

T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

AKSARAY BÖLGESİ SU KAYNAKLARININ WEAP PROGRAMI İLE GELECEĞE DÖNÜK PLANLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erdoğan BÜYÜKASLAN

DANIŞMAN
Doç. Dr. Ömer KÖSE

AKSARAY, 2019



T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

AKSARAY BÖLGESİ SU KAYNAKLARININ WEAP PROGRAMI İLE GELECEĞE DÖNÜK PLANLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erdoğan BÜYÜKASLAN

DANIŞMAN
Doç. Dr. Ömer KÖSE

AKSARAY, 2019

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün **172303401** numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, **Erdoğan BÜYÜKASLAN** tarafından hazırlanan "**AKSARAY BÖLGESİ SU KAYNAKLARININ WEAP PROGRAMI İLE GELECEĞE DÖNÜK PLANLANMASI**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Ömer KÖSE
Aksaray Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. .....

Üye: Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS
Aksaray Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. .....

Üye: Dr. Ögr. Üyesi Ali İhsan MARTI
Konya Teknik Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. .....

Tez Savunma Tarihi: 20/05/2019

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

.....
Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Erdoğan BÜYÜKASLAN

TEŞEKKÜR

Saygı değer danışman hocam Ömer KÖSE'ye engin bilgi birikimini benimle paylaştığı, sıkıntı yaşadığım her anda hiç tereddüt etmeden yoluma devam etmemi sağladığı ve bu uzun süreçte yolumu aydınlattığı için çok teşekkür ederim. Ayrıca bu süreç boyunca sabrı, güveni, bana olan inancı ve bir ailede gösterilebilecek tüm özelliklerle manevi anlamda da yanımda olduğu için sevgili hocama minnet duygularımı sunuyorum.

Tez sürecimin her anında yanımda olan babam Mehmet BÜYÜKASLAN ve annem Yıldız BÜYÜKASLAN'a çok teşekkür ederim. Canım ailem sadece tez sürecimde değil aynı zamanda bu ana kadar yaşamış olduğum her süre zarfı boyunca sabırla, sevgiyle, inançla, hoş görüyle daima yanımda olup beni desteklediler. Başarının tek bir birey olarak değil aileyle elde edinilen bir kavram olduğunu, ailenin hayattaki tüm zorlu karanlık zamanları güneşiyle aydınlığa kavuşturacak tek ve yegâne ışık olduğunu geçmişte olduğu gibi bu süre boyunca daha da iyi anladım. Canım aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunmayı bir borç bilirim ve üzerimdeki emeklerinden dolayı hayatım her saniyesi aileme minnettar kalacağım.

Bilimsel çalışmalara ve bu çalışmaları yürüten öğrencilere düşünmeksizin ellerinden gelen desteği sağlayarak kâr amacı gütmeyen Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Stockholm Çevre Enstitüsü çalışanlarına teşekkür ederim. Ayrıca tezimde kullandığım programın lisanlı versiyonunu benimle paylaştıkları için SEI yetkilileri Anne HEREFORD, David PURKEY ve Jack SİEBER'e teşekkür ederim.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünde tezimde kullandığım verilere erişmeye olanak tanıdıkları için Adnan BAŞARAN, Özlem YILDIZ ve Halil İBRAHİM KUL'a teşekkür ederim.

Uluırmak Sağ Sahil Sulama Birliği Müdürü Sami ÖRÜN'e tarafıma aktarmış olduğu tez veri bilgilerinden dolayı teşekkür ederim.

Erdoğan BÜYÜKASLAN

AKSARAY, 2019

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ÖZET iv
ABSTRACT v
ŞEKİLLER DİZİNİ vi
ÇİZELGELER DİZİNİ x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xii
1. GİRİŞ 1
1.1 Türkiye'nin Su Kaynakları Potansiyeli 2
1.2 Baraj ve Baraj Hazneleri 3
1.2.1 Barajın kısımları 4
1.2.2 Baraj yapım amaçları 4
1.2.3 Baraj hazneleri 5
1.2.4 Hazne işletme çalışması 6
1.3 Yağış 7
1.3.1 Yağışın ölçülmesi 8
1.3.1.1 Yağmurun ölçülmesi 8
1.3.1.2 Karın ölçülmesi 8
1.3.2 Karın yağışa çevrilmesi 9
1.4 Buharlaşma 10
1.4.1 Su yüzeyinden buharlaşma 11
1.4.2 Zemin ve kar yüzeyinden buharlaşma 11
1.4.3 Terleme ve tutma 11
1.4.4 Evapotranspirasyon kayıpları 12
1.4.4.1 Potansiyel evapotraspirasyon hesabı 12
1.4.4.2 Gerçek evapotranspirasyon hesabı 13
1.5 Sızma 14
1.6 Yeraltı Suyu 14
1.7 Taşkın ve Kuraklık 15
1.8 Bitki Su Tüketimi 17
1.8.1 Başlangıç dönemi için K_c katsayılarının uyarlanması 19
1.8.2 Orta dönem ve son dönem K_c katsayılarının uyarlanması 20
1.9 Kaynak Araştırma 20
2. MATERYAL VE YÖNTEM 25
2.1 WEAP (Water Evaluation and Planning System) Programı 25
2.1.1 WEAP ana menü yapısı 27
2.1.1.1 Alan menü 27
2.1.1.2 Düzenleme menü 28
2.1.1.3 Görünüm menü 28
2.1.1.4 Genel menü 28
2.1.1.5 Şematik menü 29
2.1.1.6 Ağaç menü 29
2.1.1.7 Sık kullanılanlar menü 29
2.1.1.8 Araştırma menü 29
2.1.1.9 Yardım menü 30
2.1.2 Arayüz görünüm çubukları 30
2.1.2.1 Şematik görünüm çubuğu 31
2.1.2.2 Veri görünüm çubuğu 34

2.1.2.3 Sonuçlar görünüm çubuğu 36
2.1.2.4 Senaryo araştırmacı görünüm çubuğu 37
2.1.2.5 Notlar görünüm çubuğu 38
2.1.3 Senaryolar 39
2.1.4 WEAP programında analiz kurmak 40
2.2 Çalışma Alanı 42
2.2.1 Melendiz çayı 42
2.2.2 Karasu çayı 46
2.2.3 Mamasın barajı 47
2.2.4 Yeraltı su kaynakları 51
2.2.5 Arıtma tesisleri 52
2.2.5.1 Katı atık bertaraf tesisi 52
2.2.5.2 Kılıçaslan içme suyu arıtma tesisi 53
2.2.5.3 Bağlıköy arsenik arıtma tesisi 53
2.2.5.4 Koçpınar arsenik arıtma tesisi 53
2.2.6 Aksaray organize sanayi 53
2.3 Nüfus 54
2.4. Tarım Alanları ve Bitki Su Tüketim Değerleri 56
2.5. Meteorolojik Veriler 58
3. UYGULAMA VE BULGULAR 62
3.1 WEAP Programı ile Havza Modelinin Kurulması 62
3.2 Senaryoların Yaratılması 64
3.2.1 Güncel hesaplama senaryosu 64
3.2.2 Referans senaryo 73
3.2.3 En olumsuz senaryo 83
3.2.4 En olumlu senaryo 92
3.2.5 Kayıp yok senaryosu 102
3.2.6 Yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek maksimum su kapasitelerinin artırımı senaryosu 104
4. SONUÇ VE ÖNERİLER 106
KAYNAKLAR 135
EKLER 138
EK A Konya Kapalı Havzasının Meteorolojik, Hidrolojik ve Bitkisel Tabloları 139
ÖZGEÇMİŞ 163

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKSARAY BÖLGESİ SU KAYNAKLARININ WEAP PROGRAMI İLE GELECEĞE DÖNÜK PLANLANMASI

Erdoğan BÜYÜKASLAN

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ömer KÖSE

ÖZET

Suyun varlığı ve miktarı yaşamın her yönünü doğrudan etkilemekte ve günümüzde yeni su kaynakları bulmanın yanında eldeki su varlığını en etkin şekilde korumayı ve kullanmayı önemli hale getirmektedir. Artan nüfus ve tarım alanları, iklim değişiklikleri, kuraklık, aşırı kirlilik, kaynaklardaki çevresel bozulmalar, sosyoekonomik etkiler, sektörel ve sanayi bazında yoğunlaşan talep suya duyulan ihtiyacı her geçen gün arttırmaktadır. Tatlı su miktarının ne kadar az ve gerek duyulduğu anda erişiminin ne kadar zor olacağı ve ülkemizin su fakirliğine daha yatkın oluşu nedeniyle il bazında bir su yönetim çalışması yürütülmüştür. Bu çalışmada WEAP (Water Evaluation And Planning System) programı kullanılarak Aksaray ilinin su kaynaklarını teşkil eden Mamasın Barajı, Melendiz ve Karasu Çayı'nın hidrolojik modeli ve verileri WEAP programına entegre edilip gelecek yıllarda olması muhtemel değişiklikler hesaba katılarak farklı senaryolar yardımıyla havzanın su bilançosu 2075 yılına kadar analizle tahmin edilmiştir. Başlıca en olumlu gelişmeler ve en olumsuz gelişmeler olarak iki ana senaryo ve bunlara ilaveten birkaç senaryo daha oluşturulmuştur. En olumlu senaryo en yüksek yağış, en yüksek debi, en az buharlaşma değerleri, tarım alanlarındaki azalma, halkın bilinçlendirilerek kişi başı su tüketiminin azalması gibi ve buna benzer etmenlerden oluşmaktadır. En olumsuz senaryo ise bu durumların tam aksi varsayılarak oluşturulmuştur. Bu çalışmanın amacı sahip olunan su hacminden en etkin şekilde nasıl yararlanılabileceği ve gelecek yıllar için bu miktarın nasıl değişiklik gösterebileceği konusunda geniş bir bakış açısı kazanmaktır.

Anahtar Kelimeler: Su kaynakları, Senaryo, Tarım, WEAP, Havza su bilançosu, Aksaray.

Mayıs, 2019; 163 sayfa

M.Sc. THESIS

FUTURE PLANNING OF WATER RESOURCES OF AKSARAY REGION WITH THE WEAP PROGRAM

Erdoğan BÜYÜKASLAN

Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ömer KÖSE

ABSTRACT

The presence of water directly affects every aspect of our lives. Thus, it signifies the importance of finding new water sources as well as preserving and sustaining existent ones. Increasing population and agricultural areas, climate changes, drought, excessive pollution, environmental degradation in sources, socio-economic impacts, demand on sectoral and industry basis increase the need for water day by day. Limited fresh water sources, its lack of obtainability, and our country's tendency to water poverty led to a study that is based on provincial basis. In this study, Water Evaluation And Planning System (WEAP) program is used to analyze hydrological models of Aksaray province's water sources such as Mamasın dam, Melendiz and Karasu creeks. Data of this analysis then integrated into the program to forecast possible changes on water levels in the upcoming years with the help of different scenarios by 2075. The most favorable developments and the most unfavorable development are two essential scenarios. Additionally, there are several more scenarios used in this study. The most favorable scenario includes the highest rainfall, the highest flow rate, the least evaporation values, the decrease in agricultural areas, reduced water consumption per capita with the raise of public awareness, etc. On the other hand, the most unfavorable scenario is assumed to be the exact opposite of the most favorable one. The aim of this study is to gain a broad perspective on how to make the most effective use of water volume and how this amount may change for the coming years.

Keywords: Water resources, Scenario, Agriculture, WEAP, Basin water balance, Aksaray.

May, 2019; 163 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Su döngüsü. 2
Şekil 1.2. Biriktirme verimlilik eğrisi. 5
Şekil 1.3. Bir haznenin kısımları. 6
Şekil 1.4. Gerçek evapotranspirasyon hesabı için akım şeması. 13
Şekil 1.5. Bitki katsayısının bitki gelişme dönemlerine göre değişimi 18
Şekil 1.6. ETo, sulama aralığı, ortalama sulama derinliği ve toprak bünyesine göre ortalama Kc başlangıç değerleri 19
Şekil 2.1. WEAP programı arayüz görünümü. 27
Şekil 2.2. Şematik görünüm. 31
Şekil 2.3. Veri giriş görünümü. 35
Şekil 2.4. Mamasın barajı veri giriş ekranı. 36
Şekil 2.5. Sonuçlar görünümü. 37
Şekil 2.6. Senaryo araştırmacı görünümü. 38
Şekil 2.7. Notlar görünümü. 39
Şekil 2.8. WEAP programında yeni bir alan kurma. 41
Şekil 2.9. Havza sınırlarının seçilmesi. 42
Şekil 2.10. Melendiz çayı. 43
Şekil 2.11. Melendiz ve karasu çayının bulunduğu havzasının topografya haritası. 43
Şekil 2.12. Melendiz çayı yıllık toplam akım miktarları (2007-2016, hm^3). 45
Şekil 2.13. Karasu çayı. 46
Şekil 2.14. Karasu çayı yıllık toplam akım miktarları (2007-2016, hm^3). 47
Şekil 2.15. Mamasın barajı hazne yüzeyi. 48
Şekil 2.16. Mamasın barajı hazne yüzeyinde meydana gelen yıllık toplam buharlaşma miktarları (2007-2012, mm). 50
Şekil 2.17. Aksaray ilindeki katı atık kompozisyonu. 52
Şekil 2.18. Aksaray ili yıllık toplam yağış miktarları (2007-2017, mm). 60
Şekil 2.19. Aksaray ili yıllık toplam buharlaşma miktarları (2007-2017, mm). 60
Şekil 2.20. Aksaray ili yıllık ortalama kar yükleri (2007-2017, mm). 61
Şekil 3.1. WEAP programı üzerinde konya kapalı havzasının şematik yerleşimi. 62
Şekil 3.2. Modelin zaman aralık ayarlaması. 63
Şekil 3.3. Melendiz çayına ait 2007 yılındaki debi değeri (güncel hesaplama senaryosu, m^3/s). 64
Şekil 3.4. Mamasın barajı depolama kapasitesi (güncel hesaplama senaryosu, hm^3). 65
Şekil 3.5. Aksaray ili 2007 yılına ait aylık yağış değerleri (güncel hesaplama senaryosu, mm). 66
Şekil 3.6. Bağlıköy yeraltı su kaynağı başlangıç depolama hacmi (m^3). 67
Şekil 3.7. Bir kişinin yıllık su tüketim miktarı (güncel hesaplama senaryosu, m^3). 68
Şekil 3.8. Su tüketiminin aylık değişimi (%). 69
Şekil 3.9. Merkez tarım 2007 yılında ayçiçeği ekim miktarı (güncel hesaplama senaryosu, ha). 70
Şekil 3.10. Ayçiçeğinin bitki katsayısına göre aylık su tüketim oranları (%). 70

Şekil 3.11. Merkez tarım alanı iletim kanalındaki kayıp oranı (güncel hesaplama senaryosu, %). 71
Şekil 3.12. Aksaray organize sanayinin yıllık su ihtiyacı (m^3). 72
Şekil 3.13. Katı atık arıtma tesisi kapasitesi (m^3). 73
Şekil 3.14. Karasu çayına ait 2007-2075 yılları arasındaki debi değerleri (referans senaryo, m^3/s). 74
Şekil 3.15. Mamasın barajının 2007-2075 yılları arasındaki yağış değerleri (referans senaryo, mm). 75
Şekil 3.16. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki yağış değerleri (referans senaryo, mm). 76
Şekil 3.17. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki buharlaşma değerleri (referans senaryo, mm). 77
Şekil 3.18. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki kar yükü değerleri (referans senaryo, mm). 78
Şekil 3.19. Bağlıköy yeraltı su kaynağından 2007-2075 yılları arasında çekilebilecek maksimum su miktarları (referans senaryo, m^3). 79
Şekil 3.20. Aksaray merkez 2007-2075 yılları arasındaki nüfus değerleri (referans senaryo). 80
Şekil 3.21. Merkez tarım alanı 2007-2075 yılları arasındaki hububat ekim miktarları (referans senaryo, ha). 81
Şekil 3.22. Uluırmak sağ sahil tarım alanı 2007-2075 yılları arasındaki şekerpancarı ekim miktarları (referans senaryo, ha). 81
Şekil 3.23. Karasu çayına ait 2007-2075 yılları arasındaki debi değerleri (en olumsuz senaryo, m^3/s). 84
Şekil 3.24. Mamasın barajı 2007-2075 yılları arasındaki yağış miktarları (en olumsuz senaryo, mm). 85
Şekil 3.25. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki yağış değerleri (en olumsuz senaryo, mm). 86
Şekil 3.26. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki buharlaşma değerleri (en olumsuz senaryo, mm). 86
Şekil 3.27. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki kar yükü değerleri (en olumsuz senaryo, mm). 87
Şekil 3.28. Helvadere yeraltı su kaynağı 2007-2075 yılları arasındaki yeniden dolum miktarları (en olumsuz senaryo, m^3). 88
Şekil 3.29. Aksaray merkez 2007-2075 yılları arasındaki nüfus değerleri (en olumsuz senaryo). 89
Şekil 3.30. Bir kişinin yıllık su tüketim miktarı (en olumsuz senaryo, m^3). 90
Şekil 3.31. Merkez tarım alanı 2007-2075 yılları arasındaki meyve ekim miktarları (en olumsuz senaryo, ha). 91
Şekil 3.32. Uluırmak tarım alanı 2007-2075 yılları arasındaki sebze ekim miktarları (en olumsuz senaryo, ha). 91
Şekil 3.33. Uluırmak sağ sahil tarım alanı iletim kanalındaki kayıp oranı (en olumsuz senaryo, %). 92
Şekil 3.34. Melendiz çayına ait 2007-2075 yılları arasındaki debi değerleri (en olumlu senaryo, m^3/s). 93
Şekil 3.35. Mamasın barajının 2007-2075 yılları arasındaki buharlaşma miktarları (en olumlu senaryo, mm). 94
Şekil 3.36. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki yağış değerleri (en olumlu senaryo, mm). 95

Şekil 3.37. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki buharlaşma değerleri (en olumlu senaryo, mm). 96
Şekil 3.38. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki kar yükü değerleri (en olumlu senaryo, mm). 97
Şekil 3.39. Aratol yeraltı su kaynağı 2007-2075 yılları arasındaki yeniden dolum miktarları (en olumlu senaryo, m^3). 98
Şekil 3.40. Ortaköy ilçesinin 2007-2075 yılları arasındaki nüfus değerleri (en olumlu senaryo). 99
Şekil 3.41. Bir kişinin yıllık su tüketim miktarı (en olumlu senaryo, m^3). 99
Şekil 3.42. Merkez tarım alanı 2007-2075 yılları arasındaki mısır ekim miktarları (en olumlu senaryo, ha) 100
Şekil 3.43. Uluırmak tarım alanı 2007-2075 yılları arasındaki yem bitkisi ekim miktarları (en olumlu senaryo, ha). 101
Şekil 3.44. Şehir şebeke hattındaki kayıp oranı (en olumlu senaryo, %). 102
Şekil 3.45. Şehir isale hattındaki kayıp oranı (kayıp yok senaryosu, %). 103
Şekil 3.46. Yeraltı su kaynaklarından 2007-2075 yılları arasında çekilebilecek su kapasitelerinin artırım değerleri (yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryosu, m^3). 105
Şekil 4.1. Havzadaki tüm senaryolar için 2007-2075 yılları arasındaki karşılanmamış toplam talep miktarları (hm^3). 107
Şekil 4.2. Şehir ilçelerinin tüm senaryolar için 2075 yılındaki karşılanmamış talep miktarları (hm^3) 108
Şekil 4.3. Tarım alanlarının tümünün her bir senaryo için 2007-2075 yılları arasındaki karşılanmamış talep miktarları (hm^3). 109
Şekil 4.4. Merkez tarım alanında tüm senaryolar için 2075 yılındaki karşılanmamış talep miktarları (hm^3). 110
Şekil 4.5. Merkez tarım alanı için 2075 yılındaki karşılanmamış talep miktarının şekil görünümü (hm^3). 110
Şekil 4.6. Uluırmak sağ sahil tarım alanı için 2075 yılındaki karşılanmamış talep miktarları (hm^3) 111
Şekil 4.7. Uluırmak sağ sahil tarım alanı için 2075 yılındaki karşılanmamış talep miktarlarının şekil görünümü (hm^3). 112
Şekil 4.8. Havzadaki tüm senaryolar için 2007-2075 yılları arasındaki toplam su talebi miktarları (hm^3). 113
Şekil 4.9. Şehir ilçelerinde tüm senaryolar için 2075 yılındaki toplam talep miktarları (hm^3). 114
Şekil 4.10. Şehir için 2075 yılında içme ve kullanma suyu talep miktarlarının şekil görünümü (hm^3). 114
Şekil 4.11. Tarım alanlarının tümünün her bir senaryo için 2007-2075 yılları arasındaki toplam su talebi miktarları (hm^3). 115
Şekil 4.12. Merkez tarım alanında tüm senaryolar için 2075 yılındaki toplam su talebi miktarları (hm^3). 116
Şekil 4.13. Merkez tarım alanı için 2075 yılındaki toplam su talebi miktarlarının şekil görünümü (hm^3). 117
Şekil 4.14. Uluırmak sağ sahil tarım alanı için 2075 yılındaki toplam su talebi miktarları (hm^3) 117
Şekil 4.15. Uluırmak sağ sahil tarım alanı için 2075 yılındaki toplam su talebi miktarlarının şekil görünümü (hm^3). 118
Şekil 4.16. Havzadaki bütün senaryolar için 2007-2075 yılları arasında tüm talep noktalarına kaynaktan tedarik edilen su miktarları (hm^3). 119

Şekil 4.17. Havzadaki tüm senaryolar için 2075 yılında her bir su kaynağından talep noktalarına tedarik edilen su miktarları (hm^3)..... 120
Şekil 4.18. Tüm senaryolar için 2075 yılında her bir su kaynağından talep noktalarına tedarik edilen su miktarlarının şekil görünümü (hm^3)..... 121
Şekil 4.19. Şehir ilçelerinin içme ve kullanma suyu gereksinimlerine tüm senaryolar için 2075 yılında kaynaklardan tedarik edilen su miktarları (hm^3)..... 121
Şekil 4.20. Şehir ilçelerinin içme ve kullanma suyu gereksinimlerine tüm senaryolar için 2075 yılında kaynaklardan tedarik edilen su miktarlarının şekil görünümü (hm^3)..... 122
Şekil 4.21. Tarım alanlarının tümüne her bir senaryo için 2007-2075 yılları arasında kaynaktan tedarik edilen su miktarları (hm^3)..... 123
Şekil 4.22. Merkez tarım alanına tüm senaryolar için 2075 yılında kaynaklardan tedarik edilen su miktarları (hm^3). 124
Şekil 4.23. Merkez tarım alanına tüm senaryolar için 2075 yılında kaynaklardan tedarik edilen su miktarlarının şekil görünümü (hm^3)..... 124
Şekil 4.24. Uluırmak tarım alanına tüm senaryolar için 2075 yılında kaynaklardan tedarik edilen su miktarları (hm^3). 125
Şekil 4.25. Uluırmak tarım alanına tüm senaryolar için 2075 yılında kaynaklardan tedarik edilen su miktarlarının şekil görünümü (hm^3)..... 126
Şekil 4.26. Havza genelinde oluşturulan her bir senaryoda için 2007-2024 yılları arasında sırasıyla toplam karşılanmamış talep, toplam su talebi ve toplam tedarik miktarlarının şekil görünümü (hm^3)..... 127
Şekil 4.27. Havza genelinde oluşturulan her bir senaryo için 2025-2042 yılları arasında sırasıyla toplam karşılanmamış talep, toplam su talebi ve toplam tedarik miktarlarının şekil görünümü (hm^3)..... 127
Şekil 4.28. Havza genelinde oluşturulan her bir senaryo için 2043-2058 yılları arasında sırasıyla toplam karşılanmamış talep, toplam su talebi ve toplam tedarik edilen miktarların şekil görünümü (hm^3)..... 128
Şekil 4.29. Havza genelinde oluşturulan her bir senaryo için 2059-2075 yılları arasında sırasıyla toplam karşılanmamış talep, toplam su talebi ve toplam tedarik edilen miktarların şekil görünümü (hm^3)..... 128
Şekil 4.30. Yeraltı su kaynaklarına 2007-2075 yılları arasında katılan kar hacimleri (en olumlu, referans ve en olumsuz senaryo, hm^3)..... 129
Şekil 4.31. Tüm senaryolar için 2007-2023 yılları arasındaki havza giriş akımları (hm^3)..... 130
Şekil 4.32. Tüm senaryolar için 2024-2040 yılları arasındaki toplam havza giriş akımları (hm^3)..... 131
Şekil 4.33. Tüm senaryolar için 2041-2057 yılları arasındaki toplam havza giriş akımları (hm^3)..... 131
Şekil 4.34. Tüm senaryolar için 2058-2074 yılları arasındaki toplam havza giriş akımları (hm^3)..... 132
Şekil 4.35. Tüm senaryolar için 2060-2075 yılları arasındaki toplam havza giriş akımları (hm^3)..... 132

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Kişi başına düşen su miktarlarına göre sınıflandırma. 3
Çizelge 1.2. Türkiyedeki barajların yıllara göre sayısı. 4
Çizelge 2.1. Melendiz çayının aylık akım miktarları (2007-2016, hm^3). 44
Çizelge 2.2. Karasu çayının aylık akım miktarları (2007-2016, hm^3). 47
Çizelge 2.3. Mamasın barajının karakteristik özellikleri. 49
Çizelge 2.4. Mamasın barajı kot-hacim eğrisi (2008, m-hm^3). 50
Çizelge 2.5. Aksaray ilinin yeraltı suyu potansiyeli. 51
Çizelge 2.6. Yeraltı su kaynaklarından günlük çekilebilecek su miktarları. 51
Çizelge 2.7. Aksaray ili nüfus değerleri. 55
Çizelge 2.8. Aksaray ili nüfus değerlerindeki artış ve azalış miktarları. 55
Çizelge 2.9. Aksaray ili tarımsal ürünlerin bitki su tüketim değerleri (m^3). 56
Çizelge 2.10. Hububat bitki katsayısı. 57
Çizelge 2.11. Mamasın barajı sulaması merkez tarım alanları (2007-2016, ha). 57
Çizelge 2.12. Melendiz çayı sulaması uluırmak sağ sahil tarım alanları (2007-2017, ha). 58
Çizelge 2.13. Aksaray ili ortalama sıcaklıklar (1956-2017 ortalaması). 59
Çizelge 3.1. Aksaray ilçelerinin yüz ölçüm değerleri. 67
Çizelge 3.2. Su kaynaklarının kotu. 82
Çizelge 3.3. Talep noktalarının kotu. 82
Çizelge 3.4. Talep noktalarının WEAP programındaki öncelikleri. 83
Çizelge A.1. Aksaray ili 17192 numaralı meteoroloji istasyonu bilgileri. 139
Çizelge A.2. Aksaray ili 2007 yılı kar yükseklikleri (cm). 140
Çizelge A.3. Aksaray ili 2008 yılı kar yükseklikleri (cm). 141
Çizelge A.4. Aksaray ili 2009 yılı kar yükseklikleri (cm). 142
Çizelge A.5. Aksaray ili 2010 yılı kar yükseklikleri (cm). 143
Çizelge A.6. Aksaray ili 2011 yılı kar yükseklikleri (cm). 144
Çizelge A.7. Aksaray ili 2012 yılı kar yükseklikleri (cm). 145
Çizelge A.8. Aksaray ili 2013 yılı kar yükseklikleri (cm). 146
Çizelge A.9. Aksaray ili 2014 yılı kar yükseklikleri (cm). 147
Çizelge A.10. Aksaray ili 2015 yılı kar yükseklikleri (cm). 148
Çizelge A.11. Aksaray ili 2016 yılı kar yükseklikleri (cm). 149
Çizelge A.12. Aksaray ili 2017 yılı kar yükseklikleri (cm). 150
Çizelge A.13. Aksaray ili 17192 numaralı meteoroloji istasyonu aylık toplam yağış miktarları (mm). 151
Çizelge A.14. Aksaray ili 17192 numaralı meteoroloji istasyonu aylık toplam buharlaşma miktarları (mm). 152
Çizelge A.15. D16A098 istasyonu melendiz çayı aylık toplam akımlar (hm^3). 153
Çizelge A.16. D16A080 istasyonu karasu çayı aylık toplam akımlar (hm^3). 154
Çizelge A.17. 16-010 istasyonu mamasın barajı aylık toplam yağış miktarları (mm). 155
Çizelge A.18. 16-010 istasyonu mamasın barajı aylık toplam buharlaşma miktarları (mm). 156
Çizelge A.19. Mamasın barajı 0.7 sabit azaltma katsayı ile düzeltilmiş aylık toplam buharlaşma miktarları (mm). 158

Çizelge A.20. Hububat aylık bitki katsayısı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler. 159
Çizelge A.21. Bostan aylık bitki katsayısı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler. 159
Çizelge A.22. Şekerpancarı aylık bitki katsayısı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler. 160
Çizelge A.23. Ayçiçeği aylık bitki katsayısı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler. 160
Çizelge A.24. Mısır aylık bitki katsayısı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler. 160
Çizelge A.25. Meyve aylık bitki katsayısı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler. 161
Çizelge A.26. Sebze aylık bitki katsayı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler. 161
Çizelge A.27. Soğan aylık bitki katsayısı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler. 161
Çizelge A.28. Yem bitkisi aylık bitki katsayısı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler. 162

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AGİ	Akım Gözlem İstasyonu
C_d	Referans bitki tipi pay katsayısı
C_n	Referans bitki tipi pay katsayısı
DMİ	Devlet Meteoroloji İstasyonu
DSİ	Devlet Su İşleri
e_a	Gerçek buhar basıncı
e_s	Doygun buhar basıncı
EİE	Elektrik İşleri Etüd İdaresi
ET	Evapotranspirasyon
ET_o	Referans bitki su tüketimi
FAO	Gıda Tarım Örgütü
G	Toprak ısı akısı
h	Ortalama bitki boyu
ha	hektar
I	Sulama ve yağış ile ortalama sızan su miktarı
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
K_c	Bitki katsayısı
L	Sıcaklığa bağlı katsayı
MAPI	Messaging Application Programming Interface
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MSKA	Maksimum Su Kapasitelerinin Artırımı
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
OSBM	Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü
P	Yıllık yağış yüksekliği
P_i	Aylık yağış yüksekliği
Q_{min}	Minimum debi
Q_o	Akım değerlerinin ortalaması
$RH_{endüşük}$	Ortalama en düşük oransal nem
R_i	Suyun akış hali
R_n	Bitki yüzeyi için hesaplanan net radyasyon
SEI	Stockholm Environment İnstitute
T	Yıllık ortalama sıcaklık
TAGEM	Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü
T_h	Günlük ortalama hava sıcaklığı
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
U	Yıllık evapotranspirasyon
U_{gi}	Aylık gerçek evapotranspirasyon
U_{pi}	Aylık potansiyel evapotranspirasyon
u_2	Günlük ortalama rüzgâr hızı
YAS	Yeraltı su yüzeyi
WEAP	Water Evaluation and Planning System
Z	Zemin nemi
Z_{i-1}	Bir önceki ayın zemin nemi
λ	Sıcaklığa bağlı katsayı
Δ	Doygun buhar basıncı-sıcaklık eğrisinin eğimi
ΔZ_i	Net zemin nemi

1. GİRİŞ

Suyun varlığı ve miktarı yaşamın her yönünü doğrudan etkilemektedir. En küçük canlı organizmasından en büyük canlılara değin hayatın her evresinde su canlı yaşamını devam ettirmek için zorunlu ve vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Suyun mevcudiyeti devam ettiği sürece insanlar besin maddeleri yetiştirerek endüstriyel, sosyal ve doğal yaşamını devam ettirecektir aksi takdirde yaşamın her alanı sekteye uğrayacaktır.

Artan nüfus ve tarım alanları, iklim değişiklikleri, kuraklık, küresel ısınma, aşırı kirlilik, kaynaklardaki çevresel bozulmalar, sosyoekonomik etkiler, sektörel ve sanayi bazında yoğunlaşan talep suya duyulan ihtiyacı her geçen gün arttırmaktadır. Su kaynaklarının bilinçsiz kullanımı ve tahribi hem doğa hem de insan yaşamını riske atacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Yaşamın olmazsa olmazı olan suyun kalitesi ve sertliği de kullanım açısından önem kazanmaktadır.

Suyun azlığı kadar çokluğu da insan yaşamını tehdit etmektedir. İklim düzensizlikleri nedeniyle kimi zaman gerek duyulandan fazla yağan su derelerin, göletlerin, nehirlerin taşmasına yol açmakta ve yeterli depolama kapasitesi sağlanamadığından dolayı sel ve taşkın riskini de beraberinde getirmektedir. Sel baskını ve taşkınlar can kayıplarına yol açmalarının yanı sıra çok sayıda konut ve yaşam alanlarını kullanılamaz hale getirebilir. Pis suların çevreye yayılması ile bulaşıcı hastalıklar baş gösterir. Bu yüzden fazla suyu depolamak ve şehir merkezleri veya yaşam alanlarına yöneltmemek için daha etkili bir altyapı çalışması gerekmektedir.

Ülkeler sahip oldukları ekonomik kaynakların önemli miktarını yeni kullanılabilir su kaynaklarının keşfinde ve ellerindeki su mevcudiyetini korumak için baraj, gölet gibi su depolama yapılarının sayısını arttırmakta kullanmaktadır. Su kaynaklarının kısıtlı oluşu su kaynaklarını kullanırken maksimum faydayı gözetmeyi zorunlu hale getirmiştir [1]. Su kaynaklarının planlanması, istenilen amaçlar doğrultusunda ve öngörülen kriterler çerçevesinde su kaynaklarının en verimli kullanımını sağlayacak faaliyetlerin yürütülmesidir [2]. Günümüzde suyun bir damlasına dahi duyulan ihtiyaç yeni su kaynakları yaratmanın yanı sıra eldeki su mevcudiyetini de en iyi şekilde korumayı ve en etkin şekilde kullanmayı önemli bir konuma getirmektedir.

Dünyadaki toplam su miktarı 1.4 km^3'tür. Dünyadaki toplam suyun %97.5'i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, geriye kalan %2.5'i ise tatlı su kaynakları olarak dünyanın farklı coğrafi konumlarındaki nehirler, göller ve derelerde bulunmaktadır. Tatlı su kaynaklarının büyük bir çoğunluğunun kutuplarda ve yeraltında bulunduğu dikkate alınırsa insanların faydalanabileceği tatlı su miktarının ne kadar az ve gerek duyulduğu anda erişiminin ne kadar zor olacağı algılanmalıdır.

1.1 Türkiye'nin Su Kaynakları Potansiyeli

Türkiye'deki yağışlar bölgeden bölgeye büyük farklılıklar göstermekte olup ülkemize en az 220 mm (Tuz Gölü) ve en çok 3000 mm (Rize) yağış düşmektedir. Türkiye'deki yıllık yağış ortalaması 642.6 mm'dir. Bu yağışların su karşılığı 501 km^3/yıl'dır [3]. Meydana gelen su döngüsünün Şekil 1.1'de görselleştirilmiş hali bulunmaktadır.



Şekil 1.1. Su döngüsü.

Bu suyun 274 km^3'ü toprak ve su yüzeyleri ile birlikte meydana gelen buharlaşma vasıtasıyla atmosfere geri dönmekte, 69 km^3'lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 km^3'lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 km^3'lük suyun 28 km^3'ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 km^3 su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt yerüstü su potansiyeli 196 km^3 olmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 41 km^3 de

dikkate alındığında, ülkemizin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 km^3 olarak hesaplanmıştır [4].

Günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli amaçlara yönelik olarak kullanılabilecek yerüstü su potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 km^3, komşu ülkelerden yurdumuza gelen akarsulardan 3 km^3 olmak üzere yılda ortalama 98 km^3'tür. 14 km^3 olarak belirlenen yeraltı su potansiyeli ile birlikte ülkemizin nihai tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda toplam ortalama 112 km^3 olup, 44 km^3'ü kullanılmaktadır [4]. Yılda kişi başına düşen su miktarına göre sınıflandırma Çizelge 1.1'de verilmektedir. Ülkeleri su varlıklarına göre sınıflandırmak gerektiğinde yıllık kişi başına düşen ortalama su miktarına bakmak gerekmektedir [5].

Çizelge 1.1. Kişi başına düşen su miktarlarına göre sınıflandırma.

Sınıf	Kişi başı su tüketim miktarı (m^3)
Su fakirliği	< 1000
Su azlığı	< 2000
Su zenginliği	> 8000-10000

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Dünya Gelişim Raporu'na göre nüfus 2075 yılında 100 milyona ulaşacak ve bu yıldan itibaren %1'lik bir artış meydana gelmeye başlayacaktır [6]. Bu durumda 2030 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1120 m^3/yıl civarında olacağı söylenebilir. Ayrıca bütün bu tahminler kaynakların hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir. Görüldüğü üzere ülkemizde kişi başına düşen su miktarı ne su fakiri ne de su zengini bir ülke olduğumuzu, su azlığı yaşayan bir konumda durumumuzun devam ettiğini ortaya koymaktadır. Ancak gerekli önlemler alınmadığı takdirde su fakirliğiyle ilerleyen yıllarda karşı karşıya kalma ihtimalimiz her geçen gün artmaktadır.

1.2 Baraj ve Baraj Hazneleri

Türkiye'de akarsuların akış rejimleri düzensiz olduğundan suyun fazla olduğu mevsimlerde biriktirilip kurak mevsimlerde kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla Türkiye'de pek çok baraj yapılmıştır. Çizelge 1.2'de yıllar boyunca yapılmış olan baraj sayısı verilmiştir.

Çizelge 1.2. Türkiye'deki barajların yıllara göre sayısı.

Yapılış dönemi	Sayısı	Toplam
1620-1923	7	7
1923-1950	3	10
1950-1970	30	40
1970-1990	103	143
1990-2000	53	196
2000-2005	21	217
2005-2010	52	269
2010-2014	46	315

1.2.1 Barajın kısımları

Baraj en genel biçimde yedi bölümden oluşmaktadır. Baraj gövdesi; bütün vadiyi kapatarak yapay bir göl oluşmasını sağlayan masif veya dolgu malzemesinden inşa edilen sabit yapıdır. Baraj gölü; baraj gövdesinin yukarısında suyun depolandığı vadi kesimidir. Bir baraj gölü; ölü hacim, faydalı hazne hacmi ve taşkın koruma hacmi olarak üç kısımdan oluşur. Su alma yapısı; baraj gölünde toplanan sudan yararlanmak için suyun alınmasına hizmet eden yapıdır. Dip savak; gerektiğinde baraj gölünü tamamen boşaltmak, dolu savak kapasitesini azaltmak, akarsu mansabına bırakılacak suyu salmak amacına yönelik tesislerdir. Dolu savak; taşkın sularının yapıya zarar vermeden mansaba aktarılmasını sağlayan ve barajlarda emniyet görevini üstlenen kısımdır. Baraj sitesi; büro, atölye, laboratuvar, lojman, ambar, garaj, park yerleri gibi barajın özellik ve büyüklüğüne bağlı olarak ihtiyaçlara cevap verecek şekilde boyutlandırılmış yapılardır. Derivasyon tesisleri; baraj inşaatının kuru bir ortamda yapılmasını sağlayan tesislerdir [7].

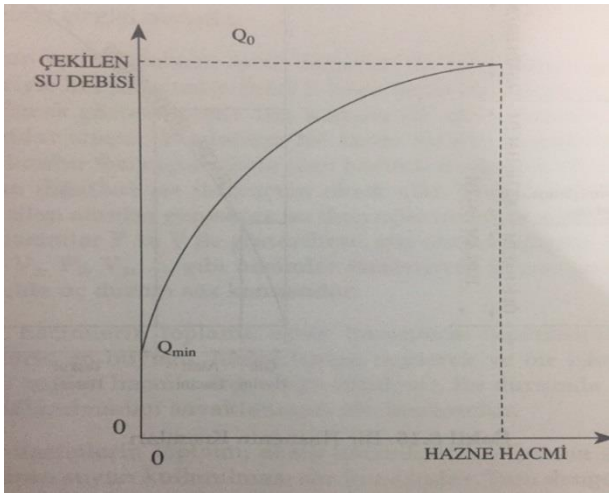
1.2.2 Baraj yapım amaçları

Barajlar içme suyu, sanayi suyu, sulama suyu temini, hidroelektrik enerji üretimi, taşkın kontrolü, akış düzenlemesi, iç su taşımacılığının geliştirilmesi, mesire yeri oluşturulması, katı madde kontrolü, canlı hayatın korunması, sanayi atıklarının tutulması, suyun çevrilmesi gibi çeşitli amaçlara hizmet vermesi için yapılmaktadır.

1.2.3 Baraj hazneleri

Bir baraj yapılarak oluşturulan göle baraj haznesi, baraj gölü, rezervuar veya biriktirme haznesi gibi adlar verilir. Baraj haznelerinin gerek planlanma ve tasarımında gerekse işletmesinde baraj yüksekliği ile baraj hazne hacmi arasındaki bağıntının bilinmesi gerekir [8]. Baraj hazneleri düzenlenme sürelerine göre günlük, haftalık, mevsimlik, yıllık ve birkaç yıllık düzenleme yapan hazneler şeklinde sınıflandırılabilir. Baraj haznesi planlanırken su mühendisliği açısından aktif hacmin belirlenmesi, ölü hacmin tespit edilmesi ve işletme çalışmalarının hazırlanması gerekmektedir [7].

Şekil 1.2'de biriktirme verimlilik eğrisinin şeması gösterilmiştir. Eğrinin başlangıç noktası, baraj (biriktirme) yapmaksızın çekilebilecek en büyük debiyi göstermektedir. Bu debi, akarsuyun minimum debisine (Q_{min}) eşittir. Eğrinin son noktası, kullanılabilecek su potansiyelinin üst sınırını gösterir. Bu noktanın debisi, uzun süreli akım değerlerinin ortalamasıdır (Q_o). Su kaynağından tam faydalanmayı (tam dengelemeyi) ifade eden bu duruma karşı gelen bir hazne hacmini gerçekleştirmek mümkün değildir [7].



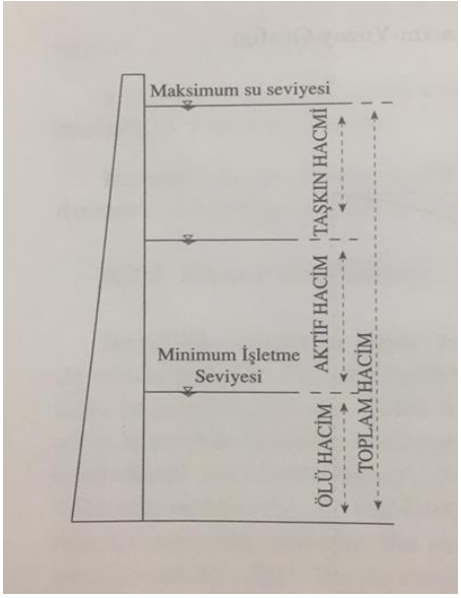
Şekil 1.2. Biriktirme verimlilik eğrisi [7].

Bir haznenin toplam hacmi genel olarak üç kısma ayrılır. Bunlar;

a) Minimum işletme kotunun altında kalan, gelen kum ve killerin birikmesi için ayrılan ve faydalanılmayan ölü hacim,

b) Minimum işletme kotunun üstündeki su kullanma (içme suyu, sulama, enerji gibi) amacıyla ayrılan aktif hacim,
c) Gelecek taşkın sularını tutabilmek için en üstte bırakılan taşkın hacmi.

Şekil 1.3'de hazne kısımları şematik olarak yer almaktadır.



Şekil 1.3. Bir haznenin kısımları [7].

1.2.4 Hazne işletme çalışması

Baraj haznelerinin işletme çalışmaları yapılış amaçlarına göre değişir. Su kullanma amaçlı (enerji, içme suyu, sulama gibi) bir barajda kurak mevsim için haznede su bulunması istenirken, taşkın kontrol barajında gelebilecek taşkın hacimleri için haznede büyük boş hacim bulunması arzu edilir. Taşkın kontrol haznelerinde en sulak yıla göre, su kullanma haznelerinde ise en kurak yıla göre işletme çalışması yapılmalıdır. Sulama amaçlı olarak en kurak yılda gelen akımlar, yağış, buharlaşma, sızma ve ihtiyaç değerleri dikkate alınarak bir su kullanma barajında işletme yaparken haznenin çalışma başlangıcında dolu olduğu, minimum işletme kotunun ölü hacim üst kotu olduğu ve geçmişte ortaya çıkan akım değerlerinin aynısı ile tekrarlanacağı kabulleri yapılır. İşletme çalışmalarında ilk önce kritik dönem belirlenir. Kritik dönem barajın yapılacağı akarsu kesitindeki akımların ortalama akımlarından düşük olduğu en uzun dönemdir [7]. Kritik dönem dışındaki aylar için işletme çalışmasına başlarken yine haznenin dolu olduğu kabulünü yapmak mümkündür [9].

1.3 Yağış

Atmosferden katı ya da sıvı halde yeryüzüne düşen sulara yağış denilir. Sıvı haldeki yağış yağmur şeklinde, katı haldeki yağış ise kar, dolu, çiğ şeklinde olabilir. Yağmur yağışı ve karların erimesi ile oluşan yağmur suyu, sert yüzeyli alanları geçtikten sonra yağmur suyu sistemine dahil olurlar [10]. Yağmur ve kar hidrolojik bakımından en önemli iki yağış şekli olup aralarındaki önemli fark yağmur halinde yeryüzüne düşen sular derhal akış haline geçtikleri halde karın uzun bir süre sonra erimesidir [11].

Havadaki su buharının yağış formunda yer küreye intikal etmesi için gerekli olan şartlar;

Atmosferin o bölgesinde yeterli miktarda su buharı bulunmalıdır. Atmosferdeki su buharının önemli kaynağı denizler üzerinde meydana gelen buharlaşmadır. Karalar üzerine düşen yağışın %90'ı denizlerde meydana gelen buharlaşmayla oluşur [11].

Hava soğumalıdır. Hava soğuyunca su buharı taşıma kapasitesinde azalma gözlenir ve doyma noktasının üstüne çıkılınca su buharı sıvı hale geçebilir.

Yoğunlaşma olmalıdır. Yoğunlaşma, yoğunlaşma çekirdeği denen çok küçük (mikron mertebesinde) tozlar üzerinde olur. Bu tozlar (organik cisimler, volkanik kül, sülfürik ve nitrik asit, kil taneleri, toz ve duman) atmosferde daima mevcut olduğundan hava doymuş hale geçince bu şart her zaman gerçekleşir. Su buharının yoğunlaşmasıyla bulutlar meydana gelir. Bulutlardaki su damlacığının büyüklüğü 1-100 mikron arasında kaldığından bunlar buharlaşmadan yeryüzüne kadar düşemezler, hava hareketleri ile atmosferde asılı kalırlar.

Yeryüzüne düşebilecek irilikte (1 mm kadar) damlalar oluşmalıdır. Bu ya üzerinde su buharının yoğunlaşabileceği buz kristallerinin varlığıyla ya da küçük damlacıkların çarpışarak birleşmesi sonucunda oluşabilir. -10 ^{o}C'dan düşük sıcaklıktaki bulutlarda yeterli sayıda buz kristali varsa, buz üzerindeki buhar basıncı su üzerindeki buhar basıncından düşük olduğundan, su buharının buz kristalleri üzerinde toplanmasıyla iri kristaller meydana gelebilir. Daha sıcak bulutlarda ise iri damlalar bu şekilde oluşamaz, tuz çekirdekleri üzerinde oluştuğu sanılan nispeten iri damlacıkların birbiriyle çarpışıp daha da büyümeleri ile yağış formuna geçebilir. Bu şartlar her

zaman aynı anda gerçekleşmediğinden dolayı yukarıdaki üç şart var olduğu halde yine de yağış meydana gelebilir.

Bulutlarda mevcut sıvı haldeki su miktarı genellikle çok küçük değerler taşıdığından ($0.5 – 4$ g/m^3) yağışın uzun süre devam edebilmesi sadece atmosferin alt tabakalarında ki su buharının sürekli olarak hava akımlarıyla yukarı doğru yükselip yoğunlaşmasıyla gerçekleşebilir. Yağışın meydana gelebilmesi için gerekli şartlardan biri olan soğuma havanın yukarı çıkması ile olur. Yeryüzünden yukarı çıkıldıkça basınç azalacağından dolayı hava kütlesinin sıcaklığı da azalır. Bu yükselme çeşitli nedenlerle olabilir ve yükselmenin nedenine göre çeşitli yağış tipleri oluşabilir [11].

1.3.1 Yağışın ölçülmesi

Yağış belli bir zaman süresinde yatay bir yüzey üzerine düşen ve düştüğü yerde kalarak biriktiği kabul edilen su sütununun yüksekliği ile ifade edilir. Yağış yüksekliği hidrolojik çalışmalarda genellikle mm cinsinden gösterilir. 1 mm yağış 1 kg/m^2 yağışa eş değerdir.

1.3.1.1 Yağmurun ölçülmesi

Yağmurun ölçülmesi yazıcı ve yazıcı olmayan yağışölçerlerle yapılmak üzere iki çeşittir. Yazıcı yağışölçerler, yağış yüksekliğinin zamanla değişimini kâğıt üzerine kaydederler. Tartılı, devrilen kovalı, şamandıralı ve radar olmak üzere çeşitli tipleri vardır.

1.3.1.2 Karın ölçülmesi

Kar ölçümleri kar yağışının ölçülmesi ve kar örtüsünün ölçülmesi olarak iki gruba ayrılır. Kar yağışının ölçülmesi yağmur ölçekleriyle yapılır. Yazıcı olmayan ve tartılı yağışölçerler kar ölçmeleri için kullanılabilir. Toplanan karın donmayıp erimesi için içine kalsiyum klorür, etilen, glikol gibi antifriz maddeler katmak gerekir. Kar ölçmelerinde ölçeğin kar örtüsü altında kalmaması için yerden oldukça yükseğe yerleştirilmesi zorunludur. Kar örtüsü ile ilgili ölçümler kar örtülü bölgenin alanının ölçülmesini, bu bölgede kar kalınlığının ve kar yoğunluğunun değişiminin belirlenmesini kapsar. Karın erimesiyle meydana gelecek akış hacminin hesabında karın su eşdeğerini, yani kar eridiği zaman meydana gelecek su sütununun yüksekliğini

bilmek önem taşır. Kar örtüsü ölçmeleri, bölgedeki kar örtüsünü temsil edebilecek şekilde seçilmiş ve yıldan yıla değişmeyen bir kar izi boyunca 10-200 m aralarla en az 10 noktada yapılmalıdır. Aksi takdirde karın derinliği ve su eşdeğeri kısa mesafeler içinde değişebilir. Kar izi ölçmeleri 15 günde veya ayda bir yapılmalıdır. Kar örtüsü bölgede 300 m'lik kot aralıklarıyla ölçüm yapılması uygun olur. Büyük havzalarda kar izi ölçüm sonuçlarıyla kurulan istatistik ilişkilere dayanarak havzanın kar örtüsü ile ilgili büyüklükler tahmin edilir. Su eşdeğeri karın altında kalan zemine yerleştirilmiş kobalt 60 gibi radyoizotoplarla da ölçülebilir. Radyasyonun kar örtüsünden geçerken zayıflaması karın su eş değeri ile bağlantılıdır. Diğer bir metot da kar yastıkları kullanılmasıdır. Alkolle doldurulmuş 3-4 m çapında lastik yastıklara bağlı manometrede kar örtüsünün basıncı okunabilir. Radyoizotoplar ve kar yastıkları ile yapılan ölçümlerin sonuçlarını uzak mesafelere göndermek mümkündür. Su eşdeğeri zeminden yayılan gama ışınları aracılığıyla uçaklarda yer alan radar sistemiyle de ölçülebilir. Kar örtüsünün sınırlarının belirlenmesinde havadan çekilmiş fotoğraflardan da yararlanılmaktadır. Son yıllarda uydular da bu iş için kullanılmaktadır. Türkiye'de Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE), Devlet Su İşleri (DSİ) ve Devlet Meteoroloji İstasyonu (DMİ) tarafından kar ölçümleri yapılmaktadır. EİE tarafından ölçüm yapılan kar izlerinin sayısı 50 kadardır [11].

1.3.2 Karın yağışa çevrilmesi

Yağan karın zemine uyguladığı yükü hesaplayabilmek için kar su eşdeğerini ve kar yoğunluğunu bilmek veya hesaplamak gerekmektedir.

$$\text{Kar yoğunluğu} = \text{Kar su eşdeğeri}/10 \ \text{g/cm}^3 \tag{1.1}$$

Denklem 1.1'deki kar yoğunluğu yağan karın cinsine, yere, ne zaman yağdığına bağlı olarak değişiklik gösterir. Yeni yağmış bir karın yoğunluğu ortalama %10 civarındadır [12]. Karın zamanla sıkışması sonucunda %30-%60 civarlarına kadar yükselebilir. Bunun nedeni kar örtüsünün zamanla sıcaklık ve rüzgâr faktörlerine bağlı olarak sürekli değişim göstermesidir. Bu durumda kar örtüsü bu faktörlerin etkileriyle bir basılmaya uğrar ki buda karın yoğunluğunu arttırır. Ayrıca yağan karın şekline göre de örneğin kuşbaşı halinde düşen karın yoğunluğu düşük, ince taneler halinde düşen karın yoğunluğu ise yüksek olacaktır. Sonuçta herhangi bir karın yoğunluğu %5 ile %60 arasında değişebilen bir değerdir.

$$\text{Kar su eşdeğeri} = \text{Kar suyu}/\text{Kar yüksekliği} \quad (1.2)$$

Denklem 1.2'deki kar suyu eşdeğerini hesaplamak için yağan karın ne kadar su ihtiva ettiğini bilmek gerekir. Bunun için kar yoğunluk aleti kullanılır. Çapı 15.96 cm olan bu alet kara batırılır ve alttan bir kürek yardımı ile kaldırılır. Ardından içindeki su ölçülerek kaç mm olduğu saptanır. Ölçülen bu değer karın cm cinsinden yüksekliğine bölünerek kar su eşdeğeri hesaplanır.

$$\text{Kar yükü} = \text{Kar yüksekliği (cm)} * \text{Kar yoğunluğu } (\text{g}/\text{cm}^3) \quad (1.3)$$

Denklem 1.3'deki kar yükü, karın yüksekliği ile yoğunluğunun çarpımından elde edilen değerdir. Karın yere uyguladığı ağırlığı ifade eder. Buradan çıkacak sonuç g/cm^2 olacağından bu değeri 10 ile çarpılarak kg/m^2'ye çevrilebilir.

Yapılan projede güncel hesaplamalar için %30 alınan kar yoğunluğu ve 2007 yılına ait Aksaray Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından ölçülen 21 cm'lik kar yüksekliğinin Denklem 1.3'de yerine koyularak yağışa çevrilmiş hali aşağıdaki işlem adımlarında gösterilmektedir.

$$\text{Kar yükü}_{2007} = 10 * 21 * 0.3$$

$$\text{Kar yükü}_{2007} = 63\ \text{kg}/\text{m}^2 = 63\ \text{mm}$$

1.4 Buharlaşma

Atmosferden yeryüzüne düşen yağışın önemli bir kısmı tutma, buharlaşma ve terleme yoluyla akış haline geçmeden atmosfere geri döner. Bu kayıpların belirlenmesi özellikle kurak mevsimlerde hidrolojik bakımdan büyük önem taşır. Suyun sıvı halden gaz (su buharı) haline geçmesine buharlaşma (evaporasyon) denir. Sudan havaya geçen moleküllerin sayısı fazla ise buharlaşma olduğu kabul edilir [11]. Su yüzeyindeki moleküller yeterli bir kinetik enerji kazandıkları zaman kendilerini tutmaya çalışan diğer moleküllerin çekiminden kurtulup su ortamından havaya fırlarlar. Buharlaşma hidrolojik döngünün önemli bir bileşenidir ve hidrolojik döngü kapsamında gerçekleşen buharlaşmadan kaynaklanan su kayıplarının bilinmesi, su yönetim ve planlanması açısından önemli bir husustur [13].

1.4.1 Su yüzeyinden buharlaşma

Meteorolojik şartlara bağlı olarak yeryüzündeki su yüzeylerinden günlük buharlaşma miktarı 1-10 mm arasında değişir. Bu miktarın belirlenmesi özellikle baraj rezervuarlarında büyük öneme sahiptir. Su yüzeyinden buharlaşma miktarının hesabı, olayı etkileyen faktörlerin çokluğu nedeniyle çok güçtür. Buharlaşan su miktarı doğrudan doğruya ölçülemez. Ya küçük kaplarda ölçülen buharlaşmaya ya da su (enerji) dengesi veya su buharı transferinde ölçülebilen diğer büyüklüklere bağlı olarak belirlenir [11].

1.4.2 Zemin ve kar yüzeyinden buharlaşma

Zemin yüzeyinden buharlaşma su yüzeyinden buharlaşmaya benzer şekildedir. Ancak özellikle az geçirimli zeminlerde su moleküllerinin yenmeleri gereken direnç daha büyüktür. Zeminin üst kısmında yeterli su varsa (arazi kapasite değerinde) zeminden buharlaşma su yüzünden buharlaşmaya eşit olur. Aksi halde zeminden buharlaşma miktarı zeminde mevcut su miktarı ile sınırlıdır. Kuruma noktası düşüldüğünde buharlaşma tamamen durur. Bu bakımdan zeminin üst tabakalarındaki nem ve zeminin su iletme kapasitesi önemli rol oynar. Pratikte yeraltı su yüzeyi (YAS) yeryüzünden 1-3 m'den daha aşağıda olursa zeminden buharlaşma miktarı çok azalır. Kar yüzeyinden de buharlaşma meydana gelir. Kar ve buz katı halden doğrudan doğruya buhar haline geçebilir. Süblimasyon denen bu olayın meydana gelebilmesi için havanın çiğleşme noktası (mevcut buhar basıncından doymuş hale geçeceği sıcaklık derecesi) kar yüzeyinin sıcaklığından az olmalıdır. Kardan buharlaşma çok rüzgârlı havalarda günde 5 mm'ye varabilir. Ancak genellikle ayda 5-30 mm kadardır. Bu değer aynı şartlarda su yüzeyinden buharlaşmanın 1/5-1/4'ü kadardır [11].

1.4.3 Terleme ve tutma

Bitkilerin suyu kökleriyle zeminden çekip yaşamaları için gerekli işlemlerde faydalandıktan sonra yapraklarından buhar halinde havaya vermelerine terleme (transpirasyon) denir. Su bitki kök sistemi tarafından alınır ve yapraklarından terleme olarak bitki bünyesinden atılır [14]. Bitkiler topraktan aldıkları suyun çok küçük bir kısmını fotosentez için içlerinde tutar, büyük bir kısmını ise kullandıktan sonra atmosfere geri verirler. Terleme kaybı bitki cinsine göre günde 0.1 ile 7 mm arasında

değişmektedir. Bitkilerin buharlaşma kayıpları üzerine etkileri tutma şeklinde de olur. Tutma bitkiler tarafından alıkonan ve yeryüzüne hiç varamayan yağış olarak tanımlanır. Tutma kaybı bitki ile örtülü alanın yüzdesine ve bitkilerin tutma kapasitesine bağlıdır [11].

1.4.4 Evapotranspirasyon kayıpları

Bir bölgede terleme ile ve zeminden, su ve kar yüzeylerinde buharlaşma ile meydana gelen toplam su kayıplarına evapotranspirasyon (ET) kayıpları denir. ET kayıplarının potansiyel ve gerçek değerleri arasında bir ayrım yapmak gerekmektedir. Her zaman yeterli zemin nemi bulunduğu takdirde meydana gelecek kayba potansiyel ET adı verilir. Gerçek ET ise mevcut zemin nemiyle sınırlı olduğu için daha az olabilir. Zemin kuruma noktasına gelince gerçek ET sona erer. Türkiye'de yıllık yağış yüksekliği 64 cm olduğuna ve bunun %37'si yüzeysel akış formatına geçtiğine göre yıllık ortalama ET kayıpları $0.63 * 64 = 40$ cm'dir. Bu değer ortalama değerdir [11]. Water Evaluation and Planning System (WEAP, Su Yönetme ve Planlama Sistemi) programı yöntem olarak gerçek ET'yi kullanmaktadır. Ancak gerçek ET'nin hesaplanması için potansiyel ET'nin bilinmesi gerektiğinden dolayı aşağıda her ikisinin de hesabına yer verilmiştir.

1.4.4.1 Potansiyel evapotraspirasyon hesabı

Bir bölgenin çeşitli elemanları için farklı olan buharlaşma miktarlarını belirlemek güç olacağından toplam ET'yi tahmin etmek için çeşitli formüller ileri sürülmüştür. Bunların en basitlerinde havzanın yıllık ET miktarı yıllık ortalama sıcaklığa ve yıllık yağış yüksekliğine bağlı olarak verilir.

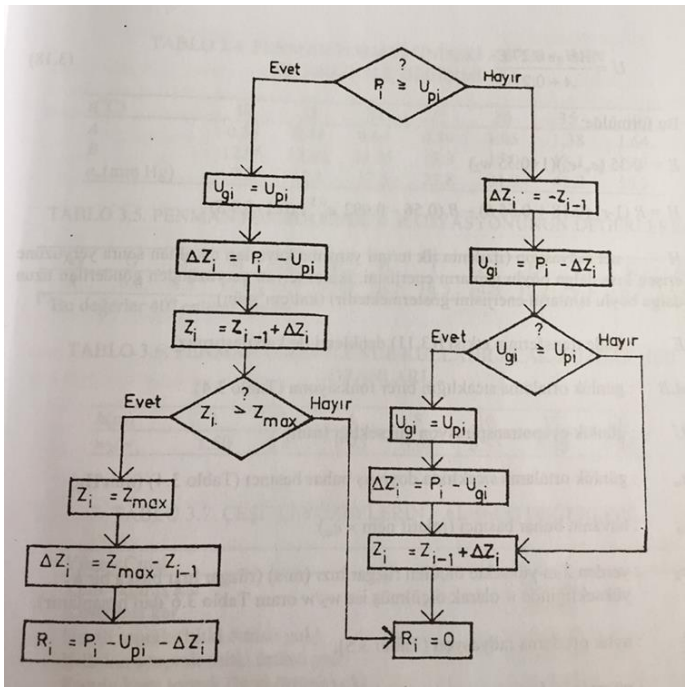
$$\text{Coutagne formülü}: \mathrm{U} = \mathrm{P} - \lambda \mathrm{P}^2 \quad \lambda = 0.0001/(0.8 + 0.14T) \qquad (1.4)$$

$$\text{Turc formülü}: \mathrm{U} = \left(\mathrm{P}/(0.9 + P^2/L^2)\right)^{0.5} \quad L = 300 + 25T + 0.05T^3 \qquad (1.5)$$

Denklem 1.4 ve 1.5'de U yıllık evapotraspirasyon (mm), P yıllık yağış yüksekliği (mm), T yıllık ortalama sıcaklık derecesi (^{o}C), λ ve L sıcaklığa bağlı katsayılardır.

1.4.4.2 Gerçek evapotranspirasyon hesabı

Bir bölgedeki aylık gerçek ET miktarları aylar için potansiyel ET ve yağış yükseklikleri bilindiğine göre zemin nemi biriktirme sistemine su dengesini uygulayarak Şekil 1.4'deki işlem adımları izlenerek bulunabilir [11].



Şekil 1.4. Gerçek evapotranspirasyon hesabı için akım şeması [11].

Yukarıdaki şekilde herhangi bir ay için yağış yüksekliği (P_i) hesaplanan aylık potansiyel ET (U_{pi}) miktarından fazla ise;

O ayın gerçek ET (U_{gi}) miktarı U_{pi} miktarına eşit olacaktır. Net zemin nemi (ΔZ_i) yağış yüksekliği ile potansiyel ET arasındaki farktır. Yağışla ET farkı zemin nemini (Z) arttıracaktır. Z maksimum değere ulaştıktan sonra suyun fazlası akış haline (R_i) geçecektir.

Yukarıdaki şekilde herhangi bir ay için P_i hesaplanan U_{pi} miktarından az ise;

U_{gi} miktarı P_i ile mevcut zemin neminin bir kısmının veya hepsinin toplamına eşit olacaktır. Zemin neminin buharlaşan kısmı kuruma noktasına varılıncaya kadar zemin nemi azalacaktır. ΔZ_i ile bir önceki ayın zemin nemi (Z_{i-1}) ters işaretlidir.

1.5 Sızma

Yeryüzüne düşen yağışın bir kısmı yerçekimi, kapiler (bir maddenin bir başka maddeyi kendine çekmesi) ve moleküler gerilmeler etkisiyle zeminin içine süzülür, bu olaya sızma (infiltrasyon) denir. Sızan su önce zemin nemini arttırır ve yüzey altı akışını meydana getirir. Geriye kalanı da derinlere sızarak (perkolasyon) yeraltı suyuna karışır. Sızma hem yüzeysel akış miktarını bir kayıp şeklinde etkilemesi hem de zemin nemini meydana getirmesi ve yeraltı suyunun önemli kaynağı olması bakımından önem taşır. Bu bakımdan bir yağış sırasında zemine sızacak su miktarının belirlenmesi faydalı olacaktır. Belli şartlar altında birim zamanda zemine sızabilecek maksimum su miktarına sızma kapasitesi denir. Sızma zemin tane büyüklüğü ve geçirimliliğine, başlangıç nemliliğine, bitki örtüsü ve organik maddelere, zemin yüzeyinin durumuna, zemin hava birikintilerine ve toprağın işlenme şekline bağlı olarak değişmektedir.

1.6 Yeraltı Suyu

Yerküresindeki tatlı suyun büyük bir kısmı yeraltında bulunur. Yeraltındaki su, yeryüzündeki akarsularda bulunan suyun yaklaşık 7500 katı kadardır. Yeraltı ile yeryüzünün sürekli ilişki halinde bulunmaları yeraltı suyunun önemini arttırır. Özellikle kurak bölgelerde akarsular ancak yeraltından beslendikleri takdirde kurumazlar. Akarsulardaki toplam akımın yaklaşık olarak %30'u yeraltından beslenir [11]. Yeryüzündeki bitkiler gerekli suyu yeryüzünün hemen altındaki zemin neminden sağlarlar. Kuyular vasıtasıyla yeraltındaki hazneden çıkarılan su insanlar tarafından geniş ölçüde kullanılmaktadır. Yeraltından elde edilen su yerüstü kaynaklarının tükendiği kurak mevsimlerde insanlar su ihtiyacını kuyularla yeraltından sağlayabilirler. Bugün yeryüzünde kullanılan suyun %40 kadarı yeraltından sağlanmaktadır. Gelecekte yeni biriktirme hazneleri inşa etme olanağının giderek azalacak olması, buna karşılık zaten yeraltında büyük bir doğal hazne bulunması ve dengeleme süresinin uzun olması nedeniyle bu kullanım yüzdesinin artması beklenebilir. Hidrolojinin yeraltı suyu hidrolojisi (jeohidroloji) denen kolu yeraltındaki suyun bulunuş şekillerini, özelliklerini ve hareketini inceler. Yeraltındaki suyun kaynağı hemen hemen tümüyle yağışlardan sonra zemin yüzeyinden sızan sudan oluşur. Yeraltı suyu birçok havzada miktar bakımından bol olduğu için açılan kuyulardan yeryüzüne çıkarılır ve çeşitli maksatlar için kullanılır. Ancak bir akiferden (yeraltı suyu ile doymuş yeraltı kaya katmanı) fazla miktarda su çekmek sakıncalı

olabilir. Yağışın az ve su miktarının kıt olduğu bölgelerde gereğinden daha fazla kuyu açılırsa doğal haznenin ciddi ölçüde zarar görmesi sebebiyle toprakta büyük boşlukların meydana gelmesi kaçınılmazdır. Bir akiferden sakıncalar yaratmadan çekilebilecek su miktarına güvenli debi denir.

1.7 Taşkın ve Kuraklık

Akarsularda su seviyesi ve debi zaman içinde değişir. Debinin ve dolayısıyla seviyenin yüksek olduğu dönemlerde akım akarsu yatağının dışına taşabilir. Akarsuyun sel yatağına yayılmasıyla çeşitli zararlar ve can kayıplarının oluşması olayına taşkın adı verilir. Taşkınlar pik (ölçümlenen en yüksek değer) debi, pik su seviyesi ve taşkın hacmi ile belirlenebilir. Pik su seviyesi akarsu boyunca seddelerin (akarsu boyunca suyu belli sınırlar içinde tutmak veya dalga ve gelgit taşkınlarından korumak için inşa edilen yapay dolgu) planlanması ve sel yatağında suyun yayılacağı bölgenin belirlenmesi gerekli olur. Pik debi taşkın kanallarının, köprülerin, menfezlerin ve dolu savakların projelendirilmesinde kullanılır. Taşkın hacmi ise taşkın kontrolü için depolama yapılarının hesabında önemlidir. İnsanların etkileri (şehirleşme, ormanların tahribi, tarım) havzadaki su depolamasını, sızmayı ve geçirimliliği değiştirdiğinden taşkınlar üzerinde etkili olur. Kuraklık görüldüğü durumda, bir akarsu yapısının hasara uğraması durumu pek olağan değildir, ancak maksimum akımın ve bu akımların görüleceği zamanların tahmin edilip buna göre planlama yapılmaması durumunda çok büyük can ve mal kayıpları olabilir [15]. Bu etki küçük fırtınalarda önem taşır. Tarım yapılan arazilerde drenajın etkisi zemin cinsine bağlıdır. Killi zeminlerde taşkın pikleri artarken, geçirimli zeminlerde pikler azalabilir [16].

Kuraklık bir bölge üzerinde su miktarında bir süre boyunca normal düzeye göre belli bir miktarı aşan bir eksiklik görülmesi şeklinde en genel tanım olarak yapılabilir. Ayrıca küresel veya bölgesel ölçekte yağışların uzun süreli ortalamalardan düşük olması, kuraklık olarak nitelendirilir [17]. Öncelikle kuraklıkla bir bölgedeki iklimin kurak karakterde olması arasında bir fark olduğuna dikkat edilmelidir. Kurak bir bölgede normal zamanlarda bile su eksikliği vardır. Kuraklık ise bölgenin iklimine bağlı olmaksızın, su miktarının normalin altına düşmesi halinde görülen olağandışı bir zaman-alan sürecidir. Bir bölgeye düşen yağış ve bir akarsudaki akış zaman içinde rastgele çalkantılar gösterir. Bu durum akarsu havzasının nem durumunu etkilediği gibi akarsudan elde edilebilecek su miktarının da zaman içinde değişmesine yol açar.

Bu nedenle yağış ve akış serilerindeki kurak dönemlerin incelenmesi hidrolojik açıdan büyük önem taşır. Buharlaşma ve havzadaki birikmeler, yağış ve akışlardaki ıslak ve kurak dönemler arasında farklılıklar olmasına yol açar. Baraj haznelerindeki biriktirme de kuraklığın oluşumunu etkileyebilir. Büyük bir hazne dolu durumda ise yağışsız geçen bir mevsimde dahi kuraklık görülmeyebilir. İnşaat mühendisleri ve hidrologlar kuraklığı akarsulardaki akışa veya biriktirme haznelerindeki su miktarına (sağlanabilen su miktarına) göre tanımlar. Mevcut suyun istenilen miktardan az olması halinde kuraklık vardır. Su ihtiyacının artışı da kuraklığa neden olabilir. Kuraklıkların ekonomi üzerinde önemli etkileri vardır. Tarımsal üretim, hayvan yetiştirme, hidroelektrik üretimi kuraklıktan olumsuz etkilenir. Kurak dönemlerde şehirlere ve endüstriye sağlanan su azalır, akarsudaki balık ve diğer canlılar olumsuz yönde etkilenir, akarsularda ulaşım ve akarsuların dinlence amacıyla kullanışı zorlaşır. Bitkilerin suya gereksinimi olan birkaç hafta ya da birkaç aylık dönemde su eksikliği görülmesi, haznelerden gerekli su sağlanamazsa, çiftçiler için çok zararlı olabilir. Uzun süreli kuraklıklarda akarsular tamamen kuruyabilir. Nüfus artışı ve yaşam standartlarının yükselmesiyle su kaynaklarının kullanılış oranları da arttığından kurak dönemlerde su eksiklikleri de artar. Bu özellik yarı kurak bölgelerde sulama gerektiren ürünlerin yetiştirilmesini büyük ölçüde etkiler. Kuraklıkların ülke ekonomisi ve yaşam standartları üzerinde çok büyük etkileri olması bu konudaki hidrolojik çalışmalara önem kazandırmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde kuraklığın etkileri çok hissedilir ve bunların zararlarını azaltıcı önlemler almak zor olur. Kuraklıkla ilgili hidrolojik çalışmaların sağlayacağı verilerle kuraklıkların etkilerini azaltacak su kaynakları çalışmaları planlanabilir. Biriktirme haznelerinin tasarımı ve işletmesi, suyun en iyi şekilde kullanılması ve bölgeler arasında su transferi ile ilgili kritik kararlar bu çalışmaların sonuçlarına dayanarak verilebilir. Son yıllarda dünya ikliminde görülen ve sera etkisi ile ya da güneşten gelen ışınların değişimiyle açıklanmaya çalışılan ısınmanın kuraklık üzerinde önemli etkileri olacağı tahmin edilmekle birlikte bu etkinin dünyanın çeşitli bölgelerinde ne şekilde olacağı açıklığa kavuşturulamamıştır. Isınmanın bazı bölgelerde hidrolojik olağandışı durumların (taşkınlar, kuraklıklar) sıklığını arttıracağı düşünülmektedir [16].

