

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ömer SARI

**AŞAĞI SEYHAN HAVZASI HİDROLOJİK
DİNAMİKLERİNİN SWAT İLE MODELLENMESİ**

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ
ANABİLİM DALI**

ADANA-2018

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AŞAĞI SEYHAN HAVZASI HİDROLOJİK DİNAMİKLERİNİN SWAT İLE
MODELLENMESİ**

Ömer SARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ANABİLİM
DALI**

Bu Tez 14/12/2018 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.



Doç. Dr. Cenk DÖNMEZ
DANIŞMAN

Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
ÜYE



Doç. Dr. Onur ŞATIR
ÜYE

Bu Tez Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FLY-2017-8324, ve 115Y063 (TÜBİTAK)**

Note: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AŞAĞI SEYHAN HAVZASI HİDROLOJİK DİNAMİKLERİNİN SWAT
MODEL YAKLAŞIMI İLE MODELLENMESİ

Ömer SARI

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ANABİLİM
DALI

Danışman : Doç. Dr. Cenk DÖNMEZ
Yıl: 2018, Sayfa: 149
Jüri : Doç. Dr. Cenk DÖNMEZ
: Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
: Doç. Dr. Onur ŞATIR

Bu çalışmanın amacı, sürdürülebilir su kullanımını desteklemek ve geliştirmek için arazi kullanımının ve tarım faaliyetlerinin Aşağı Seyhan Havzası üzerindeki etkisini, günlük akım ve nitrat değerlerini kullanarak, The Soil Water Assessment Tool (SWAT) hidrolojik modeli ile tahmin etmektir. SWAT modeli, 2011-2017 yılları için uygulanıp, tarım uygulamaları ile hidrolojik süreçler arasındaki etkileşim analiz edilmiştir. SWAT modelinin ana girdi verileri iklim verileri, toprak haritası, arazi kullanım haritası, yönetim uygulamaları ve sayısal yükseklik haritasıdır. Kalibrasyon çalışmasında, Aşağı Seyhan Havzasının Akarsu Sulama Birliği sahasında bulunan 9 495 ha'lık alan, test alanı olarak kullanılmıştır. Test alanında, SWAT_CUP, kalibrasyon ve doğrulama modeli ile 2 yıllık (2009-2010) akış ve nitrat verileri SUFI_2 yaklaşımı kullanılarak kalibre edilmiştir. Aşağı Seyhan Havzası dört alt havzaya (Bebeli, Yemişli, Karagöçer ve Baharlı) bölünerek, bu kalibrasyon işlemlerinden elde edilen parametreler, 2017 yılı için çalıştırılan modellerde kullanılmıştır. Bu kalibrasyon ve validasyon çalışmalarında, belirginlik katsayısı (R^2) ile Nash-Sutcliffe (NSE) katsayısı esas alınmıştır. Nitrat verileri için uygulanan validasyon işlemi ile elde edilen NSE/ R^2 değerleri Bebeli için 0.82/0.85, Yemişli için 0.72/0.75, Karagöçer için 0.53/0.61 ve Baharlı için 0.66/0.85'dir. Elde edilen sonuçlar göre, Aşağı Seyhan Havzasında sudaki nitrat konsantrasyonunu SWAT modeli ile başarılı bir şekilde modellenmiştir.

Anahtar Kelimeler: SWAT, SWAT_CUP, SUFI_2, Akış, Nitrat, Aşağı Seyhan Havzası

ABSTRACT

MSc THESIS

MODELLING HYDROLOGIC DYNAMICS OF LOWER SEYHAN BASIN BY SWAT MODEL APPROACH

Ömer SARI

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF REMOTE SENSING AND GEOGRAPHICAL
INFORMATION SYSTEM

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Cenk DÖNMEZ
Year: 2018, Page: 149
Jury : Assoc. Prof. Dr. Cenk DÖNMEZ
: Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
: Assoc. Prof. Dr. Onur ŞATIR

The goal of this study is to simulate impact of landuse and agricultural activities by using Soil and Water Assessment Tool (SWAT) with daily flow out and nitrogen dataset to support and develop sustainable water use on the overall Lower Seyhan Basin. SWAT was run in the period of the 2011 to 2017 and the interaction between Agricultural practices and hydrologic processes was analyzed on the overall basin. The main input dataset for SWAT were climate data, soil map, land use map, management practices and digital elevation map at watershed scale. Calibration studies were carried out in test area (9 495 ha) where is located on the River Irrigation Association in Lower Seyhan Basin. On test area, Calibration Uncertainty Program (SWAT_CUP) was used for calibration and validation process by using 2-year (2009-2010) dataset of flow out and nitrogen (NO₃ Out). In this process, Sequential Uncertainty Fitting (SUFI-2) approach was preferred on the basis of Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE) and R². The obtained parameters from nitrogen calibration study were used in the models of Four sub basins (Bebeli, Yemişli, Karagöçer and Baharlı) that are obtained by dividing Lower Seyhan Basin, which run for 2017, for validation. NSE /R² values for Bebeli, Yemişli, Karagöçer and Baharlı respectively are 0.82/0.85, 0.72/0.75, 0.53/0.61 and 0.66/0.85. According to the validation results of Sub basins, nitrogen concentration in water successfully were modelled by SWAT model.

Keywords: SWAT, SWAT_CUP, SUFI_2, Flow out, Nitrogen, Lower Seyhan Basin

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Aşağı Seyhan Havzası geniş düzlükleri ile kuru ve sulu tarım faaliyetlerinin geniş yer tuttuğu bir coğrafyaya sahiptir. Bölgede yetiştirilen en temel tarım ürünlerini mısır, narenciye, soya fasulyesi, yer fıstığı, buğday, pamuk ve sebzeler gibi ürünler oluşturmaktadır. Akdeniz iklimi etkisi altında yer alan ASH'sı kışın ılık ve bol yağışlı, yazları kurak ve sıcaktır. En önemli akarsuları Seyhan ve Ceyhan nehirleridir. Havza tarımsal sulamanın etkili bir şekilde yapılması amacıyla yapay karmaşık drenaj ağları ile çevrilmiştir. Havzanın neredeyse düz yapısından dolayı, drenaj ağları arasındaki su hareketi yüksek debili pompalar ile sağlanmaktadır. Ayrıca, Yaz aylarında tarım faaliyetlerinin sürdürülebilir olması amacıyla belli dönemlerde drenaj ağlarına su verilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, sürdürülebilir su kullanımını desteklemek ve geliştirmek için arazi kullanımının ve tarım faaliyetlerinin genel olarak Aşağı Seyhan Havzası üzerindeki etkisini simüle etmektir. Bu çalışmada, nehir akışı ve su kalitesi gibi hidrolojik süreçleri modellemek için The Soil Water Assessment Tool (SWAT) kullanılmıştır. SWAT modeli, geniş literatür ağı ve geniş kullanım alanı sebebi ile çok yaygın kullanılan bir hidrolojik modeldir. SWAT modeli için gereken girdi verilerini sıralayacak olursak, Sayısal yükseklik haritası, toprak haritası, arazi örtüsü haritası, iklim veri seti ve bitki yönetim verilerinden oluşmaktadır. Bu girdi verileri Arcgis Modeli içerisine entegre olan ArcSWAT uzantısı ile çalışmaktadır. ArcSWAT modelinde girdi verilerinin işleme adımları ve yapılan uygulamalar aşağıda verilmiştir.

- a) Havza tanımlama: Bu adımda, predefined metot kullanılarak, Aşağı Seyhan Havzası dört alt havzaya (Bebeli, Yemişli, Karagöçer, Baharlı) bölünerek, alt havza sınırları ile drenaj kanalları manuel olarak çizilip sisteme tanıtılmıştır. Bu aşamada, dört ana drenaj kanalı üzerindeki mevcut

su akım izleme istasyonları (AGİ) sisteme ana çıkış noktası olarak tanımlanmıştır.

- b) Hidrolojik Tepki Ünitesi (HRU) tanımlama: Bu adımda, kış ve yaz tarımsal ürün hasat, ekim ve gelişme dönemlerine göre belirlenen 2017 yılına ait Landuse haritaları CBS ortamında ürün desenine göre sınıflandırılarak sisteme tanıtılmıştır. Daha sonra, toprak haritası TUBITAK 115Y063 kodlu Öncelikli Alanlar projesinden temin edilmiş ve toprak serileri Dinç ve ark'nın 1990 yılında yaptıkları çalışmadan temin edilmiştir. Bu toprak serileri SWAT modelinin veritabanında yer almadığından, model veritabanına sıra ile eklenmiştir. Aşağı Seyhan Havzasının eğimi neredeyse düz ya da düze yakındır olmasından dolayı, eğim aralığı 0%-10% olarak seçilmiştir. HRU tanımlama aşamasının son basamağında arazi örtüsü için 0% , toprak serileri için 0%, eğim için 0% katsayıları seçilerek maksimum sayıda HRU üretilmesi sağlanmıştır. Bebeli için 137, Yemişli için 83, Karagöçer için 102 ve Baharlı için 125 HRU üretilmiştir.
- c) İklim verilerinin tanımlanması ve Girdi veri tablolarının hazırlanması: Bu adımda, TUBITAK 115Y063 kodlu Öncelikli Alanlar projesinden temin edilen, 10 iklim istasyonuna ait 6 yıllık (2011-2017) veri seti (yağış, maksimum ve minimum Sıcaklık, güneş ve rüzgâr) kullanılmıştır.
- d) SWAT girdi verilerinin düzenlenmesi: Bu adımda, bitkisel yönetim verileri, her bir bitki deseni için bitkinin büyüme, sulama, gübreleme ve ekin kaldırma periyotları dikkate alınarak modele işlenmiştir. Ayrıca, drenaj kanal parametreleri kontrol edilerek, gereken yerlerde düzeltmeler yapılmıştır.
- e) SWAT modelleme aşaması: Bu adımda, SWAT modeli, 2011-2017 yılları için önce Aşağı Seyhan Havzasının Akarsu Sulama Birliği sahasında bulunan 9 495 ha'lık test alanında çalıştırıldıktan sonra her bir alt havza için ayrı ayrı koşturulmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre, modellenen akım ve nitrat verisi grafikleri beklenen miktarların çok altında kaldığı fark edilmiştir. Fakat topraktaki nitrat miktarları oldukça yüksek çıkmıştır. Bunun temel sebeplerinin başında killi toprak yapısı gelmektedir. Çünkü killi toprak yapısı geçirgenliği düşüktür ve yüksek su tutma kapasitesine sahiptir. Bu yüzden, sulamadan kaynaklı su ile yağmur sularının toprak altına süzülme yolu ile geçişini oldukça sınırladığından ana kanala ulaşımı sınırlı kalmaktadır. Ayrıca, bölgenin düz olması da diğer bir büyük etkidir. Elde edilen ilk sonuçlara göre, toprakta biriken nitrat miktarı ile sudaki nitrat miktarı oldukça yüksektir çünkü drenaj kanalları evsel ve endüstriyel atık suları ve gübreleme uygulamaları ile yoğun bir şekilde kirletilmektedir. Toprak üzerinde biriken nitrat, bitkilerin tüketiminin yaklaşık olarak 3 katıdır. Buda aşırı gübreleme yapıldığına işaret etmektedir. Bu yüzden, gübreleme yapılmadan önce, toprağın yapısı analiz edilerek en uygun gübre ve ne kadar gübreleme yapılması gerektiği belirlenmelidir. Drenaj kanallarındaki su miktarlarının çok düşük çıkmasının temel sebepleri ise sulama suyu ve yağmur sularının büyük kısmının yüzeyde kalmasıdır. Bu büyük miktarlarda biriken suyun çoğunluğu buharlaşma yolu ile kaybolur iken az bir kısmı akiferlere ulaşmaktadır. Yanal akış ve akifelerin ana kanala katkısı bu yüzden düşüktür. Bunlara ek olarak, tarımsal sulama için gerekli su ihtiyacını karşılayabilmek için yaz aylarında suyun serbest bırakılmasından dolayı, bir yıl içinde su seviyesi sürekli değişmektedir. Drenaj kanallarında su seviyesinin bu mevsimsel değişimi kalibrasyon ve doğrulama işlemi üzerinde büyük etkiye sahiptir.

Bütün bu sebeplerden dolayı, SWAT modelin kalibrasyonu SWAT_Cup kalibrasyon ve doğrulama modeli ile yapılmıştır. SWAT_Cup en az iki yıl gerektirdiğinden, mevcut olmayan bir kalibrasyon veri seti nedeniyle, 2 yıllık (2009-2010) akış ve nitrat veri setine sahip, Aşağı Seyhan Havzasının (9 495 ha) Akarsu Sulama Birliği sahasında yer alan test alanında model çalıştırılıp, akış ve nitrat verileri SUFİ_2 yaklaşımı kullanılarak kalibre edilmiştir. Bu kalibrasyon çalışması öncesinde, en iyi parametre setini belirlemek için duyarlılık analizleri

uygulanmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre, elde edilen 35 parametre seti 2017 yılı için çalıştırılan modelde kullanılmıştır. Test alanı için yapılan kalibrasyon çalışmasında elde edilen akım ve nitrat sonuçları, bölgenin yapısal özellikleri ve zorluklarını düşünülduğünde kabul edilebilirdir. Buradan elde edilen sonuçlar daha sonra Bebeli, Yemişli, Karagöçer ve Baharlı alt havzalarının kalibrasyon ve validasyon çalışmalarında kullanılmıştır. SWAT_Cup SUFİ2 yaklaşımı kullanılarak, 7 aylık nitrat verisi ile dört alt havza için validasyon işlemi uygulanmıştır. Nitrat verileri için uygulanan validasyon işlemi ile elde edilen NSE/R2 değerleri Bebeli için 0.82/0.85, Yemişli için 0.72/0.75, Karagöçer için 0.53/0.61 ve Baharlı için 0.66/0.85'dir. Bu validasyon çalışması ile kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir. Fakat akış verisi alt havzalar için yetişmediğinden validasyon işlemi yapılamamıştır.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her safhasında yer alan ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Doç. Dr. Cenk DÖNMEZ'e yüksek lisans tez çalışmamda gösterdiği ilgi ve sabrından dolayı teşekkür ederim.

Bilgi ve tecrübesi esirgemeyen Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Bölüm Başkanı Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU'na tez verilerinin temininde, modelin çalıştırılıp yorumlanması aşamasındaki destek ve katkılarından dolayı en içten saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Modelin çalıştırılmasında, modelin kalibrasyon ve sonuçların yorumlanmasında büyük emeği geçen değerli hocam Doç. Dr. Onur ŞATIR'a teşekkür ederim.

Tez çalışmaları sırasında desteklerini esirgemeyen tüm bölüm hocalarına ve Uzaktan Algılama Laboratuvarında yüksek lisans ve doktora yapan arkadaşlara teşekkür ederim. Ayrıca, Yardımlarını esirgemeyen ve her konuda fikir alışverişinde bulunduğum Ar. Gör. Ahmet Çilek'e teşekkürü bir borç bilirim.

Maddi ve manevi her konuda beni destekleyen, sonsuz sevgi ve ilgisini esirgemeyen değerli aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜRLER	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR	XVIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Uzaktan Algılama, Uydu Teknolojileri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ...	2
1.1.1. Su Kaynaklarının Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgiler Sistemi Ortamında Modelleme Çalışmaları	7
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	13
3. MATERYAL VE METOT	19
3.1. Materyal	19
3.1.1. Çalışma Alanının Konumu ve Yapısı	19
3.1.2. Mekânsal Veriler ve Zaman Serilerinin Genel Özellikleri	21
3.1.2.1. Mekânsal Verilerin Özellikleri	21
3.1.2.1.(1). Sayısal Yükseklik Haritası	21
3.1.2.1.(2). Arazi Kullanım Haritası ve Sınıflama Aşamaları	21
3.1.2.1.(2).(a). LANDSAT ETM+ Uydu Görüntüleri	22
3.1.2.1.(2).(b). Arazi Kullanım Sınıflama Aşamaları	22
3.1.2.1.(2).(c). Bitki Yönetim Verisi	25
3.1.2.1.(2).(d). Toprak Verileri	29
3.1.2.2. Zaman Serileri Seti	30
3.2. Metot	32
3.2.1. Hidrolojik Modelleme	32

3.2.2. SWAT Hidrolojik Modeli.....	32
3.2.3. SWAT-CUP Programı ve SUFI-2 Algoritması	37
3.2.3.1. SUFI2 Kavramsal Temeli	39
3.2.3.1.(1). Hassasiyet Analiz Aşamaları.....	44
3.2.3.1.(1).(a). Küresel Hassasiyet analizi	45
3.2.3.1.(1).(b). Zamansal Hassasiyet Analizi	45
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	47
4.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri.....	47
4.1.1. Drenaj Ağları ve Alt Havzalar	50
4.1.2. Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü Haritası	53
4.1.3. Toprak Serileri ve Toprak Haritası	55
4.1.4. İklim.....	60
4.2. ArcSWAT Model Çıktıları	66
4.2.1. Hidrolojik Tepki Ünitesi (HRU, Hydrological Response Unit).....	66
4.2.2. Alt Havzaların Konumları ve Bulguları.....	70
4.2.2.1. Arazi Örtüsü ve Toprak Serilerinde Alansal Dağılımı	72
4.2.2.2. İstatiksel Verileri	74
4.2.2.3. İstatiksel Veri Haritaları.....	78
4.2.2.3.(1). Yüzey Su Akış Haritaları	78
4.2.2.3.(2). Yeraltı Suyu Haritaları	85
4.2.2.3.(3). Toprak Profilinde Tutulan Su Miktarının Haritaları	92
4.2.2.3.(4). Sulama Suyu Haritaları	100
4.2.2.3.(5). Evapotranspirasyon Haritaları	106
4.2.2.3.(6). Nitrat Haritaları	113
4.3. Kalibrasyon, Validasyon ve Değerlendirme	119
4.3.1. Test Alanı Kalibrasyon Çalışmaları	120
4.3.1.1. Kalibrasyon Parametrelerinin Belirlenmesi	121
4.3.1.2. Su Akımı ve Nitrat Kalibrasyonu	124
4.3.2. Aşağı Seyhan Havzası Nitrat Kalibrasyon Sonuçları	129

5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	135
KAYNAKLAR.....	143
ÖZGEÇMİŞ.....	149





ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. LANDSAT-7 ETM+ uydusunun özellikleri	22
Çizelge 3.2. SWAT bitki yönetim veritabanı (1.Kısım)	26
Çizelge 3.3. SWAT bitki yönetim veritabanı (2.Kısım)	26
Çizelge 3.4. Narenciye sulama yöntemleri	27
Çizelge 3.5. Narenciye gübreleme bilgisi	27
Çizelge 3.6. Model istatistikleri için genel performans değerlendirmesi.....	44
Çizelge 4.1. Aşağı Seyhan Havzası sayısal yükseklik haritası istatistiksel verileri....	50
Çizelge 4.2. Aşağı Seyhan Havzası arazi kullanım yüzdeleri.....	53
Çizelge 4.3. Aşağı Seyhan Havzası toprak serileri	56
Çizelge 4.4. SWAT toprak Veritabanı parametreleri.....	57
Çizelge 4.5. Toprak tekstürü ve hidrolojik grupları.....	57
Çizelge 4.6. Aylık iklim istatistiksel verileri kısaltmalarının açıklamaları.	61
Çizelge 4.7. Aylık iklim istatistiksel verileri (Kısım 1).....	61
Çizelge 4.8. Aylık iklim istatistiksel verileri (Kısım 2).....	62
Çizelge 4.9. Aylık iklim istatistiksel verileri (Kısım 3).....	62
Çizelge 4.10. Arazi Örtüsünün alt havzalardaki yüzdeler dağılımı	72
Çizelge 4.11. Toprak serilerinin yüzdeler alansal dağılımları	73
Çizelge 4.12. Alt havzaların bitkilerde ortalama yıllık stresli günleri.	74
Çizelge 4.13. Alt havzaların ortalama yıllık havza su bütçesi değerleri	75
Çizelge 4.14. Alt havzaların nitrat, azot ve fosfor ortalama yıllık havza değerleri.77	
Çizelge 4.15. Baharlı alt havzasının toprak serilerinde tutulan su miktarı	93
Çizelge 4.16. Karagöçer alt havzasının toprak serilerinde tutulan su miktarı.	94
Çizelge 4.17. Yemişli alt havzasının toprak serilerinde tutulan su miktarı	94
Çizelge 4.18. Bebeli alt havzasının toprak serilerinde tutulan su miktarı.....	95
Çizelge 4.19. Baharlı, Ürün desenlerinde ortalama ET değerleri	107
Çizelge 4.20. Karagöçer, Ürün desenlerinde ortalama ET değerleri.	107
Çizelge 4.21. Yemişli, Ürün desenlerinde ortalama ET değerleri	107

Çizelge 4.22. Bebeli, Ürün desenlerinde ortalama ET değerleri.....	108
Çizelge 4.23. Belirlenen Akım (Flow_OUT) parametreleri (1.Kısım).....	126
Çizelge 4.24. Belirlenen Akım (Flow_OUT) parametreleri (2.Kısım).....	127
Çizelge 4.25. Belirlenen Nitrat (N03_OUT) parametreleri	129
Çizelge 4.26. Alt havzaların kalibrasyon istatistiksel verileri	131



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Elektromanyetik enerjisinin özellikleri.....	4
Şekil 1.2. Elektromanyetik spektrum bölgeleri.....	5
Şekil 1.3. Elektromanyetik spektrum enerji dağılımı	6
Şekil 1.4. Suyun spektral yansıma değerleri.	8
Şekil 1.5. Su döngüsü	9
Şekil 3.1. Aşağı Seyhan Havzasının konumu	20
Şekil 3.2. Çoklu Çözünürlük Segmentasyon aşamaları	24
Şekil 3.3. Sınıflandırma çalışmasının genel işleyiş şeması.....	25
Şekil 3.4. İklim istasyonlarının konumu.	31
Şekil 3.5. SWAT hidrolojik çalışma şeması.	34
Şekil 3.6. SWAT hidrolojik model ara yüzü.....	35
Şekil 3.7. SWAT çalışma şeması.....	37
Şekil 3.8. SWAT_CUP işleyiş şeması	38
Şekil 3.9. Zamansal hassasiyet analiz prensibi.	46
Şekil 4.1. Aşağı Seyhan Havzası Sayısal Yükseklik Modeli.....	48
Şekil 4.2. Aşağı Seyhan Havzası eğim haritası.....	49
Şekil 4.3. Aşağı Seyhan Havzası yükseklik alansal dağılım grafiği.	50
Şekil 4.4. Aşağı Seyhan Havzası drenaj ağları, alt havzalar ve AGİ istasyonları... 52	
Şekil 4.5. Aşağı Seyhan Havzası arazi kullanım haritası.....	54
Şekil 4.6. SWAT toprak Veritabanı.....	55
Şekil 4.7. SWAT toprak haritası.....	58
Şekil 4.8. SWAT FAO toprak haritası.	59
Şekil 4.9. Yağmur istatistiksel veri grafikleri.....	63
Şekil 4.10. Solar ve rüzgâr hızı istatistiksel veri grafikleri.....	64
Şekil 4.11. Sıcaklık istatistiksel grafikleri	65
Şekil 4.12. HRU'ların oluşturulma şeması.	68
Şekil 4.13. HRU'ların piksel bazlı oluşturulma şeması.....	69

Şekil 4.14. Alt havzalarının drenaj ağları ile birlikte konumu.....	71
Şekil 4.15. Alt havzaların aylık ortalama su bütçesi grafikleri.....	76
Şekil 4.16. Baharlı, yüzey su akış haritası.....	81
Şekil 4.17. Karagöçer, yüzey su akış haritası.....	82
Şekil 4.18. Yemişli, yüzey su akış haritası.....	83
Şekil 4.19. Bebeli, yüzey su akış haritası.....	84
Şekil 4.20. Baharlı, yeraltı suyunun ana kanala katkısının haritası.....	88
Şekil 4.21. Karagöçer yeraltı suyunun ana kanala katkısının haritası.....	89
Şekil 4.22. Yemişli, yeraltı suyunun ana kanala katkısının haritası.....	90
Şekil 4.23. Bebeli, yeraltı suyunun ana kanala katkısının haritası.....	91
Şekil 4.24. Baharlı, Toprak profilinde tutulan su miktarı haritası.....	96
Şekil 4.25. Karagöçer, Toprak profilinde tutulan su miktarı haritası.....	97
Şekil 4.26. Yemişli, Toprak profilinde tutulan su miktarı haritası.....	98
Şekil 4.27. Bebeli, Toprak profilinde tutulan su miktarı haritası.....	99
Şekil 4.28. Baharlı, Tarlaya uygulanan sulama suyu haritası.....	102
Şekil 4.29. Karagöçer, Tarlaya uygulanan sulama suyu haritası.....	103
Şekil 4.30. Yemişli, Tarlaya uygulanan sulama suyu haritası.....	104
Şekil 4.31. Bebeli, Tarlaya uygulanan sulama suyu haritası.....	105
Şekil 4.32. Baharlı, Gerçek Evapotranspirasyon (ET) haritası.....	109
Şekil 4.33. Karagöçer, Gerçek Evapotranspirasyon (ET) haritası.....	110
Şekil 4.34. Yemişli, Gerçek Evapotranspirasyon (ET) haritası.....	111
Şekil 4.35. Bebeli, Gerçek Evapotranspirasyon (ET) haritası.....	112
Şekil 4.36. Nitrat döngüsü.....	113
Şekil 4.37. Baharlı, Toprakta bulunan nitrat miktarı (NO ₃) haritası.....	115
Şekil 4.38. Karagöçer, Toprakta bulunan nitrat miktarı (NO ₃) haritası.....	116
Şekil 4.39. Yemişli, Toprakta bulunan nitrat miktarı (NO ₃) haritası.....	117
Şekil 4.40. Bebeli, Toprakta bulunan nitrat miktarı (NO ₃) haritası.....	118
Şekil 4.41. Test alanın coğrafik konumu.....	120
Şekil 4.42. Akım verisi (Flow_out) küresel hassasiyet analiz sonuçları.....	122

