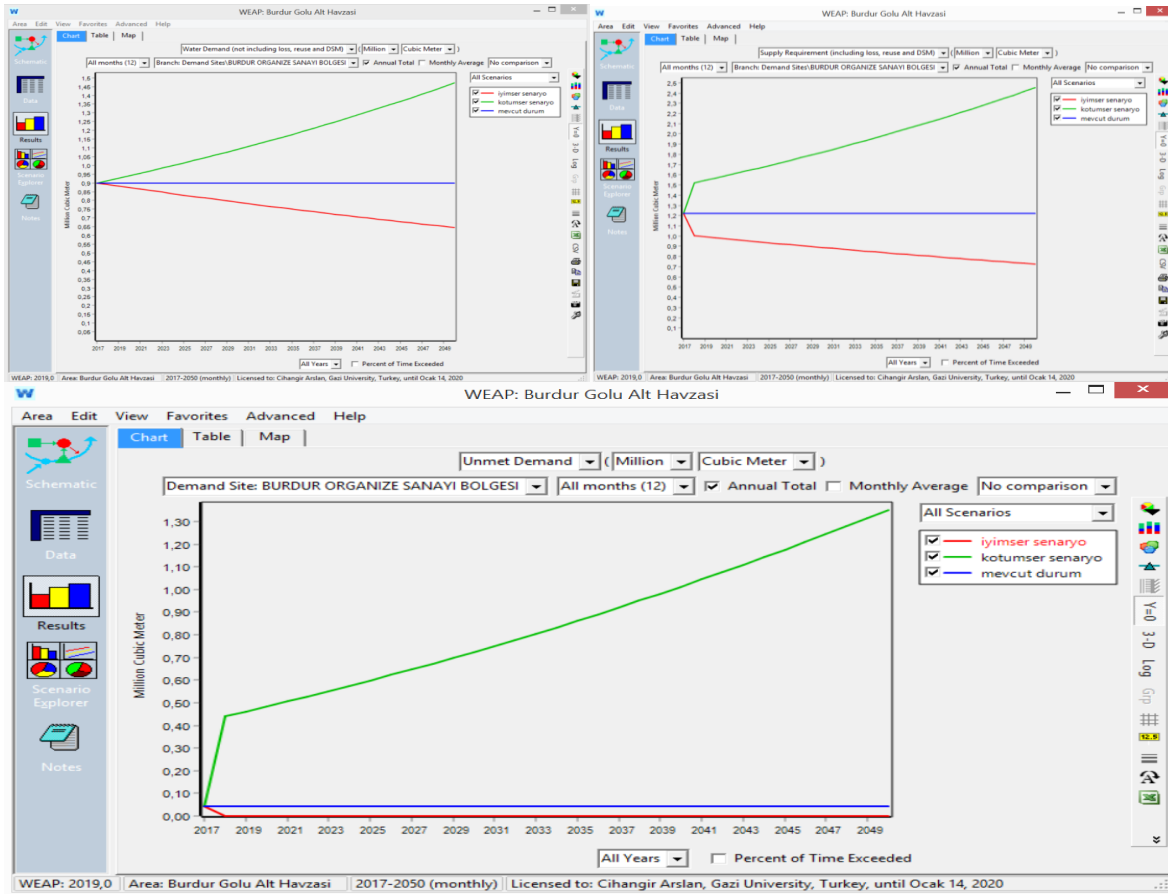
Resim 5.9. Tefenni ilçesi içme suyunun farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri

5.3. Organize Sanayi Bölgeleri İçin Gerekli Su Miktarları

5.3.1. Burdur organize sanayi bölgesi

Burdur organize sanayi bölgesi içme ve kullanma suyunda kayıpları içermeyen su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık $0,9 \text{ hm}^3$, iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında $0,646 \text{ hm}^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar $1,471 \text{ hm}^3$ 'e kadar çıkmaktadır. Kayıpları içeren su talep miktarı ise mevcut durumda $1,221 \text{ hm}^3$ iken 2050 yılında bu miktar iyimser senaryoda $0,727 \text{ hm}^3$ 'e düşmüş kötümser senaryoda ise $2,452 \text{ hm}^3$ 'e kadar artmıştır.

Karşılanamayan su ihtiyacı grafiği incelendiğinde ise Burdur organize sanayi bölgesi içme ve kullanma suyunda mevcut durumda $0,041 \text{ hm}^3$ 'lük bir ihtiyacın karşılanamadığı, 2050 yılında iyimser senaryoda bütün su ihtiyacının karşılandığı, kötümser senaryoda ise 2050 yılında yaklaşık $1,352 \text{ hm}^3$ 'lük su ihtiyacının karşılanamayacağı tespit edilmiştir. Analiz sonuçları Resim 5.10'da yer almaktadır.