1.8 Bitki Su Tüketimi

Ulusal ve uluslararası birçok kaynakta ET kavramı Türkçe'de terminolojik olarak bitki su tüketimi tanımlaması olarak kabul görmektedir. Temelde ET topraktan ve bitkiden buharlaşmayı ifade etmektedir. Genel olarak evaporasyon sıvı haldeki suyun buharlaşarak bulunduğu ortamdan atmosfere hareket etmesini ifade etmektedir ve toprak ve açık su yüzeyleri başta olmak üzere birçok yüzeyden suyun buharlaşması evaporasyon olarak adlandırılmaktadır. Bitkilerde meydana gelen terleme (transpirasyon) bitki dokularında bulunan suyun buharlaşma ile atmosfere taşınması olarak tanımlanabilir. Sonuç olarak evaporasyon ve transpirasyon ile atmosfere kaybedilen su bir arada evapotranspirasyon olarak tanımlanır. Genel olarak bitki su tüketimi belli bir zaman dilimi için "mm" cinsinden ifade edilmektedir. [18].

Referans bitki su tüketimi (ET_o), kısa boylu (ortalama 12 cm) ve tam örtüye sahip bir bitkinin (çoğunlukla çim olarak kabul edilir) ele alınan bir dönemde standart koşullar altındaki su tüketimidir. Birçok ulusal ve uluslararası kaynakta, ET_o bitkiler için atmosferin nem talebini gösteren bir parametre olarak da değerlendirilmektedir [18].

$$ET_0 = \frac{(0.408\Delta(R_n - G) + \frac{C_n}{(T_h + 273)} u_2(e_s - e_a))}{(\Delta + (1 + C_d u_2))} \qquad (1.6)$$

Denklem 1.6'da verilen eşitlikte;

R_n: Bitki su yüzeyi için hesaplanan net radyasyon (MJ m-2 g-1),

G: Toprak ısı akısı (MJ m-2 g-1),

T_h: Günlük ortalama havza sıcaklığı, 1.5 ile 2.5 m arasında yükseklikte ölçülmüş, (^oC),

u_2: Günlük ortalama rüzgâr hızı, 2.0 m yükseklikte ölçülmüş, (m s-1),

e_s: Doygun buhar basıncı, 1.5 ile 2.5 m arasında yükseklik için hesaplanmış, (kPa),

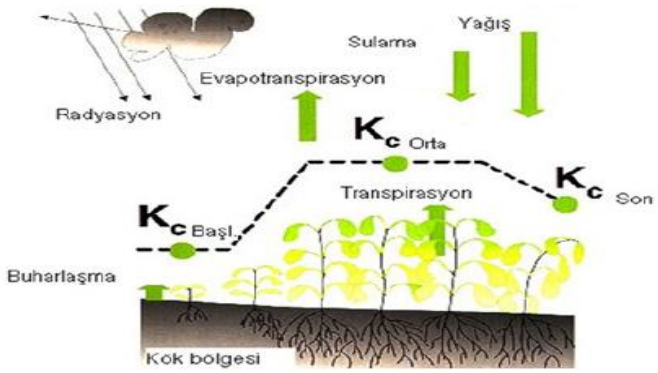
e_a: Gerçek buhar basıncı, 1.5 ile 2.5 arasında yükseklik için hesaplanmış, (kPa),

Δ: Doygun buhar basıncı-sıcaklık eğrisinin eğimi (kPa, 0C-1),

C_n: Referans bitki tipi ve hesaplamanın yapıldığı zaman dilimi için sabit pay katsayısı, (kısa boylu bitki ve günlük hesaplama için C_n=900),

C_d: Referans bitki ve hesaplamanın yapıldığı zaman dilimi için sabit payda katsayısı, (kısa boylu bitki ve günlük hesaplama için C_d=0.34).

Bitki katsayısı (K_c), bitki ve toprağın karakteristik özellikleri tarafından etkilenmektedir. Gıda Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Meteoroloji Teşkilatı, bitkinin farklı gelişme dönemleri ile ilgili olarak bitki katsayısı grafiği geliştirmişlerdir. Bitki katsayısını gösteren bu grafik aşağıda Şekil 1.5'de yer almakta olup bu grafiğin tasarlanmasında bitkinin başlangıç, orta ve son dönemleri esas alınmıştır. K_c değerleri bitkinin ilk ekim zamanında en düşük düzeyde iken bitkinin geliştiği dönemde ise en yüksek düzeye ulaşır ve ardından gelişme dönemi sonuna doğru da azalma gösterir. Bu azalma bitkinin özelliklerine ve son dönemdeki sulama yöntemine bağlı olarak değişir [18].



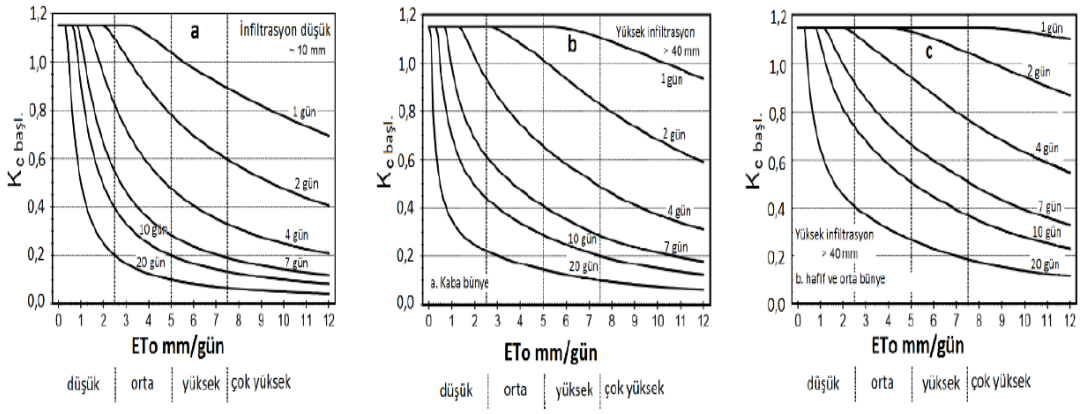
Şekil 1.5. Bitki katsayısının bitki gelişme dönemlerine göre değişimi [18].

K_c değeri bitki gelişimine göre bir günden diğerine farklılık gösterebilmektedir. Ancak, bitki su tüketimi tahmininde hesaplamayı kolaylaştırmak amacıyla K_c değerleri bitkinin başlangıç, gelişme, orta ve son dönem olmak üzere dört farklı gelişme dönemi için genelleştirilerek kullanılmaktadır. Başlangıç dönemi, tek yıllık bitkilerde ekim-dikim tarihi ile toprak yüzeyini yaklaşık %10 oranında örttüğü dönemi kapsar. Ağaçlarda yaprak tomurcuklarının açması ile başlayarak yaprakların belirginleşmesi ile son bulur. Çok yıllık bitkilerde bitkilerin uyanması ile başlayarak, yeşil aksamın hızla gelişmeye başladığı dönemin başında son bulur. Yonca ve maydanoz gibi biçilen bitkilerde, her biçimin ardından gelen durağan toparlama dönemi de başlangıç dönemi olarak değerlendirilebilir. Bu dönemde K_c katsayısının sabit olduğu varsayılmaktadır. Gelişme dönemi, başlangıç döneminin sonu ile başlar ve bitkilerin yeşil aksamlarının

hızla geliştiği dönemi kapsar. Bu gelişmenin yavaşladığı veya durduğu zaman gelişme dönemi sona ermiştir. Bu dönemde K_c katsayısının her gün arttığı varsayılmaktadır. Orta dönem, gelişme döneminin tamamlanmasının ardından başlar. Bu dönemde bitkide yeşil aksamın gelişmesinden daha çok çiçeklenme, olgunlaşma ve meyve verme gibi gelişme özellikleri gözlenir. Genel olarak yapraklardaki ilk yaşlanma ve yapraklardaki ilk sararmanın başladığı zamanda orta dönem son bulur. Her dem yeşil olan bitkilerde orta dönem oldukça uzun olabilmektedir. Bu dönemde K_c katsayısının sabit olduğu varsayılmaktadır. Son dönem, birçok bitki için orta dönemin sonu ile hasat veya son hasat arasında kalan dönemdir. Meyve ağaçları için yapraklarda dökülmenin başlaması ile yeşil yaprak miktarının çok azalması arasındaki zaman dilimi son dönem olarak değerlendirilebilirken, her dem yeşil bitkilerde son dönemin çok kısa olduğu ve son sulamadan sonra kısa bir zaman dilimi olduğu düşünülebilir. Silajlık mısır gibi bitkiler orta dönem biçildiği için, bu tür bitkilerde son dönem dikkate alınmaz. Bu dönemde K_c katsayısının her gün azaldığı varsayılmaktadır [18].

1.8.1 Başlangıç dönemi için K_c katsayılarının uyarlanması

Başlangıç dönemi K_c değeri üzerinde iklim, bitki ve toprak özelliklerinin yanı sıra sulama ve yağışın sıklığı ve şiddeti büyük öneme sahiptir. Şekil 1.6'da a, b ve c olmak üzere K_c dönemsel katsayıları okumaya yarayan üç farklı grafik tipi bulunmaktadır.



Şekil 1.6. ETo, sulama aralığı, ortalama sulama derinliği ve toprak bünyesine göre ortalama Kc başlangıç değerleri [18].

$$K_{Cbaşl.} = K_{Cbaşl.(Şekil\ 1.6a)} \frac{(I-10)}{(40-10)} \left[K_{Cbaşl.(Şekil\ 1.6b,c)} - K_{Cbaşl.(Şekil\ 1.6a)}\right] \quad (1.7)$$

Denklem 1.7'deki parametreler;

$K_{Cbaşl.(Şekil\ 1.6a)}$: Şekil 1.6'da a grafiğinden okunan K_c başlangıç değeri,

$K_{Cbaşl.(Şekil\ 1.6b,c)}$: Şekil 1.6'de b veya c grafiğinden okunan K_c başlangıç değeri,

I: Sulama veya yağış ile ortalama sızan su miktarı (mm).

1.8.2 Orta dönem ve son dönem K_c katsayılarının uyarlanması

Başlangıç ve orta dönem K_c katsayılarının uyarlanmasında aşağıda yer alan Denklem 1.8 ve 1.9 kullanılabilir. Bu denklemler rüzgâr hızının 2 m/s ve oransal nemin %45 olduğu koşul için geliştirilmiştir [19]. Denklemlerde kullanılacak olan ifadeler FAO 56 kaynaktan alınabilir.

$$K_{\mathrm{Corta}} = \mathrm{K_{Corta-FAO56}} + [0.04(u_2 - 2) - 0.004(\mathrm{RH_{endüşük}} - 45)](\frac{h}{3})^{0.3} \quad (1.8)$$

$$\mathrm{K_{Cson}} = \mathrm{K_{Cson-FAO56}} + [0.04(u_2 - 2) - 0.004(\mathrm{RH_{endüşük}} - 45)](\frac{h}{3})^{0.3} \quad (1.9)$$

Denklem 1.8 ve 1.9'daki parametreler;

$K_{Corta\text{-}FAO56}$: [19] numaralı kaynakta verilen orta dönem K_c değerleri,

$K_{Cson\text{-}FAO56}$: [19] kaynakta verilen son dönem K_c değerleri,

u_2: 2 m yükseklikte ölçülen rüzgâr hızı (m/s),

$RH_{endüşük}$: İlgili dönemdeki ortalama en düşük oransal nem değeri (%20-80 arasında),

h: İlgili dönemdeki ortalama bitki boyu (m; 0.1-10 m arasında).

1.9 Kaynak Araştırma

Sandoval vd., (2006), Kuzey Amerika'da yer alan Rio Grande/Rio Bravo Havzalarında su kıtlığı yaşanması üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Su Yönetim ve Değerlendirme Sistemi (WEAP, Water Evaluation and Planning System) modelinin test edilmesi ve belgelenmesi için yapılan çalışmada rezervuar kapasitesi tayin edilerek ve nüfusun otuz yıl sonra yaklaşık iki katına çıktığı varsayılarak havzalardaki akış ve depolama hacminin tarihsel kayıtlarla karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda elde

edilen bulgular yardımıyla modelin doğru bir akış modeline ve mantığa sahip olduğu kanıtlanmıştır [20].

Leong ve Lai, (2017), iklim değişikliklerinin yaşandığı ve suya yönelik talebin arttığı Malaysia Largat Nehri Havzasında su yönetimini güncel ve gelecek yıllarda değerlendirmek amacıyla WEAP programında havzanın su modelini oluşturmuşlardır. Hidrolojik modelde programa Largat Havzasının alt havzalarını içeren 10 havza ve havza dışındaki büyük şehirlere arıtılmış suyun iletimini içeren 17 talep noktası tanımlanmıştır. Ardından model kalibre edilmiş ve birkaç nicel istatistikler yardımıyla arz ve talebin havza içindeki eğilimi 2050'ye değin üç farklı senaryo yaratılarak değerlendirilmiştir. Bu senaryolar; nüfusun büyüme oranı, talep noktaları yönetimi ve talep noktası birleştirme ve kazanç getirmeyen suyun azaltılmasıdır. Elde edilen sonuçlarda kazanç getirmeyen suyu azaltmanın ve uygun havza yönetiminin karşılanmamış talepte önemli azalma meydana getirdiği gözlemlenmiştir [21].

Rasu vd., (2017), Yaptıkları çalışmada Buhi Gölünü incelemişlerdir. Buhi Gölü, Doğu Filipinlerin Bicol Nehri Havzasında yer almaktadır. İklim değişikliğine karşı çok hassas olan Buhi Havzası iklim değişikliği nedeniyle kuraklık yaşamaya yatkındır. Bu bölge içme suyu kullanımı, tarım ve balıkçılık için çok önemli olan su kaynağı gölüdür. Değişen iklim ve hava koşulları çiftçilerin iş kapasitesini önemli ölçüde etkiler. Bu bölgede ne kadar su paylaştırılacağı, hangi öncelikle ve eşitlikle paylaştırılacağı gibi soruları beraberinde getirmektedir. Bu sorulara cevap vermek için WEAP bölgenin hidrolojik modelini kullanarak havza ve iklim değişikliği için senaryolar geliştirmiştir. WEAP rezervuar hacmini aktif olmayan, tampon ve koruma bölgeleri olmak üzere üç bölge üzerinden tanımlamıştır. WEAP modelinde göldeki depolama hacmi ve havzanın talep alanı özelliklerinin tanımlanması için çalışılmıştır. Model çıktıları özellikle kuru (yağış olmayan) senaryodaki su sıkıntısını ve su tahsis önceliğinin daha yüksek seviyeler çıkması durumunda talep kapsamı ve güvenilirliğini vurgulamıştır. Bu sonuçlar değişken iklime sahip yerlerde sürdürülebilir su kullanımı uygulamada karar alıcı rol oynar [22].

Sandoval, (2011), yapılan araştırma su yönetim politikalarını açık ve sistematik bir şekilde geliştirmek için bir yöntem bilimi kurar. İlk olarak, her su kullanıcısı sistem ve çevresel gereksinimleri performans ölçütleri kullanarak değerlendirilir. İkinci olarak performans ölçütleri sürdürülebilirlik endeksi kullanılarak özetlenir. Son olarak

bireysel sürdürülebilirlik endeksi sürdürülebilirlik kullanılarak grup dizine göre gruplandırılır. Sürdürülebilirlik grup dizini tarafından su kullanıcı gruplarını daha kolay karşılaştırmak mümkündür. Bu yöntem bilimi Amerika Birleşik Devletleri ve Meksika arasında yer alan Rio Grande/Rio Bravo Havzalarına başarıyla uygulanmıştır. Her iki ülkedeki havza çevre örgütü, yetkililer ve su kullanıcıları tarafından program üzerine birkaç dizi senaryo tanımlanmıştır. Su kullanıcıları, çevresel ve uluslararası anlaşma yükümlülüklerini yönetmek için geliştirilen meta senaryo adlı iki adet senaryo oluşturdu. Meta senaryo A su haklarını geri satın almayı, sulama alt yapısındaki gelişimi, Meksika ve Amerika arasında kalan sulama alanları için su talebinin düşürülmesi, yeraltı depolamasının ve çevresel akışların eklenmesini içeren acil eylem senaryosudur. Meta senaryo B, meta senaryo A politikalarına ilaveten gelişmiş geri satın alma hakları, ek olarak alt yapıdaki gelişmeler ve Amerika ile Meksika çiftçileri arasındaki su tasarrufunu içeren kısa dönem senaryosudur. Sonuçlar her iki ülkenin önerilen politikalarını nihai olarak karar verecek olan yöneticilere ve su kullanıcılarına sunulmuştur. Meta senaryo A için maliyet 21.7 milyon dolar iken meta senaryo B için maliyetin 298 milyon dolar olduğu ortaya konmuştur [23].

Coşkun, (2017), Türkiye'deki Seyhan Havzasının alt havzası olan Zamantı Irmağı Alt Havzasındaki DSİ projelerinin WEAP programı kullanılarak simülasyon (mevcut bir bilginin bilgisayar üzerine aktarımı) modeli oluşturulmuştur. Bu modelde 2 adet sulama ve enerji amaçlı baraj, 4 adet sulama göleti, 15 adet sulama regülatörü (düzenleyici yapı) ve 12 adet kamu ve özel sektöre ait hidroelektrik enerji santrali yer almaktadır. Mevcut durumda işletmedeki tesisler ile toplam brüt 10049 ha (hektar) alan sulanmakta ve yıllık 664.65 GW enerji üretilmektedir. Havzadaki tüm tesisler ve üniteler tamamlanıp tam gelişmiş durumuna ulaştığında ise brüt 77468 ha alan sulaması ve yıllık toplam 1011.64 GW enerji üretilmesi planlanmaktadır. Ayrıca Bahçelik Barajı ve ünitelerinin kapsamlı bir WEAP modeli oluşturularak tam gelişmiş durumunda güncellenen su bütçesine göre işletme simülasyonları yapılmış ve ünitelerin tarımsal sulama ile enerji üretimlerinin birbirleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. WEAP programı ile oluşturulan baraja ait bu simülasyon modelinde ünitelere öncelikler verilerek kabul edilen işletme kuralları için analizler yapılmış ve sonuçlar irdelenmiştir. Irmak akımlarının simülasyonunda barajın işletmeye alındığı 2006 yılı ile tam gelişmiş durumuna ulaşılmış yıl olan 2025 yılı arasındaki değişimler

incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarda 2025 yılında hem enerji üretiminin hem de baraj rezervuar hacminin düştüğü gözlemlenmiştir [24].

Abdelmalek vd., (2017), çalışma alanı olan Merkez Tunus'un doğusunda yer alan Nabhana Boşaltma Havzasına konumlandırılmıştır. Toplam alan yaklaşık 4000 km^2'dir. İki alt havzayı içine alan alt bölümü Nabhana Barajı'nın akış aşağı ve akış yukarı olarak sınırlanmış ortak bölgeye sahiptir. WEAP modeli Su Kaynakları Genel Müdürlüğü'nün 3 hava istasyonunda 2007-2016 yılı arasında alınan veriler üzerine kuruludur. Modele tanıtılan buharlaşma çalışmasının aynı dönemi için Crapwat yazılımı kullanarak Pannman Monthei (Bulletin FAO56) formülünü kullanarak hesaplanır. Modelde 4 talep noktası, Nabhana Barajı ve 35 su toplama havzası bulunmaktadır. Programdan alınan sonuçlarda Nabhana Barajı'na giren yıllık yağış ve giriş akımları incelendiğinde en yüksek değer yılı olan 2012'de yaklaşık 81 hm^3, 2014'de 52 hm^3, 2009'da 16 hm^3, 2011'de 38 hm^3 olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak her iki yılda bir kuraklık yaşanacağı ve bu riskin devam edeceği anlaşılmıştır [25].

Günaçtı, (2017), Gediz Havzası 1987-1992 yılları arasında orta şiddette bir meteorolojik kuraklığa maruz kalmıştır. Kurak periyodun uzun sürmesi, Orta ve Aşağı Gediz Ovalarında tarım alanlarının büyük bir bölümünün etkilenmesi ve 1991 yılında Demirköprü Barajı'nın mansabındaki Adala, Ahmetli ve Menemen sulama bölgelerine var olan su talebinin yarısının verilmesi ürün rekoltesinde (tarımda bir yılda elde edilen herhangi bir ürünün toplamı) büyük bir düşüş yaratmıştır. Bu çalışma ile birlikte bahsedilen kurak yıl meteorolojik verilerinin yeniden tekrar etmesi durumundaki baraj işletme pratiğini, sulama suyu tahsis etkinliğini ve farklı su tahsis senaryoları altında aynı su miktarı ile toplam kazançta artış sağlanıp sağlanamayacağını teorik olarak incelemek amaçlanmıştır. Kazançlar karşılaştırıldığında elektrik üretim kazançlarının, ürünlerden elde edilenlere göre önemli boyutlarda olmadığı anlaşılmıştır [26].

Loon vd., (2007), Gediz Nehri kuzeydoğudan batıya doğru uzanmakta ve Ege Deniz'inin içine dökülmektedir. Gediz Nehri'ne Alaşehir, Gördes ve Kumçay olmak üzere üç küçük nehir katılmaktadır. Bölgede 8 tane tarım alanı bulunmakta ve bu bölgelerde başlıca üzüm ve pamuk yetiştiriciliği yapılmaktadır. Gediz Havzasında Göl Marmara, Demirköprü, Afşar ve Buldan olmak üzere suyu depolama amaçlı dört adet rezervuar bulunmaktadır. Meteoroloji istasyonundan alınan 1990-2005 yılları

arasındaki yağış ve buharlaşma verileri WEAP programındaki modele aktarılmıştır. Sistem kayıplarının giderildiği, tarım alanlarının arttırıldığı ve Demirköprü rezervuar hacminin düşürüldüğü birkaç senaryo yaratılmıştır. Kayıpların giderilmesinin havza üzerindeki pozitif etkileri, azaltılan rezervuar hacmi ve arttırılan tarım alanlarının negatif etkileri incelenmiştir [27].

Yılmaz, (2015), Akarçay Havzasına dair su bütçesinin hesaplanması ve entegre (birleşik) su kaynakları yönetimi için WEAP programından yararlanılmıştır. WEAP modelinde, akım gözlem istasyonlarından (AGİ) elde edilen uzun yıllar (1960-2010) yağış, akış ve buharlaşma gibi hidrolojik verileri ile nüfus, sulama arazileri ve endüstriyel su kullanımlarına ait istatistiksel veriler kullanılmıştır. Söz konusu veriler dikkate alınarak WEAP programında model oluşturulmuştur. Oluşturulan model ile geleceğe yönelik iyimser ve kötümser senaryolar türetilerek havzanın su bilançosu hesaplanmıştır [28].

Zhang vd., (2017), bu çalışmada su değerlendirme ve modelleme havzası üzerinde 2016 ile 2050 yılları arasında bölgenin enerji üretimine yatkınlığını değerlendirmek ve analiz etmek için araştırma alanı olarak Yangtze Nehri Havzası seçilmiştir. RCPs yoğunluk temsil katsayısıyla iklim değişiklik modelleri kullanılarak elde edilen hidrolojik akış verileri kullanılmıştır. Sonuçlarda Yangtze Nehri havzasında 2016-2050 yılları boyunca akış miktarı RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında artan dalgalanma ile tahmin edilebileceği gösterilmiştir. RCP4.5 senaryosunda hidroelektrik santralleri düşüşün ardından meydana gelen artmaya eğilimli olan üretim kapasitesinde büyük bir dalgalanma ortaya koymaktadır. RCP8.5 senaryosunda Yangtze Nehri Havzasındaki hidroelektrik santrallerinin üretim kapasitesinde sabit bir artış yapılmıştır. Havzadaki üretim kapasitesinin %50'sinden fazlası üç adet Gorges Barajı ve 10 adet hidroelektrik istasyonundan sağlanmıştır. Jinsha, Ya-lung ve Min Nehri gibi 8 elektrik üretimine sahiplik yapan nehirlerde havzaya eklenmiştir. Bu iki senaryonun elektrik üretim miktarları birbirinden farklıdır. 2016 ile 2050 yılları arasındaki yıllık ortalama enerji üretiminde RCP8.5 senaryosu RCP4.5 senaryosundan %0.63 daha düşüktür ve hidroelektrik üretiminde değişiklikler daha istikrarlı halde olduğu sonuçlardan elde edilmiştir [29].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 WEAP (Water Evaluation and Planning System) Programı

Water Evaluation and Planning System (WEAP), Su Değerlendirme ve Planlama Sistemi, 1988 yılında Boston Stockholm Çevre Enstitüsü (SEI) tarafından mevcut su kaynaklarının arz-talep dengesini incelemek ve uzun yıllar boyunca alternatif işletme senaryolarını belirlemek için kullanılan entegre bir su yönetim aracıdır. En genel anlamda çevre dostu olarak farklı su stratejilerini bölüştürmede ve yaratılan senaryoları değerlendirmede kullanılmaktadır. WEAP diğer programlardan su yönetimine politik yaklaşım getirmesiyle ayrılabilir.

Çoğu bölge zorlu kullanılabilir su yönetimi mücadeleleriyle karşı karşıyadır. Sınırlı su kaynaklarının tahsisi, çevresel nitelikler ve devam ettirilebilir su kaynakları kullanımı artan endişe verici konulardır. Bilinen arza yönelik simülasyon modelleri her zaman yeterli olmamıştır. Su geliştirmeye olan karma yaklaşım ekosistemin korunması, su kalitesi konuları ve ayrıca talep odaklı sorunlar su tedarik projeleri olan yerlerde ortaya çıkmaktadır. WEAP su kaynaklarının planlanması için pratik bir araç olarak bu değerleri birleştirmeyi amaçlar.

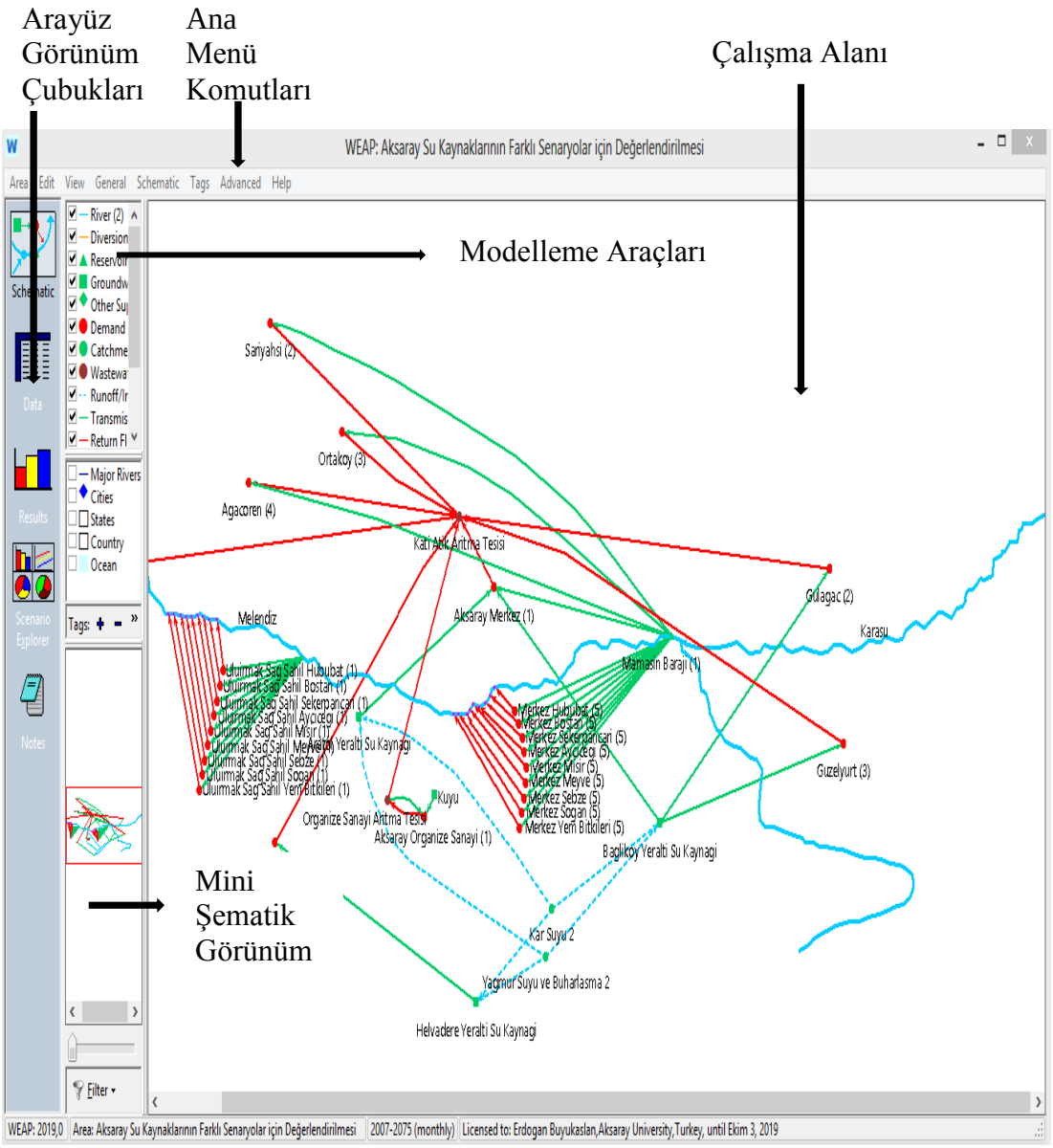
WEAP çözücü denkleminde talep yerleri, arz yerleri, kullanıcı modelleri, verimlilik özellikleri, suyun yeniden kullanımı, rezervuarlar, yeraltı suyu, akarsu akışı, talep taraflı su kullanım deseni, hidroelektrik enerji talebi, tedarik yönüyle talep edilen gıdaların tahsisi ve su transferleri bulunmaktadır. Bu program yönetim stratejilerini, alternatif su kaynaklarını incelemek ve geliştirmek için bir çalışma ortamı sunmaktadır.

WEAP modelinin ilk sürümleri senaryolar yardımıyla su teslimatlarındaki güvenilirlik, yüzey suyu ve yeraltı suyunun sürdürebilirliğini değerlendirmek amacı ile kullanılmıştır. Ayrıca yönetim ve altyapı değişikliklerinde su miktarında meydana gelebilecek etkiler üzerinde de durulmuş olmasına rağmen yağmur suyu ve atık su yönetimi ile ilgili konular ihmal edilmiştir. Yıllar içerisinde güncellenmesiyle beraber artık yağmur ve atık suyu konularını çevreleyen sorunları ele almak ve çözüm bulmak için sık kullanılan bir program haline gelmiştir.

WEAP'a su arz ve talep verileri günlük, haftalık, aylık ve yıllık formatta girilebilmektedir. Çeşitli bir dizi analiz için hem küçük topluluklar hem de büyük yöneticiler tarafından havzalarda su yönetimi yönünden kullanılabilir. Program üzerinde çalışma alanı bir havza üzerinde yapılabileceği gibi daha büyük ve daha küçük seçilen coğrafi bölgede de yapılabilmektedir.

WEAP yetenekli su tasarım projelerinin yerine geçmekten daha ziyade yürütülen bu projelere yardım sağlamak amacındadır. Su arzı ve talebi arasındaki ilişkiyi devam ettirmek için bir sistem sağlamasının yanı sıra aynı zamanda suyun talebi, arzı, akışı, depolaması, boşaltması ve kirliliğine yönelik bir tahmin oluşturur. Su dengeleme hesabı üzerinde işletme yapan WEAP belediyeye ait tarım sistemlerine, tekli alt havzalara veya karmaşık nehir sistemlerine uygulanabilir. Üstelik WEAP sektörel talep analizi, suyun korunması, su hakları, talep öncelikleri, akarsu akış simülasyonu, rezervuar işletmesi, hidroelektrik üretim, kirlilik takibi, ekosistem gereksinimleri ve fayda-maliyet analizlerinin yapılmasında kullanılabilir. Veri tabanı ve detay düzeyi belli bir analizin gereksinimlerini ihtiyaca göre ayarlayabilir. Çözümleyiciler kirlilik oluşumu, su talebi, çevresel gereksinimler, katı atık dönüştürme tesisleri, iletim kanalları, çekilebilecek su miktarları ve çeşitli arz kaynakları (nehir, dere, yeraltı suyu, rezervuar) açısından sistemi temsil eder. WEAP'ın çalışma biçimi sistemin bileşenlerini, sorun yapılandırmasını, mekânsal sınırlamaları ve zaman aralığını kurmaktadır. Güncel hesaplamalar gerçek su talebini, anlık durum göstergesini, su kaynaklarını, kirlilik yüklerini ve sistem için gerekli olan arz noktalarını temsil etmektedir. Temel varsayımlar arzı, talebi, kirliliği ve hidrolojiyi etkileyen önemleri, maliyetleri ve faktörleri göstermektedir.

Şekil 2.1'de WEAP programının ana penceresinin görünümü bulunmaktadır. Ekranın en üst kısmında ana menü komutları, ekranın sol kısmında arayüz görünüm çubukları, modelleme araçları, şematik görünümün minimize edilmiş hali ve ekranın ortasında çizim alanının yer almaktadır.



Şekil 2.1. WEAP programı arayüz görünümü.

2.1.1 WEAP ana menü yapısı

2.1.1.1 Alan menü

Alan menüsü alan oluşturmayı, kaydetmeyi, açmayı ve yönetmeyi sağlar. Ayrıca senaryoları yönetme, yazdırma seçeneklerini ayarlama, WEAP'tan çıkış yapma, kullanıcı bilgilerini girme ve değiştirme, yazılım dilini değiştirme ve bir dosyanın en son edilen 7 kez kaydı arasında birbirine dönüştürme gibi geniş işlemlere erişim hizmeti vermektedir. Alan yönetme seçeneğine tıklanırsa WEAP programının tüm alanları, ilgili planlama süreçleri, son kaydetme zamanları, alanlardaki dosyaların

boyutları ve sıkıştırma seçeneklerinin bulunduğu pencere açılacaktır. Açılan bu pencere yardımıyla oluşturulmuş olan alanları silme, yeniden isimlendirme, yedeğini oluşturma, e-mail gönderme, açma ve kaydetme başlıklı iki farklı şifreleme, tamir etme komutuyla dosyanın veri tabanını onarma ve kontrol etme, daha önce elde edinilen sonuçları silme işlemleri yapılabilmektedir. Yine alan araç komutundaki senaryo yönetme seçeneğine tıklanması durumunda yeni senaryolar oluşturulabilir, oluşturulan senaryoyu kopyalanabilir, yeniden isimlendirilebilir, açıklama eklenebilir ve yine bu bölümden silinebilir. Programda Türkçe dil seçeneği mevcuttur ancak bu seçenek tıklandığında programdaki bütün yazılar Türkçeye dönmez veri girişleri ve girilen verilerin açıklamaları yine İngilizce olarak kaldığından kullanış yönünden pekte tercih edilmez.

2.1.1.2 Düzenleme menü

Düzenleme menüsü kesme, kopyalama, yapıştırma ve geri alma gibi standart Windows düzeltme işlemlerine erişim sağlar. Not olarak da geri alma işlemi bir kereyle ve sadece verilmiş bir metin düzenleme komutu içerisinde yapılması sınırlandırılmıştır. WEAP ne veri tabanını etkileyen bozma işlemlerini ne de çoklu seviyede geri almayı desteklemez. Ayrıca düzenleme komutundan yeni veri giriş sekme eklemesi veya olan özellikleri düzenleme, programa girilen bütün verilere tek komut ile yazılı olarak ulaşma, girilen verileri Excel'e taşıma veya Excel'e girilmiş olan verileri programa yükleme ve otomatik hesaplama işlemleri yapılabilmektedir.

2.1.1.3 Görünüm menü

Görünüm menüsü WEAP sistemindeki beş temel görünüş çubuğu arasında geçiş yapmaya olanak tanır. Ayrıca bu kontrol aracından ekranın sol kısmında yer alan beş temel görünüş çubuğunu gizleme ve gösterme işlemi yapılabilir. Eğer görünüm çubukları gizlenmiş (ekranda boş yer açabilmek için) ise görünümü değiştirmek için ekranın üst kısmında yer alan ana görünüm menüsü kullanılmalıdır.

2.1.1.4 Genel menü

Genel menü su kalitesi bileşenlerini modellemeye ve analiz için kullanılan zaman aralıklarını düzenlemeye, değiştirmeye ve temel parametrelere erişime olanak tanır.

Ayrıca kullanıcılar talep noktalarının aynı mı yoksa farklı varyasyonlara sahip olup olmayacaklarını yine bu menüden belirleyebilirler.

2.1.1.5 Şematik menü

Çeşitli biçimlendirme işlemleri şematik görünümde mevcuttur. Kullanıcı alan sınırları, talep noktalarının büyüklüğü ve etiketin üzerindeki değişiklikler, tüm objeleri gizleme ve gösterme, talep veya arz noktalarında önceliklerin görünüşlerini değiştirme bu bölümden rahatlıkla ayarlanabilir. Ayrıca vektörel ve ızgara coğrafi bilgi sistemi tanımlı katmanlar oluşturmaya, arayüze çizilen nesneleri sabitlemeye, arka fonu gizlemeye veya açmaya yardımcı olmaktadır.

2.1.1.6 Ağaç menü

Ağaç menüsü ekranın solundaki veri simgesine tıklanırsa ortaya çıkar. Bu menü düzenlemek ve idare etmek için kullanılır. Bu menüdeki işlemler yeni dallar eklemeye, silmeye, taşımaya, yeniden adlandırmaya ve kurmaya olanak tanır.

2.1.1.7 Sık kullanılanlar menü

Sadece sonuçlar ana menü düğmesine tıklanınca ortaya çıkan sık kullanılanlar menüsü tüm eksenler için grafik türlerini ve biçimlendirmelerini ayarlayan sık kullanılanlar bölümüne grafiği kaydetmeye izin verir. Bu özellik internet tarayıcılarındaki sayfa bulucu özelliğiyle paydaş bir şekilde çalışmaktadır. Farklı sonuçlara genel bakış oluşturmaya yönelik favori grafik gruplandırması bu bölümden yapılabilir. Grafiği sık kullanılan olarak kaydet seçeneği kullanılarak vurgulanmış grafikler işaretlenebilir. Kayıtlı bir favoriyi silmek için favori silme seçeneği kullanılmalıdır. Grafik türleri üzerinde birçok biçimsel değişiklik yapmaya imkân tanır. Görsel etkinliği arttırması ve kolay kullanıma olanak vermesi yönünden önem taşımaktadır.

2.1.1.8 Araştırma menü

Senaryo araştırma görünümündeki sonuçları ve verileri tüm yönleriyle sergilemeyi ve biçimlendirmeyi kapsar.

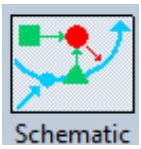
2.1.1.9 Yardım menü

Yardım menüsü WEAP'ın yardım sistemindeki arama sayfalarına, dizinlere ve içeriklere erişim hakkı verir. Eğer her ne zaman istenirse istensin kısa yol olarak F1 tuşuna basılarak ekranda yardım menüsü kolay bir şekilde açılabilir. Yardım menüsü ayrıca WEAP web sitesine erişime ve program yetkililerinden teknik destek rica eden bir e-mail göndermeye olanak tanır. Bu özelliğin talep edilebilmesi için bilgisayarda Microsoft Outlook veya Netscape Navigator (Netscape Yazılımı) gibi Messaging Application Programming Interface (MAPI, Mesaj Uygulama Program Arayüzü) gibi uyumlu e-mail sistemlerinin yüklü olması gerekir. SEI ile mail, fax veya telefon yoluyla iletişime geçmek istenirse hakkında ekranında iletişim bilgileri mevcuttur. Yükseltmeler için interneti kontrol et adlı işlemde otomatik olarak internet üzerinden WEAP programının daha yeni sürümlerinin kontrolü yapılıp bilgisayara yüklenebilir. Sistemin kapsamlı sürümünü indirmek veya yeniden yüklemek yerine daha küçük ebatta bir yükleme gerektiren bir yazılım güncellemesi daha çok tercih edilen bir metottur. Eğer o anda internet bağlantınız aktifse WEAP programının başlatılması anında daha yeni sürümünün olup olmadığı otomatik olarak program tarafından kontrol edilmektedir. Yardım menüsü program üzerindeki anlaşılması zor kısımlara çözüm bulmak için kullanılabilecek etkin bir menüdür.

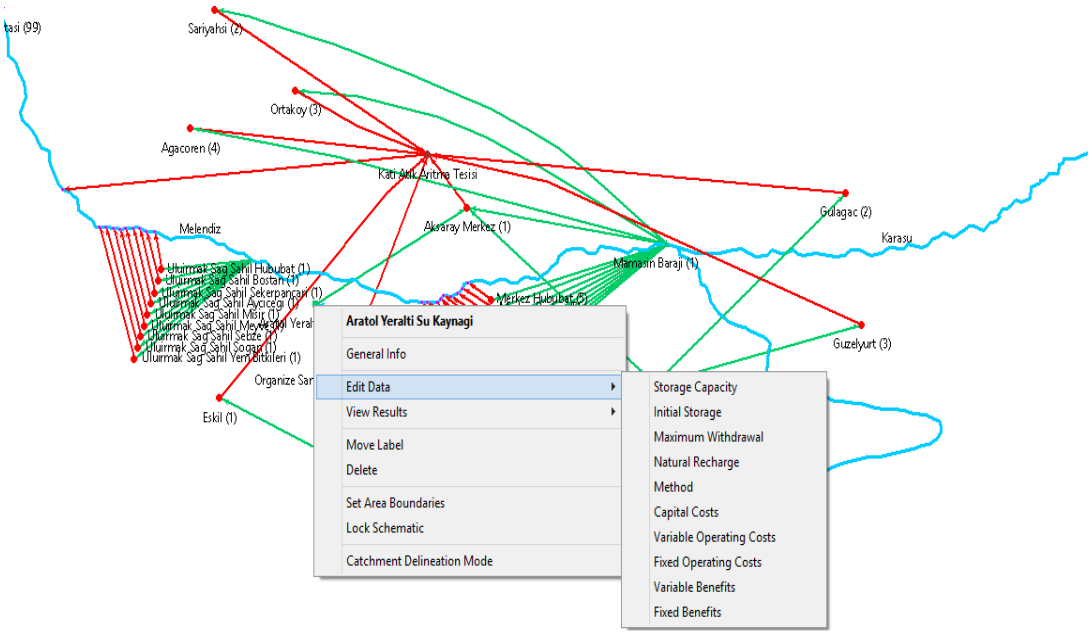
2.1.2 Arayüz görünüm çubukları

WEAP programındaki arayüzde beş farklı komut simgesi yer almaktadır. Bu görünüşler ekranın sol tarafında konumlandırılmış olan görünüş çubuğu bölümünde grafiksel simgeler halinde listelenmiştir. Görünüşlerden herhangi birini seçmek için görünüş çubuğuna tıklamak yeterli olacaktır. Görünümlere tıklanmadan önce eğer sistemde veya senaryolarda herhangi bir değişiklik yapılırsa program yapılmış olan değişiklikleri otomatik olarak hesaplayacaktır. Ancak sonuç görünüm çubuğuna geçtikten sonra yapılan değişiklikler var ise programı tekrardan analiz etmek gerekmektedir. Aksi takdirde yapılmış olan değişikler program içerisine aktarılmamış kabul edilir. Bu beş görünüm çubuğunun detaylı açıklamalarına aşağıda yer verilmiştir.

2.1.2.1 Şematik görünüm çubuğu



Şematik görünüm programdaki tüm çizimlerin yapıldığı başlangıç noktası olarak tanımlanabilir. Sudaki arz ve talebin fiziksel özelliklerini görselleştirmek ve tanımlamak için kullanılan grafiksel arayüzün sahip olduğu "sürükle ve bırak" mantığı WEAP programının önde gelen bir özelliğidir. Bu uzamsal katman şematik olarak adlandırılır. Coğrafi bilgi sistemi tabanlı dosyalar havzaların belirginliğini ve görsel etkinliğini vurgulamak amacıyla bu bölüme eklenebilir. Bu arayüzde çizilen şekillerin üzerine sağ tıklayarak veri girişi ve düzenlemesi, sonuçları görüntüleme, taşıma ve silme gibi işlemler rahatlıkla yapılabilir. Şekil 2.2'de program üzerinde şematik görünüm ekranı ve ekran üzerinde yeraltı su kaynağında sağ tıklayarak kısa yol düğmelerine erişimin yapıldığı durum gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Şematik görünüm.

Şematik görünüm aktif olduğunda ekranda modelleme yapmak için kullanılabilecek modelleme araçları ortaya çıkmaktadır. Modelleme araçlarının açıklamalarına aşağıda yer verilmiştir.

Modelleme komutları

Nehir

Akarsu oluşturmaya yarayan bu komutta iki akarsuyu birleştirmek için yeni akarsuyu çizerken önceden çizilmiş olan akarsuyun üzerine gelindiğinde çift tıklayarak birleştirme işlemi sağlanabilir ve üzerine çeşitli modelleme araçları (rezervuar, akış gereksinimleri gibi) konularak işlem yapılabilir.

Saptırma

Suyu bir nehirden başka bir noktaya veya bir kanal içerisine ayırmak için kullanılır. Bu saptırmalar kendiliğinden oluşmuş bir nehir, akarsu kolu veya akış olarak düşünülebilir.

Rezervuar

Nehir üzerindeki depolama alanlarını temsil eder. Bir nehir üzerindeki rezervuar noktası talep noktalarında ve akarsu akışında kullanılmak veya hidroelektrik üretimiyle benzeştirmek üzere direkt olarak serbest bırakılabilir.

Yeraltı suyu

Depolama kapasitesi ve doğal yeniden dolumu içeren doğal bir su kaynağı noktası olarak işlev görür.

Diğer arzlar

Bu nokta WEAP modelinde var ise suyu havzalar arasında transfer edebilme olanağı vardır.

Talep noktası

Talep noktası dağıtım yapılacak tanımlı bir bölgeyi veya tedarik noktalarından çekilecek suyu paylaştıran bir dizi su kullanım platformu şeklinde programa tanımlanmıştır.

Havza

Bir havza yağış, buharlaşma, kar ve buzun birikmesi veya erimesi, akış, sulama ve verimli tarım alanı veya tarım alanı olmayan bir durumun tanımlanabileceği kullanıcı tanımlı şematik bir alandır. Şematik görünümde bir havza oluşturulduğu zaman tarım alanı olup olmadığını soran bir pencere açılmaktadır.

Akış-sızma kanalları

Akış-sızma hatları suyu havzalardan yeraltı suyuna, rezervuarlara ve nehirlere taşıyan iletim kanallarıdır. Havza akışı ve sızması toprak nemini arttıran buharlaşma ve kayıplar tarafından tüketilemeyen toprak nemi, tarım, buzun veya karın erimesi ya da yağışlardan elde edilen sudur. Havza akışı ayrıca bir nehrin başlangıç akımı olarak da tasarlanabilir. Yağış ve sızma iletim hatları bir yeraltı suyundan bir diğerine yeraltı akış modeli oluşturmak amacıyla bağlanabilir.

İletim kanalları

İletim kanalları yüzey sularını yeraltı suyu ve arz noktalarından talep noktalarına talepleri karşılamak amacıyla iletirler. Ayrıca iletim kanalları talep noktaları ve atık su arıtma tesisindeki atık suyu diğer talep noktalarına yeniden kullanılması için iletebilir.

Atık su arıtma tesisi

Atık su arıtma tesisi talep noktalarından alınan sudan kirlilikleri ortadan kaldırır ve daha sonra arıtılmış olan temiz suyu talep noktalarına, arz noktalarına ve nehirlere iletir. Bir atık su arıtma tesisi birçok talep noktasından kirli suyu bünyesine alabilir.

Geri dönüş akım kanalları

Talep noktalarında tüketilemeyen su atık su arıtma tesisine veya yeraltı suyuna direkt olarak taşınabilir. Dönüş iletim kanalları dönen akımın yüzdece miktarı girilerek belirlenir. Herhangi bir değer girilmezse program tarafından giden suyun tamamının geri döndüğü kabul edilir.

Nehir hidroelektrik çalışması

Nehir hidroelektrik çalışma düğüm noktası çeşitli akarsu akışından hidroelektrik üretmeye odaklanır. Ancak nehir başlangıç akımı sabittir.

Akış gereksinimi

Akış gereksinimleri düğüm noktası su kalitesini karşılamak için bir saptırma noktası veya nehir üzerindeki bir noktadaki minimum iç akış gereksinimleri olarak tanımlanır.

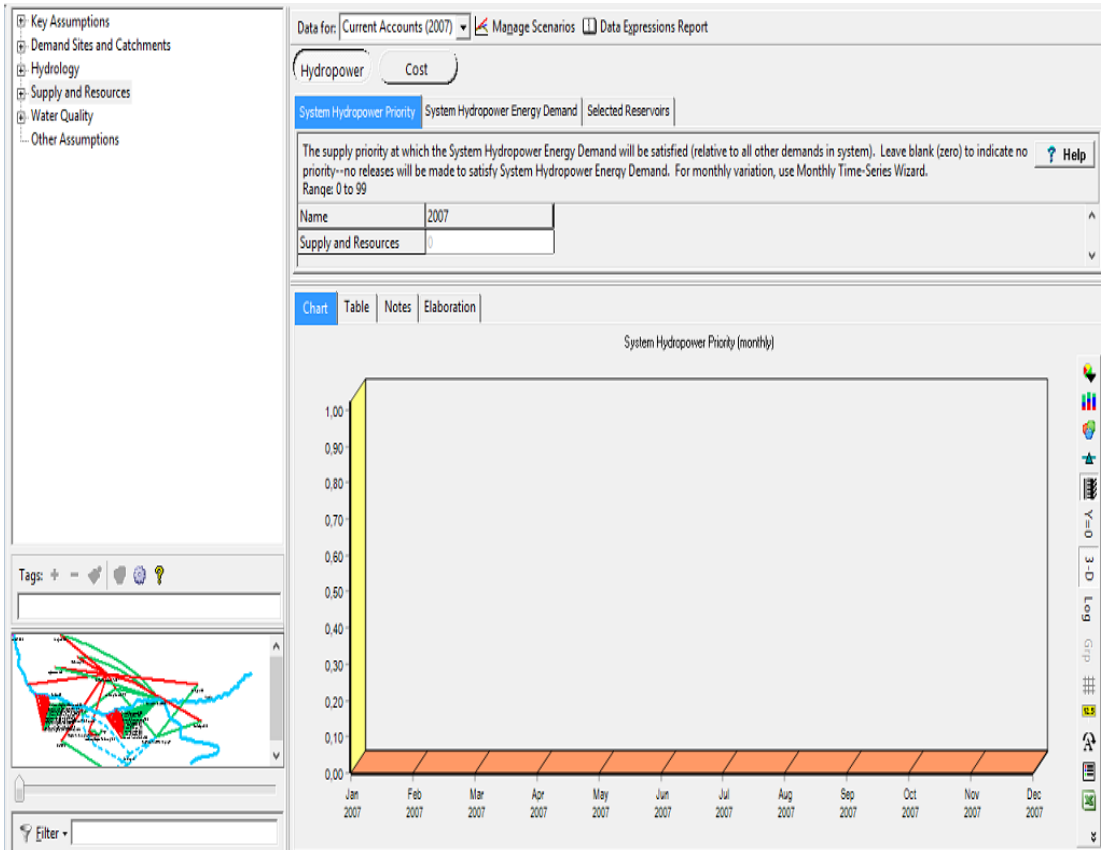
Akarsu akış ölçü aleti

Akarsu akış ölçü aleti düğüm noktası elde edilmiş asıl akarsu akışını temsil eden bir noktada ve nehir üzerinde konumlanmıştır ve nehirdeki simülasyon akışlarını kıyaslamak için kullanılır.

2.1.2.2 Veri görünüm çubuğu

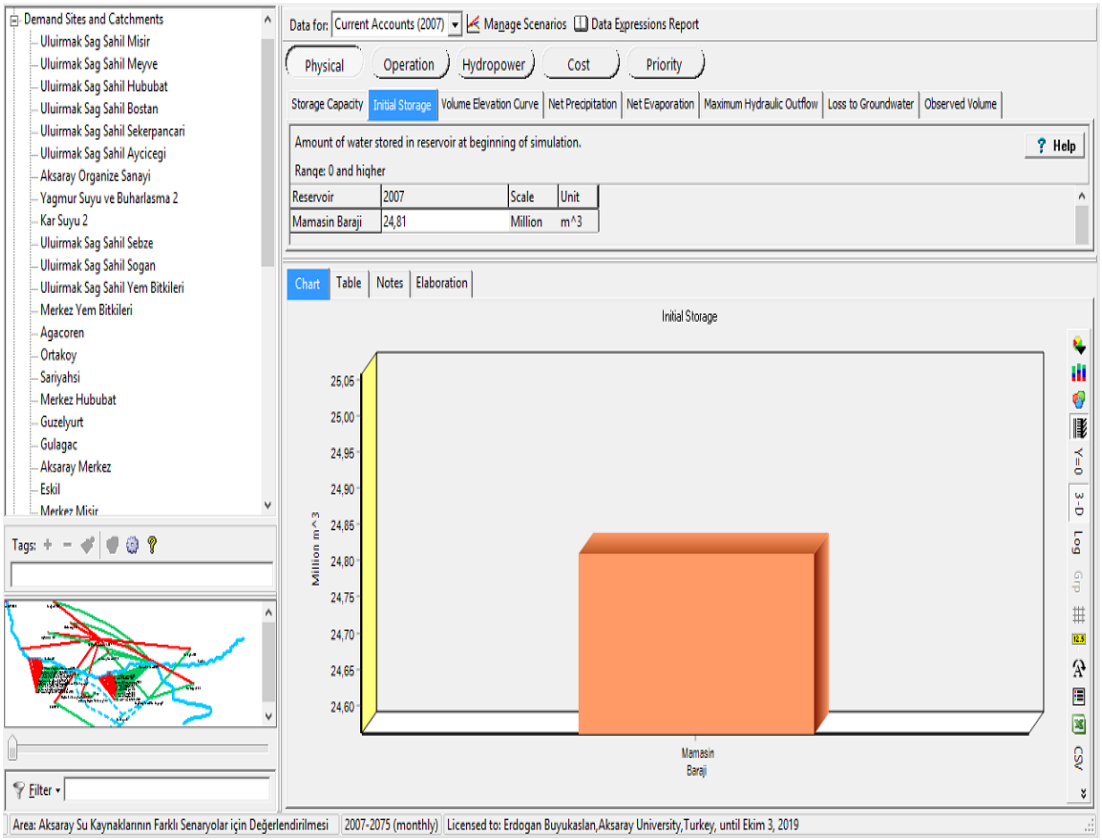


Veri görünüm çubuğu WEAP programındaki veri yapısının, modellemelerin ve varsayımların oluşturulabileceği bir yerdir. Veri görünüş çubuğuna tıklandığı anda ekran dört bölüme ayrılır. Şekil 2.3'te veri giriş görünümünün en genel hali yer almaktadır. Hiyerarşik bir dallandırma bölümü olan ekranın sol üst kısmında anahtar varsayımlar, talep noktaları ve havzalar, hidroloji, arz ve rezervuarlar, su kalitesi ve diğer varsayımlar olmak üzere altı temel veri yapısını düzenlemeye ve oluşturmaya yarayan bir dallandırma sistemi bulunmaktadır. Ayrıca bu dallandırma düzenlenen verileri seçmeye de imkân tanımaktadır. Örneğin ekranın solundaki talep noktalarının yer aldığı dal kısmına tıklanırsa, şematik görünümde oluşturulan bütün talep noktaları için veri giriş sekmesi açılacaktır. Şematik görünümde herhangi bir nesneye tıklandığı zaman dal bölümünde hemen onun benzerlerinin bulunduğu nokta açılmaktadır. Ekranın sol alt kısmında modelin şematik kurulumunun küçük bir görüntüsü yer almaktadır. Buradan sınırlanan alanı büyültme, küçültme ve filtreleme işlemleri yapılabilmektedir.



Şekil 2.3. Veri giriş görünümü.

Ekranın sağ üst kısmında seçilen noktanın verilerini girmeye ve düzenlemeye yarayan bir veri giriş tablosu yer almaktadır. Ayrıca bu bölümden oluşturulan senaryolar arasında geçiş ve senaryolar üzerinde çeşitli düzenlemeler yapılabilir. Şekil 2.4'deki gibi şematik görünümden bir rezervuar açıldığı zaman ekran penceresine fiziksel, işletim, hidroelektrik, su kalitesi, maliyet ve öncelik bölümleri açılmaktadır. Fiziksel bölüme tıklandığında rezervuarın depolama kapasitesi, başlangıç depolaması, kot-hacim eğrisi, net buharlaşma, maksimum hidrolik çıkış akımı, yeraltına sızan su ve gözlemlenen hacim bölümleri gelmektedir. Buraya girilen veriler ekranın sağ alt kısmında grafik, tablo, notlar ve detaylar şeklinde de görüntülenebilmektedir. Grafiklerin çeşidini, renklerini ve biçimlerini istenildiği şekilde ayarlamaya yarayan birçok komut da ekranın sağ alt kısmına konumlandırılmıştır.

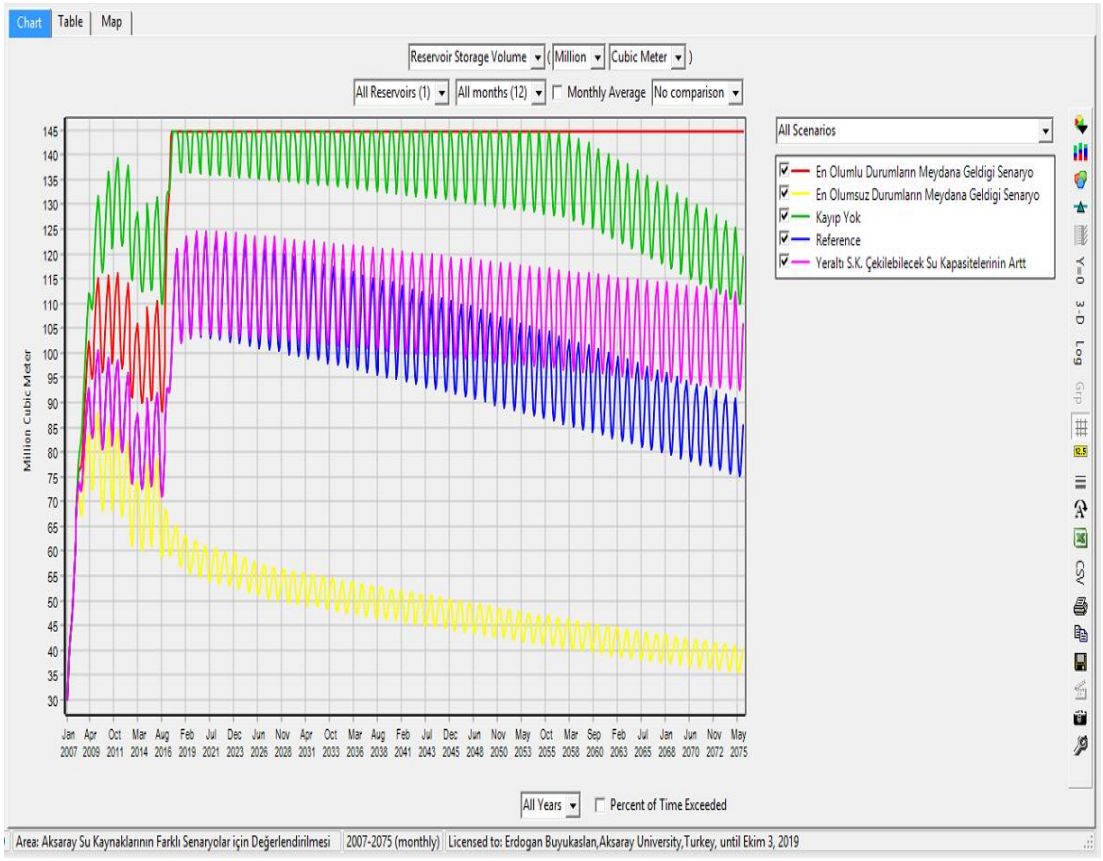


Şekil 2.4. Mamasın barajı veri giriş ekranı.

2.1.2.3 Sonuçlar görünüm çubuğu

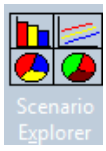


Sonuçlar görünümü talep, arz ve çevresel yüklemeler gibi birçok noktanın çok geniş bir yelpazede çeşitli grafik ve tablolar halinde sergilendiği bir bölüm olarak tanımlanabilir. Bu bölümde bir veya birkaç senaryo için kişiye özel oluşturulmuş olan çıktılar görüntülenebilmektedir. WEAP programında sistem hesaplaması için gerekli olan bütün verilerin girilmesinden sonra sonuçlar görünümüne tıklanıp sistemi çalıştırarak tüm sonuçları görüntülemek mümkündür. Yine bu bölümde programın temin ettiği sonuçlara grafik, tablo ve haritalar halinde aylık-yıllık ortalama veya toplamları şeklinde erişmeye ve elde edilen diğer sonuçlarla karşılaştırmaya olanak tanınmıştır. WEAP programının en etkileyici özelliği olan çok çeşitli grafiksel çıktılar (3-D, 2-D, pasta, alan, Y=D ve logaritmik dağılım gibi) bu bölüme konumlandırılmıştır. Sistem tarafından elde edilmiş olan sonuçlar çeşitli formatlarda Excel dosyalarına aktarılabilmekte veya yazıcıdan yazdırılabilmektedir. Şekil 2.5' de bu görünüm sergilenmektedir.



Şekil 2.5. Sonuçlar görünümü.

2.1.2.4 Senaryo araştırmacı görünüm çubuğu



Senaryo araştırmacı görünümü önceden sonuçlar görünümünde oluşturulmuş olan favori grafikleri eş zamanlı olarak sergilemek ve bir arada gruplandırmak amacıyla kullanılır. Sistemdeki talep, akış, kapsam, depolama seviyesi, çevresel etkiler ve maliyetler gibi çok önemli yönlere bakış açısı oluşturmaya yardımcı olur. Bu bölümde 25 farklı favoriye kadar çoklu bir genel değerlendirme oluşturulabilmektedir. Senaryo araştırmacı görünümü sonuçların bir arada gösterilmesine ilaveten birçok farklı senaryo üzerinde sonuçların çeşitli politik ve varsayımsal etkilerini ispat etmeye yardımcı olur ve seçilen verileri ekran penceresinde sergiler. Programa girilen çeşitli veriler bu bölümden arttırılabilir veya azaltılabilir. Bu bölümde veriler üzerinde bir değişiklik yapıldığında sonuçlar görünümüne gitmeden Şekil 2.6' da yer alan otomatik hesapla butonuyla yeniden hesaplama işlemleri yapılabilir.

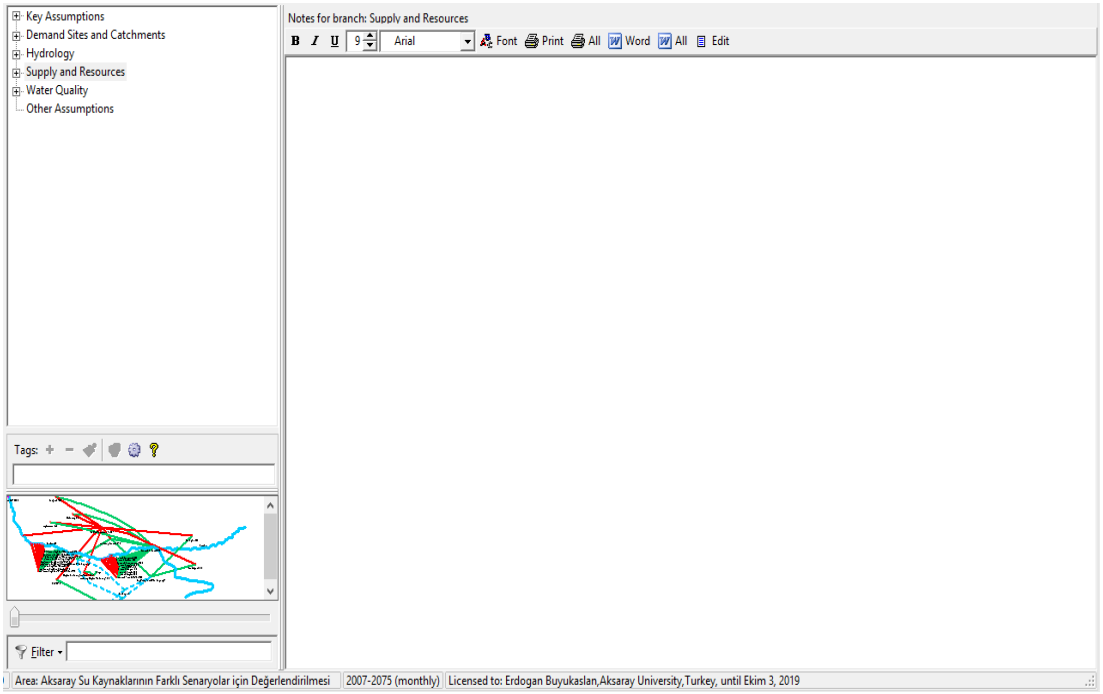


Şekil 2.6. Senaryo araştırmacı görünümü.

2.1.2.5 Notlar görünüm çubuğu



Not görünümü, daldaki her bir şube için referansların girilebileceği ve belgelendirmenin yapılabileceği basit bir kelime işleme aracıdır. Notları girmek için direkt açılmış olan pencere kullanılabilir veya bu kısımdaki düzenleme butonuna tıklayarak verileri daha geniş bir ekran yardımıyla Windows komutlarındaki gibi yazı renklerinin, kalınlıklarının, büyüklüklerinin ayarlaması yapılarak girilebilir. Bu bölümde yazı biçimini ayarlayabilmek için font, çıktı alabilmek için yazdır, girilen notların belirli bir kısmını veya tümünü Word dosyasına aktarabilmek için ise Word simgeleri bulunmaktadır. Şekil 2.7'de sunulan bu özelliklerin her bir senaryo için kapsamlı bir şekilde kullanılmasının yararlı olacağı öngörülmektedir.



Şekil 2.7. Notlar görünümü.

2.1.3 Senaryolar

Senaryo analizleri WEAP'ın en önemli özelliğidir. Programda ilk olarak güncel hesaplama senaryosu oluşturulur. Ardından ekonomik, hidrolojik, teknolojik eğilimler ve çeşitli referanslar yardımıyla kurulan referans senaryosu yer almaktadır. Bu iki senaryoya ek olarak daha sonra yaşanacak gelişmeler ve varsayımlar dikkate alınarak birçok senaryo yaratılabilir. Tüm yaklaşımlar su yöneticilerinin ve politikacıların finansal karar almadaki duygularını güvence altına almak ve planlama sürecinde etkileyiciliği sağlamak için senaryoların üzerine kurulmuştur.

Yaratılan senaryo "ne olabilir?" gibi bir soruya karşılık olarak;

a) Eğer nüfus artışı ve ekonomik gelişme örüntüsü değişirse ne olur?
b) Eğer hazne işletme kuralları değiştirilirse ne olur?
c) Eğer yeraltı su kaynakları tümüyle tükenirse ne olur?
d) Eğer su kaynaklarını koruma programları uygulanırsa ne olur?
e) Eğer ekosistemi koruma standartları sıkılaştırılırsa ne olur?
f) Eğer artık yüzeysel suların yeraltı akiferinde depolanmasını öngören bir bileşik su kullanım programı uygulanırsa ne olur?

g) Eğer suyun geri dönüştürülerek tekrar kullanılmasını amaçlayan bir program uygulanırsa ne olur?
h) Eğer daha verimli sulama teknikleri kullanılırsa ne olur?
i) Eğer tarımsal ürün deseni değişirse ne olur?
j) Eğer iklim değişikliği talep ve arzı değiştirirse ne olur?
k) Membadaki kirliliğin mansaptaki suya etkisi ne olur?
l) Arazi kullanımındaki değişimlerin akımlar üzerindeki etkisi ne olur?

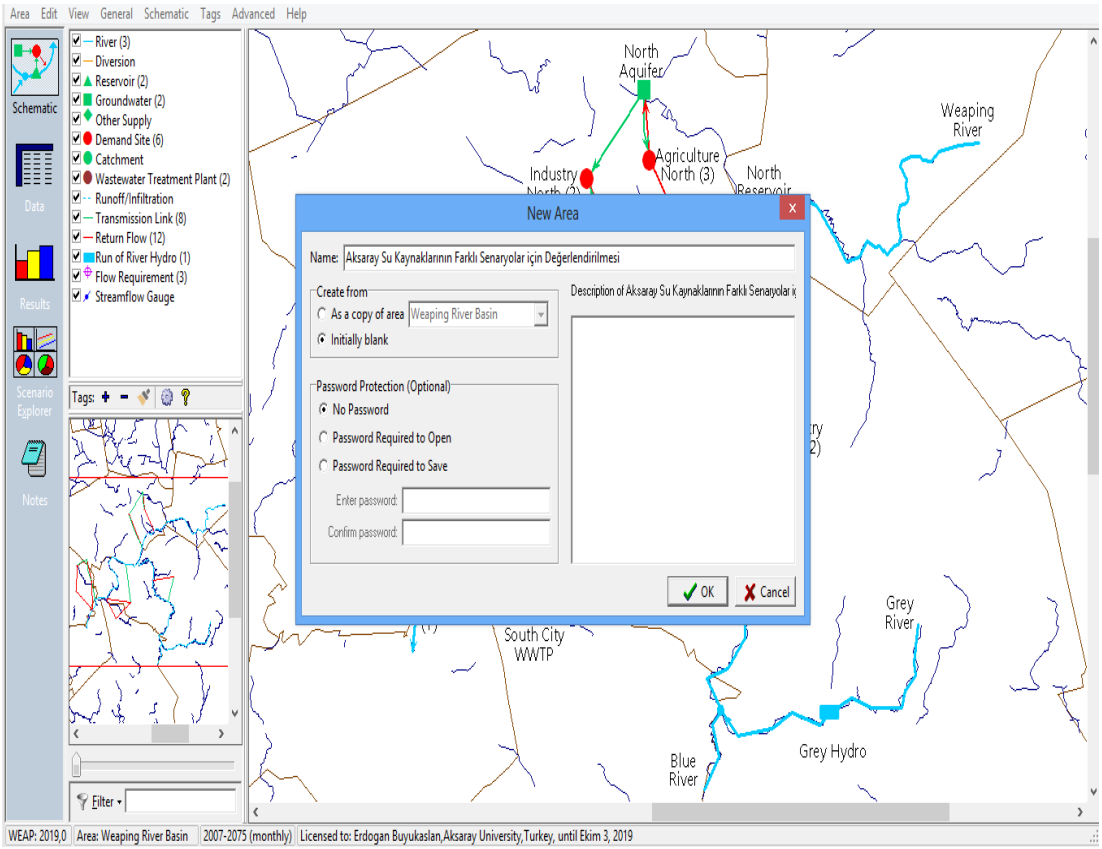
Bu gibi birçok senaryo aynı anda yaratılabilir ve birbiriyle eş zamanlı olarak karşılaştırılabilir. Senaryolar güncel hesaplamaların üzerine kurulu olup gelecekte suyun kullanım ve kullanılabilirlik ilkelerini veya varsayımlarla alternatif etkileri keşfetmeye olanak tanımaktadır. Sonuç olarak senaryolar su yeterliliği, maliyet ve yararlılık, çözüm değişkenlerindeki belirsizlik, duyarlılık ve çevresel hedeflerle uyumluluk açısından değerlendirilmektedir [30].

2.1.4 WEAP programında analiz kurmak

Bir alan oluşturmak için, bilinmeyen çalışma alanı su kalitesi ve maliyet parametreleri, hidrolojik model, birimler, çalışma zaman aralığı, su arz-talebi ve bunların konuma göre değişen ilişkilerini içeren fiziksel unsurlar tanımlanarak nitelendirilir. Su arz ve talep sistemlerinin fiziksel özelliklerini canlandırmak ve katman vermek için kullanılan grafiksel arayüz "sürükle ve bırak" kolay kullanım mantığıyla çalışan merkezi bir özelliktir. Bu konumsal katmanların açıklamasına daha önce tanımlaması yapılan şematik menüde yer verilmiştir.