Şekil 4.43. Nitrat verisi (N03_out) küresel hassasiyet analiz sonuçları.....	122
Şekil 4.44. Kanal parametreleri zamansal hassasiyet analiz sonuçları.	123
Şekil 4.45. Akım (Flow_OUT) kalibrasyon grafiği.....	125
Şekil 4.46. Nitrat (NO3_OUT) kalibrasyon grafiği.....	128
Şekil 4.47. Bebeli Nitrat (NO3_OUT) kalibrasyon grafiği.....	131
Şekil 4.48. Yemişli Nitrat (NO3_OUT) kalibrasyon grafiği.	132
Şekil 4.49. Karagöçer Nitrat (NO3_OUT) kalibrasyon grafiği.	132
Şekil 4.50. Baharlı Nitrat (NO3_OUT) kalibrasyon grafiği	133





SİMGELER VE KISALTMALAR

AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
SWAT	: Soil and Water Assessment Tool
ARCSWAT	: SWAT Programı ArcGIS Arayüzü
SWAT_CUP	: SWAT Calibration and Uncertainty Procedures
GLUE	: Generalized Likelihood Uncertainty Estimation
PARASOL	: Parameter Solution
SUFI_2	: Sequential Uncertainty Fitting
MCMC	: Markov Chain Monte Carlo
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
ET	: Evapotranspirasyon
SURQ	: Surface Runoff
IRR	: Depth of Irrigation Water Applied on HRU
GWQ	: Depth of Water in The Shallow Aquifer Required For Return Flow
AWC	: Available water capacity of the soil layer
MULT	: A Multiplicative Form of The Square Error
SUM	: The Summed Square Error
CHI2	: Ki-Kare
R2	: The Coefficient of Determination
KGE	: Kling-Gupta Efficiency
MNS	: Modified Nash-Sutcliffe
HRUs	: Hydrological Response Units
GPS	: Global Positioning System



1. GİRİŞ

Dünyada insan yaşamı için en temel ve değerli kaynakların başında su ve toprak gelmektedir. Tarihsel sürece bakıldığında insanlar verimli arazilerin olduğu bölgelerde, suya yakın, iklimi uygun noktalarda büyük medeniyetler kurmuşlardır. Günümüzde de durum çok farklı değildir. Doğal kaynakların planlı kullanılması küresel bir politika haline dönüşmeye başlamıştır. İnsan aktivitelerin yoğunlaşması, zaten sınırlı olan doğal kaynakların daha verimli kullanılmasını zorunlu kılmıştır (Şatır, 2013). Dünyada en fazla su tüketimi tarımsal üretimde kullanılmaktadır. Ülkemizde kullanılan toplam suyun yaklaşık olarak %74'ü sulamada kullanılmaktadır (Anonim,2013). Kullanılan sulama yöntemleri içerisinde en fazla su kaybı yüzey sulama yönteminden kaynaklanmaktadır. Nüfus artış hızının dünya ortalamasının (% 1,1) az da olsa üzerinde olduğu (% 1,2) ülkemizde kişi başına düşen su miktarı 2860 m³'tür. Bu oranın 2023 yılında 1125 m³, 2030 yılında ise su fakirliği üst değeri olan 1000 m³ sınırına ulaşacağı tahmin edilmektedir. Başka bir deyişle, Türkiye, su fakiri ülkeler grubuna dâhil olacaktır (İlhan ve Yüce, 2012). Hızlı nüfus artışı, tarımsal sulama, sanayi ve diğer sektörlerdeki gelişmelere bağlı su ihtiyacı miktarı çok hızlı bir şekilde artmaktadır. Fakat suya ihtiyacın artmasına karşın uygun su kaynaklarının azlığı, var olan su kaynaklarının ve yer altı su rezervlerinin gün geçtikçe küçülmesi, küresel ısınmadan kaynaklı iklim değişiklikleri, sanayi ve tarımsal kullanımdan kaynaklı aşırı su tüketimi ve su kirliliği, özellikle havza bazlı geleceğe dönük su yönetimi ve su kullanımı ile ilgili projelerin önemini çok arttırmıştır.

Havzayı basitçe tanımlamak gerekir ise bir nehrin ya da gölün başlangıç ve sonlandığı alanlar arasında kalan ve nehre su sağlayan kapalı alanı temsil eder. Fakat, Bu alan içerisinde yer alan doğal ekolojik sistemler ile bunların yapısal özellikleri, çevresel faktörler ile mikro and makro düzeyde etkileşimlerini de bu tanıma dahil etmek gerekebilir. Havza bulunduğu coğrafi bölgenin makro ve mikro

boyuttaki jeomorfolojik, litolojik, limnolojik, meteorolojik ve biyolojik çeşitlilik özelliklerine sahiptir (Küçükali, 2005).

Havzalar üzerinde yapılan tarımsal ve çevresel aktiviteler ve aktivitelerin ekosistem, yeraltı ve yerüstü su kaynakları ve havza üzerindeki negative etkilerini azaltabilmek için birçok çalışma yapılmaktadır. Su yönetimi ve su kullanımı ile ilgili projeler ile tarımsal, sanayi ve evsel kullanımlarda su kaybının önlenmesi, etkin su kullanımının sağlanması, var olan su kaynaklarının niteliği ve niceliğinin belirlenmesi, korunması, geliştirilmesi ve iyileştirilmesi hedeflenmektedir. Bu tür çalışmalar için geleneksel ve modern teknikler kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda elde edilen verilerin saklanması, işlenmesi ve değerlendirilmesi için gelişen teknolojiler vasıtasıyla havacılık ve uzay teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Uzayda ya da atmosferde hareket eden platformlara yerleştirilen gelişmiş cihazlar ile elde edilen yersel bilgiler Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında işlenmekte ve yorumlanmaktadır.

1.1. Uzaktan Algılama, Uydu Teknolojileri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Uzaktan Algılama, yeryüzünden belirli uzaklıkta, atmosferde veya uzayda hareket eden platformlara yerleştirilmiş ölçüm aletleri vasıtasıyla yeryüzündeki doğal veya yapay nesnelere hakkında herhangi bir fiziksel temas olmadan bilgi edinme ve bu bilgilerin analiz ve işlenmesi olarak ifade edilebilir (Meydan, 2008).

Uzaktan Algılamanın tarihçesine baktığımızda UA'nın başlangıcı 1800'li yılların ortasını bulmaktadır. Yeryüzünün balonlar ile çekilen görüntüleri 1850'li yıllara rastlamaktadır. Bu dönem içerisinde güvercinler ve uçurtmalar bile hava aracı olarak kullanılmıştır. Tarihte bilinen ilk hava fotoğrafı Gaspard Felix Tournachon tarafından 700 ft yükseklikten Paris'in çekildiği fotoğraftır. Uçurtma ile çekilen ilk hava fotoğrafı ise 1880'li yıllara rastlamaktadır. 1900'lü yıllarda bu alanda çok büyük gelişim sağlanmıştır. Lawrence, 1906 yılında 9-17 adet uçurtma kullanarak 22.3 kg ağırlığındaki kamerası ile yüksek mesafelerden görüntü çekmiştir. 1908'de, Amerikalı Wilbur Wright ve L. P. Bonvillain uçaktan ilk hava

fotoğrafını çekmişlerdir. II. Dünya savaşı ile birlikte UA alanında atılım yaşanmıştır. Bu dönem içerisinde, uçaklardan çekilen hava fotoğraflarının keşif ve gözlem amacıyla kullanımı çok büyük bir önem kazanmıştır. 1950'li yıllarda hava fotoğrafçılığı hızla gelişmeye devam etmiştir. Bu dönemde geliştirilen kızılötesi filmler, vejetasyon tiplerinin belirlenmesi ve vejetasyonda meydana gelen tahribin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Uydudan ilk görüntü elde etme çalışmaları 1950'lerde Almanların V-2 roketlerine yerleştirilen otomatik-foto sistemi ile başlamıştır ve soğuk savaş döneminde, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Sovyetler Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nin (SSCB) birbiriyle rekabeti neticesinde uydudan sağlıklı görüntüler elde edilmeye başlanmıştır. Bu dönem içerisinde elde edilen görüntülerden bazıları ise 1955 yılında Viking-12 roketi ile 244 km yükseklikten ve Atlas roketi ile 1959 yılında 1120 km yükseklikten ABD'nin bazı bölgelerinin fotoğrafları çekilmiştir. Bununla birlikte, 1960-1972 yılları arasında ABD CORONA Programı ve 1970'li yıllardan sonra Landsat ve Skylab uyduları ile yeryüzü hakkında bilgilerin periyodik olarak elde edilmesine başlanmıştır.

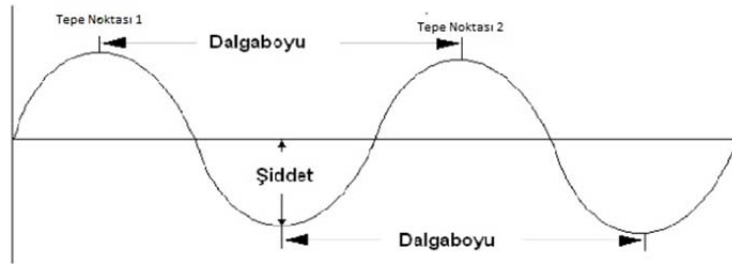
UA, Havadan ve uzaydan, nesnelerin elektromanyetik yansımalarının toplanarak işlenmesi ve incelenmesi olarak da ifade edilir. Bu ölçümler özellikle nesnelerin elektromanyetik spektrum içerisindeki davranışları, yıllık ve konumsal özelliklerindeki değişimlere dayanmaktadır (Curron,1985).

UA kullanılan sensörler kullandıkları kaynak tipine göre ikiye ayrılır. Pasif sensörler harici bir ışık kaynağına ihtiyaç duyarlar yani güneş enerjisini enerji kaynağı olarak kullanırlar. Uçaklardan çekilen görüntüler bunlara bir örnektir. Bu sensörlerin en büyük dezavantajları güneş ışığının ulaşmadığı ya da çok yetersiz olduğu durumlarda (gece) çalışmazlar. Aktif sensörler gerekli olan enerjiyi kendileri üretirler ve herhangi bir harici enerji kaynağına ihtiyaç duymazlar. Ürettikleri enerjiyi anten vasıtasıyla belirlenen alana ya da nesneye göndererek yansıyan enerjiyi toplar ve ölçerek nesnenin görüntüsünü oluşturur.

UA'nın 7 temel elemanı vardır. Bunlar aşağıda sıralanmıştır;

- a) Enerji kaynağı; bilgi toplanacak nesnelere gönderilen elektromanyetik enerjiyi sağlar.
- b) Radyasyon ve atmosfer; Gönderilen enerji, yeryüzünde nesneye çarparak geri yansır ve atmosfer ile her zaman etkileşim içindedir.
- c) Radyasyon ve dünya yüzeyi; Geri yansıyan ve atmosfer ile etkileşim içinde yer alan elektromanyetik enerji bize nesnelere hakkında bilgi sağlar.
- d) Sensörler; Ölçüm cihazları ya da sensörler yansıma, emilme ve iletilme sonrası geri yansıyan enerjiyi toplar.
- e) Yer istasyonları; Sensörler vasıtasıyla kaydedilen veriler, yer istasyonlarına gönderilerek sayısallaştırılır.
- f) Veri analizi; Yer istasyonlarına gelen veriler yazılımlar vasıtasıyla işlenir ve yorumlanır.
- g) UA uygulama; Yazılımlar sayesinde elde edilen bilgi birikimi sorunların çözümünde kullanılır.

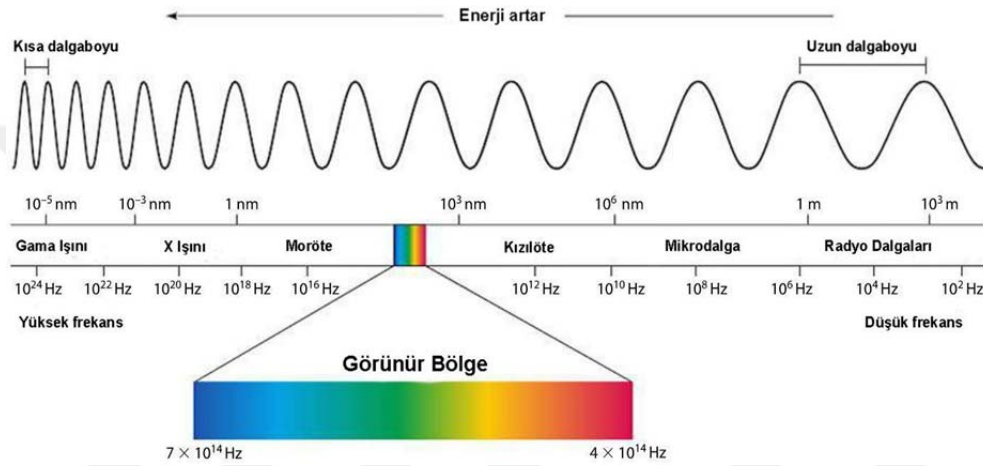
Optik uydu platformları yani pasif sistemler veri kaydı elektromanyetik radyasyonun (EMR) ya da ışınların algılanması ile gerçekleşir. EMR enerjinin (ışık, radyo dalgaları, ısı ve ultraviyole ışınları ve X-ışınları) uzayda bir nesneden diğer bir nesneye transferini tanımlar. EMR enerjisinin 3 temel özelliği vardır. Bunlar dalga boyu, şiddeti ve frekanstır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Elektromanyetik enerjinin özellikleri.

Elektromanyetik enerji sabit bir enerjiye sahiptir. Dalga boyu ve frekans cinsinden tanımlana bilir. Yüksek frekans, kısa dalga boyu ve yüksek enerji iken uzun dalga boyu, kısa frekans ve düşük enerji anlamına gelmektedir.

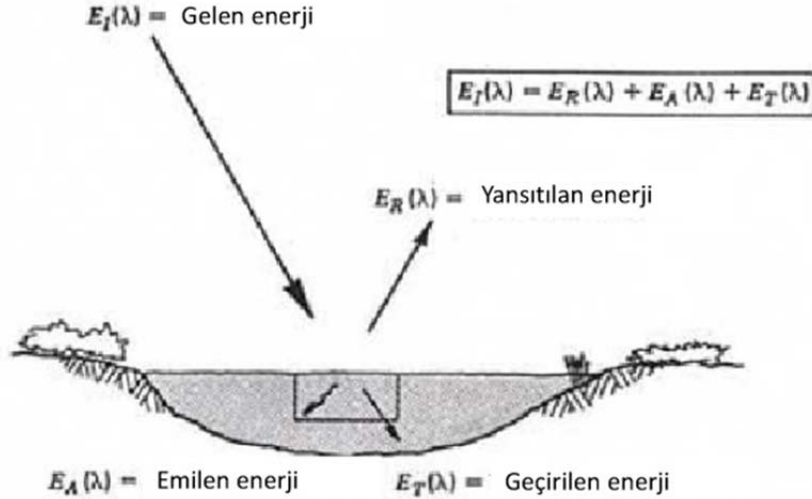
$$C (\text{ışık hızı}) = \text{Dalga Boyu } (\lambda) * \text{Frekans (hertz)} \quad (1.1)$$



Şekil 1.2. Elektromanyetik spektrum bölgeleri (Dönmez, 2011).

Elektro manyetik spektrum (EMS) (Şekil 1.2) gamma ışınlarından radyo ışınlarına kadar çok geniş bir bant aralığına sahiptir. UA' da EMS dalga boylarına göre sıralanmaktadır ve EMS'de keskin sınırlar yoktur. UA kullanılan sensörler birden fazla aralıkta ya da spektrumda içerisinde çalışabilir. UA' da sensörler genelde kızılötesi, mikrodalga ve görünür dalga boyların kullanılmaktadır.

EMR yeryüzü ve nesnelerin yapısal özelliklerine bağlı olarak, enerji kaynağından çıkan ışınlar yansıma, emilme ve geçirme gibi 3 farklı şekilde etkileşimde bulunabilir. Enerjinin korunumu yasasına göre EMR yeryüzü nesnelere etkileşiminde, gelen enerji, yansıyan, emilen ve geçirilen enerjilerin toplamına eşittir (Şekil 1.3) ve işlemlerin ne ölçüde gerçekleştiği ise gelen enerjinin dalga boyuna, hangi açı ile nesneye geldiğine ve nesnenin yapısal özelliklerine bağlıdır.



Şekil 1.3. Elektromanyetik spektrum enerji dağılımı (Lillesand ve Kiefer,2000).

UA sürecinde uydu platformlarından yeryüzüne gönderilen elektromanyetik enerjinin yansıma, emilme ve iletme sonrası geri yansıyan enerjisi sensörler tarafından toplanır ve bu enerji miktarı ölçülerek, yer istasyonlarının okuyabileceği formatta dönüştürüldükten sonra gönderilir. Bu sinyaller, yer istasyonları tarafından toplanarak sayı dizisine çevrilir ve dijital görüntü elde edilmiş olur.

Günümüzde uydu teknolojisi ile periyodik olarak yeryüzü hakkında bilgi toplanarak, bu bilgilerin işlenmesi ve yorumlanması aşamasında Coğrafi Bilgi Sistemlerini (CBS) kullanılmaktadır. CBS, yeryüzüne ait bilgileri belirli bir amaç doğrultusunda toplama, bilgisayar ortamında saklama, güncelleme, analiz etme ve yorumlama olarak tabir edilebilir. CBS'nin temel bileşenlerini donanım, yazılım, personel, coğrafi veri ve yöntem oluşturmaktadır. CBS, geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bunlardan bazıları şunlardır; bilimsel araştırmalar, kaynak yönetimi, varlık yönetimi, alt yapılar, arkeoloji, çevresel çalışmalar, peyzaj mimarlığı, kentsel planlama, pazarlama, lojistik, haritalama, tarım; ekili tarım alanlarının tespiti ve toplam mahsulün hesaplanması, askeri uygulamalar, meteoroloji ve diğer amaçlar

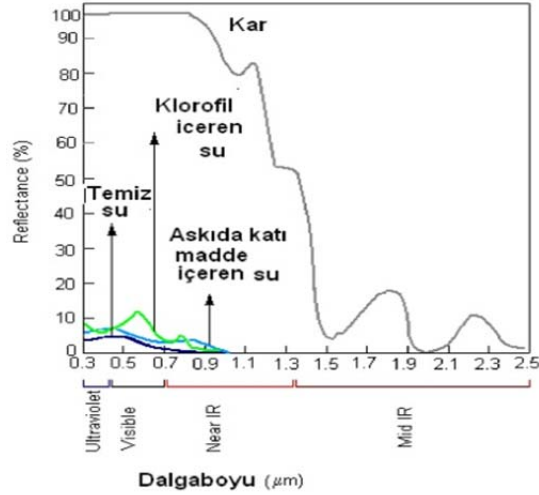
için kullanılabilir. CBS, doğal kaynak yönetimini ve bu kaynakların etkin ve sürdürülebilir olmasını amaçlayan modelleme çalışmalarında kullanılan yersel verilerin analizine olanak sağlaması bakımından da önem taşımaktadır.

1.1.1. Su Kaynaklarının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgiler Sistemi Ortamında Modelleme Çalışmaları

Uzaktan algılama teknikleri vasıtasıyla su yüzeyleri, su döngüsünde önemli rol oynayan toprak yapısı, suyun hidrolojik bileşenleri ve yetişen ve yetiştirilen bitki türleri hakkında mekânsal bilgi sağlayarak, bu bilgilerin CBS ortamında kullanılan yazılımlar ile yersel verilerinde entegre edilmesiyle farklı tip modelleme çalışmalarına imkan sağlamaktadır. Bu amaçla yapılan modelleme çalışmaları aşağıda sıralanmıştır;

- a) Su yönetimi ve suyun etkin kullanımı,
- b) Tarımsal sulama ve tarımsal ürünlerin su ihtiyacının belirlenmesi,
- c) Su kirliliği analizleri ve modellenmesi,
- d) Doğal ve yapay su kaynakları tespiti, modellenmesi,
- e) Su kalite analizleri,
- f) Sel ve taşkın haritalanması ve izlenmesi,
- g) Kıyı ve okyanus bilimsel model çalışmaları,
- h) İklim değişikliği ve küresel ısınmanın geçmişten günümüze ve geleceğe dönük etkilerinin tespiti ve modellenmesi,

Su kaynaklarının ve su yüzeylerinin yeryüzündeki dağılımları, kirlilik ve saflık düzeyleri belirlenir iken ışığın farklı dalga boylarında yansıma karakteristiği kullanılmaktadır. Suyun yansıma özelliğini belirleyen faktörler suyun saflığı, suyun derinliği ve su yüzeyinin durağanlığıdır.



Şekil 1.4. Suyun spektral yansımaya değerleri (Dönmez,2011).

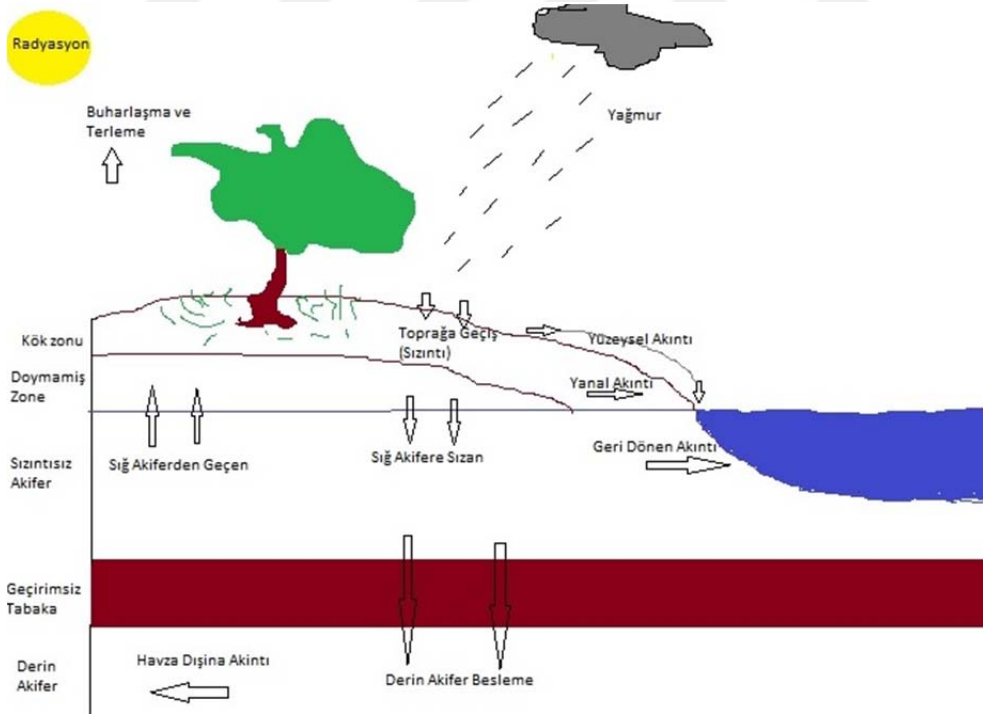
Su kaynaklarının farklı kimyasal ve fiziksel özellikleri farklı yansımaya değerleri vermesine sebep olmaktadır. Suyun spektral yansımaya grafiğine (Şekil 1.4) bakıldığında, temiz su kaynaklarının 0.7 μm den daha büyük dalga boyları için yansıma vermediği, klorofil içeren su ile askıda katı madde içeren suyun 0.9-1.0 μm dan sonra yansıma vermediği görülmektedir. Karın ise 0.3-1.0 μm arasında en yüksek değeri verir iken dalga boyu yükseldikçe yansıma değeri düşmektedir. Karın fiziksel yapısını ele aldığımızda yeni yağın kar, sulu kar, buzkar, buzul, kirli buzul gibi zaman içerisinde ya da bölgesel değişimlerden dolayı yansıma değerlerinde farklılık gösterebilmektedir. Klorofil içeren sularda, klorofil varlığı mavi dalga boyunun emilmesine, yeşil dalga boyunun ön plana çıkmasına sebep olmaktadır.

Su döngüsünün önemli parçalarından biri olan toprak kısmına baktığımızda, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısı yansıma değerlerini etkileyen faktörlerdir. Toprağın tane boyutu, toprağın geçirgenliği, su tutma kapasitesi, kil oranı, organik madde miktarı, demiroksit miktarı, yüzey pürüzlülüğü ve toprağı oluşturan ana kayaç yapısı gibi etkenler yansıma değerleri üzerinde etkindir. Örneğin, Kuru ince taneli toprak, kuru büyük taneli toprağa göre daha çok yansıma

verir iken bu durum, ıslak durumda iken, büyük taneli toprakların geçirgenliği daha iyi olduğundan daha iyi yansıma verirler.

Su döngüsünün diğer bir önemli parçası bitkilerdir. Bitkilerin yaprakları ve kökleri ile suyun aktif döngüsünde önemli bir yer alırlar. Bitkinin yansıma değerlerini etkileyen başlıca faktörler bitkinin hücre yapısı, klorofil içeriği, içerdiği su miktarı ve yaprağın yüzey alan genişliğidir.