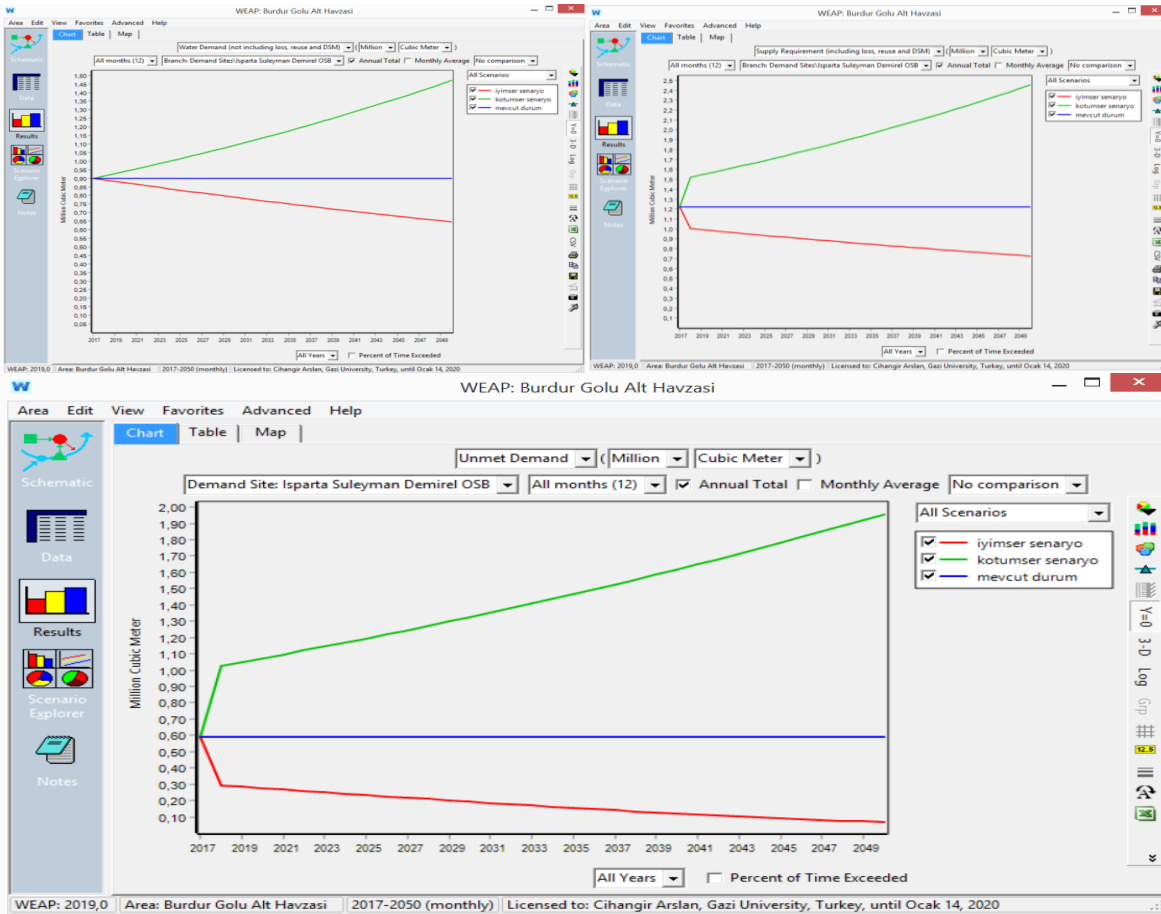


Resim 5.10. Burdur organize sanayi bölgesi içme ve kullanma suyunun farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri

5.3.2. Isparta Süleyman Demirel organize sanayi bölgesi

Isparta Süleyman Demirel organize sanayi bölgesi içme ve kullanma suyunda kayıpları içermeyen su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık $0,9 \text{ hm}^3$, iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında $0,646 \text{ hm}^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar $1,471 \text{ hm}^3$ 'e kadar çıkmaktadır. Kayıpları içeren su talep miktarı ise mevcut durumda $1,221 \text{ hm}^3$ iken 2050 yılında bu miktar iyimser senaryoda $0,727 \text{ hm}^3$ 'e düşmüş kötümser senaryoda ise $2,452 \text{ hm}^3$ 'e kadar artmıştır.

Karşılanamayan su ihtiyacı grafiği incelendiğinde ise Isparta Süleyman Demirel OSB'nin içme ve kullanma suyunda mevcut durumda $0,0592 \text{ hm}^3$ 'lük bir ihtiyacın karşılanamadığı, 2050 yılında iyimser senaryoda $0,069 \text{ hm}^3$ 'lük su ihtiyacının karşılanamayacağı, kötümser senaryoda ise 2050 yılında yaklaşık $1,957 \text{ hm}^3$ 'lük su ihtiyacının karşılanamayacağı tespit edilmiştir. Analiz sonuçları Resim 5.11'de yer almaktadır.