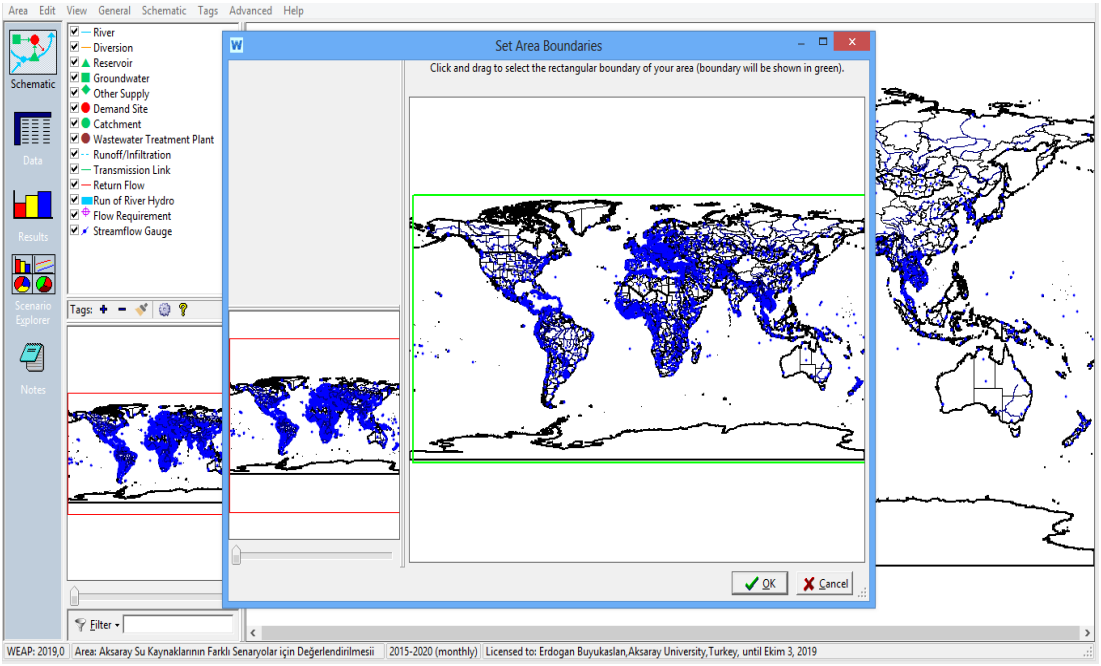
WEAP programında tipik bir nehir havzası olan coğrafi alan bağımsız veri ve varsayım grubu olarak tanımlanır. Veri, güncel hesaplamalar ve herhangi bir alternatif senaryonun içine ayrılmıştır. Programdaki alan tanımı kimi zaman bir veri kümesi olarak da değerlendirilebilir. Bir alan için gerekli olan tüm dosyalar WEAP veri yöneticisinde bir bütün olarak tutulur. Bir çalışma alanı politik veya coğrafi sınırlamalar tarafından belirlenen bir grup talep noktası olabileceği gibi ayrıca nehir havzası veya yeraltı suyu akiferi gibi belli bir su tedarik sistemi olarak da tanımlanabilir. Bu durumların ilkinde talep noktalarına odaklanılırken diğerinde bölgenin su tedarik durumuna odaklanılmaktadır. Ancak diğer geriye kalan durumlarda, bir çalışma alanı olarak hem talep noktaları grubu hem de belli bir nehir

sistemini birlikte tasarlamak gerekmektedir. Çalışma alanı sınırları, hidrolojik tedarik sistemi içerisindeki su arzları tarafından karşılanan bitişik talep noktalarına veya çalışma alanı dışındaki noktalara suyun getirilmesi veya götürülmesi gibi özellikleri içermesi amacıyla sert hidrolojik alan sınırlarının tanımından daha esnek olması gerekmektedir. Analizi başlatabilmek için ilk olarak ana menüdeki alan bölümünden yeni alan oluştur komutunu kullanarak veya program üzerinden kısa yol tuşuna (Ctrl+N) basarak yeni bir alan oluşturulmalıdır. Bu komutlardan herhangi birinin uygulanmasıyla Şekil 2.8'deki açılan alan sekmesinden oluşturulacak olan çalışma alanını isimlendirme, daha önce programda yapılmış bir çalışma alanının kopyasını yaratma veya yeni bir çalışma alanı yaratma işlemleri yapılabilmektedir. Ayrıca bu bölümde oluşturulacak olan alanda, çalışma alanına açıklama girme veya parola koyma gibi ilave işlemler de sunulmaktadır. Parola koyma işlemi açarken parola istesin veya kaydederken parola istesin şeklinde iki farklı biçimde verilmektedir.



Şekil 2.8. WEAP programında yeni bir alan kurma.

Alan oluşturma işleminin tamamlanmasının ardından Şekil 2.9'da gösterildiği gibi havza sınırlamasının seçilmesinin istendiği pencere açılmaktadır. Buradan çalışma alanının yürütüldüğü coğrafi bölge seçilerek alan oluşturma işlemi sonlandırılır. Daha sonra nehir, talep-arz noktaları, yeraltı suyu, rezervuar, iletim-geri dönüş kanalları gibi modelleme araçları kullanılarak program üzerinde arzu edilen model oluşturulabilir.



Şekil 2.9. Havza sınırlarının seçilmesi.

2.2 Çalışma Alanı

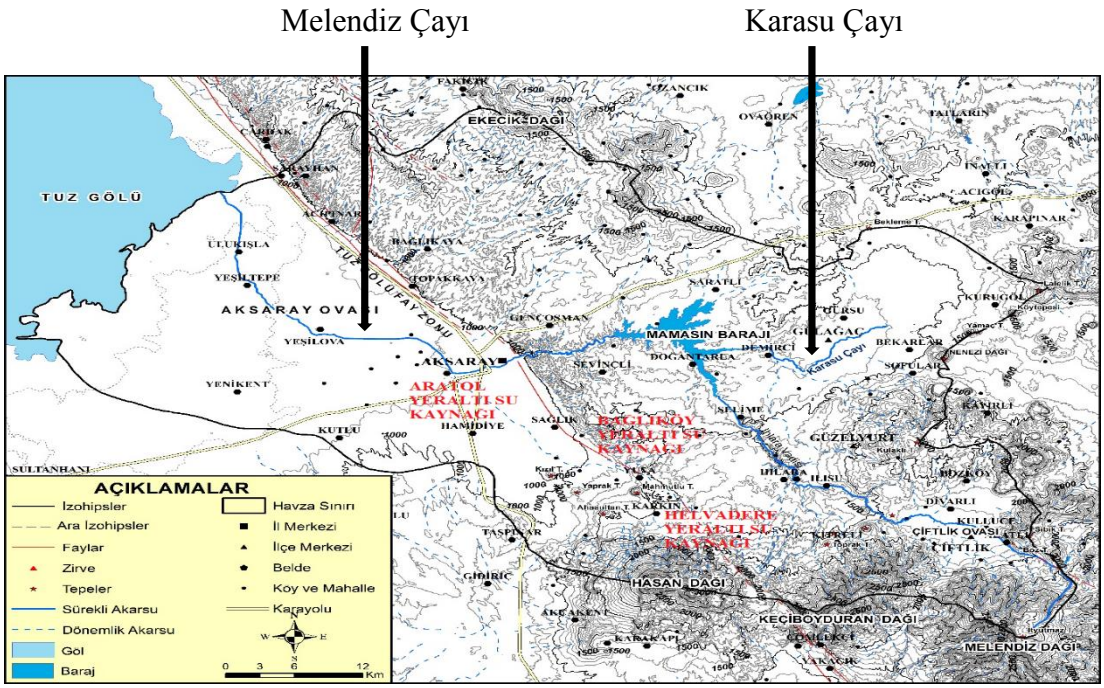
2.2.1 Melendiz çayı

Aksaray ili topraklarında Ihlara Vadisini oluşturan akarsudur. Antik çağlardaki adı Potamus Kapadukus (Kapadokya Irmağı)'dır. Melendiz Çayı, Tuz Gölü Kapalı Havzası içerisinde 565.2 km^2'lik bir alana sahip olan havzadan oluşmaktadır. Melendiz Çayı, Göllü Dağı'nın batısından akışa başlar, Mamasın Barajı'nı geçtikten sonra Tuz Gölü'nde son bulmaktadır. Uzunkaya, Kızılkaya, Selime, Yaprakhisar, Zığa, Belisırma, Ihlara, Ilısu, Yenipınar, Sivrihisar, Kitreli, Mahmutlu, Şeyhler, Kula, Ovalıbağ, Bozköy, Asmasız, Sultanpınar Kasabaları ile Çiftlik ilçesi havzanın önemli yerleşim yerleridir. Şekil 2.10'da Melendiz Irmağı'nın genel görünümü sergilenmektedir.



Şekil 2.10. Melendiz çayı.

Melendiz Çayı ve çevresi su kaynakları bakımından çevresine göre fakir durumdadır. Bölgenin en büyük hidrografik unsurunu Şekil 2.11'deki Melendiz Çayı ve yan kolu durumundaki Karasu Çayı oluşturmaktadır. Bölgede yaşanan yarı kurak iklim ve tarımsal kullanımlarla birlikte sürekli olarak akarsular yaz aylarında kuruma noktasına gelmektedir [31].



Şekil 2.11. Melendiz ve karasu çayının bulunduğu havzanın topografya haritası [16].

Melendiz Çayı oluşturduğu havzanın güney kesimindeki Melendiz Dağı andezitlerinden çıkan küçük debili birçok dere ve kaynaktan oluşmaktadır. Akarsu birçok kaynak suyu ile beslenmektedir. Melendiz Çayı, Konya Kapalı Havzasında bulunmasından dolayı andoreik (içe akışlı) saha görünümündedir. Melendiz Çayı'nın yukarı mecraları dağlık bir araziye sahip olduğundan dolayı fazla yağış almaktadır. Aşağı kesimleri ise bozkır sahaları olduğu için yağış az, buharlaşma ve sızma yüksek olup akım bu bölümde gittikçe zayıflar. İlkbahar mevsiminde yağışların artması ve karların erimesiyle Melendiz Çayı'nın akım miktarlarının arttığı Çizelge 2.1'de gözlemlenmektedir. Ayrıca Çizelge 2.1'de Konya Havzasındaki Melendiz-Selime adlı D16A098 istasyon numaralı Aksaray Güzelyurt konumunda ve $38^0 17' 51''$ enlemi ile $34^0 16' 9''$ boylamı arasında kalan akım gözlem istasyonunda 2007-2016 yılları boyunca akarsuda gözlemlenen aylık akım miktarları verilmektedir. Aynı AGİ'dan 1976-2016 yılları arasında gözlemlenen yıllık toplam ortalama akım miktarı 66.4 hm^3'tür.

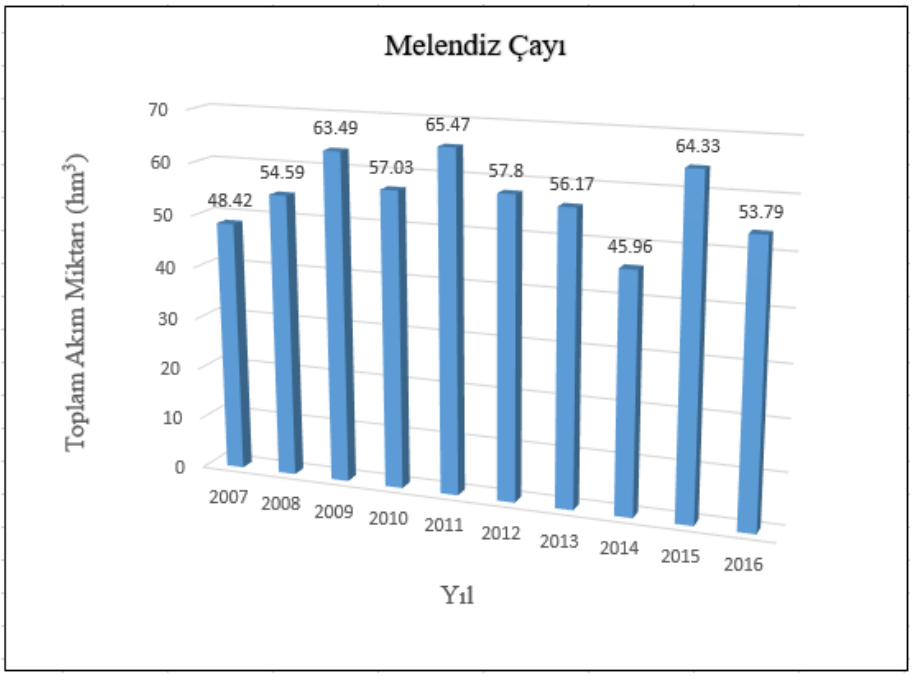
Çizelge 2.1. Melendiz çayının aylık akım miktarları (2007-2016, hm^3).

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
2007	4.73	6.15	5.17	5.72	7.56	2.35	1.48	1.53	1.6	3.01	5.1	4.0
2008	3.69	3.51	14.0	7.64	4.38	1.98	1.65	1.51	1.59	2.54	6.7	5.4
2009	3.56	4.48	9.32	14.6	13.3	4.0	2.14	1.72	2.04	2.67	3.2	2.5
2010	7.45	8.69	10.5	7.15	4.77	2.16	1.76	1.55	1.49	3.06	4.0	4.4
2011	3.72	4.19	7.62	13.0	12.4	5.12	2.75	1.59	1.62	2.79	3.5	7.1
2012	4.03	3.29	7.03	13.8	13.0	2.5	1.34	1.38	1.49	2.57	3.4	3.9
2013	4.37	5.45	9.68	10.8	8.15	2.16	1.77	1.65	1.68	2.67	3.1	4.6
2014	3.92	3.47	6.69	3.93	5.06	6.07	2.05	2.01	2.87	2.94	3.4	3.5
2015	3.73	4.49	13.0	9.56	8.16	11.2	1.41	0.7	1.88	3.56	2.9	3.7
2016	5.56	5.56	5.29	7.45	7.28	4.5	2.98	2.39	2.72	2.66	3.2	4.1

Melendiz Çayı'nın uzunluğu ortalama 60 km ve akım yönü güneydoğudan kuzeybatıya doğrudur. Ortalama eğimi %2.5'tir. Bu az olan ortalama eğim oranı Melendiz Çayı'nın kıvrımlar çizerek ve yan kollara ayrılarak akmakta olduğunu göstermektedir. Melendiz Çayı, özellikle Ilısu'daki ve Ihlara Vadisi içerisindeki akışı sırasında eğim kırıkları boyunca küçük çavlardan oluşmaktadır. Melendiz Çayı'nın akış gösterdiği Ihlara Vadisi kısmı, Kapadokya turizm bölgesi içerisindedir. Vadi ve çevresinin jeolojik oluşumu itibariyle doğal güzelliklerin ve çevre kirliliğinin araştırılabilmesi amacıyla, 21/11/1990 tarih ve 20702 sayılı resmi gazetede yürürlüğe

giren kanunla, Ihlara (Kapadokya) özel çevre koruma bölgesi olarak ilan edilmiştir. Bu kanuna göre Ihlara Vadisi'nin coğrafi koordinat sınırları belirlenmiştir. Melendiz Çayı'nın akarsu yatağındaki alüvyon birikimine bağlı olarak kimi yerde kollara ayrılır. Selime Köyü'nde en geniş alan boyunca akmaktadır. Melendiz Çayı'nın en büyük kolunu Göğüs Deresi oluşturmaktadır. Ayrıca Melendiz Çayı'nın taşıdığı ölü alüvyonların havzanın belli bir kısmına yığılması sonucu oluşan alüvyal çökeller üzerinde yöre halkı küçük bahçeler halinde ziraat yapmaktadır. Bu durum özellikle Çiftlik ilçesinde kendini çok fazla belli etmektedir [32].

Melendiz Çayı kar, yağmur ve kaynaklar ile beslenen bir akarsudur. Ana besleyici ve doğurucu faktör kaynaklar olduğu için her mevsim beslenmektedir. Bu özelliğinden dolayı nispeten düzenli bir akarsu özelliği göstermektedir. Yağmurların arttığı ve kar erimelerinin gözüktüğü bahar aylarında akım artmakta, sıcaklığın arttığı ve yağışların çok azaldığı yaz aylarında ise akım miktarları düşmektedir. Ancak yaz aylarında kaynaklar devreye girer ve akarsu akımının aşırı derecede azalmasına engel olur. Ancak bu akarsu özelliğini taşımayan mevsimlik akarsular bu dönemlerde tamamen kurumaktadır. Şekil 2.12'de Melendiz Çayı'nda 2007-2016 yılları boyuna AGİ tarafından ölçümlenen yıllık toplam akım miktarları gösterilmektedir [33].



Şekil 2.12. Melendiz çayı yıllık toplam akım miktarları (2007-2016, hm^3).

2.2.2 Karasu çayı

Karasu Çayı Şekil 2.11'deki konumda yer almakta olup, Aksaray iline bağlıdır. Karasu Çayı toplamda 75.6 km^2'lik bir alana sahiptir. Coğrafi konumu $38^0 17' 59''$ kuzey enlemi ile $34^0 1' 59''$ doğu boylamı koordinatları arasında bulunmaktadır. Şekil 2.13 Karasu Çayı'nda çekilmiş olan bir görüntüyü resmetmektedir.

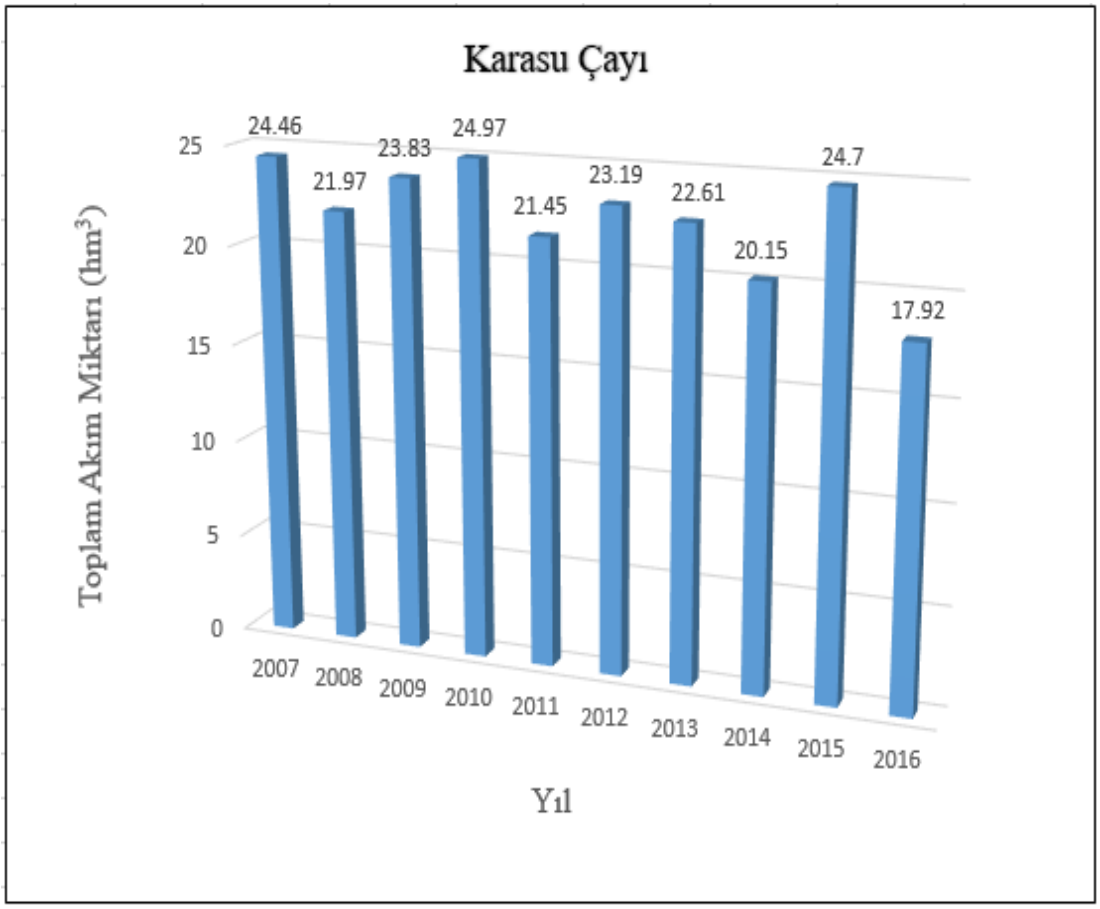


Şekil 2.13. Karasu çayı.

Çizelge 2.2 Konya Havzasındaki Karasu-Demirci adlı D16A080 istasyon numaralı Aksaray Demirci konumunda ve $38^0 23' 19''$ enlemi ile $34^0 16' 47''$ boylamı arasında kalan AGİ tarafından 2007-2016 yılları süresince akarsuda gözlemlenen aylık akım miktarlarını vermektedir [33]. Aynı AGİ'den 2007-2016 yılları arasında ölçümlenen yıllık toplam akım miktarları Şekil 2.14'de gösterilmektedir. Ayrıca 1976-2016 yılları arasındaki yıllık toplam ortalama akım miktarı 51.9 hm^3 olarak belirlenmiştir. Çizelge 2.2'den Karasu Çayı'nın akım miktarlarının yaz ve sonbahar mevsimleri boyunca kuruma seviyesine kadar geldiği, kış ve sonbahar mevsimlerinde ise akım miktarlarının arttığı gözlemlenmektedir. Ancak yaz aylarındaki seviye bakılarak ilerleyen küresel ısınma ile birlikte akarsu için ciddi tehditlerin meydana geleceği yorumu da yapılabilmektedir [33].

Çizelge 2.2. Karasu çayının aylık akım miktarları (2007-2016, hm^3).

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
2007	3.53	3.46	3.83	3.46	1.2	0.22	0.1	0.08	0.1	2.0	3.19	3.3
2008	3.29	3.11	3.56	2.96	0.45	0.52	0.63	0.34	0.3	0.84	2.65	3.3
2009	3.19	3.07	3.54	3.47	1.66	0.31	0.72	0.32	0.4	1.4	2.55	3.1
2010	3.79	3.65	3.93	3.16	0.95	0.74	0.26	0.18	0.2	1.48	3.27	3.4
2011	2.67	2.64	3.11	3.24	1.29	0.66	0.34	0.09	0.1	1.87	2.6	2.8
2012	3.07	3.13	3.9	2.94	1.85	0.74	0.45	0.33	0.3	1.07	2.47	2.9
2013	3.36	3.0	3.28	3.49	1.13	0.38	0.27	0.23	0.2	1.26	2.68	3.3
2014	2.98	2.61	3.0	2.25	0.42	0.6	0.32	0.21	0.7	1.32	2.75	2.9
2015	2.63	2.75	3.46	3.34	1.44	2.26	0.81	0.34	0.2	1.94	2.75	2.8
2016	2.6	2.61	2.92	1.61	1.05	0.81	0.51	0.35	0.5	0.91	1.75	2.3



Şekil 2.14. Karasu çayı yıllık toplam akım miktarları (2007-2016, hm^3).

2.2.3 Mamasın barajı

Aksaray'ın 12 km doğusundaki Melendiz Çayı üzerine kil çekirdekli kaya dolgu tipinde yapılmış olan baraj şehrin sulama ve içme suyuna hizmet vermek amacıyla kullanılmaktadır. Mamasın Barajı ilk yapıldığında 21420.45 hektar (ha) tarım

arazisinin sulanması hedeflenmiştir. Ancak günümüzde bu hedef geçilerek 24854 ha'lık bir tarım arazisi sulanmaktadır. Mamasın Barajı'nın inşasına 1957 yılında başlanmış olup 5 yıllık süren bir çalışma ile DSİ tarafından 1962 yılında tamamlanmıştır. Şekil 2.15 Mamasın Barajı hazne yüzeyinin genel görüntüsünü sunmaktadır.



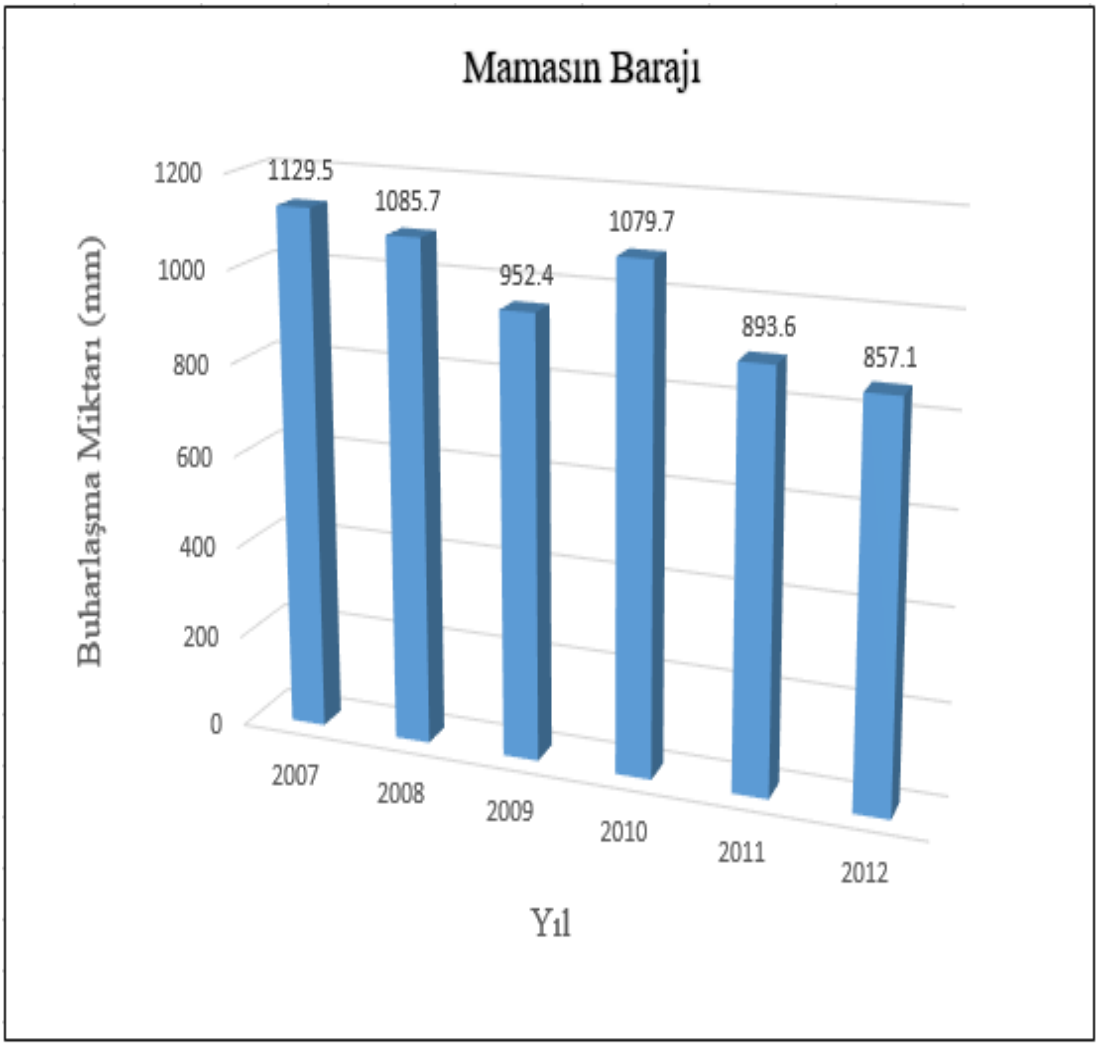
Şekil 2.15. Mamasın barajı hazne yüzeyi.

Mamasın Barajı'nı besleyen Melendiz ve Karasu Çayı'nın su potansiyeli de Aksaray ili için önemli birer kaynaktır. Melendiz Çayı'nın membası, Ihlara-Ilısu-Belisırma-Selime güzergâhından çıkıp Doğantarla konumunda Mamasın Barajı'na dökülmektedir. Karasu Çayı ise Gülağaç güzergâhından başlayarak Çatalsu konumunda baraja dökülmektedir. Mamasın Barajı bölgenin en büyük içme su kaynaklarından biri olup, buradan alınan su belli bir fiziksel ve kimyasal arıtmadan sonra şehir kullanımına verilmektedir. Mamasın Barajı'nın depolama kapasitesi 154.61 hm^3'tür. Mamasın Barajının karakteristik özellikleri Çizelge 2.3'de bulunmaktadır [34].

Çizelge 2.3. Mamasın barajının karakteristik özellikleri [34].

Mamasın Barajı	
Havza	Konya kapalı havzası
İl-ilçe	Merkez-Aksaray
Akarsu	Uluırmak-Melendiz-Karasu
Tip	Kil çekirdekli kaya dolgu
Amaç	Sulama-içme
Yağış alanı (km^2)	1440.0
Kret kotu (m)	1110.15
Kret Uzunluğu (m)	182.0
Talvegden yüksekliği (m)	38.0
Temelden yüksekliği (m)	48.4
Aktif hacim (hm^3)	144.60
Ölü hacim (hm^3)	10.01

Mamasın Barajı kaya dolgu tipinde bir baraj olduğundan dolayı kaya dolgu barajların özelliklerini anlamanın önemli olacağı düşünülmektedir. Kaya dolgu barajlar en büyük baraj dolgu kesitinin en az yarı malzemesi dökülmüş veya sıkıştırılmış kaya parçalarından oluşan dolgu barajlardır. Temel zemini kaya, sıkışmış kum ve çakıl olabilir. Kaya dolgu barajlarda gövde, dökme veya sıkıştırılmış kaya parçalarından yapılır ve barajın dayanıklılığı bu kısım tarafından sağlanır. Geçirimsizlik ise gövde içinde veya memba yüzeyinde öngörülen bir diyafram (geçirimsiz perde) ile temin edilir. Gövde içinde geçirimsizlik genellikle kil çekirdek şeklinde öngörülür. Bazı özel hallerde beton, çelik, asfalt veya ahşap kullanılır. Yüzey kaplaması ise genellikle asfalt-beton veya beton plaklar şeklindedir. Barajın iskeletini oluşturan kaya malzemesinin içsel sürtünme açısı daha büyük olmasından dolayı toprak dolgu barajlara göre daha dik yapılabilirler. Kaya dolgu barajlar büyük miktarda kullanılabilecek kaya malzemesinin mevcut olduğu veya kazılardan temin edildiği yerlerde, beton barajların yapılamadığı taşıma gücü düşük zeminlerde, inşaat süresinin kısa olması istenen yerlerde ve yükseltilmesinin kolay bir şekilde sağlanması istenen durumlarda ekonomik olurlar [7]. Şekil 2.16'da Mamasın Barajı hazne yüzeyinden 2007-2012 yılları boyunca atmosfere katılan yıllık toplam buharlaşma miktarları gösterilmektedir. AGİ istasyonlarının bölgede ölçtüğü buharlaşma değerleri hazne yüzeyinden meydana gelecek buharlaşma değerlerine karşılık gelebilmesi için 0.7 değerinde düzeltme katsayısı ile çarpılarak düzenlenmiştir. Çizelge 2.4'te barajın 2008 yılına ait kot (m)-hacim (hm^3) eğrisinin aylık olarak değişimi bulunmaktadır [34].



Şekil 2.16. Mamasın barajı hazne yüzeyinde meydana gelen yıllık toplam buharlaşma miktarları (2007-2012, mm).

Çizelge 2.4. Mamasın barajı kot-hacim eğrisi (2008, m-hm^3).

Ay	Kot (m)	Hacim (hm^3)
Ocak	1092.81	24.81
Şubat	1094.21	29.71
Mart	1095.30	34.42
Nisan	1097.98	51.73
Mayıs	1095.71	37.06
Haziran	1090.53	16.84
Temmuz	1086.10	7.67
Ağustos	1085.96	7.40
Eylül	1085.93	7.35
Ekim	1086.10	7.82
Kasım	1087.64	10.56
Aralık	1089.68	14.38

2.2.4 Yeraltı su kaynakları

Aksaray ilinin içme su potansiyeli mevsimlere göre değişiklikler göstermekte olup, şehir yılda ortalama 12.1 hm^3 su tüketmektedir. Aksaray ili içme suyu ihtiyacını dört ayrı kaynaktan temin etmektedir. Bunların üçü yeraltı su kaynağı olup diğeri de önceden değinilen yüzeysel su kaynağı olan Mamasın Barajı'dır. Bu yeraltı su kaynakları; Bağlıköy, Aratol ve Helvadere'dir. Aksaray ilinin su ihtiyacının yaklaşık olarak %40'ı Mamasın Barajı'ndan, geriye kalan %60'ı ise bu yeraltı su kaynaklarından sağlanmaktadır. Çizelge 2.5 yeraltı su kaynaklarının Aksaray Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nün 2015 yılında yayılmış olduğu çevre durum raporundan alınan verilerin derlenmesiyle oluşturulmuştur.

Çizelge 2.5. Aksaray ilinin yeraltı suyu potansiyeli.

Kaynağın ismi	Kapasite (m^3/yıl)
Bağlıköy yeraltı su kaynağı	7898153
Helvadere yeraltı su kaynağı	1313453
Aratol yeraltı su kaynağı	490000

Bağlıköy yeraltı su kaynağı, Şekil 2.11'de Aksaray'ın güneyinde ve Aksaray'a 15 km uzaklıkta bulunan Bağlıköy'ün hemen girişinde yer almaktadır. Helvadere yeraltı su kaynağı, Şekil 2.11 Aksaray ilinin güneybatısında ve Aksaray iline 37 km uzaklıktaki Helvadere kasabasında bulunmaktadır. Aksaray il merkezinin ilk içme ve kullanma su kaynağı olan Helvadere yeraltı su kaynağı, 1953 yılında şehrin büyük bir kesimine hizmet vermeye başlamıştır [35]. Aksaray Belediyesi ile yapılan görüşmeler neticesinde Çizelge 2.6'da bulunan yeraltı su kaynaklarından günlük çekilebilecek su miktarları elde edilmiştir.

Çizelge 2.6. Yeraltı su kaynaklarından günlük çekilebilecek su miktarları.

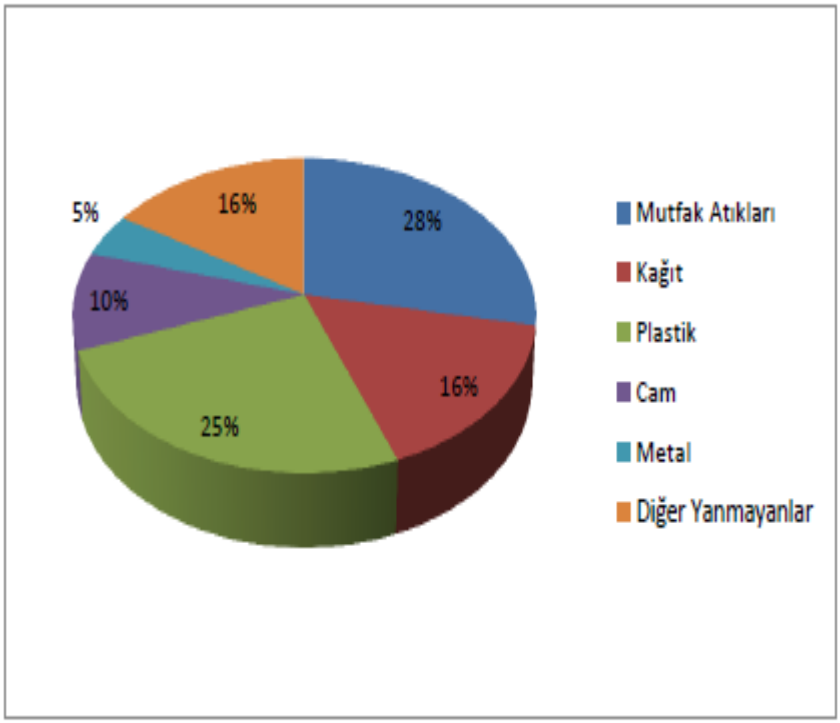
Kaynağın ismi	Maksimum su miktarı (lt/s)
Bağlıköy yeraltı su kaynağı	300
Helvadere yeraltı su kaynağı	60
Aratol yeraltı su kaynağı	16

2.2.5 Arıtma tesisleri

Aksaray ilinde bir tane katı atık arıtma tesisi, üç adet de içme ve kullanma suyu arıtma tesisi bulunmaktadır.

2.2.5.1 Katı atık bertaraf tesisi

Aksaray ilinde toplanan ortalama katı atık miktarı yaz aylarında 247 ton/gün, kış aylarında ise 213 ton/gün civarındadır. Bu iki değerin ortalama yaklaşık olarak 240 m^3/gün'e tekabül etmektedir. Aksaray ilinde bir adet katı atık depolama tesisi bulunmakta olup Merkez İlçe Somuncubaba Mahallesi (109.Cadde) adresinde yer almaktadır. Tesis 108000 m^2'lik bir alanda 910000 m^3 katı atık depolama tesisi ile faaliyet göstermek üzere inşa edilmiştir. Aksaray'ın katı atık arıtma tesisinin düzenli depolama sahasının yapım işi tamamlanmış ancak henüz faaliyete geçirilmemiştir. İldeki katı atıklar halen Tuzlu konumunda bulunan alanda düzensiz ve gelişigüzel bir şekilde depolanmaktadır [36]. Tesisteki atık maddelerin ve bu atık maddelerin bulunuş yüzdeleri Şekil 2.17'de gösterilmektedir.



Şekil 2.17. Aksaray ilindeki katı atık kompozisyonu [36].

2.2.5.2 Kılıçaslan içme suyu arıtma tesisi

Arıtma tesisine ham su, Mamasın Barajı'ndan 55 m kot farkıyla 12 km uzunluğunda 700 mm çaplı çelik boruyla gelmektedir. Tesisin en büyük avantajı ham suyun cazibeyle gelip, arıtılan suyun tekrardan cazibeyle şehir depolarına iletilmesidir. Arıtma tesisi kapasitesi maksimum 42000 m^3/gün olup, giriş ve kaskat havalandırma (kademeli olarak sudaki oksijen seviyesini yükselten) yapısı, mekanik temizlemeli ince ızgara, hidrolik karıştırma ünitesi, yukarı akışlı blanket tip durultucular (çöktürme), hızlı kum filtreleri, arıtılmış su tankı, kimya binası ve idari binadan oluşmaktadır [36].

2.2.5.3 Bağlıköy arsenik arıtma tesisi

Bünyesinde demir klorür dozlaması ve basınçlı kum filtresi esasına dayalı arsenik arıtma tesisi, manevra odası, ham su deposu, ham su ve geri yıkama terfi istasyonu, basınçlı kum filtreleri, kimya binası, klorür binası, temiz su deposu, otomasyon odası ve jeneratör ünitelerinden oluşmaktadır [36].

2.2.5.4 Koçpınar arsenik arıtma tesisi

Helvadere yeraltı su kaynağının suyunu arıtan arıtma tesisi, Koçpınar Köyü'nde demir klorür dozlaması ve basınçlı kum filtresi esasına dayalı olarak kurulmuştur. Tesisin sahip olduğu çalışma üniteleri Bağlıköy Arsenik Arıtma Tesisi ile tamamen aynıdır [36].

2.2.6 Aksaray organize sanayi

Aksaray Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü (OSBM) elektrik, doğalgaz, inşaat-imar, çevre (atık su-park bahçe işleri-laboratuvar), itfaiye, güvenlik, muhasebe ve insan kaynakları birimleriyle 565 parsellik bir alanda %61 doluluk oranı ve 67 personel ile 315 yatırımcıya hizmet vermektedir. Aksaray OSBM başlıca gıda, tekstil, makine, tarım ve ambalaj sanayisinde faaliyetlerini yürütmektedir [37].

Aksaray organize sanayi bölgesi (OSB) suyunu yeraltı su kaynaklarından temin etmekte olup günlük yaklaşık 638750 m^3 su tüketimi gerçekleştirmektedir.

Bünyesinde kendisine ait bir adet arıtma tesisi bulunmakta ve günlük 1500-2000 m^3 civarında su arıtımı yapmaktadır.

Aksaray OSB arıtma tipi olarak kimyasal arıtma sistemine sahiptir ve bu ön arıtma olarak kabul edilmektedir. Ön arıtma yapılmadan belediyenin kanallarına atık su verilmesi yasaktır. Belediyenin kanallarına atık su verilebilmesi için kanala iletilen suda belediye tarafından belirlenen atık su parametre değerlerinin karşılanması gerekmektedir. Eğer bu parametre değerlerini karşılamadan su direkt olarak belediyenin kanalına verilirse gerekli şartların ihlal edilmesi gerekçesiyle belediye atık su arıtma tesisini kapatır. Bunun sebebi organize sanayi bünyesinde kaplama, boyama ve yıkama sektöründe hizmet veren işletmelerin geri dönüşüm sularının içerisinde asit, siyanür ve kimyasal boyalar gibi canlı yaşamına ciddi zarar veren kimyasal maddeler bulunmasıdır. Ayrıca belediyenin içme ve atık su kanalları genellikle yeraltında birbirine yakın olması ve kanalların bu kimyasal maddelerle etkileşimiyle çürümesi sonucunda içme ve atık suyun birbirine karışması hem insan yaşamını hem de döküldüğü nehirdeki canlı yaşamını riske atmaktadır. Belediye organize sanayide faaliyet yürüten işletmelerin kanala gönderdikleri suyun pH (hidrojen konsantrasyonunun eksi logaritması) miktarını ölçüp 7 değerinin altında (asit) veya üstünde (baz) olması durumunu inceleyerek en basit şekilde kontrol eder. OSB su ihtiyacını belediyenin temin ettiği sulardan değil bölgedeki kuyulardan temin ettiği için su kullanım ücreti ödememektedir. Ancak kullanılan suyun tahliyesi için belediye kanallarının kullanımı zorunlu olduğundan dolayı atık su ücreti öder. Belediye atık miktarının doğruluğunu tespit edebilmek amacıyla organize sanayinin kuyudan çıkardığı suyun ön kısmına sayaç takar ve kullanılan su kadar atık su ücreti alır.

2.3 Nüfus

Yüzölçümü 7658 km^2 olan Aksaray'ın nüfus yoğunluğu 53/km^2 olarak ifade edilebilir. 2016 yılında 197362'si erkek, 199311'i kadın olmak üzere toplamda 396673 kişi ikamet etmektedir. Aksaray'ın nüfusu 2017 yılına gelindiğinde 5731 kişi artarak 402404 değerine erişmiştir. TÜİK tarafından alınan verilerde 2017 yılı toplam nüfusun 200233'ünü erkeklerin, geriye kalan 202171'inide kadınların oluşturduğu gözlemlenmiştir. Aksaray'ın yıllık nüfus artış hızı 2015-2016 yılları arasında binde 26.3 olarak, 2016-2017 yılları arasında ise binde 14.5 olarak hesaplanmıştır. 2017 yılı TÜİK verilerine göre, Ağaçören'de 8175, Eskil'de 26333, Gülağaç'ta 19244,

Güzelyurt'ta 11275, Merkez'de 300335, Ortaköy'de 32209 ve Sarıyahşi'de 4833 kişi yaşamaktadır. Aşağıda yer alan Çizelge 2.7'de 2007-2017 yılları arasındaki TÜİK nüfus değerleri, Çizelge 2.8'de ise Çizelge 2.7'deki verilerden yola çıkılarak hesaplanmış olan artış ve azalış değerleri verilmiştir [38]. Küçük ilçelerdeki nüfus oranlarının yıl geçtikçe düştüğü ve şehrin merkezine göç etme oranında artış yaşandığı bu iki çizelge üzerinden de anlaşılmaktadır. Aksaray'ın en yoğun ilçesi olan Merkez'e doğru göç artış hızının ilerleyen yıllarda daha da yükselmesi beklenmektedir. Ayrıca Çizelge 2.8 her yıl bir önceki nüfus değerine bölünerek oluşturulmuş bir tablodur ve bu oranlardan faydalanılarak gelecekteki nüfusu tahmini olarak belirlemeye yardımcı olacak sayısal değerler içermektedir. Çizelge 2.8'de ilçelerinin ilk üç harflerinin kısaltması kullanılmıştır.

Çizelge 2.7. Aksaray ili nüfus değerleri [38].

Nüfus	Ağaçören	Eskil	Gülağaç	Güzelyurt	Merkez	Ortaköy	Sarıyahşi
2007	11870	26286	21906	14188	244036	40477	7346
2008	11284	25517	21691	14259	251628	39699	6520
2009	10911	25962	21543	13830	259469	38463	6729
2010	10448	26073	21202	13302	262581	37595	6304
2011	9995	26227	20594	12740	266962	36478	5827
2012	9379	26202	20279	12527	270528	35519	5481
2013	9269	26178	20408	12545	273999	34792	5615
2014	8881	25984	19801	12147	278171	34048	5220
2015	8467	25929	19334	11710	283063	33113	4898
2016	8373	26179	19408	11453	293631	32763	4866
2017	8175	26333	19244	11275	300335	32209	4833

Çizelge 2.8. Aksaray ili nüfus değerlerindeki artış ve azalış miktarları.

	Ağa.	Esk.	Gül.	Güz.	Mer.	Ort.	Sar.
2007-2008	0.951	0.971	0.990	1.005	1.031	0.981	0.888
2008-2009	0.967	1.017	0.993	0.970	1.031	0.969	1.032
2009-2010	0.958	1.004	0.984	0.962	1.012	0.977	0.937
2010-2011	0.957	1.006	0.971	0.958	1.017	0.970	0.924
2011-2012	0.938	0.999	0.985	0.983	1.013	0.974	0.941
2012-2013	0.988	0.999	1.006	1.001	1.013	0.980	1.024
2013-2014	0.958	0.993	0.970	0.968	1.015	0.979	0.930
2014-2015	0.953	0.998	0.976	0.964	1.018	0.973	0.938
2015-2016	0.989	1.010	1.004	0.978	1.037	0.989	0.993
2016-2017	0.976	1.006	0.992	0.984	1.023	0.983	0.993

2.4. Tarım Alanları ve Bitki Su Tüketim Değerleri

Aksaray'daki tarım arazisi sulaması DSİ ve Uluırmak Sağ Sahil Sulama Birliği olmak üzere iki temel kuruluş tarafından yapılmaktadır. Aksaray ilinde yetiştirilen tarım ürünleri sırasıyla arpa, buğday, karpuz, kavun, şekerpancarı, ayçiçeği, mısır, üzüm, armut, elma, kiraz, sivri biber, domates, havuç, salatalık, beyaz lahana, maydanoz, patates, soğan, fiğ ve yoncadır. Bunlar hububat: arpa-buğday, bostan: kavun-karpuz, şekerpancarı, mısır: dane mısır-silajlık-silajlık ikinci ürün, bağ: sofralık-kuru-şaraplık üzüm, meyve: armut-elma-kiraz, sebze: sivri biber-domates-havuç-salatalık-beyaz lahana-maydanoz-patates, soğan, yem bitkiler: yonca-fiğ olacak şekilde gruplandırılmıştır. Yukarıda bahsedilen ziraat ürünlerinin ha başına tükettiği su miktarları Çizelge 2.9'da sunulmaktadır. Çizelge 2.9 2016 yılında Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri adlı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) ve DSİ tarafından yürütülen ortak bir çalışmanın sonucundan yola çıkılarak derlenmiştir. DSİ bu konu hakkındaki çalışmalarını referans bitki su tüketim hesabı, etkili yağış hesabı, sulama suyu ihtiyaç hesabıyla ilgili bilgisayar programının yazılımı konusunda yürütmüştür. Türkiye genellikle bugüne kadar değişik bölgelerde ve farklı bitkilerde TAGEM araştırma enstitülerinde yapılmış sulama araştırmalarından elde edilen bilgilerin derlenmesi, K_c hesaplaması, rehberin yazılı ve elektronik ortamda yayınlamak üzere güncellenmesi çalışmalarını da TAGEM üstlenerek tamamlamıştır [18].

Çizelge 2.9. Aksaray ili tarımsal ürünlerin bitki su tüketim değerleri (m^3).

Bitkisel ürün çeşitleri	Bitki su tüketim değerleri hektar başına m^3 cinsinden
Hububat	5524.5
Bostan	5982.5
Şekerpancarı	9195.0
Ayçiçeği	6700.0
Mısır	5793.6
Bağ	6844.5
Her çeşit meyve	8198.0
Her çeşit sebze	5404.4
Soğan	7502.0
Yem bitkisi	5967.5

Çizelge 2.10 hububat bitki türünün yıl boyunca değişen K_c değerlerini göstermektedir. Bu değer her bitki için farklı olmakla birlikte DSİ'nin bitkisel ürünler hakkında yaptığı çalışma sonucundan yola çıkılarak Excel dosyası ile her bir bitki çeşidi için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Çizelge 2.10. Hububat bitki katsayısı.

Ay	K_c
Ocak	10.57
Şubat	11.98
Mart	13.39
Nisan	14.78
Mayıs	15.05
Haziran	8.67
Temmuz	1.76
Ağustos	0.0
Eylül	0.0
Ekim	7.05
Kasım	7.65
Aralık	9.10

Çizelge 2.11 ve Çizelge 2.12'de Aksaray ilindeki ekilen toplam tarım arazilerinin ha olarak miktarı verilmektedir [39]. Merkez tarım alanında 2007 yılında 11453.4 ha olan sulanabilir tarım arazisi, 2016 yılında 14108.5 ha'lık bir değere erişmiştir. Uluırmak sağ sahil tarım alanında 9395.2 ha olan sulanabilir tarım arazisi, 2017 yılında 12481 ha'lık bir değere eriştiği gözlemlenmektedir. Bu iki çizelge oluşturulurken bitkisel ürünlerin ilk üç harfleri kullanılmıştır.

Çizelge 2.11. Mamasın barajı sulaması merkez tarım alanları (2007-2016, ha).

	Hub.	Bos.	Şek.	Ayç.	Mıs	Mey.	Seb.	Soğ.	Yem.
2007	8120.6	64.6	473	1746.8	207.1	61.1	71.2	0.0	708.6
2008	7966.5	51.4	395	1839.5	353	62.9	81.1	0.0	1096.3
2009	8118.6	47.0	596	3125.4	504.2	79.4	99.4	29.1	1167.4
2010	6934.6	122	873	5208.6	460.8	81.7	109	44.8	905.5
2011	6328.2	98.3	690	5564.6	591.4	75.3	104	74.2	926.0
2012	7425.7	32.6	614	4996.8	665.5	69.7	122	252	958.5
2013	6166.5	37.0	742	5516.5	738.4	74.6	89.8	216.6	811.1
2014	6171.7	27.6	423	4155.1	411.7	70.9	79.6	217.3	1041.1
2015	5709.6	58.9	580	5670	640.3	73.3	91.7	272.6	964.2
2016	5990.1	81.5	561	5246.4	569.3	81.5	85.4	298.2	1194.8

Çizelge 2.12. Melendiz çayı sulaması uluırmak sağ sahil tarım alanları (2007-2017, ha).

	Hub.	Bos.	Şek.	Ayç.	Mıs.	Mey.	Seb.	Soğ.	Yem.
2007	7010.4	64.6	262	1130.9	12.2	61.1	55.0	0.0	798.8
2008	6806.5	51.4	325	1764.5	0.0	62.9	61.1	0.0	1407.3
2009	6918.6	47.0	401	3043.4	0.0	79.4	74.4	29.1	1604.6
2010	5927.1	122	572	4730.6	0.0	78.7	93.6	44.8	1261.3
2011	5560.4	89.3	434	4953.1	0.0	73.8	82.6	74.2	1397.4
2012	6433.2	32.6	399	4271.6	0.0	66.7	107	252.0	1512.0
2013	5832.5	37.0	742	5371.6	734.8	73.5	86.1	216.4	808.9
2014	5694.6	27.6	420	3929.2	411.7	70.9	63.0	217.3	1033.4
2015	5293.1	58.9	580	5390.2	614.9	73.3	77.6	272.6	1556.2
2016	5515.2	81.5	560	4982.3	565.0	81.5	72.1	297.0	1194.6
2017	6959.5	17.5	293	1252.8	541.2	70.7	42.4	411.0	1221.4

2.5. Meteorolojik Veriler

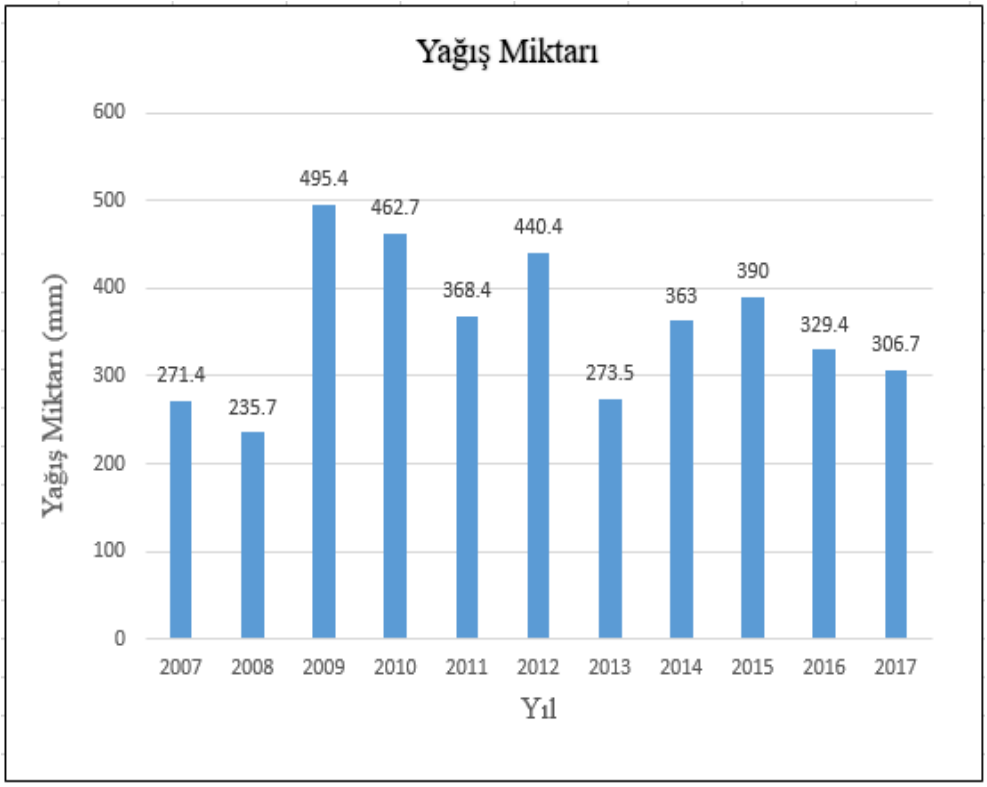
Ülkemizde mevsimler arasında yağış şiddeti sıklıkları arasında farklılıklar olmakla birlikte bunların oransal değerleri büyük bir değişiklik göstermemektedir [40]. Aksaray ili orta iklim kuşağında olup soğuk, kara iklim tipine sahiptir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuktur. Yağışlar genellikle ilkbahar ve kış aylarında görülmektedir. Kar erimeleri ilkbahar aylarında taşkınlar ve toprak kaymaları gibi ciddi tehditlere neden olmaktadır.

Tuz Gölü Havzası çoğunlukla kuzey, kuzeybatı ve doğudan gelen rüzgârların etkisi altındadır. Aksaray ili yarı kurak iklim kuşağında olduğundan dolayı nispi nem değerleri kış aylarında genellikle daha yüksek, sıcaklığın arttığı yaz aylarında daha düşüktür. Aksaray iklim yapısı karasal iklim özelliği göstermekte olup genel olarak kurak bir yapıya sahiptir. Özellikle temmuz ve ağustos ayları en kurak geçen aylardır ve bu aylarda Aksaray ili genellikle en yüksek sıcaklıklarını yaşamaktadır. Yıl içerisinde ocak, şubat, aralık ayları en soğuk aylar olmakla birlikte kar ve yağmur tipinde yağışlar genellikle bu aylarda etkinliğini göstermektedir. Ayrıca bu aylarda en düşük sıcaklık genellikle sıfırın altındadır. Aksaray'ın 1956-2017 yılları arasındaki sıcaklık değerlerinin ortalaması alınarak bu zamana kadar rastlanmış olan ortalama aylık sıcaklıklar Çizelge 2.13'de gösterilmektedir [41].

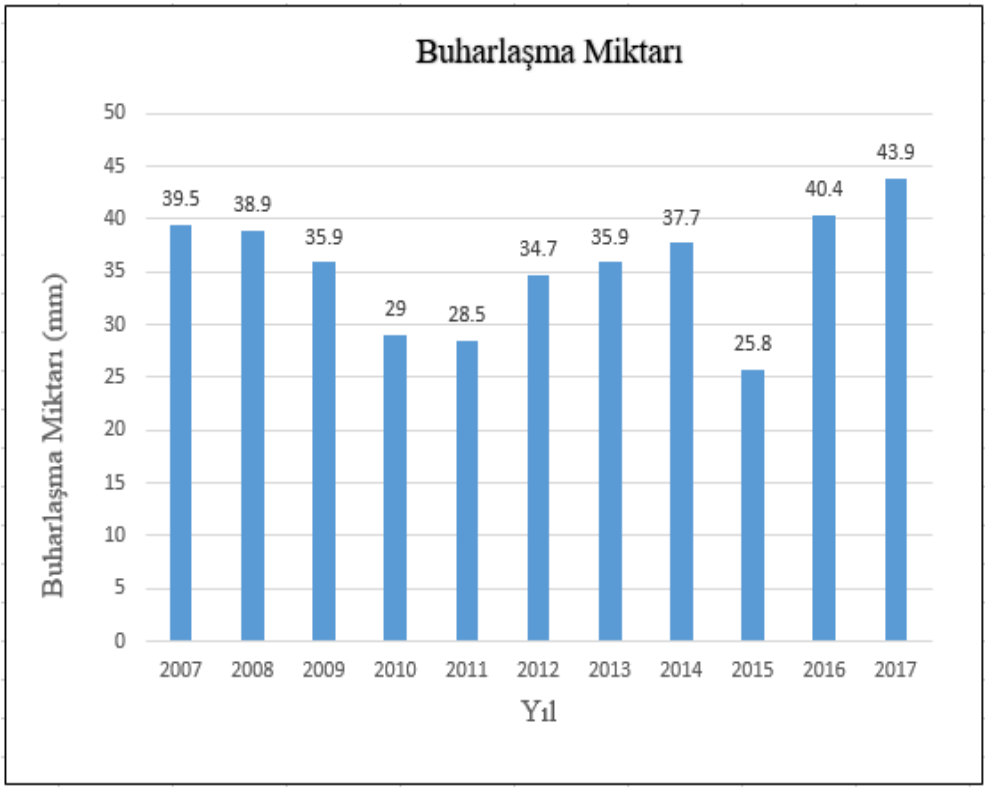
Çizelge 2.13. Aksaray ili ortalama sıcaklıklar (1956-2017 ortalaması, [41]).

Ay	Ortalama sıcaklık (°C)
Ocak	1.0
Şubat	2.6
Mart	7.6
Nisan	12.1
Mayıs	17.0
Haziran	21.4
Temmuz	24.7
Ağustos	24.4
Eylül	19.4
Ekim	13.6
Kasım	7.1
Aralık	2.5

İç Anadolu Bölgesinin en az yağış alan bir bölümünü oluşturan Tuz Gölü Havzası'nın 1980-2017 yılları arasındaki verilere göre ortalama yağış miktarı 343.7 mm olarak belirlenmiştir. Yağış dağılımı bakımından Tuz Gölü Havzası ve Aksaray Ovası kendi içlerinde genel olarak homojen olup ancak yüzey şekillerine bağlı olarak yersel bazı farklılıklar gösterir. Örneğin havzanın güneydoğusunda aşırı bir yükselti teşkil eden Hasan Dağı'nın çevresinde yükselti arttıkça daha fazla yağış alacağı gözlemlenmiştir. Şekil 2.18'de Aksaray'ın 2007-2017 yılları arasındaki yıllık toplam yağış miktarları yer almaktadır. Ayrıca yağış miktarlarında bazı yıllar dikkate değer azalma ve yeniden toparlamalar meydana geldiği Şekil 2.18'deki dalgalanmalardan anlaşılmaktadır. Buharlaşma ile meydana gelebilecek su kayıpları, kapalı kurak havzalarda büyük önem taşır. Bu kayıpların mevcut hesaplama yöntemleriyle doğrudan doğruya saptanabilmesi oldukça güçtür. Bu iş için çeşitli hesaplama yöntemleri geliştirilmiş olmakla beraber, kullanılan faktörlerin farklılığı nedeni ile hesaplama sonuçları arasında büyük ayrılıklar görülebilmektedir. Şekil 2.19'da Aksaray'ın 2007-2017 yılları arasındaki yıllık toplam buharlaşma miktarları verilmiştir [41]. Dünyadaki küresel ısınma ile birlikte ülke genelindeki sıcaklık artışı neticesinde buharlaşma miktarları da artış göstermektedir.

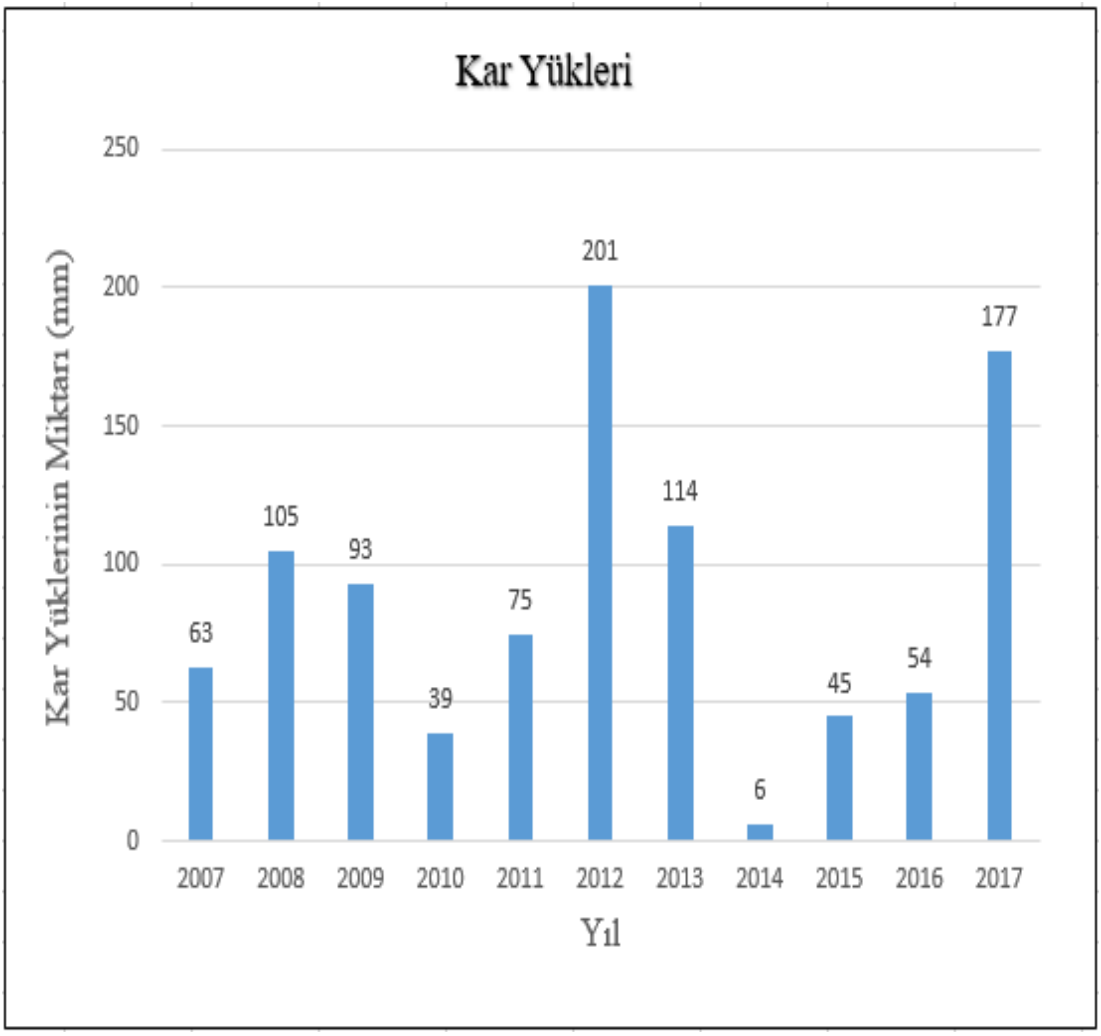


Şekil 2.18. Aksaray ili yıllık toplam yağış miktarları (2007-2017, mm).



Şekil 2.19. Aksaray ili yıllık toplam buharlaşma miktarları (2007-2017, mm).

Bir bölgedeki kar yağışları göz ardı edilmemelidir. Çünkü kar suları yağışlardan sonra yeraltı sularını besleyen en önemli doğal kaynaktır. Ancak yağmur suları gibi yağdığı anda yeraltı su kaynaklarına karışmamakla birlikte bir miktar erime süresine ihtiyaç duymaktadır. Aksaray ilinde genellikle kar yağışları aralık, ocak, şubat ve mart aylarında görülmektedir. Şekil 2.20'de Aksaray'ın 2007-2017 yılları arasındaki kar yüksekliklerinin giriş bölümündeki karın yağışa çevrilmesi metodu ile hesaplama ve dönüştürme işlemlerinin yapılmasıyla elde edilmiş yıllık ortalama kar yükleri yer almaktadır. Aksaray'ın 11 yıllık kar yükü ortalama 88.4 mm'dir [41].

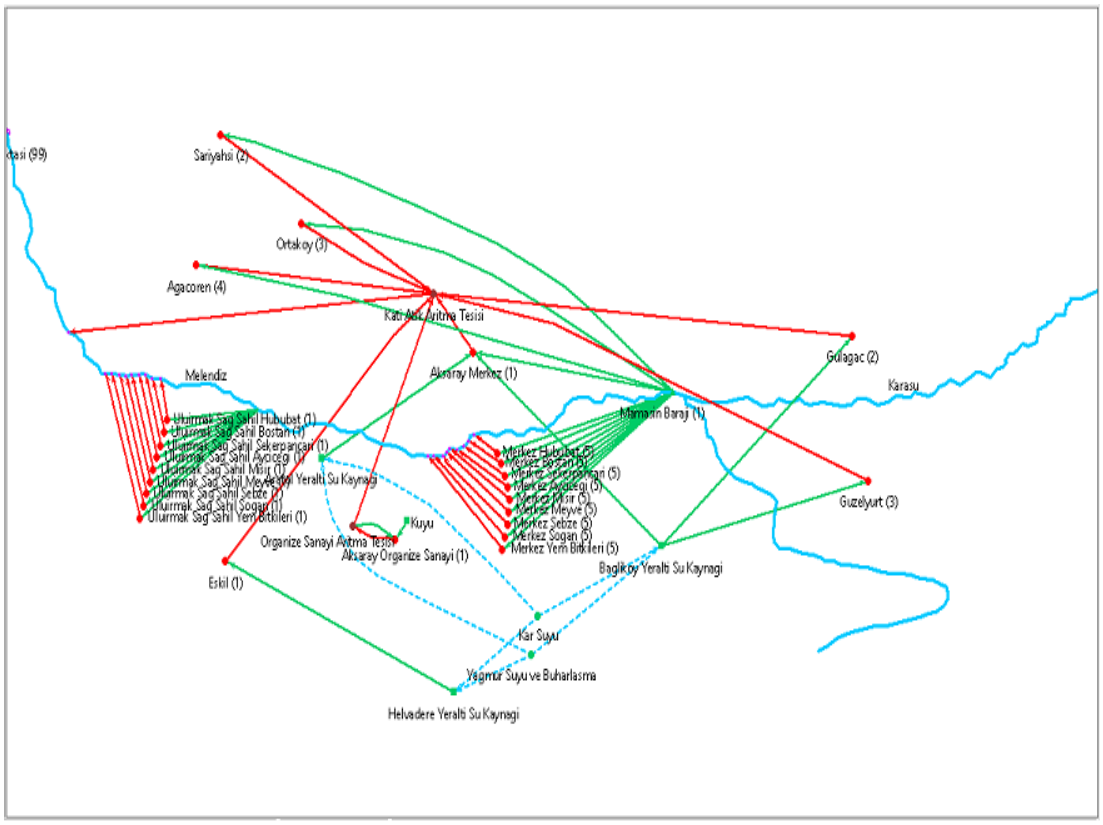


Şekil 2.20. Aksaray ili yıllık ortalama kar yükleri (2007-2017, mm).

3. UYGULAMA VE BULGULAR

3.1 WEAP Programı ile Havza Modelinin Kurulması

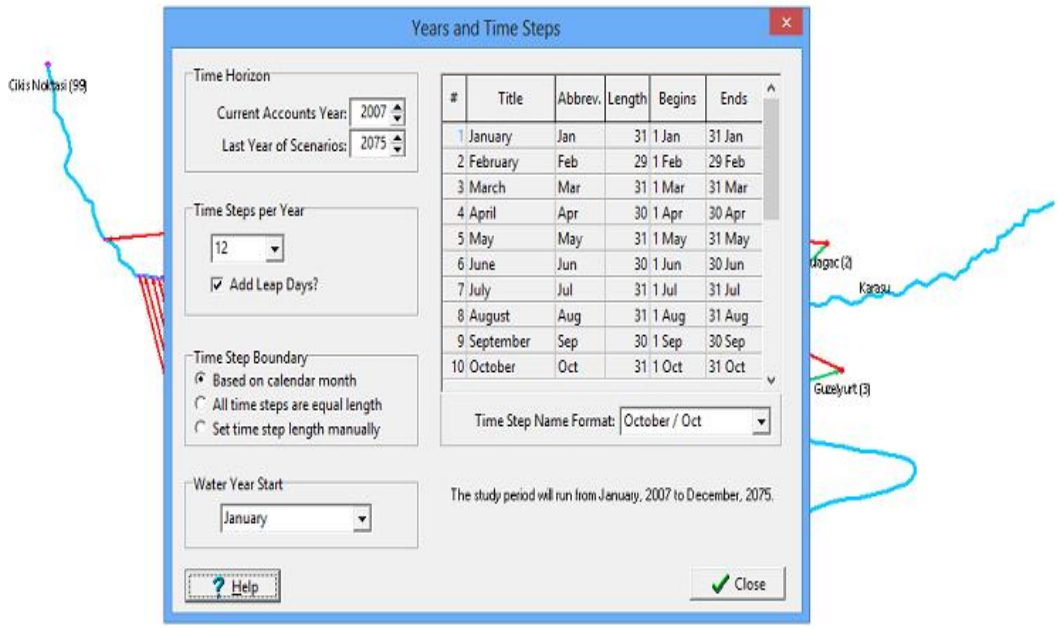
Şekil 3.1'de Aksaray ilinin su arz ve talep sisteminin WEAP programı üzerine modellenmesinin nasıl yapıldığını göstermektedir.



Şekil 3.1. WEAP programı üzerinde konya kapalı havzasının şematik yerleşimi.

Modeldeki içme ve kullanım su kaynaklarını başlıca Mamasın Barajı, Melendiz ve Karasu Çayları, Helvadere, Bağlıköy ve Aratol yeraltı su kaynakları oluşturmaktadır. Ayrıca mevcut bu su kaynaklarına ilaveten şehrin aldığı yıllık kar, yağış ve buharlaşma gibi hidrolojik verilerde modele eklenmiştir. Aksaray'ın tarım alanındaki kullanma suyu talebini oluşturan Merkez ve Uluırmak Sağ Sahil tarım alanları programa yansıtılmıştır. Tarım alanlarına talep edilen suyu ulaştırmak amacıyla iletim kanalları ve kullanılan suyun tekrar nehre dönmesi amacıyla da geri dönüş kanalları oluşturulmuştur. Bir başka talep noktaları olan yerleşim alanlarındaki içme ve kullanma suyu ihtiyacı modele tanımlanmıştır. Bu yerleşim alanları; Eskil, Ağaçören, Ortaköy, Sarıyahşi, Merkez, Güzelyurt ve Gülağaç'tır. Tarım alanlarında olduğu gibi

talep edilen suyu bu noktalara ulaştırmak için iletim kanalları ve kullanılan suyu tahliye etmek için de geri dönüş kanalları model üzerine kurulmuştur. Ancak tarım alanlarından farklı olarak geri dönüş kanallarından gelen su katı atık arıtma tesisinde rehabilite edildikten sonra Melendiz Çayı'nın su talep edilmeyecek uzak bir noktasına iletilmiştir. Bir başka talep noktası olan Aksaray OSB program üzerine konumlandırılmıştır. Organize sanayi su ihtiyacını belirtilen kaynaklardan değil bölgede oluşturulan kuyulardan tedarik etmesi ve gün içerisinde kullandığı suyu da yine kendine ait tesisinde arıtması WEAP modeli üzerinde aktarılmıştır. Son olarak Melendiz Çayı'nın döküm noktası olan Tuz Göl'ü program üzerinde çıkış noktası ile temsil edilmektedir. Program üzerinde şematik kurulumun bitmesinin ardından güncel hesaplama yılı (temel yılı) ve senaryoların son yılının belirlenmesi gerekmektedir. Program üzerinde hesaplamaların oluşturulacağı güncel hesaplama yılı 2007 ve senaryo hesaplamalarının son bulacağı yıl 2075 olarak Şekil 3.2'de gösterildiği gibi sisteme girilmiştir. Daha sonra birimler üzerinde gerekli ayarlamalar yapılarak model veri girişine hazır hale getirilmiştir.

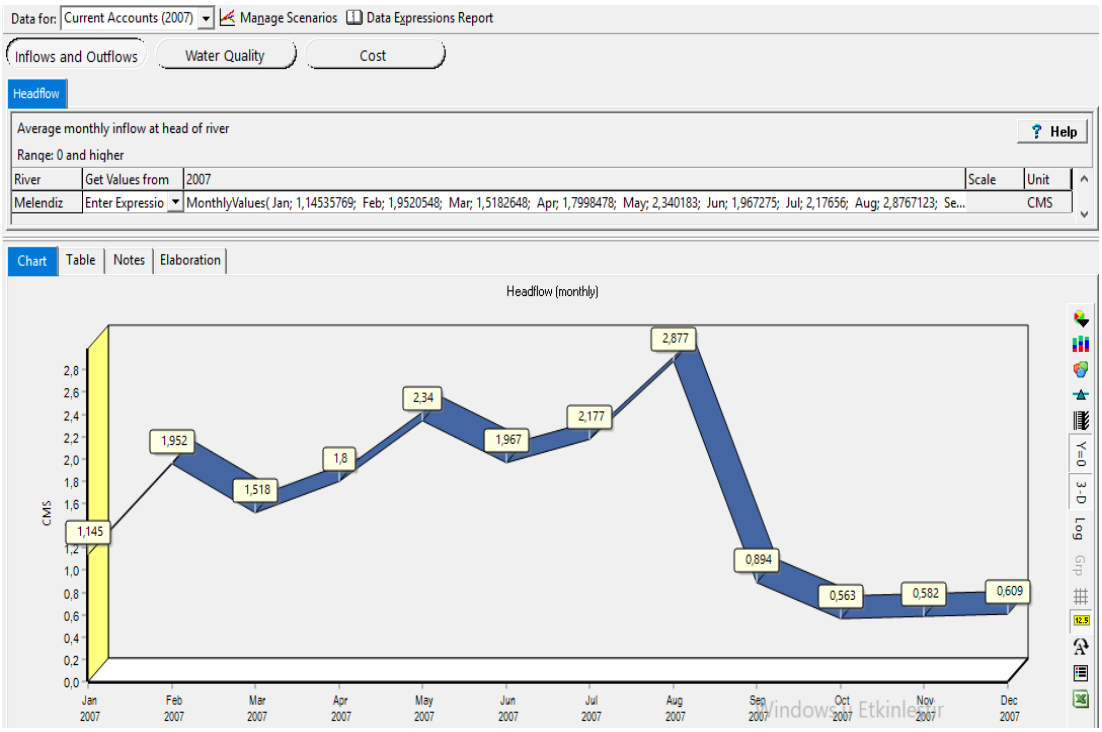


Şekil 3.2. Modelin zaman aralık ayarlaması.