Suyun hidrolojik sistem içerisindeki hareketlerine bakıldığında yağmur ya da kar şeklinde yeryüzüne düşen suyun bir kısmı toprak tarafından emilir ve emilen suyun bir kısmı doymamış tabaka ve o doyduktan sonrada sığ akifer ve oradan da derin akifere geçiş yapar. Yeryüzüne düşen yağmurun bir kısmı ise yüzeysel akış, yanıl ve geri dönen akış olarak nehir, göl ya da rezervuarlara döner. Sistem içerisine giren su daha sonra buharlaşma ve terleme yolu ile su döngüsü (Şekil 1.5) tamamlanmış olur.



Şekil 1.5. Su döngüsü.

Hidrolojik bileşenlerin tahmini ve belirlenmesi için en etkin yöntem, uzaktan algılanmış verilerin, yersel veriler ile entegre edilerek, günümüzde kullanılan hidrolojik modelleme yaklaşımlarına dahil edilmesidir. UA ve CBS ortamında modelleme çalışmaları için toprak, jeoloji, arazi örtüsü, iklim vb. haritalar üretilerek, hidrolojik modeller için alt yapısal zemin oluşturulmuş olur. Hidrolojik modelleme çalışmaları ile su kaynaklarının tespiti, yönetilmesi, korunması, yeni kaynakların keşfi, iklim ve küresel değişimin uzun vadede su kaynakları üzerindeki etkisi gibi etkenler belirlenebilmekte ve bu sayede ileriye dönük yapılacak çalışmalara ışık tutmaktadır. Bu kapsamda kullanılan bazı hidrolojik modellerden bazıları şunlardır; SWAT (Neitsch ve ark, 2005), MIKE-SHE (Refsgaard and Storm, 1995), Thornthwaite su denge modeli (Thornthwaite, 1948), HYMOD (Moore, 1985), J2000 (Krause, 2001), ASIM-ETH (Schulla ve Jasper, 1999), Yağış Akış Modelleme Sistemi (Precipitation – Runoff Modelling System - PRMS) (Leavesley et al., 1983) ve SNOW17 (Anderson, 1973) modelleri yer almaktadır.

Bu çalışmanın amacı, sürdürülebilir su kullanımını desteklemek ve geliştirmek için arazi kullanımının ve tarım faaliyetlerinin Aşağı Seyhan Havzası üzerindeki etkisini, günlük akım ve nitrat değerlerini kullanarak, SWAT hidrolojik modeli ile tahmin etmektir. Çalışma kapsamında, elde edilen veriler ile suyun hidrolojik sistem içerisindeki hareketi modellenerek, arazi kullanım ve tarım faaliyetlerinin, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının miktarları ve kalitesi üzerindeki etkisi aylık ve günlük olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, Nitrojen ve Fosfor döngüsündeki değişimler modellenerek, aşırı ya da yetersiz gübreleme yapılan alanlar ve bitkinin büyümesini etkileyen nitrojen ve fosfor stresli gün sayıları belirlenmiştir. Bu çalışma düz ve düze yakın alanlarda geniş veri seti ile yapılmıştır. Düz ya da düşük eğimli alanlarda SWAT modeli ile yapılan çalışma sayısı az olmasından dolayı bu çalışma örnek teşkil etmektedir. Bu tür çalışmalardan elde edilen veriler ile geleceğe yönelik oluşturulabilecek senaryolar vasıtasıyla iklim değişikliği, tarımsal faaliyetlerin ve küresel ısınmanın, su

kaynakları üzerindeki uzun vadedeki etkisini öngörmeyi ve erken plan yapmayı olanak sağlamaktadır. Bu elde edilen modelleme sonuçları ile su kaynaklarının verimli kullanımı ve sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla önemli bir atlık oluşturmaktır.





2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Hidroloji bilimi, suyun yer küre üzerindeki dağılımını ve suyun kimyasal, fiziksel, biyolojik ve mekanik özelliklerini inceleyen bir bilim dalıdır. Varolan su kaynaklarını korumak ve sürdürülebilirliğini arttırmak için, suyun niteliği ve niceliğinin iyi araştırılması şarttır ve bu neden ile birçok hidrolojik model ve yaklaşım çalışmaları ortaya çıkmıştır. Hidrolojik modeller, su kaynaklarının yönetilmesi, hidrolojik süreçlerin anlaşılması ve tahmin edilmesine yarayan basitleştirilmiş kavramsal hidrolojik döngülerdir. Farklı model yaklaşımları ve hidrolojik modeller ile yapılan çalışmaların bazıları aşağıda yer almaktadır.

Touhami ve ark (2014), yaptıkları çalışmada Hydrobal, Visual Balan v2.0 and Thornthwaite su dengesi modellerini karşılaştırmıştır. Bu modellerin her biri ile İspanya'nın Ventós-Castellar akiferindeki yer altı suyu deşarj miktarı yağmurlu ve kurak dönemlerde modellenmiş ve sonuçlar birbiriyle karşılaştırılmıştır. Kalibrasyon çalışmalarında, Hydrobal model en iyi sonucu vermiştir ($R^2=0.84$) ve buda yer altı su deşarj miktarı modellemesinde, bitki ve toprak nemi ve bitkilerin rolünü ne kadar büyük bir öneme sahip olduğunu göstermiştir.

Johnson ve ark (2003), yaptıkları çalışmada Hydrological Simulation Program (HSPF) ve Soil Moisture Routing (SMR) hidrolojik modelleri, 102 km²'lik Irondequoit Creek havzasında 7 yıllık veri seti kullanılarak karşılaştırılmıştır. Modeller kar erimesi, taban suyu sürecinde ve coğrafik bilgilerin her model için kullanıldığı alanda farklılıklar göstermiştir. Bu farklılıklara rağmen her iki modelde yaklaşık olarak nehir suyu akışını aynı modellemiştir. SMR model için etkinlik katsayıları 7 yıllık simülasyon periyodu için 0.67 iken HSPF için bu değer 0.65'dür. HSPF, kış döneminde nehir suyu akışını daha iyi modeller iken, SMR yaz döneminde nehir suyu akışını daha iyi modellemiştir.

Haberlandt (2010), birinci grup olarak HEC-HMS, WaSIM-ETH ve SWAT hidrolojik modellerini ve ikinci grup olarak SWIM, CANDY ve HERMES hidrolojik modellerini Kuzey Almanya'nın 1000 km²'lik yukarı Leine nehri

havzasında karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda, hidrolojik modellerden hiçbirinin istenen anlamda tüm şartları yerine getiremediğini göstermiştir. Birinci grubun karşılaştırılması sonucunda en kolay uygulanan hidrolojik model HEC-HMS iken, tarımsal uygulamalarda SWAT ve arazi örtüsü değişikliğinde ise WaSIM-ETH olarak ortaya çıkmıştır. İkinci grubun birbiriyle karşılaştırılması sonucu, SWIM, CANDY ve HERMES model sonuçlarının birbirinden farklı olduğu ortaya çıkmıştır. Özellikle, suyun toprak içinde süzülmesi ve nitratın toprak içerisine sızması gibi durumlarda belirsizliğin olduğunu tespit etmiştir.

Dönmez (2012), yüzey akışı, evapotranspirasyon ve yağış gibi hidrolojik bileşenlerin Net Birincil Üretimi (NBÜ) üzerindeki etkisi Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Yukarı-Seyhan Havzasında incelenmiştir. Hidrolojik bileşenlerin orman verimliliği üzerindeki etkisi üç ana model sistemi ile ele alınmıştır.

- a) Hidrolojik bileşenlerin J2000 hidrolojik modelleme sistemi ile modellenmesi
- b) BIOME-BGC modeli ile NBÜ modellenmesi,
- c) J2000 ve BIOME-BGC modeli sonuçlarının birleştirilmesi,

Ekosistem bileşenlerinin değerlendirilmesi işlemi aylık bazda yapılarak sezon değişimleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, model yaklaşımlarının farklı yüksekliklerde karbon ve su döngülerinin modellenmesinde başarılı oldukları sonucuna varılmıştır.

Akgül (2015), Aşağı Seyhan Ovasının 9 495 ha'lık alana sahip Akarsu Sulama Birliği alanında SWAT (Soil and Water Assessment Tool) kullanılarak akım ve nitrat bütçeleri kalibre etmiştir. Kalibrasyon çalışmasında 2 yıllık (2009-2010) gözlem verisi kullanılmıştır. Akım verisi için NSE değeri 0.57 ve R^2 değeri 0.60 iken nitrat için NSE değeri 0.34 ve R^2 değeri 0.59 olarak bulunmuştur. Elde edilen nitrat ve akım sonuçlarının birbiriyle uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Kannan (2012), Güney Teksas'daki Arroyo Colorado havzası için SWAT modeli kullanılarak akım ve seçilmiş su kalitesi parametreleri yani akım, tortu ve besin maddelerinin taşınması, su sıcaklığını, çözülmüş oksijen ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı modellenmiştir. Model 2000-2009 yılları arasında iki akım istasyonundan elde edilen veriler ile günlük ve aylık olarak kalibre edilerek tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca, seçilmiş su kalite parametreleri olan askıda tortu (sediman), ortofosfat, toplam fosfor, nitrat azotu, amonyak azotu, toplam azot ve çözülmüş oksijen 2000-2009'daki veriler ile kalibre ve test edilmiştir. Elde edilen sonuçların genel olarak modellenen ile ölçülen verilerin birbiriyle uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Luo, Y ve ark (2011), yaptıkları çalışmada SWAT modeli ile düz alanlarda havza tanımlaması yapılmıştır. Dağlık alanlardan farklı olarak düz alanlarda topoğrafik ve hidrolojik süreçlerde 3 temel soruna rastlanmaktadır. Bunlar,

- a) Yükseklik haritalarından üretilen havza, alt havzalar ile nehir kolları, orijinalleri ile uyuşmamaktadır.
- b) Yayvan nehirler SWAT modeli tarafından tanımlanamamaktadır.
- c) Su yönlendirme işlemleri su-kontrol çalışmalarında ciddi bir şekilde etkilenmektedir.

Bu çalışmada CBS teknikleri kullanılarak geliştirilen Sayısal Yükseklik haritasına dayalı metot ile Öntanımlı metot havzaya uygulanmıştır ve elde edilen sonuçlara göre, iki metot kullanılarak tatmin edici sonuçlar elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Li ve ark (2013), yaptıkları çalışmada düz nehir ağı bölgelerinde dağıtılmış simülasyon kullanılarak hidrolojik süreçler SWAT modeli ile modellenmiştir. SWAT modeli hidrolojik süreçleri modellemek için yaygın kullanılsa da, SWAT modeline dayanan genel yaklaşıma göre, Model sadece dağlık ve tepelerin hâkim olduğu alanlarda uygulanabilir. Çünkü düz nehir ağı bölgelerini modellemenin

etkili bir yolu yoktur. Mevcut yöntemler ile düz ve çukur alanları içerisinde yer alan kanalları, paralel kanalları veya kesintili nehir kollarını etkili bir şekilde ortaya çıkarmak mümkün değildir. Bu temel sorunları aşmak için Novel adlı bir metot geliştirilmiştir. Bu metoda göre;3 temel teknik uygulanmıştır.

- a) Halkalar oluşturulmuştur.
- b) Nehir ağlarının yolları kesilerek, kısa dendritik nehir ağları elde edilmiştir.
- c) Sanal barajlar oluşturularak, her nehir kolu içerisindeki sular birbiri arasında transfer edilmiştir. Bu yapılar iken her nehir kolu içerisindeki su miktarı ve su akış hızı hesaba katılmıştır.

Batı Taihu havzası çalışma alanı seçilerek 2008-2010 yılları arasındaki veriler ile kalibrasyon ve validasyonu yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar oldukça tatmin edici olması dışında geliştirilen Novel metodu ile düz ve düze yakın alanlarda SWAT modelleme yöntemi ile daha düzgün ve sonuçlar elde edilebileceğini göstermiştir.

Mirhosseini ve ark (2015), SWAT modeli kullanılarak Alabama'nın güney kuzeyinde yer alan Big Creek havzasında tarımsal sulama ve El Nino Southern Oscillation (ENSO) ilişkili kuraklığın besin maddesi taşımacılığı üzerindeki etkisini ölçmeyi amaçlamışlardır. Model'in 15 yıllık su kalite gözlem verileri kullanılarak kalibrasyon ve validasyonu yapılmıştır. Model (1950-2008) 59 yıl çalıştırılarak modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, tarımsal sulamanın yapıldığı alt havzalarda, toplam nitrojen(TN) ve toplam fosfor (TP) miktarları %3 ile %4 oralarında artış göstermiştir. TN yükündeki artış % 90 güven düzeyinde anlamlı iken ($\alpha =0.10$), TP yükündeki artış ise ($\alpha =0.10$) belirsiz veya güvensizdir. Buda TN yükü taşınmasının tarımsal sulamaya karşı daha hassas olduğunu göstermektedir.

Sun ve ark (2016) , yaptıkları çalışmada catena yöntemine dayalı SWAT arazi örtüsü birimi modifiye edilerek, Garonne nehrinin taşkın yatağına

uygulanmıştır ve modifiye edilmiş model SWAT-LUD olarak adlandırılmıştır. Bu yeni yöntemde yeraltı suyu akışını taklit etmek için Darcy denklemi uygulanmıştır. Taşkın dönemlerinde yüzey su seviyesinin tespitinde kullanılan algoritma modifiye edilmiştir ve taşkınların yeraltı su seviyesi üzerindeki etkisi modele tanımlanmıştır. Klorit, yüzey suyu ve yeraltı suyu arasındaki su geçişini test etmek için tutucu izleyici olarak seçilmiştir. Geliştirilen yeni model üzerindeki su geçiş miktarı, yüzey suyu-yeraltı suyu geçiş model sonuçları ile karşılaştırılmıştır. SWAT-LUD modeli içerisinde, Modellenen yeraltı suyu gözlemlenen yeraltı suyu seviyeleri ile oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca, SWAT-LUD model, nehir ile yeraltı suyu arasındaki su geçişini oldukça iyi yansıtmıştır ve bu sonuç, yüzey suyu ile yeraltı suyu arasındaki geçişte, nehir ağlarının büyük bir etkisi olduğunu göstermiştir.

Luo ve ark (2016), Kuzeybatı Çin'de yer alan Heihe nehri havzasındaki iklim değişikliği ile arazi kullanım değişiminin hidrolojik değişimlere katkısını son 30 yıl için incelemişlerdir. Bu çalışmada, detaylı iklim, arazi kullanım ve hidrolojik veriler, SWAT hidrolojik modeli kullanılarak modellenmiştir. 1980'li yıllardan elde edilen sonuçlara göre, arazi kullanım değişiminin (%74.5) iklim değişiminden (%21.3) havza hidrolojik değişimleri üzerinde daha yoğun etkisi olduğunu göstermiştir. Bu oran 1990'lı yıllarda arazi kullanım değişimi için % 60.7 iken iklim değişimi % 57.3'üdür.2000'li yıllarda ise, iklim değişiminin havzadaki hidrolojik değişime katkısı % 57.7 iken arazi kullanım değişiminin katkısı ise % 42.0'dır. Elde edilen sonuçlara göre arazi kullanım değişiminin hidrolojik değişim üzerindeki etkisi 30 yıllık zaman dilimi içerisinde giderek azalır iken iklim değişiminin etkisi giderek artmıştır.

Marek ve ark (2017), yarı kurak Texas High Plains alanında 90 yıllık iklim verisi kullanılarak SWAT modeli ile kalibrasyon çalışması yapmışlardır. SWAT modeli ile modellenen tarımsal verim, tarımsal su kullanımı ve ürün rotasyonu için gerekli sulama suyu birbiriyle karşılaştırılmıştır. Ürün rotasyonu için mısır-pamuk, sorgum-pamuk, pamuk-kış buğdayı ve mısır-kış buğdayı kullanılmıştır. Kalibre

edilen SWAT modeli ile bütün tarımsal ürünler için tarımsal su kullanımı ve verimi için uyumlu sonuçlar elde edilir iken sadece pamuk için sonuçlar tatmin edici olmamıştır. SWAT içerisinde yer alan bitki büyüme algoritması pamuğun modellenen sonuçları Texas bölgesindeki tipik pamuk yönetimini temsil etmekte başarısız olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu çalışma ile elde edilen istatistiksel veriler ile üreticilere bir yol haritası çizilmiştir.

Bosch ve ark (2004), Georgia bölgesinde yer alan Little River althavzasının 22 km²'lik alanı içerisinde, 6 yıllık hidrolojik veri seti ile SWAT modeli kullanılarak su bütçesi modellemiştir. Bu modellemede yüksek yersel çözünürlükte sayısal yükseklik haritası ile düşük yersel çözünürlükte sayısal yükseklik haritası için SWAT model ayrı çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlar birbiriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca, Modifiye edilmiş yeraltı suyu parametreleri ile modifiye edilmiş yeraltı suyu parametreleri içinde SWAT model ayrı çalıştırılıp, sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre düşük çözünürlükteki sayısal yükseklik haritası için NSE değeri 0.64 iken bu oran yüksek çözünürlükteki sayısal yükseklik haritası ile çalıştırılan modelde 0.80'dir. Bu sonuç, daha iyi veri seti paketi ile daha iyi sonuçlar elde edilebileceğini göstermiştir.

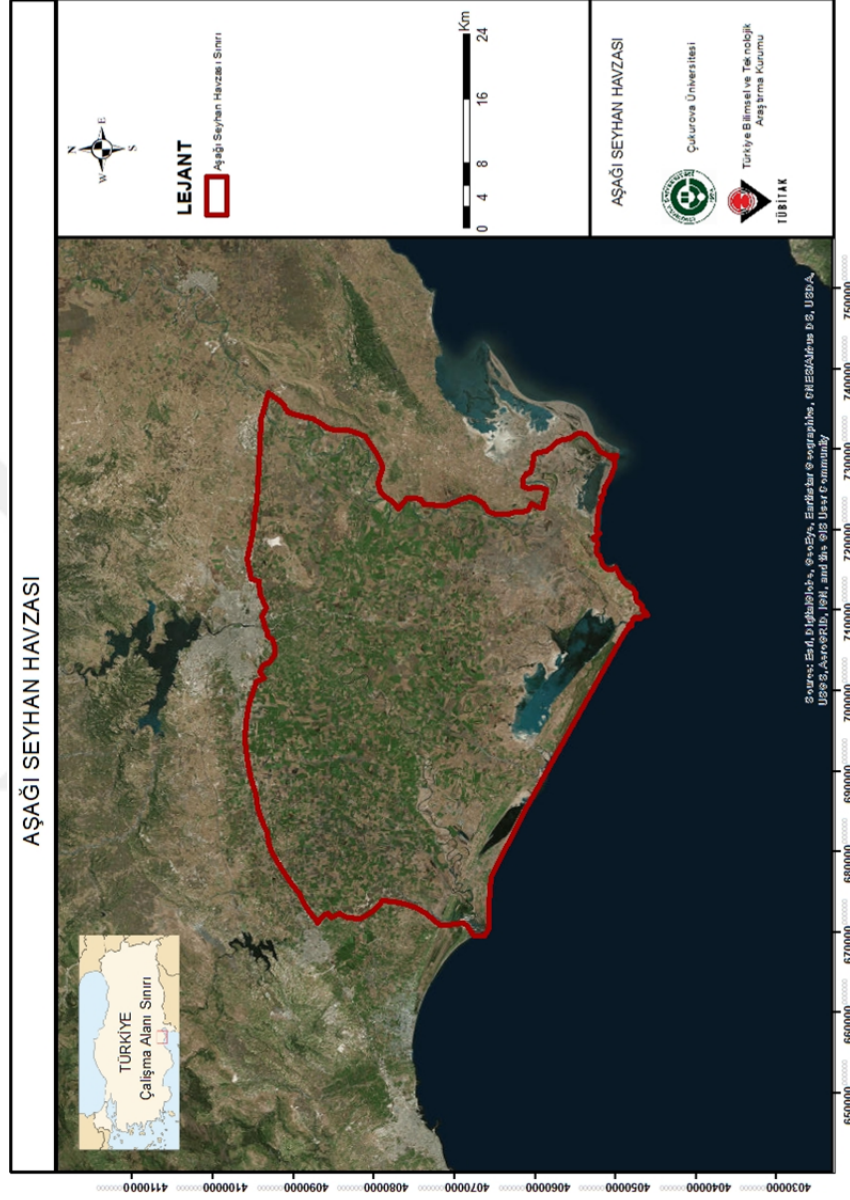
Özdemir (2016), SWAT modeli ile üretilen Hidrolojik Cevap Birimlerinin (Hydrologic Response Units, HRU) seçilmesi ve kalibrasyon çalışmaları için kabadan inceye olacak şekilde hiyerarşik bir metot kullanmıştır. SWAT modelinde HRU'lar otomatik olarak oluşturulur iken her bir hiyerarşinin bir sonraki aşamasında HRU' sayısı arttırılmaktadır. Her adımda elde edilen kalibrasyon sonuçları diğer bir adım için başlangıç değerini muhtemel değer olarak kullanmaktadır. Bu yaklaşım ile elde edilen avantajlardan bazıları ise kalibrasyon hızı ve doğruluğunda artış, en uygun HRU boyut parametrelerinin belirlenmesi ve HRU oluşturma parametrelerinin tespitidir. Bu çalışmada geliştirilen yaklaşım ile farklı karakteristik yapıya sahip iki havzada denenmiş ve güzel sonuçlar elde edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanının Konumu ve Yapısı

Aşağı Seyhan Havzası (ASH), Türkiye'nin güneyinde, Doğu Akdeniz bölgesinde yer almaktadır. Kuzeyde Toros dağlarının etekleri, güneyde Akdeniz, doğuda Ceyhan Irmağı, batıda Berdan Irmağı ile sınırlanmıştır. Devlet Su İşleri tarafından 1980 yılında yapılan planlama çalışmaları sonucunda ovanın yaklaşık 213.200 hektar genişliğinde bir alanı kapsadığı ve toplam sulanabilir alanın ise 172.950 hektar olduğu belirlenmiştir. Aşağı Seyhan Havzası, Seyhan Havzasının delta kısmında yer alır. Seyhan Irmağı havzayı ikiye böler. Seyhan ile Berdan akarsuları arasında kalan kısma Tarsus Havzası, Seyhan akarsuyu ile Ceyhan akarsuyu arasında kalan kısma Yüreğir Havzası adı verilmektedir (Donma, 2008). Havzanın kuzey kesimlerinde deniz seviyesinden maksimum yükseklik 40 m ile başlamakta güneye doğru inildikçe yükseklik 0 metrelere kadar inmektedir. Aşağı Seyhan Havzasında tarımsal alanlar geniş yer tutmaktadır, özellikle tarıma bağlı sanayisi gelişmiştir. Son yıllarda artan nüfus ile birlikte, tarımsal alanların daha geniş yer tutarak, sulak ve ormanlık alanların daralmasına sebep olmuştur. Artık gelişen teknoloji ile tarımsal sulamanın artması, gübreleme faaliyetlerinin yoğunlaşması ve kullanılan suyun bilinçsizce kullanımından ötürü sulak alanlar daralmakta ve kirletilmektedir. SWAT model çalışmaları ile yer altı su potansiyeli, iklimsel değişiklerinin etkisi, yüzey su miktarı değişimleri, su kirliliği, su kalitesi ve arazi kullanımının etkilerini gözlemleyerek ve geleceğe donuk senaryoların üretilmesi ile gerekli önlemler alınması hedeflenmektedir.



Şekil 3.1. Aşağı Seyhan Havzası'nın Konumu.

3.1.2. Mekânsal Veriler ve Zaman Serilerinin Genel Özellikleri

Çalışmada Aşağı Seyhan Havzası için çalıştırılan SWAT modeli için geniş bir mekânsal veri seti ile zaman seri seti kullanılmıştır. Bu mekânsal veri setlerini uzaktan algılama yöntemi ile elde edilen sayısal yükseklik haritası, arazi kullanım haritası ve toprak haritası ile yönetim verileri oluşturur iken zaman serilerini, akım ve gözlem istasyonlarında elde edilen veriler ile meteorolojik istasyonlardan elde edilen verilerden oluşmaktadır.

3.1.2.1. Mekânsal Verilerin Özellikleri

3.1.2.1.(1). Sayısal Yükseklik Haritası

SWAT girdi verilerinden biri olan sayısal yükseklik haritası (30 m ve 90 m yersel çözünürlük) ASTAR GDEM (Global Digital Elevation Model), Japonya Ekonomi, Ticaret ve Endüstri Bakanlığı (METI) ve ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesinin (NASA) ortaklaşa bir projesi olup ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) uydusundan elde edilen verilerden üretilmekte olup ücretsiz olarak temin edilebilmektedir. Sayısal yükseklik haritası, akış profil ve davranışlarını, akımın yavaş ve hızlı olduğu süreçleri modellemekte önemli bir rol oynamaktadır. Hidrolojik modelleme sürecine dâhil edilen SYM akış yönü, Seyhan Nehri akış potansiyeli, eğim haritalarının oluşturulmasında kullanılmıştır.

3.1.2.1.(2). Arazi Kullanım Haritası ve Sınıflama Aşamaları

Çalışmada 2016 yılı tarihli Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları LANDSAT-7 ETM+ görüntüleri yazlık arazi örtüsü haritası oluşturmak için ve Aralık, Ocak ve Şubat ayları görüntüsü ise kışlık arazi örtüsü haritası oluşturmak için kullanılmıştır. Arazi örtüsü haritası için çoklu çözünürlük segmentasyonu kullanılarak Ecognition modelinde en yakın komşu yöntemi ile sınıflandırma yapılmıştır.