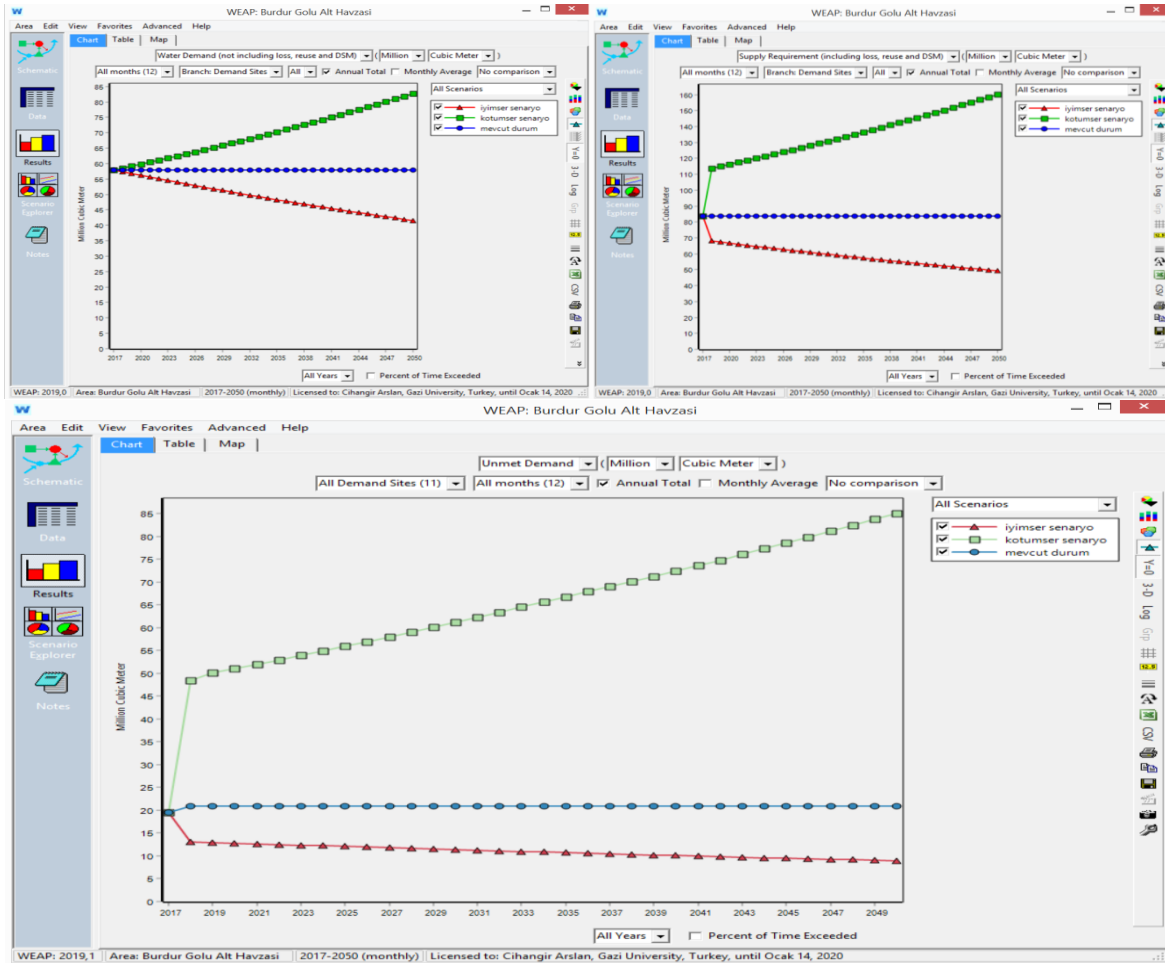


Resim 5.11. Isparta Süleyman Demirel organize sanayi bölgesi içme ve kullanma suyunun farklı senaryolara göre su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri

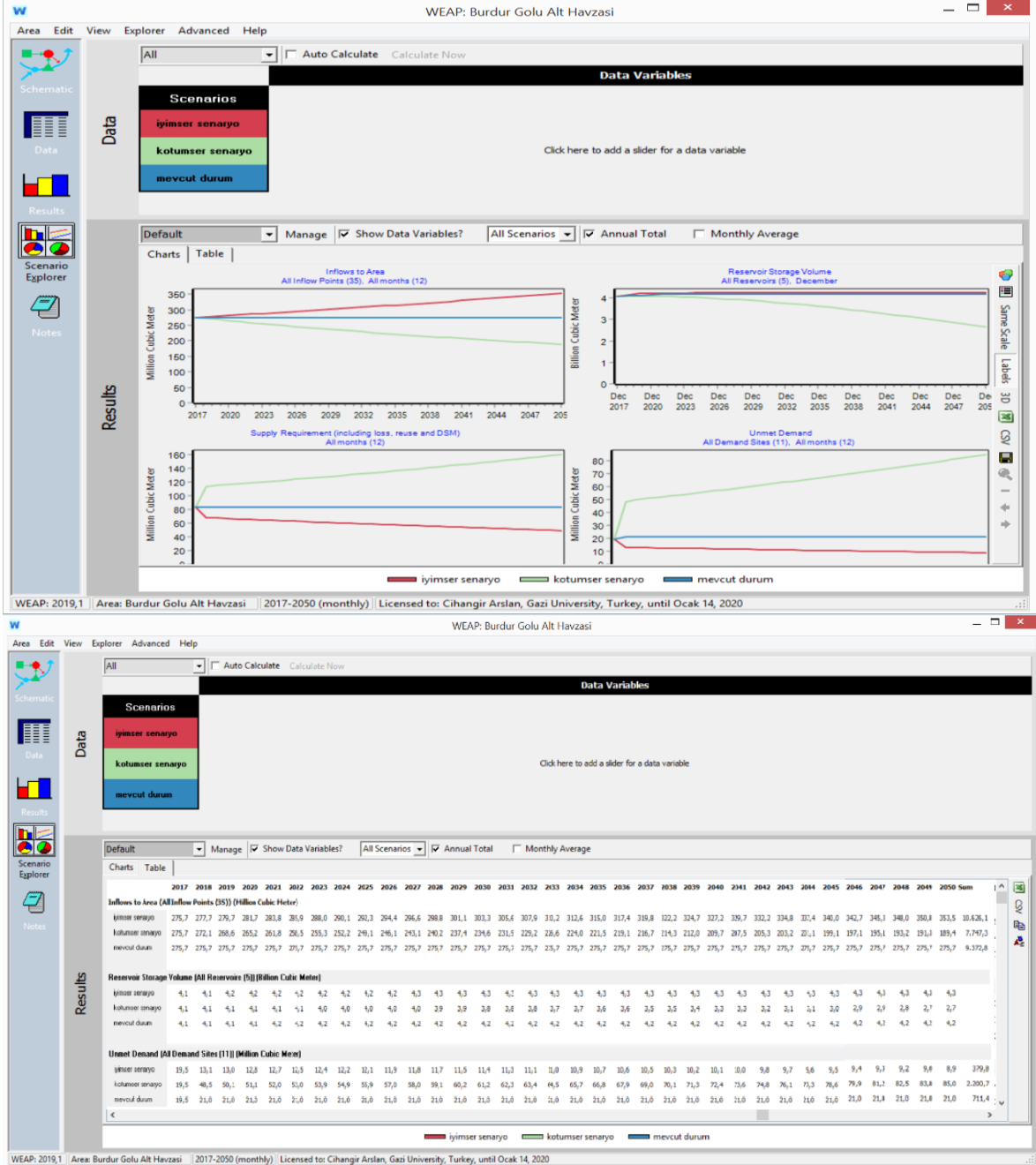
5.4. Burdur Gölü Alt Havzası Toplam Su İhtiyacı

Burdur gölü havzası toplam su ihtiyacı incelendiğinde alt havzada kayıpları içermeyen toplam su talep miktarı mevcut durumda yaklaşık $57,9 \text{ hm}^3$, iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında $41,6 \text{ hm}^3$ 'e düşerken kötümser senaryoda bu miktar $82,8 \text{ hm}^3$ 'e kadar çıkmaktadır. Kayıpları içeren su talep miktarı ise mevcut durumda $83,6 \text{ hm}^3$ iken 2050 yılında bu miktar iyimser senaryoda $49,4 \text{ hm}^3$ 'e düşmüş kötümser senaryoda ise $160,3 \text{ hm}^3$ 'e kadar artmıştır.

Karşılanamayan su ihtiyacı grafiği incelendiğinde ise Burdur gölü havzasının mevcut durumda toplam 21 hm^3 'lük bir ihtiyacın karşılanamadığı, 2050 yılında iyimser senaryoda $8,9 \text{ hm}^3$ 'lük su ihtiyacının karşılanamayacağı, kötümser senaryoda ise 2050 yılında yaklaşık 85 hm^3 'lük su ihtiyacının karşılanamayacağı tespit edilmiştir. Analiz sonuçları Resim 5.12'de yer almaktadır.