3.2 Senaryoların Yaratılması

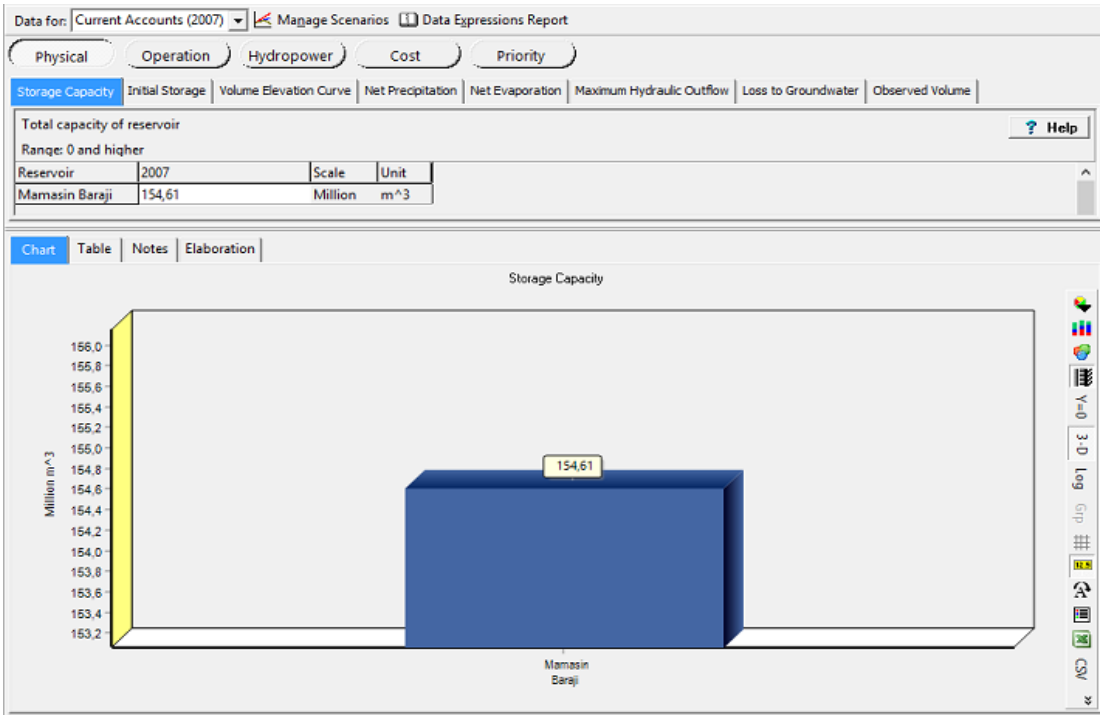
3.2.1 Güncel hesaplama senaryosu

Güncel hesaplamalar, başlangıç yılı olan 2007 yılına ait veri girişlerinin yapıldığı bölüm olarak tanımlanmaktadır. Bu veriler mümkün olduğu kadar havzanın gerçek durumunu yansıtmalıdır. Bu kısım diğer senaryolar için bir veri tabanı oluşturmakta ve yaratılan her senaryoda bu bölüm sabit bir şekilde kopyalanarak bir diğer senaryoya aktarılmaktadır. Ayrıca güncel hesaplamalar kısmında bazı yapıların ileriki yıllarda aktif edilebileceği olgusunun yaşanması durumunda bu bölümden o yapının güncel durumdaki aktifliğini pasif hale getirmekte mümkündür. Şekil 3.3'te Melendiz Çayı'nın güncel hesaplama senaryosundaki aylık debi girişinin yapıldığı bölüm yer almaktadır. Melendiz ve Karasu Çaylarının 2007 yılına ait yıllık toplam debi değerleri sırasıyla 1.535 ve 0.776 m^3/s'dir. Bu debi değerleri akarsudaki yıllık toplam akımın aylık olarak saniye cinsine çevrilmesi ile elde edilmiştir. Programda hidrolojik veriler, yeraltı su kaynakları kapasitleri aylık formatta modele aktarılırken nüfus, tarım alanı gibi diğer mevcut veriler yıllık formatta sistem üzerine aktarılmıştır.



Şekil 3.3. Melendiz çayına ait 2007 yılındaki debi değeri (güncel hesaplama senaryosu, m^3/s).

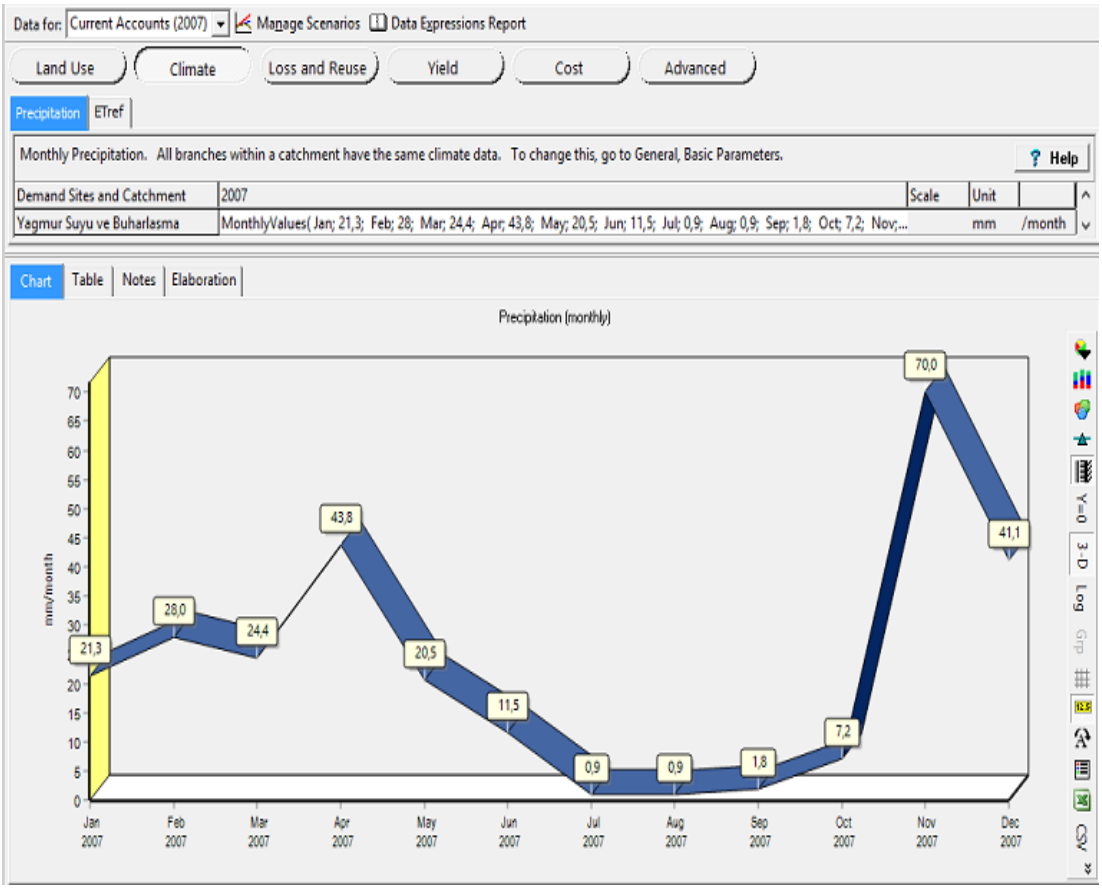
Mamasın Barajı'nın depolama kapasitesi Şekil 3.4'te gösterilmektedir. Bu kısımda baraja ait eldeki tüm veriler programa aktarılmıştır. Bunlar; depolama kapasitesi, başlangıçta var olan kapasite, hacim-yükseklik eğrisi, baraj yüzeyine düşen net yağış, baraj yüzeyinden meydana gelen net buharlaşma kaybı, aktif hacim, koruma hacmi, ölü hacim ve barajın su talep önceliğidir. Barajın başlangıç hacmi belirlenirken 2008 yılının ocak ayına ait veri olan 24.81 hm^3 değeri kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Mamasın barajı depolama kapasitesi (güncel hesaplama senaryosu, hm^3).

Aksaray MGM'den alınan şehre ait yağış, buharlaşma ve kar miktarları sisteme girilmiştir. Güncel hesaplama senaryosunda 2007 yılının aylık yağış miktarları mm olarak Şekil 3.5 tarafından sergilenmektedir. Giriş bölümünde anlatılan karın yağışa çevrilmesi yöntemiyle il geneline yağan kar verileri yağış formatına dönüştürülerek program üzerine tanıtılmıştır. Bu dönüştürme esnasında kar yoğunluğu 0.3 g/cm^3 olarak alınmıştır. Aksaray ilinde 2007 yılında toplam yıllık yağış 271.4 mm, buharlaşma 39.5 mm ve kar yükü 63 mm'dir. Aksaray 7568 km^2'lik yüz ölçümüne sahiptir. Çizelge 3.1'de Aksaray ilçelerinin yüz ölçüm değerleri yer almaktadır. Kar, yağış ve buharlaşma gibi hidrolojik olaylar bu yüz ölçümünün tamamında meydana gelmeyeceği kabul edilerek üç yeraltı su kaynağına yakın olan ilçe yüz ölçümleri arasında bir paylaştırma yapılmıştır. Paylaştırma hesabına Merkez, Güzelyurt, Eskil

ve Sultanhanı ilçeleri dahil edilirken Aksaray'ın kuzeydoğusunda yer alan Ağaçören, Ortaköy ve Sarıyahşi su kaynaklarına uzak olmaları nedeniyle dahil edilmemiştir. Dahil edilen ilçelerdeki %5'lik yerleşim alanı varsayımı dikkate alınarak bu dilim ilçe yüz ölçümlerinden çıkarılmıştır. Program üzerinde hidrolojik alan yağış ve buharlaşma, kar suyu olacak şekilde iki bölgeye ayrılmıştır. Bağlıköy yeraltı su kaynağına katılan bölüm, kaynağın büyüklük ve bölge yakınlık esasları göz önüne alındığında, Güzelyurt yüz ölçümünün %50'si, Merkez'in %30'u ve Sultanhanı'nın %100'ünü temsil eden 1583.85 km^2'lik bir alandır. Helvadere yeraltı su kaynağına katılan bölüm, Eskil yüz ölçümünün %25'ini temsil eden 403.98 km^2'lik bir alandır. Aratol yeraltı su kaynağına katılan bölüm, Merkez'in %5'ini temsil eden 168.1 km^2'lik bir alandır. Tüm hesaplamaların ardından bu hidrolojik olayların yeraltı su kaynaklarına katılan bölümlerin toplamının %20'sine tekabül eden 431.19 km^2'lik yüz ölçümünde meydana geldiği kabul edilmiştir.

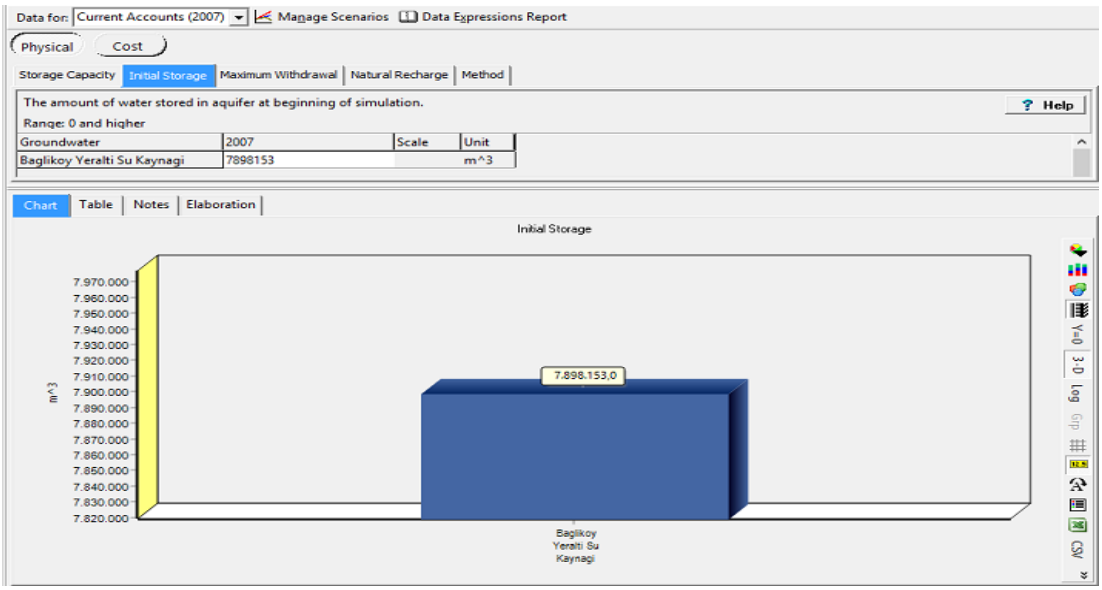


Şekil 3.5. Aksaray ili 2007 yılına ait aylık yağış değerleri (güncel hesaplama senaryosu, mm).

Çizelge 3.1. Aksaray ilçelerinin yüz ölçüm değerleri.

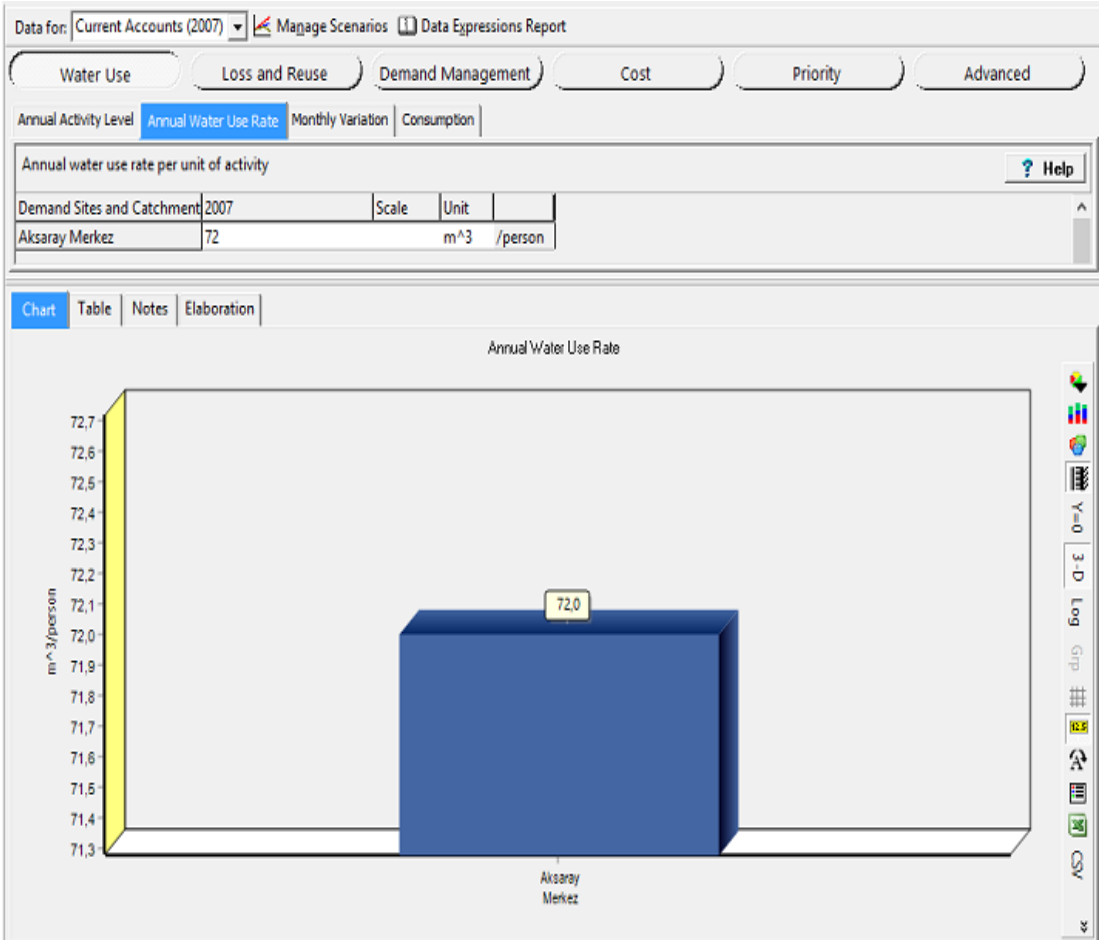
İlçe	Yüz ölçümü (km^2)
Ağaçören	407
Merkez	3539
Eskil	1701
Gülağaç	326
Güzelyurt	285
Ortaköy	727
Sarıyahşi	210
Sultanhanı	463

Bağlıköy yeraltı su kaynağının ilk depolama hacmi Şekil 3.6'da gösterilmektedir. Bağlıköy, Helvadere ve Aratol yeraltı su kaynaklarının başlangıç depolama hacimleri sırasıyla 7.9, 1.3 ve 0.49 hm^3'tür. Yeraltı su kaynaklarının depolayabilecekleri maksimum hacim kesin olarak bilinmediği için toplam depolama hacmi program üzerinde boş bırakılarak sınırsız olduğu kabulü yapılmıştır. Bağlıköy, Helvadere ve Aratol yeraltı su kaynaklarından çekilen ve çekilebilecek günlük su miktarları olan 25920, 5184 ve 1383 m^3 değerleri 365 ile çarpılarak 2017 yılına ait çekilebilecek maksimum yıllık su miktarları bulunmuştur. Daha sonra 2007 ile 2017 yılları arasında interpolasyon yapılarak 2007 yılına ait veriler elde edilmiştir. Nihai olarak elde edilen yıllık toplam maksimum çekilebilecek su miktarları yılın her ayına eşit bir şekilde paylaştırılmıştır.



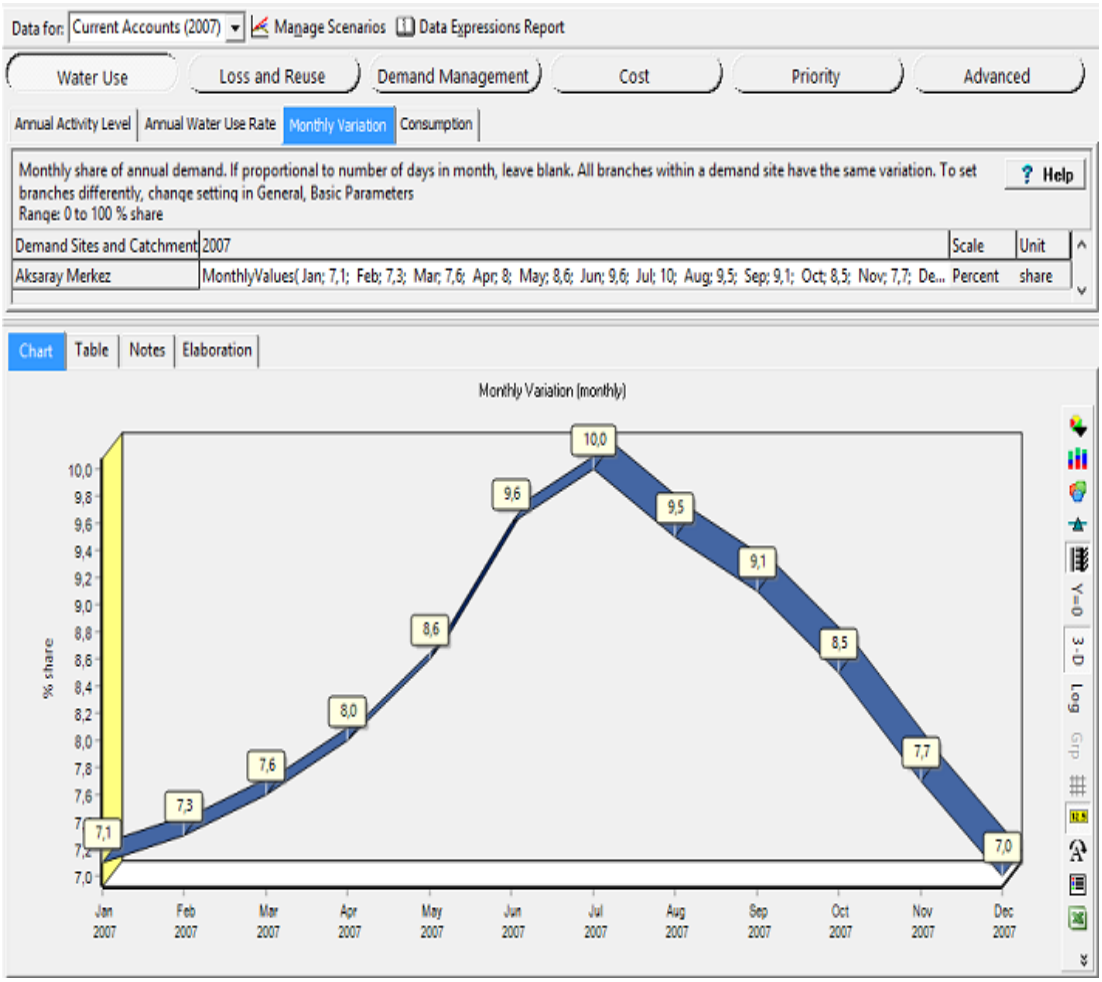
Şekil 3.6. Bağlıköy yeraltı su kaynağı başlangıç depolama hacmi (m^3).

Aksaray'ın Eskil, Gülağaç, Güzelyurt, Merkez, Ağaçören, Ortaköy ve Sarıyahşi ilçelerinin 2007 yılında sırasıyla 26286, 21906, 14188, 244036, 11870, 40477 ve 7346 olan nüfus değerleri programa girilmiştir. Daha sonra TÜİK'dan temin edilen Aksaray ilinde bir kişinin tükettiği günlük su miktarı olan 196 lt/s değeri m^3 biriminde yıllık su tüketimine dönüştürülüp $(0.196 * 365 = 71.54)$ yaklaşık 72 m^3 olarak aynı veri ekranına Şekil 3.7'de gösterildiği gibi tanımlanmıştır.



Şekil 3.7. Bir kişinin yıllık su tüketim miktarı (güncel hesaplama senaryosu, m^3).

Su tüketim oranı yaz ve kış ayları olmak üzere aydan aya dağılımsal bir değişiklik göstermektedir. Bu oran yaz aylarında artarken kış aylarında azalarak kendi içerisinde bir denge halinde devam etmektedir. Tüketimde yaşanacak inişli çıkışlı dalgalanmalar Şekil 3.8'de gösterildiği gibi programa aktarılmıştır. Tedarik edilen suyun içme, yemek, temizlik gibi geri dönüşü bulunmayan ev işlerinde kullanılacağı düşünülerek yaklaşık %12.5'a tekabül eden 25 litrelik kısmı su kaybı olarak sisteme tanıtılmıştır.

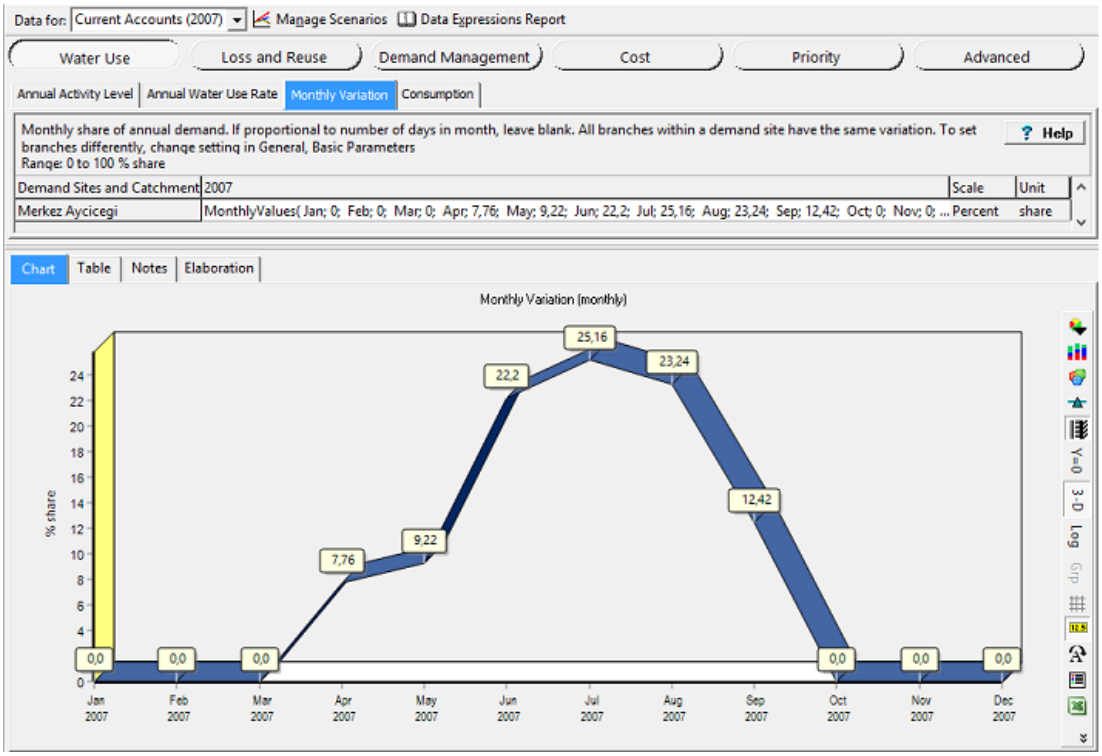


Şekil 3.8. Su tüketiminin aylık değişimi (%).

İldeki arz ihtiyacını meydana getiren tüm tarım alanlarının ekiliş miktarı ha birimi üzerinden ve her bir ürünün bitki cinsine bağlı su tüketim değeri programa girilmiştir. Şekil 3.9 Merkez tarım alanında ekilen ayçiçeğinin 2007 yılındaki miktarını göstermektedir. Yerleşim alanlarındaki su tüketiminin yaz ve kış aylarında değişiklik gösterdiği gibi tarımsal ürün deseni de ekiliş, büyüme ve hasat zamanlarına bağlı olarak yıl içerisinde farklı aylarda farklı tüketim değeri göstermektedir. Şekil 3.10'dan da anlaşılacağı üzere ayçiçeği mart ayında ekilip eylül ayında hasat edilmektedir. Ekildiği anda su tüketim oranı en düşük seviyede gözlemlenirken büyümenin tamamlandığı aşamada en yüksek su tüketim değerine erişmektedir. Bu değerler bitkilerin K_c katsayılarından yola çıkılarak elde edilmiştir. Ayrıca tarım alanlarındaki toprağın doyması esnasında kaybedilen ve tekrardan kullanıma müsait olmayan su miktarı tedarik edilen su miktarının %35'i olarak belirlenmiş ve sisteme aktarılmıştır.

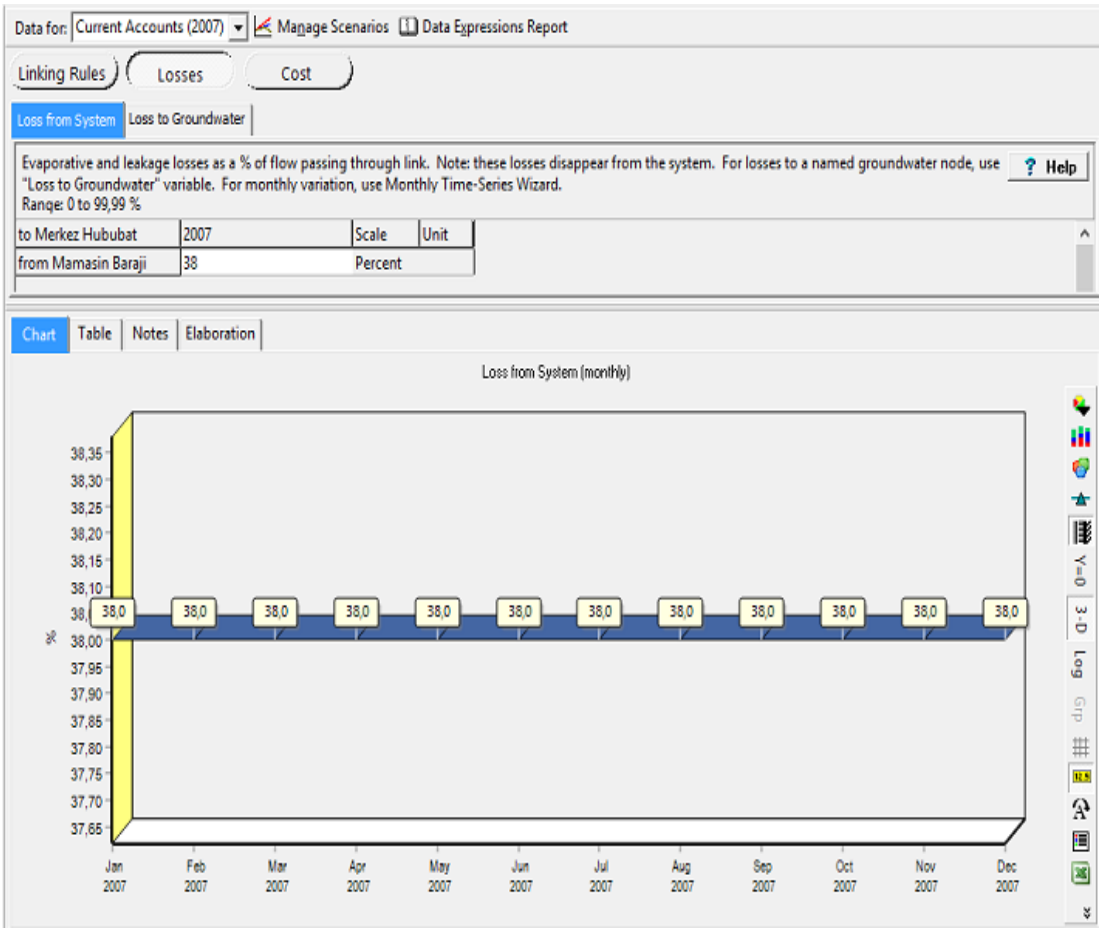


Şekil 3.9. Merkez tarım 2007 yılında ayçiçeği ekim miktarı (güncel hesaplama senaryosu, ha).



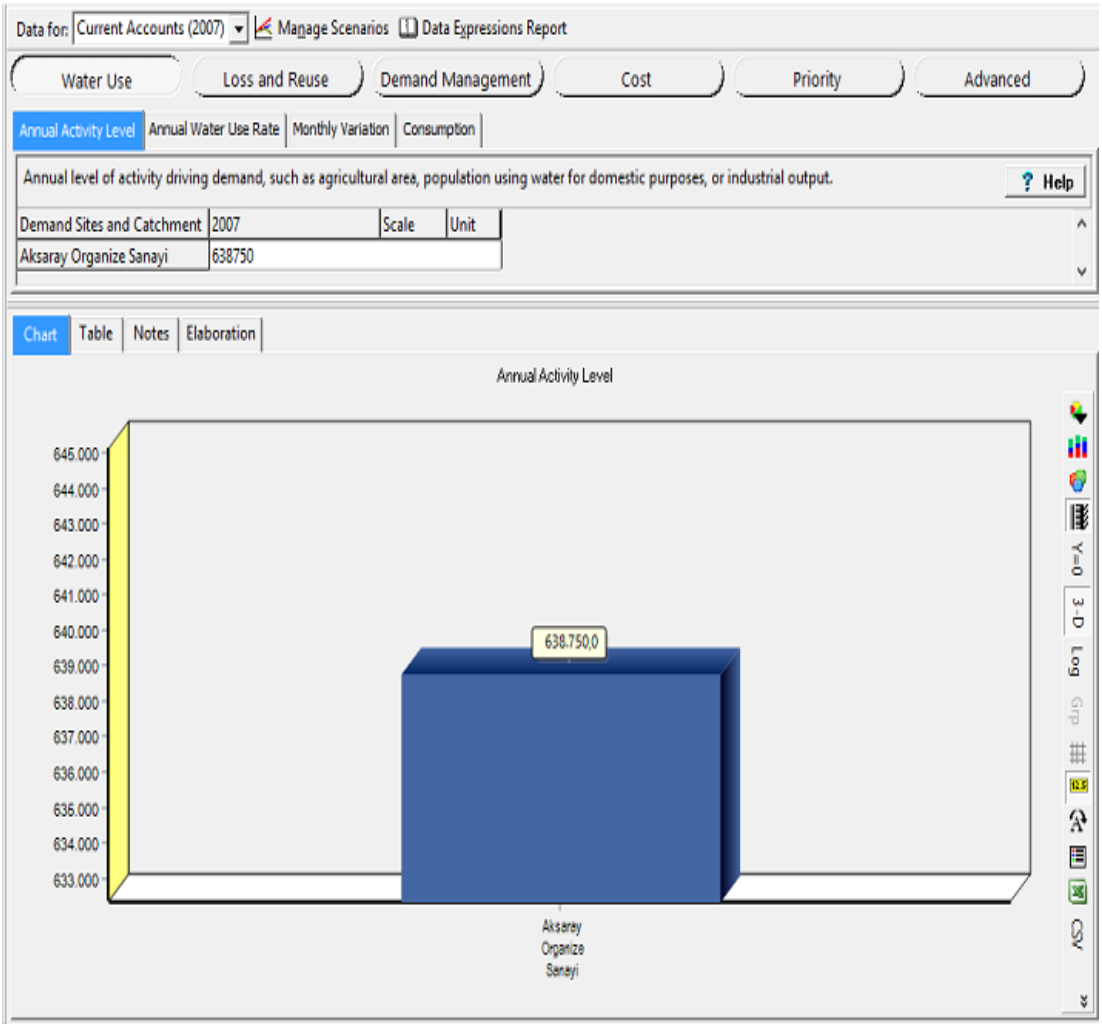
Şekil 3.10. Ayçiçeğinin bitki katsayısına göre aylık su tüketim oranları (%).

Şekil 3.11'de Mamasın Barajı'ndan Merkez tarım alanına suyu aktaran iletim kanalındaki kayıp oranı gösterilmektedir. Sistemden kaybedilen bu miktar hem iletim kanallarında hem de geri dönüşüm kanallarında bulunmaktadır. Güncel hesaplamalar bölümünde tarım alanına suyu aktaran iletim kanallarındaki ve tarım alanlarında kullanılan suyu nehir yatağına tahliye eden geri dönüş kanallarındaki kaybın %38 olacağı Aksaray Belediyesi ve DSİ ile yapılan görüşmeler neticesinde belirlenmiştir. Şehrin içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamak için oluşturulan iletim ve geri dönüş hatlarında tarım alanlarında meydana gelecek kayıplara benzer şekilde kayıplar yaşanacağı göz önüne alınmış ancak bu kayıp oranlarının şehrin şebeke hatlarında bu denli yüksek olmayacağı varsayılarak şehir sistemine %25 oranında kayıp tanımlanmıştır.



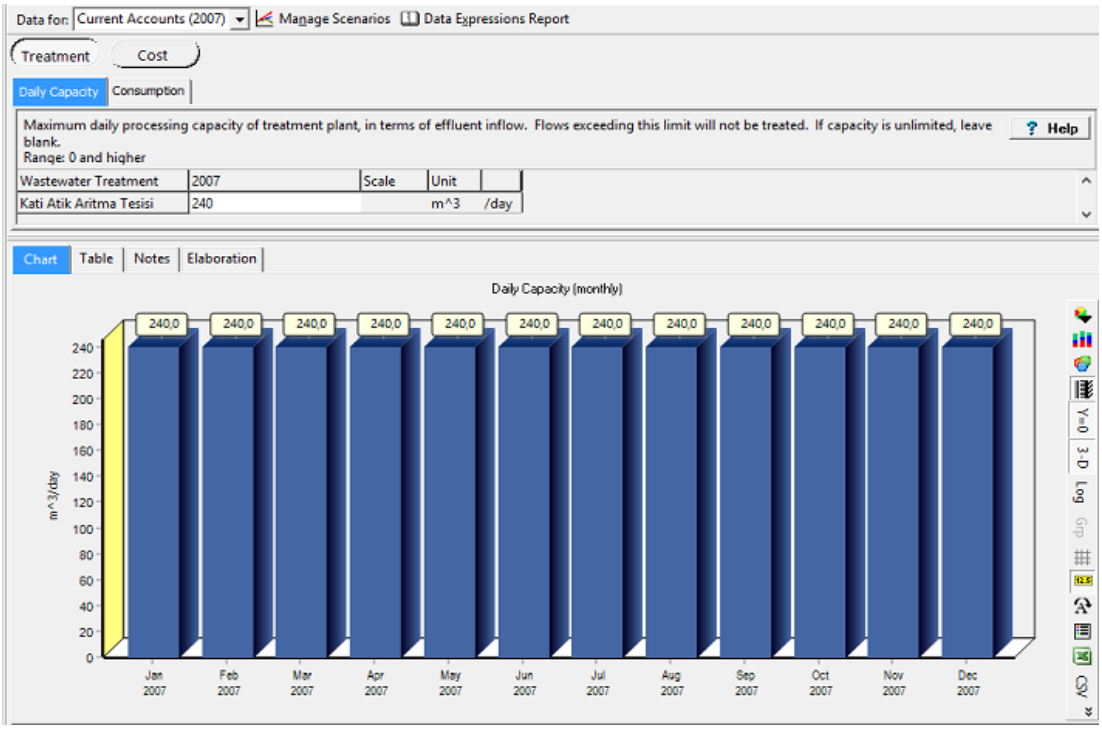
Şekil 3.11. Merkez tarım alanı iletim kanalındaki kayıp oranı (güncel hesaplama senaryosu, %).

Şekil 3.12'de Aksaray OSB'nin günlük su ihtiyacı 1750 m^3, yıllık değere çevrilerek ($1750 * 365 = 638750\ m^3$) girilmiştir. Sanayi su kullanım miktarında aydan aya herhangi bir farklılık göstermeyeceğinden her bir ay için %8.333'lük su tüketim yüzdesi kullanılmıştır. Organize sanayinin kendine ait arıtma tesisinde 1750 m^3 su arıtılmakta olup arıtılan suyun %30'unun geri dönüştürülerek kullanıldığı kabul edilmiştir. Ön arıtma işlemi yapılan su daha sora belediyenin arıtma tesisine gönderilerek buradaki son arıtma işlemlerinin ardından nehre akmaktadır. Aksaray OSB kaynaklardan su talep etmediğinden model üzerinde kendi su ihtiyacını kendisi karşılayacak bir başka deyişle herhangi bir eksi veya artısı olmayacak şekilde oluşturulmuştur. Senaryolar üzerinde Aksaray OSB veya arıtma tesisinde değişiklik yapılmamış ve her senaryo için aynı koşulların devam ettiği varsayılmıştır.



Şekil 3.12. Aksaray organize sanayinin yıllık su ihtiyacı (m^3).

Şekil 3.13'te Aksaray Belediyesi katı atık arıtma tesisinin günlük maksimum arıtabileceği değer 240 m^3 olarak gösterilmektedir. Bu değer yaz aylarındaki 247 ton/gün ve kış aylarındaki 213 ton/gün değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmış ve m^3 birimine dönüştürülerek girilmiştir. İl talep noktalarındaki tüm geri dönüşüm noktaları katı atık arıtma tesisine bağlanmış ve burada suyun rehabilite edilmesinden sonra Melendiz Çayı'nın su talebi sağlanmayacak noktası iletilmiştir.

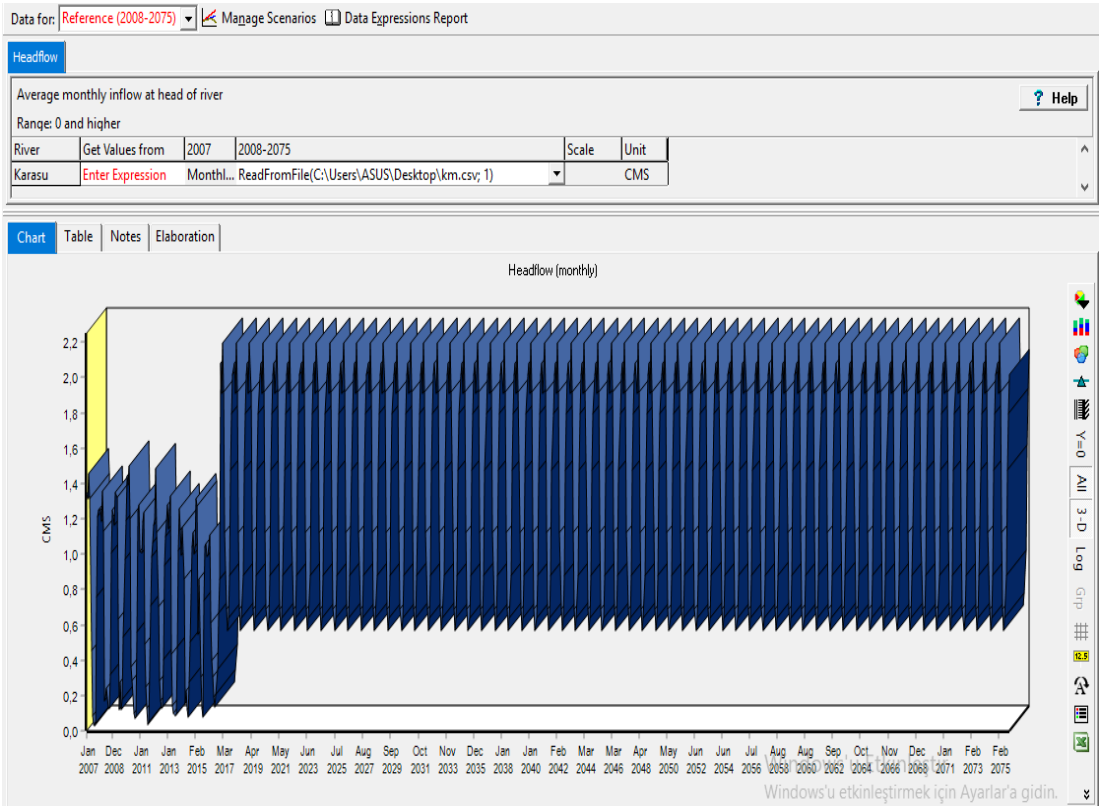


Şekil 3.13. Katı atık arıtma tesisi kapasitesi (m^3).

3.2.2 Referans senaryo

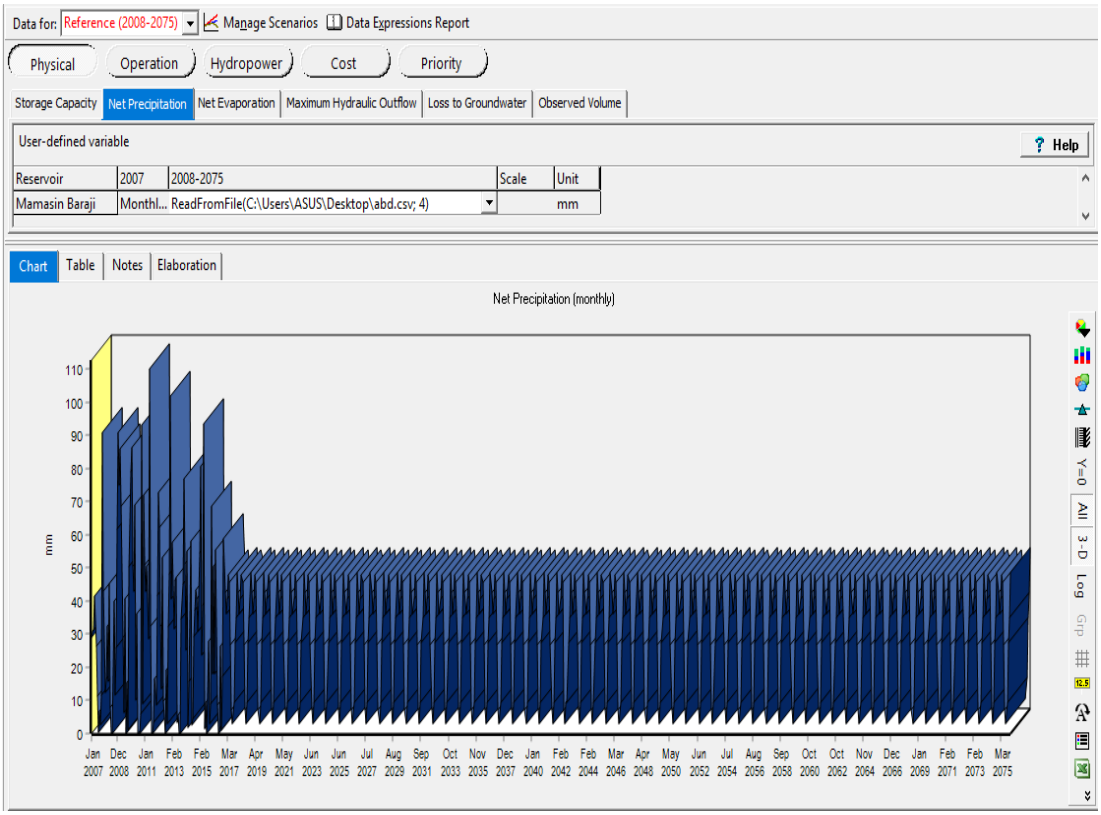
Referans senaryo en genel anlamda güncel senaryonun 2075 yılına değin devam eden hali olarak nitelendirilebilir. Referans senaryoda, güncel senaryoda olduğu gibi eldeki mevcut verilerden yola çıkılarak oluşturulmuştur. Bu senaryoda veri giriş zamanı 2008-2075 yılları arasındadır. DSİ, Aksaray MGM, TÜİK, TAGEM gibi kurum ve kuruluşlardan 2008 ile 2075 yılları arasında alınan veriler 2075 yılına kadar olağan şeklini koruyacak şekilde uzatılmıştır. Bu senaryo havza üzerinde yaratılacak senaryolar arasında kıyaslama yapabilmek için adından da anlaşılacağı üzere bir referans platformu oluşturmaktadır.

Karasu Çayı'nın 2007 ile 2075 yılları arasında referans senaryodaki aylık debi değişimi Şekil 3.14'te gösterilmektedir. Karasu ve Melendiz Çaylarındaki yıllık toplam akımlar (hm^3) debi formatına (m^3/s) çevrilerek sisteme aktarılmıştır. Karasu ve Melendiz Çayı'na ait veri giriş süreci 2016 yılına kadar uzanmakta bu yıldan sonraki tahmini veriler herhangi bir kurumda bulunmamaktadır. Karasu ve Melendiz Çaylarının 2016 yılındaki debisi sırasıyla 0.568 ve 1.706 m^3/s'dir. Karasu Çayı'nın 2016 yılından sonraki debi tahmini için DSİ'nin AGİ'ları tarafından belirlenen 1970-2016 yılları arasındaki ölçüm değerleri, Melendiz Çayı'nın 2016 yılından sonraki debi tahmini için ise DSİ'nin AGİ'ları tarafından belirlenen 1976-2016 yılları arasındaki ölçüm değerleri kullanılmıştır. Referans senaryoda bahsedilen zaman zarfındaki tüm yıllık debilerin ortalaması alınmış ve 2016'dan 2075 yılına değin bu ortalama değerlerin meydana geleceği varsayılmıştır. Karasu ve Melendiz Çaylarında 2016 yılından başlayarak 2075 yılına kadar sabit kalacak debi değerleri sırasıyla 1.440 ve 2.079 m^3/s'dir.



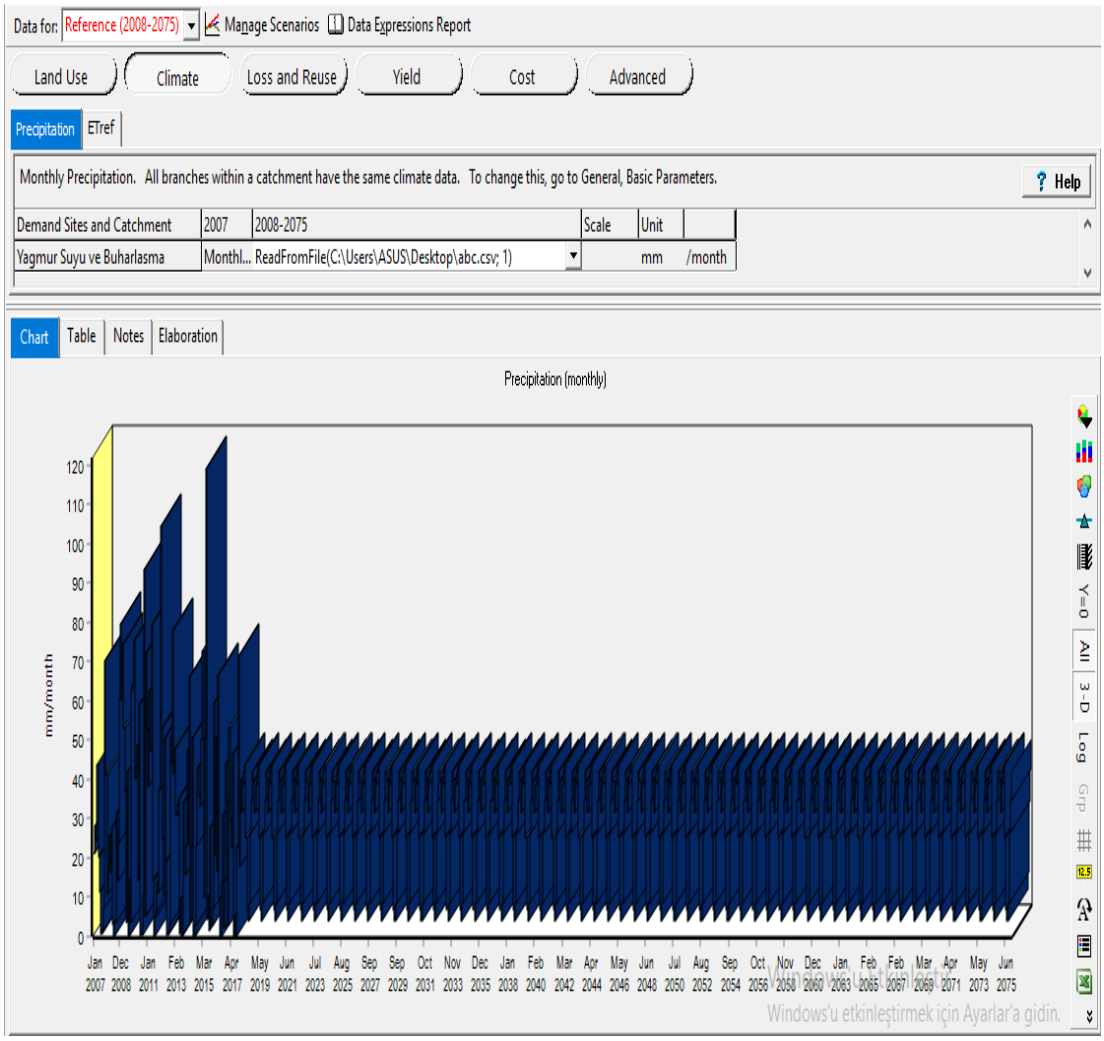
Şekil 3.14. Karasu çayına ait 2007-2075 yılları arasındaki debi değerleri (referans senaryo, m^3/s).

Şekil 3.15 Mamasın Barajı haznesine düşen yağış miktarlarının 2007 ile 2075 yılları arasındaki zamana bağlı değişimini aylık olarak göstermektedir. DSİ'nin AGİ'ları tarafından saptanan 2007-2016 yılları arasındaki yağış, 2007-2012 yılları arasındaki buharlaşma miktarları sisteme tanıtılmıştır. Baraj haznesine düşen yağış miktarlarında herhangi bir düzenleme yapılmazken hazne yüzeyinden meydana gelen buharlaşma miktarları 0.7 düzeltme katsayısıyla çarpılarak yeniden revize edilmiştir. 2007 yılında baraj haznesine 325.2 mm yağış düşerken, hazneden atmosfere 1129.5 mm buharlaşma gerçekleşmektedir. Yağış ölçümünün son kez yapıldığı 2016 yılında 324.8 mm yağış gözlemlenirken, buharlaşma ölçümünün son kez yapıldığı 2012 yılında 857.1 mm buharlaşma gözlemlenmiştir. Hazne yüzeyinde 2016 yılından sonraki yağış değeri olarak 1965-2016 yılları arasında gözlemlenen yıllık yağış miktarlarının ortalaması olan 370.9 mm kullanılırken, 2012 yılından sonraki buharlaşma değeri olarak 1965-2012 yılları arasında gözlemlenen yıllık buharlaşma miktarlarının ortalaması olan 1009.7 mm değeri kullanılmıştır.

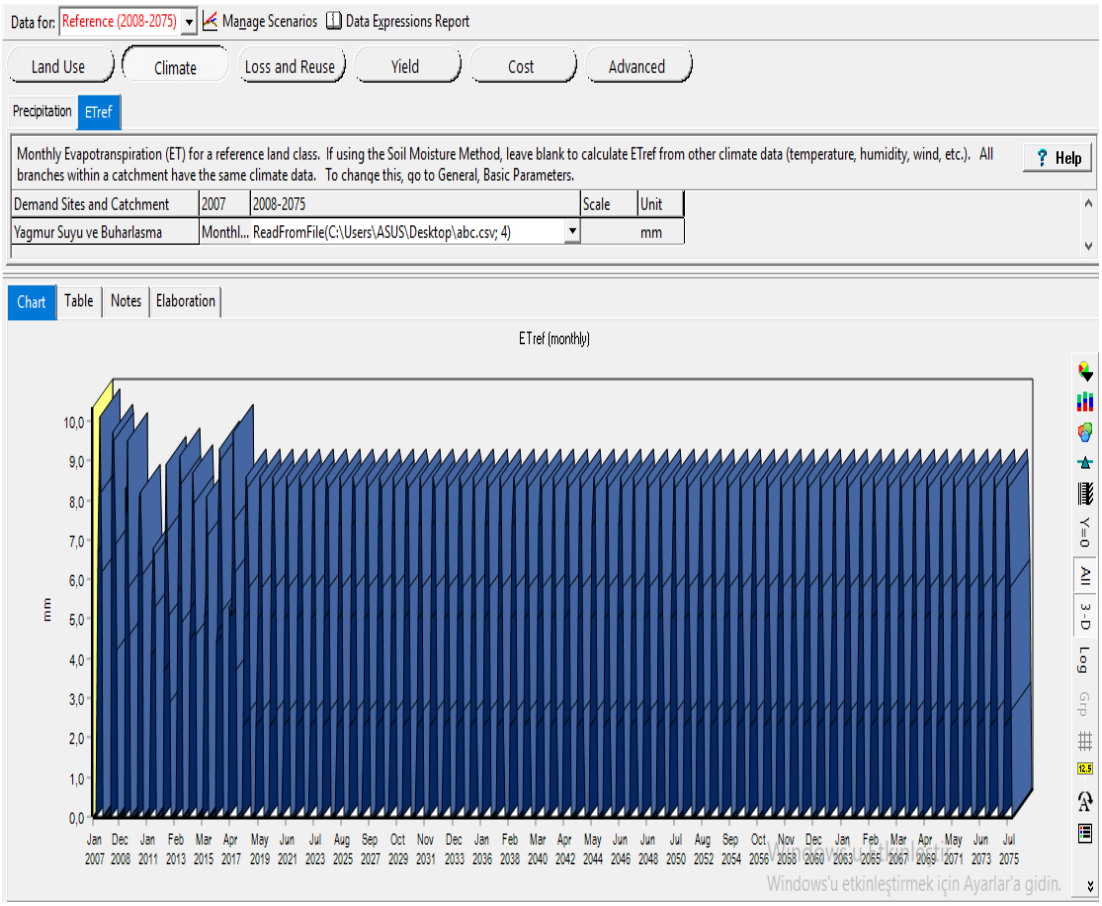


Şekil 3.15. Mamasın barajının 2007-2075 yılları arasındaki yağış değerleri (referans senaryo, mm).

Şekil 3.16 ve Şekil 3.17'de Aksaray'ın 2007-2075 yılları arasındaki inişli çıkışlı dalgalanmaların gözlemlendiği her bir yıl için aylık toplam yağış ve buharlaşma miktarları gösterilmektedir. MGM'nün 1980-2017 yılları arasında yaptığı ölçümlerin ortalama değeri saptanarak bu değerin 2017 yılından sonraki artma ve azalmaları dengeleyecek sabit bir değer olacağı varsayımı yapılmıştır. Otuz sekiz yılın ortalaması olan bu yağış ve buharlaşma değerleri sırasıyla 343.7 ve 40.2 mm olarak belirlenmiş ve 2017 yılından sonra her yıl aşağı yukarı bu yağış ve buharlaşma değerinin meydan geleceği tahmin edilerek program üzerine yansıtılmıştır.

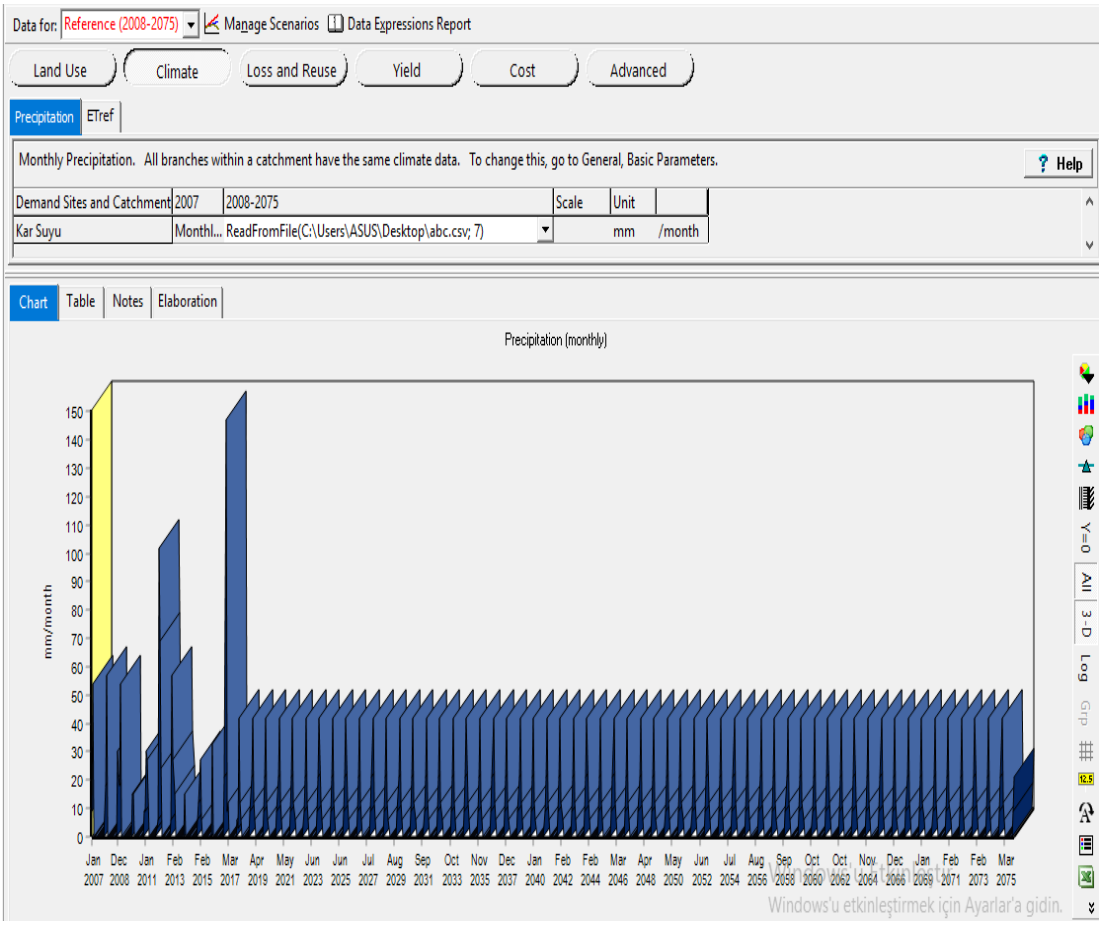


Şekil 3.16. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki yağış değerleri (referans senaryo, mm).



Şekil 3.17. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki buharlaşma değerleri (referans senaryo, mm).

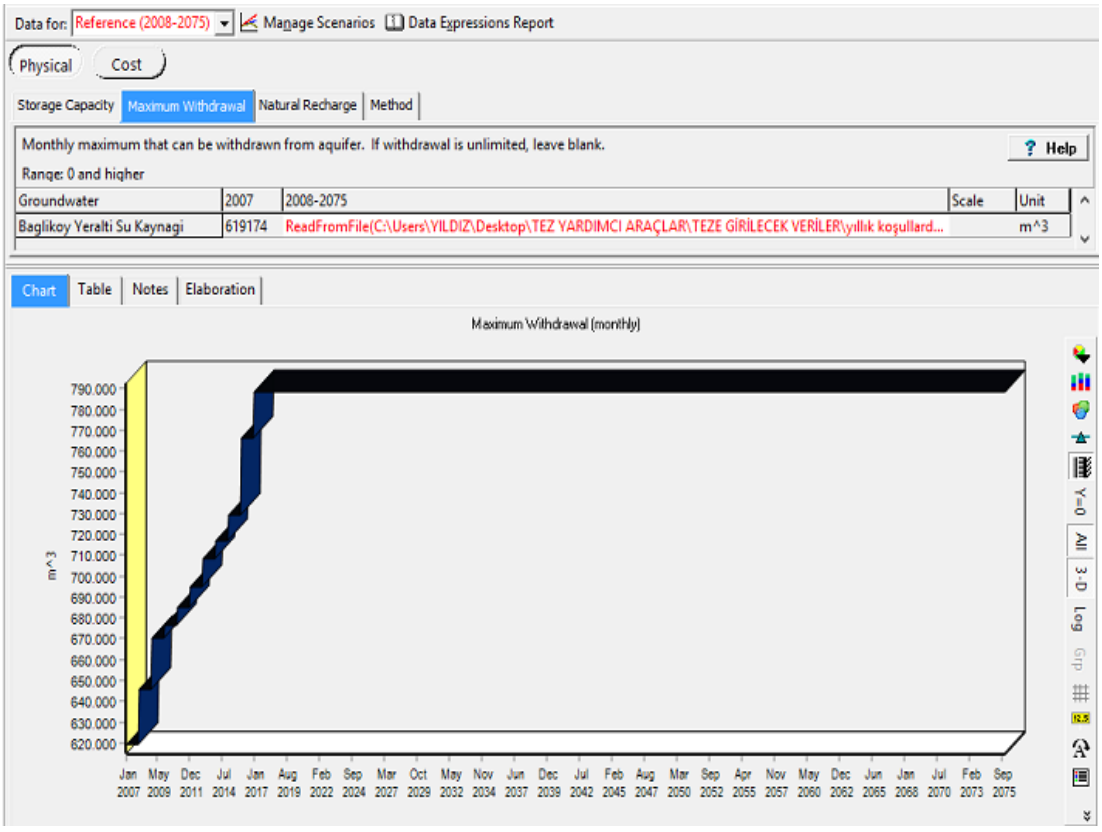
Aksaray iline 2007-2075 yılları arasında yağan aylık kar miktarlarının yağışa çevrilmiş hali Şekil 3.18'de yer almaktadır. 2007 yılındaki kar yükü 63 mm gibi düşük bir değer olmasına rağmen 2017 yılında 177 mm'lik yüksek bir değere ulaşmıştır. Bu durumdan diğer hidrolojik verilerde olduğu gibi kar yüklerinde de yıldan yıla dengesizlikler yaşanacağı yorumu yapılabilmektedir. Referans senaryoda 0.3 g/cm^3 alınan kar yoğunluğu değerinin yılık kar yükseklikleri ile çarpılmasıyla 2007-2017 yılları arasındaki kar yükleri elde edilmiştir. Aksaray'ın 2007-2017 yılları arasındaki kar yüksekliklerinin ortalaması 30 cm'dir. 2017 yılından sonraki kar yüklerini bulmak için bu değer referans senaryoda varsayılan 0.3 g/cm^3 kar yoğunluğu değeri ile çarpılmıştır. Sonra bu işlem sonucunda bulunmuş olan 9 g/cm^2'lik kar yükü önce 90 kg/m^2'ye daha sonra gerekli çevirmelerin yapılmasıyla 90 mm'ye dönüştürülmüş ve program üzerine yansıtılmıştır.



Şekil 3.18. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki kar yükü değerleri (referans senaryo, mm).

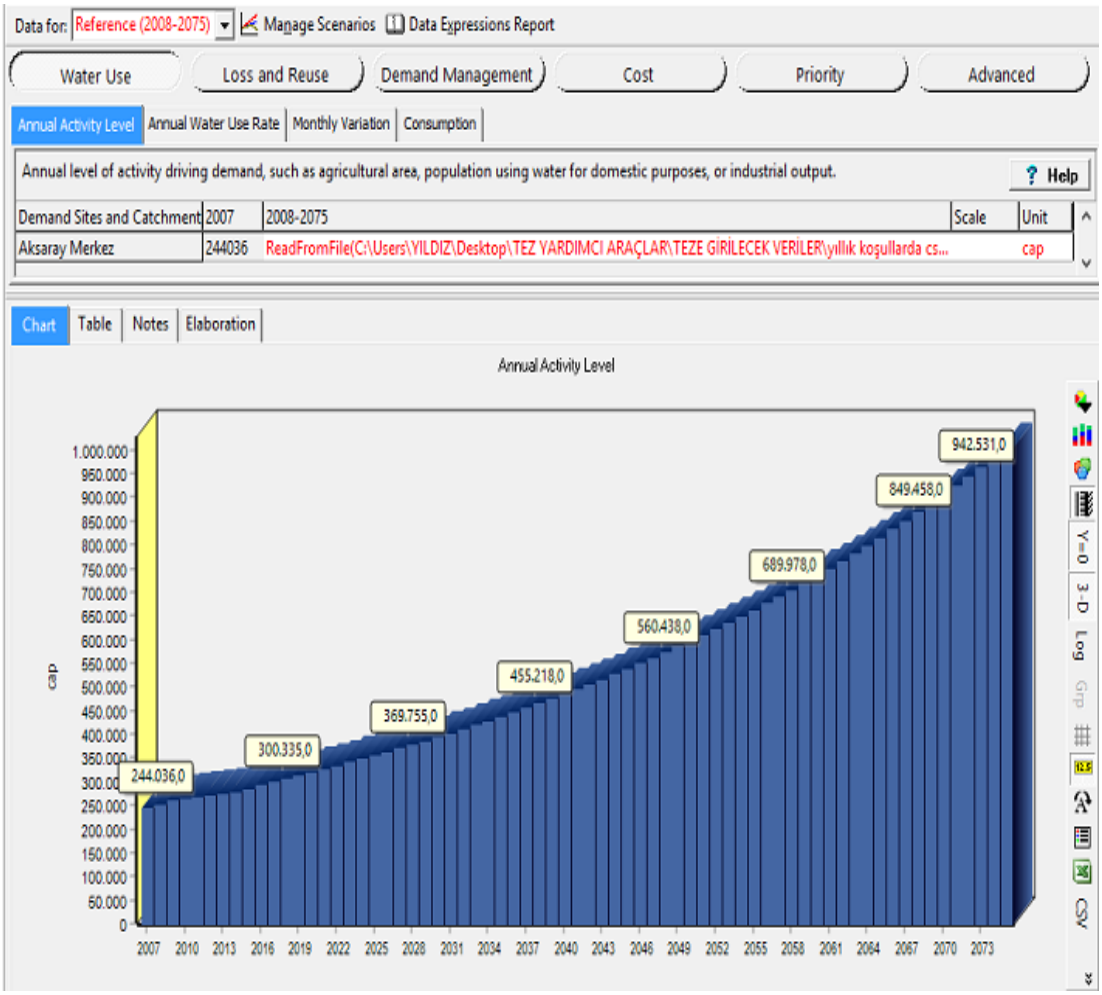
Şekil 3.19'da Bağlıköy yeraltı su kaynağından 2007-2075 yılları arasında çekilebilecek maksimum su miktarları gösterilmektedir. Bağlıköy, Helvadere ve Aratol yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek olan maksimum su miktarları aylık olarak 788400, 157680 ve 42066 m^3 iken yıllık olarak 9.46, 1.89 ve 0.504 hm^3'e tekabül etmektedir. Daha önce güncel hesaplama senaryosunda yeraltı su kaynaklarının 2017 yılındaki verilerinden yararlanarak 2007 yılına kadar çekilebilecek su miktarlarının nasıl hesaplandığından bahsedilmişti. 2017 yılında belediye ve DSİ'nin yeraltı su kaynaklarından su çekebilmek için inşa etmiş olduğu kanal ve depoların gelecek yıllarda ek yapılar inşa edilmeyerek kapasitelerinde herhangi bir artırım yapılmayacağı varsayılarak 2017 yılındaki çekilebilecek maksimum su miktarları 2075'e kadar sabit bir şekilde devam ettirilmiştir. Bu kapasiteler üzerindeki değişiklikler yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek maksimum su kapasitelerinin artırımı (MSKA) adlı senaryoda inceleneceğinden dolayı en olumlu ve en olumsuz gelişmelerin yaşandığı senaryolarda hiçbir değişikliğe gidilmemiştir. Yeraltı su

kaynaklarının yeniden dolum miktarları çekilebilecek ve çekilen miktarlar ile eşit olacak şekilde ayarlanmıştır. Ancak yeniden dolum miktarları en olumlu ve en olumsuz senaryoda değişiklik göstermektedir.



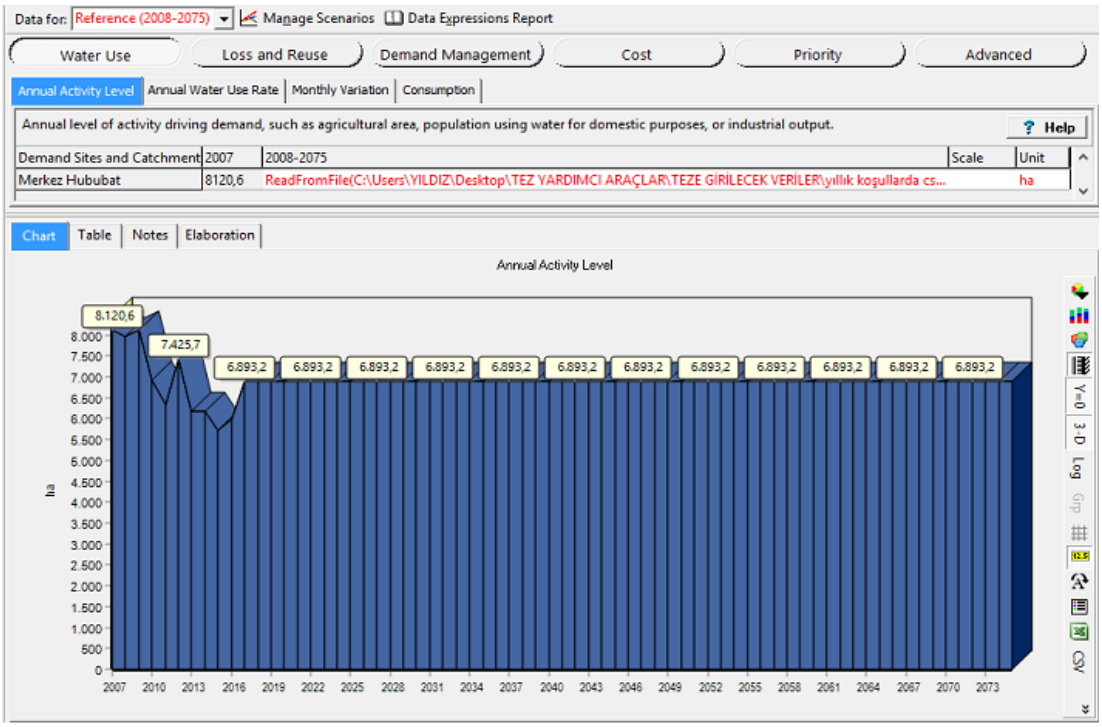
Şekil 3.19. Bağlıköy yeraltı su kaynağından 2007-2075 yılları arasında çekilebilecek maksimum su miktarları (referans senaryo, m^3).

Aksaray Merkez ilçesinin 2007-2075 yılları boyunca değişen nüfus değerleri Şekil 3.20'de görülmektedir. Tüm ilçelerin her yıl bir diğerine göre nüfus artış veya azalış miktarları Aksaray'ın 2007-2017 nüfus değerlerinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Bu artış veya azalış miktarlarının ortalaması alınmasıyla Eskil'de binde 0.25, Merkez'de binde 21 artış gözlemlenirken Ağaçören'de binde 36.48, Gülağaç'ta binde 12.8, Güzelyurt'ta binde 22.6, Ortaköy'de binde 22.57 ve Sarıyahşi'de binde 39.95'lik azalış gözlemlenmiştir. 2017 yılında Merkez ilçedeki 300335 kişilik nüfus her yıl binde 21 arttırılmış ve 2075 yılı sonunda 1003200 değerine ulaşmıştır. Diğer ilçelere de aynı işlem adımları uygulanmış ve programa aktarılmıştır.