3.1.2.1.(2).(a). LANDSAT ETM+ Uydu Görüntüleri

LANDSAT-7 uydusu Temmuz 1999 yılından beri sürekli olarak yeryüzünün görüntülerini 16 günlük tekrar döngüsü ile elde etmektedir. LANDSAT-7 ETM+ görüntüleri, 1 ile 7 arasındaki bantlar için 30 m yersel çözünürlüğe sahip 8 spektrum bandından oluşmaktadır. 8 pankromatik bandın çözünürlüğü 15 m'dir (Anonim, 2015). LANDSAT-7 ETM+ uydusunun tarama genişliği 185 km iken deniz seviyesinden yüksekliği 705 km'dir. LANDSAT-7 ETM+ uydusunun bant bilgileri çizelge 3.1'de yer almaktadır.

Çizelge 3.1. LANDSAT-7 ETM+ uydusunun özellikleri (Berberoğlu ve ark., 2009, Dönmez, 2012'den)

Elektromanyetik Alan	Bant Genişliği	Yersel Çözünürlük	Radyometrik Çözünürlük
Görünür Mavi	1. bant (0.45 – 0.52)	30 m	8 bit
Görünür Yeşil	2. bant (0.52 – 0.60)		
Görünür Kırmızı	3. bant (0.63 – 0.69)		
Yakın Kızıl Ötesi	4. bant (0.76 – 0.90)		
Orta Kızıl Ötesi	5. bant (1.55 – 1.75)		
Termal	6. bant (10.4 – 12.5)	60 m	
Orta Kızıl Ötesi	7. bant (2.08 – 2.35)	30 m	
Pankromatik	(0.52 – 0.90)	15 m	

3.1.2.1.(2).(b). Arazi Kullanım Sınıflama Aşamaları

SWAT girdi verilerinden biri olan arazi kullanım ve arazi örtüsü haritası hazırlanır iken yazlık ve kışlık ürün desenlerinin çok zamanlı Landsat veri seti kullanılmıştır. Bu veri setleri tarım ürünlerinin hasat, ekim ve kardeşlenme dönemlerine göre belirlenmiştir.

Daha sonra, bu veriler kullanılarak obje tabanlı sınıflandırma yapılmıştır. Obje tabanlı sınıflandırma işlemi üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

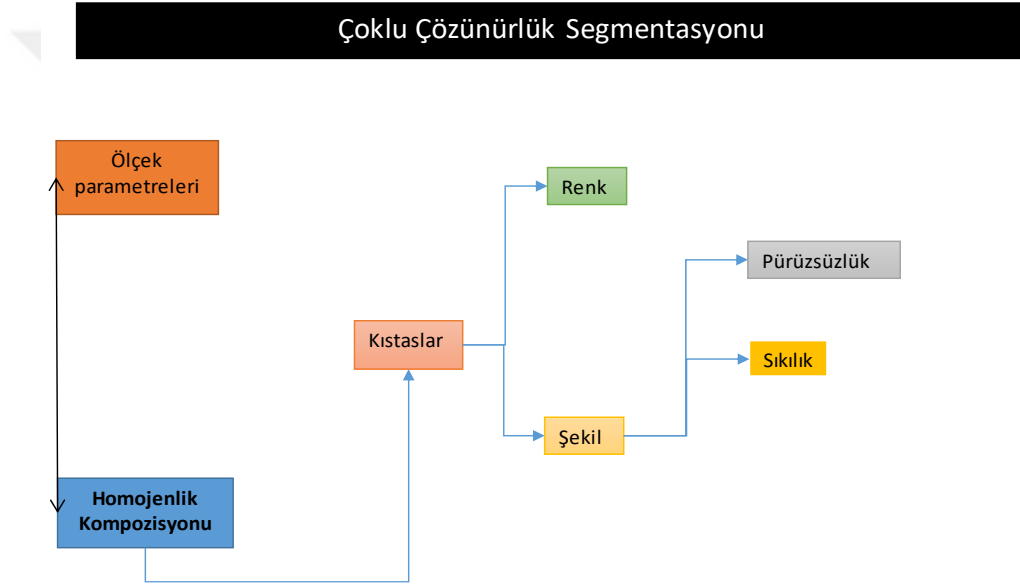
- 1- Satranç Tahtası (Chessboard) Segmentasyonu
- 2- Kontrast Ayrımı (Contrast Split) Segmentasyonu
- 3- Dörtlü Ağaç Tabanlı (Quadtree Based) Segmentasyonu
- 4- Çoklu Çözünürlük (Multiresolution) Segmentasyonu
- 5- Spektral Fark (Spectral Difference) Segmentasyonu
- 6- Çok Eşik (Multithreshold) Segmentasyonu

Segmentasyon işlemi obje tabanlı sınıflamanın ilk aşamasıdır. Sınıflama aşamasında ise piksel tabanlı yöntemlerde olduğu gibi en yakın komşu yöntemi (nearest neighbour) ve diğer algoritmaları (örneğin, maksimum olabilirlik) kullanılmaktadır. Segmentasyon işlemi, bir görüntüyü, farklı özelliklere sahip anlamlı sınıflara ayırmak olarak ifade edilebilir. Segmentasyon aşamasında Çoklu çözünürlük segmentasyonu seçilerek Segmentasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Çoklu Çözünürlük Segmentasyon aşamaları şekil 3.2' de yer almaktadır. Çoklu Çözünürlük Segmentasyon aşamaları;

- Ölçek parametreleri; Ortaya çıkan görüntü katmanları için ağırlıklı görüntü katmanlarına ilişkin homojenlik kısıtlarının maksimum standart sapmasını tanımlar.
- Homojenlik kompozisyonu; Ortaya çıkan görüntü nesnelere için toplam göreceli homojenliği tanımlayan 4 kısıttan oluşan homojenlik kısıtlarını tanımlar.
- Kısıtlar; Her bir kısıt çifti, değer 1'e eşitlenmiş şekilde ağırlıklandırılır.
- Renk; Elde edilen görüntü nesnelere dijital değerleri.
- Şekil; Elde edilen görüntü nesnelere metinsel homojenliğini tanımlar.
- Pürüzsüzlük; Elde edilen görüntü nesnelere pürüzlülüğünü optimize eder.

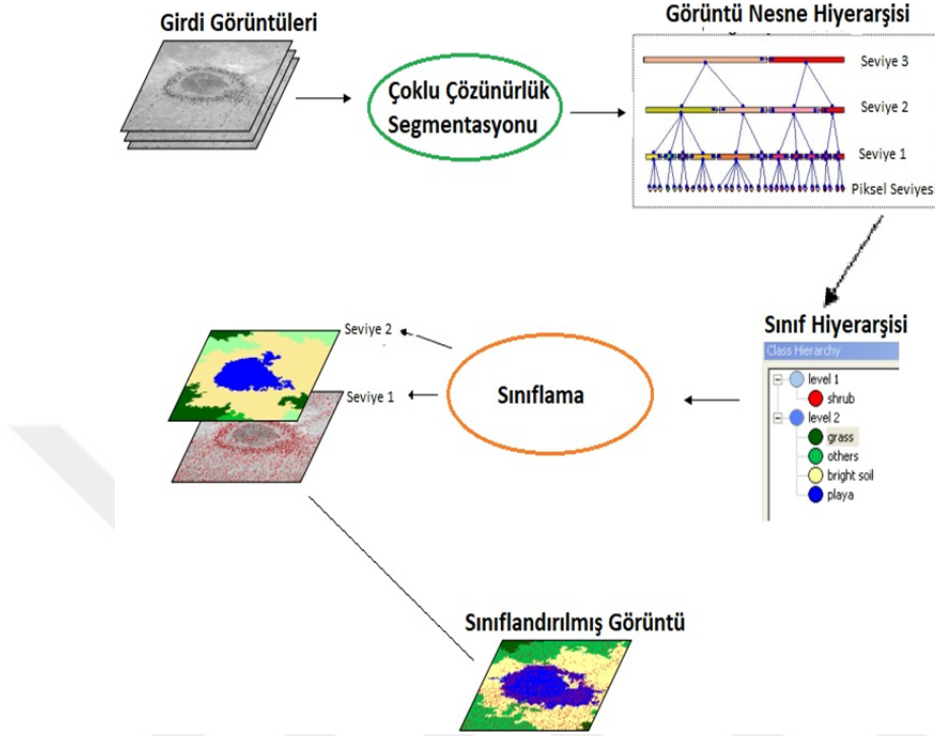
- Sıklık; Elde edilen görüntü nesnelere sıklık bakımından bütün olarak optimize eder.

Segmentasyon aşamasında belirlenen parametre değerleri katman ağırlıkları için 1, Ölçek için 20, Şekil faktörü için 0.3, renk için 0.7, sıklık ve pürüzsüzlük için ise 0.5'dir.



Şekil 3.2. Çoklu Çözünürlük Segmentasyon aşamaları.

İkinci aşama olan sınıflandırma ise oluşturulan segmentlerin (piksellerin gruplandırılması) yansıma değerleri, doku ve yapı özellikleri ve şekil gibi farklı nesne özelliklerine göre görüntünün sınıflandırılmasıdır. Bu aşamada, sınıflar ve sınıf hiyerarşisi belirlenir. Bu aşamada, sınıflar ve sınıf hiyerarşisi belirlendikten sonra en yakın komşu yöntemi ile sınıflama yapılmıştır.



Şekil 3.3. Sınıflandırma çalışmasının genel işleyiş şeması.

3.1.2.1.(2).(c). Bitki Yönetim Verisi

SWAT girdi verilerinden en önemliliklerinden biri olan bitki yönetim verisi bitkinin ekim zamanı, sulama metodu, sıklığı ve tipi, gübreleme miktarı ve gübre çeşidi, toprak sürüm tipi ve sıklığı gibi birçok veriden oluşmaktadır (Çizelge 3.2 ve 3.3). Aşağı Seyhan Havzası verimli topraklarından dolayı geniş bir ürün çeşidine sahiptir. Bu yüzden her bir tarım ürünü için gerekli veriler Gıda ve Tarım Bakanlığının veri tabanından elde edilmiştir.

Çizelge 3.2. SWAT bitki yönetim veritabanı (1.Kısım).

Bitki Yönetim Veritabanı	Açıklamalar
Plant/begin growing season	Specifik bir tarım ürününün HRU içerisinde büyümesini başlatır
İrrigation operation	Belirli bir günde belirlenen miktarda su HRU'ya uygulanır
Fertilizer operation	Belirli bitkisel besin maddeleri belirli oranlarda ve zamanlarda HRU'daki toprak serisine uygulanır
Pesticide application	Belirli bir günde HRU'daki toprak ya da suya belirli pestisitler uygulanır
Harvest and kill operation	Verim olarak belirlenen bitkinin parçası hasat edilir. HRU'daki verim alınır ve kalan bitki biokütlesi toprak yüzeyinde kalıntıya dönüştürülür.
Tillage operation	Toprak tabakası karıştırılarak besin maddelerinin toprağa karışması sağlanır
Harvest only operation	Verim olarak belirlenen bitkinin parçası hasat edilir. HRU'daki verim alınır
Kill/end of growing season	Bitki büyümesi durdurularak, kalan bitki biokütlesi toprak yüzeyinde kalıntıya dönüştürülür
Grazing operations	Bitki biokütlesi otlatma ile belli bir tarihe kadar kaldırılır ve aynı anda gübreleme sağlanır

Çizelge 3.3. SWAT bitki yönetim veritabanı (2.Kısım).

Bitki Yönetim Veritabanı	Açıklamalar
Auto irrigation	Otomatik sulama bitkinin su ihtiyacı ile başlar
Auto fertilizer	Otomatik gübreleme bitkinin nitrojen ihtiyacı eşğine ulaşması ile başlar
Street sweeping operations	HRU içerisinde sızdırmaz alanlarda tortu ve besleyici birikimi önlenir.
Release/impound	Pirinç ya da sulak alanlarda yetişen bitkiler için HRU içerisine su verilmesini sağlar
Continuous fertlization	Sürekli olarak toprak yüzeyine gübreleme yapılır
Continuous pesticides	Sürekli olarak bitki veya toprak yüzeyine ilaçlama yapılır
End of year rotation flag	Bu işlem ile operasyon sonlandırılır

Akdeniz ve Ege Bölgesinde sahil kesimlerinde yetiştirilen narenciye ürünlerini etkileyen en önemli etken sıcaklıktır. Aşağı Seyhan Havzası narenciye yetiştiriciliği için uygun bir iklim yapısına sahip olmasından dolayı, ekilen tarım

ürünlerinde önemli bir yere sahiptir. Narenciye bitkisinin iklim gereksinimi şu şekildedir; 12-13° C de gelişmeye başlar, 25-26° C'de hızlı gelişme olur, 32° C den sonra yavaşlar ve 39° C de durur. Sulama gereksinimi ise narenciye'nin yıllık su gereksinimi 800–1200 mm arasındadır. Bu miktarın bir kısmı yağışlarla sağlanır. Başlangıçta sulama aralığı 25–30 gün arasında iken, yaz aylarında 15–20 günde bir sulanır (Çizelge 3.4). Gübreleme gereksinimi ise Çizelge 3.5'de yer almaktadır. Hasat zamanı ise Aralık ve Ocak aylarıdır (Anonim,2007).

Çizelge 3.4. Narenciye sulama yöntemleri.

Sulama Yöntemleri	Sulama Miktarı	Uygulama Zamanı
Yüzey (Salma) Sulaması	650-750 (mm)	Mayıs-ekim döneminde
Yağmurlama Sulama	500-600 (mm)	Mayıs-ekim döneminde
Damla Sulama	300-400 (mm)	Mayıs-ekim döneminde

Çizelge 3.5. Narenciye gübreleme bilgisi (Kafa ve ark. 2010).

Gübre Tipi	Miktar	Uygulama Zamanı	Uygulama Şekli
Çiftlik gübresi	100 kg/ağaç	Ekim-Kasım	Toprak yüzeyi ve altına
Amonyum sülfat %21 N	Portakal 5 kg/ağaç; Limon 6 kg/ağaç	Ocak-Şubat	Taç altına serpiştirilebilir.
P	Portakal 0,8kg/ağaç; Limon 0,8 kg/ağaç	Kasım-Aralık	Toprak altına getirilmelidir.
Potasyum sülfat %50 K ₂ O	Portakal 2,0 kg/ağaç -Limon 2,0 kg/ağaç		
Mg	%1 MgSO ₄ veya Mg(NO ₃) ₂	Meyve tutumundan sonra	Toprağa püskürtme
Fe(g)	Fe-Kilyet 50-100, Demir sülfat 500-1000-1500	Şubat-Mart	Toprağa verilir
Zn	100 Lt-Su; 500 gr ZnSO ₄ ; 250 gr; soda ;200 gr üre	Meyve tutumundan sonra	Yaprak püskürtme
Mn			

Mısırın toplam üretimin yaklaşık yarısının gerçekleştirildiği Akdeniz bölgesi verim bakımından Türkiye ve Dünya ortalama veriminin üzerindedir. Aşağı Seyhan Havzasında mısır birincil ve ikincil ürün olarak ekilmektedir. Tarım ürünleri içerisinde en çok tercih edilen üründür. Mısır bitkisinin iklim gereksinimi şu şekildedir, 10-11 °C'de çimlenmeye başlar, 5-10 cm derinliğindeki toprak sıcaklığı 15 °C'ye ulaştığında çimlenme olayı hızlanır, sıcaklık 32 °C'ye ulaştığında kök ve sap uzamasında ani bir azalma görülür ve sıcaklık 40 °C'ye ulaşınca çimler ölür. Mısır üretimi için ideal sıcaklık 24-32 °C'ler arasındadır. Sulama gereksinimi ise birincil ve ikincil ürün mısır tarımında en fazla su tüketimi yaz aylarında gerçekleşmektedir. Mısır bitkisinin yıllık ortalama su ihtiyacı 500 mm'dir. Mısır tarımında kullanılan gübreler ise saf azot ve saf fosfordur. Mısırın ana ürün olarak ekilmesi Nisan ayı ortası ile Mayıs ayının ilk haftası, Mısır bitkisinin hasat zamanı çiçeklenmeden 45 ile 55 gün sonradır (Anonim 2015).

Soya bitkisinin ekimi uzun yıllar Karadeniz bölgesinde yapılır iken 2.ürün projesi ile Ege ve Akdeniz bölgelerinde ekimine başlanmış ve günümüzde en fazla ekimi Çukurova bölgesinde yapılmaktadır. Soya fasulyesinin iklim gereksinimi şu şekildedir, Mayıs-Eylül aylarında ortalama günlük sıcaklığın 25°C olduğu yerler soya üretimi için uygundur. Sulama gereksinimi ise yetiştirme dönemi boyunca 550-600 mm. Gübreleme gereksinimime baktığımızda ise soyanın ilk gelişmesini özendirme için saf azot kullanılır. Soya fasulyesi toprak sıcaklığının 12-13° C'yi bulduğu Nisan ayı ortasından itibaren ana ürün olarak ekilebilir. Hasat zamanı ise Eylül-Ekim aylarıdır (Anonim, 2018).

Çukurova'nın tarımsal ürünleri içerisinde eskiden önemli bir yer tutan ve Adana bölgesinde beyaz altın diye adlandırılan pamuk zaman içerisinde yerini daha kâr getiren tarımsal ürünlere bırakmıştır. Pamuk tarımında en önemli iklim faktörlerinin başında sıcaklık, gün ışığı, yağış ve oransal nem gelmektedir. Yıllık ortalama sıcaklığın 19°C, yaz ayları sıcaklığı ise 25°C olduğu ortamlarda yetiştirilebilir. Pamuk bitkisinin su ihtiyacı 400-600 mm kadardır. Aşağı Seyhan Havzasında pamuk 15-20 gün aralıklar ile 4 ya da 5 kez sulanabilir. Pamuk

tarımında kullanılan gübreler ise azotlu gübrelerdir. Pamuğun ekim zamanı 25 Mart-30 Nisan tarihleri arasında iken hasat zamanı ise Ağustos sonundan Kasım başına kadardır (Anonim, 2018).

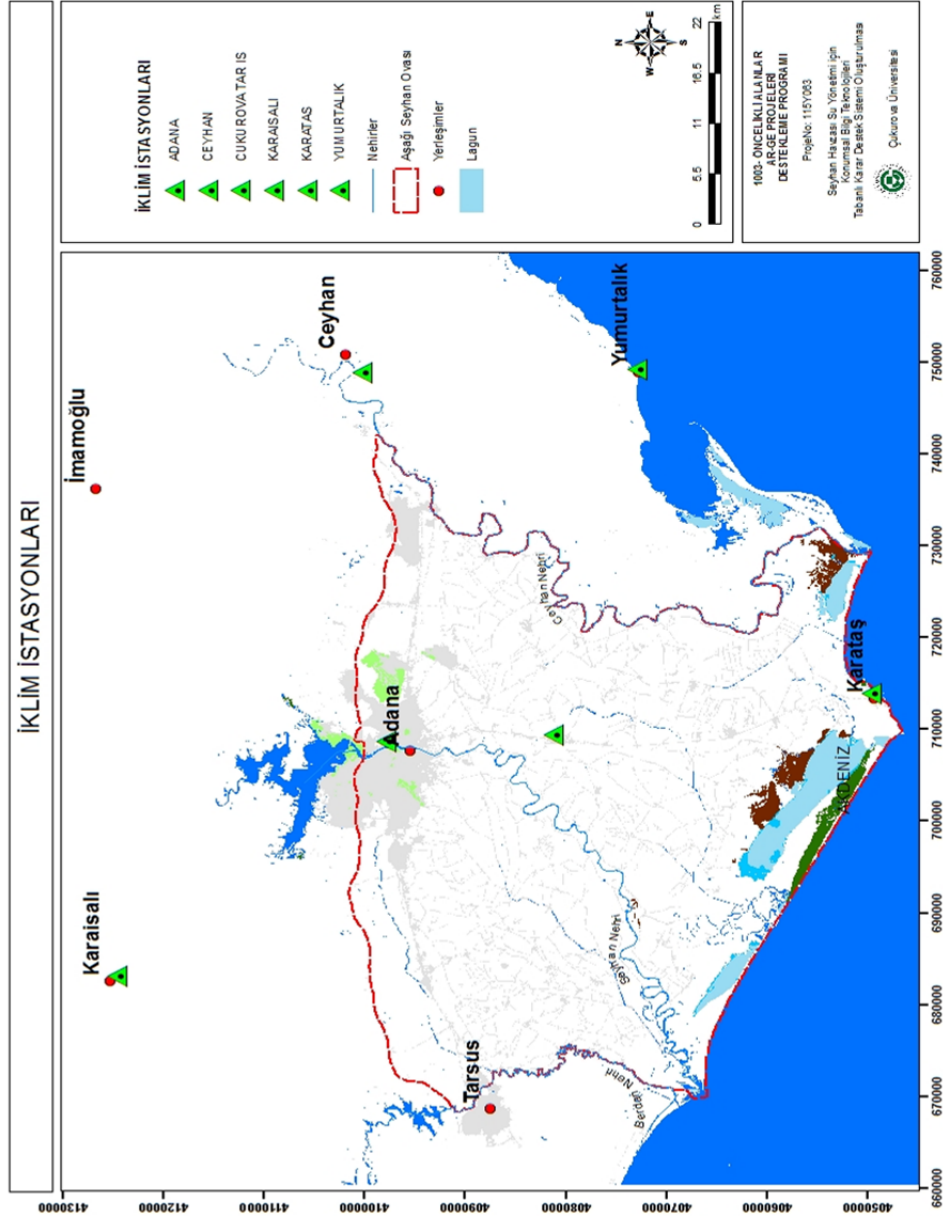
Buğday, tek yıllık bir bitki olup, her türlü iklim ve toprak koşullarında yetişebilecek, çok sayıda çeşide sahip olması nedeniyle, dünyanın hemen her tarafında yetiştirilmektedir. Aşağı Seyhan Havzasında ikinci ürün olarak mısır ve pamuktan sonra ekilmektedir. Buğdayın en düşük çimlenme sıcaklığı 3-5° C civarındadır. Buğday bitkisinin suya ihtiyaç duyduğu ve en fazla su tükettiği dönemleri sapa kalkma, başaklanma başlangıcı ve süt oluşumudur. Bu dönemlerde 2 defa sulanması yeterlidir. Buğdayın tarımında kullanılan gübreler ise azotlu gübrelerdir. Fosforlu gübrenin tamamı ile ekimle birlikte verilir iken azotlu gübrenin 1/3'ü ekimle birlikte, 1/3'ü kardeşlenme döneminde 1/3'ü sapa kalkma döneminde verilmektedir. Buğdayın erken ekim zamanı 15 Ekim – 15 Kasım arası, normal ekim zamanı 15 Kasım – 15 Aralık arası ve geç ekim zamanı 15 Aralık – 15 Ocak arasındadır. Hasat zamanı ise 25 Mayıs, Haziran – Temmuz aylarıdır (Anonim, 2018).

3.1.2.1.(2).(d). Toprak Verileri

SWAT hidrolojik modeli girdi verilerinden biri olan toprak haritası ve Aşağı Seyhan Havzasının toprak verileri, TUBITAK 115Y063 kodlu Öncelikli Alanlar projesinden temin edilmiştir. Eksik olan toprak verileri USDA Agricultural Research Service tarafından geliştirilen Soil Characteristics (Toprak Su özellikleri) modeli ile hesaplanmıştır. SWAT için gerekli bütün toprak parametreleri şunlardır toprak tabaka sayısı ve derinliği, Ph, su tutma kapasitesi, toplam porozite, kum, kil ve silt yüzdesi, hidrolik geçirgenlik katsayısı, toprak tekstürü, organik madde miktarı ve elektrik iletkenliğidir.

3.1.2.2. Zaman Serileri Seti

SWAT hidrolojik modelinin girdi verilerinden zamansal veri setini meteorolojik veriler oluşturmaktadır. Bunlar yağış (mm), maksimum ve minimum sıcaklık (°C), rüzgâr hızı (m/s), net radyasyon (MJ/m²/day) ve oransal nem (%)’dir. Bu veriler TUBITAK 115Y063 kodlu Öncelikli Alanlar projesinden temin edilmiştir. Çalışma alanı yakınında ve içinde yer alan meteoroloji istasyonlarından (Şekil 3.5) (Adana (17351), Karataş (17981), Karaisalı (17936), Ceyhan (17960), Yumurtalık (17979), Seyhan (17352)) elde edilen bu veriler daha sonra model için uygun formata dönüştürülmek için SWAT yardımcı modüllerinden biri olan ve SWAT Weather Database için önce uygun formatta, Access çizelgeleri hazırlanmıştır. Bu çizelgeler için Python üzerinde bir yardımcı ara yüz yapılmıştır. Bu çizelgeler ile gerekli istatistiksel veriler ve text dosyaları yardımcı ara yüz modeli ile üretilmiştir.



Şekil 3.4. İklim istasyonlarının konumu.

3.2. Metot

3.2.1. Hidrolojik Modelleme

Havzalarda meydana gelen olaylar ve bunların matematiksel birer ifadesi olan hidrolojik modeller, hidrolojik döngüyü esas alır. Bu işlem yağışın meydana gelmesini takiben, toprak ve bitkide tutulma, yerçekimi etkisiyle ve eğim doğrultusunda akışa geçme, derine sızma ve yer altı suyuna katkı, sulama, ve evapotranspirasyon unsurları ile birlikte yağmurun şiddetine bağlı olarak toprağın erozyonla taşınması ve birikmesi işlemlerinden oluşur. Son yıllarda geliştirilen birçok model, yukarıda sayılan işlemlere; toprak işleme, ilaçlama, gübreleme ve onların karşılıklı etkileşimleri ile oluşan kirlenme konularını da bir arada görme ve anlama imkânını sağlamıştır (Karataş, 2015). Son yıllarda, taşkın kontrolü, arazi kullanımı, iklim değişimi etkisi ve kirlilik kontrolü gibi alternatif yönetimsel uygulamalar içinde hidrolojik modeller giderek daha çok kullanılmaya başlanmıştır. En yaygın kullanılan havza modelleri TOPMODEL, HBV, MIKESHE ve SWAT'dır.

