

**AKARÇAY HAVZASI ENTEGRE
SU KAYNAKLARI YÖNETİMİNİN
BELİRLENMESİNDE WEAP
(“WATER EVALUATION AND PLANNING” SYSTEM)
YAKLAŞIMININ KULLANILMASI**

Hasan YILMAZ
Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Aralık 2015

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Hasan YILMAZ'ın, “**Akarçay Havzası Entegre Su Kaynakları Yönetiminin Belirlenmesinde WEAP (“Water Evaluation and Planning” System) Yaklaşımının Kullanılması**” başlıklı **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 25.12.2015 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı – Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı) :	Prof. Dr. MUSTAFA TOMBUL
Üye	: Prof. Dr. RECEP BAKIŞ
Üye	: Prof. Dr. ÖZGÜR KIŞI

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AKARÇAY HAVZASI ENTEGRE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİNİN BELİRLENMESİNDE WEAP (“WATER EVALUATION AND PLANNING” SYSTEM) YAKLAŞIMININ KULLANILMASI

Hasan YILMAZ

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa TOMBUL

2015, 61 sayfa

Bu çalışmada, Akarçay Havzasına dair su bütçesinin hesaplanması ve entegre su kaynakları yönetimi için WEAP (“Water Evaluation and Planning” System) programından yararlanılmıştır. WEAP Modelinde, akım gözlem istasyonlarından elde edilen uzun yıllar (1960-2010) yağış, akış, buharlaşma vb. gibi hidrolojik verileri ile nüfus, sulama arazileri ve endüstriyel su kullanımlarına ait istatistik veriler kullanılmıştır. Söz konusu veriler dikkate alınarak WEAP programında model oluşturulmuştur. Oluşturulan model ile geleceğe yönelik (2011-2050) iyimser ve kötümser senaryolar türetilerek havzanın su bilançosu hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Entegre su kaynakları yönetimi, havza yönetimi, WEAP modeli, Akarçay Havzası

ABSTRACT

Master of Science Thesis

USAGE OF WEAP (“WATER EVALUATION AND PLANNING” SYSTEM) APPROACH IN THE DETERMINATION OF INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT FOR AKARÇAY BASIN

Hasan YILMAZ

**Anadolu University
Graduate School of Sciences
Civil Engineering Program**

**Supervisor: Prof. Dr. Mustafa TOMBUL
2015, 61 pages**

In this study, WEAP (“Water Evaluation and Planning” System) program has been used for estimating the water budget and integrated water resources management regarding Akarçay Basin. In WEAP Model, long term hydrological data obtained from flow observation stations such as precipitation, inflow, evaporation and some statistical data in respect to population, irrigation areas and industrial water usage have been used. In the program of WEAP, a model has been created with considering mentioned data. With created model, water budget has been calculated for future (2011-2050) by producing negative and positive scenarios in this basin.

Keywords: Integrated water resources management, River basin management, the WEAP model, Akarçay Basin

TEŞEKKÜR

Tez alıőmamda űstűn bilgi ve űngűrűsűyle birçok alanda bana yardımcı olan, yűnlendiren ve alıőma hayatımda űnemli katkılar saėlayan danıőmanım sayın Prof. Dr. Mustafa TOMBUL'a en içten duygularımla teőekkűr ederim. űzellikle WEAP programının kullanımında desteėini, tecrűbesini, saygısını ve űzellikle de tűm imkânlarını çalıőmamda bana sunan Yűk. İnő. Műh. Hasan Cenk ÇETİN'e, yűksek lisans eėitimim sűresince bilgi ve tecrűbelerini benimle paylaőan Yűk. İnő. Műh. Oėuzhan YAVUZ'a, çalıőmamın veri temin etme bűlűműnde bana yardımcı olan Yűk. İnő. Műh. Onur GEZER'e teőekkűrű bir borç bilirim.

Hasan YILMAZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. TÜRKİYE’DE SU KAYNAKLARI	4
2.1. Yüzeysel Su Kaynakları	4
2.2. Yeraltı Su Kaynakları	4
2.3. Jeotermal Su Kaynakları	5
3. TÜRKİYE’DEKİ HİDROLOJİK SU HAVZALARI	7
3.1 Su Kaynakları Yönetim Kavramı ve Yaklaşımları	9
3.2. Su Kaynakları Yönetimi	12
3.3. Su Kaynakları Yönetimine Havza Ölçeği	13
3.4. Su Kaynakları Yönetiminde Sürdürülebilirlik	13
3.5. Türkiye’de Su Kaynakları Yönetimi	15

3.6. Entegre Su Yönetimi	19
3.7. Entegre Su Kavramının Ortaya Çıkış Nedenleri	21
4. ÇALIŞMA ALANI	25
4.1. Çalışma Alanının Tanıtılması	25
4.2. Yer Şekilleri ve Genel Arazi Durumu	25
4.3. Akarsular	27
4.4. Meteorolojik ve İklimsel Özellikler	29
4.5. Nüfus	30
4.6. Tarım	31
4.7. Sanayi ve Ticaret	31
5. METODOLOJİ	34
5.1 WEAP Modeli	34
5.2. WEAP Modelinin Uygulanması	34
5.3. Yapılan Kabuller	36
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	50
KAYNAKLAR	61

ŞEKİLLER DİZİNİ

3.1. Türkiye’deki 26 topoğrafik su havzasını gösteren harita	8
3.2. Havza içinde yer alan su kaynaklarının girdi ve çıktıları	10
4.1. Akarçay Havzasındaki Göller.....	28
5.1. Havzaya ait WEAP modeli.....	35
5.2. Weap Modelinin genel görünümü	38
5.3. Eber ve Akşehir göllerinin rezervuarlarına ait karakteristik bilgiler	39
5.4. Su yapılarına ait hacim satıh eğrileri	40
5.5. Göllere ait buharlaşama değerleri	41

5.6. Sulama alanlarına aktarılan suların efektif kullanım oranları	42
5.7. Sulama alanları ait aylık periyotta kullanım miktarları	43
5.8. İçme suyunda kişi başı tüketilen su miktarı	44
5.9. Akarçay havzası organize sanayi bölgesi yıllık su tüketim değerleri	45
5.10. Su iletim hatlarında yaşanan sistem kayıpları	46
5.11. Su iletim hatlarında yaşanan sistem kayıpları	47
5.12. Atık su arıtma tesislerindeki rehabilite edilen günlük su miktarları	48
5.13. Havzada yer alan Akiferlere ilişkin rezervuar kapasiteleri	49
6.1. Afyonkarahisar ili içme suyunun senaryolara göre dağılımı	50
6.2. Organize sanayi bölgesi su taleplerinin senaryolara göre dağılımı	51
6.3. Selevir Barajı tarım sulamasının senaryolara göre dağılımı	52
6.4. Seyitler Barajı tarım sulamasının senaryolara göre dağılımı	53
6.5. Sistemsel kayıplarla birlikte havzanın toplam su talep miktarları	54
6.6. Havza içerisinde farklı senaryolara göre karşılanamayan su miktarı	55
6.7. Senaryolara ve yıllara göre havza su bilançosu	56
6.8. Senaryolara ve yıllara göre havza su bilançosu	57
6.9. Afyonkarahisar ilinin kötümser senaryoya göre nüfus değerleri	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

3.1. Türkiye'deki 26 topoğrafik su havzası ve su potansiyelleri	7
3.2. Su kaynakları yönetiminde görevli kamu kurum ve kuruluşlar	18
3.3. Kullanılan su miktarları ve alanları	23
4.1. Afyonkarahisar İklim Parametresi Ortalamaları (1975-2010)	30

1.GİRİŞ

İnsan, yaşamı boyunca her safhada suya ihtiyaç duymuştur. Su yalnızca insanlar için değil, tüm canlılar için vazgeçilemez bir yaşam kaynağıdır. Su, başlı başına bir yaşam kaynağı olduğu gibi kendisinde türeyecek diğer canlılar içinde ev sahipliği yapmaktadır. Bu görevi itibariyle kaliteli olması da çok büyük önem arz etmektedir. Su, insanlar ve hayvanlar âlemine katkı sağladığı gibi bitkiler âlemi için de olmazsa olmazdır. Bununla beraber suyun faydaları saymakla bitmez ancak faydaları olduğu gibi zararları da mevcuttur.

Heyelan, sel, taşkın, tsunami ve kuraklık gibi doğa olayları suyun varlığı ve yokluğu neticesinde oluşan olumsuz tabiat olaylarıdır. Suyun bol miktarda olması gibi hiç olmaması da doğaya ve canlılara zarar vermektedir. Tüm bu faydalar ve zararlar göz önüne alındığında suyun kontrolü ve yönetimi de en az su kadar önem kazanmaktadır. Bununla birlikte suyun faydalarından yararlanmak ve zararlarından korunmak amacıyla entegre bir su politikası oluşturulmalı ve bu politikayla geleceğe yönelik planlar yapılmalıdır.

Bu bağlamda su üzerinde bilgi toplama ve kontrol edebilme maksadıyla ülkemizdeki su kaynakları buldukları bölgelerde havzalara ayrılmıştır. Bu sayede ölçek küçültülmüş ve suyu kontrol altına alma noktasında su yapıları inşa edilebilmesine imkân sağlanmıştır. Ülkemizde 26 adet havza yer almaktadır. Her havzada mevsimlere, topoğrafik özelliklere ve su potansiyeline bağlı olarak farklılıklar görülmektedir. Türkiye’de nüfus bazında kişi başı su tüketimi yıllık ortalama 1555 m³ olup su kıtlığı yaşayan ülkeler arasında yer almaktadır. Bazı havzalarda bu oran daha düşmekle birlikte bazı havzalarda oran daha da yükselmektedir. Bununla birlikte her havzada su kalitesi de farklılık göstermekte ve su kirliliği çeşitlilik arz etmektedir.

Özellikle hızla artan nüfus, endüstri ve sanayinin büyümesi, tarımsal alanların artırılması ve çevre bilincine sahip olunmaması sonucunda gerek yüzeysel gerekse yer altı sularında aşırı kirlenmeler söz konusu olmaktadır. Örnek olarak ise Gedik, Akarçay ve Sakarya havzalarında yer alan su yapılarında (göl, çay vs.) çok miktarda kirlenmeler gözlemlenmiştir. Bu kirlenmelere ise kalsiyum,

fosfor, kurşun, gibi kimyasal maddeler neden olmaktadır. Öyle ki bazı havzalarda bu maddelerin aşırı bulunmasından kaynaklı aşırı kirlenmeler yaşanmaktadır.

Su kaynaklarının kirlenmesi hem doğa da hem de insan hayatında çok önemli sağlık ve doğa sorunlarına neden olmaktadır. Aşırı kirlenmeler bu şekilde devam etmesi halinde 25-30 yıl sonra su kirliliğinin ciddi sorunlara yol açacağı düşünülmelidir.

Bu maksatla sağlıklı bir geleceğe, su kaynaklarına sahip olabilmek için herkesin bu bilinçte olması gerekmekte ve bu konuda ivedi olarak politikalar oluşturulmalı ve uygulamaya geçilmelidir.

Her geçen gün artan dünya nüfusu ve buna bağlı olarak gelişen tarım, sanayi ve endüstri ihtiyaçları neticesinde su talepleri gün geçtikçe artmaktadır. Mevcut su kaynaklarının azlığı, aşırı ve bilinçsiz tüketimi, bu talebin karşılanmasını imkânsız kılmaktadır. Ancak su kaynaklarının verimli kullanımı ve entegre yönetimi ile su ihtiyaçların karşılanması mümkün olabilmektedir. Bu da entegre su kaynakları yönetiminin önemini bir kat daha artırmaktadır. Su kaynakları yönetimi her ne kadar insan yaşamının gereksinimlerini karşılamak için düşünülse de, hidrolojik çevrim döngüsünün devamlılığı olarak değerlendirilmesi daha rasyonel bir yaklaşım olacaktır.

Su kaynakları yönetim kavramı; Bölgenin tarımsal faaliyetlerine, enerji gereksinimlerine, toplumsal ihtiyaçlarına, sosyo-ekonomik gelişmelerine de yön vermesi açısından aktif rol almaktadır. Bu bağlamda su tüketimi konusunda bilincin yerleştirilmesi gerekmektedir (Grigg 1993).

“Entegre Su Kaynakları Yönetimi” kavramı; i) Geçmişten beri yaşanan ve dolaylı olarak sudan kaynaklanan afetlerin (sel, tsunami, heyelan vs.) oluşturduğu can ve mal kayıplarının önüne geçilmesi, ii) özellikle küresel ısınmaya paralel olarak ortaya çıkan ve 20. yüzyılın son yarısından bu yana hızla artış gösteren endüstri ve sanayi kollarının gelişmesiyle oluşan enerji ihtiyacı ve bu ihtiyaçların karşılanması, iii) endüstri ve sanayiden kaynaklanan çevre ve su kirliliği, mevcut su kaynaklarının bol olduğu bölgelerde enerji ve maddi gelir elde etme isteği; su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde ise kaynakların en verimli şekilde

kullanılma zorunluluğu, iv) hızla artış gösteren nüfus ve buna bağlı olarak ortaya çıkan atık suların arıtılması ve rehabilite edilerek tekrar kullanılması, çevresel bütünlüğün sağlanması gibi etkenler nedeniyle ortaya çıkmıştır.

Tüm bu etkenlerden dolayı gerek çevresel bütünlüğü sağlamak gerekse su kaynaklarının insan ve doğa yaşamı için zararlarından korunarak faydalarından yararlanmak noktasında entegre su kaynakları yönetiminin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Bununla birlikte entegre su kaynakları yönetimi yapılırken hidrolojik sistemin en doğru şekilde incelenmesi için havza ölçęi küçültülerek alt havzalara bölünmesi ve çalışmaların derinleştirilmesi gerekmektedir (Grigg 1999).

2. TÜRKİYE’DE SU KAYNAKLARI

2.1. Yüzeysel Su Kaynakları

Türkiye jeolojik yapı olarak oldukça genç oluşuma sahiptir. Türkiye’deki akarsular genel olarak yüksek eğim ve düzensiz rejime sahiptir. Akarsu havzalarının eğimleri yüksek olması sebebiyle gerekli iyileştirmeler yapılmadan kullanımı olanaklı değildir. Türkiye su kaynakları bakımından zengin olmasına rağmen su talepleri karşılanmasında güçlük çekilmektedir. Hidrolojik açıdan ülke 26 akarsu havzasına ayrılmıştır. Ülkemizde akarsu akış katsayısı yaklaşık olarak 0,37’dir. Ülkeye yağın toplam yağış 501×10^9 m³ olup bunun ancak 186×10^9 m³ lük kısmı aktif düzeydedir. Teknik ve ekonomik olarak ise 95×10^9 m³’lük kısmı kullanılabilir durumdadır. Bu bakımdan mevcut durumda yüzeysel suların ancak % 30’luk bölümü potansiyel teşkil etmektedir. Tablo 1.’de havzalara düşen yıllık ortalama akım değerleri gösterilmektedir (Aküzüm ve ark. 2010).

Akarsuların hidrometrik ölçümleri DSİ tarafından sürdürülmektedir. Türkiye geneline bakıldığında yer üstü su kaynaklarının yaklaşık % 30’u Dicle ve Fırat havzalarında olduğu görülmektedir.

2.2. Yeraltı Su Kaynakları

Türkiye’ye düşen 501×10^9 m³ yıllık akımın ortalama % 8’i yani 41×10^9 m³’ü yeraltına sızmaktadır. Bununla birlikte yeraltına sızan suların yaklaşık 18×10^9 m³’ü (% 44) denize boşalmaktadır. Ancak bu miktarın yalnızca 12×10^9 m³’lük kısmı kullanılabilir durumdadır. Türkiye’de yeraltı su ölçümleri Devlet Su İşleri tarafından yapılmaktadır. Ülkemizde yeraltı sularının potansiyeli belirlenmesi kapsamında 342 ovada yapılan hidrojeolojik etüdler neticesinde 12 km³’lük potansiyele sahip olduğu “Emniyetli Yeraltı Suyu İşletme Rezervi” tespit edilmiştir (Çevre Durum Raporu, 2007) Tespit edilen 12 km³’lük emniyetli yeraltı suyu işletme rezervinin 3,58 km³’lük kısmı kamu kuruluşları, DSİ ve sulama kooperatiflerine ilişkin yapılan sulamalarda, 4,56 km³’ü içme-kullanma ve

sanayi suyu ihtiyaçlarında, 1,91 km³'ü ise bazı özel sulamalarda olmak toplam 10,05 km³'lük kısmına tahsis işlemi yapılmıştır (Üstün ve Solmaz, 2004).

Türkiye'de yerlatı su kaynaklarına yönelik duyulan ihtiyaç artmakta ve yeraltı su kaynaklarının kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle birçok köy, meçra ve hatta ilçelerde içme ve kullanma suları yeraltı su kaynaklarından karşılanmaktadır. Ancak bazen yeraltı su kaynaklarından aşırı su çekimi sonucunda sorunlar yaşanmakta ve denge bozulabilmektedir. Özellikle İç Anadolu Bölgesi Konya Kapalı Havzasında yeraltı su kaynaklarından aşırı su çekilmelerinden dolayı bazı akarsu ve göllerde kuruma yaşanmıştır. Akşehir gölünün beslenme alanı içerisinde açılan sondaj kuyularının aşırı işletilmesi sonucu göl tamamen kurumuştur. Unutulmamalıdır ki yeraltı su kaynaklarının aşırı kullanılması ve deniz suyu ile birleşmesi sonucu kirlenmeler ve azalmalar yaşanmakta, yeniden içilebilir su kalitesine ve kıvamına gelmesi için uzun zaman gerekmektedir.

2.3. Jeotermal Kaynaklar

Jeotermal sular, yeryüzü tabakasının alt katmanlarında depolanmaktadır. Bu nedenle magma tabakasına yakındırlar, yüksek sıcaklıktadırlar ve oldukça fazla minerallere sahiptirler. Yeryüzüne çıkma rotalarında yer altı suları ile karşılaşabilmekte ve yer altı sularının kalitesini etkilemektedirler. Bazı bölgelerde yeralan jeotermal kaynaklarda sıcaklıklar 30 °C (Ankara-Ayaş) ile 232 °C (Aydın-Germencik) arasında değişiklik göstermektedirler. Bununla birlikte jeotermal sularla ilgili araştırma ve işletme çalışmaları Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından yürütölmektedir.

Ölkemiz jeolojik açıdan genç yapıda olduğundan geniş ölçüde jeotermal alanlara sahip ve yaklaşık 600'ün üzerinde jeotermal kaynak bulunmaktadır. Bu kaynaklar, genellikle deprem hareketlerinin yoğun olduğu ve volkanik faaliyetlerin aktif olduğu bölgelerde yer almaktadır. Özellikle fay zonlarının gelişme gösterdiği, horst ve graben yapılarının yer aldığı, volkanik faaliyetlerin olduğu alanlarda jeotermal özelliklerin görülmesi olasıdır. Bu nedenle söz konusu alanlarda kaplıca ve ılıca gibi sıcak su kaynak çıkışları yer almaktadır.

Jeotermal sular magma tabakasına ne kadar yakın olursa sıcaklıkları da o derece yüksek olmaktadır. Özellikle yer kabuğunun kırıklı ve çatlaklı zonlarından geçerken çok sayıda kimyasal elementleri içerisine alırlar. Bu güzergâhtan geçen jeotermal sular yeraltı su akiferlerine rastladığı bölgelerde su kalitesini olumsuz etkilemektedirler.

Magma tabakasına yakın olan jeotermal sularda bol miktarda bor elementi bulunmaktadır. Suyun içerisindeki bor elementinin az miktarda bulunduğu bitkiler için yararlı olmakla birlikte limiti aşması durumunda toprakta birikerek toprağı kurutucu bitkileri ise öldürücü etkiye neden olmaktadır. Ayrıca jeotermal sular içerisinde gerek hayvanlarda gerekse insanlarda ciddi zararlara neden olabilecek oranda arsenik, kadmiyum, civa ve kurşun gibi elementler bulunabilmektedir.

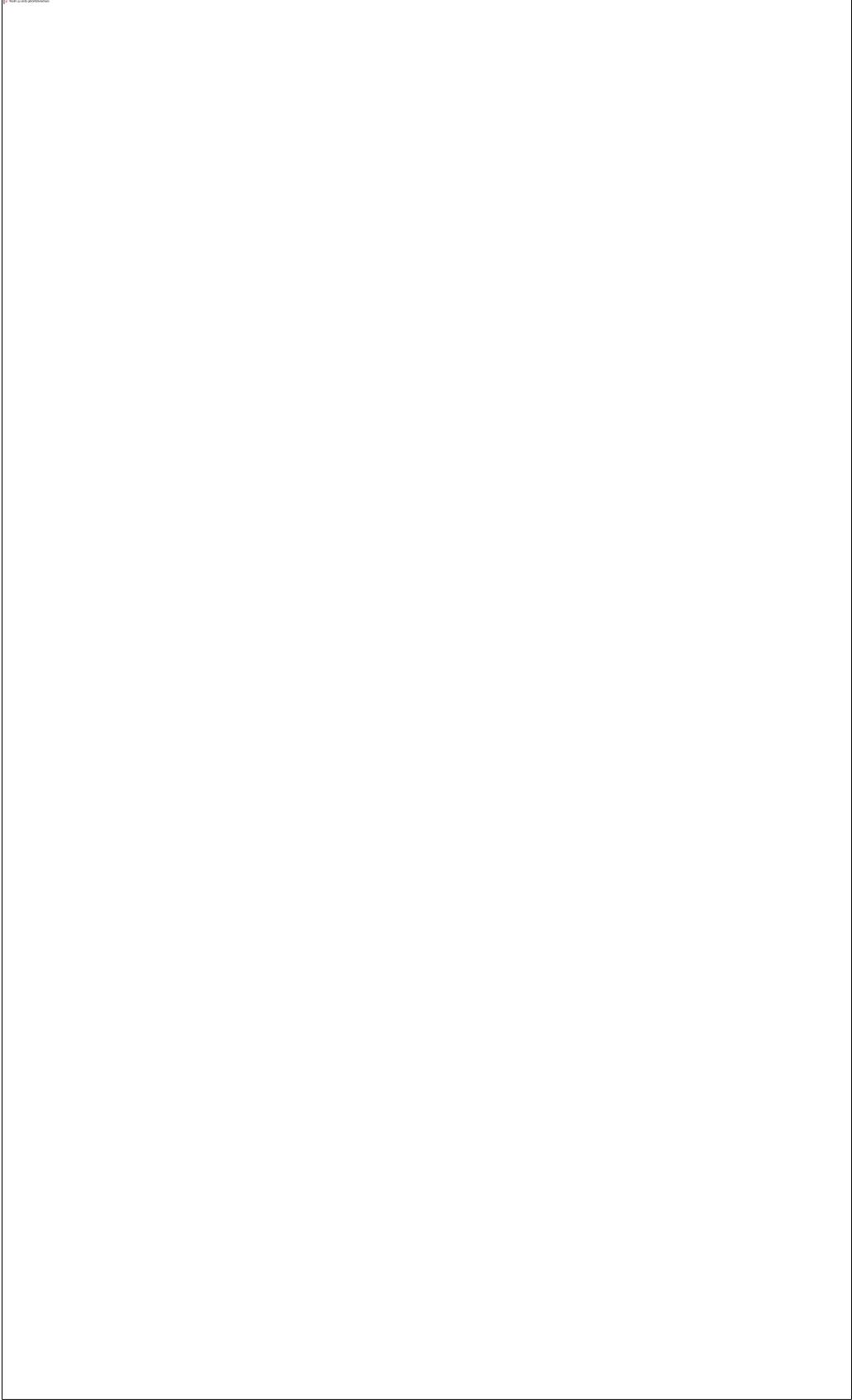
3. TÜRKİYE'DEKİ HİDROLOJİK SU HAVZALARI

Türkiye'de hidrolojik olarak 26 adet su havzası bulunmaktadır. Bu havzalara düşen yıllık akışlar ortalama 186 milyar m³ tür. Ancak havzalar aldıkları yağış miktarları bakımından farklılık gösterdiğinden su potansiyelleri de değişkenlik göstermektedir. Aldıkları akış miktarları bakımından en fazla yağış akımı alan 31,6x10⁹ m³ ile Fırat Havzası ilk sırada yer alırken Dicle Havzası ise 21,3x10⁹ m³ ile ikinci sırada yer almaktadır. Bu iki havza Türkiye su potansiyelinin % 28'ini oluşturmaktadır. Bununla birlikte Akarçay Havzası 0,49 x10⁹ m³ ve Burdur Gölü Havzası 0,50x x10⁹ m³ miktarları ile en az su potansiyeline sahip olan havzalardır. Topoğrafik yapıya göre oluşturulan 26 hidrolojik su havzası ve bunların yıllık su verimleri Çizelge 3.1. ve Şekil 3.1'de gösterilmiştir (Akın, 2007).