Resim 5.12. Burdur gölü havzasının farklı senaryolara göre toplam su talebi, arz gereksinimi ve karşılanamayan su talebi eğrileri



Resim 5.13. Burdur gölü havzasının toplam akış, toplam rezervuar hacmi ve karşılanamayan talep eğrileri

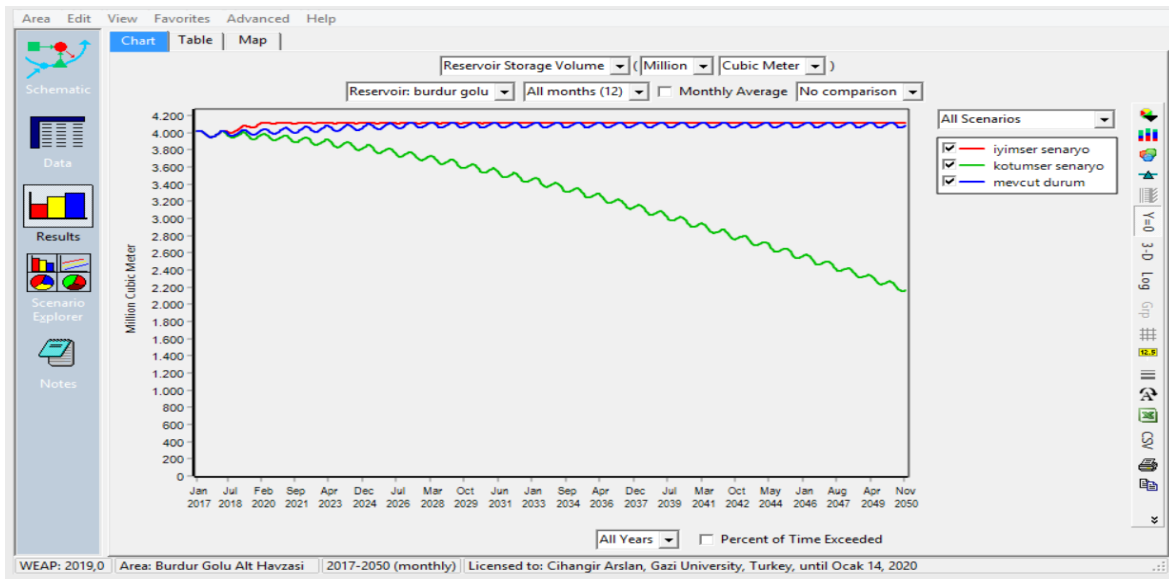
Resim 5.13'te yer alan tablolardan da görüleceği üzere yüzeysel ve yeraltı suları dahil havzaya giren su miktarı mevcut durumda 275,7 hm³ tür. Bu değer 2017 – 2050 yılları arası iyimsir senaryoda giderek artmakta ve 2050 yılında 353,5 hm³ olmaktadır. Bu senaryoda havzaya düşen yağışların en bol olduğu, su tüketimlerinin bilinçli ve tasarruflu yapıldığı, kayıpların en az olduğu durumda havzaya girecek su miktarını göstermektedir. 2017 – 2050 yılları arası kötumsir senaryoda ise su miktarı giderek azalmakta ve 2050 yılında 189,4 hm³ olmaktadır. Bu senaryoda ise havzaya düşen yağışların çok az olduğu,

su tüketimlerinin bilinçsiz bir şekilde yapıldığı, kayıpların çok fazla olduğu durumda havzaya giren su miktarını göstermektedir.

Mevcut durumdaki hacmi $4109,22 \text{ hm}^3$ olan Burdur gölünün etrafında oldukça fazla kayıtlı olmayan sondaj bulunmaktadır [46]. Bu sondajlar doğrudan veya dolaylı olarak göl hacmini etkilemektedir. Burdur havzası master plan raporunda yer alan ve Resim 5.14'te yer alan Burdur gölünün 1984'te ve 2016'da çekilmiş uydu görüntüleri durumun ciddiyetini göstermektedir. Yapılan analizler sonucunda ise kötümser durumda mevcut göl hacminin 2164 hm^3 'e kadar düşebileceği bulunmuştur. Günümüzde $4109,22 \text{ hm}^3$ hacmiyle yaklaşık 186 km^2 yüzey alanına sahip olan Burdur Gölü kötümser durumda 2050 yılında yaklaşık 97 km^2 yüzey alanına sahip olacaktır. Söz konusu analiz Resim 5.15'te yer almaktadır.