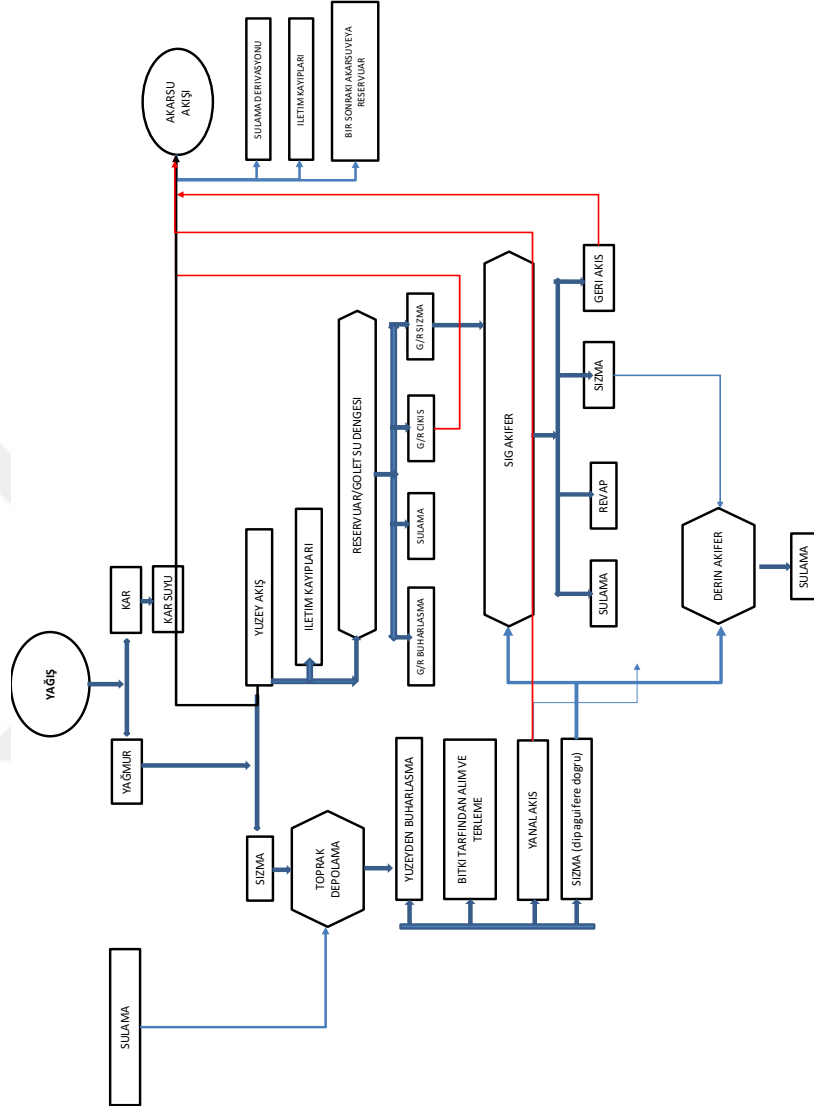
3.2.2. SWAT Hidrolojik Modeli

SWAT (Soil and Water Assessment Tool) , Amerika Tarım Derneği ve Texas A&M Üniversitesi işbirliği ile geliştirilen açık kaynaklı bir hidrolojik modeldir. SWAT hidrolojik modeli, küçük, büyük ve karmaşık havzalarda arazi kullanımının su, sediman, besin maddeleri, pestisit ve tarım kimyasalları üzerindeki etkilerini tahmin etmek için geliştirilmiş bir nehir havza modelidir (Wangpimool ve ark., 2013). Dünya genelinde tarımsal uygulamalar, arazi kullanımı ve iklim değişikliğinin su dengesi ve su kalitesine üzerindeki etkilerini modellemek için çok yaygın olarak kullanılmaktadır. SWAT çok geniş bir literatür ağına sahip olması en önemli avantajlarından biridir.

SWAT fiziksel tabanlı bir model olup, giriş-çıkış değişkenleri arasındaki ilişkiyi açıklamak için regresyon denklemlerini kullanmaz. Ayrıca, SWAT simülasyonlar için çok fazla parametre gerektirdiği için çok kapsamlı ve kompleks bir modeldir. İklim, topoğrafya, toprak ve bitki örtüsü özellikleri ve arazi kullanımı ile ilgili spesifik bilgi gerektirir. Bu sayede izleme verilerinin olmadığı yerler içinde modelleme yapmayı sağlar (Alp ve Özcan, 2015).

SWAT ana bileşenleri (Şekil 3.8) hidroloji, iklim, besin döngüsü, toprak sıcaklığı, sediman hareketi, bitki büyüme, tarımsal yönetim ve pestisit dinamiklerinden oluşmaktadır. SWAT modelinde su hareketleri Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de yer almaktadır.

SWAT genel olarak yüzey ve yer altı sularının kalitesi ve miktarının modellenmesinde, farklı arazi kullanımı/arazi yönetimi uygulamalarının ve iklim değişikliğinin çevresel etkilerinin tahmin edilmesinde, kirleticilerden gelen yüklerin hesaplanması ve en iyi yönetim uygulamalarının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılır.



Şekil 3.5. SWAT hidrolojik çalışma şeması.

SWAT hidrolojik döngüsü (Şekil 3.7) aşağıda yer alan denklem 3.1'e dayanmaktadır.

$$SW_t = SW_0 + \sum R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw} \quad (3.1)$$

SW_t: Nihai toprak su içeriği

SW₀: Başlangıç toprak su içeriği

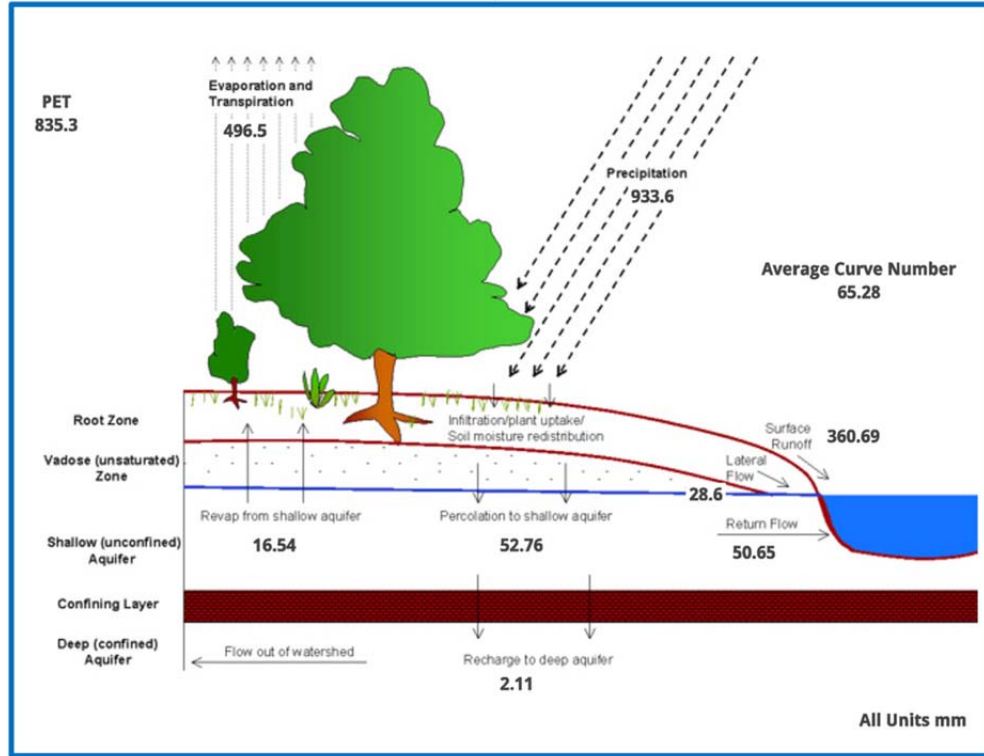
R_{day}: Yağış miktarı

Q_{surf}: Yüzeysel akış miktarı

ET: Evapotranspirasyon miktarı

W_{seep}: Vadoz bölgesine geçen su miktarı

Q_{gw}: Geri dönüş akımı miktarı



Şekil 3.6. SWAT hidrolojik model ara yüzü.

Ayrıca, SWAT su yönlendirmesi için, suyun akış hızını ve akış oranını belirlemek için Manning'in denklemi kullanır. Su Depolama yönlendirme yöntemi

veya Muskingum River yönlendirme yöntemi ile kanal ağı üzerinden yönlendirilir. Manning denklemi (3.2) (Abbaspour et al., 2007) kanal içerisindeki uniform akış'ın hızını ve oranını belirlemek için kullanılır.

$$Q_{ch} = \frac{A_{ch} * R_{ch}^{\frac{2}{3}} * slp_{ch}^{\frac{1}{2}}}{n}, v_c = \frac{R_{ch}^{\frac{2}{3}} * slp_{ch}^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (3.2)$$

Q_{ch} : Birim zamanda akan su miktarı kanal içerisinde ($m^3/sn.$)

A_{ch} : Kanalın enine kesiti (m^2)

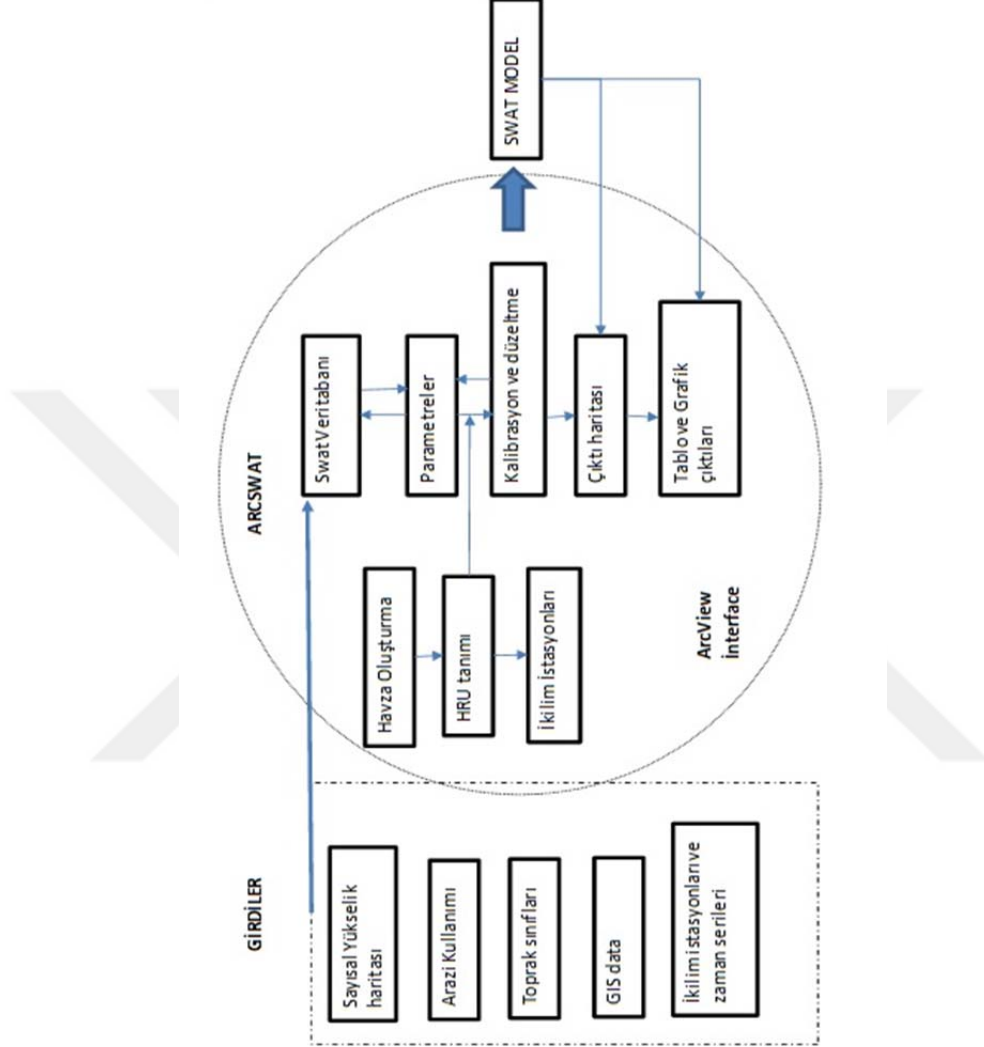
R_{ch} : Belirli bir derinlikteki hidrolik yarıçap (m)

Slp : Eğim kanal uzunluğu boyunca (m/m)

N : Manning katsayısı

V_c : Akış hızı (m/s)

SWAT kavramsal çalışma prensibi Şekil 3.6'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. SWAT çalışma şeması.

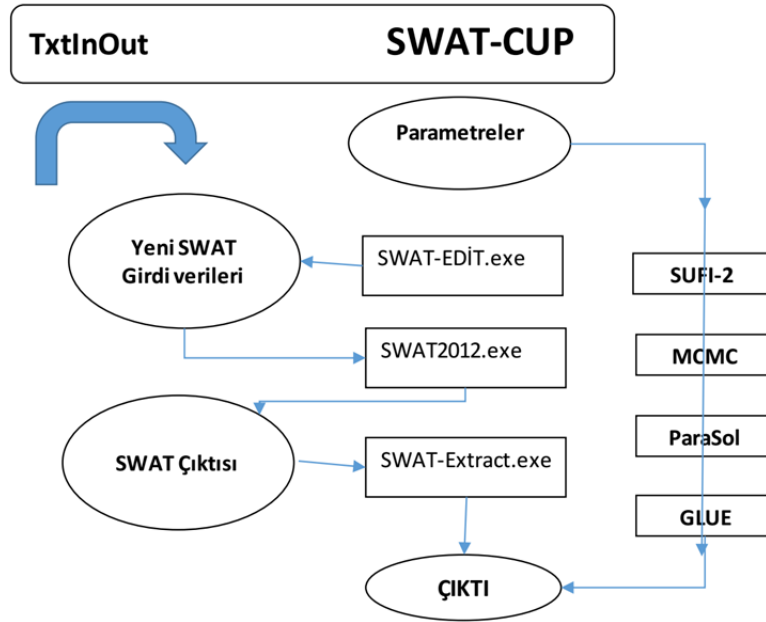
3.2.3. SWAT-CUP Programı ve SUFI-2 Algoritması

Su kaynaklarının üzerinde hidrolojik modellerin düzgün ve başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için, kalibrasyon ve tahmin belirsizlik analizi yapılması gereklidir. Hidrolojik modeller ile elde edilen verilerin ya da sonuçların doğruluğu çalışma alanından elde edilen ölçüm sonuçları ile karşılaştırılarak yapılır.

Kalibrasyon, hidrolojik model katsayılarının değiştirilmesi ya da ince ayar yapılması suretiyle ölçüm verilerinin model çıktı verileri ile uyumlarının sağlanması olarak tanımlanabilir.

SWAT_CUP (Kalibrasyon ve belirsizlik programı) İsviçre Federal Enstitüsü tarafından SWAT hidrolojik modelinin kalibrasyon, validasyon ve belirsizlik sonuçlarını analiz etmek için geliştirilmiştir. SWAT_CUP içerisindeki modüllerin işleyişi şu şekildedir (Şekil 3.9).

- SWAT-EDİT oluşturulan proje üzerinde değişiklik yapmaya olanak sağlar.
- SWAT2012 ise projenin üretildiği ana hidrolojik modeldir.
- SWAT-Extract, üretilen verilerin istenilen formatta dışarı aktaran bir yardımcı modüldür.



Şekil 3.8. SWAT_CUP işleyiş şeması (Abbaspour ve ark., 2007).

SWAT_CUP dört farklı yaklaşım içermektedir. Bunlar SUFI-2 (Sequential Uncertainty Fitting), GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty), ParaSol (Parameter Solution), MCMC (Mark chain Monte Carlo)'dur.

SUFI-2, belirsizlik parametreleri, tek düze dağılım olarak ifade edilebilir ve belirsizliklerin bütün kaynaklarını açıklamaya yarar. Örneğin dinamik değişkenleri, kavramsal model, parametreler ve ölçülen verilerdeki belirsizlikler gibi (Abbaspour ve ark., 2007).

GLUE, genelleştirilmiş olasılık belirsizlik tahmini, ağırlık tahmini veya farklı parametreler ile ilişkili olasılık tahminine dayanan bir yaklaşımdır. Ayrıca, GLUE, bir sonsal olasılık fonksiyonu türetmek için bir öznel ölçü kullanımına dayanarak, çıktı değişkenlerinin tahmini olasılıklarını türetmek için kullanılır (Beven ve Binley, 1992).

Parasol, parametrelili çözüm yöntemi, amaç yâda objektif fonksiyonları küresel bir kriter içerisine toplayıp, The SCE-UA (Shuffled complex evaluation) algoritması ile minimize eder (Griensven ve Meixner, 2006).

MCMC, sonsal dağılım ile uyumlu bir rasgele yürüyüş örnekleri oluşturur ve Bu basit teknikler The Metropolis Hasting algoritmasına dayanır (Kuczera ve Parent, 1998).

3.2.3.1. SUFI2 Kavramsal Temeli

“Deterministic” yaklaşım artık günümüz şartlarına uymayan ve Kabul edilebilirliği olmayan bir yaklaşımdır. Çünkü deterministic yaklaşım deneme yanılma esasına dayanmaktadır. Yani, gözlem ile simüle edilen verileri arasında en iyi eşlemeyi bulana kadar, parametrelerin sürekli değiştirilip ayarlanmasıdır. ARCSWAT içerisinde yer alan manuel kalibrasyon bu yaklaşımı kullanmaktadır. SWAT_CUP (Kalibrasyon ve belirsizlik programı) geliştirildikten sonra ise deterministic yaklaşım yerini Stochastic yaklaşıma bırakmıştır.

“Stochastic” yaklaşım içerisinde, doğal sistem işleyişi üzerindeki bilgi eksikliğimiz göz önüne alındığında, hatalar ve belirsizlikler tanınabilir ve belli derecede yakalanabilir. Belirsizlik ve kalibrasyon arasındaki yakın bir ilişki vardır ve belirsizlik olmadan yapılan kalibrasyon kabul edilebilir değildir. SUFI2 yaklaşımında, belirsizlik parametre aralıkları olarak ifade edilir. Belirsizliklerin parametre aralıklarındaki yayılımını %95 olasılık dağılımı olarak ifade edilen model çıktı değişkenlerinde belirsizliğe neden olmaktadır. Latin hiperküp örnekleme kullanılarak, parametre belirsizliklerinin dağılımı ile oluşturulan bir çıktı değişkeninin kümülatif dağılımının % 2.5 ve % 97.5'nin hesaplanması yapılarak % 95 tahmini belirsizlik (95PPU) bulunur. Bu 95PPU'lar “Stochastic” kalibrasyon yaklaşımında model çıktılarıdır. 95PPU, Bazı parametre aralıklarıyla üretilen ve iyi çözümlerden oluşan bir zarfı temsil etmektedir.

P-faktörü, 95PPU ile kuşatılmış gözlemlenen verilerin yüzdesidir. R-faktörü, 95PPU zarfın kalınlığıdır. SUFI2, bu iki faktörün makul değerlerini elde etmeye çalışarak, elde edilen en iyi sonuçların çoğunu 95PPU'luk zarf içinde toplamaya çalışır ve her kalibrasyon denemesinden sonra 95PPU'luk zarf giderek küçülür.

Bu iki faktör için önerilen değerler; akım verisi için P- faktörü $> \% 70$ ve R faktörü için ise yaklaşık 1'dir. Diğerleri için daha küçük bir P faktörü ve daha büyük bir R faktörü kabul edilebilir. SUFI2 genellikle birkaç iterasyon yaparak çalışır. Her iterasyondan sonra yeni parametre aralıkları elde edilir ve yeni aralıklar her iterasyonda daha da daralarak en iyi çözüm aralığı çevresinde toplanır.

SUFI2 algoritması objektif fonksiyonları; MULT, SUM, R2, Chi2, NS, bR2, SSQR, PBIAS, KGE, RSR ve MNS'dir. Bu objektif fonksiyonların denklemsel gösterimi aşağıda yer almaktadır.

1. Karekök hatasının çarpımsal formu (Mult: A multiplicative form of the square error) (Denklem 3.3) (Abbaspour ve ark., 2007).

$$g = \frac{\sum_i (Q_m - Q_s)_i^2}{nQ} * \frac{\sum_i (S_m - S_s)_i^2}{nS} * \frac{\sum_i (N_m - N_s)_i^2}{nN} \quad (3.3)$$

2. Toplamsal karekök hatası (Sum: The summed square error) (Denklem 3.4) (Abbaspour ve ark., 2007).

$$g = w1 \sum_i^{n1} (Q_m - Q_s)_i^2 + w2 \sum_i^{n1} (S_m - S_s)_i^2 + w3 \sum_i^{n1} (N_m - N_s)_i^2 + \quad (3.4)$$

3. Belirleme katsayısı (R2: The coefficient of determination). R2 gözlemlenen verideki toplam değişimin orantısıdır. R2 değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir.1 değerine yaklaştıkça gözlemlenen ve simule edilen verilerin bir biriyle tutarlılığı artar (Denklem 3.5) (Nagelkerke,1991).

$$R^2 = \frac{[\sum_{t=1}^T (Q_m^t - Q_m^-)(Q_o^t - Q_o^-)^2]}{\sum_{t=1}^T (Q_m^t - Q_m^-)^2 \sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_o^-)^2} \quad (3.5)$$

4. Ki-kare (Chi2: Chi-squared) (Denklem 3.6) (Lancaster ve Seneta, 1969).

$$X^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (Q_m^t - Q_o)}{\sigma_Q^2} \quad (3.6)$$

5. Nash-Sutcliffe katsayısı (NS: Nash-Sutcliffe coefficient). NSE değeri simule edilen veri ile gözlemlenen verinin birbiriyle ne kadar uyumlu olduğunu göstermektedir(1:1 scale).-∞ ile 1 arasında değişmektedir (Denklem 3.7) (Nash Sutcliffe, 1970).

$$N_{SE} = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_m^-)^2} \quad (3.7)$$

6. Belirleme katsayısının simüle ve gözlenen verilerinin regresyon katsayıları ile çarpılması (bR2: the coefficient of determination multiplied by the coefficient of the regression between simulated and measured data) (Denklem 3.8) (Krause ve ark., 2005).

$$\phi = f(x) = \begin{cases} |b|R^2, & \text{if } |b| \leq 1 \\ |b|^{-1}R^2, & \text{if } |b| > 1 \end{cases} \quad (3.8)$$

7. SSQR metot ile gözlemlenen ve simüle edilen serilerin frekans dağılımlarının bir birini yakalaması amaçlanmaktadır (Denklem 3.9) (Griensven ve Bauwens, 2003).

$$SSQR = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Q_m - Q_s]^2 \quad (3.9)$$

8. PBIAS simüle edilen verinin gözlemlenen veriden daha küçük ya da daha büyük olma eğiliminin ortalamasıdır. PBIAS için küçük değerler tercih edilir. Positive değerler olduğundan fazla tahmin edilmiş bias değerini gösterir iken negative değerler ise bias değerinin olduğundan daha küçük tahmin edildiğini göstermektedir (Denklem 3.10) (Gupta ve ark., 1999).

$$PBIAS = 100 * \frac{\sum_{i=1}^n (Q_m - Q_s)_i}{\sum_{i=1}^n Q_m} \quad (3.10)$$

9. Kling-Gupta Efficiency (KGE) (Denklem 3.11) (Gupta ve ark., 2009).

$$KGE = 1 - \sqrt{(r - 1)^2 + (\alpha - 1)^2 + (\beta - 1)^2} \quad (3.11)$$

10. RSR, değeri 0 ile pozitif değerler arasında değişmektedir. Daha küçük RSR değeri, daha iyi model uyumu demektir ve bu yönüyle Chi2 çok benzemektedir.(Denklem 3.12) (Moriasi ve ark.,2007).

$$RSR = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_m - Q_s)_i^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_m - \bar{Q}_m)^2}} \quad (3.12)$$

11. Motife edilmiş Nash-Sutcliffe katsayısı (MNS: Modified Nash-Sutcliffe).Eğer p=2 ise, bu NS değerini göstermektedir fakat eğer p=1 ise normal değerinden fazla tahmin edilen bir grafiğin tepe noktası önemli ölçüde düşer. Bu modifiye edilmiş form aşırı ve düşük tahminlere karşı çok daha hassastır. p değerini arttırarak (2+) ,modelin aşırı akım yada akışa karşı hassasiyeti de artmış olur. Özellikle taşkın tahminlerinde kullanımı uygundur (Denklem 3.13) (Krause ve ark., 2005).

$$NS = 1 - \frac{\sum_i |Q_m - Q_s|_i^p}{\sum_i |Q_m - \bar{Q}_m|_i^p} \quad (3.13)$$

Denklemlerin kısaltmalarının açıklamaları;

Q_o / Q_s = Gözlemlenen akım verisi (observed discharge /measured discharge)

Q_m / Q_s = Modellenen akım verisi (modeled discharge /simulated discharge)

Q_o = Ortalama gözlemlenen akım verisi (mean observed discharge)

Q_t = t zamandaki akım verisi (discharge at time t)

σ_s = Modellenen verinin standart sapması (Standart deviation of simulated data)

σ_m = Gözlemlenen verinin standart sapması (Standart deviation of measured data)

μ_s = Modellenen verinin ortalaması (Mean value of simulated data)

μ_m = Gözlemlenen verinin ortalaması (Mean value of measured data)

$$\alpha = \frac{\sigma_s}{\sigma_m}, \beta = \frac{\mu_s}{\mu_m}$$

The Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) ve R2 yaklaşımı hidrolojik modellemeler için en çok kullanılan yaklaşımdır. Bu yaklaşımların performans kriterleri Çizelge 3.4'de yer almaktadır.