Çizelge 3.1. Türkiye'deki 26 topoğrafik su havzası ve su potansiyelleri (Akın, 2007).

	Havza Adı	Su Potansiyeli (x10 ⁹ m ³)
1	Meriç-Ergene	1.33
2	Marmara	8.33
3	Susurluk	5.43
4	Kuzey Ege	2.09
5	Gediz	1.95
6	Küçük Menderes	1.19
7	Büyük Menderes	3.03
8	Batı Akdeniz	8.93
9	Antalya (Orta Akdeniz)	11.06
10	Burdur Gölü	0.50
11	Akarçay (Afyon)	0.49
12	Sakarya	6.40
13	Batı Karadeniz	9.93
14	Yeşilırmak	5.80
15	Kızılırmak	6.48
16	Konya (Orta Anadolu)	4.52
17	Doğu Akdeniz	11.07
18	Seyhan	8.01
19	Asi (Hatay)	1.17
20	Ceyhan	7.18
21	Fırat	31.61
22	Doğu Karadeniz	14.90
23	Çoruh	6.30

24	Aras	4.63
25	Van	2.39
26	Dicle	21.33
Toplam		186.05



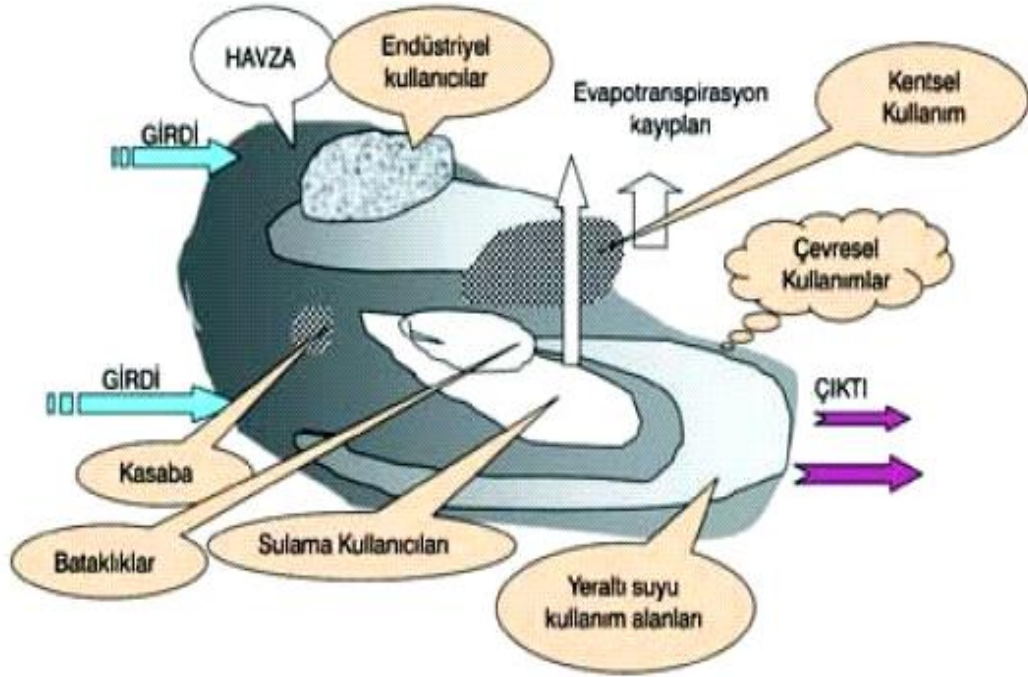
Şekil 3.1. Türkiye'deki 26 topoğrafik su havzasını gösteren harita (Akın, 2007).

3.1. Su Kaynakları Yönetim Kavramı ve Yaklaşımları

Su kaynakları yönetim kavramı ve yaklaşımlarına ilk olarak bu konuya ait problemlerin belirlenmesi, ana hat ve çerçevesinin ortaya konulması ve çözüm yollarının ayrıntılı olarak irdelenmesi şeklinde başlamak yararlı olacaktır. Su, insan hayatının ve gelişen dünyanın vazgeçilmez bir parçasıdır. Bununla birlikte su içinde bulunan elementler katı, sıvı ve gaz gibi farklı maddesel halde bulunan hareketli bir yapıya sahiptir. Bu yapısı da hidrolojik çevrenin sürekli bir değişim ve denge içerisinde kendisini oluşturmasına imkan sağlar. Bu bakımından su kaynakları yönetim kavramı ve yaklaşımlarına su döngüsü kavramını başlangıç noktası olarak belirlemek faydalı olacaktır.

Su döngüsünü kısaca ‘ekolojik çevre içerisindeki depolama ve aktarım sistemleri arasındaki ilişki bütünlüğü’ olarak tanımlamak uygun olacaktır. Su döngüsü sınırı araştırılan problemin özelliklerine bağlıdır. Araştırılan problemin konusu ele alınan havzanın bir bölümü olabileceği gibi, havzanın tümü de olabilir. Problemin çözümü tek bir havzayla sınırlı kalabileceği gibi birden çok havza ile ilişkili olabilir.

İlk olarak sisteme (havzaya) giren ve çıkan sular belirlenmelidir. Sistem içerisindeki su girdileri; yeraltı suları, akarsu akımları ve yağış olmaktadır. Su çıktıları ise; buharlaşma, sızma ve su kullanımları olmaktadır. Sistem bu şekilde bir bütün olarak ele alınmalıdır. Burada su kaynakları yönetimi sistem içerisindeki su potansiyelinin girdi ve çıktıları belirleyerek optimal düzeyde yönetmektir. Entegre su yönetimi ise sistem içerisindeki tüm unsurların bir biri üzerindeki etkilerini belirleyerek bütüncül yönetimin yapılması gerektiğini ifade etmektedir.



Şekil 3.2. Havza içinde yer alan su kaynaklarının girdi ve çıktıları (Harmancıoğlu ve ark. 2002)

Su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılmaması, su ihtiyacının karşılanması noktasında zamanla sorunlar yaşanmaktadır. Bu sorunların önüne geçilmesi ancak etkin bir entegre su kaynakları yönetimin kavram bilincinin oluşturulması ve sürdürülmesiyle aşılabılır. Bunun için en önemli hususlardan biriside su biriktirme depolarıdır (göl, gölet baraj vs.). Bu su biriktirme depolarına ilişkin çalışmalar hızla artış göstermektedir. Önceleri su, ekonomik gelir elde etme amacıyla kullanılmış ise de günümüzde, tarım, sanayi, çevre koruma gibi farklı amaçlarda kullanılmaktadır. Bu sayede suya duyulan amaç, ihtiyaç ve önem giderek artmaktadır. Su üzerine olan farklı ihtiyaçlar su kaynakları yönetim kavramını da giderek zorlaştırmaktadır.

Su kaynaklarının en verimli kullanımı, günümüz ihtiyaçlarını karşılamak ve geleceğe miras bırakabilmek için su kaynakları yönetim sistemini etkili biçimde kullanımı gerekmektedir. Havzaya giren su miktarları ile havza içerisinde kullanılan, sızan, buharlaşan su miktarları arasındaki denge sağlanmalıdır. Dengenin sağlanabilmesi için sistem bir bütün olarak değerlendirilmelidir.

Sistem, mevcut durumda su taleplerini karşılayabilmeli ve gelecekte yapılması planlanan su yapıları ile su kullanım ihtiyaçlarına da cevap vermelidir. Bununla birlikte sistemin düzgün çalışması için sadece insan gücüyle değil aynı zamanda gerekli teknolojik alt yapı ve günümüz teknolojilerinden de yararlanılmalıdır. Ayrıca sistemin düzgün çalışması, sürdürülebilir olması ve planlama ile işletme aşamalarında uzman ve tecrübeli kişi, kurum ve kuruluşlar aktif görev almalıdır. DSİ bu konuda lokomotif görev üstlenmekle birlikte geleceğe dönük planlama çalışmalarında özel sektörle birlikte vatandaşlarında bu sistemin içine girmesi ve sistemin bir parçası olması gerekmektedir (Akkaya ve ark. 2006).

Türkiye’de yıllık ortalama yağış miktarı 643 mm olmakla birlikte bir yağış miktarı ortalama $501 \times 10^9 \text{ m}^3$ suya denk gelmektedir. Gelen yağışın yaklaşık %50’si ($274 \times 10^9 \text{ m}^3$) nehir, göl, çay ve denizlerle birlikte buharlaşarak atmosfere ulaşmaktadır. Yaklaşık $70 \times 10^9 \text{ m}^3$ lük bir miktar yeraltına sızarak yeraltı suyunu oluşturmaktadır olup $28 \times 10^9 \text{ m}^3$ lük miktarı ise tekrar yüzeye çıkarak kaynak oluşturmaktadır. Kalan yaklaşık $157 \times 10^9 \text{ m}^3$ su ise toprağa düşerek akarsu, göl ve denizlere taşınmaktadır. Bununla birlikte komşu ülkelerden doğarak ülkemizden geçen ve ülkemize su getiren Meriç ve Asi gibi nehirler ile birlikte yaklaşık olarak $7 \times 10^9 \text{ m}^3$ yağış gelmektedir. Komşu ülkelerden başlayıp ülkemize su getiren nehirler, yeraltı su rezervlerinden yüzeye çıkan kaynaklar ve yağışla gelen su miktarları toplamında ülkemize düşen su potansiyeli $157+28+7=192 \times 10^9 \text{ m}^3$ olmaktadır (Kanber 2006).

Ülkemize yağışla düşen, yeraltı su kaynaklarından gelen ve ülkemiz sınırları dışından ülkemize gelen nehirlerinde getirdiği sular toplamında her ne kadar ülke yüzeyel su potansiyelimiz $192 \times 10^9 \text{ m}^3$ olsa da yapılan etüd çalışmalarında ülkemizin tüketilebilir yeraltı ve yüzey su potansiyeli yıllık yaklaşık $112 \times 10^9 \text{ m}^3$ olduğu ortaya konmaktadır.

Kişi başı kullanılabilir su miktarına göre ülkeler arasında sınıflandırmalar yapılmaktadır. Bu sınıflandırmalara göre kişi başı yıllık kullanılabilir su tüketimi 1000 m^3 ten az olan ülkelere **su fakiri**, $1000 - 2000 \text{ m}^3$ arası olanlar **su azlığı** çeken ve 2000 m^3 ’ten fazla olan ülkelere ise **su zengini** olarak değerlendirilmektedir.

Günümüzün ekonomik koşulları ve teknolojisi çerçevesinde içme suyu, sulama ve sanayii gibi farklı amaçlara ilişkin su talepleri tam manasıyla henüz

karşılanamamaktadır. 2014 yılı itibariyle ülke nüfusumuz yaklaşık 77,6 milyon olup bu kişi başı kullanılabilir su miktarı bakımından ($112 \times 10^9 \text{ m}^3 / 77,6 \times 10^6 = 1443 \text{ m}^3$) **su azlığı** çeken ülkeler arasında yer almaktadır.

Türkiye’de hızla artış gösteren nüfusla birlikte şehirlerin su ihtiyacı yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarından karşılanması giderek imkansızlaşmaktadır. Söz konusu su taleplerinin karşılanması, gölet, baraj, regülatör gibi su yapılarından temin edilmeye çalışılsa da tam talebi karşılayamamaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte atık su arıtma ve deniz suyu arıtma tesisleri ile birlikte içme suyu temin edilebilmektedir (Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği 109).

3.2. Su Kaynaklarının Yönetimi

Su kaynakları yönetimi, hem suyun hidrolojik çevrim içerisindeki döngüsü hem de canlılar için gereken ihtiyaçların karşılanması noktasında en ekonomik ve en verimli şekilde planlamasıdır. Bu planlama ile suyun çok yönlü kullanımı ve sürekliliği sağlanmaktadır. Sürekli olarak artış gösteren nüfus, tarım, sanayi ve içme suyu ve bunlara bağlı olarak bir önceki dönemlere göre giderek artan su talepleri, su kaynakları yönetim kavramını zorunlu kılmaktadır. Bununla birlikte, hem günümüz su ihtiyaçlarının karşılanması hem de gelecekteki su ihtiyaçlarının karşılanması açısından su kaynakları yönetimi, geçmişini dikkate alarak geleceğe yönelik ihtiyaçlara cevap vermeli ve süreklilik arz etmelidir. Ancak bu şekilde hidrolojik çevrim döngüsü uzun periyotlar da korunabilir ve mevcut ile gelecekteki su talepleri karşılanabilir. Bu bağlamda, gerek hidrolojik çevrim döngüsünde gerekse mevcut ve gelecekteki su taleplerinin karşılanmasında sürdürülebilirliği sağlamak için su kaynakları yönetiminde belli aşamalar belirlemek gerekir. Çözümün oluşturulabilmesi için ölçeğin küçültülmesi gerekmektedir. Bunun için sistemin doğal sınırları olan havza ölçeği belirlenmelidir.

3.3. Su Kaynakları Yönetiminde Havza Ölçeği

Havza, hidrolojik sistemi kontrol eden doğal sınırlara sahip bir alandır. Su kaynakları yönetim sisteminin havza ölçeğine indirgenmesi hidrolojik sistemi etkileyen süreçler arasındaki ilişkinin ortaya konmasına, sistemi bir bütün olarak ele alınmasına yardımcı olmaktadır. Bu şekilde sistem daha kolay irdelenebilmekte, değişik etki ve süreçler karşısında vereceği tepkileri belirlemede en uygun analiz yöntemi olmaktadır. Ancak havza ölçeğinden daha küçük boyutlarda ele alınan çalışma ve yöntemlerde yapılan analizler bütün sistemi kapsamadığından dolayı sistemi tam olarak karakterize edememektedir. Bununla birlikte, hidrolojik çevrim döngüsü içerisinde yaşanan süreçlerin birbirleriyle dinamik yapıda olması ve etkileşmesi sebebiyle havza ölçeğinden daha küçük ölçekteki çalışmaların sürdürülebilirliği kısıtlanmaktadır.

Havza içerisindeki su kaynaklarına ait su potansiyelinin bilinmesi sistem içerisindeki olası olumsuz durumlara karşı önlem alınabilmesine imkân sağlayacaktır. Havzanın bir bölümü için sorun teşkil etmeyen bazı unsurlar diğer bölümler için zamanla sorun teşkil edebileceği düşünülerek sistem bir bütün olarak incelenmeli ve tasarlanmalıdır. Planlaması yapılan havza içi su kaynakları yönetimi ile doğal olarak havzada yaşayan diğer canlılar (bitki, hayvan) için ekolojik sistemin de yapılandırılması gerçekleşecektir.

Avrupa Parlemantosunu ve Konseyinin 2000/60/EC sayılı “Su Direktifi” incelendiğinde havza bazında idari düzenlenmelerin desteklendiği görülmektedir. Parlemantoya üye devletlerin kendi sınırlarında yer alan havzalarda yeraltı ve yüzeysel sulara ilişkin direktif kuralları gereği bir yönetim planlamasının yapılması, gerekli çalışma ve analizlerin yapılması önerilmektedir (Meriç 2004).

3.4. Su Kaynakları Yönetiminde Sürdürülebilirlik

Su kaynaklarına yönelik geçmiş tecrübelerden yararlanarak su kaynaklarına yönelik etkili ve verimli bir planlamanın yapılması ile şimdiki ve gelecekteki su politikası oluşturulmalıdır. Bunun için ilk olarak su kaynakları yönetiminde sürdürülebilirlik sağlanmalıdır. Sürdürülebilirlik kavramı dinamik olması sebebiyle geçmiş referans olarak günümüz ve gelecek arasındaki ortak bağı teşkil eder. Etkili bir su yönetim anlayışının oluşturulabilmesi için

ekosistemin çok iyi irdelenmesi, sistemin küçük parçalara bölünmesi (havzalar), havza içerisindeki su yapılarının özelliklerinin belirlenmesi ve analizlerin iyi yapılması ile sistemin tüm karakteristiği ortaya konması gerekmektedir. Böylelikle geleceğe yönelik su politikaların oluşturulmasında geçmiş ile gelecek arasındaki organik bağ kurularak sürdürülebilir duruma getirilecektir.

Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonunun “Ortak Geleceğimiz” (Our Common Future, WCED, 1987) yayını ile tanımlanması başlayan sürdürülebilir kalkınma kavramı, günümüz ihtiyaçları ile gelecek nesillerin imkânlarını elinden almadan, gelecek nesillerin de kendi ihtiyaçlarını tedarik etmek olarak tanımlamıştır.

Tanım olarak ideal bir kavram olan sürdürülebilirlik, aslında yönetim kavramı ile paralel hareket etmektedir. Ancak uygulamada bir takım sorunlar yaşanabilmektedir. Mevcut durumdaki ihtiyaçların karşılanması noktasında atılan adımlar gelecekteki ihtiyaçların karşılanmasında bazı eksikliklerin yaşanmasına sebep olabilmektedir. Burada yapılması gereken mevcut durumla birlikte gelecekteki ihtiyaçları birlikte düşünerek ideal bir politika oluşturulmasıdır. Aksi takdirde gelişen dünya ile birlikte insanoğlunun giderek artan ihtiyaçları doğrultusunda gelecek planlarına aksamalar yaşanabilecektir.

Bu bağlamda öncelikli amaç mevcut su kaynakları ve ekosistem üzerinde ciddi ve kalıcı zararlar oluşmasına mahal verilmeden doğal sistemi değiştirmeyecek şekilde günümüz ve geleceğimiz ihtiyaçlarını karşılayacak bir sürdürülebilir su kaynakları yönetim politikasının belirlenmesi olmalıdır. Belirlenecek olan sürdürülebilir su kaynakları politikası hem yasal dayanaklar ile desteklenmeli hem de su hakları gözetilerek sosyo-ekonomik koşullarında içerecek şekilde olmalıdır. Bu koşullar sağlandığı takdirde etkili ve verimli bir su politikası oluşturulabilecektir. Sürdürülebilirlik kavramı, havza içerisindeki sisteme giren su kaynakları ile sistemin işletilmesi ve sistemden çıkması arasındaki dengeyi sağlama prensibine dayanır. Bu prensibin işletilmesinde geçmiş dönemlerdeki su girdileri ile havza su ihtiyaçlarının iyi irdelenmesi, arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve mümkün olduğunca geleceğe yönelik talepleri de dikkate alınması gerekmektedir.

Bir başka husus ise havza içerisinde bulunan yeraltı su kaynaklarının potansiyel durumudur. Bilindiği gibi gerek yüzeysel sulara gerekse yeraltı sularında girdi ve çıktılar zamana bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Yüzeysel ve yeraltı sularında su girdileri ve çıktılarının bol olduğu dönemler gibi kurak ve kıtlık yaşandığı dönemlere de rastlamak mümkündür. Bu bağlamda etkili bir sürdürülebilir su kaynakları yönetimi yapılırken uzun yıllar arası hidrolojik verilerin dikkate alınması gerekmektedir. Su politikası oluşturulurken uzun yıllar arası hidrolojik veriler ışığında yönetimin yapılması gerekmektedir. Bununla birlikte gerek yeraltı gerekse yüzeysel sulara olağandan fazla su taşınması ve çekilmesi durumunda hidrolojik çevrimde dengesizlik yaşanacağı unutulmamalıdır. Öte yandan, havza içerisindeki su taleplerinin nüfus, sanayi, endüstri ve tarım gibi suya ihtiyaç duyulan faktörlerin hızla gelişmesi ve artması sebebiyle su ihtiyaçlarının artacağı düşünülmeli, bununla birlikte geleceğe yönelik ihtiyaçların da karşılanması açısından su kaynakları en verimli şekilde kullanılmalıdır. Su potansiyelinin yetersiz olduğu havzalar, çevre havzalara ilişkilendirilmeli ve yetersizlik giderilmelidir. Bununla birlikte su ihtiyaçlarının karşılandığı ve arttığı havzalarda da su yapıları yardımıyla (baraj, gölet, suni göl, regülatör vs.) depolanmalı, gereken durumlarda ise çevre havzalara iletilmelidir.

Bazı durumlarda havza içerisindeki su kaynakları su ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır. Bu gibi durumlarda yapılacak bir başka alternatif ise atık su arıtma tesislerinin kurulması ve kullanımdan dönen suların tekrar ihtiyaç için sisteme dâhil edilmesidir. Bunun için gerekli alt yapı, ekonomi ve teknik imkânlar kullanılmalıdır. Bununla birlikte, havza içerisinde su iletim hatlarında yaşanan kayıplar, buharlaşma, sızma ve bilinçsiz su tüketimi gibi konularda önlemler alınmalı gerekli iyileştirmeler yapıldığı takdirde su denge politikasına yardımcı olacaktır.

3.5. Türkiye’de Su Kaynakları Yönetimi

Türkiye’de yer alan 26 havzanın yeraltı ve yüzeysel su kaynakları ile jeoteknik etüt çalışmaları, DSİ’nin merkez ve taşra teşkilatları yardımıyla yapılmakta olup 1969 yılı sonuna kadar Türkiye genelinde 342 ovada hidrojeolojik ön inceleme çalışmaları yapılmış bunlardan yeraltı suyu potansiyeli

bakımından olumlu görülen 198 ovanın tamamında detaylı çalışmalar gerçekleştirilmiştir (DSİ 1999). Bununla birlikte talepler doğrultusunda her yıl hidrojeolojik etüt çalışmaları yapılmaktadır. Ancak yapılan çalışmaların büyük kısmı genel değerlendirmeler niteliğinde olup günümüz koşullarına ve geleceğe dönük planlama çalışmalarına yönelik olmamaktadır. Az bir kısmı hakkında detaylı çalışmalar yapılmış olup kalan bölgelerde su kaynaklarına yönelik genel bilgiler yer almaktadır.