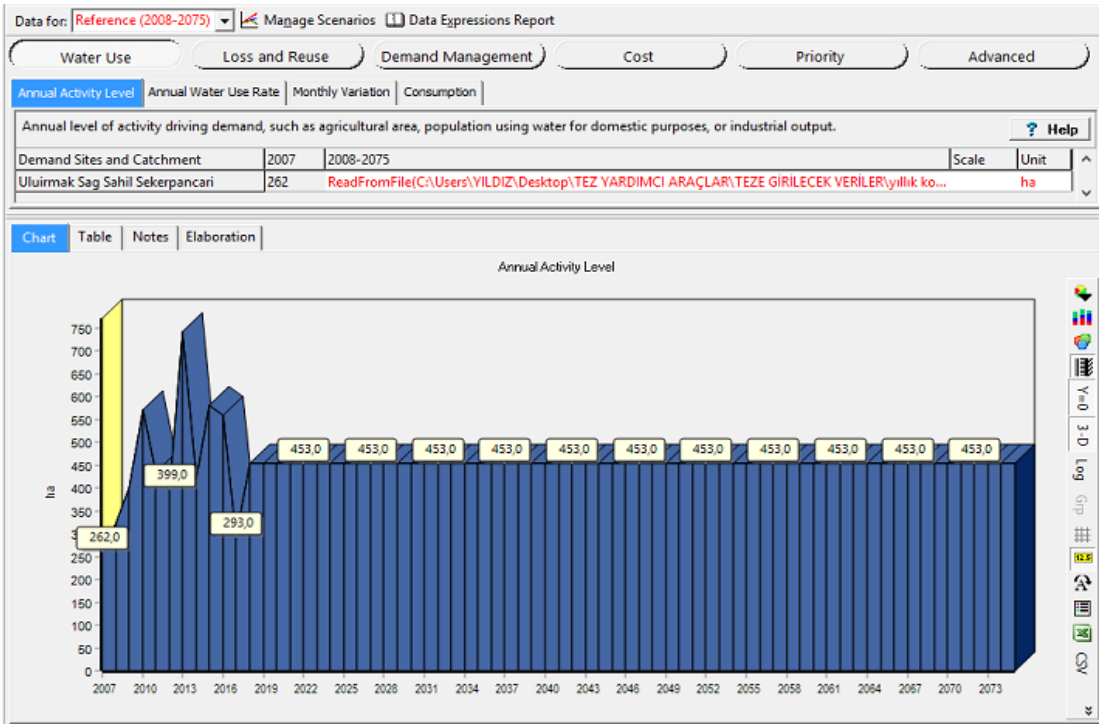


Şekil 3.20. Aksaray merkez 2007-2075 yılları arasındaki nüfus değerleri (referans senaryo).

Aksaray ilinde DSİ tarafından sulanan Merkez tarım ile Melendiz Çayı'ndan sulanan Uluırmak Sağ Sahil tarım alanlarına 2007-2075 yılları arasında ha cinsinden ekilen ürün miktarları Şekil 3.21 ve Şekil 3.22'de sergilenmektedir. Merkez tarımda 2007-2016 yıllarında ekilen ürünlerin ortalaması hububat, bostan, şekerpancarı, ayçiçeği, mısır, meyve, sebze, soğan ve yem bitkileri için sırasıyla 6893.2, 62.1, 595, 4307, 514.2, 73, 93.3, 140.5, 977.4'dir. Uluırmak Sağ Sahil Sulama birliğinden temin edilen Uluırmak tarımın 2007-2017 yıllarındaki ekilen ürünlerin ortalaması ise 6177.4, 57.2, 453, 3711, 480, 72.1, 74.2, 201.6, 1254.2'dir. 2017 yılından 2075'e değin aşağı yukarı hesaplanan ortalama değerlerin meydana geleceği varsayılarak 2017 yılından sonra ortalama değer her yıl için miktarda sabitliğini koruyacak biçimde sisteme işlenmiştir.



Şekil 3.21. Merkez tarım alanı 2007-2075 yılları arasındaki hububat ekim miktarları (referans senaryo, ha).



Şekil 3.22. Uluırmak sağ sahil tarım alanı 2007-2075 yılları arasındaki şekerpancarı ekim miktarları (referans senaryo, ha).

Aksaray ilçelerine ve talep noktalarına su talebi açısından havzada belirli öncelik sıralaması verilmiştir. Talep öncelikleri, talep noktası ile kaynak kot farkı arasındaki düşük, aynı ve yüksek ilişkilerine bakılarak belirlenmiştir. Talep kotunun kaynaktan düşük olduğu yerlerde su cazibeli akarken, talep kotunun kaynak kotundan yüksek olduğu yerlerde mecburi yüzer pompa ile su nakli gerektiğinden dolayı öncelik cazibeli akıma verilmiştir. Aşağıdaki Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3'deki kaynak ve talep noktalarının kotlarına Google-Earth vasıtasıyla erişilmiştir.

Çizelge 3.2. Su kaynaklarının kotu.

Kaynak	Kot (m)
Mamasın barajı	1100-1200
Bağlıköy yeraltı su kaynağı	970-980
Helvadere yeraltı su kaynağı	1345-1380
Aratol yeraltı su kaynağı	970-1050

Çizelge 3.3. Talep noktalarının kotu.

Talep Noktası	Kot
Sarıyahşi	950-1050
Merkez	970-1050
Eskil	940
Gülağaç	1170-1180
Ortaköy	1200-1300
Ağaçören	1230-1260
Güzelyurt	1450-1520

Çizelge 3.4 WEAP programında talep noktalarının hangi su kaynaklarından ve hangi öncelikler ile karşılandığını göstermektedir. Bütün su yöneticileri öncelikle şehirlerin içme ve kullanma suyu ihtiyacının karşılanmasının ardından tarım alanlarındaki su talebine yönelme eğiliminde oldukları için Mamasın Barajı'nın su tedarik ettiği Merkez tarım alanının su talep önceliği program üzerinde en düşük değer olan 5 ile tanımlanmıştır. Uluırmak Sağ Sahil tarım alanı Melendiz Çayı'nın suladığı tek talep noktası olması nedeniyle öncelik sıralamasında numaralandırmanın bir fark yaratmayacağı göz önünde tutularak 1 numarası ile belirlenmiştir. Kaynak ve talep noktalarının 1 ve 5 arasındaki öncelik sıralaması Çizelge 3.4'de yer almaktadır. Suyu kaynaktan talep noktalarına aktaran iletim kanallarına da aynı öncelik numaraları tanımlanmıştır. Bu değer en olumlu, en olumsuz, kayıp yok ve yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryolarında da değişmemektedir.

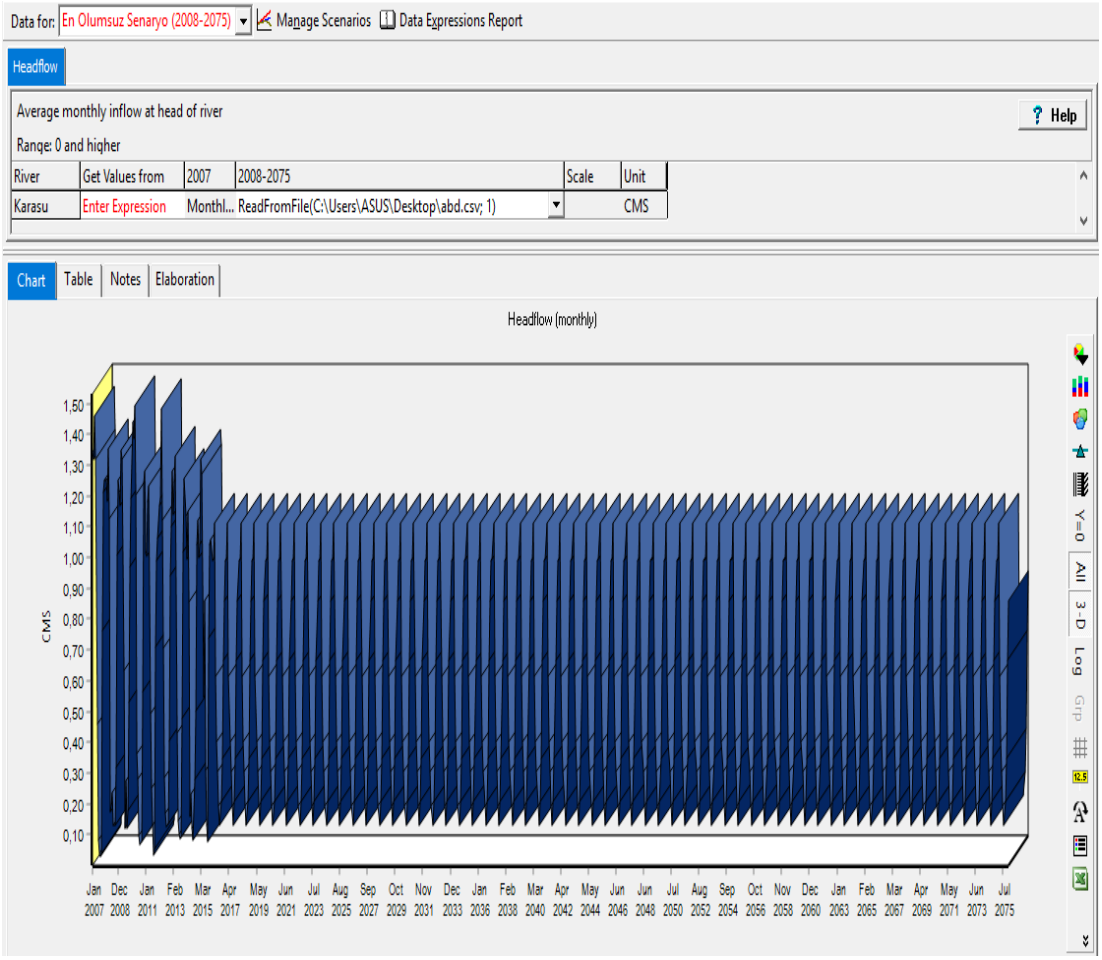
Çizelge 3.4. Talep noktalarının WEAP programındaki öncelikleri.

Kaynak	Talep noktası	Talep önceliği
Mamasın barajı	Merkez	1
Mamasın barajı	Sarıyahşi	2
Mamasın barajı	Ortaköy	3
Mamasın barajı	Ağaçören	4
Mamasın barajı	Merkez tarım	5
Bağlıköy yeraltı su kaynağı	Merkez	1
Bağlıköy yeraltı su kaynağı	Gülağaç	2
Bağlıköy yeraltı su kaynağı	Güzelyurt	3
Helvadere yeraltı su kaynağı	Eskil	1
Aratol yeraltı su kaynağı	Merkez	1
Melendiz	Uluırmak tarım	1

3.2.3 En olumsuz senaryo

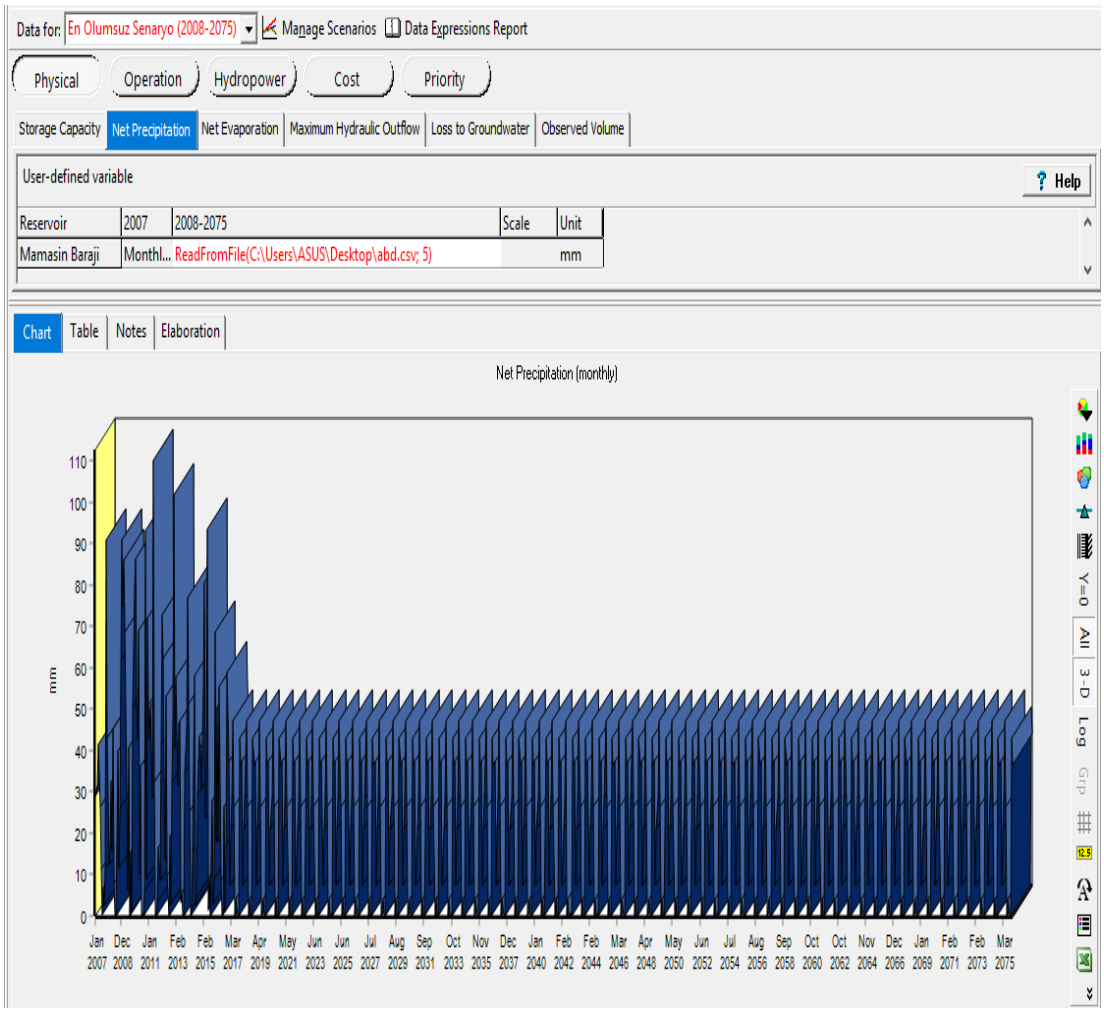
Gelecekte yaşanması muhtemel olan en kötü şartlar baz alınarak yaratılmış bir senaryo olarak tanımlanabilir. Hidrolojik verilerdeki azalış, nüfus ve tarım alanlarındaki artış ile birlikte yaşanacak su kıtlığının fotoğrafını tarafımıza resmeder. Değişen iklim koşulları ve küresel ısınmanın getirdiği yan etkiler bu senaryo üzerine işlenerek su talepleri ve karşılanmamış talepler üzerindeki etkisi incelenecektir. Havza üzerindeki en kritik koşulların alınması ile oluşturulan bu senaryo suyun daha bilinçsiz kullanımının hangi durumlara yol açacağı hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlar. Bu senaryo oluşturulurken havza üzerinde yapılan varsayımlara aşağıda değinilmiştir.

Karasu Çayı'na ait 2007-2075 yıllarında en olumsuz senaryodaki aylık debi değerleri Şekil 3.23'de yer almaktadır. Yaşanması muhtemel olan en ekstrem koşulların bir arada tasarlandığı bu senaryoda su kaynaklarından olan nehirlerin hidrolojik verilerini azaltma yoluna gidilmiştir. Karasu Çayı için 1970-2016 ve Melendiz Çayı için 1976-2016 yılları arasında AGİ'ları aracılığıyla temin edilen nehir debilerinin en düşük seviyesinin 2016 yılından sonraki debi değeri olacağı varsayılmış ve 2016-2075 arasındaki yıllar için bu debi değeri kullanılmıştır. Karasu Çayı için en düşük debi değeri 2016 yılında 0.568 m^3/s olarak gözlemlenirken, Melendiz Çayı için 1976 yılında 1.156 m^3/s olarak gözlemlenmiş ve programa eklenmiştir.



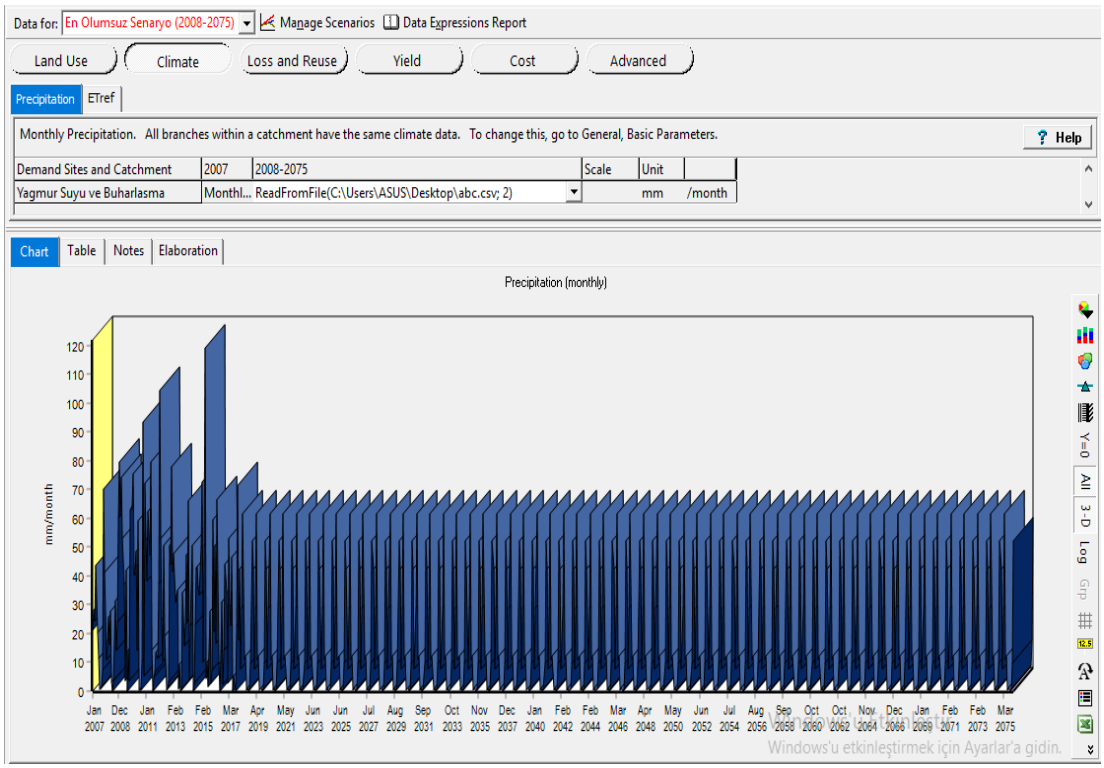
Şekil 3.23. Karasu çayına ait 2007-2075 yılları arasındaki debi değerleri (en olumsuz senaryo, m^3/s).

Şekil 3.24'te Mamasın Barajı'nın 2007-2075 yılları boyunca en olumsuz senaryo için rezervuara katılan aylık yağış miktarları gösterilmektedir. İlerleyen yıllardaki hidrolojik veriler, meydana gelen yağış ve buharlaşmayı belirleyebilmek amacıyla DSİ tarafından kurulmuş olan AGİ'larının ölçümlerinden yola çıkılarak elde edilmiştir. İstasyon yağış ölçümlerini en son 2016 yılında, buharlaşma ölçümlerini 2012 yılında tamamlamıştır. Bu yıllardan sonra meydana gelecek değerlere yaklaşım getirmek amacıyla istasyonun 1965'den 2012 ve 2016 yılına kadar olan değerlerinden faydalanılmıştır. En olumsuz senaryoda bahsedilen süre zarfı içerisinde 2016 yılından sonraki yağış değerleri için 1993 yılındaki 251.7 mm'lik en düşük yağış miktarı, 2012 yılından sonraki buharlaşma değerleri için 1981 yılındaki 1235.6 mm'lik düzeltilmiş en yüksek buharlaşma miktarı kullanılmıştır.

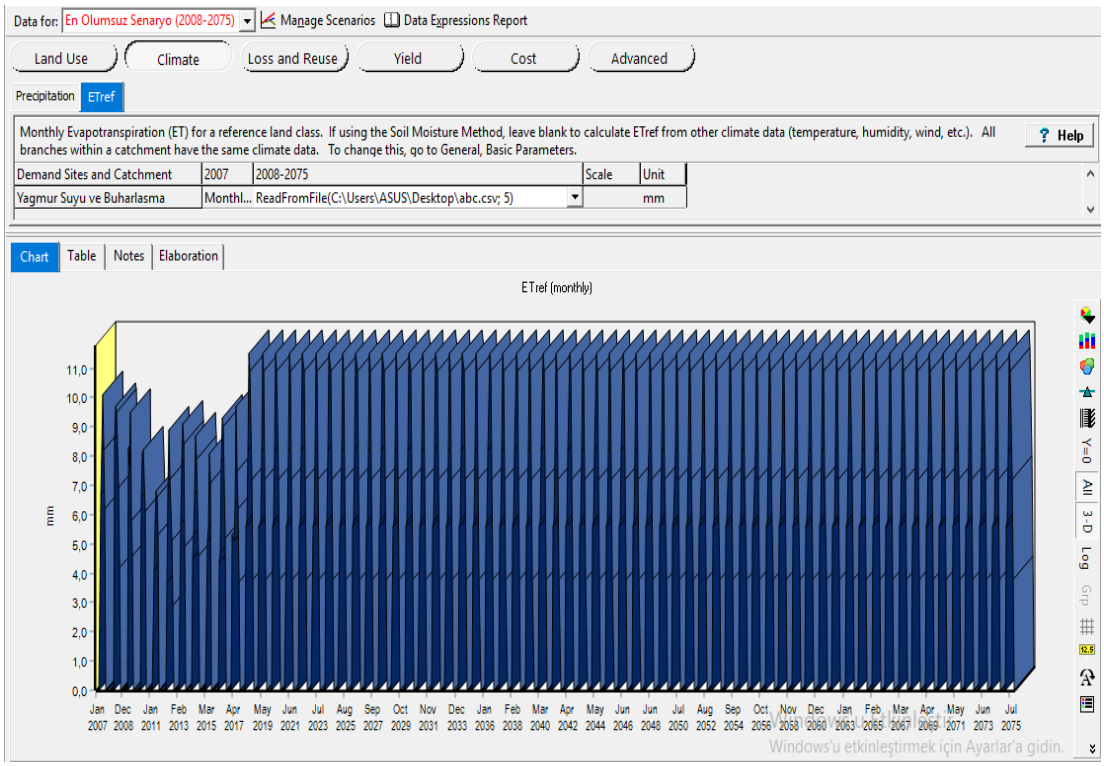


Şekil 3.24. Mamasın barajı 2007-2075 yılları arasındaki yağış miktarları (en olumsuz senaryo, mm).

Aksaray'ın 2007-2075 yılları arasında en olumsuz senaryoda gerçekleşen aylık yağış ve buharlaşma değerleri Şekil 3.25 ve Şekil 3.26'da yer almaktadır. Yağış ve buharlaşma miktarlarının bir kısmı MGM'nün hidrolojik verilerin ölçümünü saptamak için kurduğu istasyonlardan elde edilmesine rağmen 2017 yılından sonra en olumsuz koşullar altında yaşanması mümkün görünen değerleri tespit etmek suretiyle havzaya yaklaşım getirilmiştir. Bu yaklaşımda istasyonlardan sağlanan 1980-2017 yıllar içinde yağış verilerinin rastlanılmış olan en düşük değeri ile buharlaşma verilerinin en yüksek değeri 2017'den sonra her yıl için aynı olduğu kabulü yapılmıştır. 1984'de 228.8 mm'lik en düşük yağış, 2000'de ise 53 mm'lik en yüksek buharlaşma değeri kullanılmıştır.

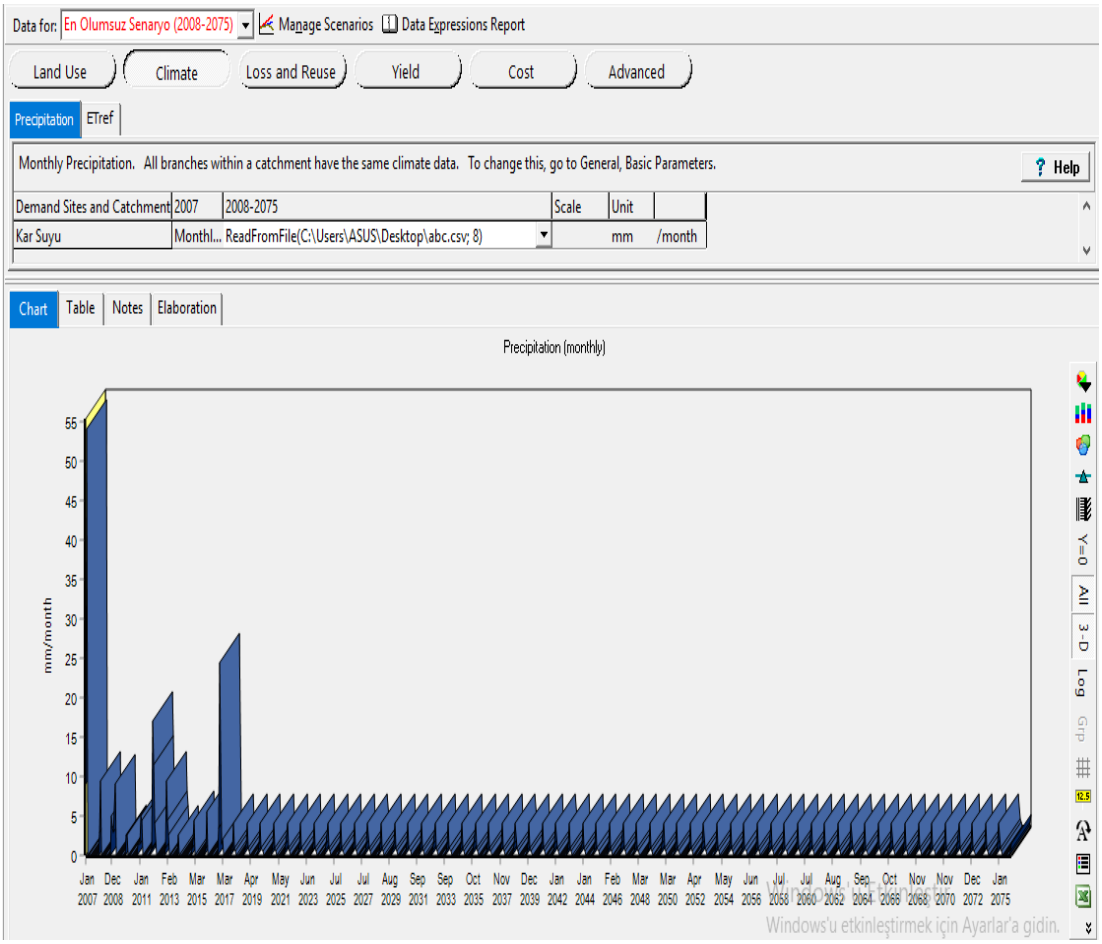


Şekil 3.25. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki yağış değerleri (en olumsuz senaryo, mm).



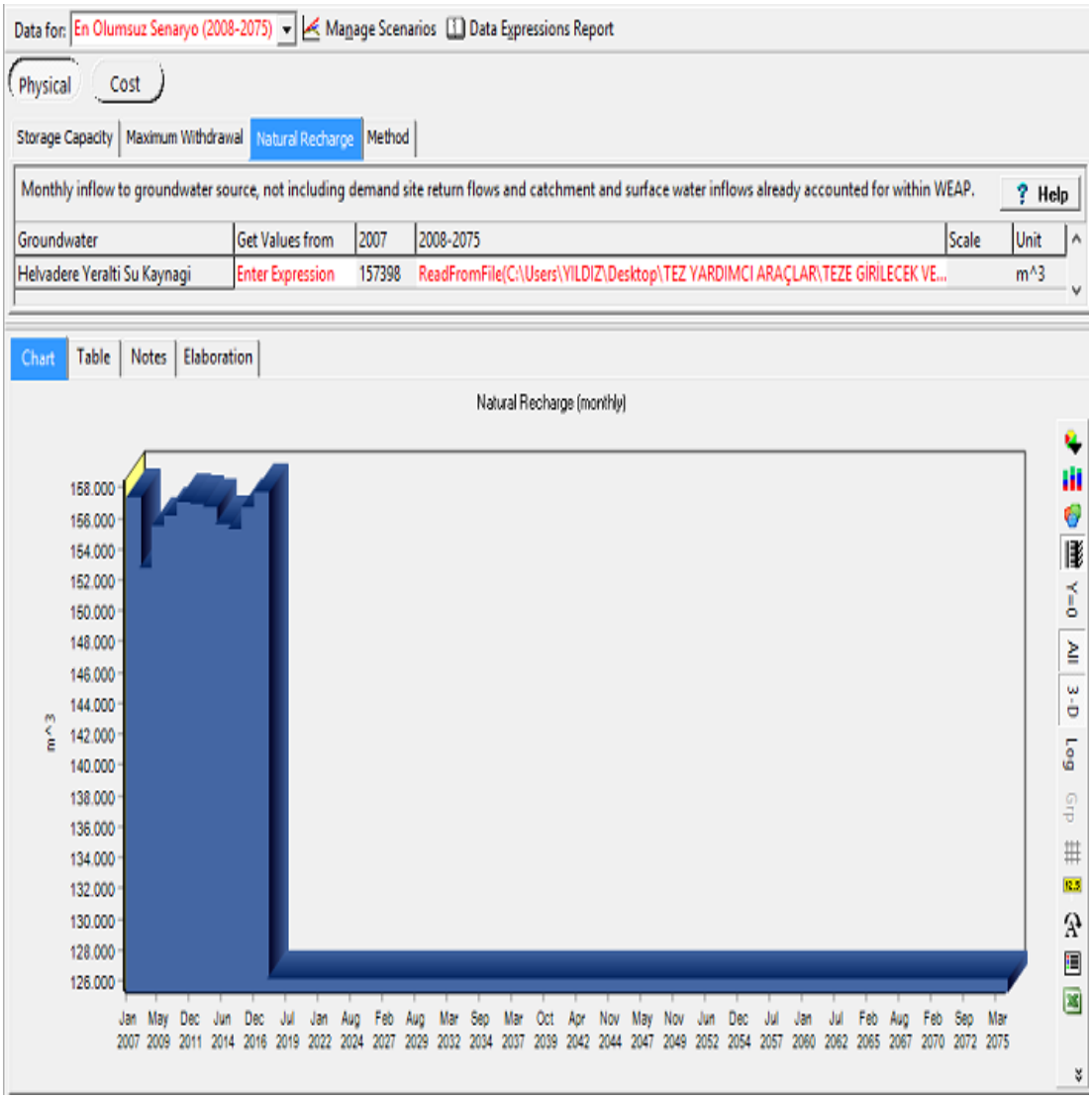
Şekil 3.26. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki buharlaşma değerleri (en olumsuz senaryo, mm).

Şekil 3.27'de Aksaray için 2007-2075 yıllarında en olumsuz senaryodaki kar miktarlarının yağış formatına dönüştürülmesi ile edinilen aylık değerler yer almaktadır. Referans senaryoda 0.3 g/cm^3 alınan kar yoğunluğu en olumsuz senaryoda iklimsel değişiklikler ve küresel ısınma sonucunda azalma yaşanacağı varsayılarak 0.05 g/cm^3'e indirgenmiştir. Bu kar yoğunluğu değeri 2007-2017 yılları arasında MGM'nün belirlediği kar yükseklikleri ile çarpılarak yağış formatına dönüştürülmüştür. Yine bu kar yoğunluğu 2007'den 2017'ye kadar gözlemlenmiş 15 cm'lik minimum kar yüksekliği ile çarpılarak 2017'den sonra her yıl geçerliliğini koruması varsayılan 7.5 mm'lik kar yükü miktarı bulunmuştur. 2007'de 10.5 mm, 2017'de 29.5 mm ve 2017'den 2075'e değin 7.5 mm'lik kar yükleri programa aktarılmıştır.



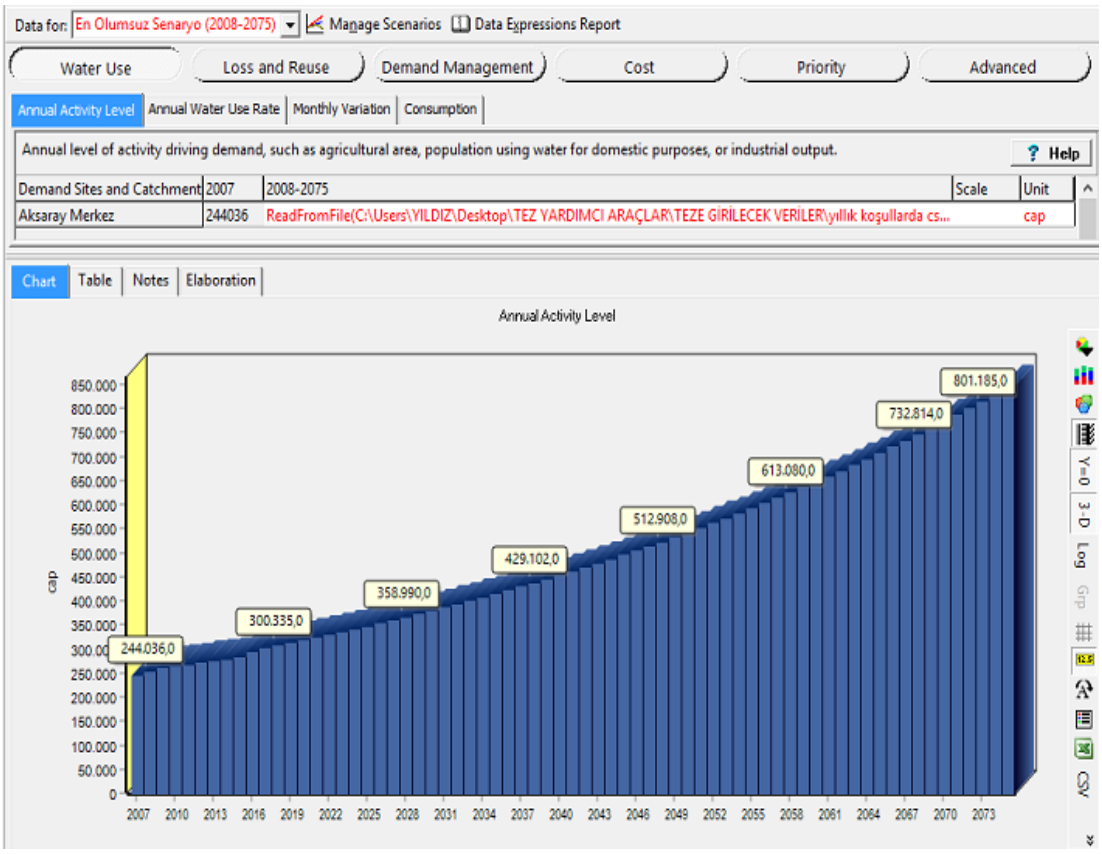
Şekil 3.27. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki kar yükü değerleri (en olumsuz senaryo, mm).

Helvadere yeraltı su kaynağının en olumsuz senaryodaki 2007-2075 yıllarındaki yeniden dolum miktarları Şekil 3.28'de sergilenmektedir. Yeniden dolum miktarları global sıcaklık artışlarının yağışlar üzerinde azalışa sebebiyet vereceği gerekçesiyle en olumsuz senaryoda %20 oranında azalan yağış miktarı kadar düşürülmüştür. Hatırlanacağı üzere referans senaryodaki Bağlıköy, Helvadere ve Aratol yeraltı su kaynaklarının 788400, 157680 ve 42066 m^3'lük aylık yeniden dolum miktarları en olumsuz senaryodaki %20'lik azalış ile 2017 yılından sonra 630720, 126144 ve 33563 m^3 değerleri ile revize edilmiştir.



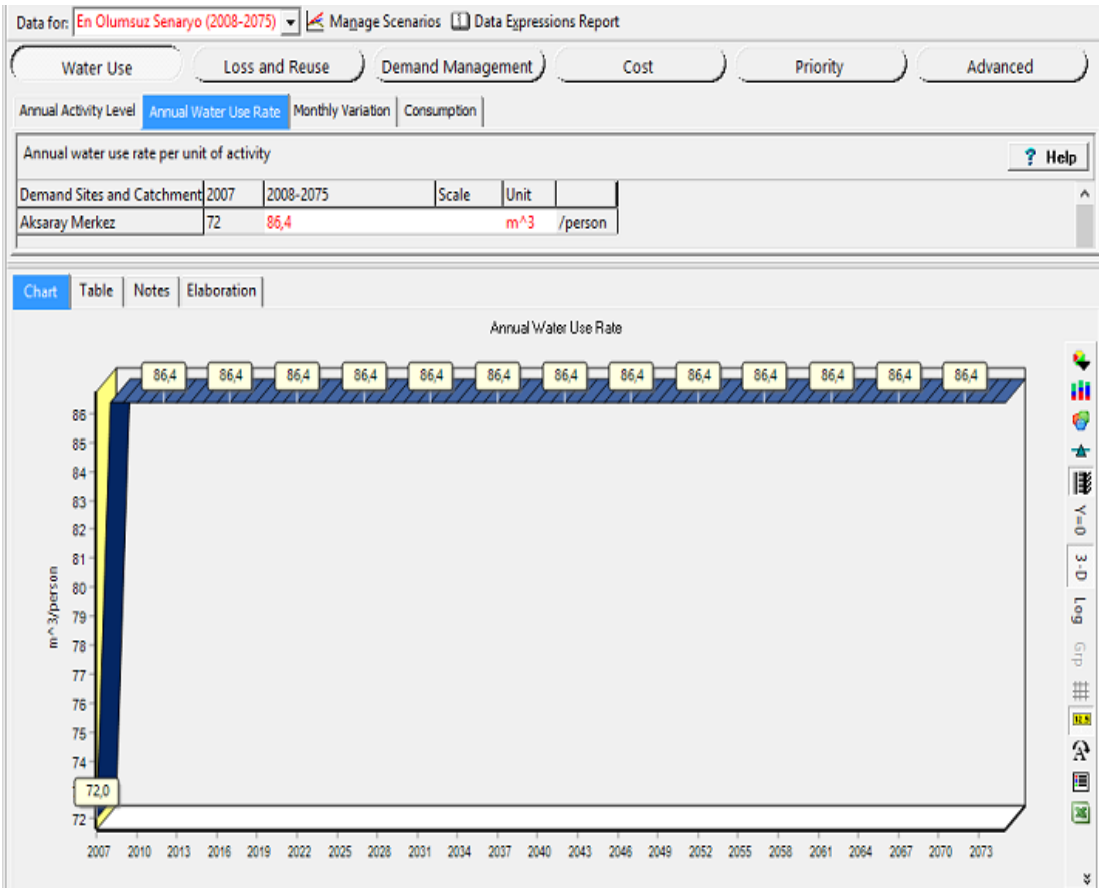
Şekil 3.28. Helvadere yeraltı su kaynağı 2007-2075 yılları arasındaki yeniden dolum miktarları (en olumsuz senaryo, m^3).

Şekil 3.29'da en olumsuz senaryoya göre Aksaray Merkez'in nüfus değerlerinin 2075 yılına değin değişimi yer almaktadır. En olumsuz senaryoda doğum oranlarının ölüm oranlarını geçeceği dikkate alınarak popülasyon miktarında artışa gidilmiştir. Tüm ilçelerin 2017 yılından itibaren her yıl bir önceki yıla göre %1.8 artacağı varsayılmış ve bu artış oranı neticesinde elde edilen veriler sisteme işlenmiştir. Merkez, Ağaçören, Eskil, Gülağaç, Güzelyurt, Ortaköy ve Sarıyahşi'nin 2075 yılındaki nüfus değerleri sırasıyla 845232, 23015, 74119, 54167, 31737, 90653 ve 13605'tir.



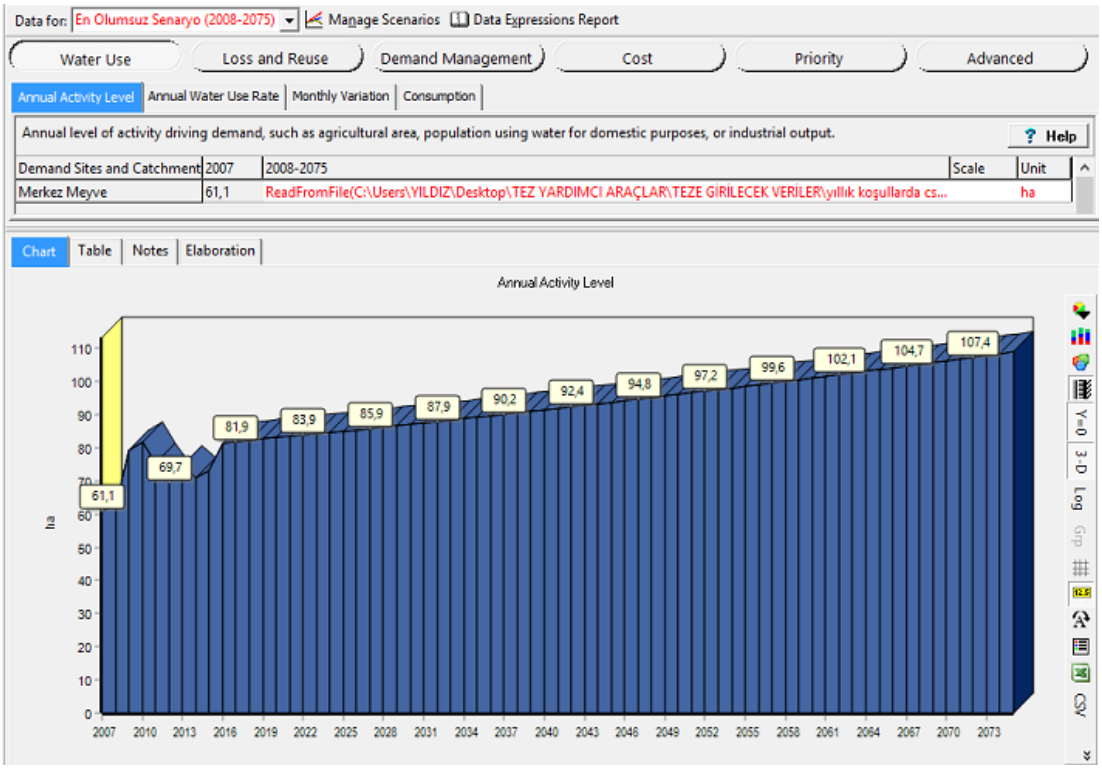
Şekil 3.29. Aksaray merkez 2007-2075 yılları arasındaki nüfus değerleri (en olumsuz senaryo).

Tüm ilçeler için en olumsuz senaryoda bir kişinin yıllık tükettiği su miktarı halkın su tüketimi konusunda yetersiz bilinçlendirilmesi, daha savurgan ve vurdumduymaz kullanımlar sebebiyle artacağı tahmin edilmiştir. Güncel hesaplamalar ve referans senaryodaki bir bireyin yıllık su tüketim miktarı olan 72 m^3 en olumsuz senaryoda %20'lik artış oranı ile 86.4 m^3'e çıkarılmış ve Şekil 3.30'da görüldüğü üzere programa yansıtılmıştır.

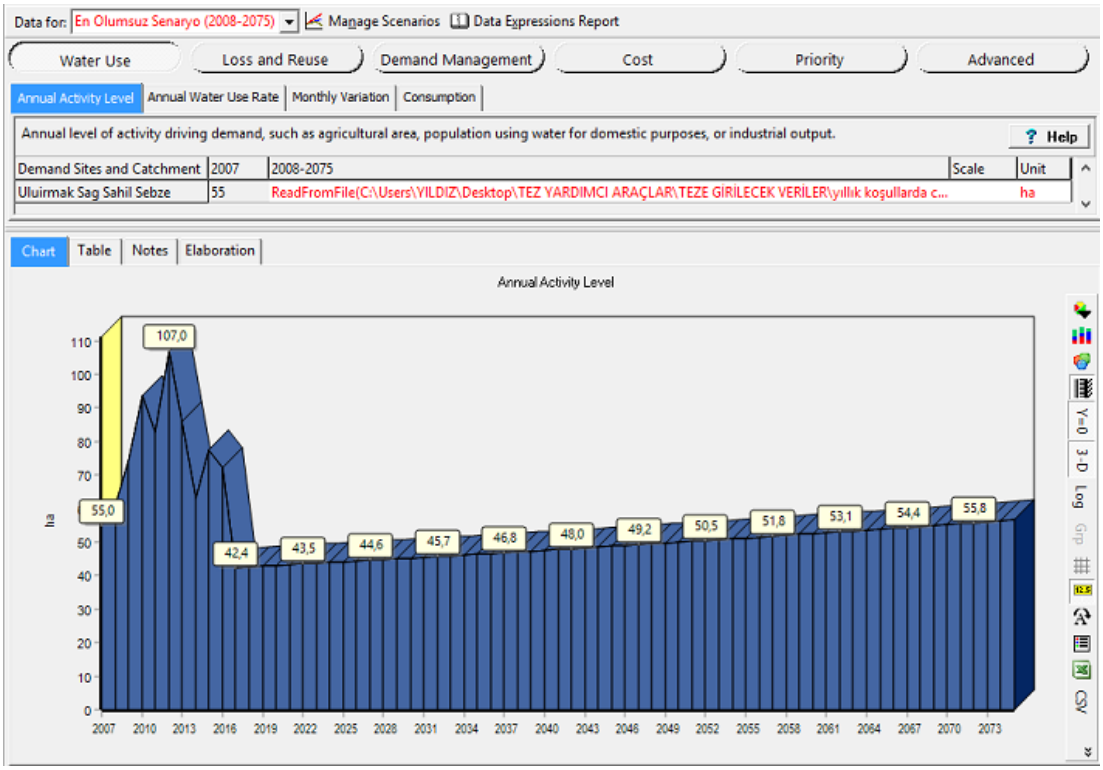


Şekil 3.30. Bir kişinin yıllık su tüketim miktarı (en olumsuz senaryo, m^3).

Şekil 3.31 ve Şekil 3.32 Aksaray ilinde ekilen bitkisel ürünlerin 2075 yılına kadar en olumsuz senaryodaki değişimini sergilemektedir. En olumsuz senaryo bütün alanlarda su tüketiminin olası artımının üzerine kurulduğundan dolayı Aksaray ilinin tarım faaliyetlerinin yıllar geçtikçe artacağı ve su ihtiyacının da bu oranda yükseleceği düşünülmüştür. En olumsuz senaryoda Merkez tarım alanları için 2016 ve Uluırmak tarım alanları için 2017 yılından itibaren ekilen bitkisel ürünlerin her yıl bir diğerine oranla %0.05 artacağı varsayılmıştır. Bunun sonucunda 2075 yılına erişildiğinde Merkez tarım alanındaki hasat edilen meyve miktarı 81.5 ha'dan 109 ha'a yükseldiği, Uluırmak tarım alanında hasat edilen sebze miktarının ise 42.4 ha'dan 56.6 ha'a yükseldiği gözlemlenmiş ve her bir ürün için uygulanmıştır. Merkez için 2016'da 14108.5 ha'lık toplam tarım arazisi 2075 yılında 18935.6 ha, Uluırmak için 2017'de 10809.5 ha'lık toplam tarım arazisi 2075'de 14435.7 ha olacak şekilde uygulanarak sisteme aktarılmıştır.

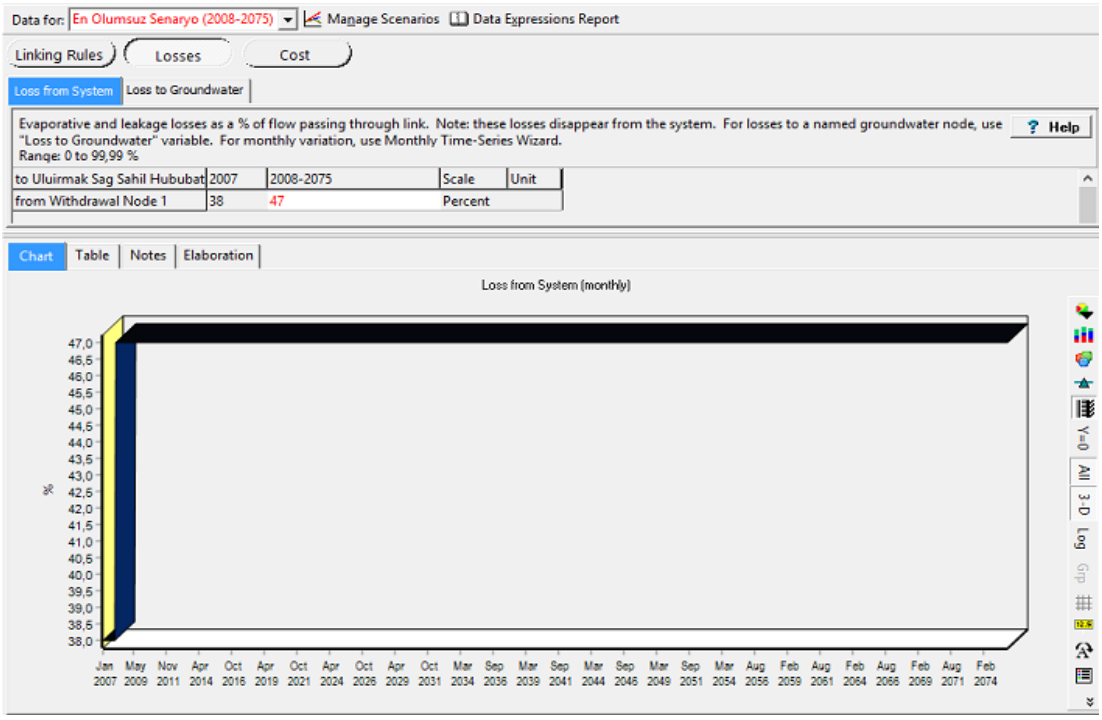


Şekil 3.31. Merkez tarım alanı 2007-2075 yılları arasındaki meyve ekim miktarları (en olumsuz senaryo, ha).



Şekil 3.32. Uluırmak tarım alanı 2007-2075 yılları arasındaki sebze ekim miktarları (en olumsuz senaryo, ha).

Uluırmak tarım alanına suyu aktaran iletim kanalında en olumsuz senaryodaki kayıp miktarı Şekil 3.33'te yer almaktadır. En olumsuz senaryoda ilerleyen yıllarda kapalı kanallarda aşınmalar meydana geleceği ve açık kanallarda artan küresel ısınma ile birlikte buharlaşma miktarlarının artacağı öngörülmüştür. Bu varsayımlar sonucunda güncel ve referans senaryodaki tarım alanı kanallarındaki %38'lik kayıp en olumsuz senaryoda %47'ye çıkarılır iken, şehir şebeke hatlarındaki bu kayıp oranı %25'ten %35'e çıkarılmış ve tüm iletim-geri dönüş kanallarına bu kayıp oranları uygulanmıştır.



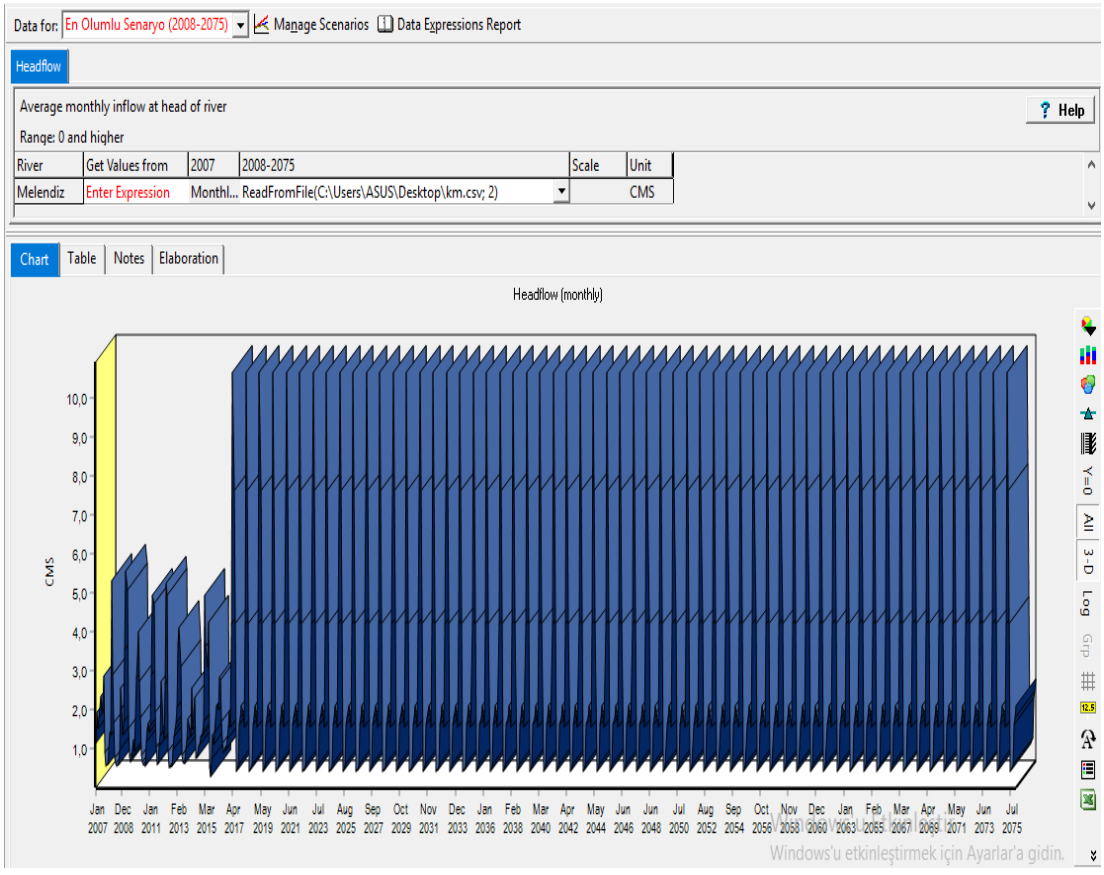
Şekil 3.33. Uluırmak sağ sahil tarım alanı iletim kanalındaki kayıp oranı (en olumsuz senaryo, %).

3.2.4 En olumlu senaryo

En genel anlamda ilerleyen zaman süreci boyunca gerçekleşmesi muhtemel olan en iyi şartların vuku bulduğu durumların incelendiği senaryo olarak adlandırılabilmektedir. Yağış miktarlarında artış, buharlaşma miktarlarında azalış, nüfus verilerinde değişmezlik, tarım alanlarında azalış, kayıp oranlarında azalış ve su tüketim değerlerinde azalış varsayımları yapılarak geleceğe yönelik oluşturulmuş bir senaryodur. Ayrıca bu varsayımların 2075 yılına değin havzanın su bütçesini, arz ve talep değerlerini, karşılanmış ve karşılanmamış talep miktarlarını, havzaya giren ve

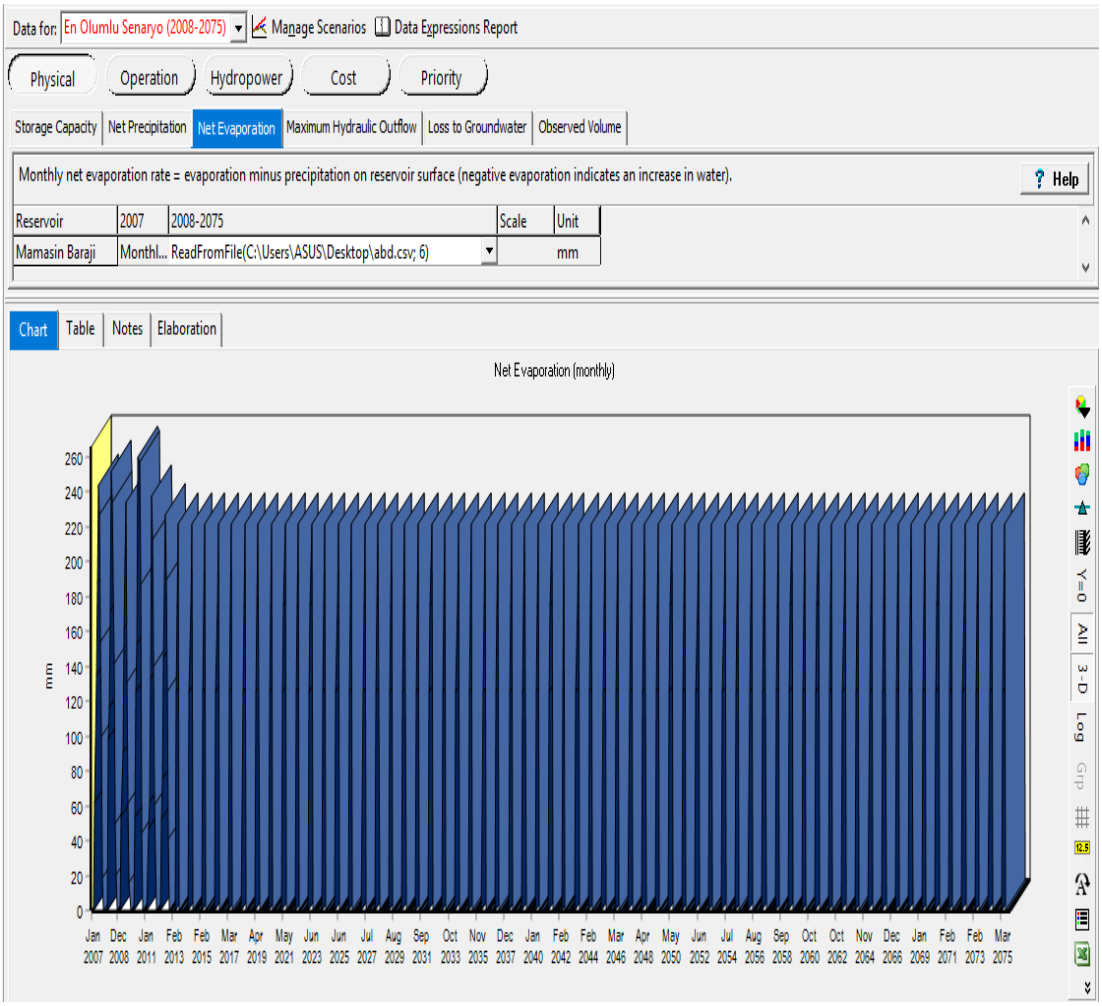
çıkan akımları nasıl etkilediği üzerinde incelemeler yapılmıştır. En olumsuz senaryoda havza üzerinde yaşanması olası en kötü şartların meydana getirdiği sonuçlar kadar bu senaryoda da aslında eldeki kaynakların ne kadar etkin kullanılabileceğini tarafımızca sorgulanması gerektiğini ortaya koyar. Yaratılan diğer senaryolar ile karşılaştırılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Şekil 3.34'te 2007-2075 yılları arasında en olumlu senaryodaki Melendiz Çayı'nın değişen aylık debi miktarları gösterilmektedir. En olumlu senaryoda nehir yataklarının güncel ve referans senaryoya göre daha yüksek akımlar taşıyacağı tahmin edilmektedir. Bu yüzden en olumlu senaryoda 2016 yılından sonra AGİ tarafından Melendiz ve Karasu Çaylarında ölçülen en yüksek debi değerleri kullanılmıştır. Bu debi değeri Melendiz Çayı için 1976'da gözlemlenen 3.106 m^3/s ve Karasu Çayı için 1981'de gözlemlenen 2.245 m^3/s'dir.



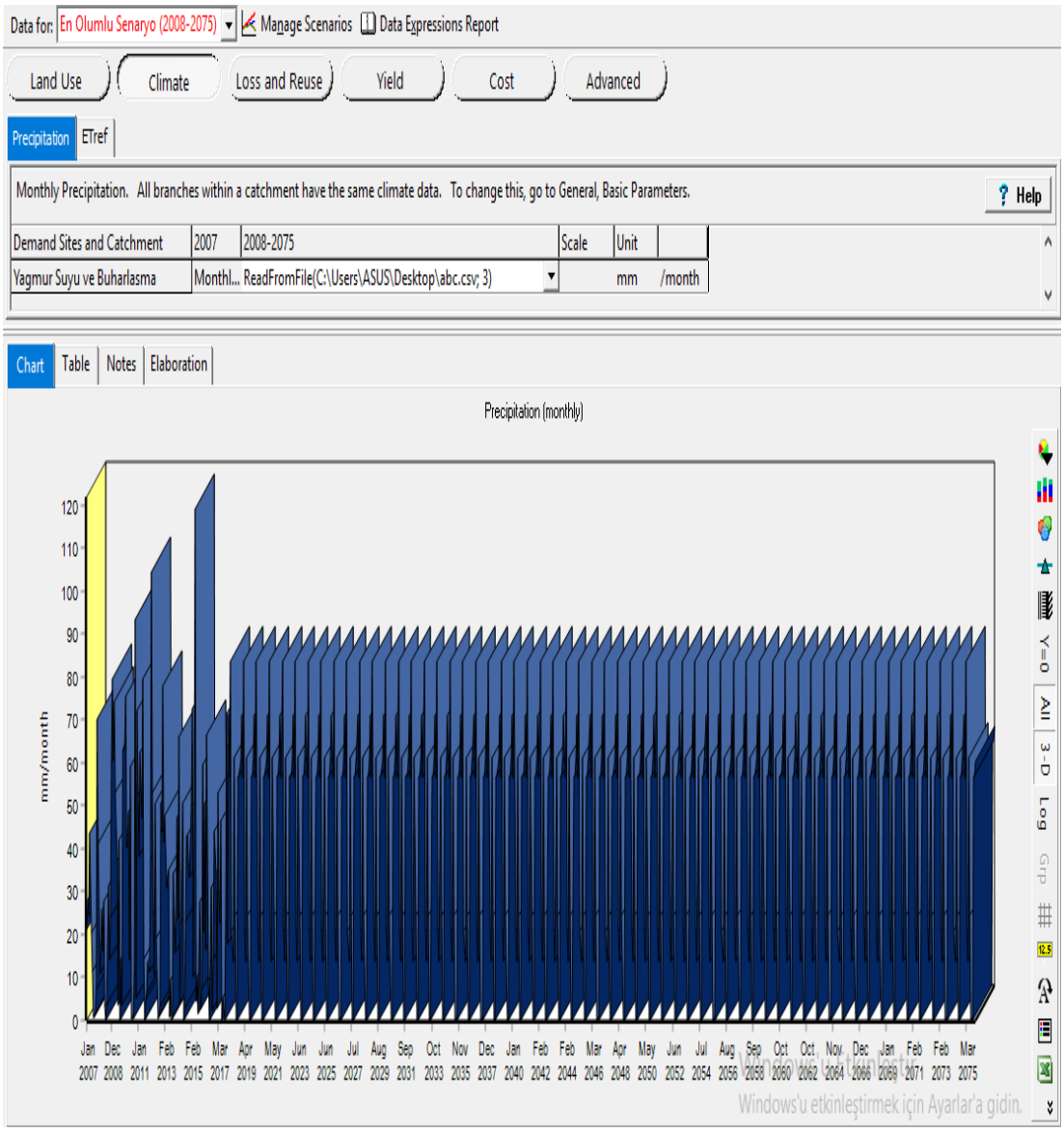
Şekil 3.34. Melendiz çayına ait 2007-2075 yılları arasındaki debi değerleri (en olumlu senaryo, m^3/s).

Mamasın Barajı'nın 2007-2075 yılları arasındaki en olumlu senaryo için hazne yüzeyinden atmosfere katılan 0.7 katsayı ile düzeltilmiş aylık buharlaşma miktarları Şekil 3.35'te vurgulanmaktadır. En olumlu senaryoda baraj rezervuarından meydana gelecek buharlaşma miktarlarının giderek azalacağı ve yağış miktarlarının giderek artacağı tahmini yapılmıştır. Ancak yıl geçtikçe artış veya azalış yapmak yerine buharlaşma miktarları için 1965-2012 yılları arasında rastlanan en düşük değerin ve yağış miktarları için 1965-2016 yılları arasında rastlanan en yüksek değerin bu süreç içerisindeki artış ve azalışa denk geleceği düşünülmüştür. Bunun sonucu olarak 2012'den sonraki bütün yılar için toplam yıllık buharlaşma 1974 yılındaki 522.3 mm alınırken, 2016'dan sonraki tüm yıllar içinse toplam yıllık yağış miktarı 543 mm alınmış ve programa aktarılmıştır.

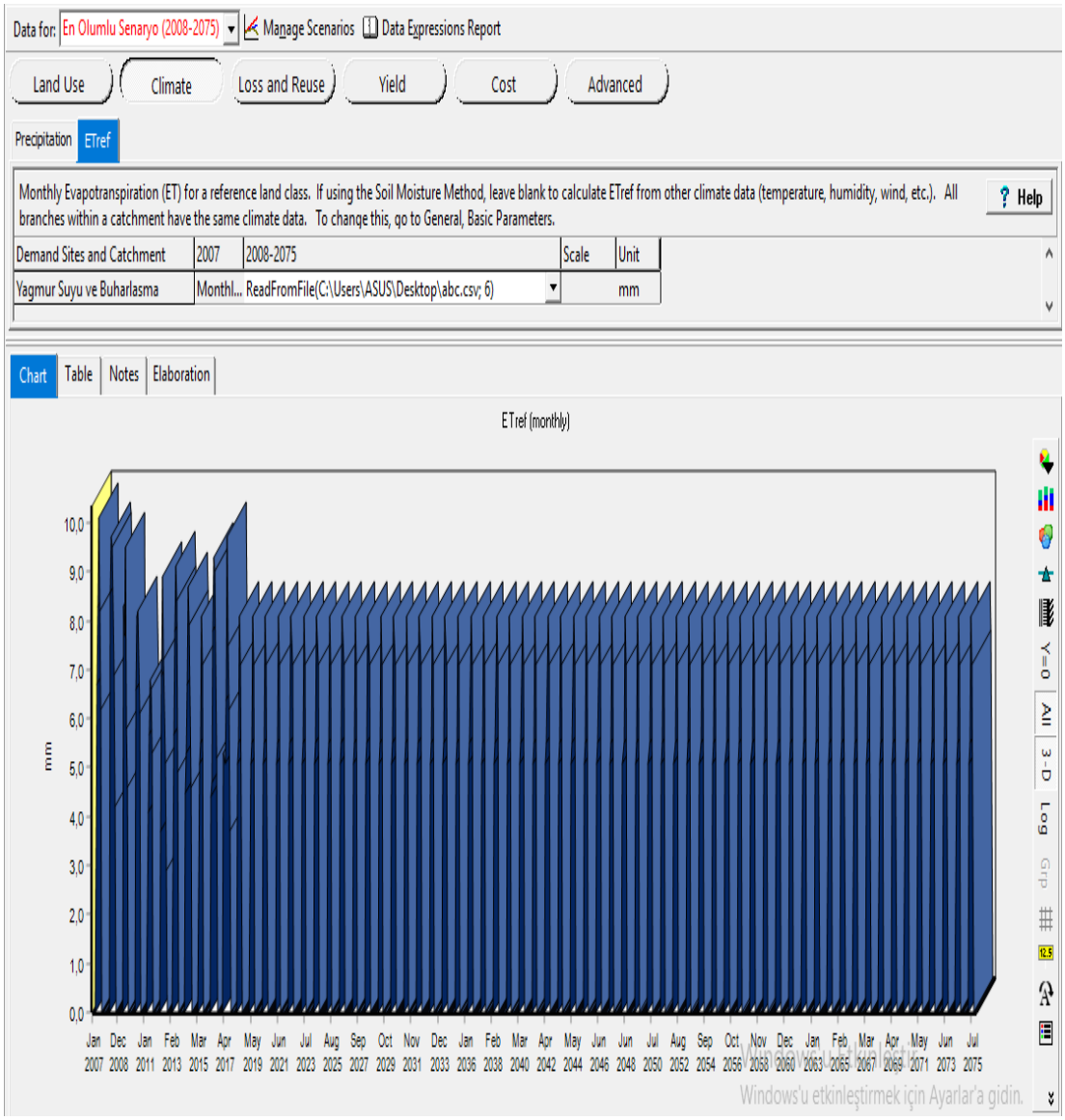


Şekil 3.35. Mamasın barajının 2007-2075 yılları arasındaki buharlaşma miktarları (en olumlu senaryo, mm).

Şekil 3.36 ve 3.37'de en olumlu senaryoda Aksaray ilinde meydana gelen yağış ve buharlaşma miktarlarının 2007-2075 yılları arasındaki aylık değişimi sergilenmektedir. En olumlu senaryoda küresel ısınmanın etkileri göz ardı edilmiş ve 2017'den sonraki veri giriş aralığında yağış için en yüksek, buharlaşma için ise en düşük değer kullanılmıştır. Bu değer yağış için 1987 yılında ölçülen 506.2 mm ve buharlaşma için 2015 yılında ölçülen 25.8 mm'dir. 2017 yılından sonraki tüm yıllar için aynı miktarda değerlerin oluşacağı varsayılarak program üzerine yansıtılmıştır.

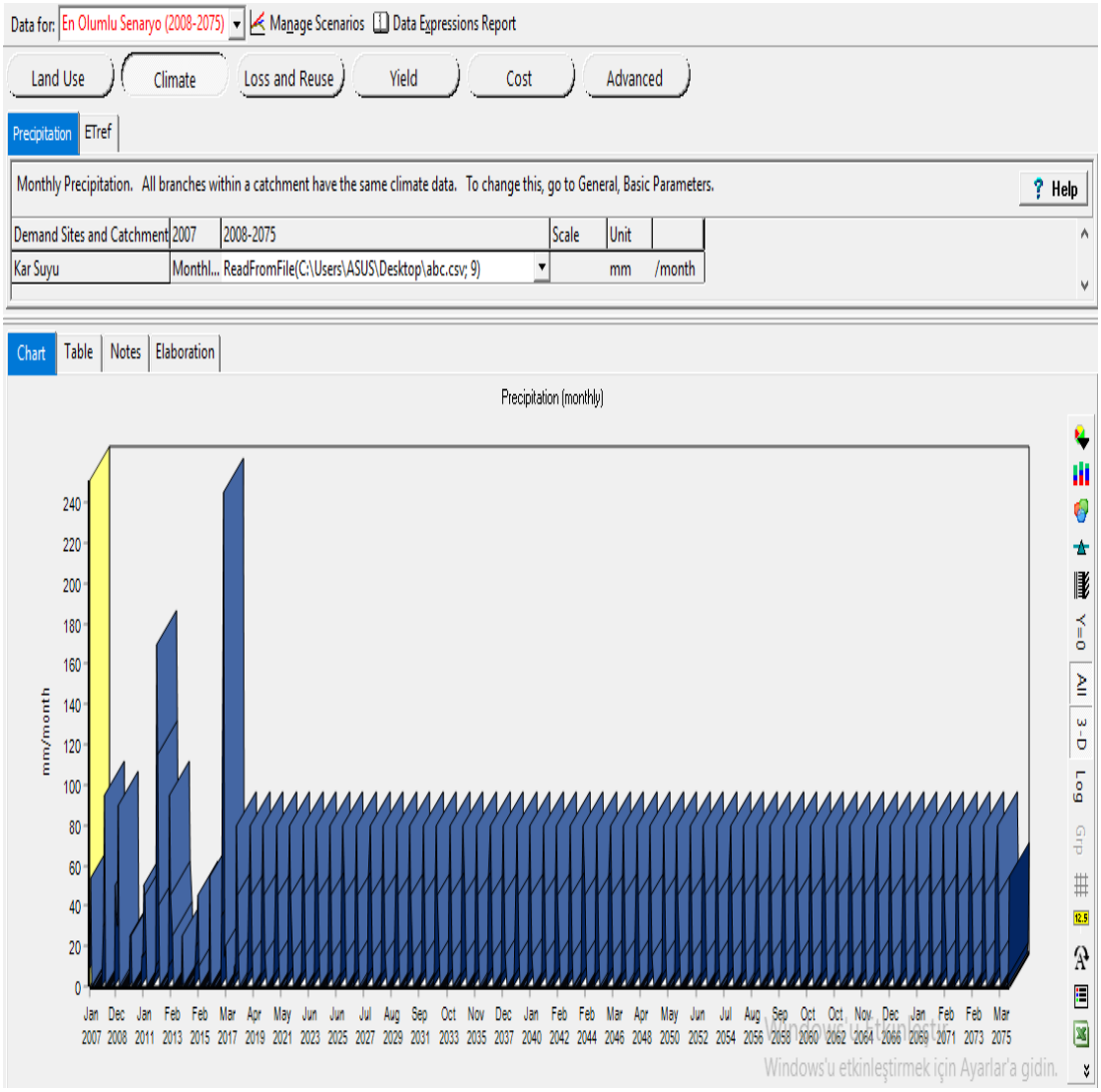


Şekil 3.36. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki yağış değerleri (en olumlu senaryo, mm).