Çizelge 3.6. Model istatistikleri için genel performans değerlendirmesi (Moriasi ve ark., 2007).

İstatistik Değer	Performans kriterleri			
	Yetersiz	Yeterli	İyi	Çok iyi
NSE	0.5<	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.1
R2	0.5<	0.5-0.65	0.65-0.75	0.75-1
PBIAS	25>	15-25	15-Oct	10<

3.2.3.1.(1). Hassasiyet Analiz Aşamaları

Kalibrasyon için gerekli doğru parametreleri belirlemek için SWAT_CUP'da iki farklı parametre hassasiyet analiz metodu yer almaktadır. Bunlar küresel hassasiyet analizi (Global Sensivity Analysis) ve Zamansal hassasiyet analizidir (One-At-A-Time Sensitivity Analysis).

3.2.3.1.(1).(a). Küresel Hassasiyet analizi

Parametre hassasiyetleri çoklu regresyon sistemi ile hesaplanır. Çoklu regresyon denklemi ile her bir parametrenin istatistiksel hassasiyet sayısı elde edilir. t-stat, bir parametrenin katsayısının kendisinin standart hatasına bölünmesi ile edilir. Eğer parametre katsayısı standart hatadan daha büyükse ise (>0) o parametre duyarlıdır denebilir. P-value, bir parametrenin t-stat değerinin student-t dağılımı tablosundaki karşılığıdır. Daha büyük t-stat ile daha küçük p-value o parametrenin kalibrasyondaki değişiklere duyarlı olduğunu göstermektedir.

Örneğin;

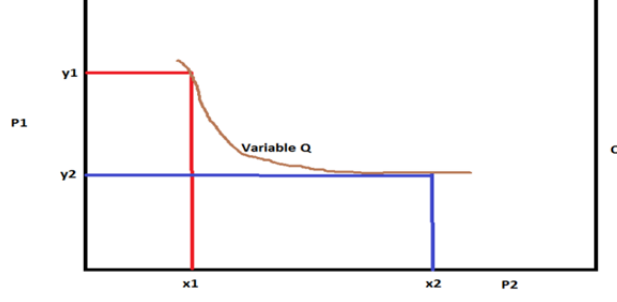
PARAMETRE	t-stat	p-value
V-SURLAG. bsn	0.269430157	0.787721
V-SOL_AWC. sol	3.800896057	0.000163
V-FLOWMIN. mgt	3.642131478	0.0003

Yukardaki tabloda t-stat değeri en yüksek, p-value değeri en düşük olan V-SOL_AWC. sol parametresi en duyarlı parameter iken, V-FLOWMIN.mgt parametresi ikinci en duyarlı, V-SURLAG.bsn üçüncü duyarlı parametredir. Fakat V-SOL_CBN(..).sol parametresi ise kalibrasyondaki değişimlere duyarlı değildir.

3.2.3.1.(1).(b). Zamansal Hassasiyet Analizi

Zamansal hassasiyet analizi. Bir değişkenin duyarlılığının bir parametredeki değişime verdiği tepkidir (diğer bütün parametreler sabit tutulur). Örneğin, aşağıdaki grafikte (Şekil 3.10), P1 parametresinin değeri sabit tutulursa y1 noktasında, Q değişkenindeki en küçük değişim, P2 değerindeki büyük değişime sebep olacaktır. Buda P2 parametresinin değişimlere hassas olduğunu göstermektedir. Eğer P1 parametresi y2 noktasında sabit tutulursa, Q değişkeninde değişiklik olmayacağından, x2 değeri çevresindeki P2 parametresi değeri

değişmeyecektir. Bu yüzden P2 parametresi değişimlere hassas değildir sonucu çıkmaktadır.



Şekil 3.9. Zamansal hassasiyet analiz prensibi.

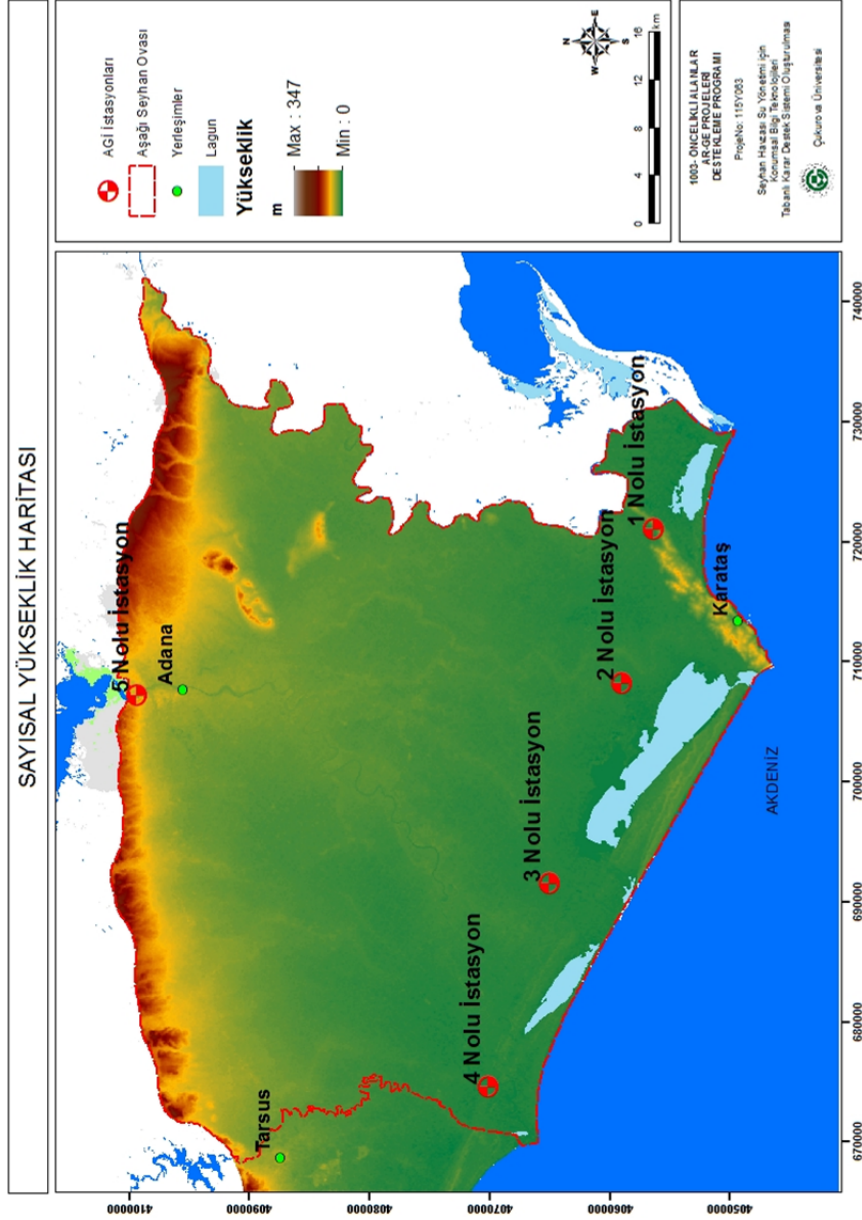
Zamansal hassasiyet analizi yapılır iken, önce bir parametre seçilir ve en az 3 defa olmak şartı ile kalibrasyon programı SUFI2_pre.bat ve SUFI2_run.bat ile çalıştırılır. Elde edilen grafikler, bir parametrenin belirlenen aralıkta ne kadar hassas olduğunu verir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

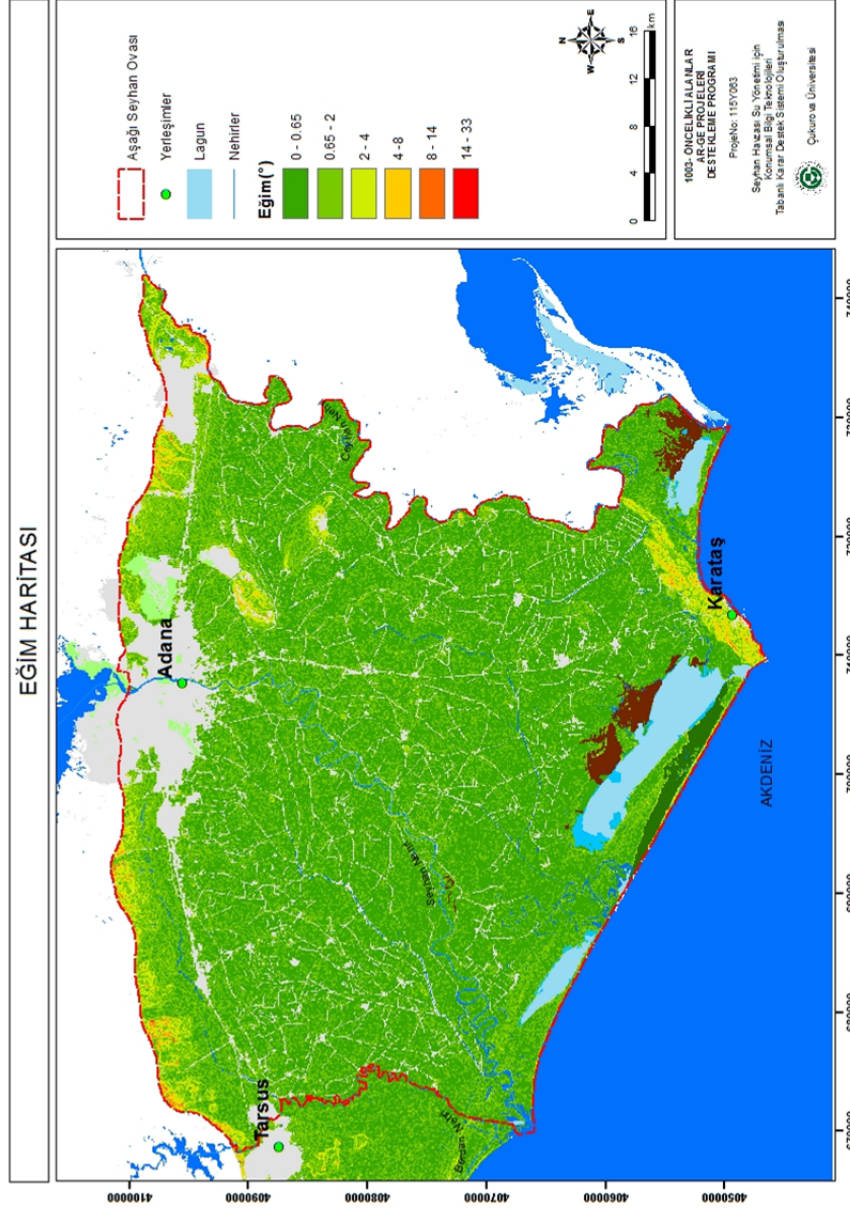
4.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

Aşağı Seyhan Havzası (ASH), Seyhan Havzasının delta kısmında yer alır. Seyhan Irmağı havzayı ikiye böler. Seyhan ile Berdan akarsuları arasında kalan kısma Tarsus Ovası, Seyhan akarsuyu ile Ceyhan akarsuyu arasında kalan kısma Yüreğir Ovası adı verilmektedir (Donma, 2008). ASH'nın topoğrafyası düz ve düze yakındır. Ovanın kuzey kesimlerinde deniz seviyesinden maksimum yükseklik 40 m ile başlamakta güneye doğru inildikçe yükseklik 0 metrelere kadar inmektedir. Eğim % 1 ile % 5 arasında değişmektedir.

ASH'nın düz ve düze yakın topoğrafyasının hidrolojik modelleme yaklaşımına dâhil edilebilmesi, alandaki su hareketinin ve su kaynaklarının yönetilmesi için önemlidir. Bu amaç ile ASTAR GDEM sitesinden elde edilen 90 m yersel çözünürlükteki sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır. SYM, hidrolojik modellemenin en temel girdi verilerinden biridir ve bölgenin yükseltisi ve topoğrafik yapısı hakkında bilgi verir. SWAT modelinde, havza ve alt havzalar, suyun çıkış noktaları ile eğer baraj varsa varolan barajın tanımı SYM ile yapılır. SWAT, havza tanımlama kısmında eğim, bakı, nehir ağları ve kollarının ortaya çıkarılması işlemini SYM vasıtasıyla üretmektedir. Eğim miktarı ve bakı yönlerinin tespiti ile suyun havza içerisindeki hareketleri ve hareket yönü tespit edilmiş olur. ASH, düşük eğim grubuna girmektedir. Topografya neredeyse düzdür. Eğim haritası (Şekil 4.2) ve SYM (Şekil 4.1) baktığımızda, havzanın 0-5 ° eğim grubuna girdiğini, yükseltinin ise 0-20 m aralığında (Şekil 4.3) olduğu söylenebilir. SYM istatistiksel verilerine (Çizelge 4.1) baktığımızda ortalama yükseklik 10 m iken maksimum yükseklik 62 m'dir.



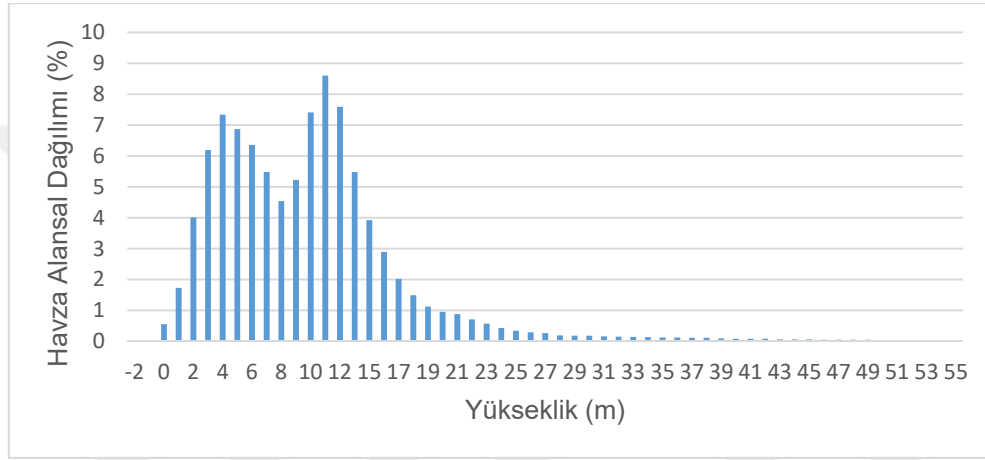
Şekil 4.1. Aşağı Seyhan Havzası Sayısal Yükseklik Modeli.



Şekil 4.2. Aşağı Seyhan Havzası eğim haritası.

Çizelge 4.1. Aşağı Seyhan Havzası sayısal yükseklik haritası istatistiksel verileri.

SYM İstatistiksel Değerler (m)			
Min. Yükseklik	-2	Mean Yükseklik	10.2
Max. Yükseklik	62	Std Sapma	6.78



Şekil 4.3. Aşağı Seyhan Havzası yükseklik alansal dağılım grafiği.

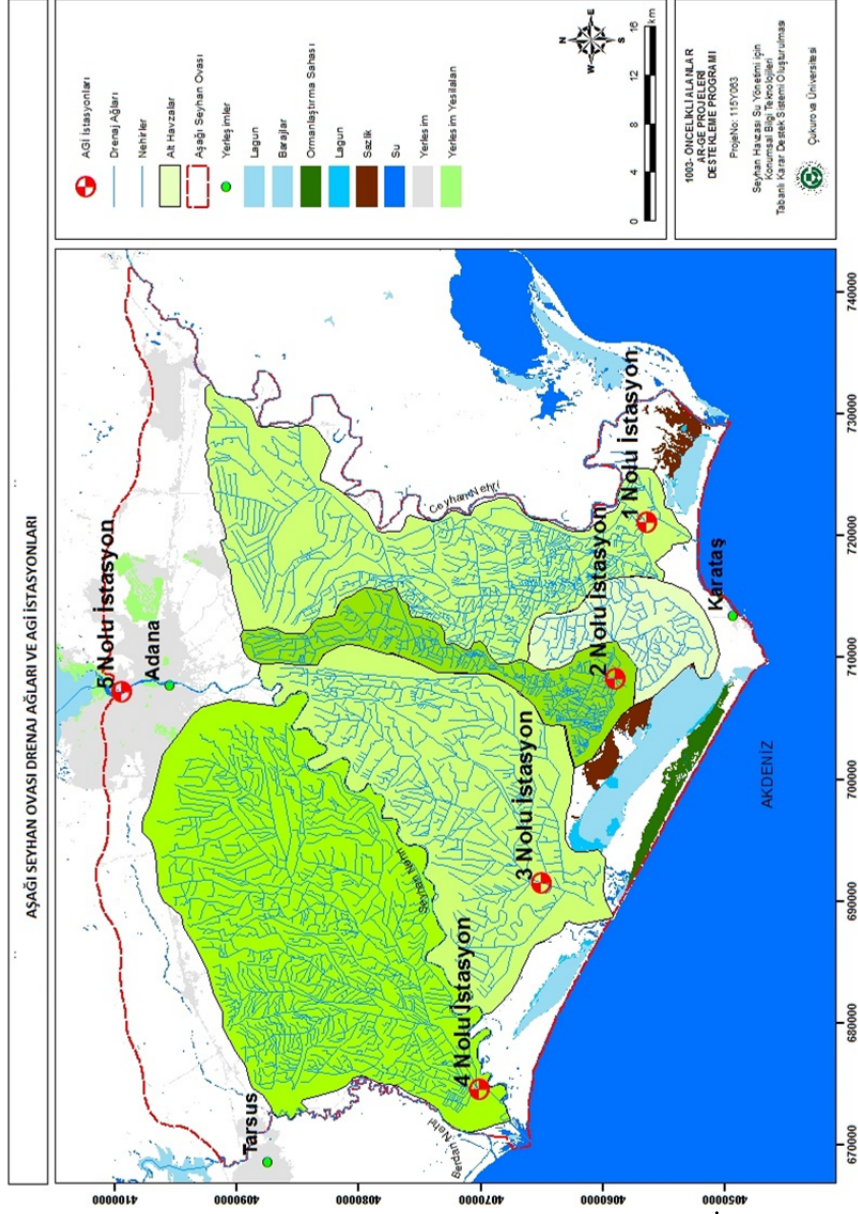
4.1.1. Drenaj Ağları ve Alt Havzalar

Aşağı Seyhan Havzası topoğrafik olarak neredeyse düz bir topoğrafyaya sahiptir ve suyun doğal bir şekilde tüm ovayı beslemesi oldukça zordur. Bu yüzden, Aşağı Seyhan Havzasının temel tarımsal sulama ihtiyacını karşılamak için, yapay drenaj ağları yapılarak, belli aralıklar ile Seyhan barajından bu yapay sulama kanallarına su aktarılmaktadır. Bu yapay drenaj ağları eğim yada suyun akış yönü baz alınarak yapılmak yerine tarımsal sulamanın ihtiyaç duyulduğu alanlara yapılmış ve drenaj ağlarının bu yüzden yönleri su akışının tersine olmuştur. Havzasının neredeyse düz yapısı nedeniyle suyun drenaj ağları içerisindeki hareketi, belli dönem ve günlerde DSİ tarafından kurulan pompalar ile yapılmaktadır.

SWAT hidrolojik modeli, Havza tanımlama (Watershed delineation) aşamasında dijital yükseklik haritası temelli metot (Dem based) ile üretilen havzalarda şu sorunlar ile karşılaşmıştır.

- a) Üretilen havza, nehir ve nehir kolları gerçekleri ile uyuşmamaktadır.
- b) Drenaj ağlarının birçoğu eğim yönünde yapılmadığından, SWAT bu drenaj ağlarını çıkaramamaktadır.
- c) Arazinin düşük eğimli olmasından dolayı nehir kolları birbiriyle bağlantısı kopuktur.
- d) Üretilen nehir kollarının eğim yönü yerine farklı yönlerde olduğu fark edilmiştir.
- e) Üretilen nehir kollarının basitleştirmek ya da düzeltmek çok zaman almakta ve düzeltme işleminden sonra bile düzgün sonuçlar elde edilememiştir.
- f) SWAT yayvan nehirleri tanımlamakta başarısız kalmaktadır.

Bu yüzden bölgedeki drenaj ağları ve alt havzalar (Şekil 4.4) CBS ortamında çizilip SWAT için uygun formata dönüştürüldükten sonra sisteme tanıtılmıştır. Drenaj kanalları üzerine dört adet akım gözlem istasyonu (AGİ) kurulmuştur (Şekil 4.4) ve kurulan ölçüm istasyonları sisteme outlet olarak tanımlanmıştır. SWAT hidrolojik modeli çalıştırılarak, gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuca göre, düşük eğim grubunda olan bölgeler için nehir ve havzaların CBS ortamında tekrar tanımlanmasının gerekliliğini göstermektedir.



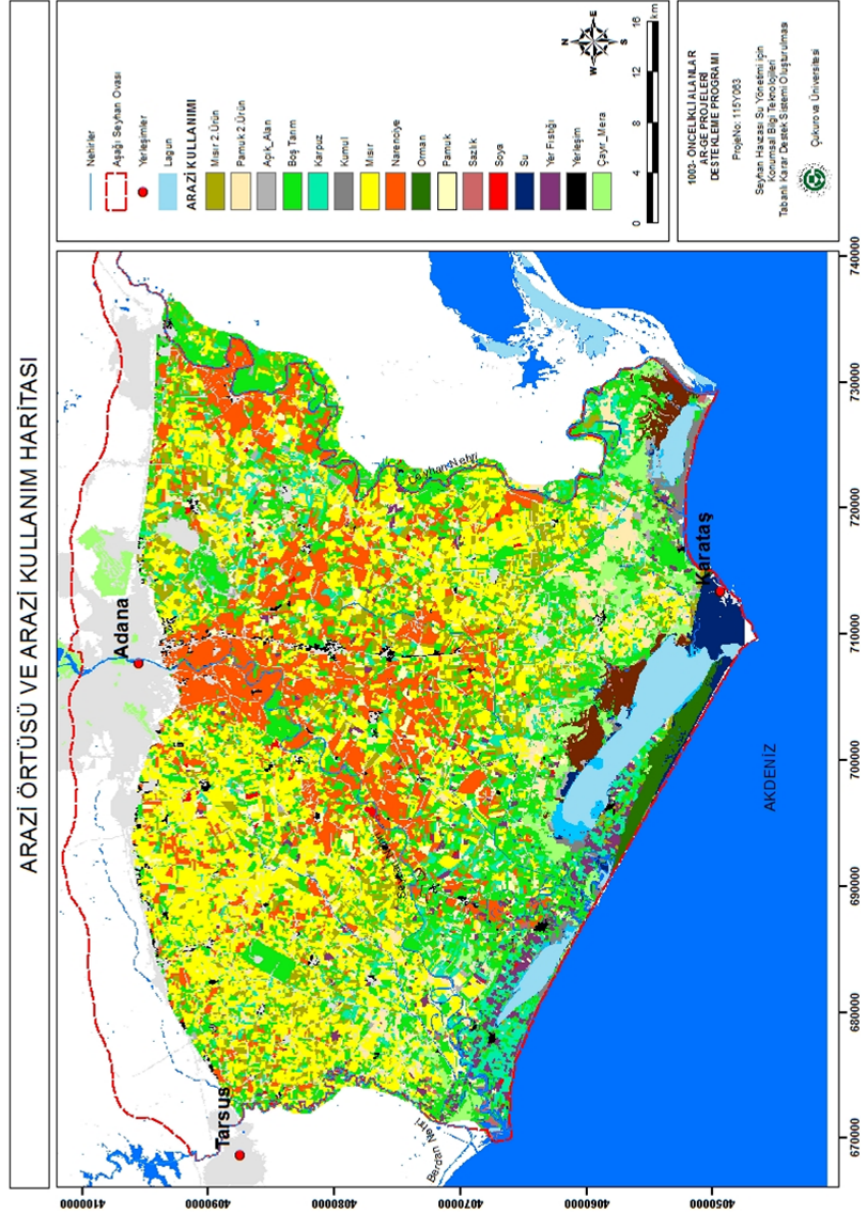
Şekil 4.4. Aşağı Seyhan Havzası drenaj ağları, alt havzalar ve AĞI istasyonları.

4.1.2. Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü Haritası

Aşağı Seyhan Havzası geniş bir tarım ürünü çeşitliliğine sahiptir. Akdeniz ikliminin hâkim olduğu havzada mısır (1. ve 2. Ürün), narenciye, soya fasulyesi (1. ve 2. Ürün), yer fıstığı, pamuk, buğday, kavun, karpuz ve sebzeler ile farklı tip meyve ağaçları yetiştirilmektedir. Tarımsal ürünlerden en geniş ekim alanına sahip olan ürün Mısır ve narenciye iken beyaz altın diye bilinen pamuk en az ekim alanına sahiptir. Gelişen teknoloji ile modern tarımın yapıldığı havzada, drenaj ağları vasıtasıyla geniş bir sulama imkânına sahiptir. Buda tarımsal ürün çeşitliliğini arttırmıştır. SWAT modelinin girdi verilerinden biri olan arazi kullanım haritası (Şekil. 4.5) CBS ortamında hazırlanıp, modele tanımlanmıştır. Aşağı Seyhan Havzasına ait arazi kullanım yüzdeleri Çizelge 4.2’de yer almaktadır.

Çizelge 4.2. Aşağı Seyhan Havzası arazi kullanım yüzdeleri.