Türkiye’de su kaynaklarının yönetimi üzerine geliştirilmiş en ciddi çalışmalardan birisi de “Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynaklarının Yönetimi” adlı ve 30 maddeden oluşan eylem planıdır (Burak vd.1997). Bu eylem planında su kaynakları, hem ekosistemin doğal bir parçası hem de kalitesi ve kullanım miktarına bağlı olarak değişkenlik gösteren bir madde olarak kabul edilmesi gerektiği ifade edilmektedir. Öte yandan su kaynaklarının yukarıda ifade edilen özellikleri itibariyle gerek ekolojik dengenin korunması gerekse su ihtiyaçların karşılanmasına ve su bedellerinin ödenmesine yönelik Entegre Su Kaynakları Yönetimi çalışmalarını önermektedir. Genel hatları ile su yönetimi şu şekilde ifade etmektedir.

1. İlk olarak ülkemizin mevcut idari yapısı ile sürdürülebilir kalkınma modelinin oluşturulması için kurum ve kuruluşlarla (DSİ, Tarım Bakanlığı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, İller Bankası vs.) organize bir çalışma ağının oluşturulması
2. Türkiye’de bulunan 26 hidrolojik havzanın her biri için geçmişe yönelik verilerin temin edilmesi ile birlikte veri bankası oluşturulması ile birlikte kamu kurum ve kuruluşlarının uygulamaları arasında koordinasyonun sağlanması
3. Oluşturulacak olan havza yönetim sistemi ile sistemde görev alacak kurum, kuruluş ve kişiler arasında görev paylaşımının yapılarak gerekli sorumlulukların üstlenilmesi
4. Oluşturulan bu havza yönetimi ve birimleri ile birlikte havzaya yönelik taslak havza yönetim planlamalarının hazırlanması

5. Yapılan taslak planlama çalışmalarının akabinde taslak plana yönelik işletme modellerinin geliştirilmesi
6. Geliştirilecek olan modellerle birlikte uygulamada oluşabilecek uyumun ve uyumsuzluğun araştırılması, bununla birlikte havza birimleri ile birlikte kamu kurum ve kuruluşlarının temsilcilerinin katılımıyla “Ulusal Koordinasyon Birimi” oluşturulması
7. Oluşturulan havza yönetim planlamalarının ilgili kurum ve kuruluşların merkez ve taşra birimlerince uygulamaya geçirilmesi
8. Uygulamaya geçirilen proje ve çalışmaların yine ilgili kurum ve kuruluşların merkez ve taşra birimlerince kontrol edilerek denetlenmesi

Bununla birlikte oluşturan entegre su kaynakları yönetiminin sürdürülebilirliği açısından gerekli yasal düzenlemelerin ivedi olarak yapılması gerekmektedir. Ayrıca suyu kullananların ve kirletenlerin ödeyeceği, koruyanların ise destekleneceği bir su politikasının oluşturulması gerektiği vurgulanmıştır (Burak vd. 1997).

Benzer şekilde bu ve benzeri çalışmalarla ilgili olarak sekizinci düzenlenen Beş Yıllık Kalkınma Planı doğrultusunda hazırlanan "Su Havzaları Kullanımı ve Yönetimi özel İhtisas Komisyon Raporu (DPT, 2001) adlı çalışmada ülkemizde mevcut bulunan su ve toprak kaynaklarına yönelik günümüze kadar izlenen politikalar tanıtılmış, yapılması öngörülen yasal ve kuramsal düzenlemeler ile birlikte, düşünülen yatırımlar raporlanmıştır.

İçme-kullanma, endüstri, tarım, turizm, enerji ihtiyacı gibi hizmetler devlet denetiminde, hizmetinde ve tasarrufundadır. Devlet sosyal devlet olma anlayışı ile yukarıda bahsedilen hizmetleri vatandaşların hizmetine ve kullanımına sunmakla yükümlüdür. Bu gibi hizmetler kamu hizmeti olarak adlandırılmaktadır. Kamu hizmeti ise hukuksal açıdan “belli mekân ve zamanlarda ortaya çıkan, düzenli ve sürekli ihtiyacı karşılanması gereken bireysel veya toplumsal gereksinimlerin tatmin edici şekilde yapılan faaliyet ve hizmetler” olarak ifade edilmektedir. Benzer şekilde tanımı, işleyiş biçimi, amacı ve gereksinimlerinden bahsedilen entegre su kaynaklarına yönelik ihtiyaçların karşılanması, gerekli altyapı ve hizmetlerin inşaa edilmesi, kurulması, işletilmesi ve kontrol edilmesi ile ilgili

faaliyetler kamu hizmeti olarak değerlendirildiğinde kamu kurum ve kuruluşlarca yönetilmelidir.

Bu tanımlamadan hareketle su kaynakları yönetiminde görevli kamu kurum ve kuruluşlar ile görevleri şu şekilde gruplandırılabilir (Karadağ 2004).

Çizelge 3.2. Su kaynakları yönetiminde görevli kamu kurum ve kuruluşlar

Uygulamacı-yatırımcı kurumlar	İzleyici-denetleyici kurumlar
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	Çevre ve Orman Bakanlığı
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	Sağlık Bakanlığı
Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı	Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı
İçişleri Bakanlığı	Devlet Planlama Teşkilatı
Turizm ve Kültür Bakanlığı	

Uzun vadede başarılı bir yönetim sisteminin olmazsa olmazı havza sistemine ait olan su yapıları, hidroloji, nüfus ve ihtiyaçlar gibi heterojen yapının tüm verilerinin temin edilmesi, muhafaza edilmesi ve eksik verilerin tedarik edilememesi durumunda ampirik formüller veya bilimsel yaklaşımlarla tedarik edilerek bilgi bankası oluşturulmasıdır. Ayrıca entegre su kaynakları yönetim çalışmaları için sorun teşkil eden veya edecek yasal, idari ve sosyolojik konuların sorun haline gelmeden çözüme kavuşturulması gerekmektedir.

Su kaynakları yönetimine dair yukarıda ifade edilen hususlar dahilinde havza koruma eylem planları ile master plan çalışmaları yapılmaktadır. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye’de yer alan havzalar için Master Plan Çalışmalarının yapımı noktasında ihaleler yapılmış olup özel sektör yardımıyla bu kapsamda ilk tamamlanan detaylı çalışma “Akarçay Havzası Master Plan Çalışması” olmuştur (Akarçay Havzası Master Plan Çalışması 2013).

Benzer şekilde diğer havzalara yönelik master plan çalışmaları da özel sektör yardımıyla devam etmektedir. Bu ve benzeri detaylı çalışmaların yapılması ile havzaya ait karakteristik bilgiler ortaya konularak havzanın özellikleri temin edilmiştir. Bundan sonra yapılması gereken ise günümüz koşulları ile birlikte geleceği de kapsayan ihtiyaçlar birlikte düşünülerek sistemin bir bütün olarak detaylandırılmasıdır. Su kaynaklarının hidrolojinin ve su ihtiyaçları ile birlikte

nüfusun zamansal ve mekânsal anlamlarda farklılık göstereceğinden dolayı oluşan bu heterojen yapının birbirleri ile olan ilişkileri entegre yönetim kavramı ile birleştirilmelidir.

3.6. Entegre Su Yönetimi

Entegre su yönetimi, su kaynaklarının planlama çalışmalarının yapılması, araştırma ve geliştirme çalışmalarının yürütülmesi, proje ve uygulama aşamalarının kontrol edilmesi, yönlendirilmesi vb. gibi kurum ve kuruluşlar arası koordinasyon, görev ve sorumlulukları arasındaki bağın kuvvetli olması ile mümkün olabilecektir. Bu koordinasyon ile su yönetimi çalışmaları bütünlük yani entegre olarak çalışacaktır. Aksi durumda merkez ve taşra ile farklı kurumlar arası koordinasyon sağlanamaz ise, farklı beklenti ve planlama içerisinde olması durumunda sistem bir bütün olarak çalışamaz.

Entegre su yönetimi konusunda farklı tanımlamalar yapılmaktadır. Bazı çevrelere göre sistemin bir bütün olarak doğal ortamıyla birlikte ele alınarak sosyo-ekonomik hedeflerle bağdaşacak şekilde entegrasyonun yapılması gerektiği, bazı çevrelere göre ise sosyo-ekonomik sistemlerde bağımlılıkların söz konusu olduğu gibi entegre yönetimde de bağımlılığın olması gerektiği, yapılan planlama ve sistemsel çalışmalar arasında çelişmelerin yaşanması durumunda devletin tüm birimleriyle birlikte su ile ilgili kurum ve kuruluşlarının koordineli olarak çalışması ve yapıcı kararların verilmesi gerektiği ifade edilmektedir. Ancak bu çalışmalar yapılırken su kaynaklarının mevcut potansiyel durumu ile suya duyulan ihtiyaç arasındaki dengelemenin yapılması gerektiği özellikle vurgulanmaktadır.

Entegre su yönetiminde en önemli hususun farklı kesimlere ait düşünce, beklenti, ve amaçlara hitap edecek şekilde tüm tarafların koordineli olarak çalışacağı, beklentilerin karşılanacağı planlamaların yapılacağı bir sistemdir. Bu tanım ile su ile ilgili kesimler ile sosyal bütünlük, su sistemleri ile ekolojik bütünlük kavramları vurgulanmaktadır. Ayrıca sorumluluklar sistemde görev alan kesimler tarafından paylaşılması gerekmektedir. (Grigg 1999).

Cobourn (1999), entegre su yönetimine ilişkin kurum ve kuruluşlar arasında koordineli çalışmanın önemini vurgulamakta, hemen hemen her ülkenin

bu konuda bir çok model ve kurallar getirdiğini vurgulamış ve entegre su yönetiminin özelliklerini şu şekilde belirtmiştir.

9. Entegre su yönetimi bütünleşik nitelikte bir kavram olduğu, farklı konu ve sorunlar ile birbirleri arasındaki ilişkileri incelediği,
10. Havza içerisinde bulunan su kaynaklarının kalitesi ile birlikte miktarını da dikkate aldığı, sadece su taleplerini karşılama ve taşkın amaçlı olarak değerlendirilmemesi gerektiği,
11. Çalışma prensibi ve ilgilendirdiği alanlar itibariyle ekosisteme hitap ettiği,
12. Mevcut durum ile birlikte geleceğe yönelik talepleri karşılama amacı güttüğü, bu sayede uzun vadeli bir sürdürülebilirlik hedefinin olduğu,
13. Kamu kurum ve kuruluşlar arası tam bir koordine gerektirdiği,
14. Entegre su yönetiminde havza ölçeğinin geniş olduğunu ancak su kalitesine yönelik etkin verimlerinin alınması noktasında havzanın ölçeği küçültülerek alt havzalara bölünmesi gerektiği,
15. Yapısı itibariyle geleceğe yönelik planlama çalışmaları içermemesi ile sürekli gelişime ve iyileşmeye açık olduğu,
16. Toplumun her kesimini ilgilendirmesi sebebiyle sosyal boyutunun olduğu ve toplumun her kesiminin sorumlulukları noktasında bilinçlendirilmesi gerektiği,
17. Entegre havza yönetiminde uzun vadeli hedeflere ulaşılması noktasında tüm toplum ve devlet eliyle koordineli çalışılması gerekmektedir.

Uluslar arası bazı kuruluşlar (World Bank, 1993) ülkelerin gelecekte suya yönelik ihtiyaçların karşılanmasında ve ekolojik sistemin dengede tutma çabalarında çok zorlanacaklarını ifade etmektedirler. Günümüz dünyasında hızla gelişen teknoloji, artan nüfus ve insanoğlunun bitmek bilmeyen keşifleri neticesinde ekosistemin dengesi giderek bozulmakta, su kaynaklarının miktarı ve kalitesi konusunda tehdit oluşturmaktadır. Bu gelişmelerin ve ekosistem dengesine tehdit oluşturan uygulamaların önüne geçilmediği sürece çok ciddi zararlar oluşabilecektir. Bu maksatla ekosistem dengesinin bozulmaması ve su kaynaklarına yönelik kalite ve miktarın sağlanabilmesi için çeşitli teknik tedbirler

almak mümkündür ancak burada en önemli husus kurumsal kesimler tarafından destek sağlanması. Bir başka deyişle, devlet eliyle doğru politikaların oluşturulması, etkili planlamaların yapılması, eksiksiz ve sorunsuz olarak işleyecek kurumlar ve kurumlar arası koordineli çalışmanın sağlanması, ekonominin katkılarının sağlanması gibi sadece teknikten ziyade kamusal desteklerin de sağlanması gerekmektedir (Grigg, 1999).

Bilindiği üzere ülkemizde su çalışmaları üzerinde görev ve sorumluluk olarak planlama, uygulama ve AR-GE çalışmaları yürüten kurumlar bulunmaktadır. Bunlardan başlıca çalışmalar yürüten kurumlar; Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü olarak sıralanabilir. Yukarıda detaylıca anlatıldığı üzere entegre su yönetimi konusunda devlet eliyle kamu kurum ve kuruluşları planlama çalışmaları yapmaktadır. Bu konuda en önemli çalışmalar arasında Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından Havza Eylem Planları yapılmakta suyun önemine dikkat çekerek gerekli çalışmaların yapılması anlatılmaktadır. Bu doğrultuda Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından özel sektör yardımıyla Türkiye’de yer alan havzalara yönelik master plan çalışmaları yapılmaktadır. Ortaya çıkarılan master plan çalışmaları doğrultusunda havzanın mevcut durumda ve geleceğe yönelik su miktarı, kalitesi ve ihtiyaçlar bilimsel çalışmalar dahilinde yürütülmektedir. Bundan sonraki aşamalarda ise master plan çalışmaları sonucunda önerilen su yapılarının (baraj, gölet vs.) inşaa edilmesi, mevcut su kaynaklarının etkin şekilde kullanılması ve kayıpların önüne geçilmesi olacaktır.

3.7. Entegre Su Kavramının Ortaya Çıkış Nedenleri

Özellikle 1970’li yılların ortalarına kadar benimsenen strateji ve mevcut su kaynakları ile su ihtiyaçlarının karşılanması, sudan kaynaklanan zararlardan korunması şeklinde olmuştur. Ancak gelişen dünya, teknoloji, nüfus, sanayi ve tarım ile birlikte artan su talepleri ile kısıtlı hale su kaynaklarının su ihtiyaçlarını karşılayamaz hale gelmiştir. Bu doğrultuda su kaynaklarını daha verimli kullanmak, alternatif su kaynakları oluşturmak ve su kayıplarının önüne geçmek

gibi farklı çözümler gündeme gelmiştir. Bu sayede tek amaçlı hedefler çok amaçlı hedeflere doğru geçiş yaşanmıştır.

1980'li yıllarda giderek artan çevre kirliliği ile birlikte su kaynakları ve doğal kaynaklar ciddi zarar görmüştür. Kullanılabilir temiz su kaynaklarında azalmalar yaşanmıştır. Temiz su kaynaklarının kirlenme nedenleri araştırılmaya çalışılsa da günümüzde kirlenmenin önüne tam olarak geçilememiştir. Su kaynaklarının kirlenmesine ilişkin çok amaçlı yapılan araştırmalarda, sediment, erozyon, bitki ve insani nedenlerden dolayı kirlendiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca çarpık kentleşme, ormanlık alanların tahrip edilmesi, ozon tabakasının delinmesi, küresel ısınma gibi etkenler doğaya ve su kaynaklarına çok ciddi zararlar vermeye başlamıştır. Kirlenmenin çözümü noktasında ise toprak, su, insan faaliyetlerini de kapsayan bilgilere ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyaç ile birlikte çevre bir bütün olarak ele alınmaya başlanarak sistemin entegre olarak çözülmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (Harmancıoğlu ve ark. 2002).

Bahsedilen çevre sorunları, kirlenmeler, çevre kirliliğinin önüne geçilmesi ve kalkınma gibi olguların birlikte yürütülmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Mümkün mertebe çevresel tahribat oluşturmadan ekonomik bir şekilde kalkınmayı hedef alan sürdürülebilir kalkınmayı zorunlu kılmıştır. 80'li yılların sonuna doğru baş göstermeye başlayan kuraklık, tarımda ürün azlığı, taşkınlar, erozyon, küresel ısınma, buharlaşmanın artması ile sorunların daha da artacağı düşünülmektedir. Bu maksatla sistemin bir bütün olarak düşünülmesi giderek önem kazanmıştır.

Bahsi geçen nedenlerden dolayı miktarı azalan ve önemi artan su kaynakları bazı ülkelerde ve havzalarda su kıtlığı yaşanması mertebesine ulaşmıştır. Bu kıtlığın yaşanması bazen hidrolojik çevrimden kaynaklansa da daha çok beşeri faktörlerden kaynaklanmaktadır. Önceleri havza içerisindeki su kaynakları birkaç farklı kullanım neticesinde yeniden havza içerisine kazandırılırken günümüzde ise ihtiyaçları karşılayamaz duruma gelmiş olup havza içerisine yeniden yeteri kadar kazandırılmamaktadır.

Günümüzde giderek artış gösteren nüfusa paralel olarak su taleplerinin artması ülkemizin de içinde bulunduğu yarı kurak rejim yaşayan ülkelerde bir kat

daha önem kazanmıştır. IWRM tarafından 1925-2025 yılları arasında sektörlere göre kullanılacak su potansiyeli şu şekilde tahmin edilmiştir (Grigg, 1999).

Çizelge 3.3. Kullanılan su miktarları ve alanları (Grigg, 1999).

Kullanıldığı alan	Kullanım miktarı (%)
İçme ve kullanma	%84
Endüstriyel	%60
Sulama	%17

Bunların yanı sıra su yönetiminde yaşanan bir başka sorun ise havza içerisinde farklı amaç, hizmet ve vazifelere sahip olan kurumların yetki ve sorumluluk karmaşasıdır. Havza içerisinde birden fazla kamu, özel sektör ve vatandaşların varlığı ile su yönetiminde belirsizlikler yaşanmaktadır. Özetlemek gerekirse su yönetiminde çok karşılaşılan iki sorun su kullanıcıları arasındaki rekabet ve kargaşa denebilir.

Sonuç olarak sistem su yönetiminde sorunlar giderilmesi, ihtiyaçların karşılanması ve geleceğe yönelik planlama çalışmalarının yapılması hususunda entegre yani sistemi oluşturan tüm parçaların bir bütün olarak ele alınması yaklaşımı benimsenmelidir. Bununla birlikte su kaynaklarında entegre kavramının kullanılmasını gerektiren en temel unsurlar şunlardır:

18. Havzayı oluşturan sistemin doğal kaynakları ile birlikte bir bütün olması
19. Tüm planlama çalışmalarının sürdürülebilir kalkınma amacını içermesi zorunluluğu
20. Küresel ısınma, kuraklık, taşkın gibi doğa olaylarının etkileri

Günümüzde su ve ekosistem üzerinde yaşanan sorunlar entegre nitelikte olup çözümünde entegre nitelikte olması gerekmektedir. Burada entegre çözümden kasıt pek çok faktörün entegrasyonu yani birlikte etkileşimi kastedilmektedir. Ayrıca su kaynaklarına yönelik entegre yönetim çalışmaları yapılırken yüzeysel su kaynaklarının yeraltı sularına da etkisi araştırılmadığıdır.

Özet kısmında da belirtildiği gibi bu çalışmada, WEAP programı kullanılarak Akarçay Havzası Entegre Su Kaynakları Yönetim Çalışması yapılmıştır.

olup geleceğe yönelik 2 farklı senaryo türetilmiştir. 1960 – 2010 yıllarına ait hidrolojik veriler ile birlikte nüfus verileri kullanılmıştır. Eldeki veriler ışığında uzun yıllara ait hidrolojik ve nüfus verilerinin ortalaması alınmış ve bu ortalama değerler havzanın mevcut durumu olarak WEAP modelinde tanıtılmıştır. Hidrolojik verilerin en bol olduğu yıldaki veriler kullanılarak 2011-2050 arası iyimser bir senaryo oluşturulmuş ve havzanın su bütçesi hesaplanmıştır, benzer şekilde hidrolojik verilerin en az olduğu yıldaki veriler kullanılarak 2011-2050 arası kötümser bir senaryo oluşturulmuş ve havzanın su bütçesi hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken; havza içindeki mevcut yapılar dikkate alınmıştır. İnşaat halinde olan veya gelecekte yapılması planlanan baraj, gölet rezervuar vs. sisteme dâhil edilmemiştir. Bununla birlikte hali hazırda sulanmayan ancak gelecekte sulanması planlanan veya kapasitesinin artırılması düşünülen tarım arazileri de sisteme dâhil edilmemiştir. Son olarak, yaz aylarında kuruyan, süreklilik arz etmeyen küçük çaplı dere, gölet gibi yapılarda sisteme dâhil edilmemiştir.

4. ÇALIŞMA ALANI

4.1 Çalışma Alanının Tanıtılması

Akarçay havzası Ülkemizin Ege ile İç Anadolu coğrafi bölgeleri arasındaki geçiş bölgesinde yer almakta olup, 7995 km²'lik yağış alanına sahiptir. Havza kapalı havza niteliğindedir. Diğer bir deyişle açık denizle bağlantısı bulunmamaktadır. Doğusunda Konya kapalı havzası, batısında Büyük Menderes havzası; güneyinde Eğridir gölü kapalı havzası ve kuzeyinde Sakarya nehir havzası yer almaktadır.

Akarçay havzasında yağıştan akışa geçen suyun bir kısmı menba depolamalarında içme-endüstri-sulama suyu ihtiyacı için tutulduktan sonra geri kalan su havzanın en çukur iki noktasında toplanarak burada sulak alanları (Eber ve Akşehir gölleri) oluşturmaktadır. Dolayısıyla havzadaki su ihtiyaçlarının tespitinde sulama ve içme-endüstri suyu yanında sulak alanlara ulaşacak suyun da dikkate alınması gerekmektedir. Diğer bir deyişle depolamalar sulak alanlara ulaşan suyu tuttuklarından bu alanların tabii rejimlerinin bozulmasına yol açmaktadır.

Özellikle, son yıllarda nüfusun artmasına paralel olarak sulama ve içme-tarım suyu ihtiyacındaki artıştan dolayı yüzey suları üzerinde depolamalar yapılması zorunlu hale gelmiştir. Bunun sonucunda göllere giden sulara azalma olduğundan göl yüzeyleri küçülmüştür. Ayrıca son dönemlerde havzada hüküm süren meteorolojik ve hidrolojik kuraklık sonucu göllere ulaşan yüzeysel akımlar daha da azaldığından göllerin yüzey alanları daha da küçülmüş, kuruma tehlikesiyle karşı karşıya kalmışlardır. Halen Eber ve Akşehir gölleri ciddi risk altında bulunmaktadır (Akarçay Havzası Master Plan Çalışması 2013).

4.2.Yer Şekilleri ve Genel Arazi Durumu

Akarçay Havzası geniş bir alanı kapsadığından içinde dağlar, ovalar, yaylalar, akarsular ve göller bulunmaktadır.