Resim 5.14. Burdur gölü 1984 ve 2016 yılları uydu görüntüleri



Resim 5.15. Burdur gölünün farklı senaryolara göre 2017 - 2050 yılı rezervuar hacmi eğrileri

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) meteoroloji istasyonlarından temin edilen hidrolojik veriler ile Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), İller Bankası gibi kurumlardan elde edilen veriler doğrultusunda Burdur Gölü havzasında yer alan nehir (Bozçay, Değirmen, Bademli), yeraltı suyu (Çatağıl, İnsuyu, Gökpınar, Keçiborlu, Süleyman Demirel OSB), yerüstü suyu (Karamanlı, Tefenni, Kemer), baraj/göl (Karamanlı, Karaçal, Bademli, Karataş Barajları ve Burdur Gölü) ile sulama (Karamanlı, Bademli, Karaçal, Karataş), içme ve kullanma suyu (Burdur ili, Tefenni ilçesi, Karamanlı ilçesi, Kemer ilçesi, Keçiborlu ilçesi, Burdur ve Isparta Süleyman Demirel organize sanayi bölgeleri) elemanları sisteme tanımlanarak WEAP programına girilmesiyle WEAP modeli oluşturulmuştur.

Çalışma kapsamında mevcut verilerle senaryo 1 (mevcut durum) oluşturmuş daha sonra belirli kabuller yapılarak senaryo 2 (iyimser durum) ve senaryo 3 (kötümser durum) ile farklı analizler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda Burdur gölü havzasına giren yüzeysel ve yeraltı sularının miktarı mevcut durumda $275,7 \text{ hm}^3$ iken bu değer iyimser senaryoda 2050 yılında $353,5 \text{ hm}^3$ olabileceği, kötümser senaryoda ise $189,4 \text{ hm}^3$ olabileceği belirlenmiştir. Mevcut durumda 21 hm^3 olan karşılanamayan su ihtiyacının ise 2050 yılında iyimser senaryoda $8,9 \text{ hm}^3$, kötümser senaryoda 85 hm^3 olabileceği tespit edilmiştir.

Ayrıca mevcut hacmi $4109,22 \text{ hm}^3$ olan Burdur gölünün hacminde havzada yer alan sondajların fazlalığı sebebiyle azalma olduğu, kötümser senaryoda bu miktarın 2164 hm^3 'e kadar düşebileceği belirlenmiştir. Günümüzde $4109,22 \text{ hm}^3$ hacmiyle yaklaşık 186 km^2 yüzey alanına sahip olan Burdur Gölü kötümser durumda 2050 yılında 97 km^2 yüzey alanına sahip olacaktır.

Burdur gölü havzasında yer alan mevcut suyun uzun vadede etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamak için aşağıda yer alan hususlara dikkat edilmelidir;

- Havzada belgeli - belgesiz fazla miktarda sondaj kuyusu bulunmaktadır. Sondaj kuyularının fazla olması yer altı suyu miktarını oldukça fazla etkilemekte bu durum hem Burdur gölü üzerinde doğrudan olumsuz bir etki yapmakta hem de Burdur gölüne boşalan akımlar üzerinde olumsuz bir etki yaparak Burdur Gölü'nün olumsuz etkilenmesine yol açmaktadır. Bu sebeple yeraltı suyu kullanımları ve özellikle belgesiz kuyuların kontrol altına alınması gerekmektedir.
- Havzada gerek sulama gerekse içme suyu teminindeki kayıp - kaçak oranı oldukça fazladır. Havzada yer alan belediyelerin içme suyu şebekelerini yenilemesi ve oldukça fazla olan kayıp kaçak miktarının azaltılması gerekmektedir. Benzer şekilde sulamada meydana gelen kayıp kaçak miktarlarının önüne geçilebilmesi için sulama tesislerinin de modernize edilmesi gerekmektedir.
- Buharlaşma Burdur gölü su kaybı açısından önemli bir faktördür. Gerek baraj rezervuarlarında, gerekse göl yüzeyinden buharlaşmanın azaltılması için gerekli araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmalıdır.
- Tarımda daha az su kullanan ürün desenlerine (mısır ve yonca yerine lavanta üretimi gibi) teşvik edilmeli ve organize sanayi bölgelerinde gelecekte daha az su kullanan sektörlerle izin verilerek teşvik edilmelidir.
- Havzada ağaçlandırma, erozyon, çığ ve sel kontrolü çalışmaları yapılmalıdır.
- Su kullanımı konusunda gerek lokâl ve bölgesel halkın bilinçlendirilmesi, insanların bireysel düzeyde su tasarrufuna yönlendirilmesi bu konuda çeşitli eğitimlerin verilmesi gerekmektedir.