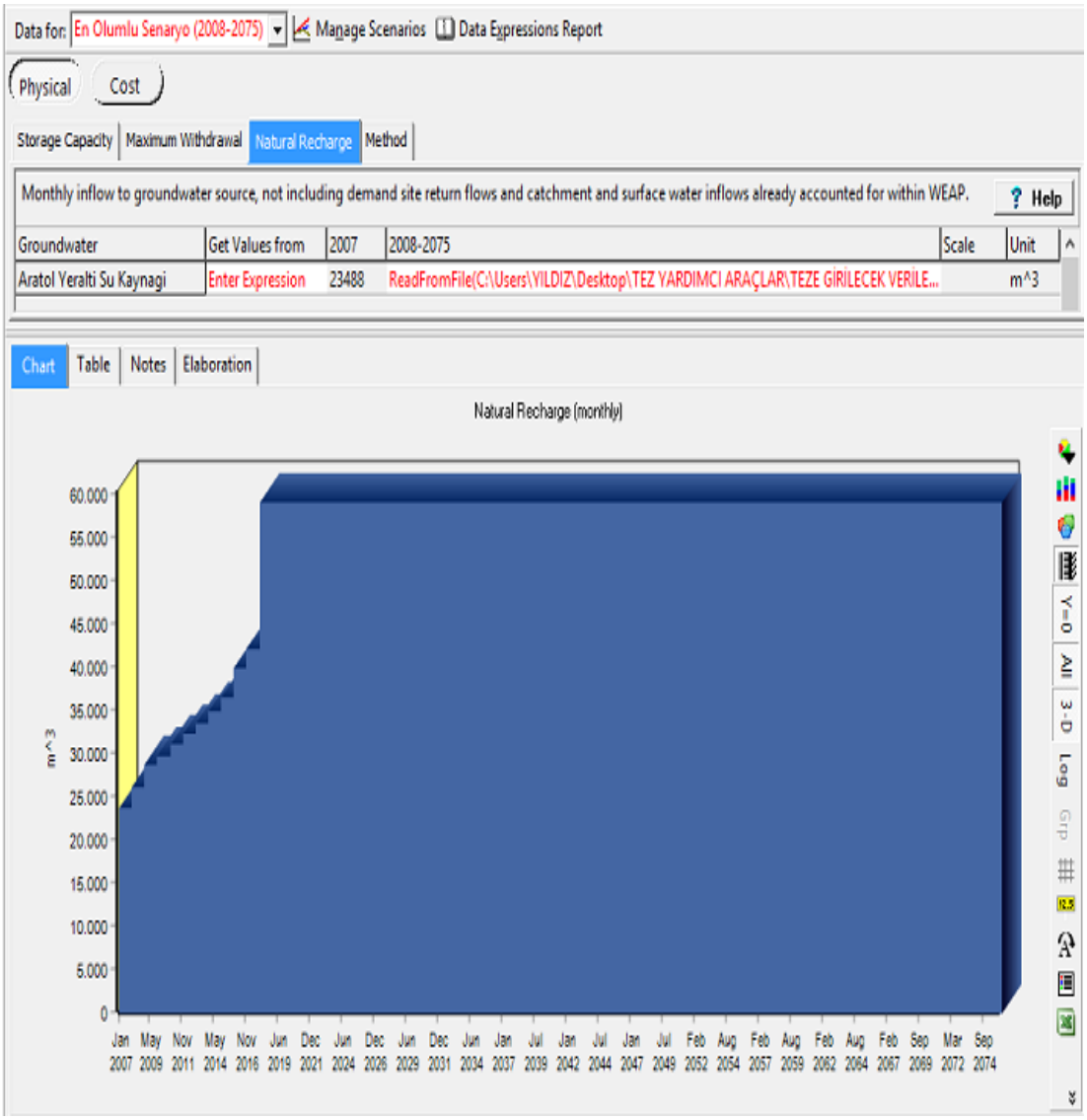
Şekil 3.37. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki buharlaşma değerleri (en olumlu senaryo, mm).

Aksaray'ın en olumlu senaryoda 2007-2075 yılları arasındaki aylık kar değerlerinin yağış formatına çevrilmiş halleri Şekil 3.38'de gösterilmektedir. En olumlu senaryoda şehir genelinde daha yoğun kar yağışları beklendiğinden dolayı kar yoğunluğu 0.5 g/cm^3 alınmıştır. Aksaray MGM tarafından 2007-2017 yılları arasında kar yükseklik ölçümlerinin en yüksek değerleri arasında olan 40 cm'lik yağış değeri 2017 yılından sonraki kar miktarlarını belirlemede kullanılmıştır. Mevcut kar yoğunlukları ve kar yükseklikleri çarpılarak 2007'de 105 mm, 2013'te 190 mm, 2017'de 295 mm ve 2017'den sonraki yıllar için 200 mm'lik kar yükleri bulunmuş ve sisteme eklenmiştir.



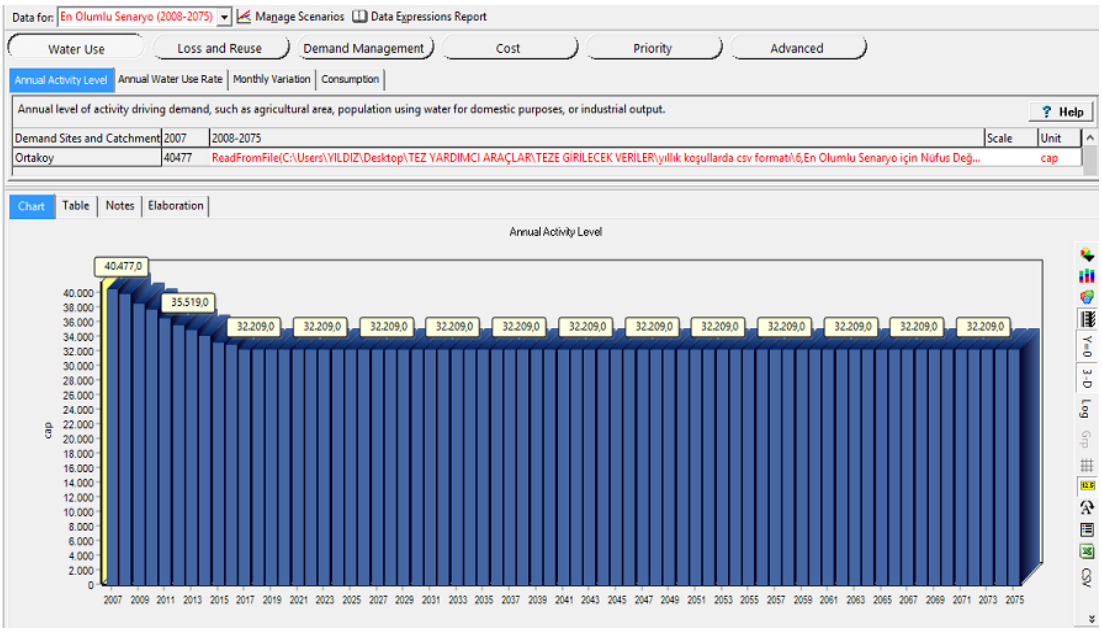
Şekil 3.38. Aksaray ili 2007-2075 yılları arasındaki kar yükü değerleri (en olumlu senaryo, mm).

Şekil 3.39'da Aratol yeraltı su kaynağının en olumlu senaryo için 2007-2075 yıllarındaki yeniden dolum miktarları yer almaktadır. En olumlu senaryodaki yağış verileri %40 oranında arttırılmış ve buna bağlı olarak yeraltı su kaynaklarının yeniden dolum miktarlarının da yağış miktarlarının artış oranıyla doğrusal bir şekilde artacağı varsayılmaktadır. Yağış oranındaki %40'lık artış yeniden dolum miktarlarına yansıtıldığı zaman Bağlıköy, Helvadere ve Aratol yeraltı su kaynaklarının aylık kapasiteleri sırasıyla 1103760, 220752 ve 58892 m^3 olduğu bulunmuş ve 2017 yılından sonra bu değerler kullanılmıştır.



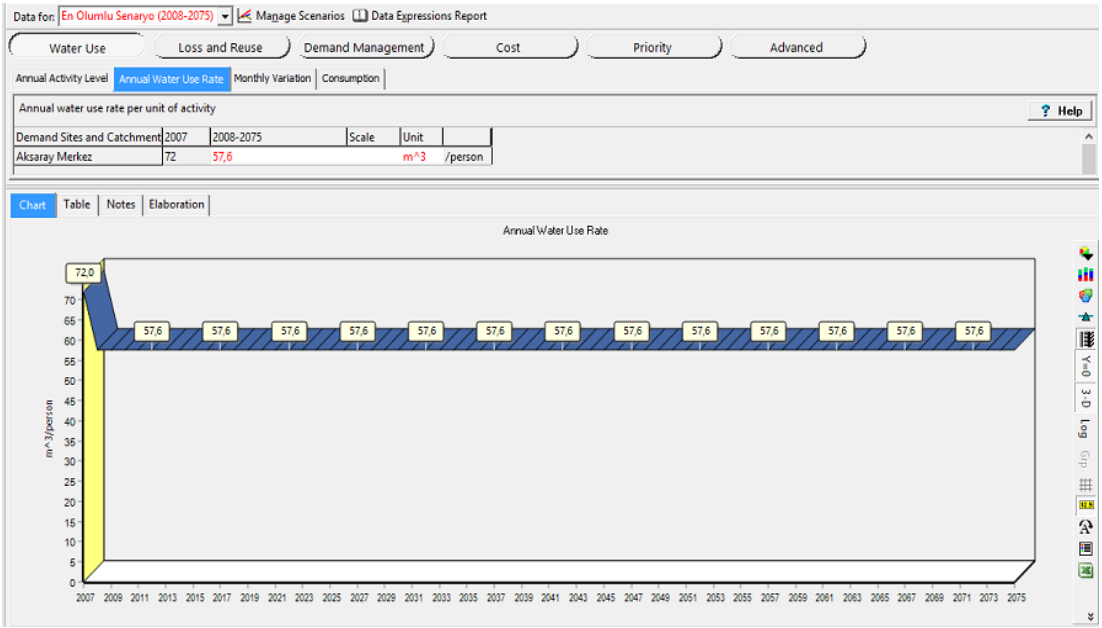
Şekil 3.39. Aratol yeraltı su kaynağı 2007-2075 yılları arasındaki yeniden dolum miktarları (en olumlu senaryo, m^3).

Ortaköy ilçesinin en olumlu senaryodaki nüfus değerlerinde 2007-2075 yılları arasında meydana gelen değişim Şekil 3.40'ta ortaya konmuştur. En olumlu senaryoda Aksaray'ın bütün ilçelerindeki doğum ve ölüm oranlarının 2017 yılından sonra eşit olacağı varsayılarak bu yıldan sonraki nüfus değerlerinde herhangi bir değişikliğe gidilmemiştir. Merkez, Ağaçören, Ortaköy, Eskil, Gülağaç, Güzelyurt ve Sarıyahşi ilçelerinin 2075 yılına değin nüfus değerleri her bir ilçe için sırasıyla 300335, 8175, 32209, 26333, 19244, 11275 ve 4833 olarak alınmıştır.



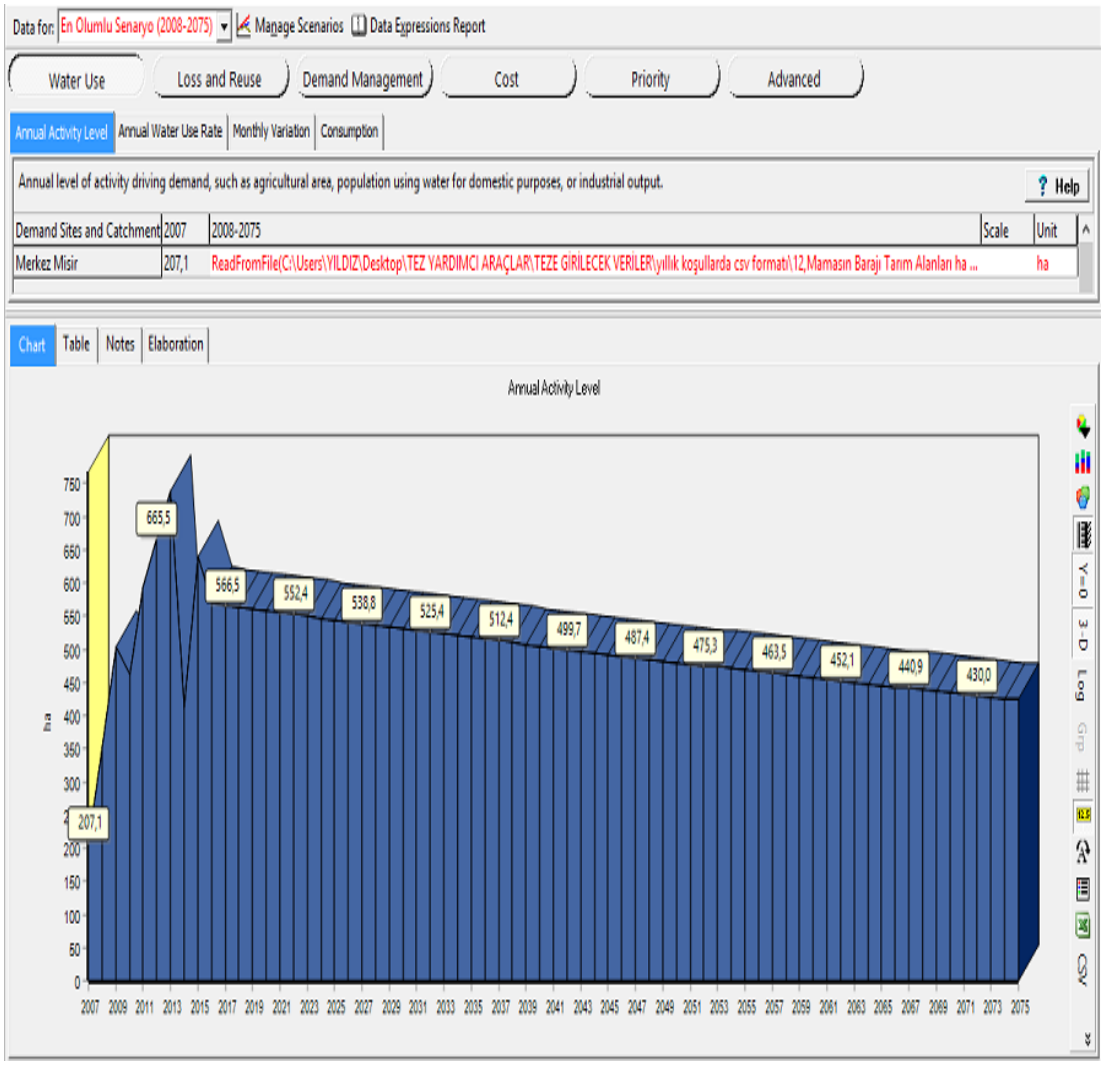
Şekil 3.40. Ortaköy ilçesinin 2007-2075 yılları arasındaki nüfus değerleri (en olumlu senaryo).

Halkın su kullanım açısından yeterince bilinçlendirileceği ve suyun pahalılığı kullanım miktarında bir takım azaltma yaratacağı varsayılarak bir kişinin tükettiği yıllık su miktarı %20 oranında azaltılmıştır. Bu azalış ile beraber referans senaryodaki 72 m^3'lük su tüketimi Şekil 3.41'de gösterildiği gibi 57.6 m^3'e indirgenmiştir.

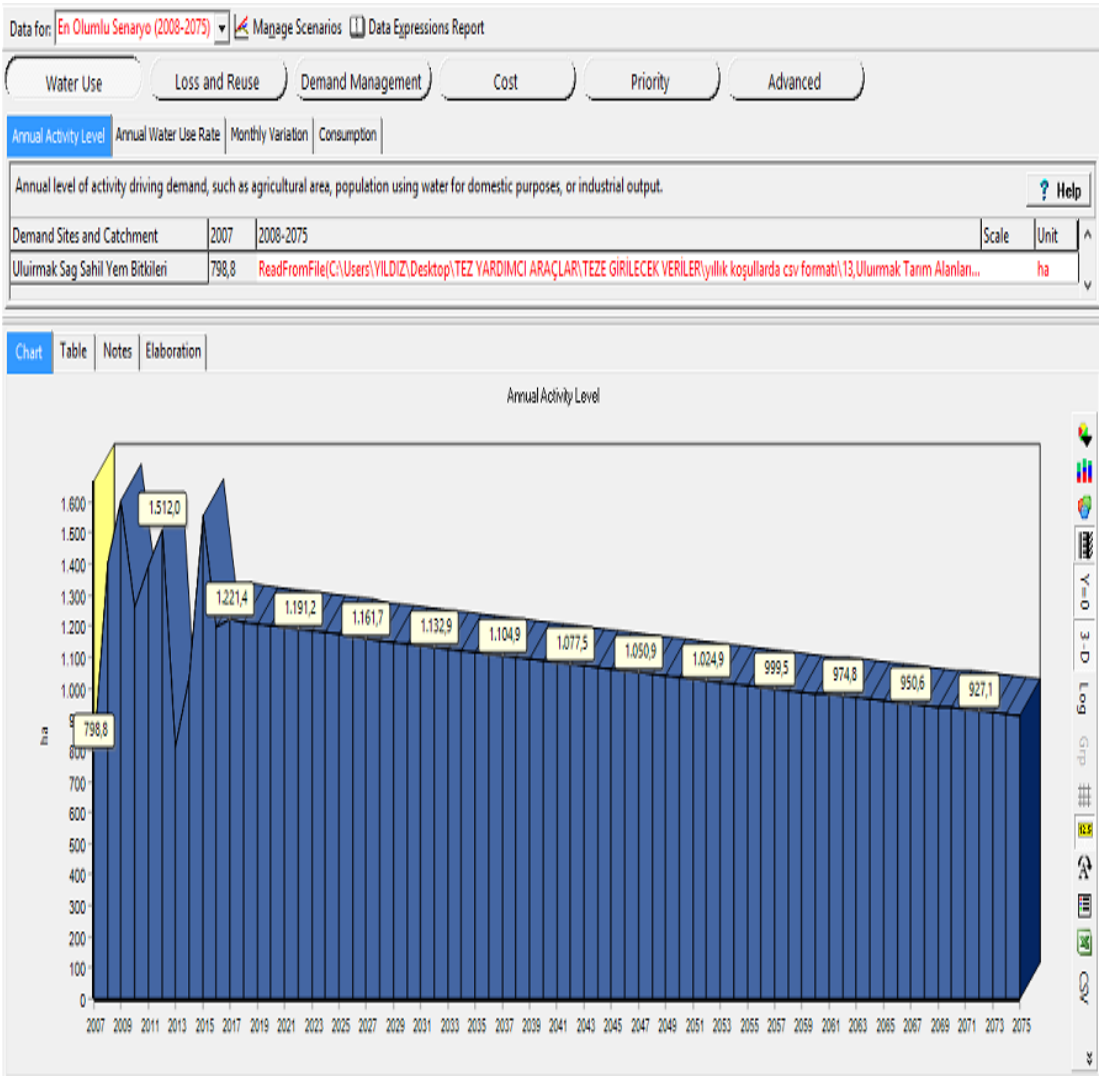


Şekil 3.41. Bir kişinin yıllık su tüketim miktarı (en olumlu senaryo, m^3).

Şekil 3.42 ve Şekil 3.43'te mısır ve yem bitkisinin en olumlu senaryoda 2075 yılına kadarki ekim miktarları bulunmaktadır. En olumlu senaryoda gelecek yıllarda suyun değerinin daha iyi anlaşılması ile yapılan sulu tarım arazileri sayısının azalacağı ve kuru tarım arazilerinin daha çok artacağı varsayılarak tarım arazilerinde hasat edilen ve ekilen ürünlerin sayısında her yıl bir öncekine göre %0.05 oranında azaltılmıştır. Bu azaltma oranı Merkez tarım alanında 2016'dan, Uluırmak tarım alanında 2017'den sonra uygulanmıştır. Uygulanan azaltma neticesinde mısır ekim miktarı 566.5 ha'dan 423.5 ha'a gerilerken, yem bitkisi ekim miktarı 2017 yılına ulaşıldığında benzer şekilde 1221.4 ha'dan 913.26 ha'a gerilemiştir. Aksaray genelindeki toplam tarım arazisi ise 24918 ha'dan 18578.97 ha'a düşmüştür.

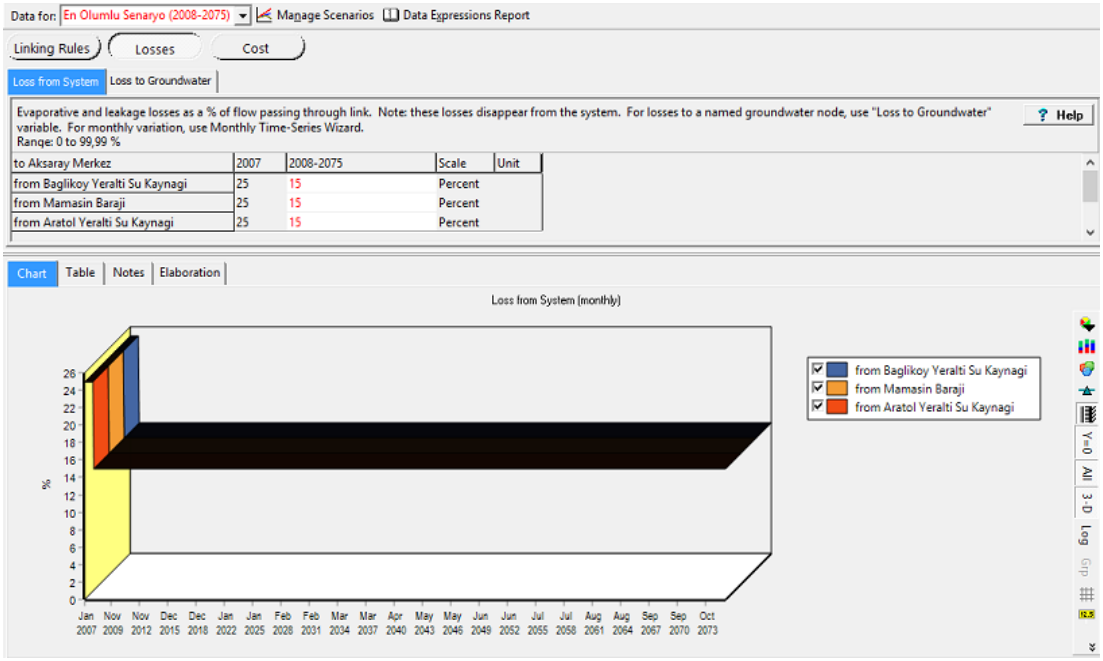


Şekil 3.42. Merkez tarım alanı 2007-2075 yılları arasındaki mısır ekim miktarları (en olumlu senaryo, ha).



Şekil 3.43. Uluırmak tarım alanı 2007-2075 yılları arasındaki yem bitkisi ekim miktarları (en olumlu senaryo, ha).

Yeraltı su kaynaklarından Aksaray'ın Merkez ilçesine suyu aktaran iletim kanalındaki kayıp oranı Şekil 3.44'te yer almaktadır. En olumlu senaryoda şehir şebeke hattındaki boruların tamir edileceği, bakım ve onarımlarının düzenli bir şekilde yapılacağı, tarım arazisine suyu ileten açık kanallarda da azaltılan buharlaşma miktarları sebebiyle su sızıntılarında azalma meydana geleceği varsayılarak kayıp oranları düşürülmüştür. Şehir iletim ve geri dönüş hatları için referans senaryodaki %25'lik kayıp oranı bu senaryoda %15'e indirgenmesine rağmen tarım arazilerinde referans senaryoya göre daha fazla bir düşüş yaşanacağı göz önünde tutularak iletim ve geri dönüş kanallarındaki kayıp oranı %38'den %26'ya indirgenmiştir.



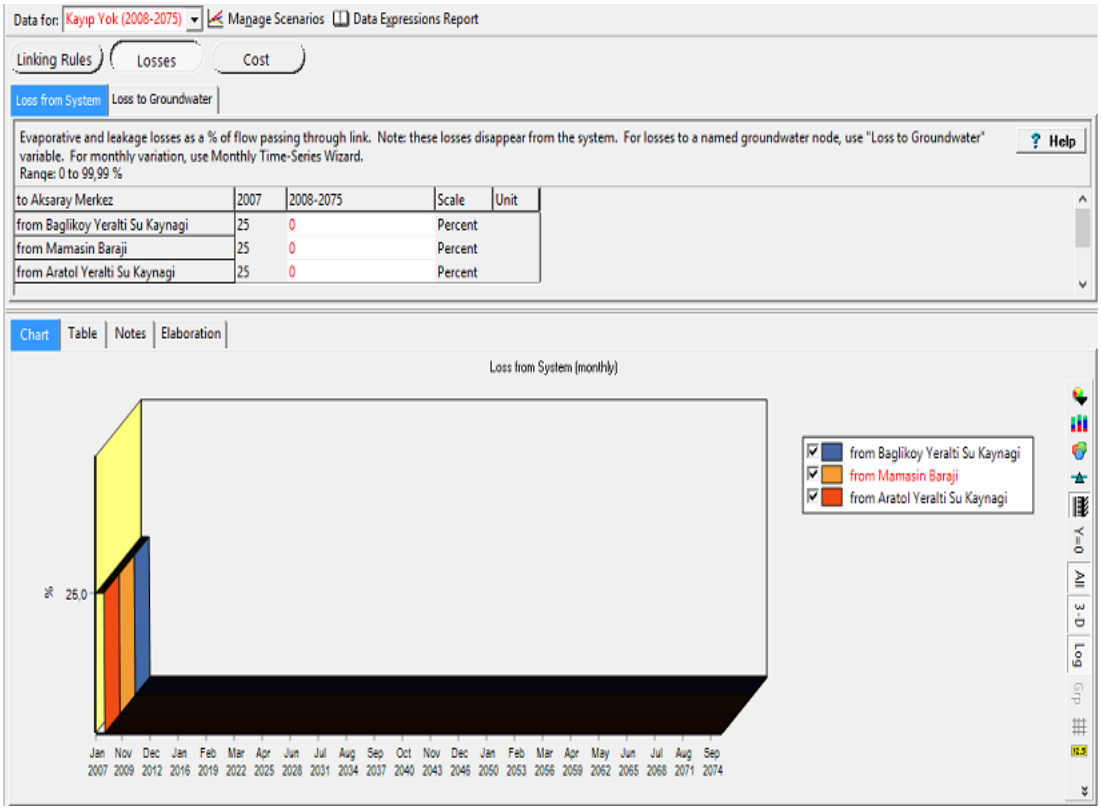
Şekil 3.44. Şehir şebeke hattındaki kayıp oranı (en olumlu senaryo, %).

3.2.5 Kayıp yok senaryosu

Havza genelinde iletim ve geri dönüş kanallarında yeraltına sızan su miktarlarının tamamen sıfıra indirgenmesi düşünülerek hazırlanmış olan bir senaryodur. Şehrin içme ve kullanma suyu iletim-geri dönüş kanallarının ilk yapıldığı tarihten bu yana o zamanın teknoloji yetersizliği ve boruların zaman içerisinde aşınması, çatlaması veya kırılmasıyla oluşan kayıplar bu senaryoda önceki yıllarda kurulan asbest boruların günümüz teknolojisine daha uygun olan duktil borular ile değiştirilerek kayıp oranlarının sıfıra düşürüldüğü varsayılmıştır. Asbest fiberli yapıya sahip minerallere verilen isimdir. Asbest boruların değişmesi gerektiğinin düşünülmesindeki en büyük sebep teknolojinin ilerlemesiyle birlikte kanser yapıcı bileşenler içermesinin anlaşılmasıdır. Ayrıca solunum veya içme suyu vasıtasıyla vücuda girmesi durumunda akciğer, gırtlak ve sindirim sistemi kanserlerine yol açabilmektedir. Türkiye'de asbest Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliğinin 37.maddesi ile 31 Aralık 2010 tarihinde yasaklanmıştır. Duktil borular, içme su hatlarında kullanılmak üzere savurma (bir eksen etrafında) döküm tekniği ile üretilmiş dökme demir borulardır. Bu döküm tekniği ile imal edilen duktil borular normal dökme demir borulara göre çok daha yüksek mukavemete sahip olduğundan dolayı kırılganlık dayanımı fazla ve kullanım ömrü tahmini olarak bir asra yakındır. Aksaray genelindeki tarım alanlarına suyu

aktaran iletim kanalları ve bu noktadaki suyu drene eden geri dönüş kanalları genellikle açık sulama sistemi şebekesine sahiptir. Bu yüzden kanallarda buharlaşma, yeraltı sızıntıları ve suyun taşınırken bir kısmının toprak tarafından emilmesi gibi birçok önemli kayıp meydana gelmektedir. DSİ yetkilileri ile yapılan görüşmeler neticesinde gelecek yıllarda açık tarım alanı sulama sistemlerinin kapalı sulama sistemleri ile değiştirilmesi planlanan projelerin hayata geçirileceği bilgisi alınmıştır. Bu bilgiye istinaden tarım alanı sulama sistemlerinin tamamı açık sistemden kapalıya geçtiği varsayılarak tarım arazisi iletim ve geri dönüş kanallarındaki kayıp oranı sıfıra düşürülmüştür.

Şekil 3.45'te Mamasın Barajı'ndan Aksaray Merkez'e suyu taşıyan iletim kanalındaki kayıp oranı gösterilmektedir. Aksaray genelindeki tüm iletim ve geri dönüş kanallarındaki kayıp oranı sıfır olarak ayarlanmıştır. Kayıp oranlarının sıfıra indirgenmesi ile oluşacak sonuçların incelenmesi ilave su kaynakları yaratmanın yanı sıra eldeki mevcut su öneminin anlaşılması ve daha etkin kullanımının tarafımıza katacağı faydaları aydınlığa kavuşturması beklenmektedir.



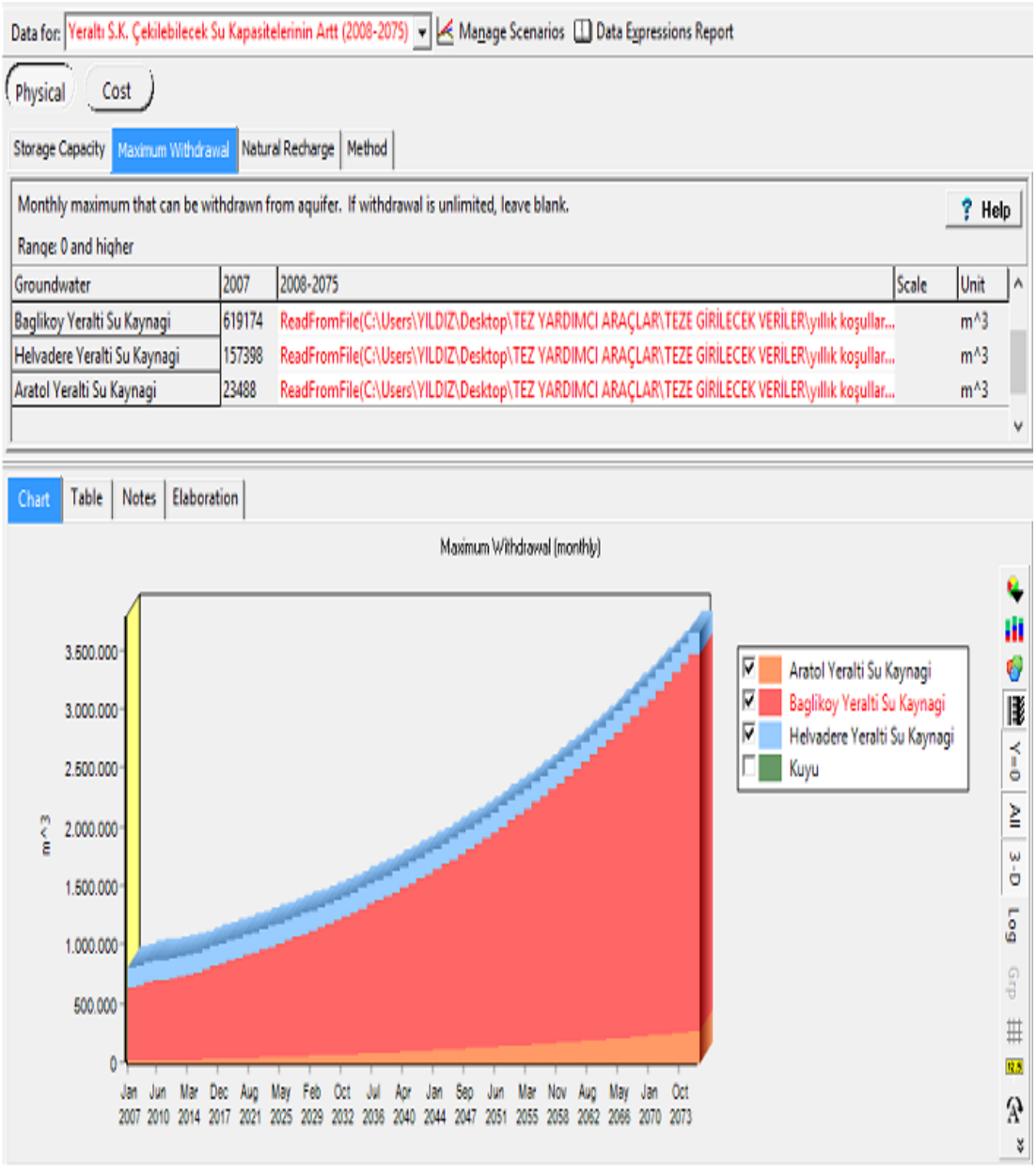
Şekil 3.45. Şehir isale hattındaki kayıp oranı (kayıp yok senaryosu, %).

3.2.6 Yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek maksimum su kapasitelerinin artırımı senaryosu

Aksaray Belediyesi'nden alınan verilere göre 2017 yılında yeraltı su kaynaklarından günlük çekilebilecek olan maksimum su miktarı Bağlıköy, Helvadere ve Aratol için sırasıyla 300 lt/s, 60 lt/s ve 16 lt/s ile sınırlandırılmıştır. Bunun sebebi belediyenin yeraltı su kaynaklarından suyu almak ve şehir içme veya kullanımlarında dağıtmak üzere yeterli derecede depo ve su çekme şebekesi henüz inşa etmemiş olmasıdır. Belki günümüz şartlarında bu depoların sayısı ve su çekme şebekelerinin yeteceği öngörülmüş olsa dahi gelecek yıllardaki nüfus artımını karşılayacak bir şebeke sistemine Aksaray ili henüz sahip değildir. İlerleyen yıllarda nüfus artışına bağlı olarak yeraltı su kaynaklarından şehre dağıtım yapan sistemlerin yetersiz kalacağı tahmin edilmektedir. Bu sebeplere istinaden yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek maksimum su kapasitelerinin artırımı (MSKA) senaryosunu yaratmanın gerekli olduğu düşünülmüştür. Bu senaryoda yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek su kapasitelerinin 2017 yılından sonra nüfustaki değişim miktarının doğrusal bir orantısıyla değişeceği varsayılmıştır. Aşağıda bahsedilen işlemlerin uygulanmasıyla havzadaki arz-talep miktarlarının üzerinde meydana gelen değişimler, yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryosunun diğer senaryolar ile karşılaştırılması aracılığıyla incelenecektir.

Yeraltı su kaynaklarından 2007-2075 yılları arasında temin edilebilecek su miktarları bu senaryo için Şekil 3.46'da gösterilmektedir. Havza sistemi modellenirken Bağlıköy yeraltı su kaynağının Güzelyurt-Gülağaç ilçelerinin tamamına ve Merkez ilçenin %60'ına, Helvadere yeraltı su kaynağının Eskil ilçesinin tamamına ve Aratol yeraltı su kaynağının Merkez ilçenin %5'ine su temin ettiği varsayılmıştır. Bu senaryoda 2017 yılından sonra çekilebilecek su miktarlarını arttırma amaçlı çalışma için referans senaryodaki nüfus değişim oranı her bir yıl için hesaplanmış ve yıllara göre artan veya azalan kişi sayısı bir bireyin tükettiği su miktarı ile çarpılmıştır. Buradan elde edilen m^3 bazında miktar her yıl bir diğerine eklenmek suretiyle çekilebilecek su miktarlarında artırıma gidilmiştir. Doğrusal artırımlar neticesinde çekilebilecek su kapasitelerindeki değişimler Şekil 3.46'da yer almaktadır. Artımlar sonucunda Bağlıköy, Helvadere ve Aratol yeraltı su kaynaklarının talep noktalarına aylık olarak tedarik edebileceği su miktarı sırasıyla 2007 güncel hesaplama yılında 619174, 157398

ve 23488 m^3 değerlerinden 2075'e erişildiğinde yine sırasıyla 3208296, 160116 ve 274012 m^3'lük değere ulaşmıştır. Helvadere yeraltı su kaynağındaki aylık azalışın sebebi bu kaynağın su tedarik ettiği Eskil ilçesinin referans senaryoda nüfusundaki değişimin azalma eğiliminde olmasından kaynaklıdır.

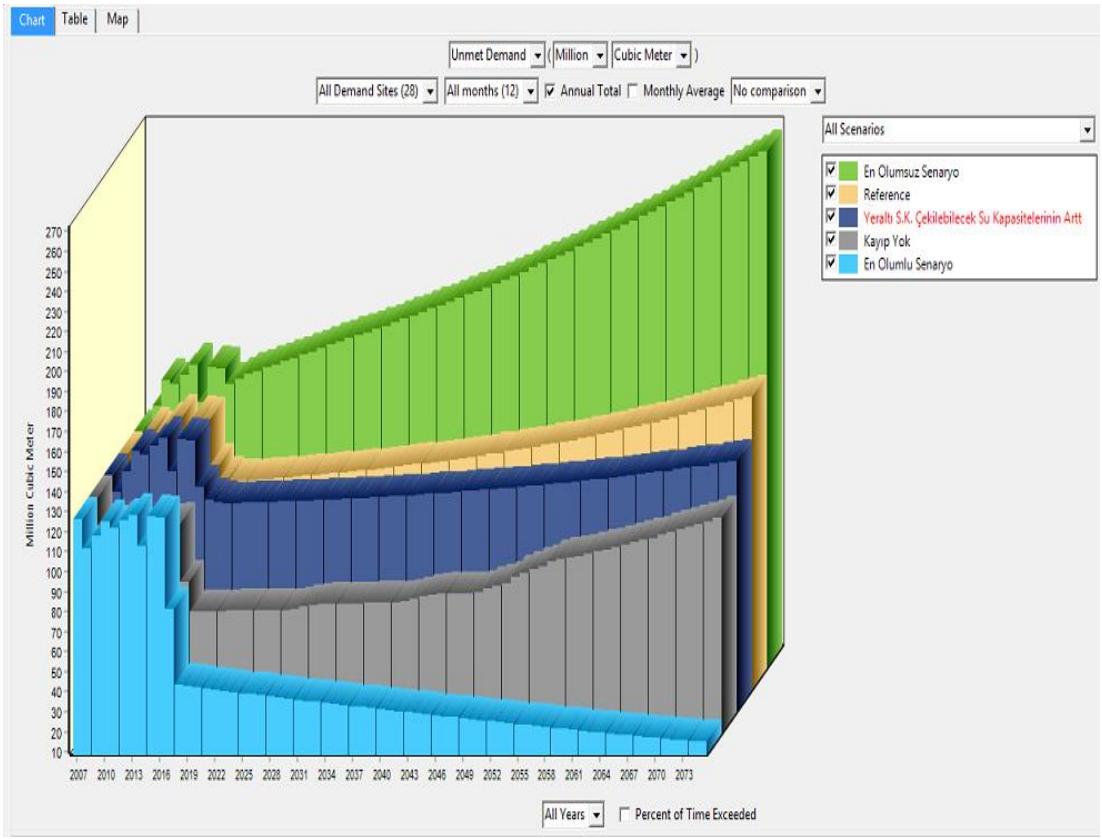


Şekil 3.46. Yeraltı su kaynaklarından 2007-2075 yılları arasında çekilebilecek su kapasitelerinin artırım değerleri (yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryosu, m^3).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

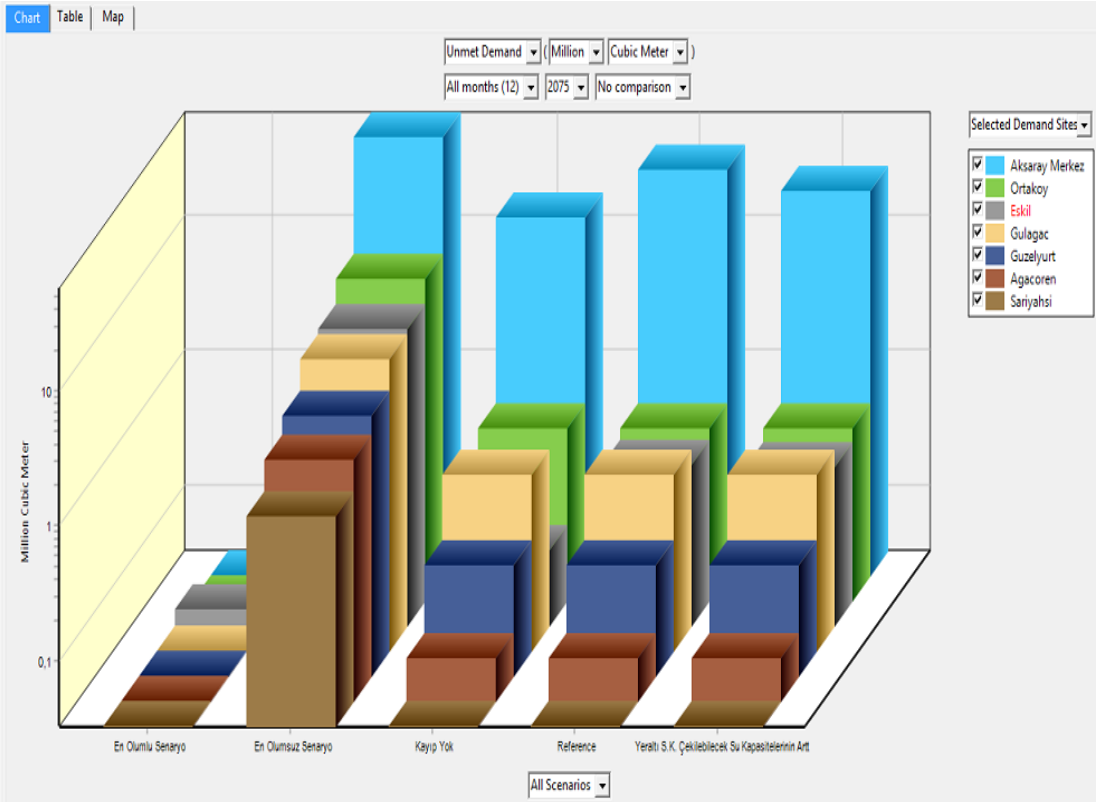
Sonuç bölümü, tüm senaryolar için sisteme girilen verilerin WEAP programının hesaplama mekanizmasıyla hesaplanıp gerekli sonuçların grafik, tablo veya harita şeklinde tarafımıza sergilendiği kısımdır. Yaratılan referans, en olumlu, en olumsuz, kayıp yok ve yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA adlı senaryolar bu bölümde kimi zaman tek tek, kimi zaman ise karşılaştırmalı bir şekilde incelenecektir. Yine bu bölüm toplam ve karşılanmamış su talepleri, talep noktalarının su ihtiyaçları, talep noktalarına temin edilen su tedarik miktarları, havzanın su bütçesi gibi birçok sonuç çeşidi üzerinde incelemeler ve çıkarımlar yapılacaktır.

Şekil 4.1 en olumlu, en olumsuz, referans, kayıp yok ve yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryolarındaki 2007'den 2075'e değin havza genelindeki bütün talep noktaları için yıllık karşılanmamış toplam talebi göstermektedir. Şekil 4.1'deki üç boyutlu grafik üzerinden güncel durumların yaşandığı referans senaryodaki havza su sıkıntısının en olumlu senaryoda dahi tamamen yok edilemediği anlaşılmaktadır. Ancak en olumlu senaryoda iklimsel şartların iyileşmesi ve havza genelinde suyun daha bilinçli ve etkin kullanımı sebebiyle referans senaryoya kıyasla karşılanmamış toplam talebin yıl geçtikçe azaldığı ve önemli oranda düştüğü gözlemlenmektedir. Büyük sistem kayıplarının giderildiği kayıp yok senaryosunda karşılanmamış su talebi referans senaryoya göre büyük miktarda düşmüştür ve bu düşüş miktarı yaklaşık 40 hm^3'tür. En olumsuz senaryoda hidrolojik verilerdeki düşüşler, nüfus ve tarım artışları, suyun daha bilinçsiz ya da kötü kullanımı yüzünden referans senaryoya göre karşılanmamış toplam su talebinde yıl geçtikçe daha keskin ve ciddi bir artış meydana gelmektir. Bu artış miktarı yine referans senaryo ile karşılaştırıldığı zaman hemen hemen 85 hm^3'e denk düşmektedir. Yeraltı su kaynaklarının kapasitelerinin nüfustaki değişim miktarına bağlı olarak yükseltildiği senaryoda ise karşılanmamış toplam talebin yeterli miktarda olmasa da belli bir oranda düştüğü ve karşılanmamış talebin yıllar içerisindeki artışının diğer senaryolara göre daha düşük eğim miktarıyla arttığı tespit edilmiştir. Son olarak en olumlu, en olumsuz, referans, kayıp yok ve yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryoları için WEAP programı vasıtasıyla hesaplanmış ve tablolar ile tarafımıza sunulmuş olan 2075 yılındaki karşılanmamış toplam su talebi sırasıyla 15.11, 266.53, 154.58, 115.80 ve 133.31 hm^3'tür.



Şekil 4.1. Havzadaki tüm senaryolar için 2007-2075 yılları arasındaki karşılanmamış toplam talep miktarları (hm^3).

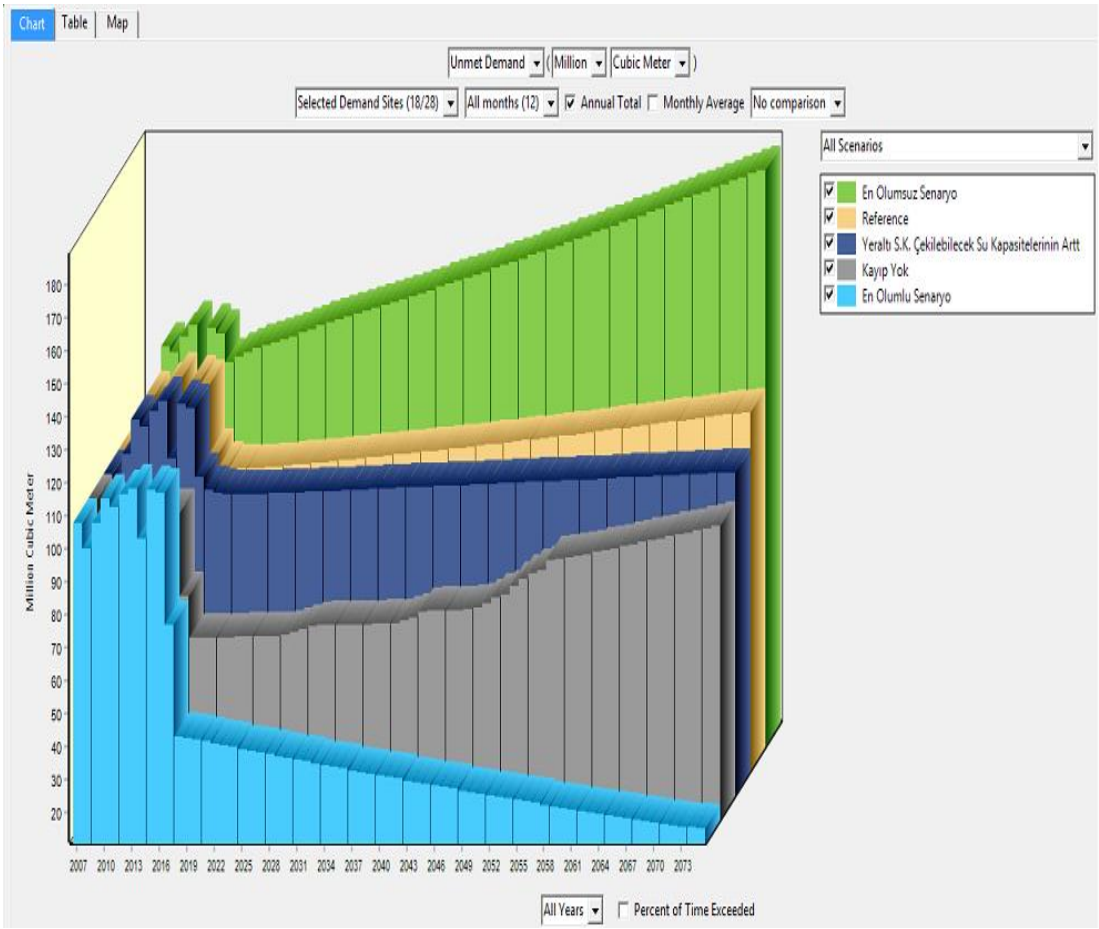
Aksaray'ın bütün ilçelerinde 2075 yılına ait karşılanmamış toplam talep miktarları her bir senaryo için Şekil 4.2'de yer almaktadır. Referans senaryoda hemen hemen her ilçe için karşılanmamış talep miktarları değişiklik gösterirken en olumlu senaryoda şehir içme ve kullanma suyunda karşılanmamış talep miktarları neredeyse sıfıra yakındır. Ancak en olumsuz senaryo incelendiğinde karşılanmamış su taleplerinin referans senaryodaki 35.39 hm^3'ten 81.30 hm^3'e çıktığı anlaşılmaktadır. Geriye kalan kayıpların olmadığı ve çekilebilecek yeraltı su kaynakları potansiyelinin artırıldığı senaryoların Merkez ilçesi hariç herhangi bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Ancak referans senaryodaki 35.39 hm^3'lük karşılanmamış talep miktarı kayıp yok senaryosunda yüksek bir düşüş oranıyla 14.67 hm^3'e inerken yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryosunda düşüş oranı daha az olan 22.91 hm^3'lük değere gerilemiştir. En olumlu, en olumsuz, referans, kayıp yok ve yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryolarının şehir ihtiyacı için karşılanmamış toplam su miktarı sırasıyla 0.04, 81.30, 35.39, 16.38 ve 24.99 hm^3'tür.



Şekil 4.2. Şehir ilçelerinin tüm senaryolar için 2075 yılındaki karşılanmamış talep miktarları (hm^3).

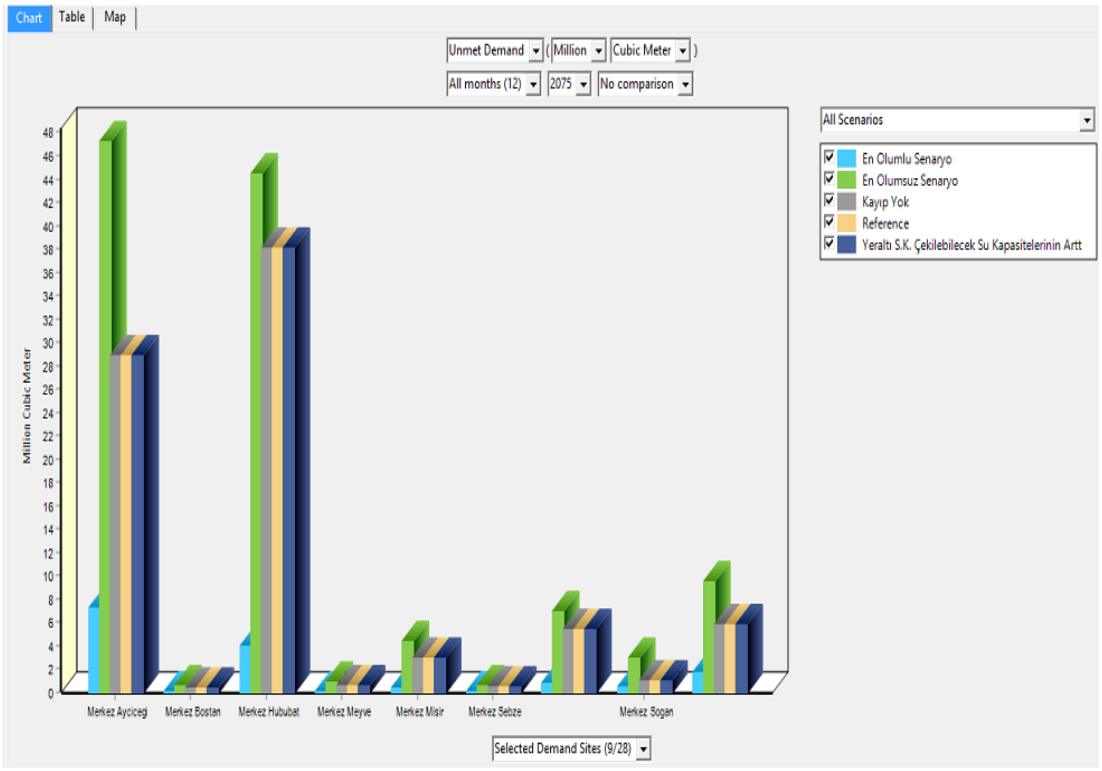
2007-2075 yılları arasında Aksaray'daki Merkez ve Uluırmak tarım alanlarının her ikisi için havza genelinde ihtiyaç duyulan ancak karşılanamayan su miktarları Şekil 4.3'de gösterilmektedir. Tarım alanlarında en yüksek karşılanmamış su miktarı en olumsuz senaryoda meydana gelmekte ve bu senaryo için 2017 yılında 126.82 hm^3 olan değer artarak 2075'de 185.23 hm^3'e ulaşmaktadır. Referans senaryoda ise 2017'de 107.07 hm^3'lük değer 2075'de 119.2 hm^3'ü görmektedir. Yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek su kapasitelerinin artırımının tarım alanında karşılanmamış su miktarını düşürmekte etkili olduğu gözlemlenmiş ve 2075'de bu değer referans senaryoya göre yaklaşık %10'luk bir düşüş oranı ile 108.32 hm^3'e gerilemiştir. Bu senaryoyu kayıp yok senaryosu takip etmekte ve 2017'de 78.13 hm^3'lük değerin 2075'de 99.43 hm^3'e çıktığı ancak önceki bahsedilen senaryoya göre tarım alanlarındaki karşılanmamış su miktarında düşüş yaşandığı anlaşılmaktadır. En olumlu senaryo diğer senaryolar ile kıyaslandığında hem en düşük karşılanmamış su talebine sahip hem de yıllar geçtikçe havza üzerinde karşılanmamış su talebinde düşüş eğilimine sahiptir. En olumlu senaryoda 2017'de 76.92 hm^3'lük tarımsal alanda karşılanmamış su miktarı 2075'de 15.06 hm^3'e düşmektedir. Aşağıda yer alan

bölümde Merkez ve Uluırmak tarım alanlarının karşılanmamış su talebi ayrı ayrı incelenmiştir.



Şekil 4.3. Tarım alanlarının tümünün her bir senaryo için 2007-2075 yılları arasındaki karşılanmamış talep miktarları (hm^3).

Şekil 4.4'de Merkez tarım alanı için 2075 yılındaki karşılanmamış toplam talep miktarı her bir bitkisel ürün deseni için ayrı ayrı gösterilmektedir. Ekim miktarları yüksek olması sebebiyle karşılanmamış su talebine göre tarım ürünleri hububat, ayçiçeği, yem bitkisi, şekerpancarı, mısır, soğan, meyve, sebze ve bostan olacak biçimde Şekil 4.4 üzerinden büyükten küçüğe doğru sıralamak mümkündür. Şekil yardımıyla referans, kayıp yok ve yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryolarında tüm ürünler için karşılanmamış talep miktarının aynı olduğu anlaşılmaktadır. Ancak en olumlu senaryoda merkez tarım için karşılanmamış talep miktarında azalma yaşanırken en olumsuz senaryoda bu oranda yükselme meydan gelmiştir.



Şekil 4.4. Merkez tarım alanında tüm senaryolar için 2075 yılındaki karşılanmamış talep miktarları (hm^3).

Tüm senaryolar için 2075 yılına ait Merkez tarımın karşılanmamış talebinin WEAP programındaki rakamsal hali Şekil 4.5'de yer almaktadır. Referans senaryodaki merkez tarım bölgesi için 83.75 hm^3'lük karşılanmamış talep miktarı en olumlu senaryoda 15.06 hm^3 değerine gerilerken en olumsuz senaryoda 117.68 hm^3 gibi ciddi bir değere yükselmiştir.

Chart | Table | Map

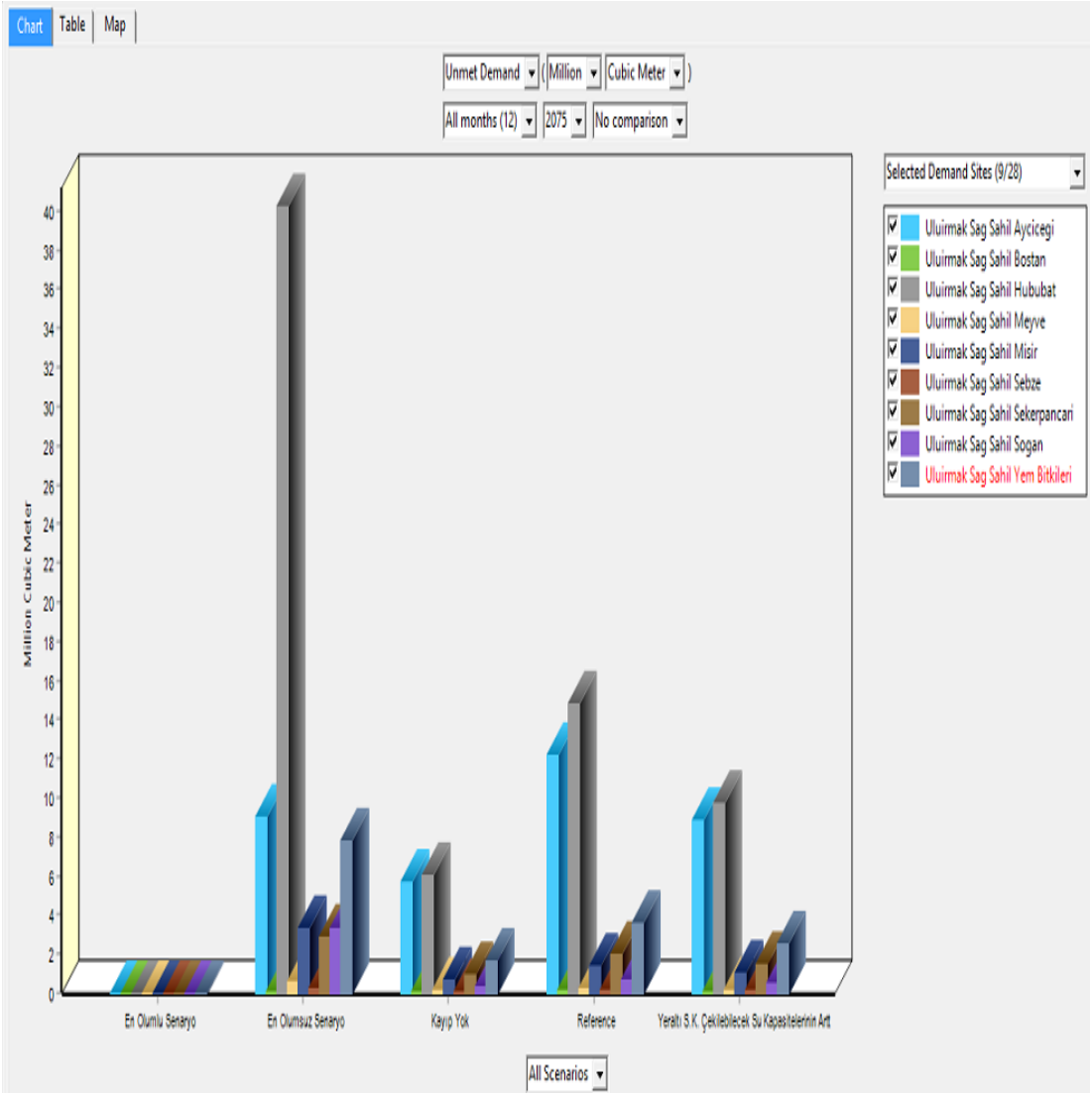
Unmet Demand (Million Cubic Meter)

All months (12) | 2075 | All Scenarios | No comparison

	Merkez Aycicegi	Merkez Bostan	Merkez Hububat	Merkez Meyve	Merkez Misir	Merkez Sebze	Merkez Sekerpancari	Merkez Sogan	Merkez Yem Bitkileri	Sum
En Olumlu Senaryo	7,276	0,092	4,012	0,099	0,401	0,066	0,864	0,483	1,772	15,064
En Olumsuz Senaryo	47,179	0,652	44,414	0,894	4,428	0,620	6,924	3,005	9,569	117,684
Kayıp Yok	28,857	0,372	38,081	0,598	2,979	0,504	5,471	1,054	5,833	83,749
Reference	28,857	0,372	38,081	0,598	2,979	0,504	5,471	1,054	5,833	83,749
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt	28,857	0,372	38,081	0,598	2,979	0,504	5,471	1,054	5,833	83,749

Şekil 4.5. Merkez tarım alanı için 2075 yılındaki karşılanmamış talep miktarının şekil görünümü (hm^3).

Şekil 4.6'da Uluırmak Sağ Sahil tarım alanının 2075 yılındaki toplam su talebi miktarları bölgede hasat edilen ürünler için ayrı ayrı gösterilmektedir. Uluırmak tarım alanında karşılanmamış taleplerin tüm senaryolar için değişimleri yine Şekil 4.6'da sergilenmektedir. Beklendiği üzere en olumsuz senaryoda en kritik ve en yüksek değerler ölçümlenirken diğer senaryolar için tarımda karşılanmamış su talebi sırasıyla referans, yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA, kayıp yok, en olumlu senaryo olmak üzere yüksekten düşüğe doğru sıralanmaktadır. En olumlu senaryoda havza üzerinde yapılan iyileştirmelerin karşılanmamış su talebini sıfıra indirgemede yeterli olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.6. Uluırmak sağ sahil tarım alanı için 2075 yılındaki karşılanmamış talep miktarları (hm^3).

2075'deki Uluırmak Sağ Sahil tarım alanlarındaki karşılanmamış taleplerin bütün senaryolar için WEAP programındaki değişim miktarlarının rakamsal hali Şekil 4.7'de gösterilmektedir. Uluırmak sağ sahil tarım alanında toplam karşılanmamış talep en olumlu, en olumsuz, referans, kayıp yok ve yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryoları için sırasıyla 0.67, 54.35, 45, 15.68, 24.57 hm^3'tür.

Chart | Table | Map

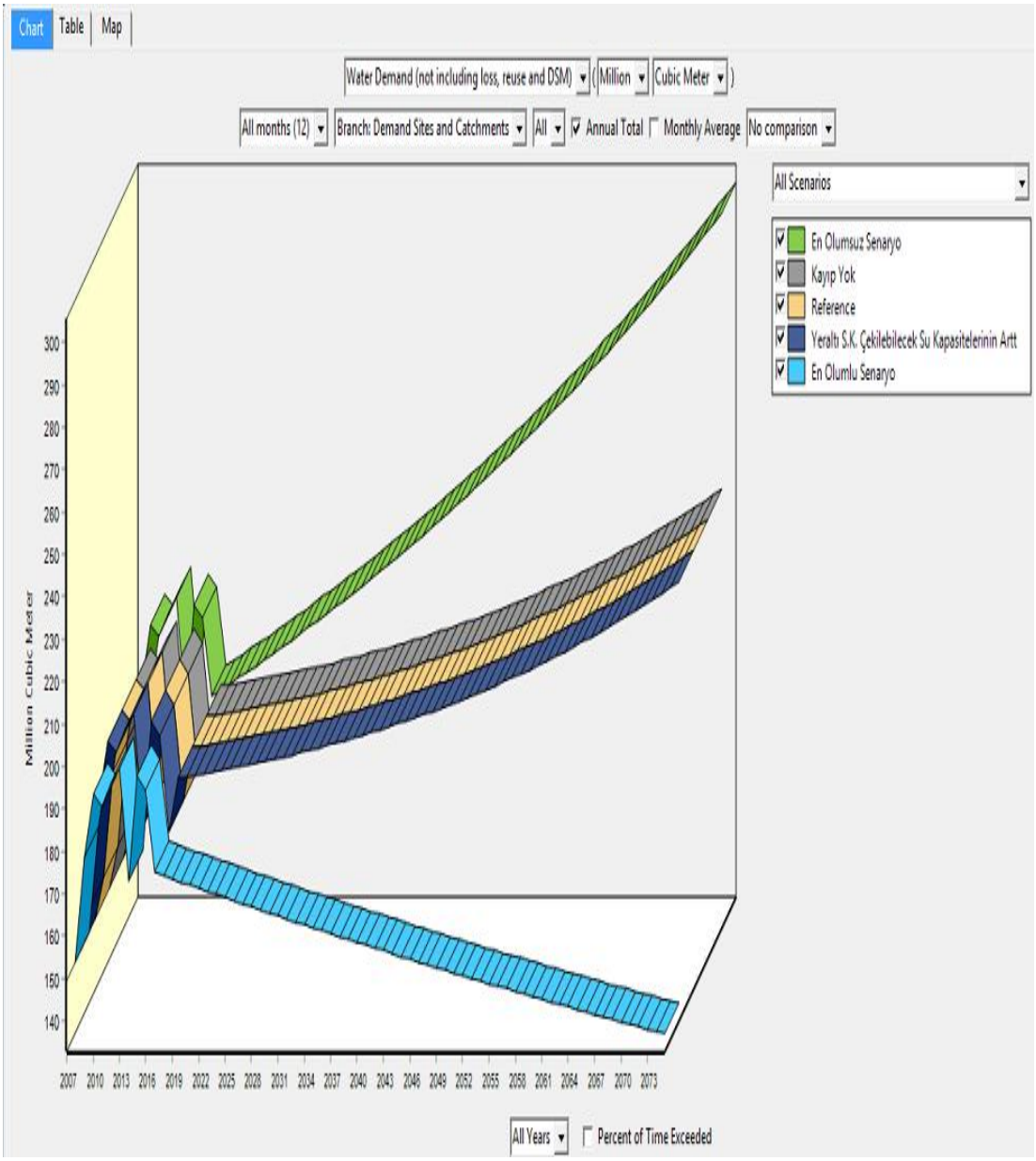
Unmet Demand (Million | Cubic Meter)

All months (12) | 2075 | Selected Demand Sites (9/28) | No comparison

	En Olumlu Senaryo	En Olumsuz Senaryo	Kayıp Yok	Reference	Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt
Uluirmak Sag Sahil Aycicegi	0,000	9,011	5,732	12,200	8,825
Uluirmak Sag Sahil Bostan	0,000	0,112	0,078	0,167	0,121
Uluirmak Sag Sahil Hububat	0,000	40,213	6,044	14,851	9,720
Uluirmak Sag Sahil Meyve	0,000	0,617	0,134	0,287	0,205
Uluirmak Sag Sahil Misir	0,000	3,363	0,673	1,393	1,022
Uluirmak Sag Sahil Sebze	0,000	0,243	0,089	0,193	0,139
Uluirmak Sag Sahil Sekerpancari	0,000	2,882	0,964	2,045	1,479
Uluirmak Sag Sahil Sogan	0,000	3,301	0,335	0,730	0,521
Uluirmak Sag Sahil Yem Bitkileri	0,000	7,802	1,629	3,580	2,540
Sum	0,000	67,544	15,679	35,445	24,571

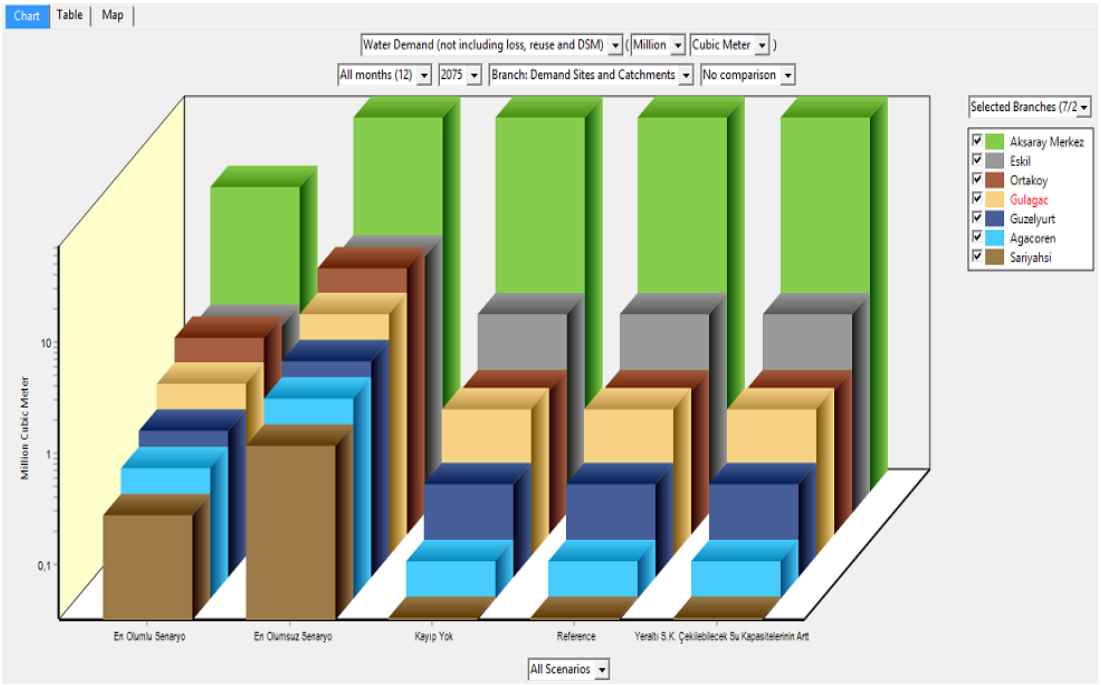
Şekil 4.7. Uluırmak sağ sahil tarım alanı için 2075 yılındaki karşılanmamış talep miktarlarının şekil görünümü (hm^3).

Şekil 4.8'de oluşturulan tüm senaryolar için 2075'e kadar havza genelindeki tüm talep noktalarının arz noktalarından talepte bulundukları su miktarı üç boyutlu grafik formatında sergilenmektedir. Referans, kayıp yok ve yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryolarında havza üzerindeki toplam talep miktarının eşit olmasındaki sebep talebi oluşturan şehir nüfus değerleri ve tarımsal alan miktarları üzerinde bu üç senaryoda da değişiklik yapılmamış olmasıdır. En olumlu senaryoda nüfus miktarının gelecek yıllarda doğum ve ölüm oranındaki eşitlikle sabit kalacağı ve tarım alanlarındaki yaklaşık %20 daralmayla birlikte talep edilen su miktarlarındaki düşüşün azımsanmayacak miktarda olduğu ve referans senaryodaki 236.4 hm^3'lük talep miktarının 136.88 hm^3'e gerilediği bulgusu elde edilmiştir. En olumsuz senaryodaki artan nüfus ve tarım alanlarıyla birlikte havzanın ihtiyaç duyduğu su talebi 301.58 hm^3'e çıkarak ciddi bir oranda yükselemeye sebebiyet vermiştir. Aksaray'daki arz noktalarının 2007-2075 yılları da dahil olmak üzere 69 yıl boyunca ihtiyaç duydukları toplam talep miktarı en olumlu, en olumsuz ve referans senaryo için sırasıyla 10.97, 14.12 ve 15.97 km^3'tür.



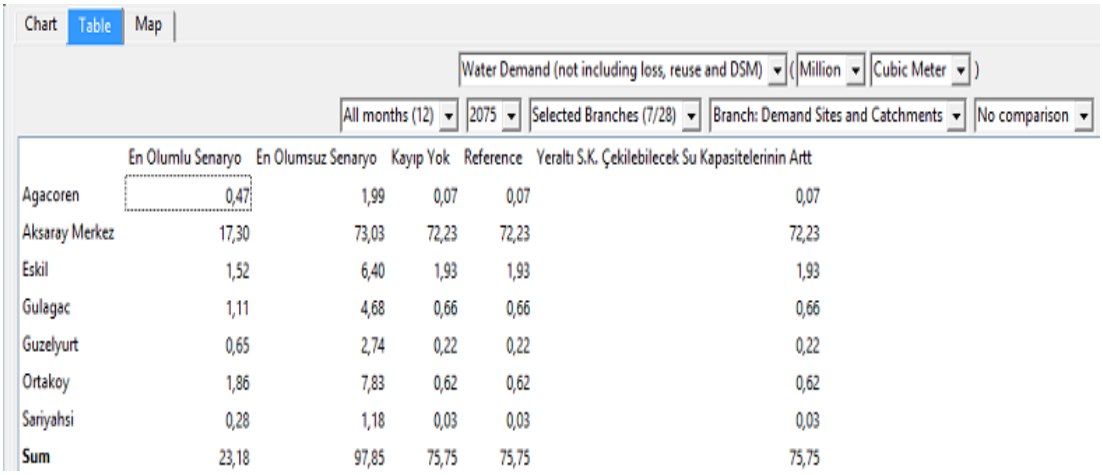
Şekil 4.8. Havzadaki tüm senaryolar için 2007-2075 yılları arasındaki toplam su talebi miktarları (hm^3).

Aksaray'daki tüm ilçelerin ihtiyaç duydukları toplam su miktarı 2075 yılı için Şekil 4.9 yardımıyla sembolize edilmiştir. Bu kısımda da yukarıda yer alan Şekil 4.8'de toplam su talebinin anlatılması esnasında belirtilen sebeplere istinaden aynı şekilde referans, kayıp yok ve yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryolarındaki değerler tamamen birbiriyle eşittir. En yüksek su taleplerini referans senaryodaki nüfus yoğunluğunun azalan sıralamasına göre Merkez, Eskil, Gülağaç, Ortaköy, Güzelyurt, Ağaçören ve Sarıyahşi oluşturmaktadır.



Şekil 4.9. Şehir ilçelerinde tüm senaryolar için 2075 yılındaki toplam talep miktarları (hm^3).