Dağlar:

Akarçay havzası içinde belli başlı dağ silsileleri ve dağlar aşağıda kısaca açıklanmıştır

Ahır Dağları:

Ahır Dağları 1940 m. yüksekliktedir. Sinanpaşa ile Sandıklı İlçeleri arasındadır. Dağın eteklerinde çamlıklar görülür.

Emirdağları:

2307 m yüksekliğinde Emirdağ İlçesinin adından dayanağı olan, Bolvadin İlçesi ile Emirdağ İlçesi arasındadır.

Kumalar Dağları:

Sandıklı-Şuhut arasında yer alır. Kurtuluş Savaşı'nın burada başlamış olması bakımından önemlidir ve 2447 m. yüksekliğe sahiptir.

Paşa ve Bey Dağları:

Paşa ve bey dağları 1750 m. yüksekliktedir. Bolvadin ve Bayat ilçeleri arasında yükselen tepeye Paşa dağı, batı ve kuzey yönünde Eskişehir iline kadar uzanan dağlara da Bey dağları denilir.

Maymun Dağı:

Yaklaşık 1622 m. yükseklikte olan bu dağ batı bölgesindedir.

Bozdağ:

1250 m. yüksekliğinde olup batı bölgesindedir.

Sultandağları:

Yüksekliği 2519 m. olan bu dağlar, adını verdiği Sultandağı İlçesi ve Akşehir yönünde uzanmaktadır.

Ovalar:

Afyonkarahisar Ovası:

Tamamı kapalı bir havza durumundadır. Akarçay'ın kuzeybatı-güneydoğu yönünde kat ettiği geniş düzlükler halindedir. Kuzeyinde Eynihan dağları (Beydağı 1750 m, Şamdağ 1500 m, Emirdağları 2066 m) ve batıda Kalecik tepelerinin yer aldığı Kumalar dağları vardır.

Akarçay'ın sağında ve solunda uzanan ova, Eber ve Akşehir göllerine çok az bir eğimle alçalmaktadır.

Büyük Sincanlı Ovası:

Kuzeyinde İlbudak dağları (1563 m) güneyinde Ahır dağları, batısında Murat dağları (2312 m.) bulunmaktadır. Bu ova, doğuya doğru çok hafif bir meyille uzanarak Afyonkarahisar ovası ile birleşir.

Küçük Sincanlı Ovası:

Büyük Sincanlı ve Sandıklı havzalarının arasında bulunan Küçük Sincanlı Ovası, küçük bir çöküntü ovasıdır. Ortalama yükseltisi 1190 m olan ovanın etrafı dağlarla çevrilidir. Küçük Sincanlı Ovası, Başağaç Boğazı ile Sandıklı Ovası'na, Damlalı Boğazı ile Büyük Sincanlı Ovasına bağlıdır.

Şuhut Ovası:

Doğusu bir plâto ile sınırlıdır. Batısı derin vadilerle yarılmış dik ve çıplak Kumalar dağlarıyla, güneyi ise Kocakal (1675 m) ve Kayrak dağı ile çevrilidir.

Emirdağ Ovası:

Güneyde Emirdağlarıyla (2066 m) çevrilidir. Doğu-batı yönünde uzun, kuzey-güney yönünde dardır. Tabanlarında geniş çayırliklar bulunur.

Yaylalar

Kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu dağ dizileriyle kaplı İç batı Anadolu kenti olan Afyonkarahisar'da orta derece yükseltiye sahip sayısız yaylalar vardır.

Merkez: Kalecik, Çırakdede ve Kocatepe Yaylaları

Bolvadin: Paşadağ ve Çoğu Yaylaları

İscehisar: Ağın ve Asar Yaylaları

Sultandağı: Balaban ve Dumra Yaylaları

Şuhut: Kumalar, Kavaklı ve Bedeş Yaylaları

4.3. Akarsular

Havzadaki akarsular çeşitli doğrultularda akmaktadır. İlin kuzeydoğusunda bulunan sular Sakarya Nehri'ne, kuzeybatı kesimindekiler de yine Sakarya'nın kolu olan Porsuk Çayı'na dökülerek Karadeniz'e ulaşır. Batıdaki sular Büyük Menderes'in kolu Kufi Çayı'na karışarak Ege Denizi'ne gider. İlin orta kesiminde bulunan suların önemli bir bölümünü Afyonkarahisar Ovasından geçen Akarçay toplayarak önce Eber Gölü'ne, daha sonra da Akşehir Gölü'ne taşır. İlkbaharda eriyen kar ve yağmur sularıyla bol suya kavuşur, ancak yazları cılızlaşıp kuruyan akarsular vardır. Düzgün rejimli olmayan akarsular şöyle sıralanabilir:

Akarçay: Ahır dağı'nın kuzey eteklerinden doğarak Eber Gölü'ne dökülür.

Kali Çayı: Kocatepe ve çevresindeki dağlardan doğarak Eber Gölü'ne dökülür. Havza sınırları içindeki göller Şekil 4.3.1'de gösterilmektedir.

AKARÇAY HAVZA SINIRLARI

Şekil 4.1. Akarçay Havzasındaki Göller

Eber Gölü:

Çay ve Bolvadin ilçesi sınırları içerisinde 150 km² yüzölçümüne sahip Eber Gölü, Akarçay ve Sultandağlarından gelen kaynak suları ile beslenmektedir. Derinliği 3.98 m denizden yüksekliği ise 966,98 m'dir. Eber Gölü, bir zamanlar kuş cenneti görünümünde iken, bugün yoğun bir şekilde kirletilmiştir. Gölün derinliği bugün 1.70 m'ye kadar düşmüştür. Önlem alınmadığı takdirde daha da düşeceği bir gerçektir. Gölde ekonomik değeri en yüksek olan kamış üretimi yapılmakta ve sazan, turna ve aynalı sazan balığı bulunmaktadır. Ayrıca gölün av turizmi içermesi sebebiyle de İl dışından birçok kişinin göl kıyısına av evleri yapmasına yol açmıştır. Eber Gölünde dikkat çeken bir özellik de yerli halkın "kopak" adını verdiği, su üzerinde kamış köklerinin oluşturduğu yüzer adacıkların bulunmasıdır. Hatta bu adacıklar üzerine balıkçıların ve avcılarının barınaklar kurdukları da görülmüştür. Eber Gölü, Konya Kültür ve Tabiat Varlıkların Koruma Kurulunun 22.6.1992 gün ve 1359 sayılı kararıyla "1.Derece Tabiat Sit Alanı" ilân edilmiştir.

Karamık Gölü (Bataklığı):

Çay ilçesi sınırları içinde yer alan Karamık Gölü, Dinar-Çay karayolu güzergâhındadır. Yüzölçümü 40 km², en derin noktası 3 m ve denizden yüksekliği de 1.001 m' dir. Sularını güneydeki düden (suyutan) aracılığıyla Eğirdir Gölü'ne akıtır. Bataklıkta saz ve kamış üretimiyle sazan ve turna balığı yetişmektedir. Bir

zamanlar kerevit çıktığı halde bataklığın kirletilmesiyle nesli tükenmiş olup, çulluk, karabatak, yaban ördeği gibi kuş türleri bulunmaktadır. Düden (yer altı ırmağı) vasıtasıyla Eğirdir Gölü'nü beslemektedir. Karamık Gölü, Konya Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'nun 17.6.1993 gün ve 1669 sayılı kararınca "1. Derece Tabiat Sit Alanı" olarak ilan edilmiştir.

Akşehir Gölü:

Afyonkarahisar - Konya il sınırları içerisinde bulunan Akşehir Gölü'nün 304 km²'lik genel yüzölçümünden 211,7 km²'lik bölümü Afyonkarahisar Sultandağı ilçesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Derinliği 4,5 m. denizden yüksekliği 956,19 m.'dir. Göl, Eber Gölü ve Sultandağı akarsularıyla beslenmektedir. Göl içinde turna ve sazan balığı yetişmekte olup, yaban ördeği, yaban kazı, karabatak ve karameke gibi göçmen kuşlar bulunmaktadır. Gölde kara ve su ürünleri avcılığı fazla miktarda yapılmaktadır.

4.4. Meteoroloji ve İklimsel Özellikler

Afyonkarahisar Ege bölgesinde olmasına rağmen Ege iklimiyle bağdaşmaz. Yükselti ve denizden uzaklık sebebiyle Afyonkarahisar'ın iklim şartlarında İç Anadolu iklimine benzerlik görülür. Daha çok kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları sıcak ve kurak bir step iklimi görülür.

İlkbahar ve sonbaharda yağışlar yağmur şeklindedir. En sıcak ay olan Temmuz ayında ise ortalama sıcaklık değeri 22,1°C'dir. En soğuk ay olan Ocak ayında ortalama sıcaklık 0.2°C'dir. Afyonkarahisar'da günümüze kadar rastlanan en düşük sıcaklık - 27,2 derece (30.12.1948), en yüksek sıcaklık ise 39,8 derecedir (29.07.2000).

Afyonkarahisar'da sıcaklığın sıfır dereceye düştüğü günlerin, yani don olayı görülen günlerin sayısı 94'tür. Afyonkarahisar'da yıllık ortalama yağış miktarı 407 mm.'dir. İlde yıllık ve günlük sıcaklık farkları yüksektir. Afyonkarahisar'da meteorolojik gözlemler 1929 yılında başlamıştır. İl Merkezinde bir gözlem istasyonu vardır.

Su kütlelerinin tipolojisi için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünce ortaya konulan ve dört iklim bölgesinin tanımlandığı bir sınıflandırma kullanılmıştır. Bu sınıflandırmada tanımlanan dört ana iklim bölgesi Akdeniz, Karadeniz, Marmara ve Karasal iklim bölgeleridir. Akarçay havzasında karasal iklim etkileri görülmektedir.

Meteoroloji Bölge Müdürlüğünce ölçülen bazı değerler çizelge 4.4.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Afyonkarahisar İklim Parametresi Ortalamaları (1975-2010)

Parametre	Afyonkarahisar
Ortalama sıcaklık (C)	11

En yüksek sıcaklık (C)	29,4
En düşük sıcaklık (C)	-3,4
Ortalama yağış (mm/yıl)	407
Ortalama yağışlı gün sayısı	9,15
En yüksek kar kalınlığı (cm)	55
Günlük en hızlı rüzgar (km/sa)	100,1

4.5. Nüfus

Proje sahasında yer alan yerleşim birimlerine ait 1990 yılı toplam nüfusu 414596, 2000 yılı toplam nüfusu 490467 ve 2007 yılı toplam nüfusu 406183'tür. Bu değerlerin detayları çalışma alanlarında verilmiş olup, sonuçlar incelendiğinde merkezin ve ilçelerin nüfusunda artış olduğu, kırsal kesimde ise nüfusta azalış olduğu gözlenmektedir. Kırsal kesimde geçim koşullarını karşılayacak gelirin elde edilememesi sonucu, sanayisi gelişen yerleşim birimlerine göç olmaktadır.

4.6. Tarım

Afyonkarahisar ilinin yüzölçümü 1.423.000 ha'dır. Deniz seviyesinden yüksekliği 1043 m olup, 38°C 45' kuzey enlemi ile 30°C 32' doğu boylamın birleştiği yerde bulunmaktadır. Afyonkarahisar ilinde geçim kaynağı genelde tarım ve hayvancılığa dayanır. Tarım öncelikle dağlar arasında yer tutan ovalarda bahçe tarımı tipindedir. Mevsimlik sebze üretimi ile birlikte meyve üretimi de büyük oranda yapılmaktadır. Sulu tarımın yapıldığı yerlerde sebze üretimi hâkimdir. Diğer yandan iklim şartlarına ve toprak özelliklerine göre tahıl üretimi de çok miktarda yapılmaktadır. Bunun yanında haşhaş, şekerpancarı, patates, ayçiçeği gibi endüstri bitkileri de yetiştirilir.

4.7. Sanayi ve Ticaret

Afyonkarahisar ülkemizdeki coğrafi konumuna rağmen yıllarca sanayileşme sürecine girememiştir. Özel sektöründe yatırımlara yönelmesiyle sanayileşmede yeni bir döneme girmiştir. Son yıllarda Afyonkarahisar'da büyük bir gelişme gösteren geçim kaynaklarından biri de İmalat sanayidir. Eskiden beri bilinen kaymak ve kaymaklı şeker üretimi ile birlikte sucuk üretimi, şehir ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle İncehisar ve çevresinde çıkarılan mermer ise farklı biçimlerde işlenmek suretiyle yurt içine ve yurt dışına satılmakta, yörenin geçim kaynağı özelliğini korumaktadır. Bunun yanında makarna, un, yem, tuğla, yağ ve lastik vb. imalatçı sektöründeki yatırımlar sanayileşme sürecini belirgin olarak ortaya koymaktadır. Başlangıçta tarıma dayalı olarak gelişme gösteren sanayi sektörü günümüzde çeşitlilik göstererek gelişimini sürdürmektedir.

Afyonkarahisar ilinde 500 ha alanlık organize bölgesi alanı mevcuttur. Ayrıca Afyonkarahisar merkez ve ilçelerinde çeşitli büyüklükte de organize sanayi bölgeleri ve küçük sanayi siteleri bulunmaktadır.

Afyonkarahisar ilinde ticari hareket oldukça fazladır ve ticari önemi giderek artmaktadır. Bunun başlıca sebeplerinden biri coğrafi konum ve ulaşım imkânlarının elverişli olmasıdır.

Afyonkarahisar'da D.D.Y. beton travers fabrikası, çimento fabrikası, bira fabrikası, un fabrikaları, kiremit fabrikası, lastik ve mermer fabrikaları sanayi sektörü olarak hizmet vermektedir.

Organize Sanayi Bölgeleri:

Afyonkarahisar'da endüstri tesislerinin çoğu organize sanayi bölgelerinde bulunmaktadır. Havza alanına giren organize sanayi bölgeleri şunlardır;

1. Afyonkarahisar Merkez Organize Sanayi Bölgesi
2. Afyonkarahisar Bolvadin Organize Sanayi Bölgesi
3. Afyonkarahisar İncehisar Organize Sanayi Bölgesi
4. Afyonkarahisar Şuhut Organize Sanayi Bölgesi
5. Afyonkarahisar Sinanpaşa Organize Sanayi Bölgesi dir.

Afyonkarahisar Merkez Organize Sanayi Bölgesi:

468,20 ha büyüklüğünde ve 309 parselde sahip olan Afyonkarahisar Merkez Organize Sanayi Bölgesi 1984 yılında kurulmuştur. Afyonkarahisar Belediyesi su şebekesinden su temin edilmektedir ve birlikte günlük 73,00 m³ fiili su tüketimi bulunmaktadır.

Bu organize sanayi bölgesinde ağırlıklı olarak bulunan sektörler şunlardır;

1. Doğaltaş (Mermer) Sanayi
2. Gıda Sanayi
3. Et Entegre Sanayi
4. Ambalaj Sanayi
5. Makina Sanayi dir.

Afyonkarahisar Bolvadin Organize Sanayi Bölgesi:

125 ha büyüklüğünde ve 67 parselde sahip olan Afyonkarahisar Bolvadin Organize Sanayi Bölgesi 1999 yılında kurulmuştur.

Bu organize sanayi bölgesinde ağırlıklı olarak bulunan sektörler şunlardır;

1. Tarım Sanayi
2. Tekstil Sanayi
3. Gıda Sanayi
4. Makina Sanayi

5. Kimya Sanayi dir.

Afyonkarahisar İncehisar Organize Sanayi Bölgesi

150 ha büyüklüğünde ve 56 parselde sahip olan Afyonkarahisar İncehisar Organize Sanayi Bölgesi 1997 yılında kurulmuştur. Sondajla açılan derin kuyulardan su temin edilmektedir.

Bu organize sanayi bölgesinde ağırlıklı olarak bulunan sektörler şunlardır

1. Mermer
2. Mermer Makina
3. Mermer Ambalaj
4. Mermer Yan Sanayi

Afyonkarahisar Şuhut Organize Sanayi Bölgesi

180 ha büyüklüğünde ve parselde sahip olan Afyonkarahisar Şuhut Organize Sanayi Bölgesi 2007 yılında kurulmuştur.

Afyonkarahisar Sinanpaşa Organize Sanayi Bölgesi

2008 yılında 51,69 ha alana kurulmuştur.

Havzadaki su ihtiyacı ve imkânları tespit edilerek, imkânların ihtiyaçları dengeli ve makul bir şekilde karşılmasını sağlamak amacıyla WEAP programı kullanılarak su bilançosu çıkarılmıştır. Böylelikle havzanın su ihtiyacına yönelik etkin bir su politikası belirlenmeye çalışılmıştır.

5. METODOLOJİ

5.1 WEAP Modeli

A.B.D’de bulunan ve SEI “Stockhol Enviroment Institute” tarafından geliştirilen WEAP “Water Evulation and Planning System”, çeşitli senaryolara

göre su bütçesi çıkarılma ve havza su kaynaklarına dair verimli bir planlama çalışmalarının yapılabilmesine hizmet etmektedir. Programda model oluşturma çeşitli senaryolara göre sulama, içme suyu, endüstri-sanayi, atık su arıtma, yeniden kullanım, su kirliliği, zirai ve biyolojik talepler, yer altı suyu, rezervuar vs. ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla mevcut kaynakların etkili bir şekilde planlanmasına imkân sağlamaktadır (SEI, 2007).

5.2 WEAP Modelinin Uygulanması

Akarçay havzası master plan çalışmasından alınan hidrolojik veriler kullanılarak havzaya ait mevcut noktasal elemanlar (talep bölgesi, rezervuar, baraj, akarsu vs.) girilmiş ve model oluşturulmuştur. Havza için hali hazırda işletmede olan yapılardan; Akdeğirmen Barajı, Selevir Barajı, Seyitler Barajı, Afyonkarahisar ilinde bulunan atık su arıtma tesisi, Selevir ve Seyitler Barajlarının suladıkları tarım arazileri, Eber ve Akşehir gölleri kullanılmıştır.

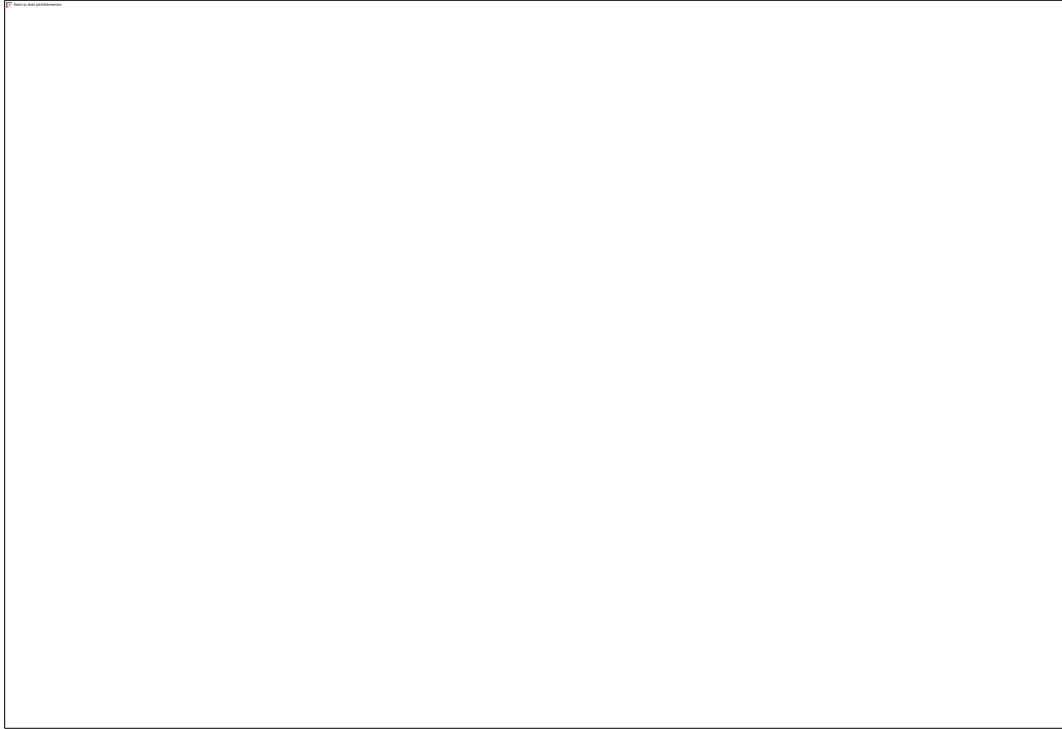
Bu yapılara ait hidrolojik veriler Devlet Su İşleri'nin (DSİ) 13, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) 5 ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin (EİE) 7 adet akım gözlem istasyonlarının 1960-2010 yılları arası verileri temin edilmiştir.

Öncelikle su bütçesine ilişkin mevcut durum 1960-2010 yılları arası hidrolojik verilerin ortalaması alınarak ortalamaya en yakın hidrolojik değerleri içeren yıl mevcut durum olarak kabul edilmiştir.

Modelde mevcut durum tanıtıldıktan sonra kötümser senaryo için; havzada yer alan su kaynaklarına (baraj, göl ve nehir) ait 1960-2010 yılları arası en düşük akım değerleri, en yüksek buharlaşma değerleri, en kalabalık nüfus miktarı, TÜİK ten alınan kişi başı yıllık su tüketimi, kentsel nüfusa verilen içme suyu şebekelerindeki kaybın en yüksek değeri, yeraltı akiferine sızan su miktarlarının en fazla olduğu vb. koşullara ait veriler girilmiştir. Girilen bu değerler ile 2011-2050 yılları arası havzanın su bütçesi çıkarılmıştır. Benzer şekilde iyimser senaryo için de tam tersi koşullar dikkate alınarak veriler girilmiş ve 2011-2050 yılları arası havzanın su bütçesi çıkarılmıştır.

Senaryo oluşturulmasında bir takım kabuller dikkate alınmıştır, Bunlardan bazıları; Türkiye de içme suyu şebekelerindeki yerel kayıpların % 45 olduğu ifade edilmesine istinaden içme suyu şebeke boru hatlarında normal şartlarda %30-45

civarlarında bir kaybın söz konusu olduğu ifade edilmiştir. Bu bağlamda %30'luk değer kaybı mevcut senaryoda sisteme girilmiştir. İyimser senaryo tasarlanırken şebeke boru hattının yenilenmesi dikkate alınarak borulardaki su iletim kaybının gelişmiş ülkelerde kabul edilen %20 alınmış, kötümser senaryoda ise kavitasyon ve beton borulardaki tahribatlar dikkate alınarak %45 olarak kabul edilmiştir (Pala ve Latifoğlu, 2002). Bunun birlikte küresel ısınmanın her geçen yıl artması nedeniyle buharlaşma verileri iyimser senaryoda azalmayacağı ancak kötümser senaryoda artacağı düşünülmüştür.