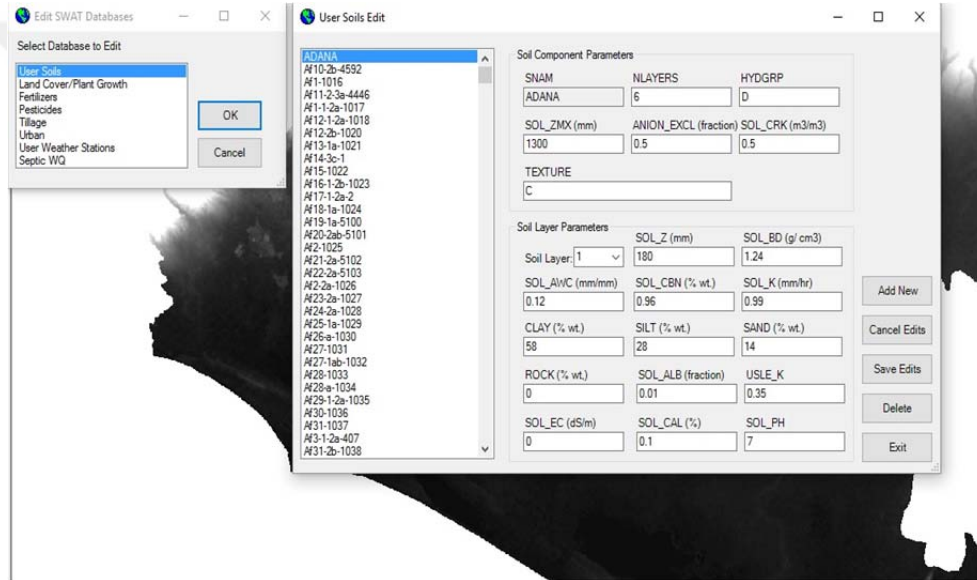
Aşağı Seyhan Havzası			
Tarımsal Ürün	Alan(%)	Tarımsal Ürün	Alan(%)
Pamuk	1.0	Boş Tarım	24.0
Mısır	25.8	Yerleşim	1.9
Mısır (2.Ürün)	7.5	Narenciye	14.0
Soya Fasulyesi	4.1	Kumul	0.9
Karpuz	2.9	Orman	0.5
Yer fıstığı	2.0	Çayır-Mera	3.0
Su	8.0	Açık Alan	1.4
Pamuk (2. Ürün)	1.5	Sazlık	1.3



Şekil 4.5. Aşağı Seyhan Havzası arazi kullanım haritası.

4.1.3. Toprak Serileri ve Toprak Haritası

Toprak haritası ve toprak serileri bilgileri SWAT modeli için girdi verisi olarak kullanılmıştır. Toprak hidrolojik döngü içerisinde çok önemli bir yere sahiptir. Havzadaki toprak serilerinin (Çizelge 4.3) fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyi bilinmesi, havzanın hidrolojik döngüsünü anlamak açısından önemlidir. Toprak haritası (Şekil 4.7) sisteme tanımlandıktan sonra toprak serileri bilgileri SWAT toprak veri tabanına (Şekil 4.6 ve Çizelge 4.4) işlenmiştir.



Şekil 4.6. SWAT toprak Veritabanı.

Çizelge 4.3.Aşağı Seyhan Havzası toprak serileri (Dinç ve ark,1990).

Seri Adı	Kum	Silt	Kil	Tarla Kap.	Hacim	Ph	Toplam Derinlik	Toplam Alan
	%				gr/cm ³		mm	ha
İncirlik	61	25	14	42	1.52	7.6	1500	15046
Arıklı	6	32	62	48	1.36	7.6	1500	52157
İnnaplı	23	23	54	43	1.44	7.3	1400	2844
Pekmez	7	38	55	40	1.53	7.9	1200	1418
Arpacı	9	38	53	43	1.46	7.7	1100	22965
Çanakçı	25	47	28	43	1.47	7.5	1500	30571
Oymaklı	55	23	22	36	1.62	7.6	1250	13045
Mürsel	22	53	25	51	1.32	7.5	1400	10584
Helvacı	10	22	68	40	1.53	7.3	1200	9808
Baharlı	78	10	12	50	1.33	7.9	1500	6344
Seyhan	43	27	30	43	1.28	7.6	170	64
İsmailliye	13	39	48	49	1.2	7.5	1000	1846
Karataş	40	32	28	42	1.44	7.3	280	720
Gölyaka	25	34	41	44	1.43	7.4	350	1387
Gemisure	3	23	74	48	1.39	7.6	1200	5145
Misis	23	21	56	40	1.54	7.4	1400	4574
Yenice	14	31	55	40	1.55	7.7	1280	10881
Arkaca	20	27	53	43	1.43	7.3	1200	20
Kum Tepeleri	78	10	12	50	1.33	7.9	1500	24
Kıyı	85	5	10	55	1.5	7.6	200	15422

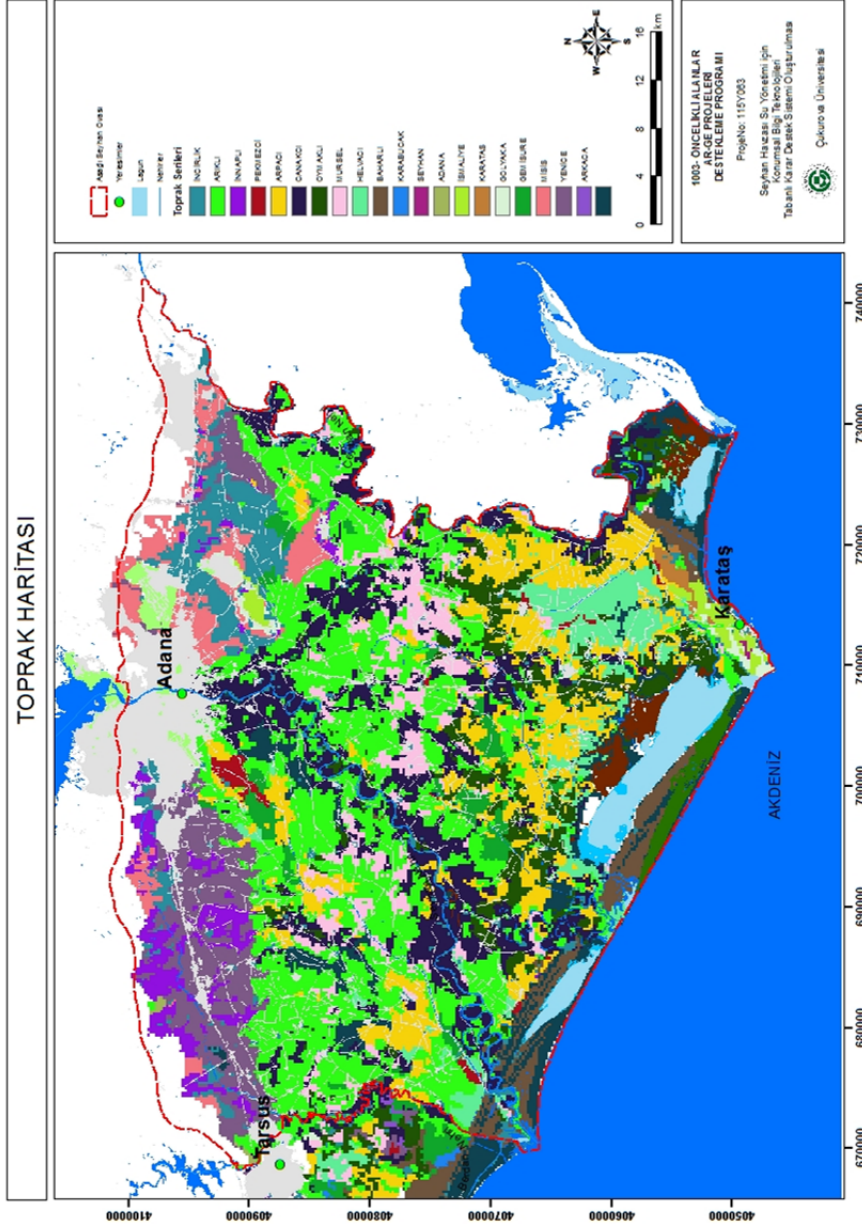
Çizelge 4.4. SWAT toprak Veritabanı parametreleri.

SWAT Toprak kodu	Açıklama
SOL_ZMX(mm)	Toprağın maksimum kök derinliği
SOL_CRK	Toprak profilinde maksimum ya da muhtemel çatlak hacmi
TEXTURE	Tekstür
SOIL LAYER	Toprak Tabakası
SOL_Z (mm)	Toprağın yüzeyden tabana derinliği
SOL_BD(g/cm ³)	Toprağın hacimsel yoğunluğu
SOL_AWC(mm/mm)	Toprağın su tutma kapasitesi
SOL_CBN(%wt)	Organik karbon miktarı
SOL_K(mm/hr)	Toprağın hidrolik iletkenliği
SOL_ALB	Toprağın aklık derecesi
USLE_K	Toprağın aşınma katsayısı
SOL_EC	Toprağın elektriksel iletkenliği
SOL_CAL	Toprağın CaCO ₃ yüzdesi
SOL_PH	Toprağın PH

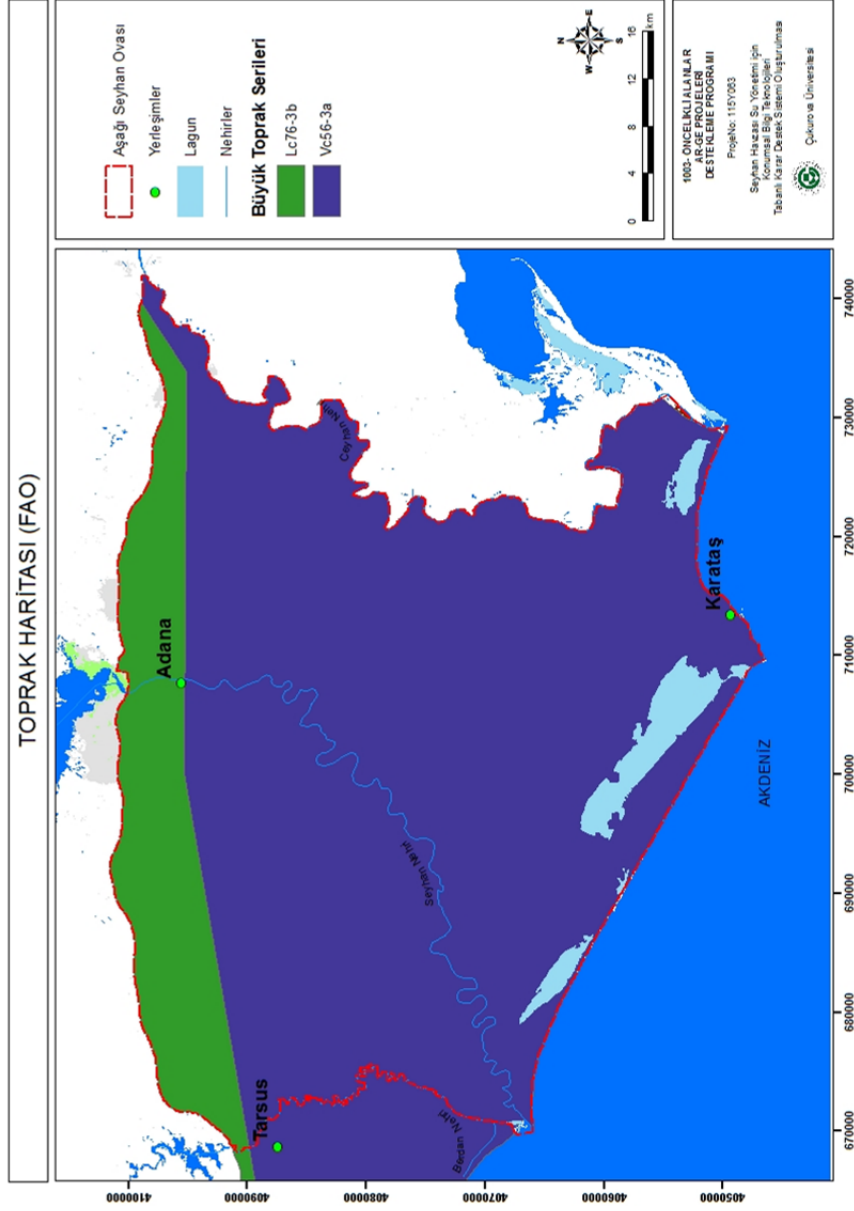
Çizelge 4.5. Toprak tekstürü ve hidrolojik grupları.

HSG	Toprak Tekstürü	SWAT Kodu
A	kum,kumlu Tın,Tınlı kum	Sand(Sa), sandy loam(SaL), loamy, sand (LSa)
B	Siltli Tın,Tın	Silt loam or loam(SiL,L)
C	Kumlu killi Tın	Sandy clay loam(SaCL)
D	Killi Tın, Siltli Killi Tın, Kumlu Kil, Siltli Kil, Kil	Clay loam(CL), silty clay loam(SiCL), sandy clay(SaC), silty clay, or clay(SiC,C)

Aşağı Seyhan Havzasının toprak serilerinde kil dominant olduğundan Çizelge 4.5’de yer alan Toprak tekstürü ve hidrolojik gruplarına göre D hidrolojik grubuna girmektedir.



Şekil 4.7.SWAT toprak haritası.



Şekil 4.8.SWAT FAO toprak haritası.

The United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) tarafından hazırlanan 1:5000000 ölçekli dünya toprak haritasından Aşağı Seyhan Havzası çalışma alanı (Şekil 4.8) kesildikten sonra SWAT için uygun formata dönüştürülmüştür. FAO tarafından Aşağı Seyhan Havzası iki farklı büyük toprak grubuna ayrılmıştır.

- a) Lc76-3b: Chromic Luvisol (Yüksek bazlı durumu, Yüksek aktiviteli kil)
- b) Vc56-3a: Chromic Vertisol (yüksek düzeyde kil içeren ve çatlayan topraklardır.)

4.1.4. İklim

Aşağı Seyhan Havzası Akdeniz iklimi hâkimdir. Akdeniz ikliminde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve bol yağışlı geçer. SWAT için üretilen istatistiksel veri grafiklerinin açıklamaları Çizelge 4.6'da yer almaktadır. İklim istatistiksel verileri (Çizelge 4.7, Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9) ve bu verilerin grafikleri (Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11) Akdeniz iklim özellikleri ile paralellik göstermektedir. Aylık ortalama maksimum ve minimum grafiklerine bakıldığında, ilkbahar döneminde sıcaklık artar iken yaz ayları olan Haziran, Temmuz ve Ağustosta sıcaklık değerleri maksimum seviyelere ulaştığı görülmektedir. Aylık ortalama solar radyasyon değerleri de sıcaklık grafikleri ile paralellik göstermektedir. Ancak, Aşağı Seyhan Havzasına düşen aylık ortalama yağış ve aylık toplam yağış miktarları ise minimum seviye inmiştir ve sıcaklık ile ters orantılıdır. Elde edilen bu grafikler, iklim girdi verilerinin güvenilir olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.6. Aylık iklim istatistiksel verileri kısaltmalarının açıklamaları.

ArcSWAT Kodu	Açıklama
TMPMX	Aylık maksimum sıcaklık ortalamaları (°C)
TMPMN	Aylık minimum sıcaklık ortalamaları (°C)
TMPSTDMX	Aylık maksimum sıcaklıkların standart sapması (°C)
TMPSTDMN	Aylık minimum sıcaklıkların standart sapması (°C)
PCPMM	Aylık yağışların ortalaması (mm)
PCPSTD	Ay içinde günlük yağışların standart sapması (mm/day)
PCPSKW	Aylık yağışların çarpıklık katsayısı
PR_W1	Yağışlı gün sonrası kurak gün olasılığı
PR_W2	Yağışlı gün sonrası yağışlı gün olasılığı
PCPD	Ay içinde yağışlı gün sayısının ortalaması
RAINHMX	Ay içinde maksimum 0.5 saatlik yağış (mm)
SOLARAV	Ay içinde günlük solar radyasyonun ortalaması (MJ/m ² /day)
DEWPT	Aylık ortalama çığ noktası (°C) veya Aylık oransal nem miktarı
WNDVAV	Aylık ortalama rüzgâr hızı (m/s)

Çizelge 4.7. Aylık iklim istatistiksel verileri (Kısım 1).

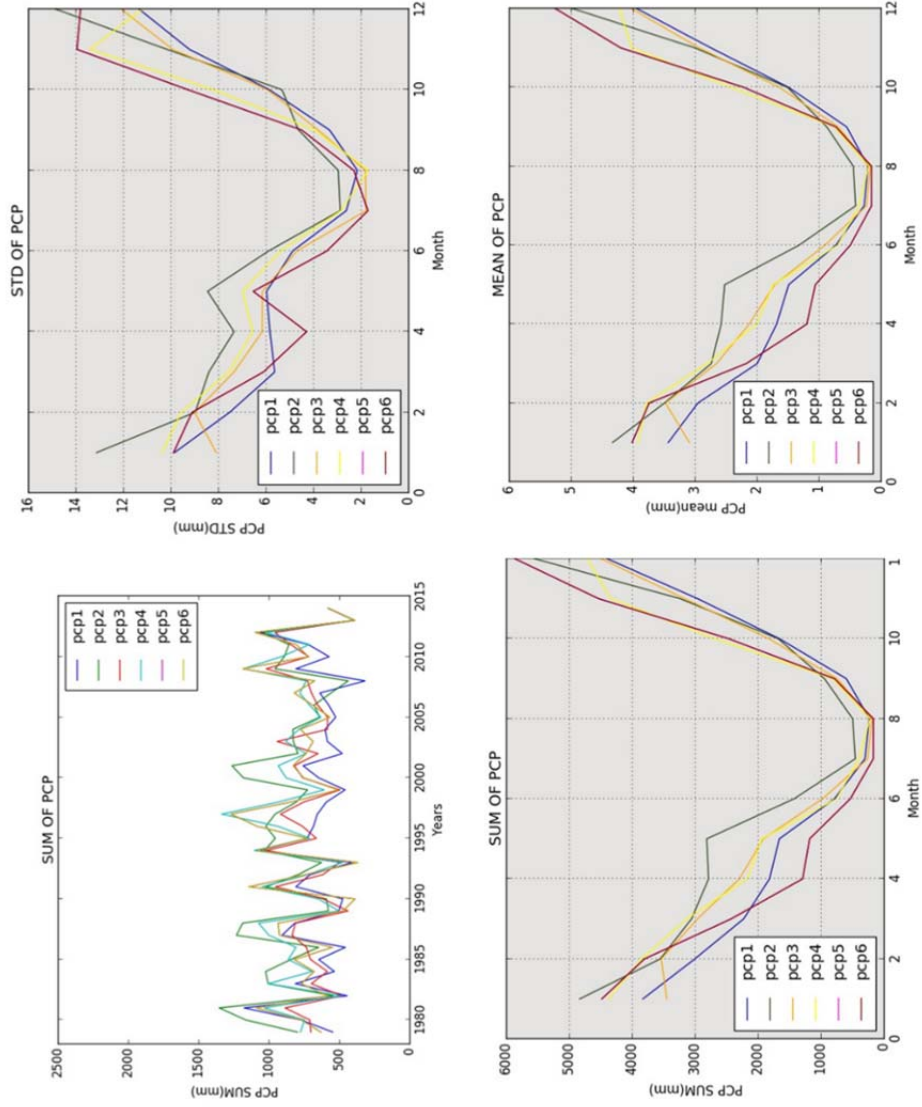
Aylar	Aylık İklim İstatistiksel Verileri_1				
	TMPMX	TMPMN	TMPSTDMX	TMPSTDMN	PCPMM
1	11.5	8.32	1.84	1.83	105.79
2	12.5	9.01	2.19	2.14	85.17
3	14.6	10.77	2.09	2.04	64.89
4	17.55	13.53	2.27	2.06	49.83
5	20.59	16.64	2.11	1.8	43.53
6	23.55	19.61	1.73	1.44	24.49
7	25.09	21.17	1.45	1.12	9.23
8	25.33	20.93	1.54	1.34	6.27
9	23.67	19.14	1.71	1.77	15.24
10	20.44	16.44	2.46	2.26	45.99
11	15.71	12.43	2.55	2.42	81.37
12	12.3	9.37	1.99	2.17	119.29

Çizelge 4.8. Aylık iklim istatistiksel verileri (Kısım 2).

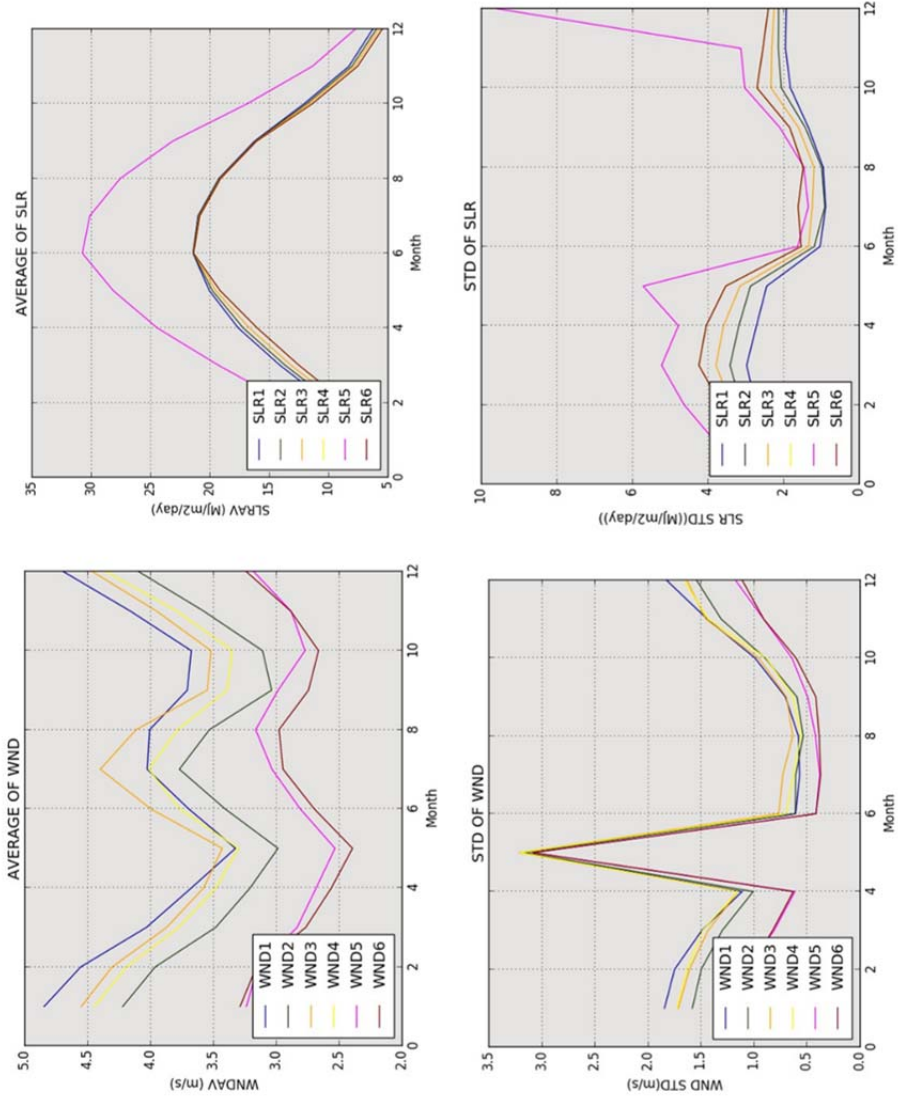
Aylar	Aylık İklim İstatistiksel Verileri_2				
	PCPSTD	PCPSKW	PR_W1	PR_W2	PCPD
1	10.05	5.04	0.17	0.62	9.67
2	7.59	3.83	0.22	0.6	9.89
3	5.83	4.68	0.22	0.52	9.58
4	5.8	7.69	0.21	0.5	9
5	5.49	6.52	0.14	0.5	6.67
6	5.38	12.64	0.07	0.4	3.17
7	2.75	12.06	0.03	0.28	1.08
8	2.14	15.05	0.02	0.28	0.69
9	3.24	9.97	0.06	0.32	2.58
10	5.83	7.14	0.14	0.43	5.97
11	9.2	5.67	0.15	0.56	7.47
12	11.03	5	0.18	0.61	9.78

Çizelge 4.9. Aylık iklim istatistiksel verileri (Kısım 3).