Yüzeysel suya karışan atıklar, su kalitesinde değişime neden olmaktadır. Havza sınırları içerisinde kalan belediyelerde atık su arıtma tesisinin yapılması havzadaki su kalitesi bakımından faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Gün, B. (2011). *Değirmendere çayı su kalitesinin fizikokimyasal parametrelere ve epilitik diyatomlara göre belirlenmesi ve su kalitesi indekslerinin karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 1-3.
2. İnternet:Uzayco.URL:<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.uzay.co%2Fdunyadaki-su-miktari-ve-orani%2F&date=2019-04-08>, Son Erişim Tarihi: 08.02.2019.
3. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2005). Hidrometeoroloji; Meteoroloji Genel Müdürlüğü, *MGM Raporu*, Ankara, 19-25.
4. İnternet: United States Geological Survey, URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwater.usgs.gov%2Fedu%2Fwatercycle.html&date=2019-04-11>, Erişim Tarihi: 11.04.2019.
5. İnternet: Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.isu.gov.tr%2Ficerik%2Fdetay.aspx%3Fid%3D42&date=2019-04-11>, Erişim Tarihi: 11.04.2019.
6. Hakyemez, C. (2019). Su: yeni elmas; Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş., *Türkiye Sınai Kalkınma Bankası Raporu*, İstanbul, 4-17.
7. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. (2017). Su kaynaklarının geliştirilmesi ve hidroloji çalışma grubu raporu; DSİ, *Orman Su Şurası Raporu*, Afyonkarahisar, 250-368.
8. Muluk, B.Ç. Kurt, B. Turak, A. Türker, A. Çalışkan, M. A. Balkız, Ö. Gümrükçü, S. Sarıgül, G. Zeydanlı, U. (2013). Türkiye'de suyun durumu ve su yönetiminde yeni yaklaşımlar: Çevresel perspektif; İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği - Doğa Koruma Merkezi, *Sürdürülebilir Kalkınma Derneği Raporu*, İstanbul, 5-92.
9. Akın, A. Akın, G. (2007). Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği, *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 47(2), 105-118.
10. İnternet: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.afad.gov.tr%2Ftr%2F23792%2FAciklamali-Afet-Yonetimi-Terimleri-Sozlugu&date=2019-04-11>, Erişim Tarihi: 11.04.2019.
11. White, K. D. Vaddey, S. V. Hamlet, A. F. Cohen, S. Neilsen, D. Taylor, W. (2006, July). *Integrating climate impacts in water resource planning and management*, Paper presented at the 13th International Conference on Cold Regions Engineering, Orono, Maine, United States.
12. Harmancıoğlu, N.B. Gül, A. Fıstıkoğlu, O. (2002). Entegre su kaynakları yönetimi, *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 419, 35-39.

13. Koç, C. (2018). Entegre havza yönetiminde su kaynaklarını modern yöntemler ile ölçme, izleme ve değerlendirme olanaklarının araştırılması, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 14, 222-227.
14. Yılmaz, S. (2017). *Abdal çayı havzasında (Samsun) su yönetimi*, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Samsun, 1-3.
15. Arranz, R. McCartney, M. (2007). Application of the Water Evaluation and Planning (WEAP) model to assess future water demands and resources in the Olifants catchment, *International Water Management Institute Journal*, 103, 35-46.
16. İnternet: Stockholm Çevre Enstitüsü, URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.weap21.org%2Findex.asp%3Faction%3D200&date=2019-04-29>, Erişim Tarihi: 29.04.2019.
17. Bilgin, R. (1997). Türkiye’de su sorunları ve çözüm önerileri, *Meteoroloji Mühendisleri Odası Dergisi*, 2(18), 5-12.
18. Özgüler, H. (1997). Su, su kaynakları ve çevresel konular, *Meteoroloji Mühendisleri Odası Dergisi*, 2(18), 57-63.
19. Burak, S. Duranyıldız, İ. Yetiş, Ü. (1997). Ulusal çevre eylem planı: Su kaynaklarının yönetimi; Devlet Planlama Teşkilatı. *DPT Raporu*, Ankara, 116-128.
20. Ünal, B. (2015). *Su kaynaklarının geliştirilmesi*. Burhan Ünal’a ait 2015-16 Güz Yarıyılı ders notları (21 sayfa). Bozok Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yozgat.
21. Sensoy, S. Ulupınar, Y. Demircan, M. Balta, İ. (2001). Türkiye iklimi; Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü. *MGM Raporu*, Ankara, 1-16.
22. İnternet: Food and Agriculture Organization of the United Nations, (2012). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Fnr%2Faquastat&date=2019-04-29>, Erişim Tarihi 29.04.2019.
23. İnternet: Food and Agriculture Organization of the United Nations, (2012). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Fnr%2Fwater%2F+aquastat%2Fmain%2Findex.stm&date=2019-04-29>, Erişim Tarihi 29.04.2019.
24. Koçman, A. (1979). *Yukarı Kura Nehri havzasının fiziksel coğrafyası*, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum, 1-3.
25. Ekmekçi, M. (1987). *Beyşehir Gölü’nün komşu havza akımlarına olan etkilerinin araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2-5.
26. Eminoğlu, E. (1987). *Dalaman çayı su toplama havzasının hidrolojik yapısı*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-4.