Şekil 5.1. Havzaya ait WEAP modeli

5.3. Yapılan Kabuller:

1. Akarçay havzasında mevcut hal itibariyle; Akdeğirmen Barajı (içme suyu), Seyitler ve Seydiler barajları (sulama), Akşehir ve Eber Gölleri ile yeraltı

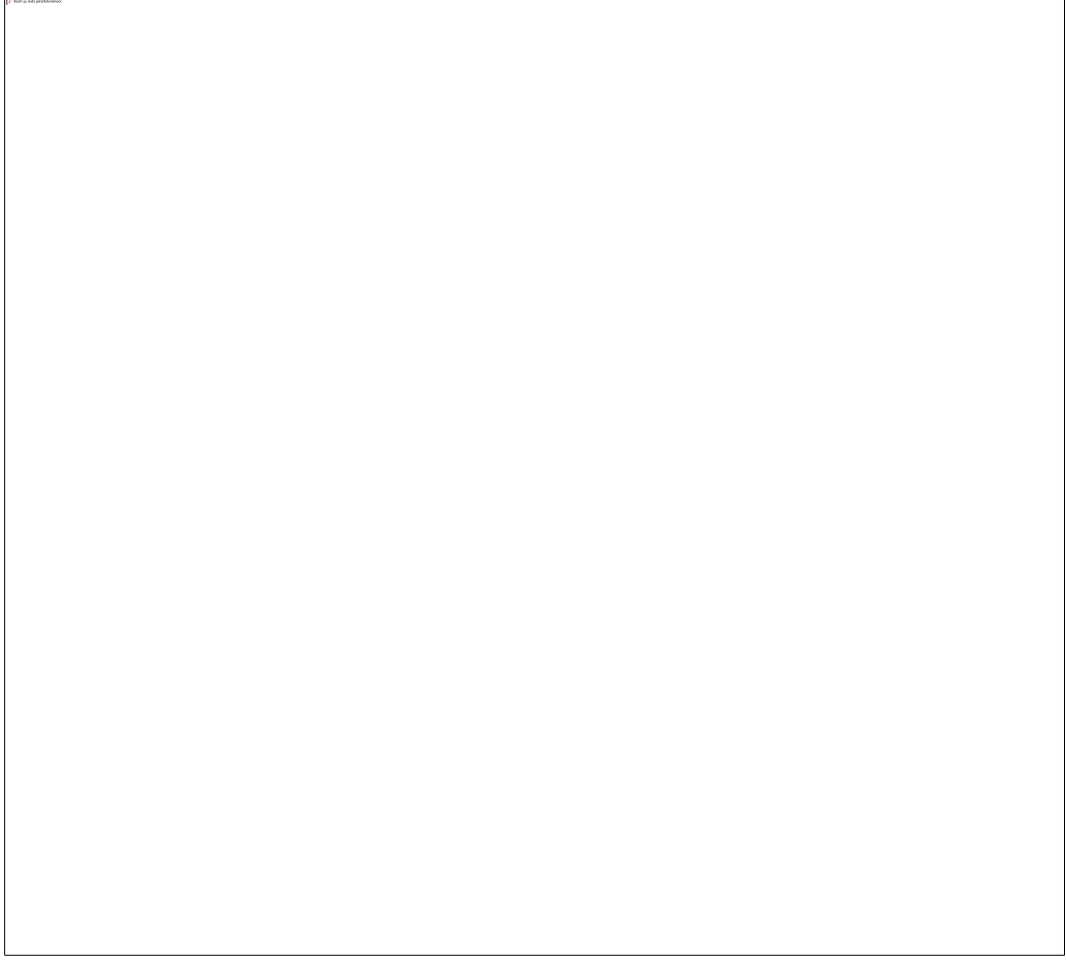
akiferleri modele girilmiştir. Ayrıca Akarçay, Nacak ve Kali nehirleri modele işlenmiştir.

2. Bununla birlikte Seyitler ve Seydiler barajlarının suladığı tarım arazileri, atık su arıtma tesisi, Afyon şehri içme suyu yapıları su talep birimleri olarak tanıtılmıştır.
3. Akdeğirmen Barajı; Afyon şehrine içme suyu sağlamakta olup kişi başı düşen yıllık su tüketimi nüfusla çarpılarak modele tanıtılmıştır.
4. Seyitler ve Selevir barajları sulama amaçlı olup barajdan tarım arazilerine aktarılan sulama borularında sürtünme kaybı ve kaçaklar olacağı düşünülerek normal durum için (%30) kayıp tanımlanmıştır. Bu kayıp iyimser senaryo için su borularının yeni nesil borularla değiştirileceği düşünülerek kayıp oranı düşürülmüş (%20) ancak kötümser senaryoda ise kayıp artırılmıştır (%45).
5. Söz konusu kayıplar tarım sulama hatlarıyla birlikte tüm talep bölgelerine iletilen hatlarda ve geri dönüş hatlarında da tanımlanmıştır.
6. Bununla birlikte, baraj, nehir ve göllerde yeraltına su sızıntısı olmadığı kabul edilmiştir ancak tarım arazilerinde sulama sularının bir kısmı (%20) yeraltına sızdığı kabul edilmiştir.
7. Bu oran birtakım iyileştirmelerin yapılabileceği düşünülerek iyimser senaryoda (%10) kötümserde ise (%30) kabul edilmiştir.
8. Baraj ve göllerin rezervuar hacimleri için referans olarak normal su seviyeleri alınmıştır. 1960-2010 arası ölçülen minimum ve maksimum hacimler iyimser ve kötümser senaryolara işlenmiştir.
9. 1960-2010 arası ölçülen nüfus değerlerinin ortalaması alınmış ve referans yılına tanıtılmıştır (TÜİK). Sayım yapılan yıllara göre artış değeri yaklaşık %1 değerindedir. Azalış ise gözlemlenmemiştir. Azalış yaşanmaması sebebiyle iyimser senaryoda nüfus azalışı girilmemiş olup mevcut yıldaki nüfus değeri sabit tutulmuştur. Ancak kötümser senaryoda ise nüfusun arttığı (%1) senaryoda tanımlanmıştır.
10. Akarçay havzasında içme suyu ihtiyacının karşılanmasında Akdeğirmen Barajı görev yapmakta olup Afyon merkez ilçesine hizmet etmektedir. Çevre ilçelerde daha çok yeraltı suları ve kuyulardan su çekildiğinden

dolayı çevre ilçe nüfusları Akdeğirmen Barajı'ndan alınan suya dâhil edilmemiştir.

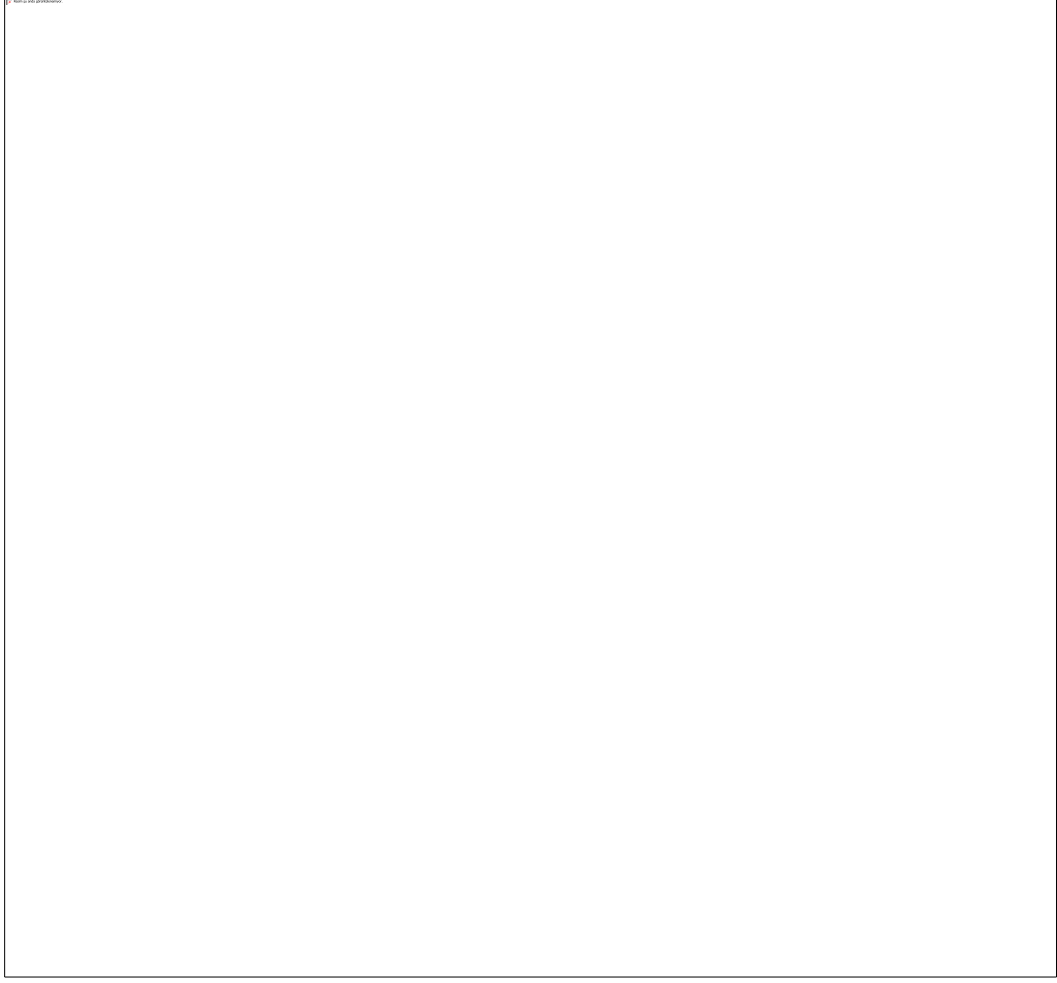
11. Bununla birlikte sanayi ve endüstri anlamında Afyonkarahisar merkezde organize sanayi bölgesi yer almakta olup 73 m³/gün' lük bir su tüketimi olmaktadır. Benzer şekilde çevre ilçelerde büyük çaplı organize sanayi ve endüstri alanı olmadığı, küçük çapta hizmet eden sanayi dalları var olup bu tarz hizmet eden sanayi alanları su ihtiyaçlarını kuyulardan temin etmektedirler.

Tüm bu kabuller ile birlikte havza sistemi WEAP'ta tanımlanmıştır. Sisteme ait su yapıları, arz ve talep değerleri ve hidrolojik verilerin yer aldığı bölümler aşağıda gösterilmektedir.



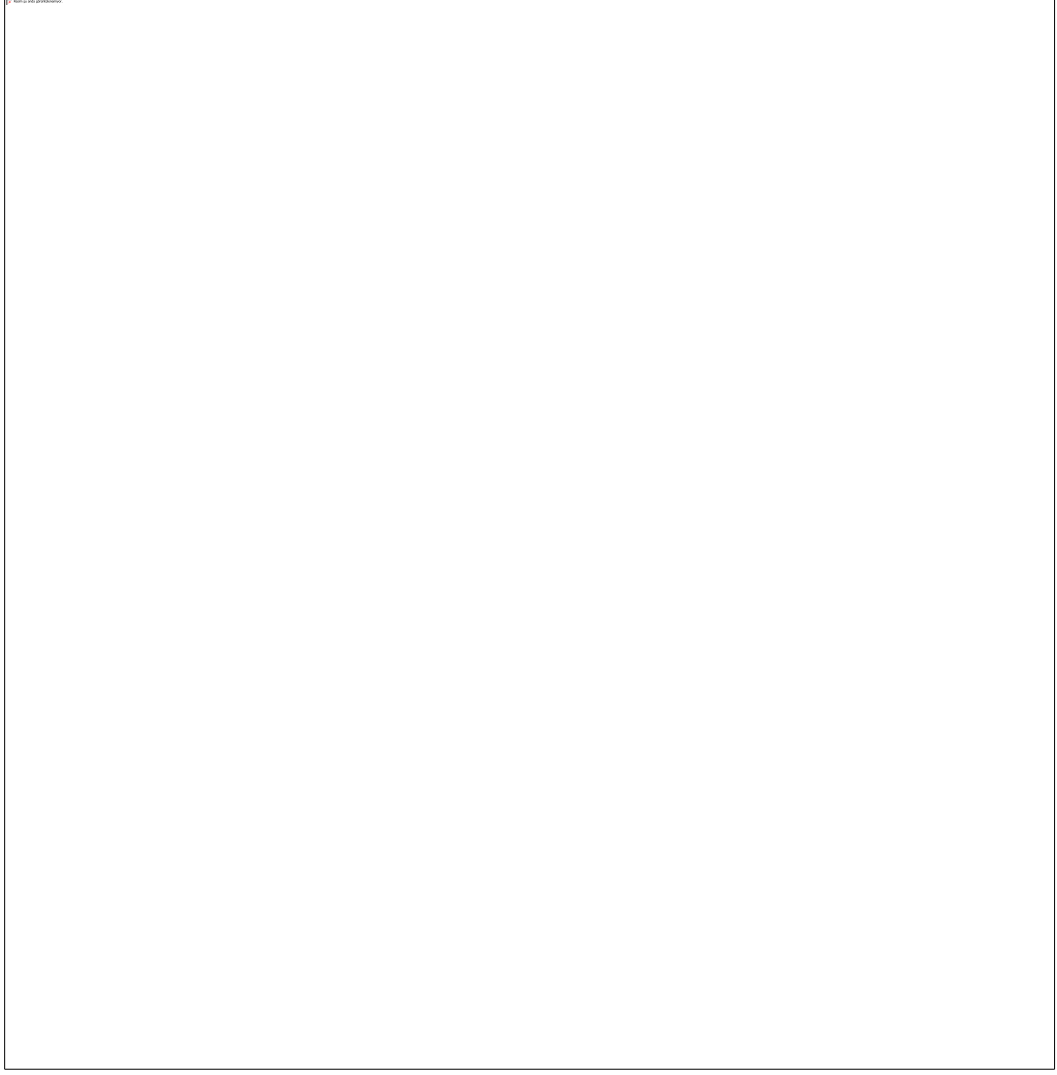
Şekil 5.2. Weap Modelinin genel görünümü

Şekil 5.2.'de Akarçay Havzası Entegre Su Kaynakları Yönetimi konusunda oluşturulan model sistem gösterilmektedir. Sistemde yer alan yapılar itibariyle; Akdeğirmen Barajı, Seyitler Barajı, Selevir Barajı, Eber Gölü ve Akşehir Gölü rezervuar olarak, ise Akdeğirmen akiferi, Selevir akiferi, Seyitler akiferi ve Eber ile Akşehir akiferleri yeraltı su kaynakları olarak, Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi, Afyonkarahisar içme suyu, Selevir Barajı tarım sulaması, Seyitler Barajı tarım sulaması ile Eber ve Akşehir gölleri tarım sulamaları su talep bölgeleri olarak, Atık su arıtma tesisi ise rehabilitasyon olarak sisteme tanıtılmıştır. Bununla birlikte havzada yer alan Nacak Deresi, Kali Çayı, Seyitler Deresi ve Akarçay Nehri sisteme tanıtılmıştır.



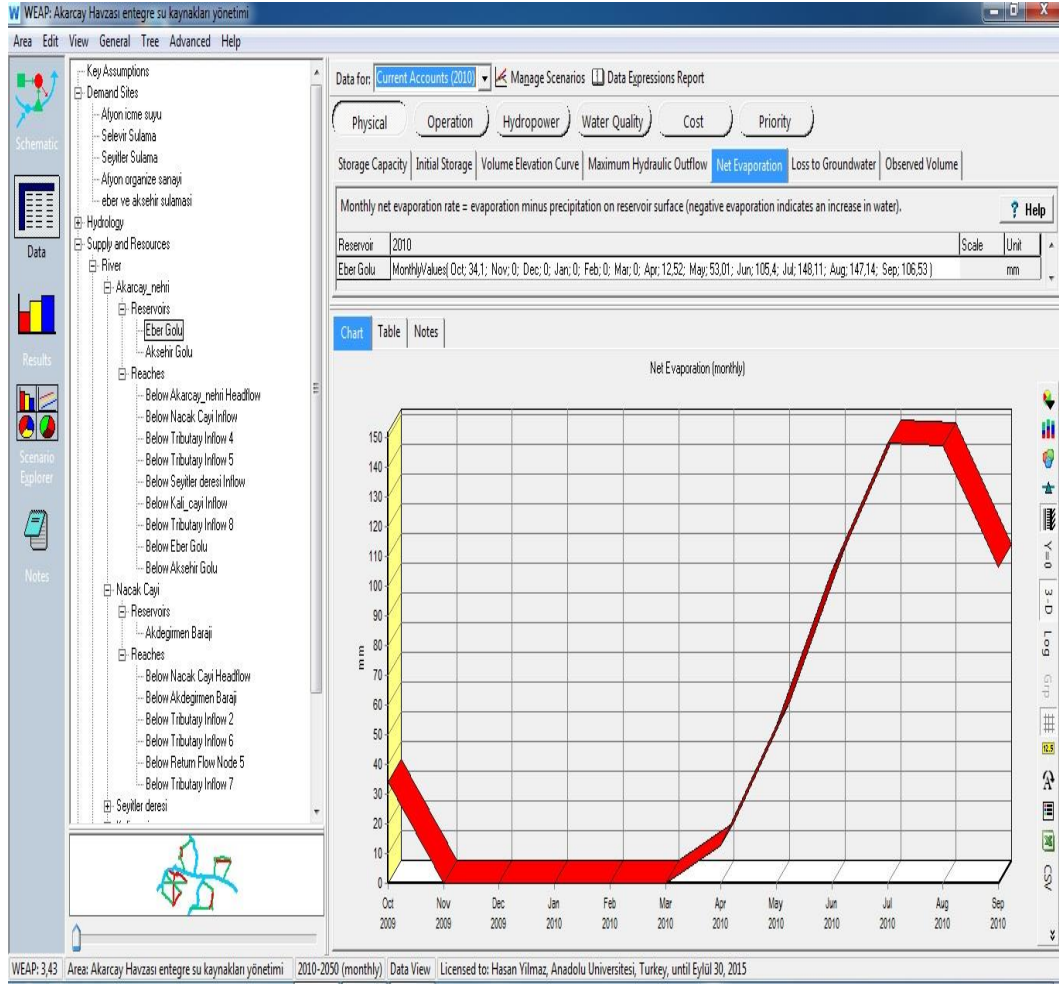
Şekil 5.3. Eber ve Akşehir göllerinin rezervuarlarına ait karakteristik bilgiler

Şekil 5.3.'de Eber ve Akşehir göllerine yönelik rezervuar kapasiteleri yer almaktadır. Mevcut (referans) yılda söz konusu göllerin normal su seviyeleri göllerin başlangıç rezervuar kapasiteleri olarak tanıtılmıştır. 2011 – 2050 arası kötümser senaryoda söz konusu göller minimum su seviyelerine düşürülmüştür.



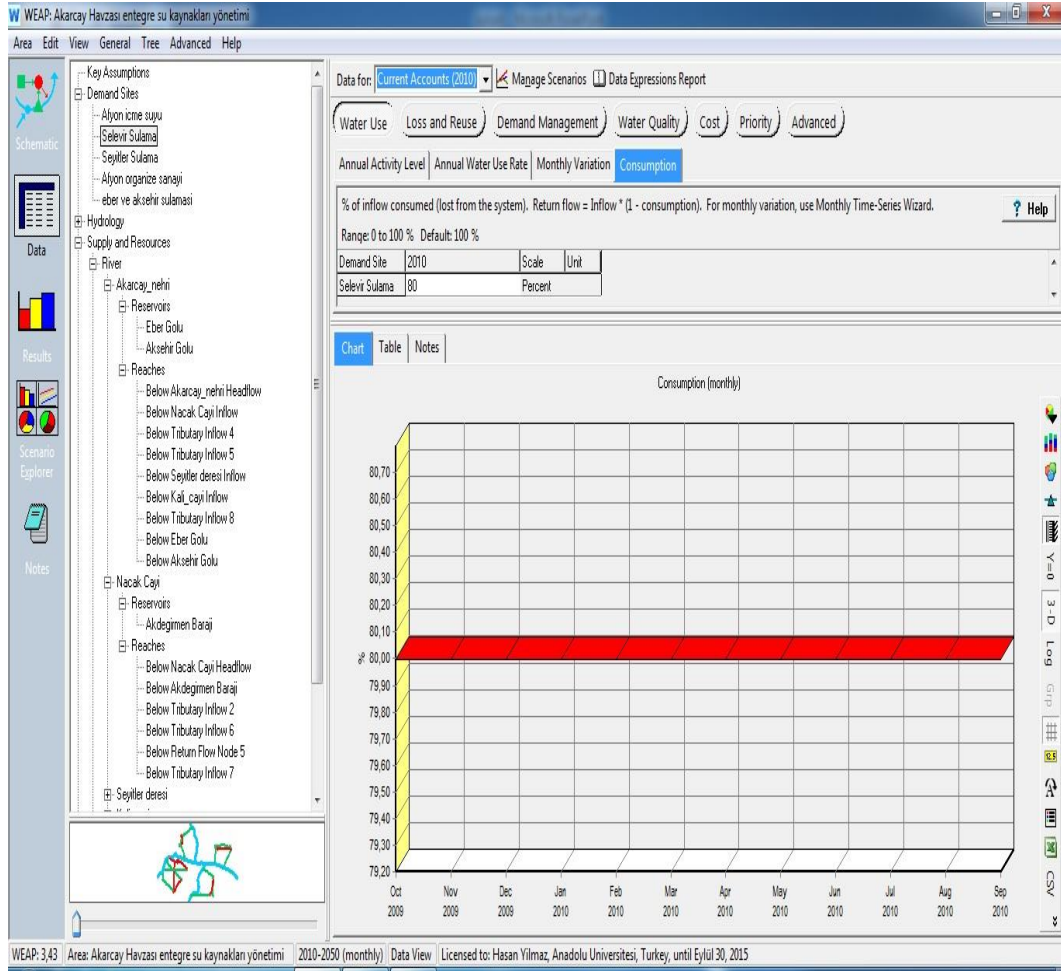
Şekil 5.4. Su yapılarına ait hacim satıh eğrileri

Şekil 5.4.'de Eber Gölü'ne ilişkin hacim satıh eğrisi girilmiştir. Bununla birlikte diğér göl ve barajlara ilişkin hacim satıh değerleri de sisteme tanıtılmıştır.