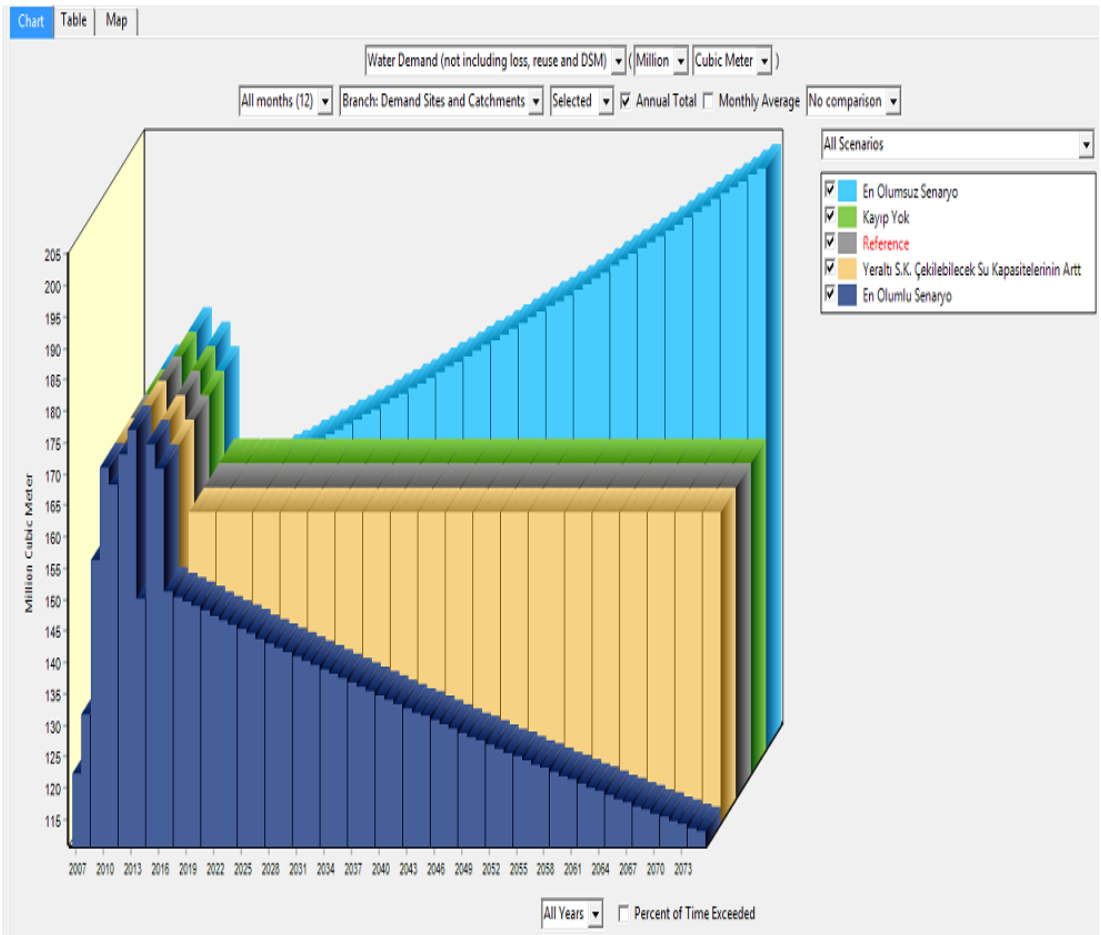
Şekil 4.10 2075 yılında şehrin içme ve kullanma suyu için talep noktalarından ihtiyaç duyduğu su miktarlarının WEAP programındaki rakamsal halini ortaya koymaktadır. Referans senaryodaki 75.75 hm^3'lük şehir içme ve kullanma suyu talebi en olumlu senaryoda 23.18 hm^3'e inerken en olumsuz senaryoda 97.85 hm^3'e yükselmiştir.



	En Olumlu Senaryo	En Olumsuz Senaryo	Kayıp Yok	Reference	Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt
Agacoren	0,47	1,99	0,07	0,07	0,07
Aksaray Merkez	17,30	73,03	72,23	72,23	72,23
Eskil	1,52	6,40	1,93	1,93	1,93
Gulagac	1,11	4,68	0,66	0,66	0,66
Guzelyurt	0,65	2,74	0,22	0,22	0,22
Ortakoy	1,86	7,83	0,62	0,62	0,62
Sariyahsi	0,28	1,18	0,03	0,03	0,03
Sum	23,18	97,85	75,75	75,75	75,75

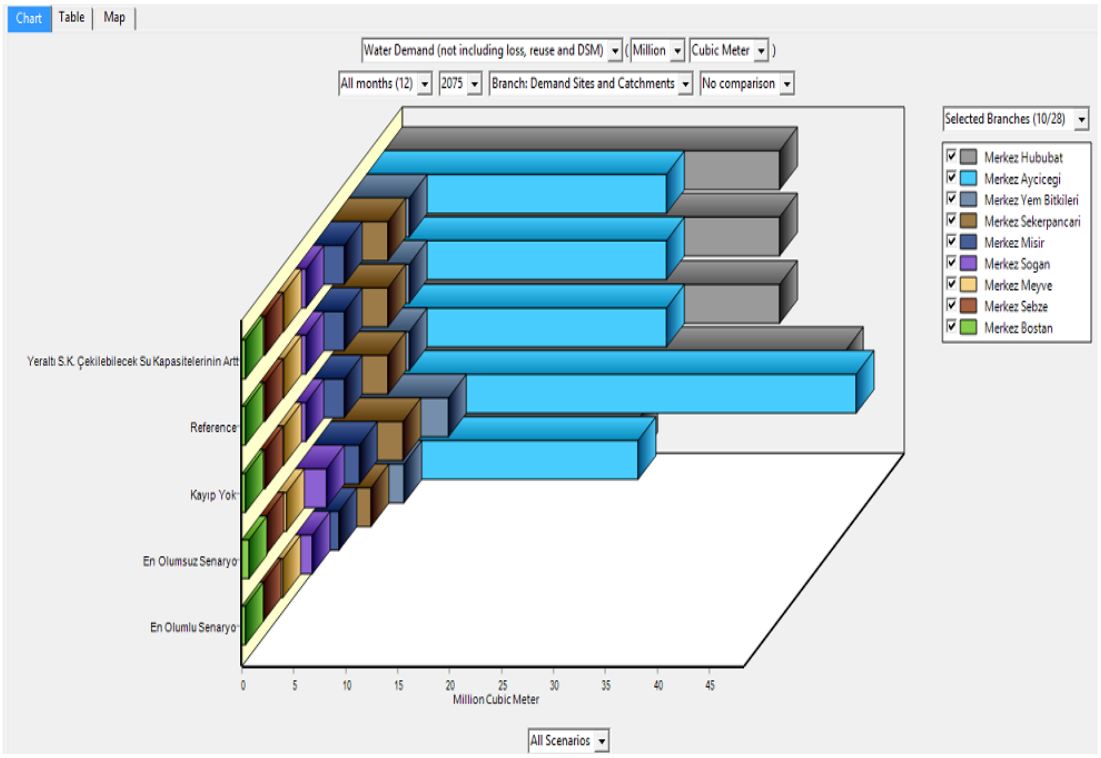
Şekil 4.10. Şehir için 2075 yılında içme ve kullanma suyu talep miktarlarının şekil görünümü (hm^3).

Şekil 4.11'de bütün tarım alanlarının her bir senaryo için talep ettikleri toplam su miktarlarının 2007-2075 yılları arasındaki değişken durumları sergilenmektedir. En olumsuz senaryo en yüksek su talebi miktarına sahip ve 2017'de 152.08 hm^3 olan bu değer 2075'e erişildiğinde 203.09 hm^3 gibi ciddi bir değere yükselmektedir. Yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA, kayıp yok ve referans senaryo aynı su talep değerlerine sahi olmakta ve bu üç senaryo en olumsuz senaryo ile kıyaslandığında su talebi yaklaşık olarak %20 oranında düşmesine rağmen 2017'deki 147.71 hm^3'lük su talebi 2008 ve 2075 yılları da dahil olmak üzere 160.02 hm^3'e çıkmıştır. En olumlu senaryoda ise referans senaryoya göre yaklaşık %30'luk su talebi düşüşü yaşanmış ve her yıl gerilemek suretiyle 2017'de 151.2 hm^3'den 2075 yılına varıldığında 113.06 hm^3'e inmiştir. Aşağıda yer alan bölümde Merkez ve Uluırmak tarım alanlarının toplam su talebine ayrı ayrı yer verilmiştir.



Şekil 4.11. Tarım alanlarının tümünün her bir senaryo için 2007-2075 yılları arasındaki toplam su talebi miktarları (hm^3).

Şekil 4.12'de Merkez tarım alanında 2075'deki ziraat faaliyetlerini yürütmek için gerekli olan su miktarı her senaryo ve her ürün deseni için gösterilmektedir. Şehrin içme-kullanma suyundaki toplam talebi gösteren Şekil 4.9 ve tarım alanındaki toplam talebi gösteren Şekil 4.11 üzerindeki talep miktarı değerlerinden faydalanarak aslında Aksaray şehrinin su talebinin büyük bir çoğunluğunu tarım alanlarının oluşturduğunu söylemek mümkündür. Referans senaryoya, en olumlu senaryo ile karşılaştırıldığında Merkez tarım alanında ihtiyaç duyulan su %25 oranında azalırken en olumsuz senaryo ile mukayese edildiğinde %30 oranında artış olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.12. Merkez tarım alanında tüm senaryolar için 2075 yılındaki toplam su talebi miktarları (hm^3).

Merkez tarım alanı için tüm senaryolar ve ürünlerin 2075 yılına erişildiğinde talep ettikleri su miktarlarının WEAP programındaki rakamsal hali Şekil 4.13'te sergilenmektedir. Referans, kayıp yok ve yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryolarındaki tarımsal ürünlerin ekim miktarı aynı olduğundan dolayı ihtiyaç duyulan su miktarı da 83.75 hm^3'lük eşit değerlerdir. En olumlu senaryoda gereksinim duyulan su miktarı 65.24 hm^3'e düşerken en olumsuz senaryoda bu değer 117.68 hm^3'lük mevcut şartlar ile karşılanması zor olan bir değere yükselmektedir.

Chart | Table | Map

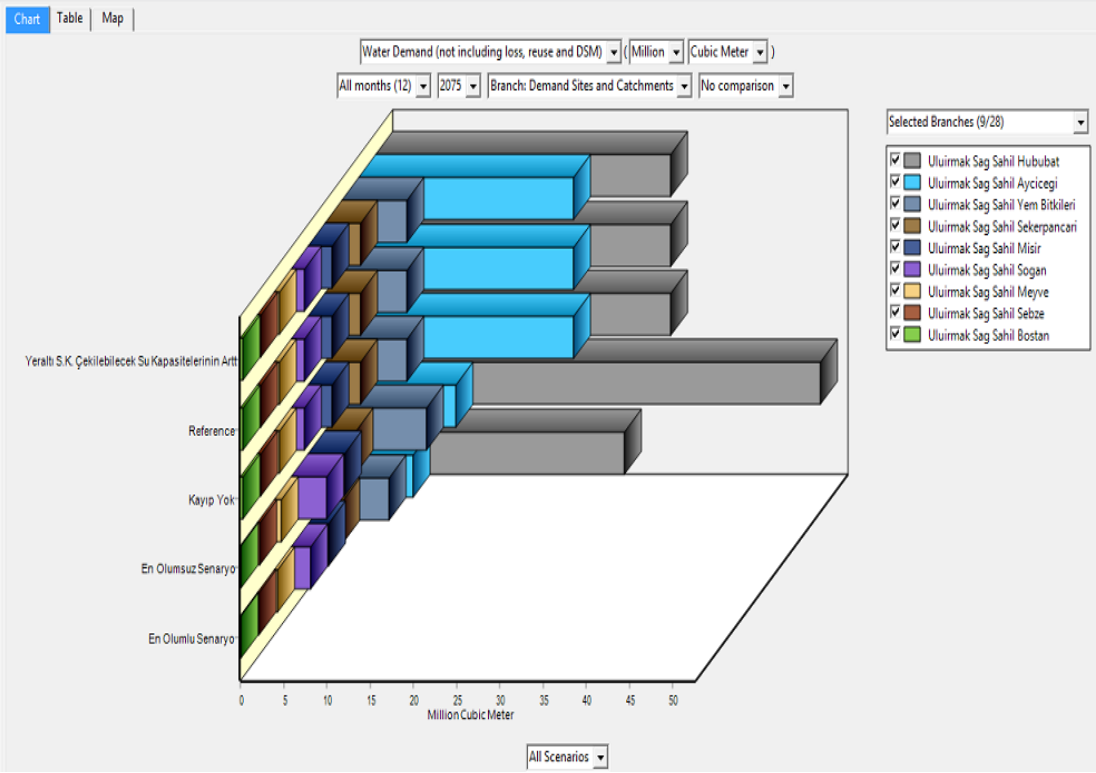
Water Demand (not including loss, reuse and DSM) (Million | Cubic Meter)

All months (12) | 2075 | Selected Branches (10/28) | Branch: Demand Sites and Catchments | No comparison

	En Olumlu Senaryo	En Olumsuz Senaryo	Kayıp Yok	Reference	Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt
Merkez Aycicegi	26,15	47,18	28,86	28,86	28,86
Merkez Bostan	0,36	0,65	0,37	0,37	0,37
Merkez Hububat	24,62	44,41	38,08	38,08	38,08
Merkez Meyve	0,50	0,89	0,60	0,60	0,60
Merkez Misir	2,45	4,43	2,98	2,98	2,98
Merkez Sebze	0,34	0,62	0,50	0,50	0,50
Merkez Sekerpancari	3,84	6,92	5,47	5,47	5,47
Merkez Sogan	1,66	3,00	1,05	1,05	1,05
Merkez Yem Bitkileri	5,30	9,57	5,83	5,83	5,83
Sum	65,24	117,68	83,75	83,75	83,75

Şekil 4.13. Merkez tarım alanı için 2075 yılındaki toplam su talebi miktarlarının şekil görünümü (hm^3).

Şekil 4.14 2075 yılındaki Uluırmak tarım alanında yetiştirilen bitkisel ürünlerin her bir senaryo için talep ettikleri su miktarlarının değişimini göstermektedir. Referans senaryoya göre en olumlu senaryodaki toplam su talebi neredeyse %40 oranında azalmakta ancak en olumsuz senaryoda bu miktar yaklaşık %10 artmaktadır.



Şekil 4.14. Uluırmak sağ sahil tarım alanı için 2075 yılındaki toplam su talebi miktarları (hm^3).

2075'deki zirai ürünlerin büyümesi ve hasat edilebilecek seviyeye gelmesindeki süreç boyunca gerekli olan su miktarlarının WEAP programındaki rakamsal değerleri Şekil 4.15'de bulunmaktadır. Şekil 4.15'e göre en olumlu, referans ve en olumsuz senaryodaki toplam su talepleri sırasıyla 47.82, 76.27 ve 85.41 hm^3'tür.

Chart | Table | Map

Water Demand (not including loss, reuse and DSM) (Million | Cubic Meter)

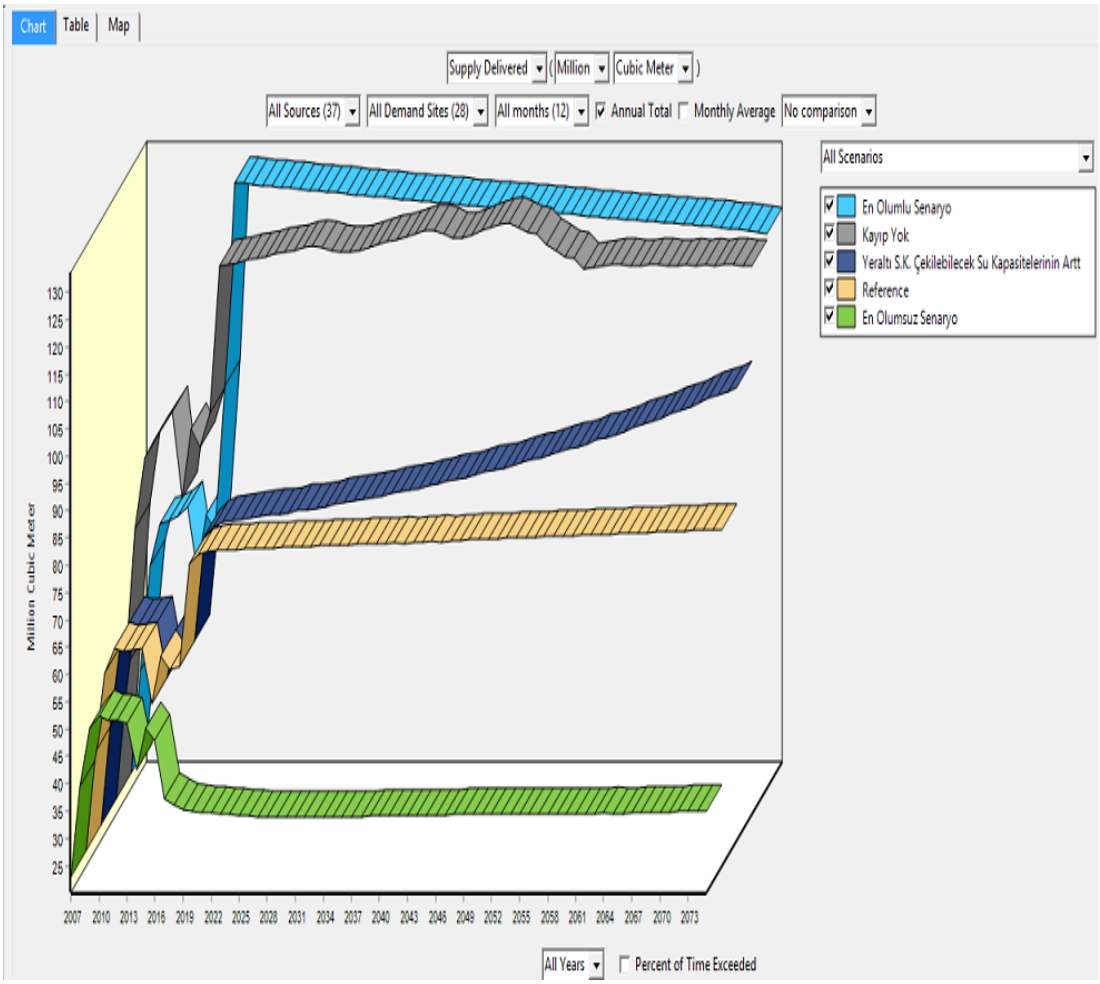
All months (12) | 2075 | Selected Branches (9/28) | Branch: Demand Sites and Catchments | No comparison

	En Olumlu Senaryo	En Olumsuz Senaryo	Kayıp Yok	Reference	Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt
Uluirmak Sag Sahil Aycicegi	6,276	11,210	24,864	24,864	24,864
Uluirmak Sag Sahil Bostan	0,078	0,140	0,342	0,342	0,342
Uluirmak Sag Sahil Hububat	28,748	51,345	34,127	34,127	34,127
Uluirmak Sag Sahil Meyve	0,434	0,774	0,591	0,591	0,591
Uluirmak Sag Sahil Misir	2,345	4,188	2,781	2,781	2,781
Uluirmak Sag Sahil Sebze	0,171	0,306	0,400	0,400	0,400
Uluirmak Sag Sahil Sekerpancari	2,014	3,595	4,165	4,165	4,165
Uluirmak Sag Sahil Sogan	2,305	4,118	1,512	1,512	1,512
Uluirmak Sag Sahil Yem Bitkileri	5,450	9,734	7,484	7,484	7,484
Sum	47,822	85,409	76,268	76,268	76,268

Şekil 4.15. Uluırmak sağ sahil tarım alanı için 2075 yılındaki toplam su talebi miktarlarının şekil görünümü (hm^3).

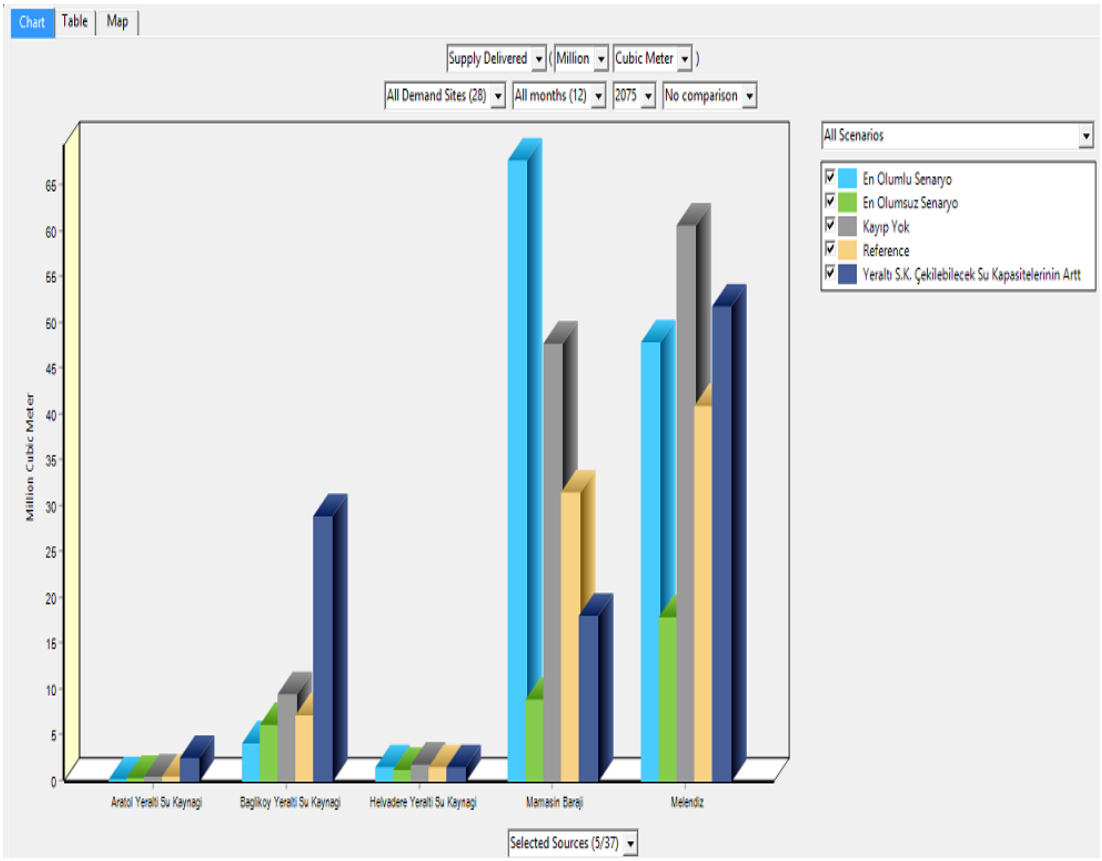
Şekil 4.16'da Aksaray ilindeki tüm su kaynaklarından talebi oluşturan her bir ihtiyaç noktasına temin edilen su miktarlarının 2007 ile 2075 yılları arasındaki değişimi oluşturan bütün senaryolar için üç boyutlu grafik aracılığıyla gösterilmektedir. Şekil 4.16 üzerinden anlaşılacağı üzere senaryolarda yapılan değişikliklerin doğrudan talep noktalarına tedarik edilen su miktarları üzerinde önemli etkisi olmuştur. Nüfus ve tarım alanlarının günümüze kadar uzanan büyüme oranlarıyla arttırıldığı, yağmur-kar-buharlaşmanın geçmişteki verilerinden yararlanılarak gelecekte meydana gelmesi beklenen hidrolojik verilerin türetildiği, su tüketim ve kayıp değerlerinin sabit bırakılması gibi geçmişten günümüze yaşanan değişikliklerin benzer şekilde geleceğe yansıtıldığı senaryo referans senaryodur. Referans senaryo sadece kaynaklardan talep noktalarına tedarik edilen su miktarlarını diğer senaryolar ile kıyaslamak için değil aynı zamanda diğer tüm sonuçlarla da kıyaslamak için temel senaryo olarak kabul görmektedir. Referans senaryoda tedarik edilen su miktarı ilerleyen yıllarda az bir eğimle artmakta ve 2075'de bu değer 81.82 hm^3'e ulaşmaktadır. En olumlu senaryoda yapılan iyileştirmelerin su kaynaklarından talep noktalarına temin edilen su miktarlarını arttırmada etkili olduğu ve referans senaryoya göre yaklaşık %50 oranında yükselerek 121.77 hm^3'e eriştiği sonucuna varılmıştır. Yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek su kapasitelerinin nüfusun büyümesiyle oluşan su talebiyle doğrusal

oranda arttırılması da temin edilebilecek su miktarlarını referans senaryoya göre yaklaşık %20 oranında arttırarak 103.1 hm^3'e yükseltmiştir. Kayıp yok senaryosunda sadece referans senaryodaki sistemsel kayıpların tamir edilmesini içerse de bu su kaybının aslında ne kadar önemli olduğu ve en olumlu senaryoda yapılan birçok iyileştirmeye denk düştüğü Şekil 4.16 üzerinden yorumlanabilmektedir. Kayıpların sıfıra indirgendiği bu senaryoda 2075'de temin edilebilecek su miktarı 120.6 hm^3'tür. Son olarak en olumlu senaryodaki gelişmelerin tam tersinin yaşanacağı düşünülerek oluşturulan en olumsuz senaryoda referans senaryodaki tedarik edilen su miktarının yaklaşık %60 oranında düştüğü ve havza talep noktalarına su temin etmede yetersiz kaldığı açık bir şekilde gözükmektedir. En olumsuz senaryoda havza genelindeki tüm arz noktalarından talep noktalarına temin edilen su miktarı 2075 yılı için 35.06 hm^3'tür.



Şekil 4.16. Havzadaki bütün senaryolar için 2007-2075 yılları arasında tüm talep noktalarına kaynaktan tedarik edilen su miktarları (hm^3).

Her bir su kaynağı için farklı senaryolardaki tedarik ettikleri su miktarı 2075 yılı için Şekil 4.17 tarafından resmedilmiştir. Mamasın Barajı'nın Aksaray genelindeki talep noktalarına suyu sağlayan diğer su kaynaklarından daha büyük paya sahip olduğu görülmektedir. Daha sonra bu su kaynağını Melendiz Çayı, Bağlıköy, Helvadere ve Aratol yeraltı su kaynakları sırasıyla takip etmektedir. Temin edilen su miktarı referans senaryoya kıyasla yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA artırımı, kayıp yok ve en olumlu senaryoda bu sırayla artarken en olumsuz senaryoda azalmıştır.



Şekil 4.17. Havzadaki tüm senaryolar için 2075 yılında her bir su kaynağından talep noktalarına tedarik edilen su miktarları (hm^3).

Şekil 4.18'de tüm senaryolar için mevcut su kaynaklarının talep noktalarına 2075 yılında sağladıkları su miktarının WEAP programındaki rakamsal hali yer almaktadır. Referans senaryoda 81.18 hm^3, yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryosunda 102.46 hm^3, kayıp yok senaryosunda 119.96 hm^3, en olumlu senaryoda 121.13 hm^3 ve en olumsuz senaryoda toplamda 34.42 hm^3'lük su temini gerçekleşmektedir.

Chart | Table | Map

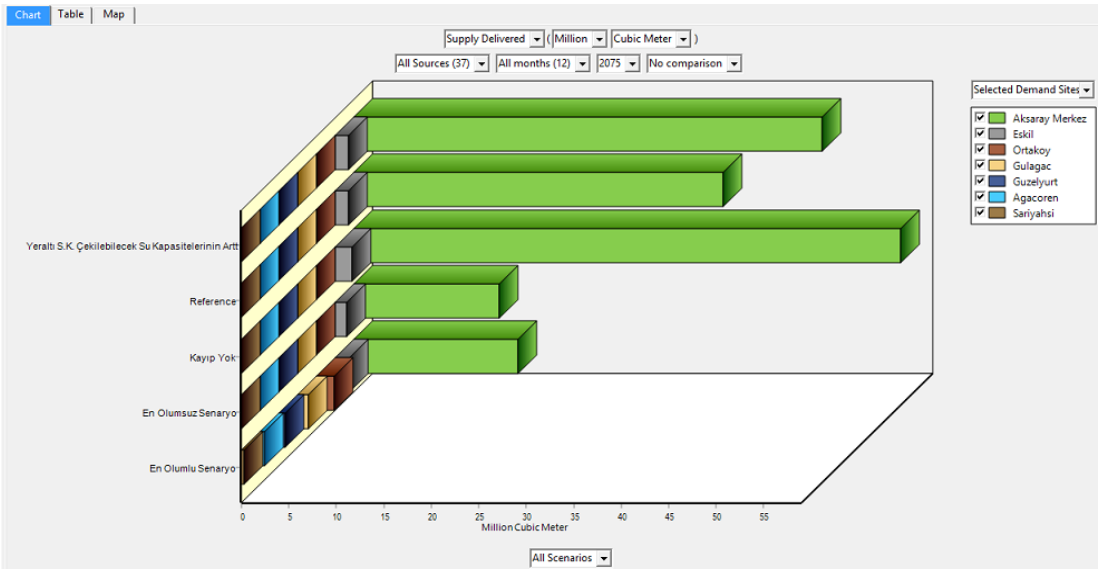
Supply Delivered (Million Cubic Meter)

All Demand Sites (28) | All months (12) | 2075 | All Scenarios | No comparison

	Aratol Yeralti Su Kaynagi	Baglikoy Yeralti Su Kaynagi	Helvadere Yeralti Su Kaynagi	Mamasin Baraji	Melendiz	Sum
En Olumlu Senaryo	0,143	4,026	1,473	67,669	47,822	121,133
En Olumsuz Senaryo	0,328	6,150	1,229	8,847	17,865	34,418
Kayıp Yok	0,505	9,461	1,806	47,598	60,589	119,959
Reference	0,379	7,096	1,419	31,465	40,823	81,180
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt	2,466	28,875	1,441	17,978	51,696	102,456

Şekil 4.18. Tüm senaryolar için 2075 yılında her bir su kaynağından talep noktalarına tedarik edilen su miktarlarının şekil görünümü (hm^3).

Tüm su kaynaklarından şehir içme ve kullanımında harcanmak üzere temin edilen su miktarlarının 2075 yılı için senaryolardaki değişimi Şekil 4.19'da gösterilmektedir. En yüksek su teminini kayıp yok senaryosu gerçekleştirirken bunu yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA, referans, en olumlu ve en olumsuz senaryo takip etmektedir. Burada yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryosunun en olumlu senaryodan yüksek değere erişmesindeki en büyük unsur şehrin içme ve kullanma suyu ihtiyacının büyük bir çoğunluğunun yeraltı su kaynaklarından sağlanmasıdır. Ayrıca sadece kaynak kapasitelerinin artırımı bile su tedarik konusunda en olumlu senaryoyu yaklaşık %120 artışla geride bırakmaya yetmiştir. Kayıpların giderilmesi referans senaryoda temin edilen su miktarını neredeyse %45 oranında arttırdığı ve bizlere kaybın her şeyi ters yönde etkileyebileceği gibi giderilmesinden sonra ne oranda faydalı olacağının bilgisini vermektedir.



Şekil 4.19. Şehir ilçelerinin içme ve kullanma suyu gereksinimlerine tüm senaryolar için 2075 yılında kaynaklardan tedarik edilen su miktarları (hm^3).

2075 yılında su kaynaklarının şehrin içme ve kullanma suyu gereksinimlerine sağladıkları su miktarlarının WEAP programındaki rakamsal biçimi Şekil 4.20'de bulunmaktadır. Kaynaklardan şehre giden toplam su miktarı referans senaryoda 40.36 hm^3, en olumlu senaryoda 23.14 hm^3, yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryosunda 50.76 hm^3, en olumsuz senaryoda ise 16.55 hm^3'tür.

Chart | Table | Map

Supply Delivered (Million Cubic Meter)

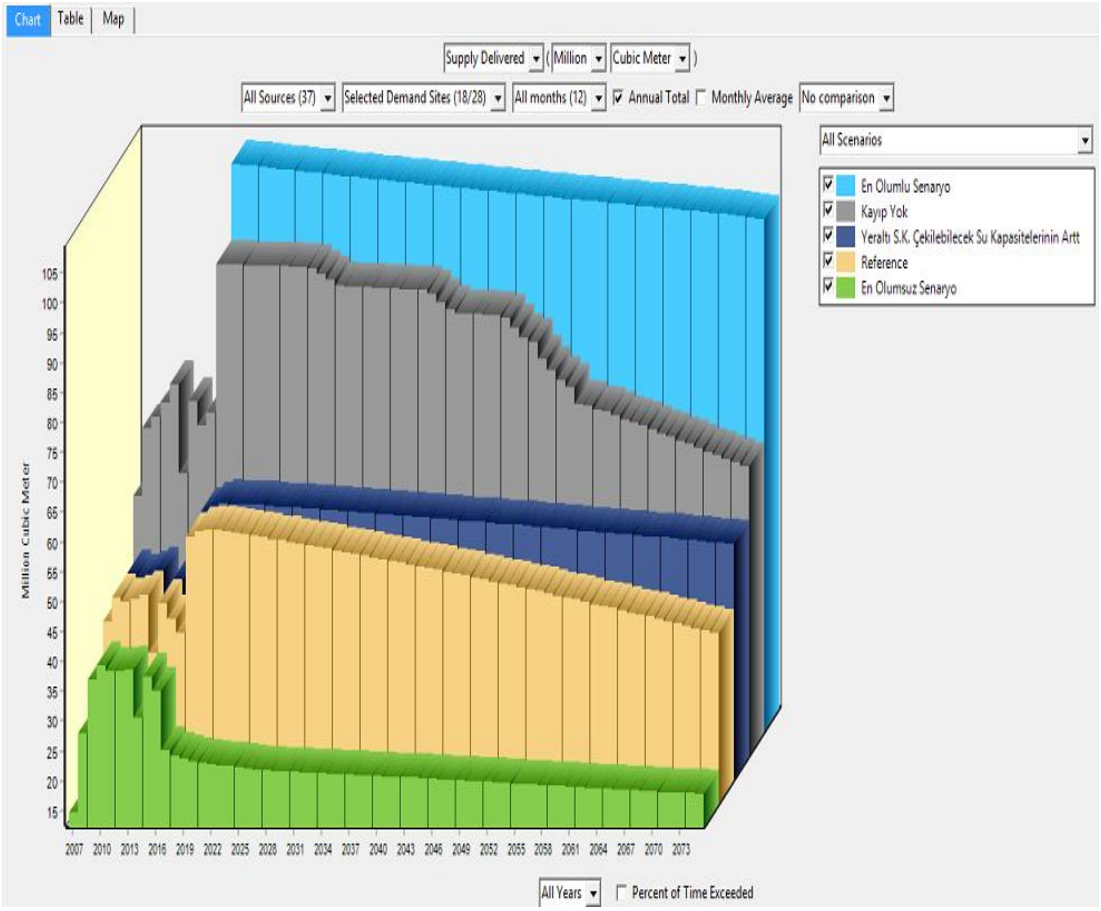
All Sources (37) | All months (12) | 2075 | Selected Demand Sites | No comparison

	En Olumlu Senaryo	En Olumsuz Senaryo	Kayıp Yok	Reference	Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt
Agacoren	0,471	0,000	0,000	0,000	0,000
Aksaray Merkez	17,299	15,323	57,560	38,936	49,316
Eskil	1,473	1,229	1,806	1,419	1,441
Gulagac	1,108	0,001	0,003	0,003	0,003
Guzelyurt	0,649	0,000	0,000	0,000	0,000
Ortakoy	1,855	0,000	0,000	0,000	0,000
Sariyahsi	0,278	0,000	0,000	0,000	0,000
Sum	23,135	16,553	59,370	40,358	50,760

Şekil 4.20. Şehir ilçelerinin içme ve kullanma suyu gereksinimlerine tüm senaryolar için 2075 yılında kaynaklardan tedarik edilen su miktarlarının şekil görünümü (hm^3).

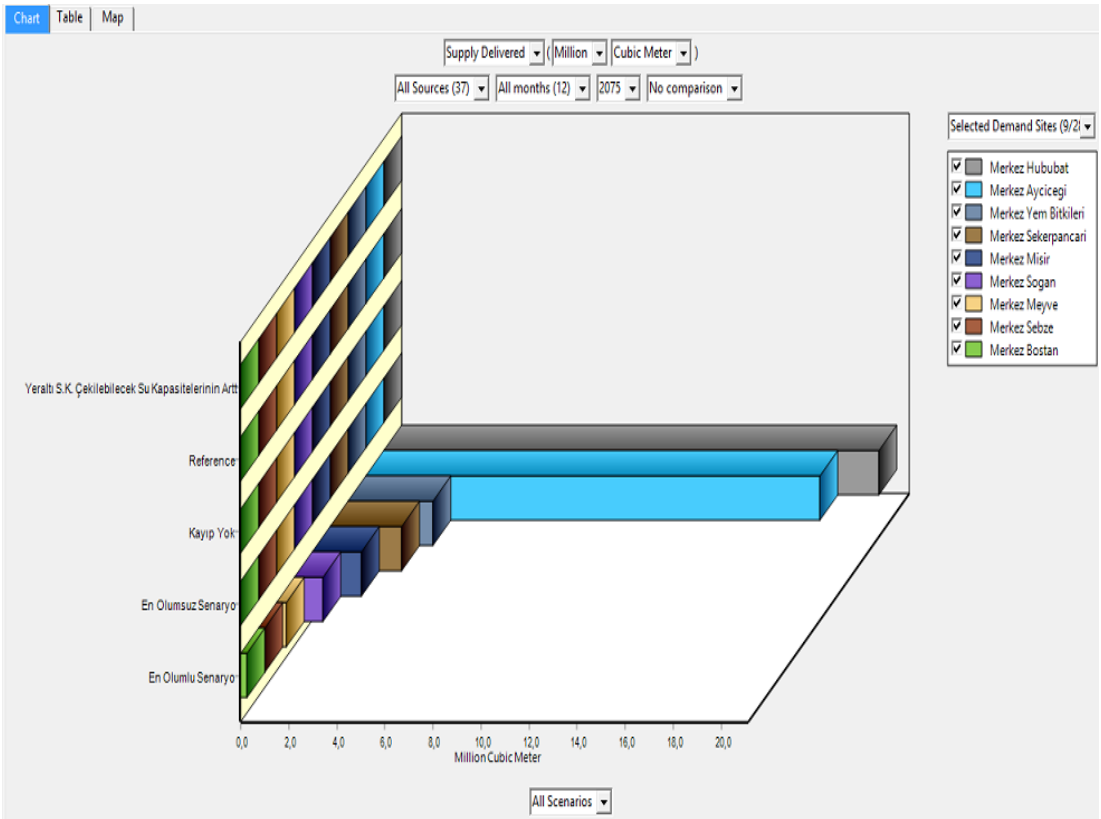
Şekil 4.21'de 2007-2075 yılları arasında Uluırmak ve Merkez tarım alanına barajdan ve yeraltı su kaynaklarından temin edilen toplam su miktarları her bir senaryo için ayrı ayrı gösterilmektedir. En olumlu senaryoda temin edilen su miktarı yağıştaki artma ve buharlaşmadaki azalma ile artması beklense dahi tarım alanlarındaki azalma ile birlikte gereksinim duyulan su ihtiyacı düştüğünden dolayı tedarik edilen su miktarı da yıllar içerisinde azalmıştır. En olumlu senaryoda temin edilen su miktarı referans senaryoya göre yaklaşık %60 artmış ve 2017'de tarım alanlarına sağlanan su 74.28 hm^3'ten 2075'e ulaşıldığında 98 hm^3'e çıkmıştır. Kayıp yok senaryosunda referans senaryoya göre tarıma tedarik edilen su %30 civarında artmış olsa da 2017'deki 69.58 hm^3'lük değer 2075 yılında 60.59 hm^3'e düşmüştür. Yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA doğrudan teslim edilen su miktarını etkilemiş ve referans senaryoya göre yaklaşık %20 oranında arttırmıştır. Yine bu senaryoda 2017'deki 40.64 hm^3'lük değer 2075'de 51.7 hm^3'e yükselmiştir. Referans senaryoda 2017 yılında 40.64 hm^3'lük tarım alanına tedarik edilen su miktarı az bir artış değeriyle 2075'de 40.82 hm^3'ü yakalamıştır. En olumsuz senaryoda ise düşen yağış, artan buharlaşma, nüfus ve tarım

alanlarında artış tedarik edilen su miktarlarını referans senaryoya kıyasla havzanın su kıtlığını çok önemli bir şekilde sergileyecek biçimde %60 civarında azaltmıştır. En olumsuz senaryoda 2017'deki 25.26 hm^3'lük değer 2075 yılına değin sürekli olarak azalmakta ve 17.87 hm^3'e kadar düşmektedir. Aşağıda yer alan bölümde Uluırmak ve Merkez tarım alanlarına tedarik edilen su miktarları hakkında ayrı ayrı inceleme yapılmıştır.



Şekil 4.21. Tarım alanlarının tümüne her bir senaryo için 2007-2075 yılları arasında kaynaktan tedarik edilen su miktarları (hm^3).

Aksaray'daki su kaynaklarından Merkez tarım alanlarındaki ziraat ürünlerinin yetiştirilmesine sağlanan su miktarlarının 2075 yılına ulaşıldığındaki durumların tüm senaryolar için değişimi Şekil 4.22'de yer almaktadır. Şehrin içme suyu ihtiyacını karşılayacak su miktarları 2075'de yeterli olmadığı ve sistem üzerinde tarım alanlarının önceliği şehrin önceliğinden düşük olduğundan dolayı en olumlu senaryo hariç diğer geriye kalan senaryolarda tarım alanlarının su talebine karşılık verecek su teslimatı yapılmadığı Şekil 4.22 üzerinden okumak mümkündür.



Şekil 4.22. Merkez tarım alanına tüm senaryolar için 2075 yılında kaynaklardan tedarik edilen su miktarları (hm^3).

Şekil 4.23 Merkez tarım alanlarına Mamasın Barajı'ndan 2075'de temin edilen su miktarlarının WEAP programındaki rakamsal değerleri her bir senaryo için ayrı ayrı gösterilmektedir. En olumlu senaryoda barajdan tarım alanına teslim edilen miktar 50.17 hm^3 ve diğer senaryolarda bu değer sıfırdır.

Chart | Table | Map

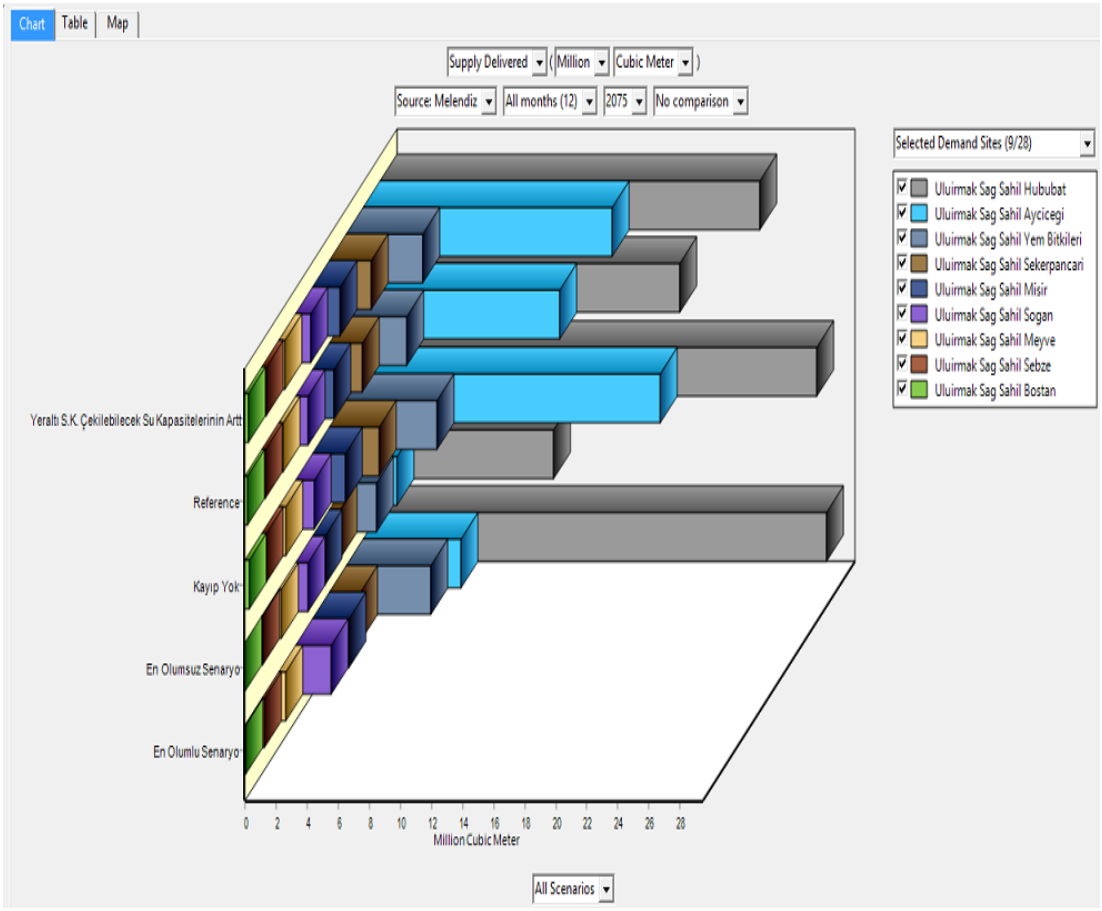
Supply Delivered (Million | Cubic Meter)

All Sources (37) | All months (12) | 2075 | Selected Demand Sites (9/2 | No comparison

	En Olumlu Senaryo	En Olumsuz Senaryo	Kayıp Yok	Reference	Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt
Merkez Aycicegi	18,875	0,000	0,000	0,000	0,000
Merkez Bostan	0,271	0,000	0,000	0,000	0,000
Merkez Hububat	20,608	0,000	0,000	0,000	0,000
Merkez Meyve	0,398	0,000	0,000	0,000	0,000
Merkez Misir	2,053	0,000	0,000	0,000	0,000
Merkez Sebze	0,277	0,000	0,000	0,000	0,000
Merkez Sekerpancari	2,980	0,000	0,000	0,000	0,000
Merkez Sogan	1,182	0,000	0,000	0,000	0,000
Merkez Yem Bitkileri	3,532	0,000	0,000	0,000	0,000
Sum	50,177	0,000	0,000	0,000	0,000

Şekil 4.23. Merkez tarım alanına tüm senaryolar için 2075 yılında kaynaklardan tedarik edilen su miktarlarının şekil görünümü (hm^3).

Şekil 4.24'de Uluırmak tarım alanına 2075 yılında Melendiz Çayı'ndan temin edilen su miktarlarının senaryolar üzerindeki değişimleri bulunmaktadır. Merkez tarım alanında barajdan tedarik edilen su bulunmamasına rağmen Melendiz Çayı'na nasıl su sağlandığı sorusunu tedarik önceliklerine değinerek açıklamak mümkündür. Çünkü Merkez tarım alanına sistem üzerinde 5 numaralı tedarik sembolü verilmişken Uluırmak tarım alanına ise Melendiz Çayı üzerinden sulanacak tek alan olduğu için 1 numaralı tedarik sıralaması verilmiştir. Buda programın şehir ihtiyaçlarını karşıladıktan sonra Uluırmak tarım alanına daha sonrada Merkez tarım alanına yönelmesine neden olmuştur. Referans senaryodaki Melendiz Çayı'ndan Uluırmak tarım alanına temin edilen su miktarı en olumlu senaryoda yaklaşık %15, yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryosunda yaklaşık %25 oranında, kayıp yok senaryosunda yaklaşık %50 artarken en olumsuz senaryoda yaklaşık %55 oranında azalmıştır.



Şekil 4.24. Uluırmak tarım alanına tüm senaryolar için 2075 yılında kaynaklardan tedarik edilen su miktarları (hm^3).

2075'de Melendiz Çayı tarafından sulanan Uluırmak'da bulunan ziraat alanlarına temin edilen su miktarlarının WEAP programındaki rakamsal hali Şekil 4.25'de gösterilmektedir. Uluırmak tarım alanına referans senaryoda 40.82 hm^3, en olumlu senaryoda 47.82 hm^3, yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryosunda 51.7 hm^3, kayıp yok senaryosunda 60.59 hm^3 ve en olumsuz senaryoda 17.87 hm^3 su iletilmektedir.

Chart | Table | Map

Supply Delivered (Million Cubic Meter)

Source: Melendiz | All months (12) | 2075 | Selected Demand Sites (9/28) | No comparison

	En Olumlu Senaryo	En Olumsuz Senaryo	Kayıp Yok	Reference	Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt
Uluirmak Sag Sahil Aycicegi	6,276	2,199	19,132	12,664	16,039
Uluirmak Sag Sahil Bostan	0,078	0,028	0,264	0,175	0,222
Uluirmak Sag Sahil Hububat	28,748	11,133	28,083	19,276	24,407
Uluirmak Sag Sahil Meyve	0,434	0,156	0,458	0,304	0,386
Uluirmak Sag Sahil Misir	2,345	0,824	2,108	1,388	1,759
Uluirmak Sag Sahil Sebze	0,171	0,063	0,311	0,207	0,262
Uluirmak Sag Sahil Sekerpancari	2,014	0,713	3,201	2,121	2,686
Uluirmak Sag Sahil Sogan	2,305	0,817	1,177	0,783	0,992
Uluirmak Sag Sahil Yem Bitkileri	5,450	1,931	5,855	3,905	4,945
Sum	47,822	17,865	60,589	40,823	51,696

Şekil 4.25. Uluırmak tarım alanına tüm senaryolar için 2075 yılında kaynaklardan tedarik edilen su miktarlarının şekil görünümü (hm^3).

Havza genelindeki 2007-2075 yılları arasında sırasıyla toplam karşılanmamış talep, toplam su talebi ve toplam su tedarik miktarlarının WEAP programındaki rakamsal değerleri yıllara göre parçalar halinde Şekil 4.26, Şekil 4.27, Şekil 4.28 ve Şekil 4.29'da gösterilmektedir. Bu kısımda, yukarıdaki sonuçlar bölümünde ayrı ayrı anlatılan toplam karşılanmamış talep, toplam su talebi ve toplam talep miktarlarının sayısal görünümlerini daha rahat görülmesi amacıyla tek bir pencere bu bölümlerin sonu olarak verilmiştir. Ayrıca toplam miktarların tek bir pencere altında gözlemlenmesi sonuçların kolay erişimine ve istenildiği takdirde daha hızlı bir şekilde yorumlama yapmaya olanak tanımaktadır.

Charts Table

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Unmet Demand (Selected Demand Sites (18/28)) (Million Cubic Meter)																		
En Olumlu Senaryo	107,663	99,813	107,564	115,284	112,440	116,322	118,222	102,934	117,555	116,747	76,921	43,195	42,614	42,046	41,470	40,915	40,343	39,784
En Olumsuz Senaryo	107,663	103,879	119,257	131,810	129,936	134,645	138,338	119,592	137,300	135,691	126,819	128,651	129,990	131,073	132,145	133,081	134,040	134,921
Kayıp Yok	107,663	97,633	100,598	104,048	99,341	101,873	102,605	90,756	103,354	103,307	78,128	65,580	65,643	65,690	65,701	65,788	65,859	65,905
Reference	107,663	101,789	113,686	124,311	122,213	126,674	129,754	112,653	129,080	127,830	107,067	103,075	102,153	101,888	102,066	102,299	102,541	102,677
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Attı	107,663	101,789	113,686	124,311	122,213	126,674	129,754	112,653	129,080	127,830	107,067	103,018	101,990	101,633	101,653	101,751	101,825	101,825
Water Demand (not including loss, reuse and DSM) (Million Cubic Meter)																		
En Olumlu Senaryo	149,351	153,766	178,623	193,459	190,699	195,623	199,631	172,917	197,680	194,346	175,018	174,272	173,514	172,768	172,016	171,286	170,540	169,807
En Olumsuz Senaryo	149,351	164,439	189,478	204,331	201,609	206,565	210,656	183,983	208,812	205,770	187,488	188,872	190,278	191,692	193,130	194,565	196,034	197,511
Kayıp Yok	149,351	159,103	184,051	198,892	196,154	201,095	205,143	178,450	203,246	200,058	177,318	189,960	190,304	190,660	191,030	191,412	191,808	192,217
Reference	149,351	159,103	184,051	198,892	196,154	201,095	205,143	178,450	203,246	200,058	177,318	189,960	190,304	190,660	191,030	191,412	191,808	192,217
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Attı	149,351	159,103	184,051	198,892	196,154	201,095	205,143	178,450	203,246	200,058	177,318	189,960	190,304	190,660	191,030	191,412	191,808	192,217
Supply Delivered (Selected Demand Sites (18/28), All Sources (37)) (Million Cubic Meter)																		
En Olumlu Senaryo	14,690	31,968	48,711	55,791	55,800	56,779	58,720	47,211	57,224	54,113	74,280	107,260	107,083	106,904	106,728	106,554	106,380	106,205
En Olumsuz Senaryo	14,690	27,902	37,017	39,266	38,304	38,456	38,605	30,554	37,478	35,168	25,262	24,189	23,619	23,301	23,007	22,834	22,660	22,559
Kayıp Yok	14,690	34,148	55,676	67,025	68,899	71,230	74,338	59,389	71,424	67,552	69,578	94,437	94,374	94,327	94,316	94,229	94,158	94,112
Reference	14,690	29,991	42,589	46,762	46,027	46,429	47,189	37,493	45,698	43,029	40,639	56,942	57,864	58,129	57,951	57,718	57,476	57,340
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Attı	14,690	29,991	42,589	46,762	46,027	46,429	47,189	37,493	45,698	43,029	40,639	56,999	58,027	58,384	58,364	58,266	58,192	58,192

Şekil 4.26. Havza genelinde oluşturulan her bir senaryoda için 2007-2024 yılları arasında sırasıyla toplam karşılanmamış talep, toplam su talebi ve toplam tedarik miktarlarının şekil görünümü (hm^3).

Charts Table

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Unmet Demand (Selected Demand Sites (18/28)) (Million Cubic Meter)																		
En Olumlu Senaryo	39,225	38,672	38,123	37,573	37,028	36,486	35,942	35,404	34,860	34,335	33,805	33,274	32,751	32,235	31,705	31,195	30,680	30,163
En Olumsuz Senaryo	135,964	136,960	138,015	138,883	139,807	140,702	141,578	142,435	143,348	144,247	145,179	146,035	146,978	147,918	148,828	149,719	150,688	151,621
Kayıp Yok	65,931	66,015	66,041	66,305	67,180	68,117	69,067	69,316	69,402	69,469	69,544	69,604	69,692	69,765	69,846	69,929	70,618	71,884
Reference	102,992	103,292	103,549	103,717	104,036	104,361	104,614	104,796	105,138	105,457	105,733	105,921	106,298	106,610	106,906	107,109	107,480	107,814
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Attı	102,032	102,153	102,266	102,299	102,467	102,588	102,719	102,738	102,911	103,051	103,156	103,215	103,383	103,512	103,633	103,686	103,848	104,005
Water Demand (not including loss, reuse and DSM) (Million Cubic Meter)																		
En Olumlu Senaryo	169,078	168,352	167,631	166,913	166,198	165,486	164,777	164,071	163,360	162,672	161,976	161,285	160,597	159,921	159,229	158,560	157,885	157,211
En Olumsuz Senaryo	199,013	200,522	202,057	203,610	205,169	206,755	208,350	209,973	211,605	213,264	214,943	216,630	218,348	220,076	221,842	223,620	225,408	227,226
Kayıp Yok	192,640	193,076	193,526	193,990	194,468	194,961	195,468	195,989	196,526	197,078	197,645	198,227	198,825	199,440	200,070	200,717	201,381	202,062
Reference	192,640	193,076	193,526	193,990	194,468	194,961	195,468	195,989	196,526	197,078	197,645	198,227	198,825	199,440	200,070	200,717	201,381	202,062
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Attı	192,640	193,076	193,526	193,990	194,468	194,961	195,468	195,989	196,526	197,078	197,645	198,227	198,825	199,440	200,070	200,717	201,381	202,062
Supply Delivered (Selected Demand Sites (18/28), All Sources (37)) (Million Cubic Meter)																		
En Olumlu Senaryo	106,035	105,862	105,691	105,523	105,352	105,183	105,018	104,849	104,683	104,520	104,354	104,193	104,029	103,869	103,706	103,548	103,387	103,231
En Olumsuz Senaryo	22,309	22,100	21,846	21,782	21,655	21,571	21,501	21,462	21,365	21,292	21,191	21,160	21,056	20,949	20,895	20,855	20,731	20,656
Kayıp Yok	94,085	94,002	93,976	93,712	92,837	91,900	90,950	90,701	90,615	90,547	90,473	90,413	90,325	90,252	90,171	90,088	89,399	88,133
Reference	57,025	56,725	56,468	56,300	55,981	55,656	55,403	55,221	54,878	54,560	54,283	54,096	53,719	53,407	53,111	52,908	52,537	52,203
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Attı	57,985	57,864	57,751	57,718	57,550	57,429	57,297	57,279	57,106	56,966	56,861	56,802	56,634	56,505	56,384	56,331	56,169	56,012

Şekil 4.27. Havza genelinde oluşturulan her bir senaryo için 2025-2042 yılları arasında sırasıyla toplam karşılanmamış talep, toplam su talebi ve toplam tedarik miktarlarının şekil görünümü (hm^3).

Charts | Table

	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058
Unmet Demand (Selected Demand Sites (18/28)) (Million Cubic Meter)																
En Olumlu Senaryo	29,655	29,153	28,648	28,142	27,648	27,148	26,660	26,156	25,673	25,191	24,703	24,216	23,740	23,260	22,791	22,322
En Olumsuz Senaryo	152,548	153,441	154,406	155,393	156,345	157,300	158,302	159,281	160,285	161,243	162,276	163,270	164,276	165,252	166,292	167,313
Kayıp Yok	73,248	73,765	73,846	73,954	74,050	74,156	74,570	76,166	77,873	78,697	81,421	83,366	85,063	86,178	88,976	89,326
Reference	108,108	108,332	108,713	109,061	109,380	109,614	109,986	110,351	110,661	110,924	111,317	111,677	112,031	112,268	112,683	113,034
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt	104,123	104,147	104,347	104,488	104,614	104,663	104,840	104,990	105,119	105,164	105,363	105,504	105,623	105,686	105,870	106,018
Water Demand (not including loss, reuse and DSM) (Million Cubic Meter)																
En Olumlu Senaryo	156,544	155,886	155,223	154,563	153,916	153,260	152,620	151,963	151,329	150,696	150,057	149,423	148,798	148,169	147,554	146,938
En Olumsuz Senaryo	229,067	230,929	232,814	234,720	236,639	238,599	240,576	242,566	244,591	246,648	248,719	250,818	252,943	255,093	257,279	259,474
Kayıp Yok	202,761	203,477	204,211	204,963	205,733	206,523	207,332	208,160	209,008	209,877	210,766	211,676	212,607	213,560	214,536	215,533
Reference	202,761	203,477	204,211	204,963	205,733	206,523	207,332	208,160	209,008	209,877	210,766	211,676	212,607	213,560	214,536	215,533
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt	202,761	203,477	204,211	204,963	205,733	206,523	207,332	208,160	209,008	209,877	210,766	211,676	212,607	213,560	214,536	215,533
Supply Delivered (Selected Demand Sites (18/28), All Sources (37)) (Million Cubic Meter)																
En Olumlu Senaryo	103,071	102,915	102,758	102,604	102,450	102,295	102,143	101,990	101,839	101,688	101,537	101,390	101,241	101,092	100,945	100,800
En Olumsuz Senaryo	20,592	20,567	20,473	20,361	20,278	20,214	20,101	20,004	19,897	19,849	19,718	19,634	19,542	19,484	19,374	19,270
Kayıp Yok	86,769	86,252	86,171	86,063	85,967	85,861	85,447	83,851	82,144	81,320	78,596	76,651	74,954	73,839	71,041	70,691
Reference	51,908	51,685	51,304	50,956	50,637	50,403	50,031	49,666	49,356	49,093	48,700	48,340	47,986	47,749	47,334	46,983
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt	55,894	55,870	55,670	55,529	55,403	55,354	55,177	55,027	54,898	54,853	54,653	54,513	54,394	54,331	54,147	53,999

Şekil 4.28. Havza genelinde oluşturulan her bir senaryo için 2043-2058 yılları arasında sırasıyla toplam karşılanmamış talep, toplam su talebi ve toplam tedarik edilen miktarların şekil görünümü (hm^3).

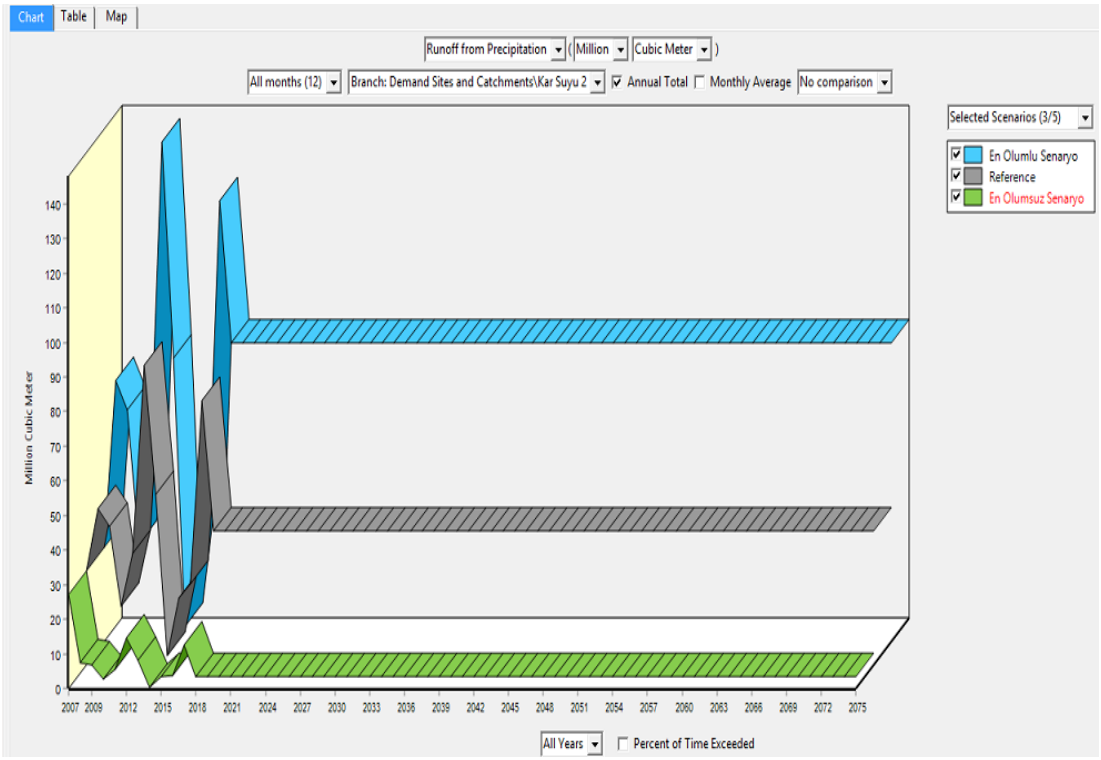
Default | Manage | Show Data Variables? | All Scenarios | Annual Total | Monthly Average

Charts | Table

	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2075	Sum
Unmet Demand (Selected Demand Sites (18/28)) (Million Cubic Meter)																		Unmet De...
En Olumlu Senaryo	21,840	21,376	20,913	20,453	19,990	19,533	19,072	18,619	18,170	17,725	17,274	16,899	16,530	16,156	15,789	15,427	15,064	2.831,225
En Olumsuz Senaryo	168,336	169,327	170,400	171,432	172,483	173,493	174,574	175,629	176,703	177,730	178,823	179,886	180,934	181,937	183,054	184,147	185,229	10.459,077
Kayıp Yok	89,836	90,277	90,886	91,535	92,136	92,636	93,286	93,910	94,546	95,038	95,726	96,337	96,974	97,486	98,156	98,794	99,428	5.638,837
Reference	113,401	113,666	114,080	114,440	114,829	115,087	115,478	115,890	116,253	116,534	116,946	117,341	117,724	118,017	118,440	118,816	119,194	7.659,517
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt	106,150	106,212	106,394	106,542	106,702	106,733	106,938	107,090	107,233	107,276	107,480	107,633	107,775	107,825	108,036	108,182	108,321	7.373,159
Water Demand (not including loss, reuse and DSM) (Million Cubic Meter)																		
En Olumlu Senaryo	146,311	145,702	145,095	144,493	143,885	143,287	142,685	142,093	141,504	140,920	140,327	139,747	139,170	138,588	138,014	137,447	136,879	10.973,600
En Olumsuz Senaryo	261,714	263,973	266,269	268,585	270,939	273,307	275,720	278,154	280,630	283,139	285,668	288,242	290,845	293,467	296,140	298,846	301,583	15.971,677
Kayıp Yok	216,554	217,598	218,667	219,759	220,876	222,019	223,187	224,382	225,603	226,851	228,128	229,433	230,766	232,129	233,523	234,947	236,402	14.117,891
Reference	216,554	217,598	218,667	219,759	220,876	222,019	223,187	224,382	225,603	226,851	228,128	229,433	230,766	232,129	233,523	234,947	236,402	14.117,891
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt	216,554	217,598	218,667	219,759	220,876	222,019	223,187	224,382	225,603	226,851	228,128	229,433	230,766	232,129	233,523	234,947	236,402	14.117,891
Supply Delivered (Selected Demand Sites (18/28), All Sources (37)) (Million Cubic Meter)																		
En Olumlu Senaryo	100,653	100,509	100,365	100,222	100,078	99,936	99,796	99,656	99,517	99,378	99,237	99,031	98,823	98,614	98,407	98,202	97,998	6.506,615
En Olumsuz Senaryo	19,187	19,130	19,005	18,918	18,825	18,761	18,645	18,551	18,453	18,408	18,289	18,218	18,161	18,140	18,027	17,941	17,865	1.543,127
Kayıp Yok	70,181	69,740	69,131	68,482	67,881	67,381	66,731	66,106	65,471	64,979	64,291	63,680	63,043	62,531	61,861	61,223	60,589	5.365,400
Reference	46,616	46,351	45,937	45,577	45,188	44,930	44,539	44,127	43,764	43,483	43,071	42,676	42,293	42,000	41,577	41,201	40,823	3.364,721
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt	53,867	53,805	53,623	53,475	53,315	53,284	53,079	52,927	52,784	52,741	52,537	52,384	52,242	52,192	51,981	51,835	51,696	3.651,078

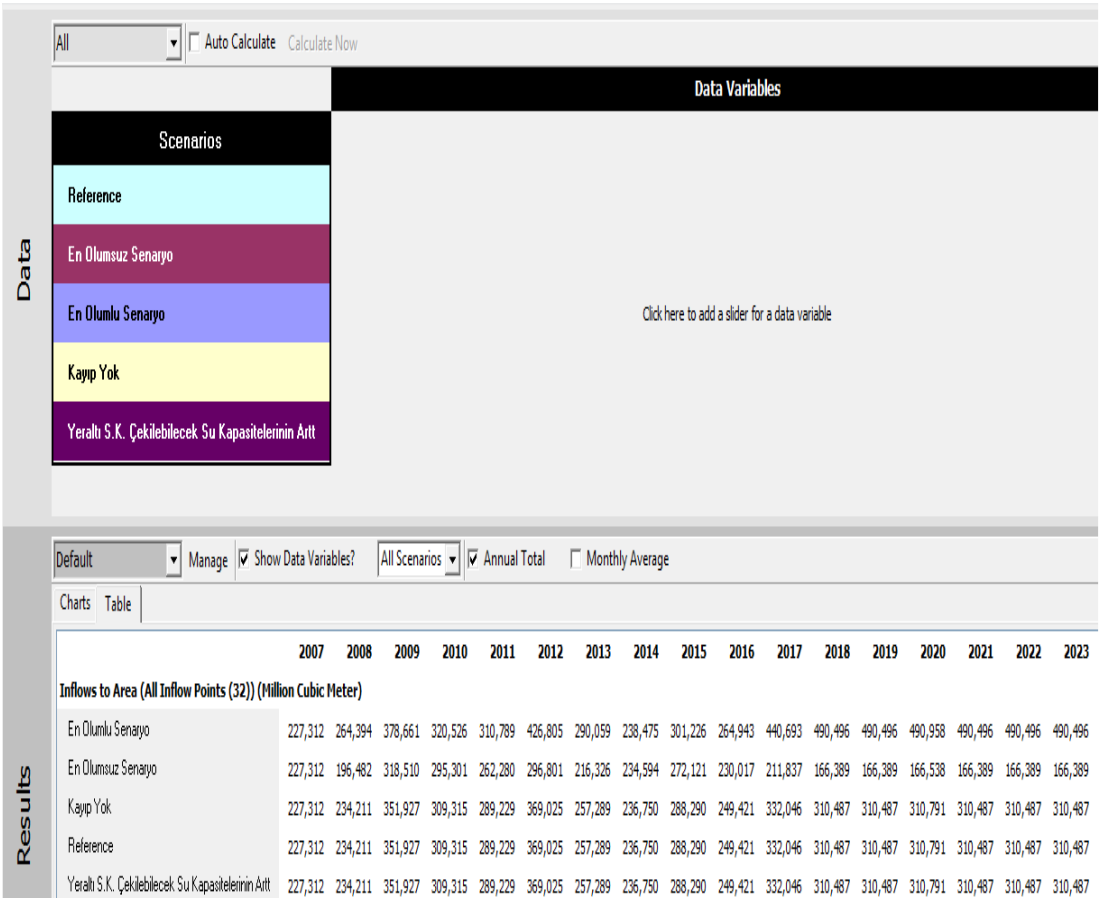
Şekil 4.29. Havza genelinde oluşturulan her bir senaryo için 2059-2075 yılları arasında sırasıyla toplam karşılanmamış talep, toplam su talebi ve toplam tedarik edilen miktarların şekil görünümü (hm^3).

Şekil 4.30 Aksaray'ın kar yüksekliklerinin yağış formatına dönüştürülmesiyle hacimsel olarak ne kadarlık bir miktara denk geldiğini göstermektedir. Referans senaryoda yeraltı su kaynağına 2007 yılında katılan 27.17 hm^3'lük kar yağışı 2017 yılındaki en son güncel veri ile 76.32 hm^3'ü görmekte ve daha sonra bu değer 2018-2075 yılları arasında 38.81 hm^3'lük hacimle sabit bir şekilde devam etmektedir. En olumlu senaryoda kar yoğunluğunun yükseltilmesiyle 2017'de 127.2 hm^3'ü gören kar yükü bu yıldan sonra 2075'e kadar 86.24 hm^3 olarak sabitlenmektedir. En olumsuz senaryoda azalan kar yoğunluğuyla birlikte karın yağışa çevrilmiş hacmi daha da düşmekte 2007'de 12.71 hm^3'ü, 2018 ile 2075 yılları arasındaki her yıl için ise 3.23 hm^3'lük bir su hacmine karşılık gelmektedir. Aksaray'da yeraltı su kaynaklarının bulunduğu bölge civarına 2018-2075 yılları boyunca düşen toplam yağış (yağmur ve kar yükü) miktarı referans senaryoda 187.01 hm^3, en olumlu senaryoda 304.51 hm^3 ve en olumsuz senaryoda 101.89 hm^3'tür. Aynı zamanda bu senaryolar için 17.33, 11.13 ve 22.86 hm^3'lük buharlaşma miktarları çıkarıldığında yeraltı su kaynaklarına net olarak referans senaryoda 169.68 hm^3, en olumlu senaryoda 293.38 hm^3 ve en olumsuz senaryoda 79.03 hm^3'lük hacim doğrudan katılmaktadır.



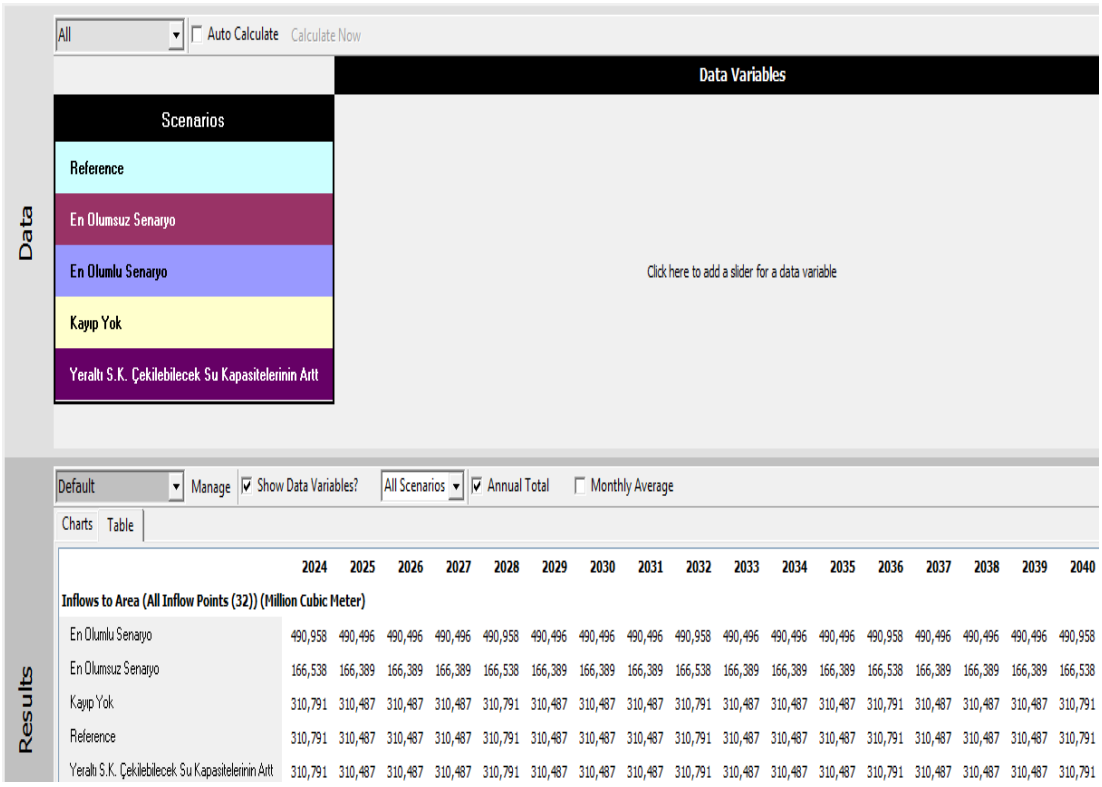
Şekil 4.30. Yeraltı su kaynaklarına 2007-2075 yılları arasında katılan kar hacimleri (en olumlu, referans ve en olumsuz senaryo, hm^3).