27. Karakılıç, N. (1987). *Küçük havzalardaki hidrolojik olayların matematiksel modeli*, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 1-3.
28. Yiğit, A. (1988). *Hazar Gölü (Gölcük) havzasının coğrafyası*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 1-3.
29. Burak Baltaoğlu, S. (1990). *Sakarya nehri havzasında su kalitesi yönetimi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2-4.
30. Demirci, N. (1996). *Dicle havzasının su potansiyeli, aylık ve yıllık akımların olasılık dağılımları*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1-3.
31. Aydın, M. C. (1998). *Yukarı Fırat Havzasının DSİ IX. Bölge dahilindeki bölümün simülasyon modeliyle incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2-5.
32. Yunusoğlu, S. (2001). *Kızılırmak havzası bölgesel akarsu ağı analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-8.
33. Fırat, M. (2007). *Sinirsel bulanık mantık yaklaşımı ile havza modellemesi*, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 1-12.
34. Saphioğlu, K. (2010). *Parametrik havza modellemesi ile akım tahmini: Köprüçay Nehri havzası*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2-8.
35. Fattah, W. H. (2015). *CBS ile Murat Nehri havzası hidrolojik analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep, 1-9.
36. Coşkun, Ö. (2017). *Zamantı Irmağı alt havzasındaki DSİ projelerinin weap (water evaluation and planning system) programı ile modellenmesi ve Bahçelik Barajı işletme çalışması örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 1-11.
37. Karaer, M. (2014). *Sulama işletmelerinin entegre havza yönetiminde yeri ve önemi üzerine bir araştırma: Büyük Menderes havzası örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 5-15.
38. T.C. Kalkınma Bakanlığı, (2014). *Su kaynakları yönetimi ve güvenliği; Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Ankara, 1-59.
39. Salmaner, E. G. (2008). *Entegre su kaynakları yönetim planlaması: Konya kapalı havzası örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-8.

40. Özdemir, Y. (2009). *Büyük Menderes Nehri havzasının arazi kullanımı ve su yönetimi açısından incelenmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 1-12.
41. Casiadi, N. (2010). *Avrupa Birliği'nin bütünleşik su kaynakları yönetimi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 1-15.
42. Atacan Ögüt, A. Beler Baykal B. Kınacı, C. (2011). Mevsimsel nüfus değişiklikleri ve atıksu yönetimi üzerine bir inceleme, *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi*, 21(2), 25-36.
43. Yılmaz, H. Tombul, M. (2015). Akarçay havzası için entegre su kaynakları yönetiminin belirlenmesinde weap (water evaluation and planning system) modelinin uygulaması, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 7(2), 271-278.
44. Şenik, B. (2016). *Türkiye'de yer üstü su kaynakları yönetimi sorununun planlama sürecinde çözülmesi: Bakırçay Havzası örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2-16.
45. Çelik Morkoç, D. (2018). Sistem dinamiği ile Ankara'da sürdürülebilir su kaynakları yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 1-14.
46. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, (2017). Burdur Havzası Master Plan Çalışması; Hidromark, *DSİ Raporu*, Ankara, 38-1460.
47. İnternet: Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2015). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.mgm.gov.tr%2F&date=2019-04-29>, Erişim Tarihi 29.04.2019.
48. İnternet: Water Evaluation and Planning System, URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.weap21.org%2Findex.asp&date=2019-04-29>, Erişim Tarihi 29.04.2019.
49. Pala, B. Latifoğlu, A. (2002). İçme suyu şebekelerinde oluşan su kayıpları: Kayseri ili örneği; TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, *ÇMO Raporu*, Ankara, 1-7.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ARSLAN, Cihangir
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 05.08.1990, Ankara
 Medeni hali : Evli
 Telefon : -
 e-mail : cihangirarslan06@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	Devam ediyor
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Enerji Sistemleri Müh.	2018
Lisans	Erciyes Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	2013
Lisans	Erciyes Üniversitesi / Makine Mühendisliği	2013
Lisans	Anadolu Üniversitesi / İşletme	2012
Lise	Çağrıbey Anadolu Lisesi	2008

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015-Halen	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü	İnşaat Mühendisi
2013-2014	Moment Proje	İnşaat Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Variyenli, H.İ. Arslan, C. (2017). Sıvıların ve gazların ısı iletkenlik katsayısını belirleyebilmek için laboratuvar tipi bir deney cihazının tasarımı, imalatı ve test edilmesi *Politeknik Dergisi*, 20(3), 599 - 605.

Selek, Z. Arslan, C. (2019). Entegre su kaynakları yönetiminde WEAP modelinin kullanılması: Burdur Gölü havzası örneği, *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(1), 54-64.

Hobiler

Yürüyüş, Yüzme, Seyahat



GAZİ GELECEKTİR...