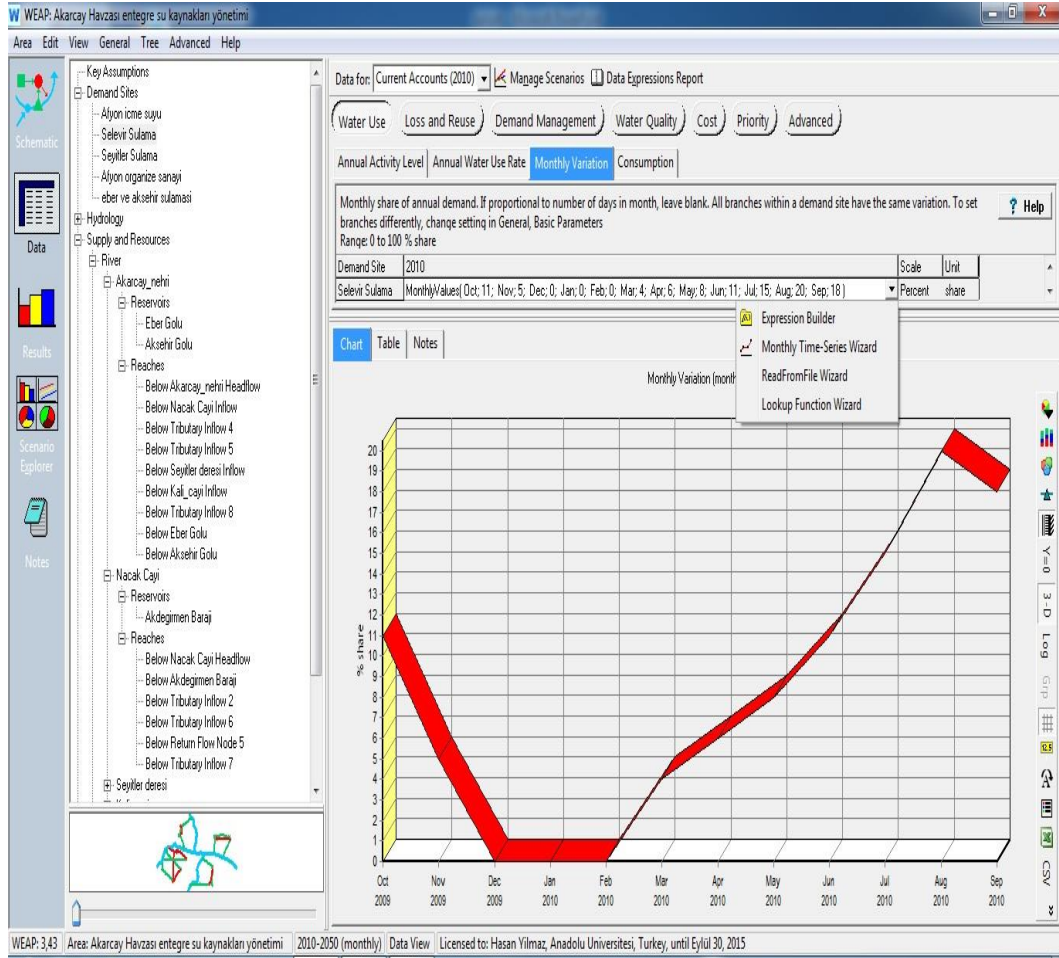
Şekil 5.5. Göllere ait buharlaşma değerleri

Şekil 5.5.'te Eber Gölü'ne ilişkin buharlaşma değerleri modele tanıtılmıştır. AĞİ istasyonlarından 1960 – 2010 yılları arası değerlerin ortalaması alınmış ve mevcut (referans) yılda sisteme girilmiştir. 2011 – 2050 yılları arası iyimser senaryoda buharlaşma değerleri 1960 – 2010 arası ölçülen değerler arasındaki en düşük buharlaşma değerleri girilmiş, 2011 - 2050 yılları arası kötümser senaryoda ise 1960 – 2010 arası ölçülen en yüksek buharlaşma değerleri kullanılmıştır.



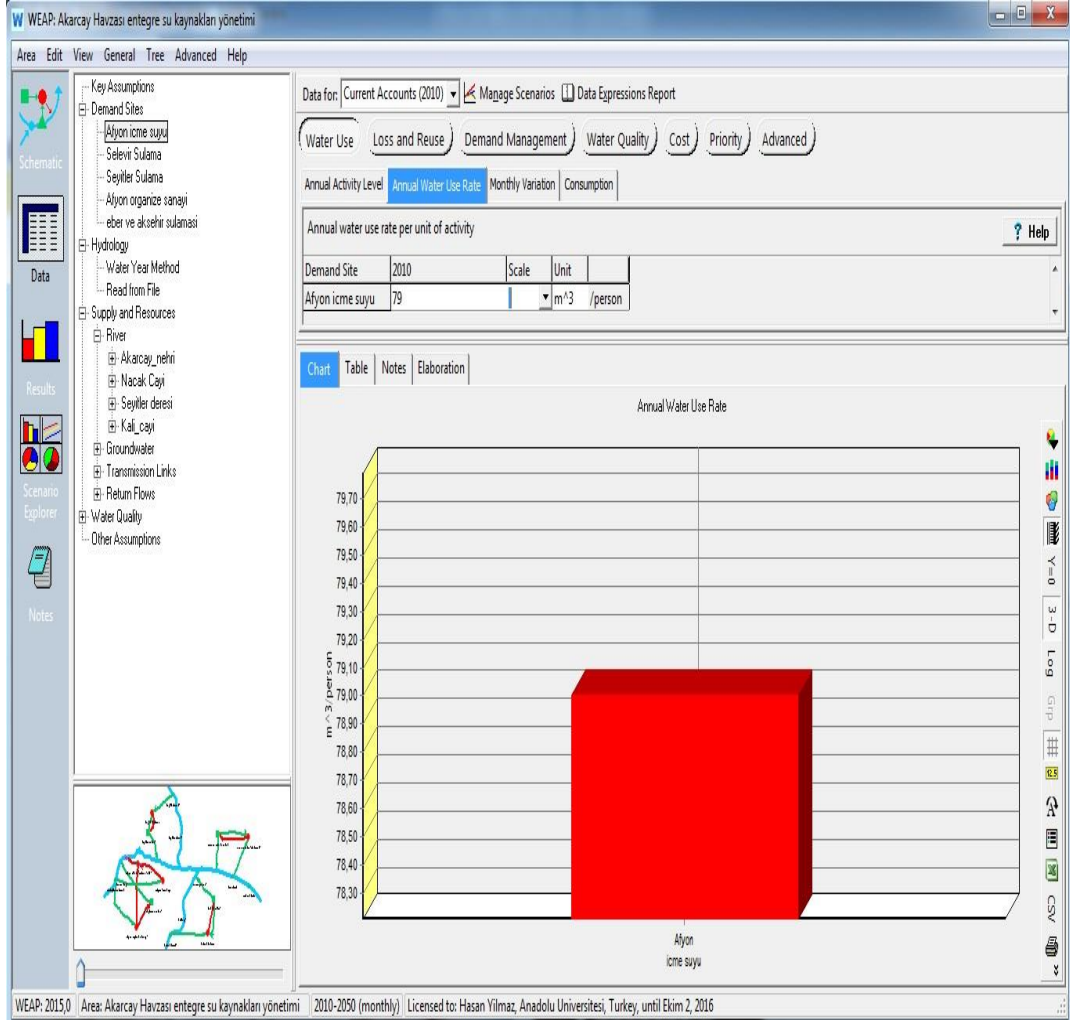
Şekil 5.6. Su talep bölgelerine (sulama alanları) aktarılan su miktarlarının efektif kullanım oranları

Şekil 5.6.'te Selevir Barajı tarım sulaması için iletilen su miktarının mevcut (referans) yılda toprak tarafından %80'ninin kullanıldığı %20'sinin ise sızarak Selevir akiferine iletiildiği kabul edilmiştir. 2011 – 2050 yılları arası iyimser senaryoda sızarak akifere iletilen su miktarı %10, 2011 – 2050 yılları arası kötümser senaryoda ise %30 olarak kabul edilmiştir. Benzer kabuller diğer tarım sulamaları içinde kullanılmıştır. Senaryolarda kullanılan sızma değeri farklılıkları ekimi yapılan bitki türlerine göre farklılık gösterebileceğinden dolayı farklı girilmiştir.



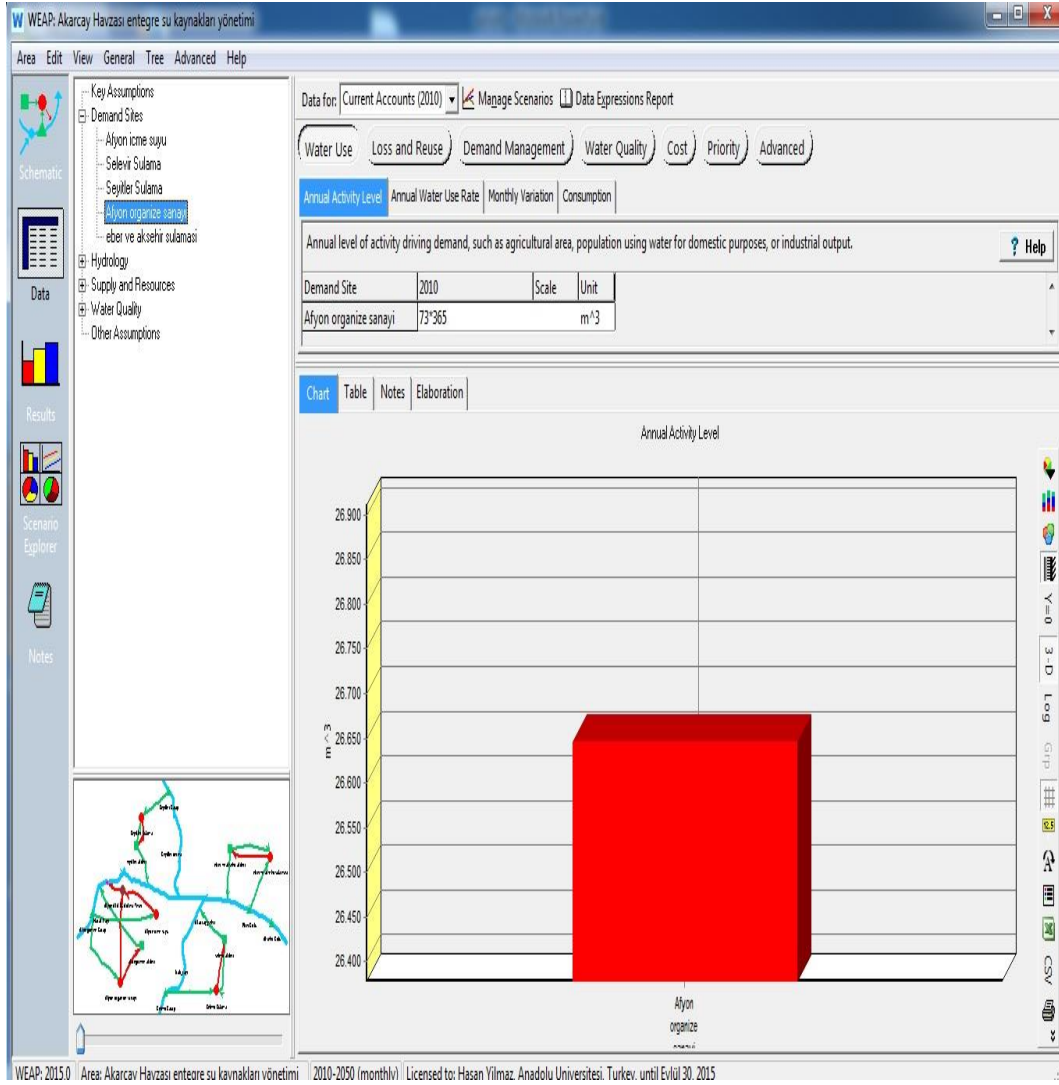
Şekil 5.7. Sulama alanları ait aylık periyotta kullanım miktarları

Şekil 5.7.'de Selevir barajı tarımsal sulamaya verilen aylık su miktarları gösterilmektedir. Söz konusu su miktarları kış aylarında minimum değere inmekte yaz aylarında ise maksimum seviyeye çıktığı modelde tanıtılmıştır.



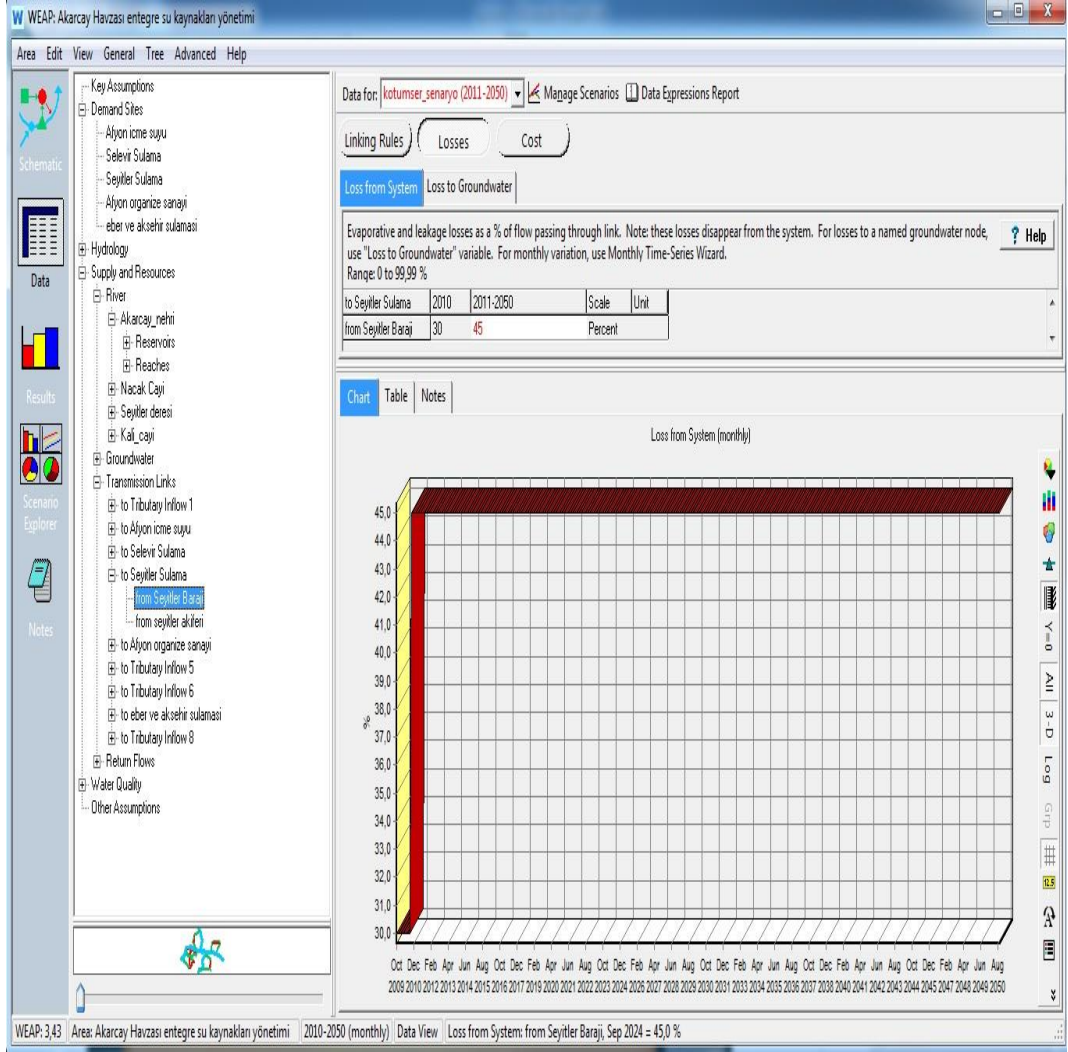
Şekil 5.8. İçme suyunda kişi başı tüketilen su miktarı

Şekil 5.8.'de Afyonkarahisar ili merkez ilçeye ilişkin ihtiyaç duyulan kişi başı su miktarı modele girilmiştir. Ülkemizde kişi başı tüketilen yıllık su miktarı 2010 yılı TÜİK verilerine göre günlük 217 litre yıllık ise ($217 \times 365 = 79,2 \text{ m}^3$) yaklaşık 79 m^3 'tür. 2010 - 2050 yılları arası iyimser senaryoda kullanılan günlük su tüketimi, halkın bilinçlendirilerek suda tasarrufa gitmesi varsayımı ile % 0,5 düşürülmüştür. 2011 – 2050 yılları arası kötümser senaryoda ise bilinçsiz su tüketimi ve nüfusun artacağı da dikkate alınarak % 0,5 artırılmıştır.



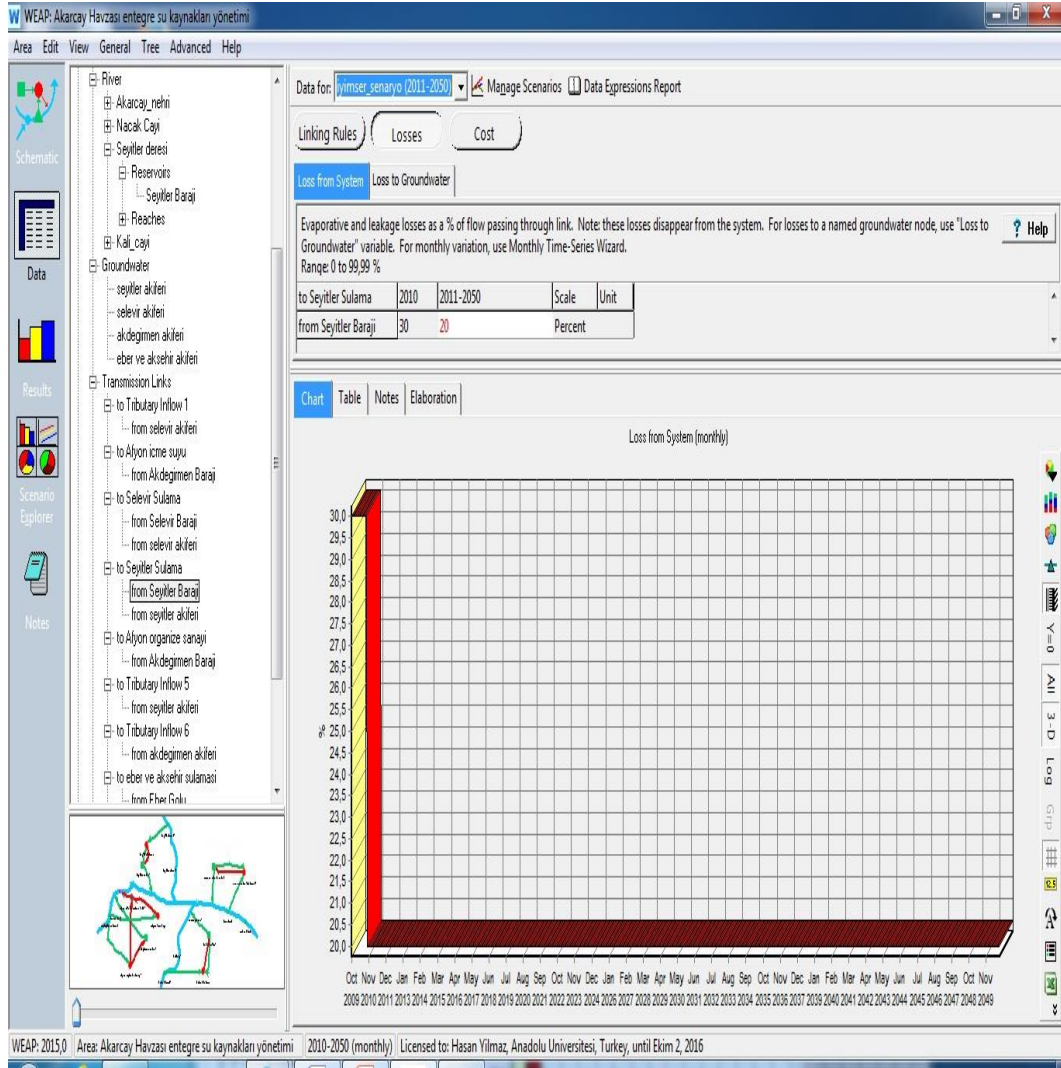
Şekil 5.9. Akarçay havzası organize sanayi bölgesi yıllık su tüketim değerleri

Şekil 5.9.'da Afyonkarahisar merkez organize sanayinin günlük 73 m^3 su tüketimi 365 ile çarpılarak mevcut yılda yıllık olarak sisteme girilmiştir. Benzer şekilde 2010 - 2050 yılları arası iyimser senaryoda kullanılan günlük su tüketimi, halkın bilinçlendirilerek suda tasarrufa gitmesi varsayımı ile % 0,5 düşürülmüştür. 2011 – 2050 yılları arası kötümser senaryoda ise bilinçsiz su tüketimi ve organize sanayi kollarının artacağı da dikkate alınarak % 0,5 artırılmıştır.



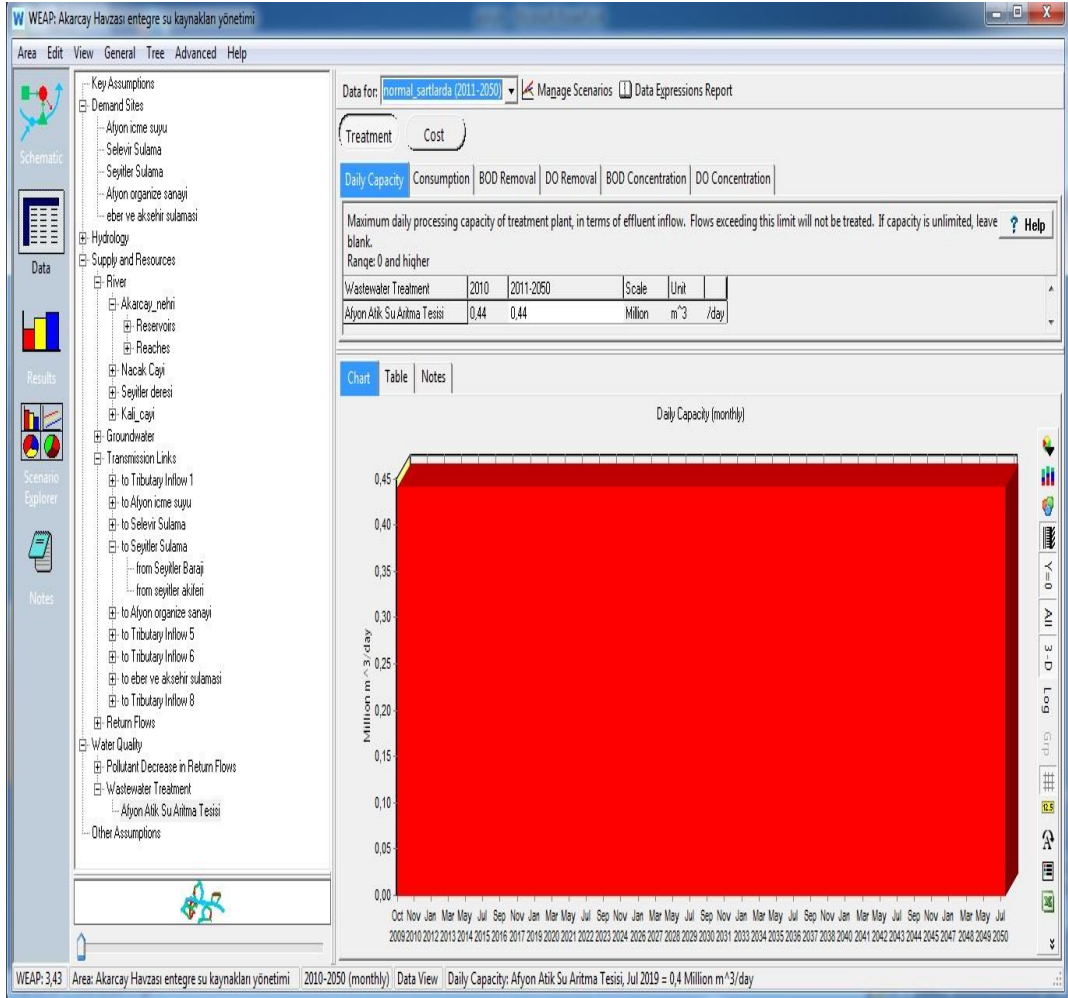
Şekil 5.10. Su iletim hatlarında yaşanan sistem kayıpları

Şekil 5.10.'da Seyitler barajından tarımsal sulama alanlarına iletilen sulama hatlarında yaşanan kayıplar modele tanıtılmıştır. Afyonkarahisar Belediyesi ile yapılan görüşmelerde su iletim hatlarında yaşanan sistem kayıplarının % 30 - % 45 civarlarında olduğu ifade edilmiştir. Bu doğrultuda mevcut yılda su iletim hatlarında kayıpların %30 olduğu, 2011 – 2050 yılları arası iyimser senaryoda iletim hatlarının günümüz teknolojisine ait borularla değiştirilmesi varsayımı ile % 20, 2011 – 2050 yılları arası kötümser senaryoda ise su iletim hatlarının aynı kalacağı ve 2050 yılına doğru kayıpların % 45 seviyelerine çıkacağı kabul edilerek sisteme tanıtılmıştır.