Aksaray Tuz Gölü Kapalı Havzasının yapılan veri girişleri sonucunda elde edilen toplam havza giriş akımları diğer bir deyişle havza su bütçesi oluşturulan her bir senaryo için WEAP programındaki rakamsal gösterimleri beş parça halinde ortaya konmuştur. Bu parçalar Şekil 4.31, Şekil 4.32, Şekil 4.33 Şekil 4.34 ve Şekil 4.35'dir. Referans, kayıp yok ve yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek MSKA senaryoları 2007'den 2075'e değin eşit su bütçelerine sahiptir. En olumlu senaryoda 2007 yılında havzaya giren toplam akım 440.69 hm^3, 2018 ve 2075 yılları arasındaki her bir yıl için ise %12'lik bir artış oranıyla 490.49 hm^3 değerinde sabit formatını korumaktadır. Referans senaryoda ise 2017 yılında 332.04 hm^3'lük havza toplam giriş akımı, 2008 yılında %7 civarında bir azalmayla 310.48 hm^3'e düşmüş ve bu yıldan sonraki her bir yıl için havzaya giren akım olarak bu değer gözlemlenmiştir. Son olarak en olumsuz senaryoda ise 2017 yılındaki 221.84 hm^3'lük su bütçesi 2018 ve 2075 yılları arasında yaklaşık %22 bir düşüş ile 166.38 hm^3'e gerilemiş ve 2075 yılına kadar bu senaryodaki havza su bütçesi değişmemiştir.



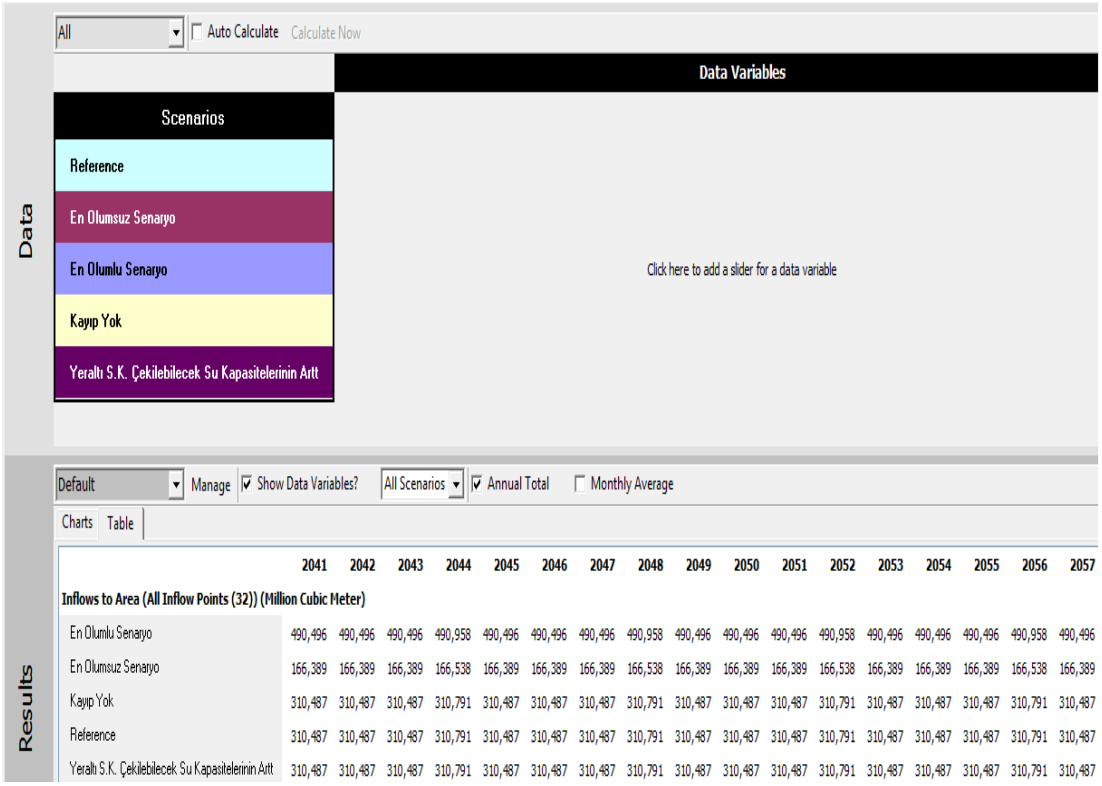
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Inflows to Area (All Inflow Points (32)) (Million Cubic Meter)																	
En Olumlu Senaryo	227,312	264,394	378,661	320,526	310,789	426,805	290,059	238,475	301,226	264,943	440,693	490,496	490,496	490,958	490,496	490,496	490,496
En Olumsuz Senaryo	227,312	196,482	318,510	295,301	262,280	296,801	216,326	234,594	272,121	230,017	211,837	166,389	166,389	166,538	166,389	166,389	166,389
Kayıp Yok	227,312	234,211	351,927	309,315	289,229	369,025	257,289	236,750	288,290	249,421	332,046	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487
Reference	227,312	234,211	351,927	309,315	289,229	369,025	257,289	236,750	288,290	249,421	332,046	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt	227,312	234,211	351,927	309,315	289,229	369,025	257,289	236,750	288,290	249,421	332,046	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487

Şekil 4.31. Tüm senaryolar için 2007-2023 yılları arasındaki havza giriş akımları (hm^3).



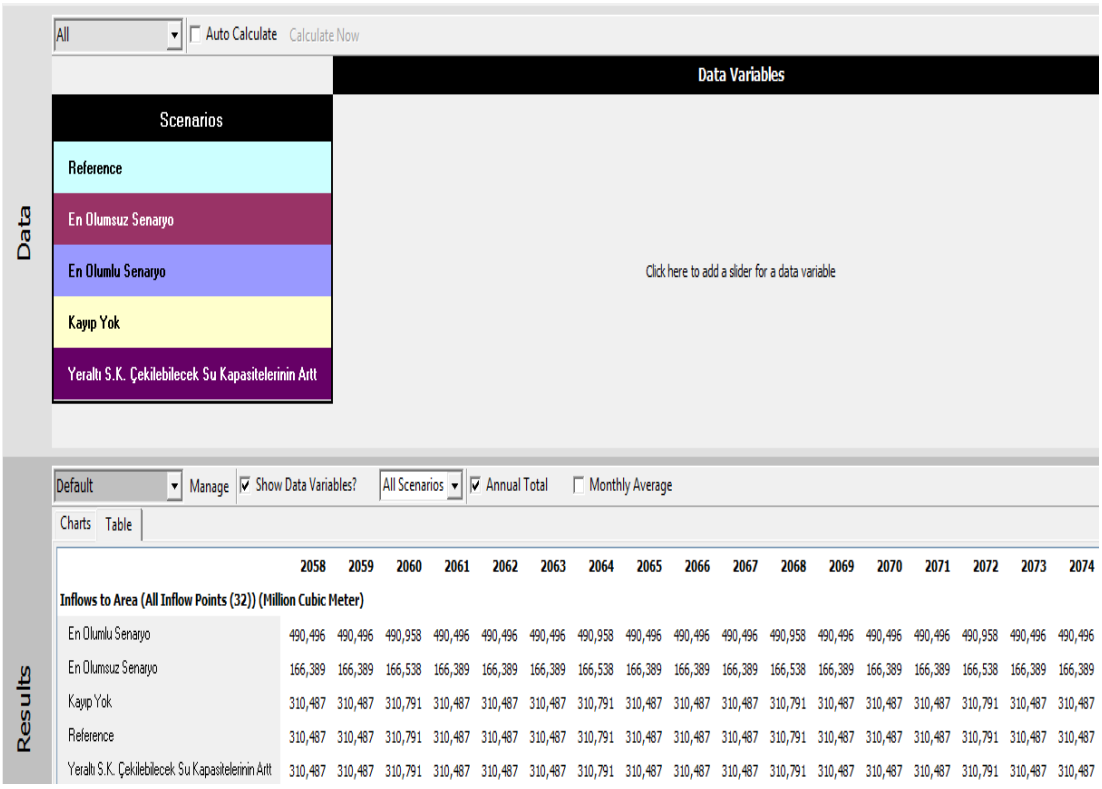
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Inflows to Area (All Inflow Points (32)) (Million Cubic Meter)																	
En Olumlu Senaryo	490,958	490,496	490,496	490,496	490,958	490,496	490,496	490,496	490,958	490,496	490,496	490,496	490,958	490,496	490,496	490,496	490,958
En Olumsuz Senaryo	166,538	166,389	166,389	166,389	166,538	166,389	166,389	166,389	166,538	166,389	166,389	166,389	166,538	166,389	166,389	166,389	166,538
Kayıp Yok	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791
Reference	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791

Şekil 4.32. Tüm senaryolar için 2024-2040 yılları arasındaki toplam havza giriş akımları (hm^3).

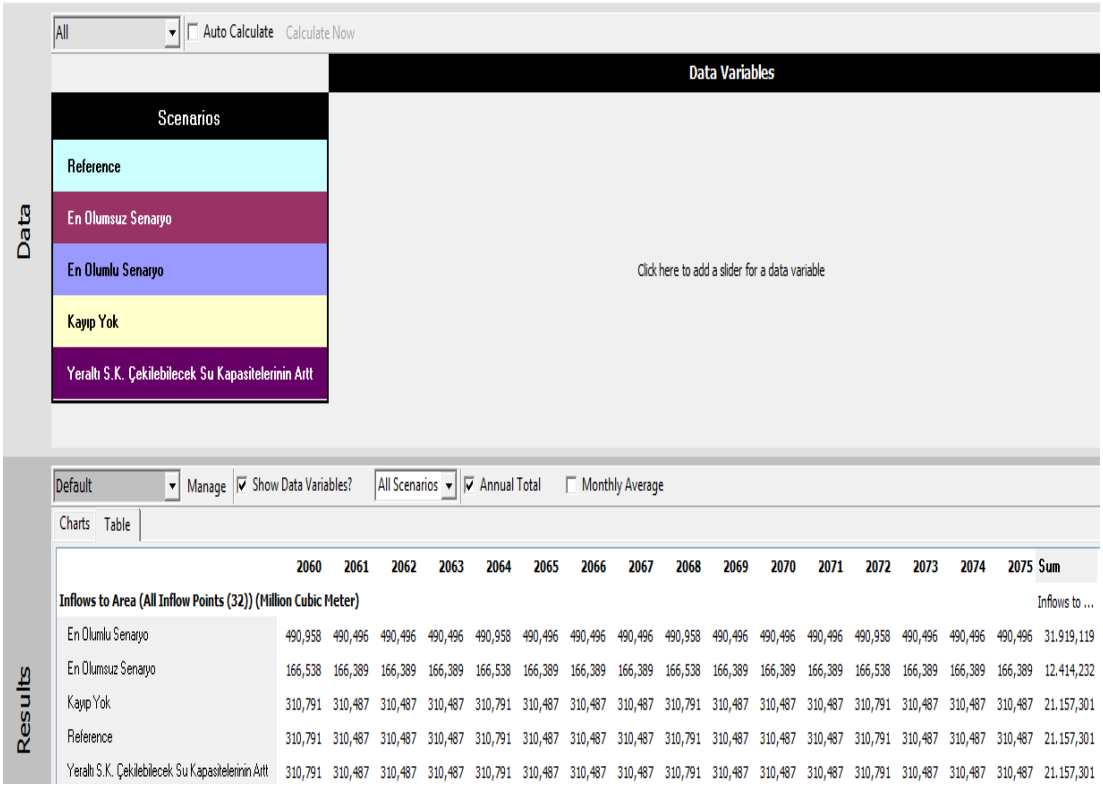


	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057
Inflows to Area (All Inflow Points (32)) (Million Cubic Meter)																	
En Olumlu Senaryo	490,496	490,496	490,496	490,958	490,496	490,496	490,496	490,958	490,496	490,496	490,496	490,958	490,496	490,496	490,496	490,958	490,496
En Olumsuz Senaryo	166,389	166,389	166,389	166,538	166,389	166,389	166,389	166,538	166,389	166,389	166,389	166,538	166,389	166,389	166,389	166,538	166,389
Kayıp Yok	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487
Reference	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487
Yeraltı S.K. Çekilebilecek Su Kapasitelerinin Artt	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487	310,487	310,487	310,791	310,487

Şekil 4.33. Tüm senaryolar için 2041-2057 yılları arasındaki toplam havza giriş akımları (hm^3).



Şekil 4.34. Tüm senaryolar için 2058-2074 yılları arasındaki toplam havza giriş akımları (hm^3).



Şekil 4.35. Tüm senaryolar için 2060-2075 yılları arasındaki toplam havza giriş akımları (hm^3).

Yukarıda yorumlanan sonuçlardan da anlaşılacağı üzere havza genelinde hemen hemen bütün talep noktalarında su sıkıntısı yaşanmaktadır. Yaşanan bu su sıkıntılarını azaltmak ve önüne geçebilmek için yapılması gereken birkaç tavsiyede bulunulacaktır. Bu önerilerin havza su sıkıntısını gidermede yardımcı olacağı için orta ve uzun vadede hayata geçirilmesi faydalı olacaktır.

Aksaray genelinde bulutlara müdahale edilerek yapay yağış meydana getirmek mümkündür. Şehir genelinde yapay yağış oluşturmanın iki yolu mevcuttur. Bunlardan ilki bulutlara gümüş iyodür kristallerini uçaklar aracılığıyla dökmek veya zeminde yakılmasıdır. Bu iki yöntem sonucu suni yağış elde etmek mümkündür. Ancak zeminde yakılması durumu için -10 ^{o}C'ın altındaki iklimsel hava şartlarının sağlanması zorunludur. İkinci olarak kuru buz yani katı karbondioksitin bulutlara dökülmesiyle atmosferdeki sıcaklık -40 ^{o}C'a kadar düşürülürse yine yapay yağış meydana gelmiş olacaktır. 1970'li yılların başlarında yapay yağış sistemi Türkiye tarafından gündeme alınmış ancak dönemin hükümeti tarafından uygulanmamıştır. Yapay yağış sistemi Türkiye'de 1990 yılının başlarında yeniden gündeme alınmış ve İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ), Amerika kökenli özel bir şirket ve İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Bölümü tarafından ortak bir projeyle İstanbul üzerine uygulanmış olup başarılı sonuçlar elde edilmiştir. İstanbul'daki başarılı sonuçlar sayesinde aynı proje Ankara'da da hayata geçirilmiştir. Bu projenin uygulanması aşamasında hava alanlarına 50 km mesafe menziliyle bulutların sıcaklığını, rüzgârın yönünü ve şiddetinin gözlemleye bilmek amacıyla radar sistemi kurulmuştur. Projede bulutlar üzerine gümüş iyodür serpilmek suretiyle bulutlarda öncelikle ısınma meydana getirerek bulutun yükselmesine sebep olmak ve en nihayetinde rakım kazanan bulutun yeterli soğukluk yardımıyla su taneciklerini buz kristallerine dönüştürerek barajlar üzerinden geçen bulutların daha fazla yağışa neden olması amaçlanmaktadır. Amerika'da yapay yağış sistemi tarım alanları üzerine, Birleşik Arap Emirlikleri ve İsrail'de barajların hazne hacmini arttırmakta kullanılmaktadır. Avrupa'da ise köprüler üzerinde meydana gelen sisin olumsuz etkilerini önlemek ve sisi en kısa süre içerisinde dağıtmak amacıyla kullanılmaktadır. Türkiye'de uygulanan bu sistem ilerleyen yıllarda kurak mevsimlerin sona ermesiyle askıya alınmıştır. Ancak küresel ısınmadaki artma yüzünden rafa kaldırılmış olan bu projenin tekrar yürürlüğe girmesinin havzaların ve barajların su sıkıntısını gidermede faydalı olacağı öngörülmektedir.

Baraj üzerindeki buharlaşmayı en aza indirmek veya engellemek amacıyla Amerika'daki Sylmar Barajı'nın üzerine yaklaşık 96 milyon siyah polietilen top bırakılmasını kapsayan ve maliyeti yaklaşık 300 milyon dolar olan "Gölge Topu" adlı bir proje yürütülmüştür. Buradaki amaç siyah renkteki topun güneş ışınlarını absorbe ederek hazne yüzeyinde meydana gelen buharlaşmayı düşürmektir. Toplar ayrıca toz ve kimyasal maddelerin suya karışmasını engelleyerek dış etkenlere karşı korumayı arttırmış ve kirlenmeyi azaltmıştır. Baraj rezervuarındaki buharlaşma ise bu proje yardımıyla %85-90 civarında azaltılmıştır. İhtiyaç duyulması halinde benzer bir projenin Mamasın Barajı üzerindeki su sıkıntısını ciddi ölçüde azaltmak için hayata geçirilmesi düşünülebilir.

Aksaray genelindeki yeraltı su kaynakları yağışların toprağa sızması ile günümüz koşullarında yeterince beslendiği havza modelinin WEAP programına uygulanması aşamasında anlaşılmıştır. Ancak mevcut sistemler ile yeraltı su kaynaklarındaki su miktarlarından yeterince faydalanılacak bir su çekme sisteminin olmadığı bu yüzden de havza su sıkıntısının devam edeceği düşünülmektedir. Yeraltı su kaynaklarından çekilebilecek kapasitelerin gelecek yıllarda daha iyi sistemler geliştirerek maksimuma çıkartılması karşılanmamış su talebini azaltmada en etkin yöntemlerden biri olacağı öngörülmektedir.

Kayıpların olmadığı senaryoda mevcut su miktarı ile çok daha fazla ihtiyaç karşılanabileceği sonuçlar incelenerek anlaşılmıştı. Ancak kullanılan suların geri dönüştürülerek yeniden kullanılmasını kapsayan bir proje henüz Aksaray ilinde uygulanmamıştır. İhtiyacın daha fazla artması durumunda tarım ve şehir hatlarına tedarik edilen suyu ayrıştırıp yeniden kullanmayı amaçlayan bir projenin yürürlüğe sokulması havza su sıkıntısını indirgemede etkili sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Güner, Z.Y., 2011. Dinamik programlama ile barajın işletim çalışması, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

2. Sert, M., 1987. Su kaynaklarının planlanmasında sistem optimizasyonu, İnşaat Mühendisleri Odası Türkiye İnşaat Mühendisliği IX Ankara Kongresi, 81-100.

3. Yiğitbaşıoğlu, H., 1996. Türkiye'deki barajlar, Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 5, 173.

4. URL-1 <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>, Erişim tarihi: 24/05/2019.

5. Cihan, İ., 2012. Alternatif su kaynaklarının endüstriyel kullanıma kazandırılması için çatı yağmur suyu hasadı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

6. Kasarcı, R., 1996. Türkiye'de nüfus gelişimi, Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 5, 247.

7. Erkek, C. ve Ağıralioğlu, N., 2013. Su kaynakları mühendisliği, Beta Yayınevi, İstanbul.

8. Ağıralioğlu, N., 2004. Baraj planlama ve tasarımı, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.

9. Adak, F. ve Öztek, S., 1977. Depolama tesislerinde kapasite tayini ve işletme çalışmaları teknik rehberi, Uluslararası Baraj Komisyonu Türk Milli Komitesi, Ankara.

10. Najifar, P., 2018. Yapılarda yağmur suyu kullanma olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

11. Bayazıt, M., 2013. Hidroloji, Birsen Yayınevi, İstanbul.

12. Gürer, İ., 1996. Kar hidrolojisi, Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 5, 107.

13. Azlak, M., 2015. İklim değişikliğinin buharlaşmaya olası etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

14. Subramanya, K., 1994. Engineering Hydrology, 2,69-70.

15. Ertekin, U.,2018. Türkiye'deki akarsu havzalarında taşkın mevsimselliğinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

16. Bayazıt, M. ve Önöz, B., 2008. Taşkın ve kuraklık hidrolojisi, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

17. Çiçek, İ., 1995. Türkiye'de kurak dönemin yayılışı ve süresi, Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 4,77.

18. Beyazgül, M., Sönmez, B., Tahmiscioğlu, M.S. ve Özer,N., 2017. Türkiye'de sulanan bitkilerin bitki su tüketimleri, Devlet Su İşleri ve Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara.

19. Allen, G.R., Pereira, S.L., Raes, D. ve Smith, M., 2006. FAO irrigation and drainage paper no.56: crop evapotranspiration.

20. Sandoval, S.S., Teasley, L.R., McKinney, C.D. ve Danner, L.C., 2006. Documentation and testing of the WEAP model for the rio grande/rio bravo basin, The University of Texas at Austin, USA and Mexico.

21. Leong, W.K. ve Lai, S.H., 2017. Application of water evaluation and planning model for integrated water resources management case study of langat river basin, Department of Civil Engineering Faculty of Engineering Building, University of Malaya.

22. Rasu, E., Ines, V.M., Han, E., Lyon, B., Baroang, K. ve Rola, A., 2017. Modelling water management options for lake buhi in bicol river basin of the philippines under climate change scenarios, University of the Philippines at Los Banos, Collage, Philippines.

23. Sandoval, S.S., 2011. Water planning and management for large scale river basins case of study at the rio grande/rio bravo transboundary basin, The University of Texas at Austin, USA.

24. Coşkun, Ö., 2017. Zamantı ırmağı 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.

25. Abdelmalek, B.M., Nouiri, I. ve Saidi, F., 2017. Application of the water evaluation and planning system model resources management in the nabhana watershed, Center Tunisia.

26. Günaçtı, M., 2017. Kuraklıklarda enerji üretimi ve sulama suyu kullanımlarının eş zamanlı optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

27. Loon, V.A., Mathijssen, H. ve Droogers, P., 2007. Water evaluation and planning system at gediz basin, Watmansup Project, Türkiye.

28. Yılmaz, H., 2015. Akarçay havzası entegre su kaynakları yönetiminin belirlenmesinde WEAP, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

29. Zhang, Y., Gu, A., Lu, H. ve Wang. W., 2017. Hydropower generation vulnerability in the yangtze river in china under climate change scenarios

analysis based on the WEAP model department of earth system science, Tsinghua University, Beijing, China.

30. URL-2 < https://www.weap21.org/downloads/WEAP_User_Guide.pdf >, Erişim tarihi: 31/03/2019.

31. Çağlayan, A. ve Dündar, D., 2016. Analitik hiyerarşi süreci ile optimal arazi kullanımının belirlenmesi: melendiz çayı havza örneği, Türkiye Cografya Dergisi 66, 83-92.

32. Baylak, M.H., 2016. Melendiz çayının hidrografik özellikleri, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 9, 42, 3-4.

33. Devlet Su İşleri (DSİ) 4. Şube Müdürlüğü., 2019. Kişisel erişim, Konya.

34. Devlet Su İşleri (DSİ) 44. Şube Müdürlüğü., 2019. Kişisel erişim, Aksaray.

35. Aksaray Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü., 2015. Aksaray ili 2015 yılı çevre durum raporu, Aksaray.

36. Aksaray Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü., 2016. Aksaray ili 2016 yılı çevre durum raporu, Aksaray.

37. URL-3 < http://www.aksarayosb.org.tr/index.php/2016-06-14-06-27-36/osb-parsel-durumu >, Erişim tarihi: 31/03/2019.

38. Türkiye İstatistik Kurum (TÜİK)., 2019. URL Adres: http://www.tuik.gov.tr Erişim tarihi: 31/03/2019.

39. URL-4 < http://uluirmaksulamasi.gov.tr/ >, Erişim Tarihi: 31/03/2019.

40. Çiçek, İ., 2001. Türkiye'de mevsimlere göre yağış şiddetleri ve sıklıkları, Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 8, 1.

41. Aksaray Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)., 2019. Kişisel erişim, Aksaray.

EKLER

EK A Konya Kapalı Havzasının Meteorolojik, Hidrolojik ve Bitkisel Tabloları

EK A Konya Kapalı Havzasının Meteorolojik, Hidrolojik ve Bitkisel Tabloları

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.1. Aksaray ili 17192 numaralı meteoroloji istasyonu bilgileri.

Parametreler	AKSARAY 1980-2017 YILLARI ARASI METEOROLOJİK VERİLER											
	AYLAR											
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Yağış (mm)	39.4	31.8	38.8	42.0	43.8	25.1	6.9	4.1	8.5	26.6	34.5	42.2
Maksimum Yağış (mm)	104.5	60.9	92.3	93.3	101.3	119.0	58.7	39.7	31.5	93.4	81.4	82.9
Minimum Yağış (mm)	0.0	1.4	12.1	2.8	11.1	0.1	0.0	0.0	0.9	0.5	0.1	2.5
Ortalama Buharlaşma (mm)	0.0	0.0	0.0	4.2	5.5	7.4	9.1	8.5	6.1	3.8	0.0	0.0
Maksimum Buharlaşma (mm)	0.0	0.0	0.0	5.6	8.3	9.8	11.5	12.2	9.1	8.4	0.0	0.0
Minimum Buharlaşma (mm)	0.0	0.0	0.0	2.9	3.7	5.5	6.8	5.3	4.4	2.3	0.0	0.0
Ortalama Kar Yüksekliği (cm)	1.3	1.5	0.3	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.07	0.5
Ortalama Sıcaklık (°C)	0.8	2.2	6.8	11.9	16.7	21.0	24.3	23.9	19.0	13.3	6.9	2.6
Ortalama Nem (%)	70.1	65.9	59.8	55.4	53.4	48.9	43.4	42.5	46.3	56.9	64.5	69.8
Ortalama Güneşlenme (sa)	3.2	4.4	5.8	7.2	9.0	11.0	11.9	11.5	9.6	7.1	4.8	3.2

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.2. Aksaray ili 2007 yılı kar yükseklikleri (cm).

	AKSARAY 2007 YILI GÜNLÜK KAR YÜKSEKLİKLERİ (cm) (17192 NUMARALI METEOROLOJİ İSTASYONU)											
Gün	AYLAR											
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1		4										
2		3										
3		8										
4		9										
5		8										
6	1	16										
7		8										
8		7										
9		6										
10		5										
11		4										
12		3										
13		1										
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29	6											
30	5											
31	4											

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.3. Aksaray ili 2008 yılı kar yükseklikleri (cm).

	AKSARAY 2008 YILI GÜNLÜK KAR YÜKSEKLİKLERİ (cm) (17192 NUMARALI METEOROLOJİ İSTASYONU)											
Gün	AYLAR											
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1		2										
2		2										
3		1										
4												
5												
6												
7												
8	1											
9	1											
10	5											
11	1											
12												
13												
14												
15												
16												
17		2										
18		15										
19		17										
20		17										
21		10										
22		8										
23		4										
24		3										2
25	1											10
26												6
27												4
28												4
29	1											12
30	2											10
31	2											8

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.4. Aksaray ili 2009 yılı kar yükseklikleri (cm).

	AKSARAY 2009 YILI GÜNLÜK KAR YÜKSEKLİKLERİ (cm) (17192 NUMARALI METEOROLOJİ İSTASYONU)											
Gün	AYLAR											
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1	7											
2	5											
3	4											
4	3											
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14			15									
15			6									
16		0	2									
17		2										
18												
19												
20		4	3									
21		0										
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29	0											
30												
31												

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.5. Aksaray ili 2010 yılı kar yükseklikleri (cm).

	AKSARAY 2010 YILI GÜNLÜK KAR YÜKSEKLİKLERİ (cm) (17192 NUMARALI METEOROLOJİ İSTASYONU)											
Gün	AYLAR											
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1												
2												
3		2										
4		5										
5		3										
6		0										
7												
8												
9												
10												
11												
12	2											1
13												3
14												0
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21	0											
22												
23												
24												
25	0											
26	0											
27	0											
28												
29	3											
30												
31												

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.6. Aksaray ili 2011 yılı kar yükseklikleri (cm).

AKSARAY 2011 YILI GÜNLÜK KAR YÜKSEKLİKLERİ (cm)
(17192 NUMARALI METEOROLOJİ İSTASYONU)

Gün	AYLAR											
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1		10										
2		8										
3		5										
4		4										
5		2										
6		1										
7		1										
8		0	0									
9	0	0	2									
10		0	9									
11			6									
12			3									
13			1									
14			0									
15											1	
16											0	
17												0
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												2
26												
27												
28												
29	0											
30	7											
31	13											

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.7. Aksaray ili 2012 yılı kar yükseklikleri (cm).

AKSARAY 2012 YILI GÜNLÜK KAR YÜKSEKLİKLERİ (cm)
(17192 NUMARALI METEOROLOJİ İSTASYONU)

Gün	AYLAR											
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1		13	8									
2		9	6									
3		6	5									
4		4	5									
5		2	3									2
6		2	1									
7		0										
8		0										
9		0										
10		2										
11		1										
12	15	0										
13	11	0										
14	7	0										
15	5		0									
16	17	1	0									
17	24	5										
18	22	7										
19	18	8										
20	16	5										
21	12	2										
22	8	1										
23	6	1										
24	2	0										
25	1	0										
26	0											
27	0											
28	0											
29	0	5										
30	4											
31	13											

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.8. Aksaray ili 2013 yılı kar yükseklikleri (cm).

	AKSARAY 2013 YILI GÜNLÜK KAR YÜKSEKLİKLERİ (cm) (17192 NUMARALI METEOROLOJİ İSTASYONU)											
Gün	AYLAR											
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1												
2												
3												
4												
5	0		0									
6	0											
7												
8	18											0
9	18											
10	15											
11	12											5
12	8	9										2
13	2	5										1
14		0										1
15												1
16												0
17												0
18		0										0
19												0
20	1											0
21												0
22												0
23			3									0
24												0
25												0
26												0
27												0
28												
29												0
30												
31												

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.9. Aksaray ili 2014 yılı kar yükseklikleri (cm).

	AKSARAY İLİ 2014 YILI GÜNLÜK KAR YÜKSEKLİKLERİ (cm) (17192 NUMARALI METEOROLOJİ İSTASYONU)											
Gün	AYLAR											
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												2
23												
24												
25												
26												
27	0											
28												
29												
30												
31												

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.10. Aksaray ili 2015 yılı kar yükseklikleri (cm).

	AKSARAY 2015 YILI GÜNLÜK KAR YÜKSEKLİKLERİ (cm) (17192 NUMARALI METEOROLOJİ İSTASYONU)											
Gün	AYLAR											
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1												
2												
3												
4												
5												
6	0											
7	7											
8	5											
9	3											
10	2											
11	5											
12	4	1										
13												
14												
15												
16	1											
17		0										
18		3										
19		8										
20		6	0									
21		4	2									
22		2	0									
23		2										
24		0										
25												
26												
27												
28												
29												
30												2
31												2

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.11. Aksaray ili 2016 yılı kar yükseklikleri (cm).

AKSARAY 2016 YILI KAR YÜKSEKLİKLERİ (cm)
(17192 NUMARALI METEOROLOJİ İSTASYONU)

Gün	AYLAR											
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1	2											0
2	1											
3	0											
4	0											
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14	2											1
15												
16												
17												
18												
19	7											
20	5											
21	4											1
22	1											1
23	4											3
24	3											2
25	1											0
26	1											1
27	1											3
28	1											3
29	1											
30												3
31												30

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.12. Aksaray ili 2017 yılı kar yükseklikleri (cm).

	AKSARAY 2017 YILI GÜNLÜK KAR YÜKSEKLİKLERİ (cm) (17192 NUMARALI METEOROLOJİ İSTASYONU)											
Gün	AYLAR											
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1	27	2										
2	20	1										
3	19	1										
4	18	1										
5	16											
6	10											
7	3											
8	5											
9	17											
10	10											
11	6											
12	4											
13	9											
14	4		1									
15	2	1										
16	2											
17	2											
18	1		3									
19												
20												
21											2	
22												
23												
24												1
25	1											
26	1											
27	9											
28	6											
29	3											
30	2											
31	3											

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.13. Aksaray ili 17192 numaralı meteoroloji istasyonu aylık toplam yağış miktarları (mm).

	AKSARAY 1980-2017 YILLARI ARASINDA AYLIK YAĞIŞ MİKTARLARI (mm)												
Yıllar	AYLAR												YILLIK TOPLAM
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
1980	54.4	42.3	54.2	32.6	85.1	13.4	0.0	0.0	5.1	22.0	26.0	20.9	356.0
1981	59.1	31.9	67.5	34.8	51.8	52.8	11.2	0.0	1.0	10.9	18.7	82.9	422.6
1982	32.1	19.1	39.8	46.2	28.5	83.2	19.5	1.4	2.0	9.9	15.0	23.2	319.9
1983	26.7	43.5	22.2	43.3	44.6	18.9	1.4	7.2	6.7	39.5	54.6	17.5	326.1
1984	42.3	7.8	29.1	61.7	11.1	12.2	0.4	1.3	0.0	0.7	9.9	52.3	228.8
1985	13.5	58.7	38.2	89.4	70.4	13.8	1.2	5.6	1.8	70.1	57.3	45.6	465.6
1986	20.0	36.6	17.4	26.7	69.1	26.9	0.0	0.3	6.0	4.0	47.1	37.2	291.3
1987	70.9	56.7	83.6	20.8	14.0	61.1	24.6	0.1	0.0	56.8	57.2	60.4	506.2
1988	15.2	36.1	40.6	93.3	60.3	21.3	16.5	0.0	2.6	52.3	64.5	48.5	451.2
1989	22.3	1.4	12.1	43.9	45.7	5.7	0.0	0.0	0.0	16.3	81.4	28.5	257.3
1990	36.2	19.8	13.7	34.2	87.7	21.4	0.9	0.0	14.6	6.9	22.9	62.0	320.3
1991	41.3	33.2	14.4	64.2	56.7	6.5	2.7	0.0	3.7	21.3	38.6	38.2	320.8
1992	22.7	34.8	18.3	51.7	55.4	36.5	14.1	3.4	7.3	10.6	66.2	75.0	396.0
1993	35.3	7.0	24.3	26.6	45.2	27.5	0.8	5.6	0.0	0.5	32.0	31.1	235.9
1994	60.7	49.5	40.8	33.2	28.3	7.9	8.4	2.4	1.6	31.1	38.2	58.9	361.0
1995	33.6	18.1	68.7	2.8	29.9	17.0	58.7	4.4	2.8	31.3	41.2	31.7	340.2
1996	23.5	31.0	92.3	74.8	28.5	0.3	2.0	4.1	6.7	31.8	1.7	77.0	373.7
1997	35.7	33.1	30.2	53.7	38.6	31.8	0.1	39.7	29.2	51.4	7.7	72.2	423.4
1998	48.5	37.6	26.0	42.3	33.6	15.2	0.0	0.0	9.5	82.5	24.5	58.8	378.5
1999	15.6	37.4	40.9	39.2	36.7	36.4	3.3	17.4	1.9	6.9	9.9	7.8	253.4
2000	80.9	45.4	21.1	39.1	101.3	41.0	0.0	1.2	0.0	27.8	0.1	31.7	389.6
2001	0.0	24.9	20.9	29.0	58.8	0.1	1.0	0.4	12.1	8.9	26.8	63.1	246.0
2002	31.8	14.3	16.8	81.7	29.5	3.4	32.3	12.8	22.2	17.1	31.9	27.9	321.7
2003	11.2	55.0	30.8	41.2	38.9	3.2	0.0	0.0	11.4	16.2	20.3	32.4	260.6
2004	50.4	10.4	14.6	72.3	30.4	21.5	5.5	2.3	0.0	2.5	78.7	15.1	303.7
2005	22.2	12.9	34.3	30.3	24.8	20.5	0.0	2.4	24.4	23.7	53.2	18.2	266.9
2006	31.0	25.6	31.8	72.8	31.1	17.0	0.0	0.0	27.7	46.2	20.3	2.5	306.0
2007	21.3	28	24.4	43.8	20.5	11.5	0.9	0.9	1.8	7.2	70.0	41.1	271.4
2008	11.1	17.7	25.5	16.3	27.9	3.2	0.0	3.8	31.5	14.3	24.1	60.3	235.7
2009	79.4	60.9	74.3	52.9	37.0	3.7	42.1	0.0	14.4	3.5	62.9	64.3	495.4
2010	75.5	40.2	43.2	48.4	14.1	59.1	0.3	0.3	10.5	93.4	5.3	72.4	462.7
2011	52.5	38.3	62.6	47.4	79.5	14.1	0.0	5.0	6.6	13.6	11.3	37.5	368.4
2012	104.5	53.0	24.9	10.5	50.6	19.3	0.5	1.3	3.1	50.6	44.2	77.9	440.4
2013	41.6	47.6	31.1	33.5	35.2	0.9	9.4	0.0	0.9	34.2	15.8	23.3	273.5
2014	47.5	24.5	66.0	4.0	22.8	50.4	0.0	2.8	23.1	42.7	43.4	35.8	363.0
2015	33.5	50.1	72.6	10.0	50.4	119	4.5	10.3	1.5	27.9	2.9	7.3	390.0
2016	59.5	20.9	50.7	16.8	66.6	9.2	0.0	14.0	31.0	2.6	14.1	44.0	329.4
2017	34.4	3.0	53.1	29.2	23.0	46.4	0.0	5.3	0.0	22.9	71.5	17.9	306.7

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.14. Aksaray ili 17192 numaralı meteoroloji istasyonu aylık toplam buharlaşma miktarları (mm).

	AKSARAY 1980-2017 YILLARI ARASINDA AYLIK BUHARLAŞMA MİTARLARI (mm)												
Yıllar	AYLAR												YILLIK TOPLAM
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
1980				3.5	4.8	8.3	9.7	8.6	5.4	3.1			43.4
1981				3.9	4.7	7.3	8.8	8.4	6.4	4.0			43.5
1982				3.6	5.5	6.4	7.5	7.5	6.3	3.4			40.2
1983				3.9	5.2	7.2	8.7	7.0	6.1	2.5			40.6
1984				3.2	5.8	8.3	9.0	8.1	6.6				41.0
1985				4.1	5.3	7.0	8.5	8.6	6.0	2.8			42.3
1986				4.9	4.0	6.7	9.8	9.7	5.9	3.5			44.5
1987				3.8	6.3	7.3	9.6	8.7	7.2	3.0			45.9
1988				3.3	5.3	6.4	8.9	8.3	6.1	2.3			40.6
1989				5.3	6.4	7.6	9.6	9.3	6.6	3.0			47.8
1990				3.8	4.6	7.3	9.3	8.7	5.4	3.4			42.5
1991					4.6	7.9	9.7	8.5	6.1	4.0			40.8
1992					4.8	6.7	7.9	8.8	4.5				32.7
1993					4.6	6.3	7.3	5.3	4.4				27.9
1994					4.0	6.5	7.6	7.0	5.9	3.9			34.9
1995				2.9	5.7	7.4	7.6	8.8	6.5	3.9			42.8
1996				2.9	6.1	7.5	9.4	9.5	7.3	4.2			46.9
1997					7.8	8.9		12.2	9.1	4.8			42.8
1998				5.1	5.1	7.5	11.5	11.3	7.2	4.7			52.4
1999				4.7	7.1	6.7	10.8	10.2	7.3	4.4			51.2
2000				5.6	5.8	8.2	11.5	10.9	7.2	3.8			53.0
2001					5.7	9.8	11.4		7.8	8.4			43.1
2002					6.0	7.7	8.4	7.3	4.6	4.4			38.4
2003				4.3	8.3	9.3		8.7					30.6
2004				4.9	5.6	7.4	9.3	7.5	6.9	3.9			45.5
2005					5.9	7.8	9.1	8.3	5.1	2.9			39.1
2006					5.7	8.9	9.7	9.5	5.8	3.1			42.7
2007					6.7	8.3	10.1	8.2	6.2				39.5
2008						8.6	9.7	9.5	6.9	4.2			38.9
2009						8.3	7.7	9.5	5.8	4.6			35.9
2010						6.6	8.1	8.2	6.1				29.0
2011					4.1	5.7	6.8	6.6	5.3				28.5
2012					3.7	6.9	8.9	7.2	5.1	2.9			34.7
2013					5.7	7.8	9.1	8.4	4.9				35.9
2014				4.5	5.3	6.7	8.7	7.9	4.6				37.7
2015					5.1	5.5	8.1	7.1					25.8
2016				4.4	4.7	7.8	9.3	9.0	5.2				40.4
2017				5.3	5.1	6.4	9.7	7.5	6.2	3.7			43.9

DEVLET SU İŞLERİ 4. ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.15. D16A098 istasyonu melendiz çayı aylık toplam akımlar (hm^3).

MELENDİZ ÇAYI 1976-2016 YILLARI ARASI AYLIK TOPLAM AKIM MİKTARLARI (hm^3)

Yıllar	AYLAR												Toplam Akım (hm^3)	Toplam Debi (m^3/s)
	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E		
1976	4.30	4.72	5.56	5.13	4.12	11.04	28.05	20.03	11.08	1.13	1.19	1.60	97.950	3.1059
1977	3.17	3.93	4.05	3.99	6.07	8.01	12.62	12.14	2.72	1.07	1.04	1.24	60.050	1.9042
1978	3.27	3.00	4.59	6.64	5.89	7.16	15.00	12.20	5.79	1.54	1.79	2.24	69.110	2.1914
1979	3.90	0.764	0.818	1.08	1.55	1.77	4.13	7.87	7.94	2.33	1.92	2.38	36.452	1.1559
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1981	3.87	3.75	4.42	5.45	5.20	10.30	10.90	13.20	17.00	6.67	3.85	4.30	88.910	2.8193
1982	3.46	4.17	8.00	6.83	3.84	6.74	21.30	13.60	11.20	1.91	1.98	2.47	85.500	2.7112
1983	4.50	4.87	5.68	5.88	6.38	15.00	17.40	16.60	4.92	1.71	1.86	2.68	87.480	2.7740
1984	4.92	12.50	9.21	5.33	7.32	11.10	14.90	14.30	3.49	1.40	1.58	1.75	87.800	2.7841
1985	2.29	3.06	3.81	4.99	4.61	8.21	12.30	11.60	3.39	2.87	3.24	3.30	63.670	2.0189
1986	6.45	4.70	5.66	5.92	5.48	8.68	11.70	11.10	6.96	1.92	1.89	5.80	76.260	2.4182
1987	7.26	9.16	8.95	8.08	5.70	7.35	13.70	13.30	6.94	1.98	1.80	2.06	86.280	2.7359
1988	3.55	6.21	6.82	4.89	5.35	9.85	20.50	15.90	5.36	2.42	1.66	2.22	84.730	2.6868
1989	3.85	5.40	4.63	3.61	4.99	6.14	7.89	2.96	1.99	1.87	2.25	2.76	48.340	1.5329
1990	3.40	6.12	12.20	4.90	8.16	8.20	12.50	16.10	3.60	2.05	1.64	2.11	80.980	2.5679
1991	4.13	4.42	5.20	3.78	5.59	8.68	11.20	8.92	4.91	2.08	1.82	2.25	62.980	1.9971
1992	3.15	4.40	4.77	4.61	4.24	8.46	15.60	13.30	5.97	2.69	2.03	1.71	70.970	2.2504
1993	3.13	4.03	5.31	4.45	5.56	8.13	13.80	20.40	7.77	1.98	1.45	1.93	77.940	2.4715
1994	2.74	3.58	4.77	4.96	5.14	8.18	10.30	5.94	1.72	1.93	1.93	1.87	54.060	1.6825
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	2.96	3.63	4.34	4.18	4.42	7.40	16.50	11.20	6.52	2.26	2.27	2.60	68.280	2.1651
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	3.69	3.98	4.56	4.35	4.37	5.23	11.40	11.00	6.19	4.17	2.28	2.94	64.160	2.0345
2003	3.41	4.12	4.29	4.99	3.79	6.47	13.50	7.57	3.34	1.69	1.78	2.00	56.950	1.8059
2004	2.59	3.19	3.54	4.73	4.92	7.19	6.19	5.59	1.82	1.59	1.51	1.63	44.490	1.4108
2005	2.33	4.05	4.67	5.01	5.71	9.10	9.62	7.90	4.36	1.79	1.84	2.26	58.640	1.8595
2006	2.60	3.48	3.37	3.69	4.43	7.61	9.62	6.96	2.90	2.16	1.98	2.14	50.940	1.6153
2007	3.01	5.13	3.99	4.73	6.15	5.17	5.72	7.56	2.35	1.48	1.53	1.60	48.420	1.5354
2008	2.54	6.74	5.36	3.69	3.51	14.00	7.640	4.38	1.98	1.65	1.51	1.59	54.590	1.7310
2009	2.67	3.21	2.45	3.56	4.48	9.32	14.60	13.30	4.00	2.14	1.72	2.04	63.490	2.0132
2010	3.06	4.04	4.41	7.45	8.69	10.50	7.15	4.77	2.16	1.76	1.55	1.49	57.030	1.8084
2011	2.79	3.53	7.14	3.72	4.19	7.62	13.00	12.40	5.12	2.75	1.59	1.62	65.470	2.0760
2012	2.57	3.43	3.94	4.03	3.29	7.03	13.80	13.00	2.50	1.34	1.38	1.49	57.800	1.8328
2013	2.67	3.19	4.60	4.37	5.45	9.68	10.80	8.15	2.16	1.77	1.65	1.68	56.170	1.7811
2014	2.94	3.45	3.50	3.92	3.47	6.69	3.93	5.06	6.07	2.05	2.01	2.87	45.960	1.4574
2015	3.56	2.94	3.70	3.73	4.49	13.00	9.56	8.16	11.20	1.41	0.702	1.88	64.332	2.0399
2016	2.66	3.27	4.13	5.56	5.56	5.29	7.45	7.28	4.50	2.98	2.39	2.72	53.790	1.7057

Çizelge A.16. D16A080 istasyonu karasu çayı aylık toplam akımlar (hm^3).

KARASU ÇAYI 1970-2016 YILLARI ARASI AYLIK TOPLAM AKIM MİKTARLARI (hm^3)

Yıllar	AYLAR												Toplam Akım (hm^3)	Toplam Debi (m^3/s)
	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E		
1970	6.18	6.13	6.64	6.76	5.88	6.70	5.79	4.00	3.85	4.60	6.29	6.50	69.320	2.1981
1971	6.70	6.37	6.74	6.77	6.05	6.99	6.68	5.16	4.14	2.81	3.83	3.76	66.000	2.0929
1972	3.91	4.77	6.41	5.87	5.93	6.50	6.23	3.64	1.49	3.20	3.19	4.56	55.700	1.7662
1973	5.59	5.67	6.38	6.38	5.11	6.54	6.27	6.10	2.57	2.30	2.80	4.42	60.130	1.9067
1974	5.64	5.70	5.89	5.89	5.49	6.88	5.52	4.06	2.66	3.00	3.59	4.67	58.990	1.8706
1975	5.73	6.12	6.36	6.26	5.32	6.34	6.35	6.83	2.74	3.29	3.43	4.24	63.010	1.9980
1976	5.34	5.18	5.68	5.96	5.51	7.40	6.43	6.85	0.136	0.013	0.013	1.36	49.872	1.5814
1977	5.67	5.67	5.95	6.43	5.43	6.60	7.04	4.55	2.18	2.35	2.33	2.37	56.570	1.7938
1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1979	6.51	6.49	6.29	6.65	5.98	6.60	6.29	4.04	2.38	1.78	2.68	4.37	60.060	1.9045
1980	5.35	5.95	6.70	6.92	6.49	7.37	6.67	3.98	2.08	3.09	4.23	6.58	65.410	2.0741
1981	6.73	6.64	6.77	6.67	6.22	7.07	6.91	3.23	9.85	3.57	3.51	3.63	70.800	2.2451
1982	5.62	5.94	6.02	6.94	6.13	6.69	5.54	3.23	4.70	3.31	3.32	4.66	62.100	1.9692
1983	5.87	5.93	6.10	6.39	5.84	7.45	6.40	3.88	2.96	2.66	3.00	4.07	60.550	1.9200
1984	5.98	5.80	6.88	7.14	6.29	6.51	5.13	4.02	4.20	3.28	2.14	2.07	59.440	1.8848
1985	3.84	4.85	5.66	5.51	4.65	5.54	4.92	3.07	1.40	1.58	2.73	4.26	48.010	1.5224
1986	4.29	4.88	4.15	4.93	5.08	5.62	4.69	4.28	4.46	4.10	3.53	3.88	53.890	1.7088
1987	4.82	5.15	5.62	6.26	5.99	7.46	6.01	2.91	1.84	1.71	1.26	2.34	51.370	1.6289
1988	4.64	6.22	6.67	7.49	7.26	9.09	7.83	4.04	3.13	3.07	3.61	4.07	67.120	2.1284
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	4.55	5.41	6.57	6.28	6.31	6.47	4.29	4.97	1.72	1.90	2.60	2.93	54.000	1.7123
1991	4.65	5.47	5.98	6.18	6.43	7.09	6.20	2.48	1.27	1.31	2.20	3.78	53.040	1.6819
1992	5.59	5.81	6.20	6.49	6.32	7.72	5.90	2.82	2.15	1.42	1.79	3.64	55.850	1.7710
1993	4.95	5.85	7.19	6.48	6.05	7.14	6.64	7.06	1.65	0.94	1.63	2.48	58.060	1.8411
1994	3.55	4.76	6.47	6.25	5.64	7.04	5.78	1.91	0.691	1.14	1.46	2.40	47.091	1.4932
1995	4.56	6.67	7.17	7.10	5.88	6.49	6.19	4.22	0.410	1.75	1.80	2.79	55.030	1.7450
1996	4.73	6.40	5.95	6.15	5.63	6.61	6.61	1.55	0.975	1.08	1.27	2.25	49.205	1.5603
1997	3.99	2.99	5.08	6.32	5.73	6.31	6.22	1.98	0.664	0.785	1.16	1.50	42.729	1.3549
1998	4.13	5.70	6.23	6.43	5.40	6.43	6.08	2.53	1.69	0.355	0.645	0.762	46.382	1.4708
1999	2.27	4.68	6.28	5.81	5.27	5.36	4.29	1.38	1.32	0.871	0.542	0.785	38.858	1.2322
2000	3.63	4.67	5.60	6.01	5.56	6.43	6.03	2.63	2.02	0.342	0.493	0.907	44.322	1.4054
2001	3.17	4.51	4.96	5.66	5.10	4.96	2.07	1.76	0.518	0.271	0.231	0.417	33.627	1.0663
2002	3.15	4.56	5.11	5.30	4.94	5.33	4.45	2.71	0.464	0.481	0.554	2.350	39.399	1.2493
2003	3.22	4.61	5.90	5.26	4.69	5.80	4.60	1.09	0.675	0.264	0.110	0.492	36.711	1.1641
2004	2.46	4.77	5.62	5.37	4.51	4.52	3.54	0.738	0.311	0.210	0.167	0.397	32.613	1.0342
2005	1.57	2.31	3.36	3.80	4.16	3.90	3.36	1.69	0.685	0.115	0.501	0.532	25.983	0.8239
2006	2.02	3.19	3.87	4.66	3.51	4.35	3.46	1.46	0.364	0.115	0.103	0.514	27.616	0.8757
2007	2.00	3.19	3.29	3.53	3.46	3.83	3.46	1.20	0.216	0.103	0.080	0.104	24.463	0.7757
2008	0.839	2.65	3.29	3.29	3.11	3.56	2.96	0.451	0.518	0.626	0.340	0.339	21.973	0.6968
2009	1.40	2.55	3.14	3.19	3.07	3.54	3.47	1.66	0.313	0.720	0.315	0.465	23.833	0.7557
2010	1.48	3.27	3.36	3.79	3.65	3.93	3.16	0.953	0.739	0.261	0.181	0.199	24.973	0.7919
2011	1.87	2.60	2.80	2.67	2.64	3.11	3.24	1.29	0.655	0.342	0.095	0.140	21.452	0.6802
2012	1.07	2.47	2.89	3.07	3.13	3.90	2.94	1.85	0.743	0.445	0.329	0.355	23.192	0.7354
2013	1.26	2.68	3.30	3.36	3.00	3.28	3.49	1.13	0.379	0.269	0.225	0.241	22.614	0.7171
2014	1.32	2.75	2.94	2.98	2.61	3.02	2.25	0.417	0.604	0.319	0.210	0.732	20.152	0.6390
2015	1.94	2.75	2.78	2.63	2.75	3.46	3.34	1.44	2.26	0.809	0.343	0.198	24.700	0.7832
2016	0.912	1.75	2.26	2.60	2.61	2.92	1.61	1.05	0.805	0.511	0.348	0.546	17.922	0.5683

DEVLET SU İŞLERİ 44. ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.17. 16-010 istasyonu mamasın barajı aylık toplam yağış miktarları (mm).

MAMASIN BARAJI 1965-2016 YILLARI ARASI AYLIK YAĞIŞ MİKTARLARI (mm)

Yıllar	AYLAR												YILLIK TOPLAM (mm)
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
1965	-	-	-	-	22.5	12.2	-	-	-	11.5	55.2	67.2	168.6
1966	52.5	19.5	41.9	44.1	28.9	0.0	33.3	0.0	7.2	5.1	35.1	78.4	346.0
1967	31.8	13.4	64.4	51.8	47.3	3.3	0.0	0.0	0.0	18.9	45.3	26.0	302.2
1968	25.1	39.5	47.8	5.5	67.2	26.8	0.0	8.0	18.7	16.3	51.5	44.0	350.4
1969	27.7	70.2	31.7	0.0	47.3	8.5	3.1	3.1	6.0	13.9	21.4	44.3	277.2
1970	38.1	31.2	31.4	29.1	26.6	23.5	3.2	0.0	17.6	50.7	14.0	73.8	339.2
1971	27.8	18.0	0.0	87.9	41.2	32.0	0.0	13.1	2.6	13.2	31.6	32.0	299.4
1972	0.0	55.5	23.0	91.9	33.0	95.7	10.1	1.0	7.1	37.3	37.2	6.4	398.2
1973	17.4	18.2	41.3	63.1	38.3	14.9	8.2	0.0	0.0	4.1	18.8	29.2	253.5
1974	31.6	18.6	29.0	64.8	28.8	8.0	2.0	0.0	0.0	10.4	12.6	80.1	285.9
1975	13.3	49.5	44.7	108.9	33.4	42.5	0.3	0.7	0.0	8.9	36.7	45.5	384.4
1976	80.8	39.4	49.4	54.9	46.9	24.1	0.0	3.3	8.7	63.7	25.6	36.6	433.4
1977	57.1	25.1	41.9	114.7	36.4	18.4	2.7	0.0	22.6	61.9	4.8	52.0	437.6
1978	82.9	57.0	65.3	59.3	19.7	9.2	0.0	0.0	25.7	52.7	0.0	38.0	409.8
1979	68.6	41.5	18.5	52.8	40.7	52.0	12.2	1.1	10.5	31.1	62.0	24.5	415.5
1980	71.3	38.8	68.6	52.3	94.5	14.8	1.5	0.0	11.3	17.9	22.8	25.7	419.5
1981	71.7	32.0	71.6	36.2	48.5	56.5	28.4	0.0	1.6	15.6	28.9	101.9	492.9
1982	38.7	24.2	47.8	55.8	40.0	76.9	13.3	0.4	2.1	14.9	12.5	28.5	355.1
1983	22.0	39.0	26.6	15.0	55.6	21.9	2.1	7.7	21.2	38.6	77.9	19.0	346.6
1984	54.4	12.7	37.0	88.5	16.7	21.8	2.7	4.3	0.0	2.5	18.2	46.5	305.3
1985	23.9	65.2	40.8	75.3	80.6	11.1	0.6	6.4	0.0	64.8	68.5	48.0	485.2
1986	37.1	35.7	9.3	25.8	52.7	34.6	0.0	0.0	11.1	3.9	56.3	49.8	316.3
1987	72.6	50.1	86.7	24.1	13.4	59.1	7.5	0.0	0.0	64.1	69.3	72.2	519.1
1988	11.5	42.6	50.1	78.6	46.9	42.9	38.5	3.1	3.2	56.5	64.6	49.4	487.9
1989	20.4	3.2	9.0	30.6	44.4	12.3	0.0	0.0	0.0	22.6	93.3	31.6	267.4
1990	39.1	35.0	11.9	45.7	115.9	30.2	0.5	0.0	14.2	7.6	18.4	59.6	378.1
1991	43.9	32.4	14.0	78.2	75.0	2.4	0.0	0.0	7.3	29.8	47.3	26.0	356.3
1992	15.9	29.7	21.1	55.9	57.2	21.7	14.7	0.0	17.8	11.3	66.7	90.0	402.0
1993	37.4	7.4	21.1	28.8	47.3	26.3	0.0	4.0	0.0	0.0	43.0	36.4	251.7
1994	62.1	57.4	41.8	31.5	30.1	5.2	10.5	0.3	0.8	23.2	34.9	59.4	357.2
1995	49.9	7.8	84.2	73.4	38.6	54.3	22.7	6.0	3.8	23.0	40.7	30.2	434.6
1996	26.4	32.2	77.1	66.3	20.0	4.5	3.5	3.0	7.0	34.6	1.5	76.8	352.9
1997	39.1	40.8	33.6	45.1	53.8	41.5	3.5	14.5	37.0	58.0	8.0	82.7	457.6
1998	59.7	32.4	34.2	41.9	61.0	26.1	0.0	0.0	11.5	90.5	0.0	86.6	357.3
1999	16.3	47.7	52.2	42.1	43.3	92.0	14.8	10.0	1.5	8.5	7.0	14.0	349.3

Çizelge A.17 (devam). 16-010 istasyonu mamasın barajı aylık toplam yağış miktarları (mm).

2000	92.4	63.7	33.4	51.1	72.1	37.8	0.0	2.0	0.7	22.8	1.0	43.8	420.8
2001	1.2	40.0	28.2	43.2	75.4	0.0	0.0	0.0	9.8	9.0	41.5	61.9	310.2
2002	45.6	22.3	13.0	95.3	44.4	4.0	38.9	16.4	21.4	17.5	43.6	40.1	402.5
2003	16.5	69.1	33.3	44.0	22.5	6.5	0.0	0.0	8.6	18.6	16.4	45.2	280.7
2004	52.9	17.7	19.9	73.5	29.8	10.8	30.7	1.2	0.0	10.3	93.9	21.2	361.9
2005	37.1	11.8	42.0	35.9	27.0	12.2	0.0	6.0	16.9	26.8	62.4	23.9	302.0
2006	32.8	20.3	49.7	51.5	52.1	16.0	0.0	0.5	24.4	41.7	20.7	4.4	314.1
2007	28.9	31.1	31.2	41.4	26.4	11.2	0.2	6.6	2.6	11.8	90.9	42.9	325.2
2008	12.3	16.5	32.3	15.7	45.4	7.8	0.0	0.0	40.1	11.6	26.0	62.0	269.7
2009	90.7	75.0	85.9	68.8	28.9	6.5	40.7	0.0	15.4	1.3	50.5	79.3	543.0
2010	86.2	50.6	42.9	69.0	10.1	36.3	0.0	0.0	6.0	93.0	9.0	72.0	475.1
2011	51.0	43.0	50.7	28.5	110.0	32.4	0.0	0.0	3.3	16.6	8.7	41.9	386.1
2012	72.9	62.3	32.4	13.5	53.3	9.7	0.0	19.3	3.2	32.4	48.3	101.8	449.1
2013	40.8	57.8	31.5	46.4	47.1	3.3	5.5	0.0	0.0	34.7	45.4	76.8	389.3
2014	51.1	25.3	55.0	1.7	15.7	58.0	2.5	4.5	29.3	37.2	43.3	40.7	364.3
2015	30.8	54.6	80.8	23.9	38.7	93.6	1.5	9.5	0.0	27.8	3.1	9.0	373.3
2016	68.7	18.2	50.6	18.0	55.3	8.5	0.0	1.5	26.5	1.0	17.5	59.0	324.8

DEVLET SU İŞLERİ 4. ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ

Çizelge A.18. 16-010 istasyonu mamasın barajı aylık toplam buharlaşma miktarları (mm).

MAMASIN BARAJI 1965-2012 YILLARI ARASI
BUHARLAŞMA MİKTARLARI (mm)

Yıllar	AYLAR												YILLIK TOPLAM (mm)
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
1965									252.2	89.0			341.0
1966					195.1	225.0	348.3	389.0	231.2	152.1			1540.7
1967						203.8	355.0	395.0	261.0	97.0			1311.8
1968					249.6	227.0	377.0	316.5	189.7	115.3			1475.1
1969					180.3	256.5	318.9	302.8	222.2	143.3			1424.0
1970				181.9			335.4	283.3	185.7				986.3
1971					141.7	198.8	304.0	264.6	195.4	110.2			1214.7
1972				175.0	166.9		273.9	244.8	191.3				1051.9
1973				94.0	181.3	222.2	302.0	279.2	215.3				1294.0
1974					179.2	250.7	316.3						746.2
1975				122.9	148.4	226.0	313.8	286.7	213.5	124.4			1435.7
1976				114.5	170.9	217.0	280.6	273.2	193.1	110.2			1359.5

Çizelge A.18 (devam). 16-010 istasyonu mamasın barajı aylık toplam buharlaşma miktarları (mm).

1977				110.7	178.4	236.9	301.7	317.0	199.6	86.9	61.8		1493.0
1978				96.7	204.9	250.2	319.5	262.5	190.7	124.7	46.5		1495.7
1979				131.8	173.2	217.0	314.2	318.1	233.5	106.6			1494.4
1980				105.3	151.0	244.8	299.0	277.5	217.3	106.9	44.3		1446.1
1981				122.2	168.5	276.5	371.9	374.5	265.0	186.6			1765.2
1982				111.3	209.5	219.9	286.3	277.4	228.1	157.4	51.5		1541.4
1983				99.0	177.6	229.4	289.1	274.7	242.4	84.2	44.9		1441.3
1984				74.5	193.7	255.3	323.7	269.3	240.0	176.5	73.2		1606.2
1985				131.8	188.1	272.1	334.6	372.9	248.0	134.3	61.8		1743.6
1986				168.8	147.2	250.6	373.0	368.0	223.1	139.4	25.3		1695.4
1987				118.1	200.4	233.1	324.5	325.0	232.5	94.1	27.4		1555.1
1988				94.0	189.9	217.4	36.5	286.1	185.2	70.0	20.6		1099.7
1989				146.1	209.9	270.3	358.0	350.0	242.0	117.6	43.3		1737.2
1990				95.7	142.9	220.7	319.5	298.0	179.2	130.6	79.4		1466.0
1991				16.2	181.0	276.4	341.0	328.0	202.3	148.8			1493.7
1992				138.9	165.7	201.7	255.7	283.0	241.8	171.3	34.2		1492.3
1993				113.8	139.3	217.3	320.0	325.0	165.0	155.0	36.5		1471.9
1994				127.5	203.1	326.2	319.5	265.3	196.8	97.2	35.4		1571.0
1995				72.4	230.6	237.3	240.7	283.0	166.8	99.0	36.2		1366.0
1996				87.3	217.0	243.5	359.5	297.0	175.0	93.6	56.5		1529.4
1997				68.1	184.8	219.5	346.5	206.5	118.0	80.0	32.0		1255.4
1998				117.9	151.0	222.1	338.0	338.0	166.5	102.5			1436.0
1999				121.1	249.3	224.0	340.8	294.0	186.5	124.5	48.5		1588.7
2000				133.1	195.1	259.8	399.0	289.0	122.7	70.3	37.0		1506.0
2001				110.2	154.4	290.0	345.0	318.0	166.8	112.0	35.5		1531.9
2002				93.3	184.4	230.0	311.8	286.4	162.4	116.5	50.6		1435.4
2003				109.5	236.5	265.5	333.0	292.0	164.6	129.6	31.9		1562.6
2004				114.5	170.8	227.8	320.7	274.2	195.0	88.3	34.9		1426.2
2005				123.9	170.0	245.2	340.0	344.0	175.9	84.8	28.4		1512.2
2006				121.5	176.1	300.0	347.0	384.5	172.4	95.7	27.7		1624.9
2007				89.4	193.4	269.2	348.2	324.6	219.6	142.8	26.4		1613.6
2008				140.6	166.4	245.8	360.0	335.0	202.1	71.6	29.5		1551.0
2009				77.8	129.9	231.5	288.7	334.0	187.4	88.3	23.0		1360.6
2010				76.0	179.1	218.3	371.0	368.0	267.0	63.0			1542.4
2011				67.5	89.0	190.4	340.0	303.7	199.3	86.6			1276.5
2012				75.5	108.3	207.7	324.0	271.3	179.2	58.4			1224.4

Çizelge A.19. Mamasın barajı 0.7 sabit azaltma katsayı ile düzeltilmiş aylık toplam buharlaşma miktarları (mm).

MAMASIN BARAJI 0.7 BUHARLAŞMA AZALTMA KATSAYISI İLE DÜZENLENMİŞ 1965-2012 YILLARI ARASI AYLIK TOPLAM BUHARLAŞMA MİKTARLARI (mm)													
Yıllar	AYLAR												YILLIK TOPLAM (mm)
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
1965									176.4	62.3			238.7
1966					136.6	157.5	243.8	272.3	161.8	106.5			1078.5
1967						142.7	248.5	276.5	182.7	67.9			918.3
1968					174.7	158.9	263.9	221.6	132.8	80.7			1032.6
1969					126.2	179.6	223.2	212.0	155.5	100.3			996.8
1970				127.3			234.8	198.3	130.0				690.4
1971					99.2	139.2	212.8	185.2	136.8	77.1			850.3
1972				122.5	116.8		191.7	171.4	133.9				736.3
1973				65.8	126.9	155.5	211.4	195.4	150.7				905.8
1974					125.4	175.5	221.4						522.3
1975				86.0	103.9	158.2	219.7	200.7	149.5	87.1			1005.0
1976				80.2	119.6	151.9	196.4	191.2	135.2	77.1			951.7
1977				77.5	124.9	165.8	211.2	221.9	139.7	60.8	43.3		1045.1
1978				67.7	143.4	175.1	223.7	183.8	133.5	87.3	32.6		1047.0
1979				92.3	121.2	151.9	219.9	222.7	163.5	74.6			1046.1
1980				73.7	105.7	171.4	209.3	194.3	152.1	74.8	31.0		1012.3
1981				85.5	118.0	193.6	260.3	262.2	185.5	130.6			1235.6
1982				77.9	146.7	153.9	200.4	194.2	159.7	110.2	36.1		1079.0
1983				69.3	124.3	160.6	202.4	192.3	169.7	58.9	31.4		1008.9
1984				52.2	135.6	178.7	226.6	188.5	168.0	123.6	51.2		1124.3
1985				92.3	131.7	190.5	234.2	261.0	173.6	94.0	43.3		1220.5
1986				118.2	103.0	175.4	261.1	257.6	156.2	97.6	17.7		1186.8
1987				82.7	140.3	163.2	227.2	227.5	162.8	65.9	19.2		1088.6
1988				65.8	132.9	152.2	25.6	200.3	129.6	49.0	14.4		769.8
1989				102.3	146.9	189.2	250.6	245.0	169.4	82.3	30.3		1216.0
1990				67.0	100.0	154.5	223.7	208.6	125.4	91.4	55.6		1026.2
1991				11.3	126.7	193.5	238.7	229.6	141.6	104.2			1045.6
1992				97.2	116.0	141.2	179.0	198.1	169.3	119.9	23.9		1044.6
1993				79.7	97.5	152.1	224.0	227.5	115.5	108.5	25.6		1030.3
1994				89.3	142.2	228.3	223.7	185.7	137.8	68.0	24.8		1099.7
1995				50.7	161.4	166.1	168.5	198.1	116.8	69.3	25.3		956.2
1996				61.1	151.9	170.5	251.7	207.9	122.5	65.5	39.6		1070.6
1997				47.7	129.4	153.7	242.6	144.6	82.6	56.0	22.4		878.8
1998				82.5	105.7	155.5	236.6	236.6	116.6	71.8			1005.2
1999				84.8	174.5	156.8	238.6	205.8	130.6	87.2	34.0		1112.1
2000				93.2	136.6	181.9	279.3	202.3	85.9	49.2	25.9		1054.2
2001				77.1	108.1	203.0	241.5	222.6	116.8	78.4	24.9		1072.3
2002				65.3	129.1	161.0	218.3	200.5	113.7	81.6	35.4		1004.8

Çizelge A.19 (devam). Mamasın barajı 0.7 sabit azaltma katsayısı ile düzeltilmiş aylık toplam buharlaşma miktarları (mm).

2003				76.7	165.6	185.9	233.1	204.4	115.2	90.7	22.3		1093.8
2004				80.2	119.6	159.5	224.5	191.9	136.5	61.8	24.4		998.3
2005				86.7	119.0	171.6	238.0	240.8	123.1	59.4	19.9		1058.5
2006				85.1	123.3	210.0	242.9	269.2	120.7	67.0	19.4		1137.4
2007				62.6	135.4	188.4	243.7	227.2	153.7	100.0	18.5		1129.5
2008				98.4	116.5	172.1	252.0	234.5	141.5	50.1	20.7		1085.7
2009				54.5	90.9	162.1	202.1	233.8	131.2	61.8	16.1		952.4
2010				53.2	125.4	152.8	259.7	257.6	186.9	44.1			1079.7
2011				47.3	62.3	133.3	238.0	212.6	139.5	60.6			893.6
2012				52.9	75.8	145.4	226.8	189.9	125.4	40.9			857.1

Çizelge A.20. Hububat aylık bitki katsayısı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler.

Hububat	K_c	Yüzde (%)
Ocak	0.81	10.57
Şubat	0.92	11.98
Mart	1.03	13.39
Nisan	1.13	14.78
Mayıs	1.15	15.05
Haziran	0.66	8.67
Temmuz	0.14	1.76
Ağustos	0.00	0.00
Eylül	0.00	0.00
Ekim	0.54	7.05
Kasım	0.59	7.65
Aralık	0.70	9.10

Çizelge A.21. Bostan aylık bitki katsayısı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler.

Bostan	K_c	Yüzde (%)
Ocak	0.00	0.00
Şubat	0.00	0.00
Mart	0.00	0.00
Nisan	0.39	8.65
Mayıs	0.42	9.22
Haziran	0.85	18.94
Temmuz	1.06	23.50
Ağustos	0.99	21.96
Eylül	0.80	17.73
Ekim	0.00	0.00
Kasım	0.00	0.00
Aralık	0.00	0.00

Çizelge A.22. Şekerpancarı aylık bitki katsayısı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler.

Şekerpancarı	K_c	Yüzde (%)
Ocak	0.00	0.00
Şubat	0.00	0.00
Mart	0.00	0.00
Nisan	0.34	5.47
Mayıs	0.56	8.97
Haziran	1.08	17.38
Temmuz	1.23	19.80
Ağustos	1.23	19.80
Eylül	1.02	16.40
Ekim	0.76	12.18
Kasım	0.00	0.00
Aralık	0.00	0.00

Çizelge A.23. Ayçiçeği aylık bitki katsayısı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler.

Ayçiçeği	K_c	Yüzde (%)
Ocak	0.00	0.00
Şubat	0.00	0.00
Mart	0.00	0.00
Nisan	0.37	7.76
Mayısa	0.44	9.22
Haziran	1.06	22.20
Temmuz	1.20	25.16
Ağustos	1.11	23.24
Eylül	0.59	12.42
Ekim	0.00	0.00
Kasım	0.00	0.00
Aralık	0.00	0.00

Çizelge A.24. Mısır aylık bitki katsayısı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler.

Mısır	K_c	Yüzde (%)
Ocak	0.00	0.00
Şubat	0.00	0.00
Mart	0.00	0.00
Nisan	0.00	0.00
Mayıs	0.19	4.30
Haziran	0.54	11.97
Temmuz	0.97	21.53
Ağustos	1.22	27.14
Eylül	1.06	23.51
Ekim	0.52	11.55
Kasım	0.00	0.00
Aralık	0.00	0.00

Çizelge A.25. Meyve aylık bitki katsayısı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler.

Meyve	K_c	Yüzde (%)
Ocak	0.00	0.00
Şubat	0.00	0.00
Mart	0.00	0.00
Nisan	0.50	8.21
Mayıs	0.58	9.51
Haziran	0.83	13.59
Temmuz	1.01	16.57
Ağustos	1.02	16.69
Eylül	1.01	16.57
Ekim	0.89	14.59
Kasım	0.26	4.27
Aralık	0.00	0.00

Çizelge A.26. Sebze aylık bitki katsayı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler.

Sebze	K_c	Yüzde (%)
Ocak	0.00	0.00
Şubat	0.00	0.00
Mart	0.10	1.93
Nisan	0.18	3.57
Mayıs	0.50	9.67
Haziran	0.65	12.63
Temmuz	0.99	19.08
Ağustos	0.98	18.97
Eylül	0.93	18.01
Ekim	0.54	10.49
Kasım	0.15	2.88
Aralık	0.14	2.77

Çizelge A.27. Soğan aylık bitki katsayısı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler.

Soğan	K_c	Yüzde (%)
Ocak	0.00	0.00
Şubat	0.00	0.00
Mart	0.00	0.00
Nisan	0.58	10.80
Mayıs	0.92	17.07
Haziran	1.07	19.82
Temmuz	1.07	19.82
Ağustos	0.95	17.66
Eylül	0.80	14.83
Ekim	0.00	0.00
Kasım	0.00	0.00
Aralık	0.00	0.00

Çizelge A.28. Yem bitkisi aylık bitki katsayısı (Kc) ve bu değere karşı gelen yüzdeler.

Yem bitkisi	K_c	Yüzde (%)
Ocak	0.00	0.00
Şubat	0.00	0.00
Mart	0.00	0.00
Nisan	0.60	12.61
Mayıs	0.98	20.60
Haziran	1.03	21.63
Temmuz	1.11	23.40
Ağustos	0.45	9.46
Eylül	0.59	12.30
Ekim	0.00	0.00
Kasım	0.00	0.00
Aralık	0.00	0.00

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı **:** Erdoğan BÜYÜKASLAN

Doğum Yeri **:** Bahçelievler/İSTANBUL

Adres **:** Orta Mahalle Demirkapı Caddesi Menekşe Sokak, Bayrampaşa/İSTANBUL

Tel **:** +90 538 721 93 90

E-posta adresi **:** erdogan_buyukaslan@hotmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans **:** Aksaray Üniversitesi, 2013-2017

Yüksek Lisans **:** Aksaray Üniversitesi, 2017-

YABANCI DİL

İngilizce