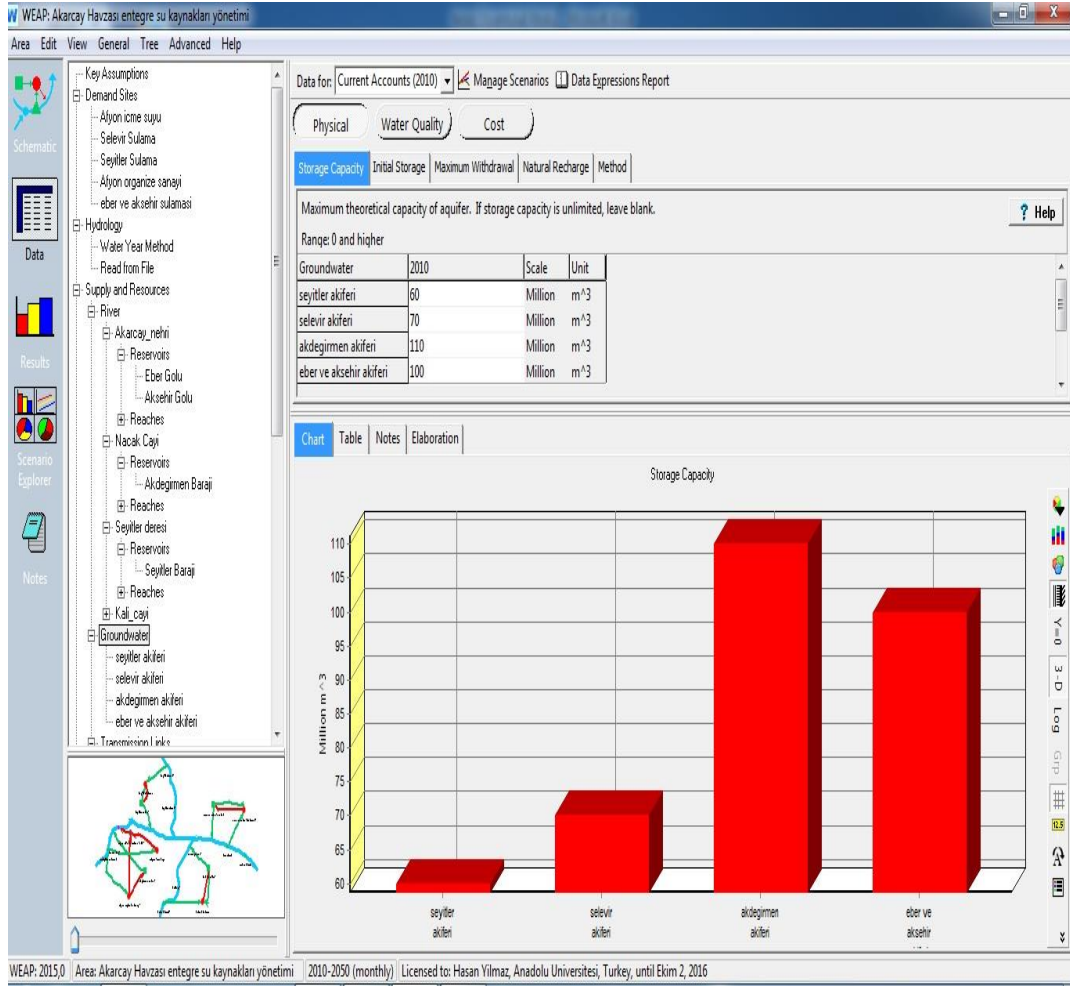
Şekil 5.11. Su iletim hatlarında yaşanan sistem kayıpları

Şekil 5.11.'de Seyitler barajından tarımsal sulama alanlarına iletilen sulama hatlarında yaşanan kayıpların 2011- 2050 yılları arası iyimser senaryoda kabul edilen değeri yer almaktadır.



Şekil 5.12. Atık su arıtma tesislerindeki rehabilite edilen günlük su miktarları

Şekil 5.12.'de Afyonkarahisar atık su arıtma tesisinde günlük rehabilite edilen su miktarı mevcut yılda modele girilmiştir. 2011- 2050 yılları arası kötümser senaryoda tesis kapasitesinin üzerine çıkamayacağı varsayımıyla aynı tutulmuş ancak 2011 – 2050 yılları arası iyimser senaryoda su kullanım miktarları su tasarrufu ile azalacağından % 20 düşürülmüştür.

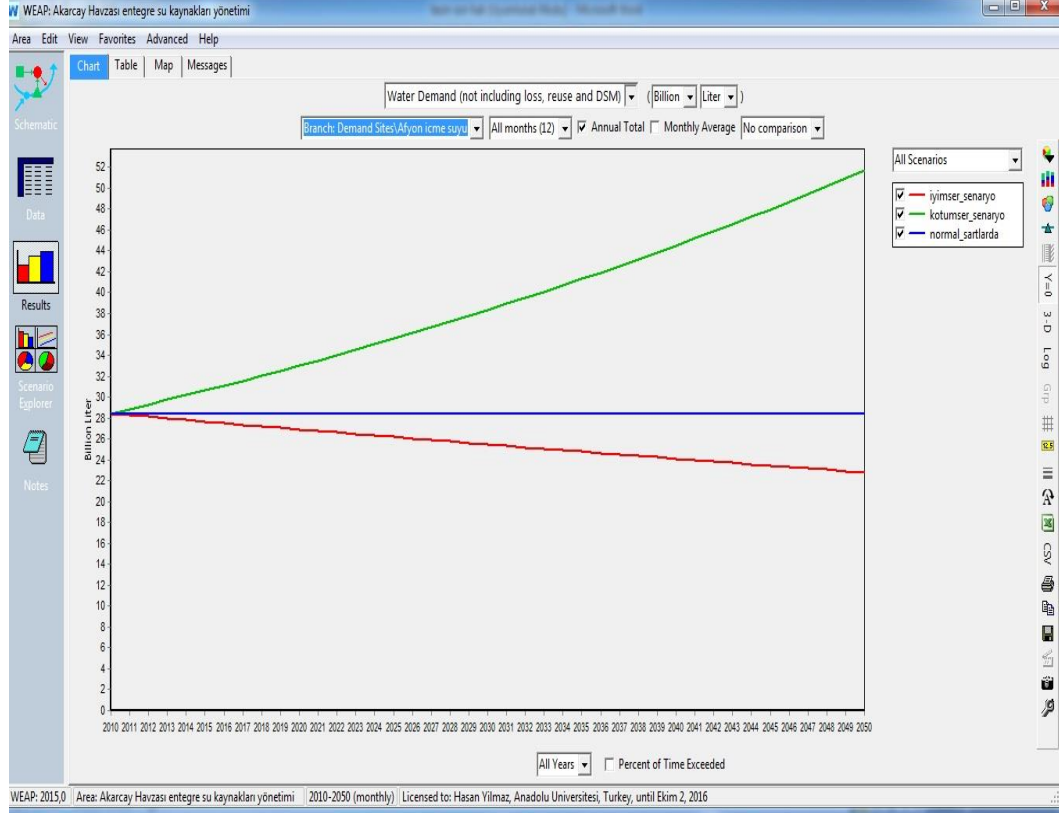


Şekil 5.13. Havzada yer alan akiferlere ilişkin rezervuar kapasiteleri

Şekil 5.13.'de havzada yer alan akiferlerin kapasiteleri modele girilmiştir.

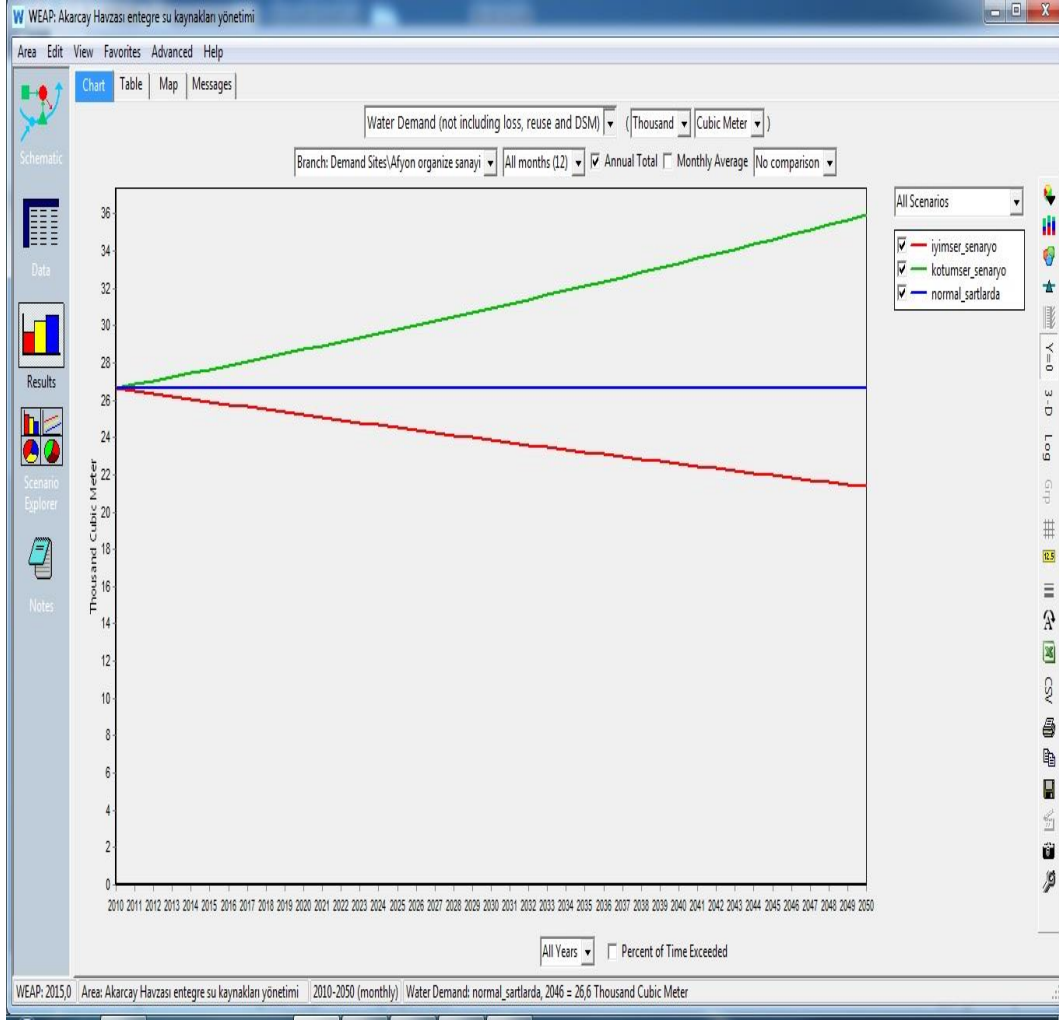
6. SONUÇ ve ÖNERİLER

WEAP programı yardımıyla Akarçay Havzası Entegre Su Kaynakları Yönetim Çalışmalarına ilişkin yapılan kabuller ve elde edilen sonuçlar dair tablo ve şekiller aşağıda gösterilmektedir.



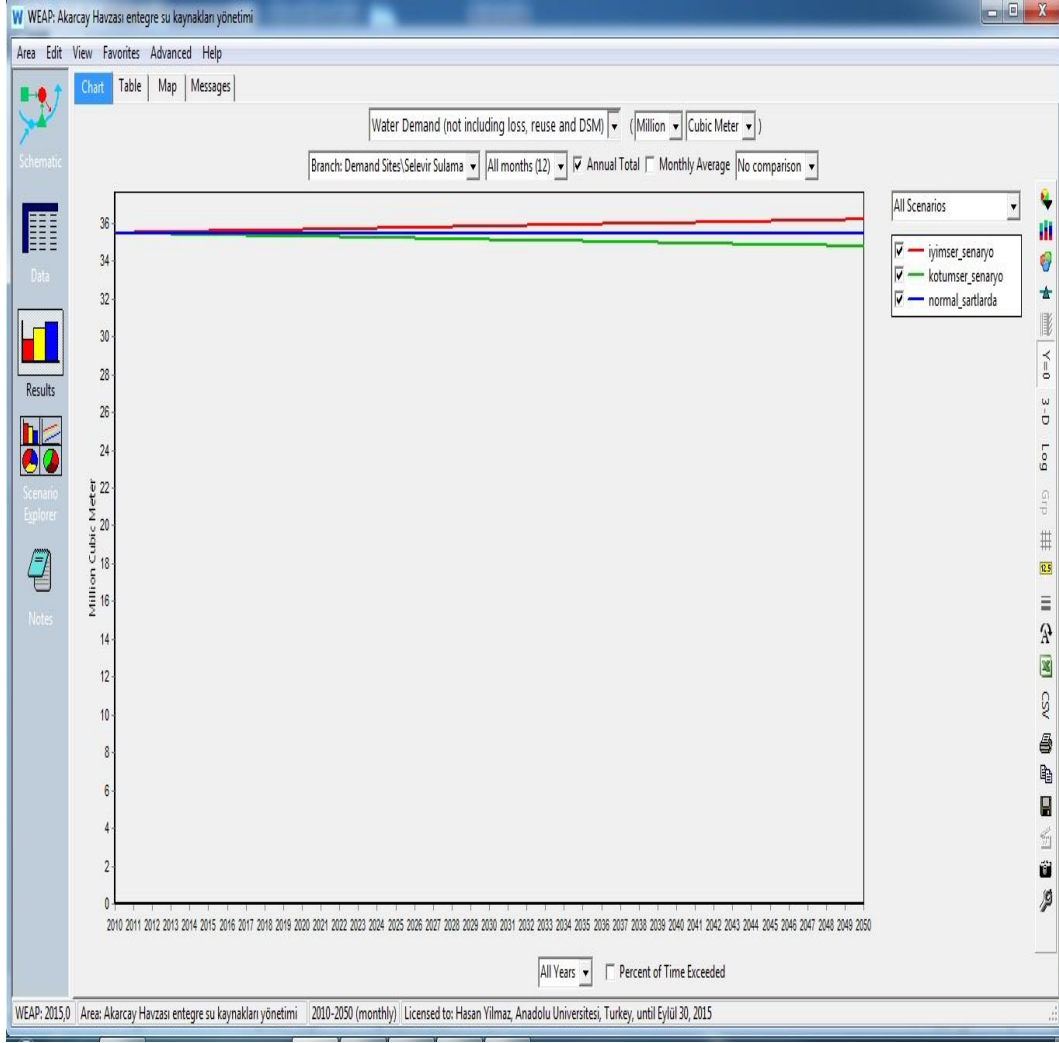
Şekil 6.1. Afyonkarahisar ili içme suyunun senaryolara göre dağılımı

Şekil 6.1.'de Afyonkarahisar ili için kayıplar haricindeki su miktarlarının senaryolara göre dağılımı yer almaktadır. Şekilde de görüleceği üzere 2010 yılında içme suyu için gereken su miktarı yaklaşık 28 milyon m³'tür. İyimser senaryoda 2050 yılına doğru bu miktar giderek azalmakta ve 2050 yılında Afyonkarahisar ili içme suyu için ihtiyaç duyulan su miktarı yaklaşık 24 milyon m³ olmakta, kötümser senaryoda ise 2050 yılında 52 milyon m³ olmaktadır. Nüfusun artması ve suyun bilinçsizce tüketimi doğrultusunda su ihtiyaçlarının ne kadar yüksek değerlere ulaşacağı görülmektedir. Bu bağlamda, vatandaşların su tasarrufu ve su tüketimi konularında bilinçlendirilmesi, havzanın içme suyu ihtiyacını azaltacaktır.



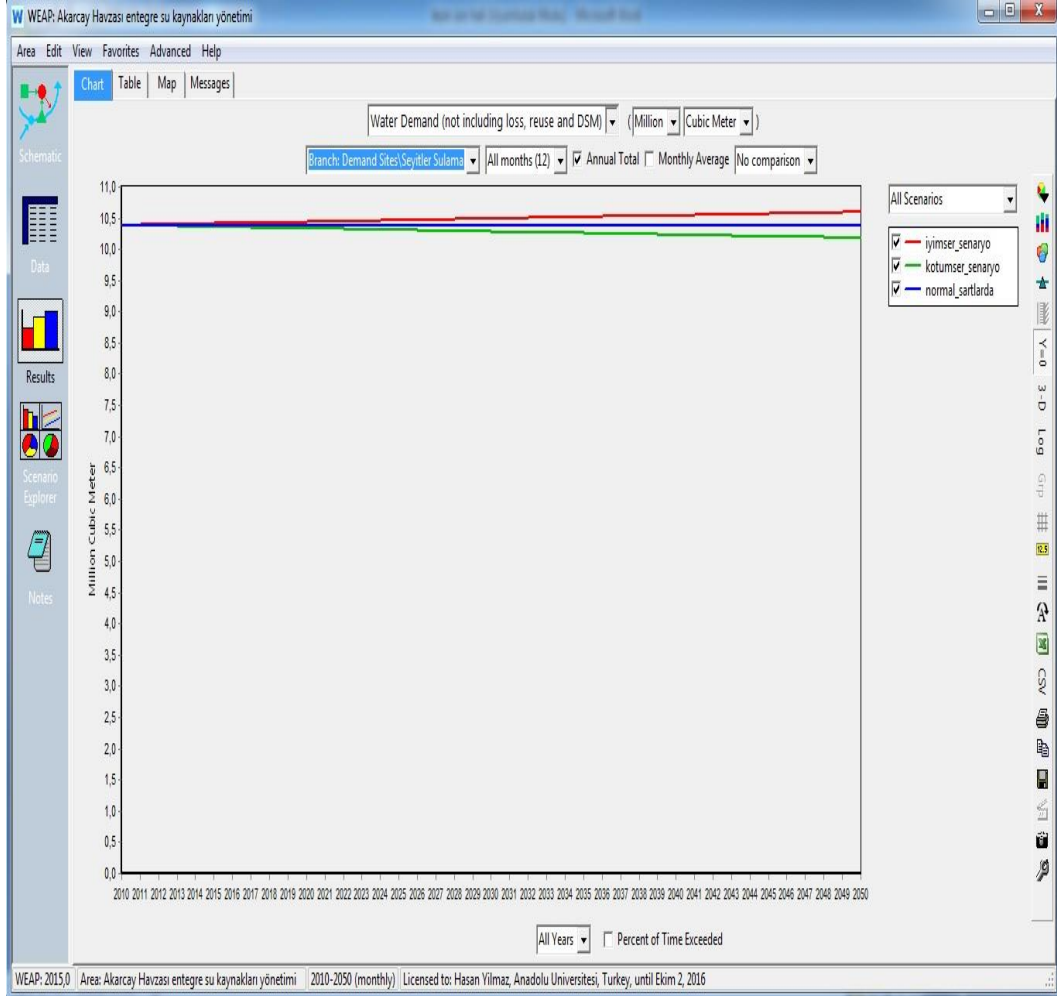
Şekil 6.2. Organize sanayi bölgesi su taleplerinin senaryolara göre dağılımı

Şekil 6.2’de Afyonkarahisar ili merkez organize sanayi bölgesi için kayıplar haricindeki su miktarlarının senaryolara göre dağılımı yer almaktadır. Şekilde de görüleceği üzere 2010 yılında organize sanayi bölgesi için gereken su miktarı 26,5 milyon m³’tür. İyimser senaryoda 2050 yılına doğru bu miktar giderek azalmakta ve 2050 yılında Afyonkarahisar ili merkez organize sanayi bölgesi için ihtiyaç duyulan su miktarı yaklaşık 23 milyon m³ olmakta, kötümser senaryoda ise 2050 yılında yaklaşık 36 milyon m³ olmaktadır. Nüfusun ve organize sanayi kollarının artması su tüketimini de artıracığından dolayı bilinçsizce tüketim ile tasarruflu kullanım arasındaki fark belirgin olarak ortaya çıkmaktadır.



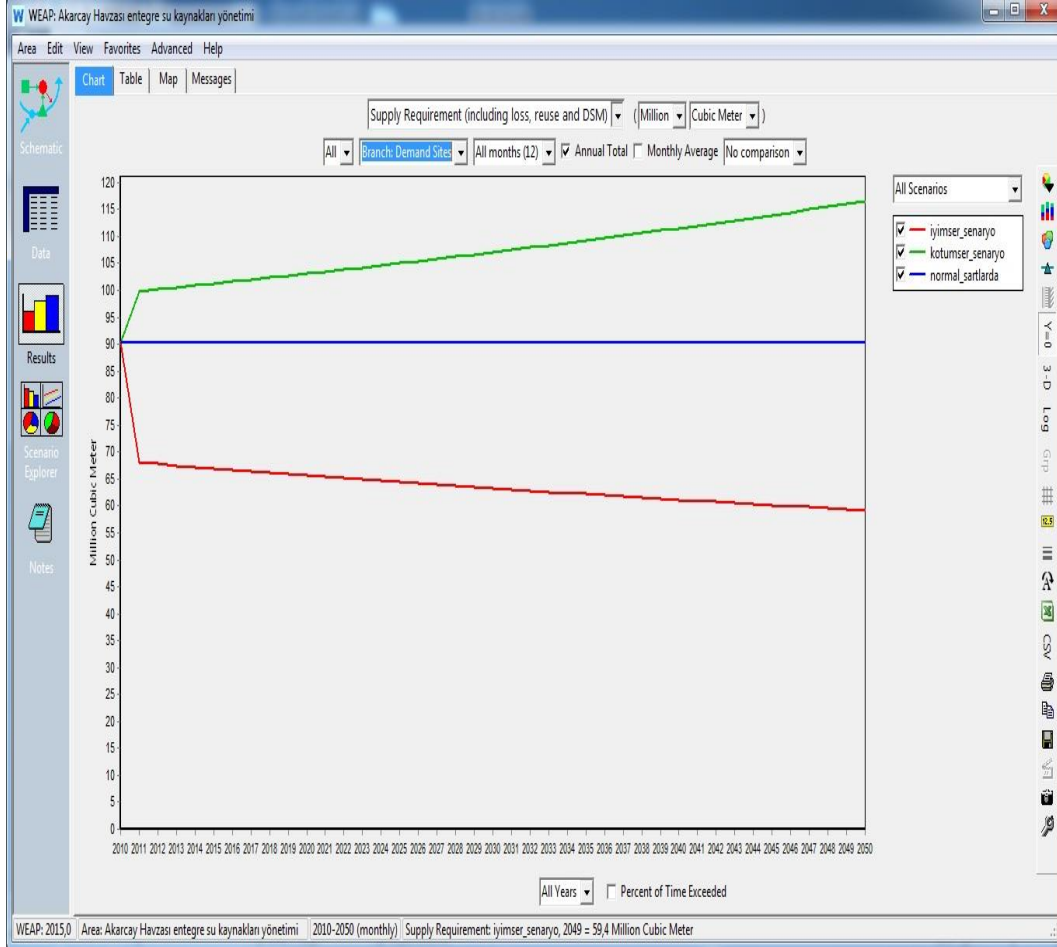
Şekil 6.3. Selevir Barajı tarım sulamasının senaryolara göre dağılımı

Şekil 6.3'te Selevir Barajı tarım sulaması için kayıplar haricindeki su miktarlarının senaryolara göre dağılımı gösterilmektedir. Tarım arazilerine her koşul ve şart altında su verildiği kabul edilmiştir. Bununla birlikte 2011 – 2050 yılları arası iyimser ve kötümser senaryoları arasındaki farklar topraktan yeraltı akiferlerine sızan su miktarlarından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte Selevir Barajı tarımsal sulaması için ihtiyaç duyulan su miktarı yaklaşık 36 milyon m³ civarındadır.



Şekil 6.4. Seyitler Barajı tarım sulamasının senaryolara göre dağılımı

Şekil 6.4'te Seyitler Barajı tarım sulaması için kayıplar haricindeki su miktarlarının senaryolara göre dağılımı gösterilmektedir. Tarım arazilerine her koşul ve şart altında su verildiği kabul edilmiştir. Bununla birlikte 2011 – 2050 yılları arası iyimser ve kötümser senaryoları arasındaki farklar topraktan yeraltı akiferlerine sızan su miktarlarından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte Seyitler Barajı tarımsal sulaması için ihtiyaç duyulan su miktarı yaklaşık 10,5 milyon m³ civarındadır.



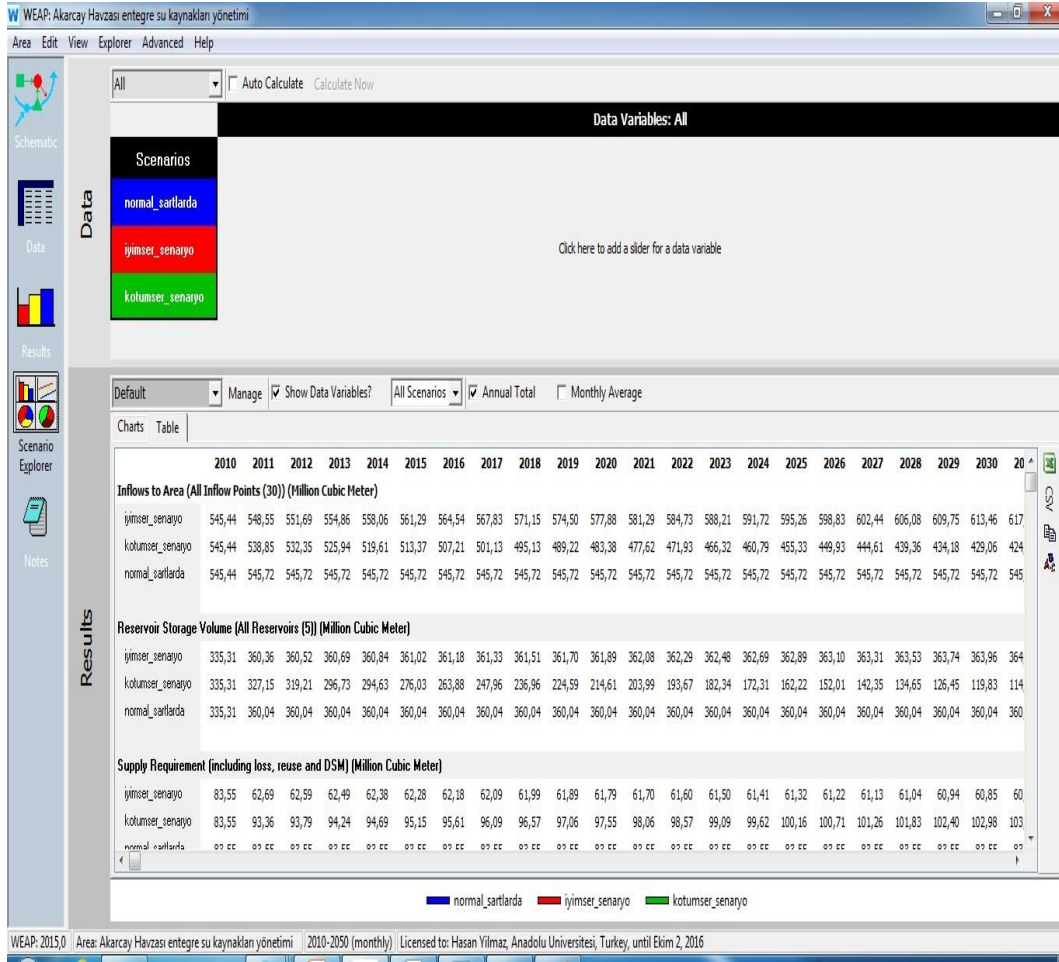
Şekil 6.5. Sistemsel kayıplarla birlikte havzanın toplam su talep miktarları

Şekil 6.5'te Sistemsel kayıplarla birlikte farklı senaryolara göre havzanın toplam su talep miktarları yer almaktadır. Şekilde de görüleceği üzere havzanın toplam su miktarı mevcut durumda (2010 yılı) 90 milyon m³ olmaktadır. İyimser senaryoda 2050 yılına doğru bu miktar giderek azalmakta ve 2050 yılında havzanın toplam su ihtiyacı yaklaşık 63,5 milyon m³ olmakta, kötümser senaryoda ise 2050 yılında yaklaşık 132,5 milyon m³ olmaktadır. Havzaya düşen yağış, yerlatı akiferleri gibi su girdileri ile, buharlaşama, sızma, sistem kayıpları, içme suyu ve organize sanayi ile birlikte tarımsal araziler tarafından talep edilen sulara yönelik su çıktıları birlikte değerlendirildiğinde ortaya çıkan su bilançosuna göre iyimser senaryo ile normal şartlarda ihtiyaç duyulan su miktarlarında yaklaşık % 30 oranında tasarruf edilebilmektedir. Kötümser senaryoda ise ihtiyaç duyulan su miktarlarında yaklaşık % 50'lik bir artış görülmektedir.

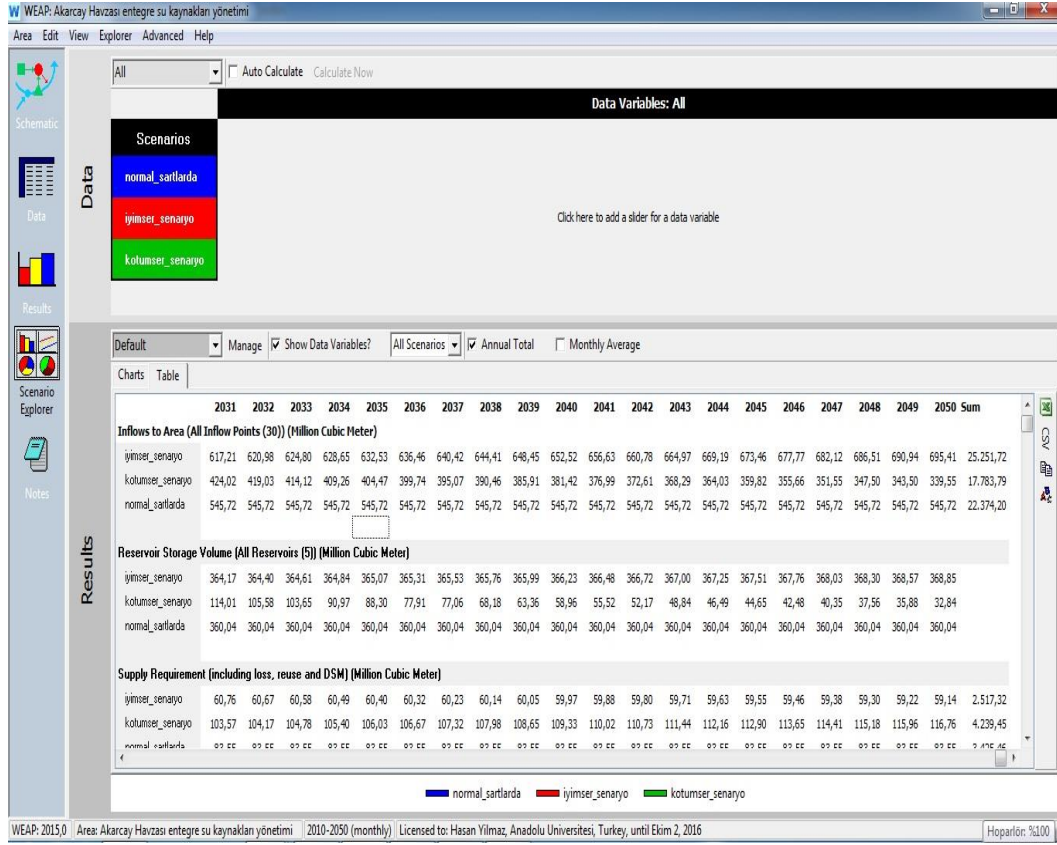


Şekil 6.6. Havza içerisinde farklı senaryolara göre karşılanamayan su miktarı

Şekil 6.6’da havza içerisindeki tüm su taleplerine ilişkin farklı senaryolara göre karşılanamayan su miktarları gösterilmektedir. Şekilde de görüleceği üzere havzanın karşılanamayan toplam su miktarı mevcut durumda (2010 yılı) 77 milyon m³ olmaktadır. İyimser senaryoda 2050 yılına doğru bu miktar giderek azalmakta ve 2050 yılında havzanın toplam su ihtiyacı yaklaşık 43 milyon m³ olmakta, kötümser senaryoda ise 2050 yılında yaklaşık 115 milyon m³ olmaktadır. Sonuçlardan da görüleceği üzere havza su sıkıntısı yaşamakta, alınacak tedbir ve ilave önlemler ile bu miktar azaltılabilmektedir.

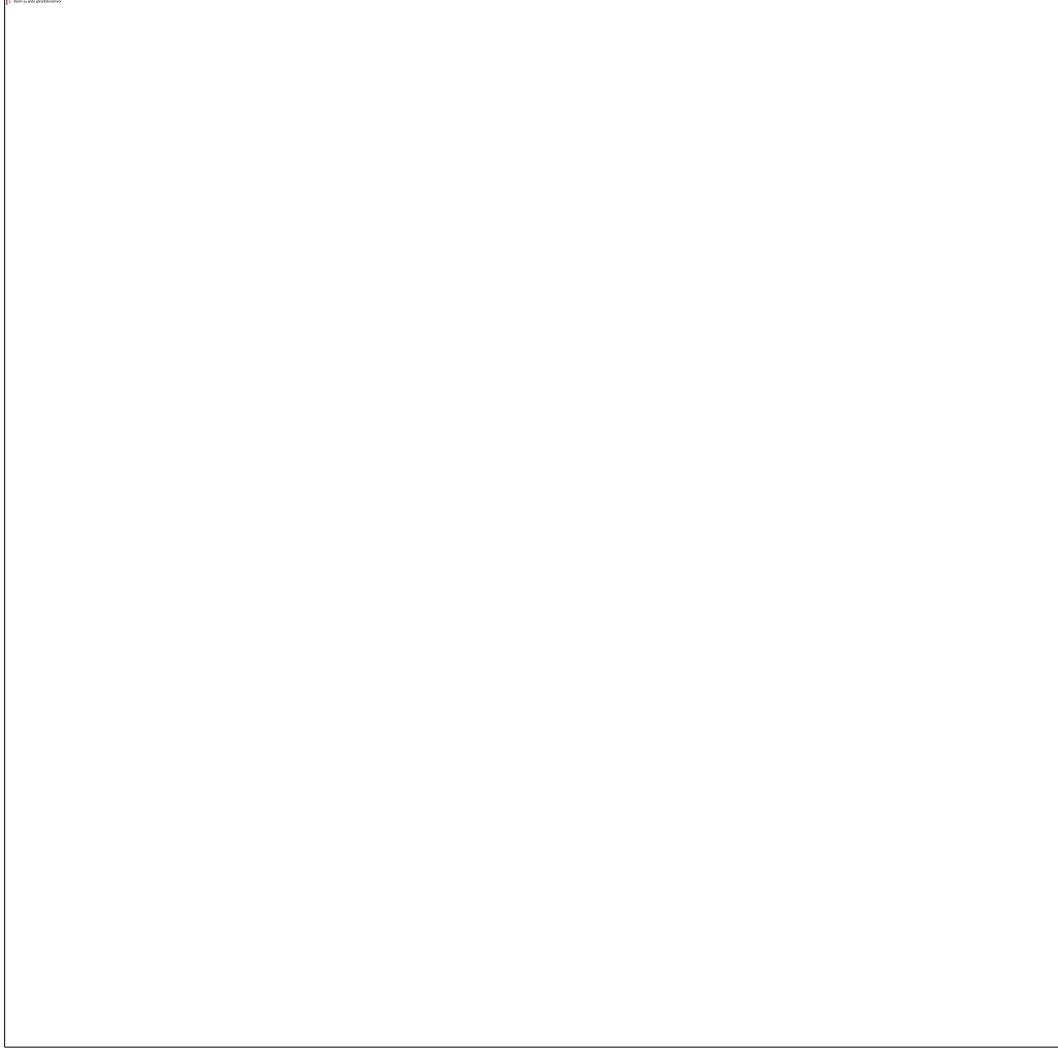


Şekil 6.7. Senaryo ve yıllara göre havza su bilançosu



Şekil 6.8. Senaryo ve yıllara göre havza su bilançosu

Şekil 6.7. ve 6.8'te de görüleceği üzere yüzeysel ve yeraltı suları dahil havzaya giren su miktarı 2010 yılında 545,5 milyon m³ tür. Bu değer 2011 – 2050 yılları arası iyimser senaryoda giderek artmakta ve 2050 yılında 695 milyon m³ olmaktadır. Bu senaryoda havzaya düşen yağışların 1960 – 2010 arası en bol olduğu yıllarda gelen yağış, harcamaların bilinçli ve tasarruflu yapıldığı ve kayıpların en az olduğu durumda havzaya girecek su miktarını göstermektedir. 2011 – 2050 yılları arası kötümser senaryoda ise su miktarı giderek azalmakta ve 2050 yılında 339,5 milyon m³ olmaktadır. Bu senaryoda ise havzaya düşen yağışların 1960 – 2010 arası en kurak olduğu yıllarda gelen yağış, harcamaların ve kayıpların en bol olduğu durumda havzaya giren su miktarını göstermektedir. İki senaryoda arasındaki farkın ne kadar yüksek olduğu bu sonuçlar da rahatlıkla görülebilmektedir. Yağışlar ve hidroloji konusunda beşeri olarak bir etkide bulunamamakta ancak bilinçli kullanım, tasarruf ve planlama ile su kaynaklarından optimum verimin alınabileceği bilinmelidir.



Şekil 6.9. Afyonkarahisar ilinin kötümser senaryoya göre nüfus değerleri

Şekil 6.9’da Afyonkarahisar ili merkez ilçesinin nüfus demografisi yer almaktadır. Bu tabloya göre İl merkezi 2010 yılında yaklaşık 360 000 nüfusa sahip olduğu görülmektedir. TÜİK’den elde edilen verilere göre il merkezinde nüfus artış oranı her yıl yaklaşık %1 olmakta ve kötümser senaryoda da bu oran tanıtılarak 2050 yılında il merkezinin 500 000 nüfusu geçeceği görülmektedir. Nüfus artışı beraberinde suya duyulan ihtiyacı ve su harcamalarını paralel olarak artıracaktır. Bu sebeple su kaynaklarından en verimli şekilde yararlanılması gerekmektedir.

Kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektör çalışmalarından elde edilen 1960 - 2010 yılları arası hidrolojik veriler dikkate alınarak; uzun yıllar ortalamaları mevcut senaryo olarak WEAP programında model oluşturulmuştur. Yine elde edilen verilere kullanılarak akım, nüfus, buharlaşma vs. değerlerinden en yüksek ve en düşük rakamları, oluşturulan mevcut senaryoya ilave edilerek 2011-2050 yılları arası iyimser ve kötümser senaryolar oluşturularak havza su bütçesi çıkarılmıştır. Su bütçesi çıkarılırken: içme suyu, tarımsal sulama ile endüstri ve sanayi sulamaları için hiçbir senaryoda taleplerde kesintiye gidilmemiş, talep edilen su miktarının verilmesi durumundaki su bütçesi çıkarılmıştır. Elde edilen verilere göre aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Mevcut Durumda, Akdeğirmen barajından $40,26 \times 10^6 \text{ m}^3$, Akşehir gölünden $93,81 \times 10^6 \text{ m}^3$, Eber gölünden $118,57 \times 10^6 \text{ m}^3$, Selevir barajından $50,31 \times 10^6 \text{ m}^3$, Seyitler barajından $32,36 \times 10^6 \text{ m}^3$ olmak üzere yüzeysel sularda toplam $335,31 \times 10^6 \text{ m}^3$. Yer altı akiferlerinde ise, Eber ve Akşehir akiferinden $68,4 \times 10^6 \text{ m}^3$, Selevir akiferinden $72 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve Seyitler akiferinden $60 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve Afyon merkez akiferi $60 \times 10^6 \text{ m}^3$ olmak üzere yer altı akiferlerinden toplam $260,4 \times 10^6 \text{ m}^3$ lük su girişi olmaktadır. Yüzeysel ve yer altı akiferleri toplamı ise $595,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ olmaktadır. Kötümser senaryoda toplam su girişi 2050 yılında $339,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'e inmekte olup iyimser senaryoda 2050 yılında bu miktar $695 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'e çıkabilmektedir.
2. Havza içerisindeki baraj ve göllerdeki toplam su rezervuarı mevcut senaryoda $335 \times 10^6 \text{ m}^3$ olmakta, iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında $360 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'e çıkmakta ancak kötümser senaryoda ise bu miktar 2050 yılında $33 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'e kadar düşmektedir. Aradaki farklar, gerek kurak ve taşkın yıllarındaki gelen su yağış miktarlarına gerekse endüstri, tarım ve içme suyuna verilen sulara ilişkin kullanımdan kaynaklanmaktadır. Hidrolojik olarak yağışın beşeri faktörlerle etkilenmesi mümkün olmamakla birlikte su halk tarafından kullanılan sularda tasarrufa gidilebilmektedir. Böylelikle iyimser ve kötümser senaryo arasındaki fark azaltılabilecektir.

3. Kayıplar, buharlaşmalar ve sızmalar da dikkate alındığında içme suyu, endüstri ve tarım için gereken su miktarı mevcut senaryoda $83 \times 10^6 \text{ m}^3$ iken bu miktar 2050 yılında iyimser senaryoda $60 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'e kötümser senaryoda ise $116 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'e çıkmaktadır.
4. Su bütçesi hesaplamalarının tüm detayları ifade etmek güç olmakla birlikte genel olarak 2 ana başlıkta toparlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre havzanın iyimser senaryoda dahi gelecekte (2011-2050) su sıkıntısı çektiği görülmektedir.
5. Önlem alınmadığı takdirde israf derecesindeki su tüketimi, küresel ısınmayla birlikte giderek artan buharlaşma, sızma ve son teknoloji ile donatılmadığı takdirde sistemsel kayıplar, giderek artan nüfus miktarı gibi su bütçesini ciddi derecede etkileyen unsurlar bir arada düşünüldüğünde karşılanamayan su miktarının ne kadar yüksek derecelere çıkabileceği (2050 yılında $116 \times 10^6 \text{ m}^3$) ve bu unsurların iyileştirilmesi neticesinde karşılanamayan su miktarının ne kadar azalabileceği (2050 yılında $160 \times 10^6 \text{ m}^3$) görülmüştür. Ancak havzanın su potansiyeli ihtiyacı karşılayamamaktadır.

Elde edilen sonuçlar ışığında bir takım önlemlerin alınması zaruriyet arz etmektedir. Bu bağlamda alınması gereken önlemlerden bazıları şunlardır:

6. Endüstri-Sanayi ve kentsel kullanımdan dönen suların arıtılarak yeniden kullanıma kazandırılması su sarfiyatını azaltacaktır.
7. Baraj ve göllerde bulunan su kanallarının kayıpları en aza indirilmelidir. Bunun için su kanalları Avrupa standartlarına uygun olacak şekilde değiştirilmelidir.
8. Özellikle küresel ısınma, buharlaşma ve bilinçsiz tüketim sonucunda su rezervuarları ciddi manada azalmaktadır. Bundan dolayı etkili bir su kullanım bilinci oluşturulmalı ve devlet eliyle su kaynaklarının verimi artırılmalı, kayıpların önüne geçilmelidir.

9. Sulama şebekelerinde açık kanallı sistemden kaynaklı kayıpları en aza indirebilmek için borulu sisteme geçilmelidir.

KAYNAKLAR

- Akaya, C., Efeoğlu, A. ve Yeşil, N. 2006. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye’de Uygulanabilirliği. TMMOB Su Politikaları Kongresi, Ankara.
- Akın.,M.G. Suyun Önemi, Türkiyedeki Su Potansiyeli, Su Havzaları ve su Kirliliği, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi 2007.
- Aküzüm, T., Çakmak. B., Gökalp. Z., Türkiye’de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 3 (1): 67-74, 2010
- Beyhan PALA ve Ayşe LATİFOĞLU: İçme Suyu Şebekelerinde Oluşan Su Kayıpları: Kayseri İli Örneği, 2002.
- Burak S., Duranyıldız İ., Yetiş Ü. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü “Su Kaynakları Yönetimi” Ağustos 1997 “Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynaklarının Yönetimi”
- Grigg, N.S., “Integrated Water Resources Management: Who should Lead, Who should Pay, Journal of the American Water Resources Association, Vol. 35, no. 3, 1999, pp. 527-534.
- Harmancıoğlu, N.B., Gül, A., Fıstıkoğlu, O.. Entegre Su Kaynakları Yönetimi., Türkiye Mühendislik Haberleri – 2002
- Kanber. R. 2006. Türkiye’de Su Kaynakları Potansiyeli: Kullanımı, Sorunları ve Çözüm Önerileri. TMMOB Su Politikaları Kongresi, Ankara.
- Karadağ, A. A. 2004. Türkiye’de Su Havza Yönetimi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Doktora Semineri, Ankara.
- Meriç, B.T., 2003, Akarçay (Afyon) Havzası su kaynakları yönetim modeli Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Beytepe, Ankara, 127 s
- Meriç,B.T.. 2004, Su Kaynakları Yönetimi ve Türkiye, Hacettepe Üniversitesi, Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi (UKAM) Ankara.
- Sieber. J., and Purkey. D., SEI: Stockholm Environment Institute 2007