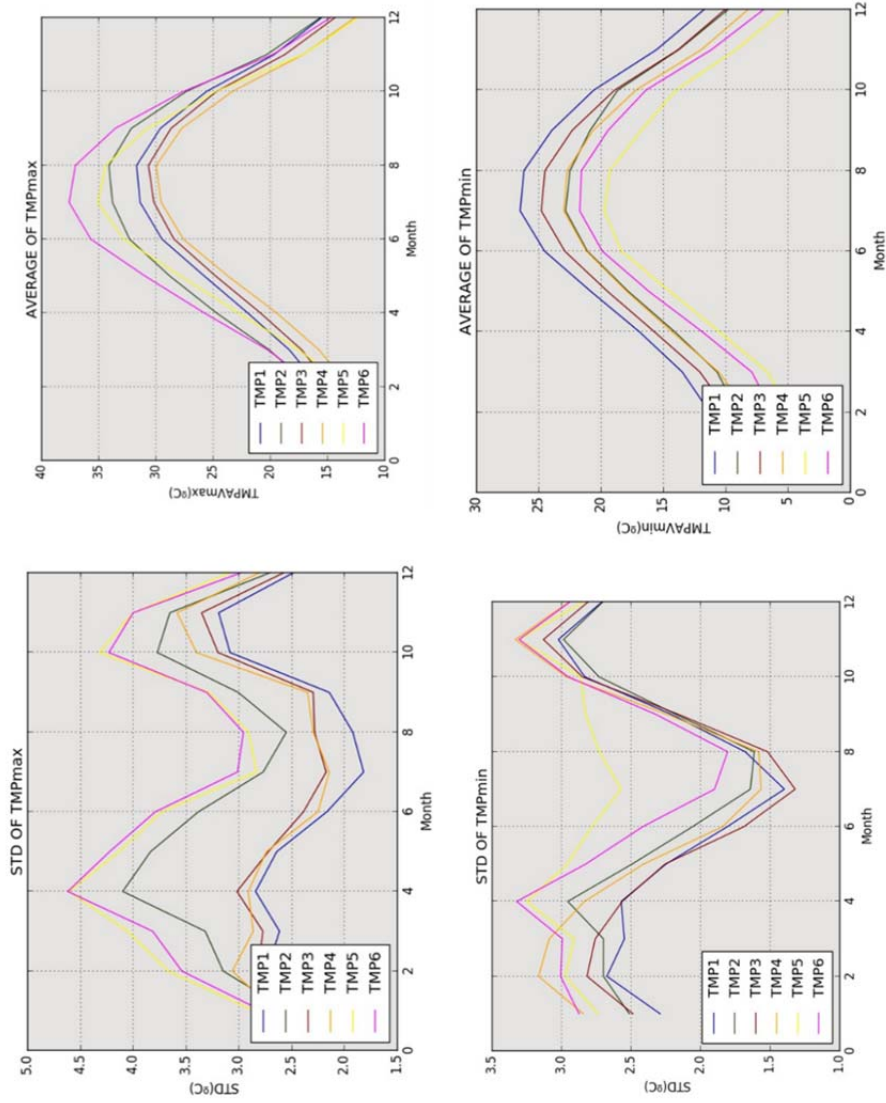
Aylar	Aylık İklim İstatistiksel Verileri_3			
	RAINHHMX	SOLARAV	DEWPT	WNDAY
1	12.6	4.91	0.63	4.84
2	9.48	7	0.61	4.55
3	7.26	9.85	0.61	4.03
4	7.18	12.32	0.61	3.67
5	7.54	14.02	0.61	3.41
6	5.3	14.98	0.6	3.69
7	2.22	14.69	0.61	4.02
8	1.77	13.46	0.59	4
9	3.35	11.35	0.54	3.71
10	7.06	8.43	0.51	3.67
11	10.76	5.79	0.54	4.16
12	13.63	4.38	0.61	4.69



Şekil 4.9. Yağmur istatistiksel veri grafikleri (PCP: Yağmur, STD: Standart Sapma, Mean: Ortalama, SUM: Toplam).



Şekil 4.10. Solar ve rüzgâr hızı istatistiksel veri grafikleri (WND: Rüzgâr, SLR: Solar, STD: Standart Sapma, AV: Ortalama).



Şekil 4.11. Sıcaklık istatistiksel grafikleri (TMP: Sıcaklık, STD: Standart Sapma, AV: Ortalama, MaxAV: Maksimum Ortalama, MinAV: Minimum Ortalama).

4.2. ArcSWAT Model Çıktıları

Aşağı Seyhan Havzası CBS ortamında SWAT hidrolojik modeli için ana drenaj ağlarına göre dört adet alt havzaya (Şekil 4.14) bölünmüştür. Bu drenaj ağlarına üzerine kurulan AGİ'ler sisteme outlet olarak tanımlanmıştır. Bu işlemler ArcSWAT adı verilen ve SWAT hidrolojik modelinin özel olarak geliştirilmiş ARCGİS ara yüzüdür. Model bu ara yüz üzerinden çalışmaktadır.

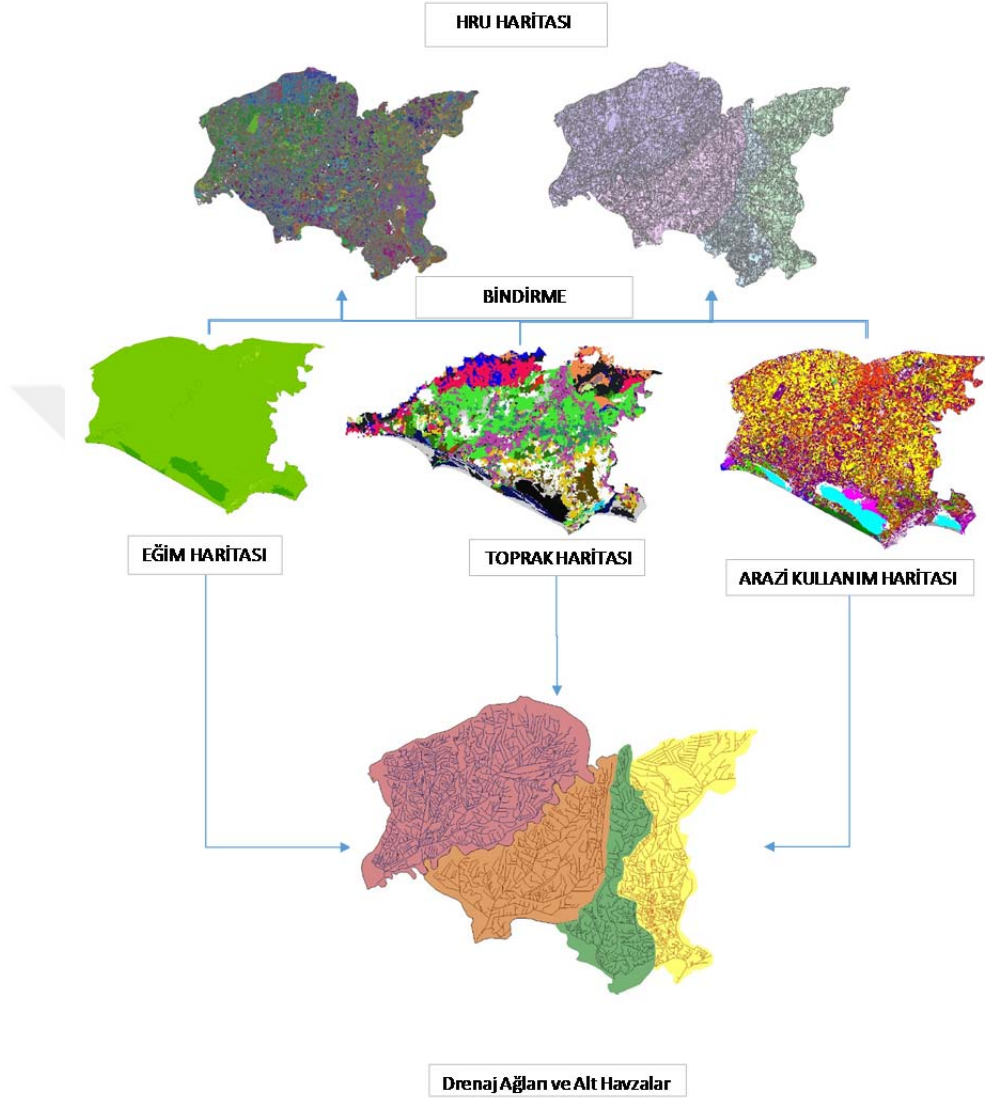
4.2.1. Hidrolojik Tepki Ünitesi (HRU, Hydrological Response Unit)

Hidrolojik Tepki Ünitesi (Şekil.4.12 ve Şekil.4.13), arazi kullanım, toprak ve eğim haritasından üretilen hücrelerdir. Her hücre kendine özgü bir karakteristik yapıya sahiptir. Bütün hesaplamalar HRU seviyesinde yapılmaktadır. SWAT hidrolojik modelinde HRU analiz kısmı aşağıdaki gibi üç kısımdan oluşmaktadır;

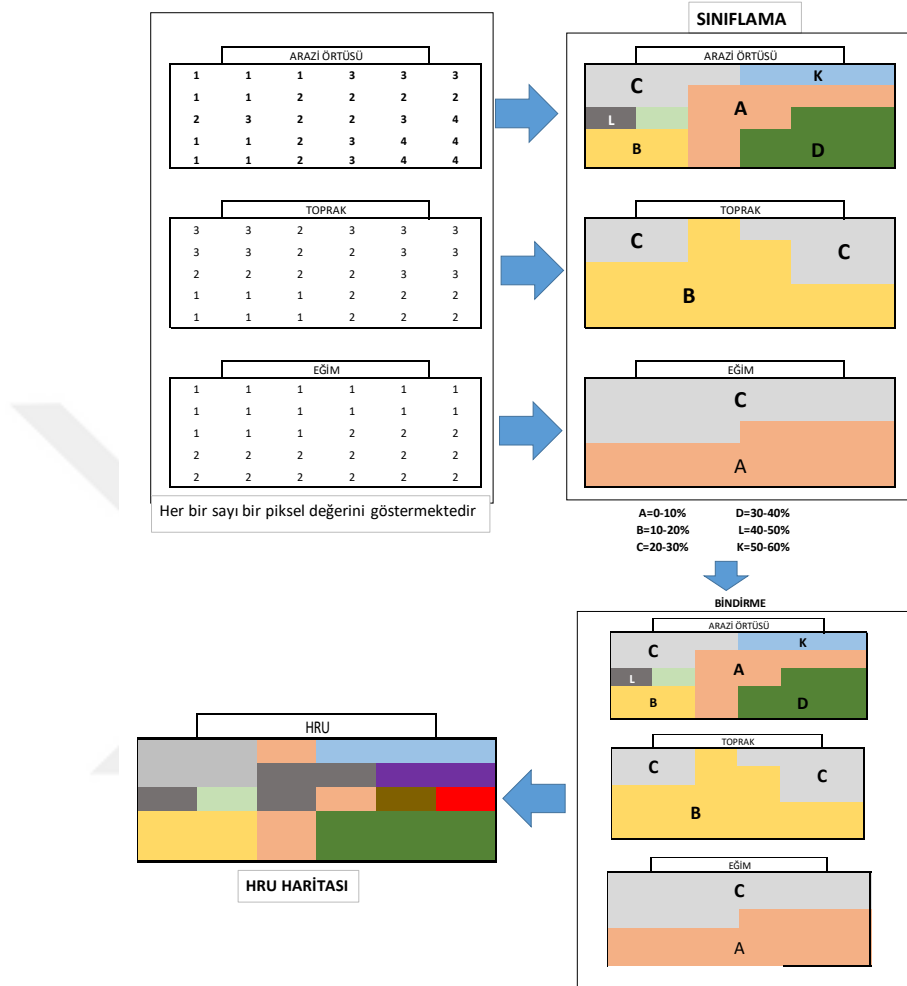
- a) Arazi kullanım haritası, toprak haritası ve eğim haritası tanımı: havza için kullanılacak arazi örtüsü ve toprak haritası tanımlanmıştır. Bu haritalar havzanın en az %95 kapsamaktadır. Sisteme haritalar tanıttıldıktan sonra SWAT arazi ve toprak kodu ile arazi ve toprak haritası tanımlama kısmı tamamlanmıştır.
- b) HRU tanımı: Çeşitli HRU kısmı seçilerek, arazi kullanım, toprak ve eğim grubu için katsayılar belirlenmiştir ve o katsayının üstündekilerden HRU birimleri üretilmiştir. Örneğin, Varsayalım bir havza, şunları içersin mısır % 35, pamuk %30, otlak %21, orman %10, yerleşim yeri %4 iken toprak serileri olarak Adana %40, Seyhan %30, İnnaplı %22, Misis %4, Baharlı %2.5 ve Gemisüre %1.5. Arazi örtüsü için,20% katsayı belirlendiğinde. Bu katsayının altında yer alan orman, yerleşim yeri göz ardı edilir ve yüzdeler tekrar hesaplanır
Mısır: $(35 / 86) * 100$, Mısır %41
Pamuk: $(30/86) * 100$, Pamuk %35
Otlak: $(21/86) * 100$, Otlak %24

Arazi örtüsü modifiye edilerek, yeni belirlenen yüzdelere göre HRU'lar üretilir. Toprak serileri içinde aynı işlem uygulanıp, katsayının altında yer alan seriler göz ardı edilip, yüzdeler tekrar hesaplanır. Çeşitli HRU basamağı için tavsiye edilen katsayılar her bir grup için %10'undur. Çeşitli HRU basamağında arazi örtüsü için 0% , toprak serileri için 0%, eğim için 0% katsayıları seçilerek maksimum sayıda HRU üretilmesi sağlanmıştır. Bebeli için 137, Yemişli için 83, Karagöçer için 102 ve Baharlı için 125 HRU üretilmiştir.

- c) HRU çıktı raporu: HRU istatiksel verileri ile HRU istatiksel haritalarıdır. İstatiksel verileri ortalama aylık HRU bazlı su bütçesi, toprak ve arazi örtüsünün HRU üzerindeki alansal dağılımı ve nitrat, azot ve fosfor için ortalama yıllık havza değerleri oluşturmaktadır. HRU istatiksel haritalarını su döngüsünün elementleri oluşturmaktadır.



Şekil 4.12. HRU'ların oluşturulma şeması.



Şekil 4.13. HRU'ların piksel bazlı oluşturulma şeması.

SWAT hidrolojik modeli her bir alt havza için ayrı çalıştırılmıştır. Her alt havza elde edilen sonuçlar Aşağıda yer almaktadır.

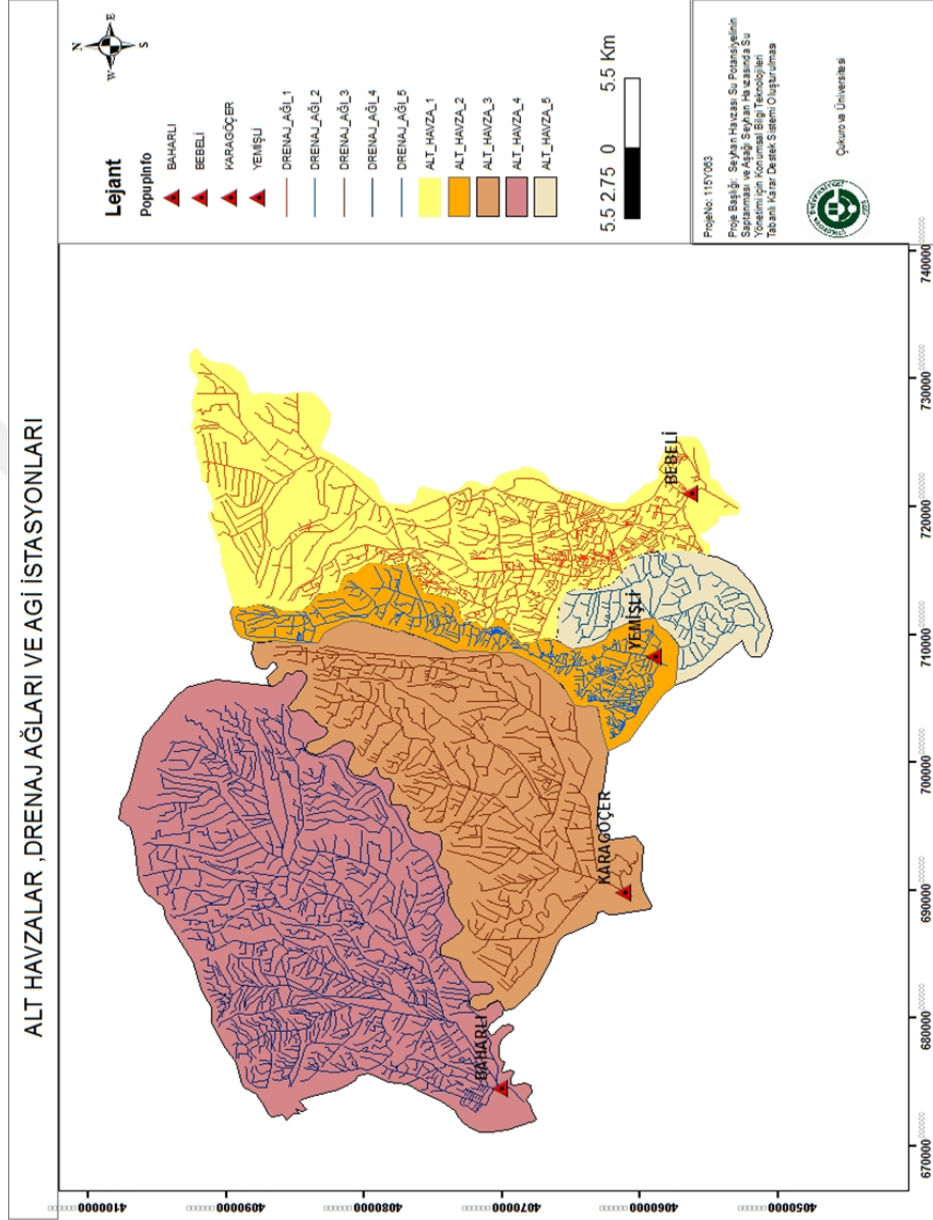
4.2.2. Alt Havzaların Konumları ve Bulguları

Baharlı alt havzası, Adana iline 50 km, Tarsus ilçesine 28 km uzaklıkta olan Baharlı köyünden geçen Seyhan Nehri'nin Adana Irmağı boğazı' diye bilinen kanal, ana drenaj kanalıdır ve sularını direkt olarak denize boşalmaktadır. AGİ istasyonu bu drenaj ağı üzerindeki köprüye kurulmuştur.

Karagöçer alt havzası, Adana iline 45 km, Karataş ilçesine 46 km uzaklıktaki Karagöçer köyünden geçen drenaj kanalı (P2) alt havzanın ana drenaj kanalıdır. AGİ, Karagöçer çıkışındaki drenaj kanalı üzerindeki köprüye kurulmuştur. Köprünün uzunluğu 24 m'dir. Drenaj kanalı Karagöçer ırmağı olarak da bilinmektedir ve denize dökülmektedir.

Yemişli alt havzası, Adana il merkezine 40 km, Karataş ilçesine 10 km uzaklıktaki Yemişli köyünden geçen drenaj kanalı (YD3) ,60.000 ha alanın tarımdan dönen sularıyla beslenmektedir. YD3 alt havzanın ana drenaj kanalıdır. AGİ, YD3 drenaj kanalı üzerine kurulmuştur.

Bebeli alt havzası, Adana iline 62 km, Karataş ilçesine 12 km uzaklıktaki Bebeli Köyünden geçen drenaj kanalı (YD4-5) ana drenaj kanalıdır ve Drenaj kanalı direkt sularını denize dökmetedir. AGİ istasyonu ana drenaj kanalı (YD4-5) üzerindeki 12 m uzunluğundaki köprüye kurulmuştur. SWAT modeli drenaj kanallarını çıkarmakta başarısız olduğundan CBS ortamında drenaj ağı ve alt havza sınırları (Şekil 4.14) manuel olarak çizildikten sonra, SWAT modelinin ilk aşaması olan Havza tanımlama bölümünde modele tanımlanmıştır.



Şekil 4.14. Alt havzalarının drenaj ağları ile birlikte konumu.

4.2.2.1. Arazi Örtüsü ve Toprak Serilerinin Alansal Dağılımı

İkinci aşamada HRU analiz kısmında, arazi kullanım haritası, toprak haritası ve eğim haritası tanımı yapıldıktan sonra çeşitli HRU kısmında, her bir harita için yüzdeler katsayı % 0 olarak seçilmiştir. Bu şekilde maksimum HRU üretilerek, maksimum performans elde edilmiştir. Yüzdeler katsayı belirlendikten sonra toplamda Baharlı havzası için 125 adet HRU, Karagöçer için 102 HRU, Yemişli için 83 HRU, Bebeli için 107 HRU adet sistem tarafından üretilmiştir. Üretilen HRU'larda tarımsal ürünlerde mısır baskın ürün iken, toprak serilerinde bu incirlik toprak serisidir. Arazi örtüsü yüzdeler alansal dağılımını incelediğimizde, mısır ekimi ilk sırada gelir iken bunu sırasıyla narenciye ve soya fasulyesi izlemektedir. Beyaz altın diye adlandırılan ve eski yıllarda Çukurova bölgesinin simgesi durumunki pamuk üretimi geçen yıllar içerisinde düşerek yerini ekonomik açıdan daha karlı diğer tarımsal ürünlere bırakmıştır. Arazi Örtüsünün alt havzalardaki yüzdeler dağılımı Çizelge 4.10'da yer almaktadır.

Çizelge 4.10. Arazi Örtüsünün alt havzalardaki yüzdeler dağılımı.

	Baharlı	Karagöçer	Yemişli	Bebeli
Arazi Kullanımı	Alan(%)			
Pamuk	1.17	0.63	1.08	0
Mısır	38.36	21.95	25.29	32.46
Soya Fasulyesi	9.02	9.9	15.07	14.47
Yer Fıstığı	1	2.3	2.4	2.96
Yerleşim Yeri	3.54	2.69	4.36	2.59
Boş Arazi	27.58	41.69	27.43	27.64
Narenciye	17.49	18.47	20.57	17.26
Sebze	0.17	0	2.49	1.46
Su	1.67	2.36	1.32	1.16

Alt havzalarda toprak serilerinin dağılımını incelediğimizde İncirlik en baskın toprak serisi iken bunu sırası ile Arpacı ve Misis izlemektedir. Toprak serilerinin ortak noktası hepsinde kilin dominant olmasıdır. Toprak serilerinin yüzdelik alansal dağılımları Çizelge 4.11’de yer almaktadır.

Çizelge 4.11. Toprak serilerinin yüzdelik alansal dağılımları.

	Baharlı	Karagöçer	Yemişli	Bebeli
Toprak Serileri	Alan(%)			
Adana	3	0	0	1.33
Arıklı	7.77	0	0.02	1
Arpacı	13.26	24.42	15.01	12.51
Çanakçı	1.27	11.79	12.97	7.32
Gemisure	0	0	0.06	4.17
Gölyaka	2.7	5.64	1.42	2.34
Helvacı	0.89	0.6	0	1.95
İncirlik	40.57	27.64	23.95	24.09
İnnaplı	1.57	0.13	0	0.4
İsmaliye	0	0	0	0.75
Misis	12.53	0.01	0.3	3.71
Mürsel	2.29	3.08	6.71	5.92
Oymaklı	5.38	7.02	12.9	5.82
Pekmezci	8.76	15.11	17.27	17.65
Seyhan		4.55	9.39	0
Yenice	0	0	0	10.28

4.2.2.2. İstatiksel Veriler

SWAT modelinin 6 yıllık çalıştırılması ile elde edilen veriler Çizelge 4.12 ile Çizelge 4.13'de yer almaktadır.

Çizelge 4.12. Alt havzaların bitkilerde ortalama yıllık stresli günleri.

Bitkilerde Ortalama Yıllık Stresli Günlerin				
Alt Havzalar	Baharlı	Karagöçer	Yemişli	Bebeli
Su Stres Günleri	73.85	84.62	59.87	56.38
Sıcaklık Stres Günleri	88.86	89.09	99.81	34.44
Azot Stres Günleri	73.72	40.66	67.15	50.89
Fosfor Stres Günler	14.33	8.45	6.27	8.87

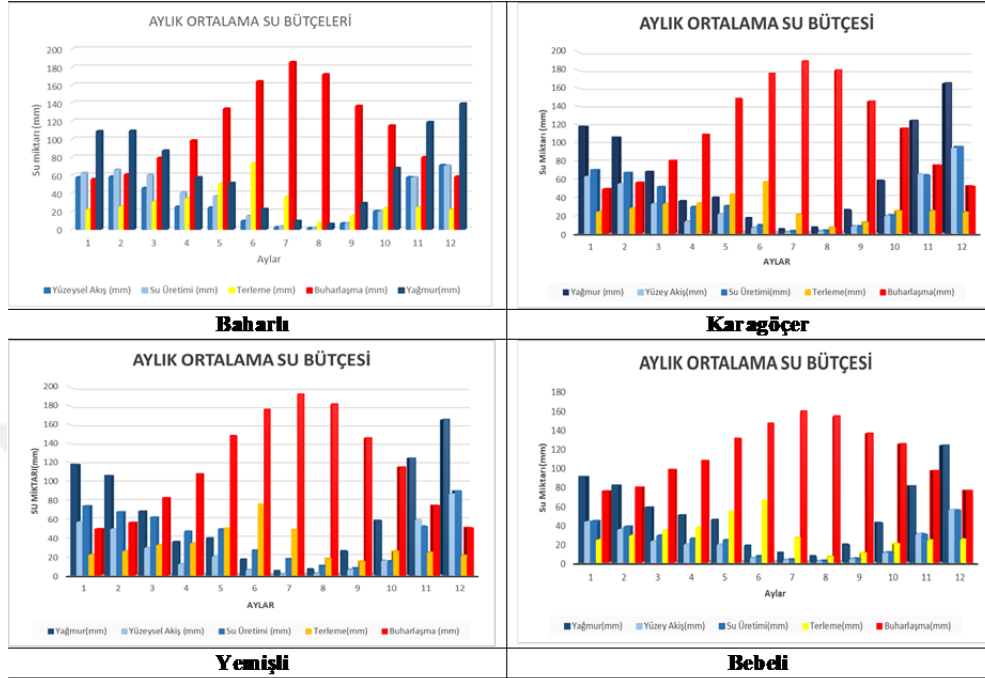
Bitkilerde ortalama yıllık stresli gün sayıları bitkinin büyümesini etkilediğinden önemlidir. Azot ve fosfor döngüsü içerisinde, bitki azot ve fosfor stresli gün sayılarındaki değişimler aşırı ya da yetersiz gübreleme yapıldığını göstermektedir. Yüksek azot ve fosfor stres gün sayıları yetersiz gübrelemeyi gösterir iken düşük stres gün sayısı aşırı gübrelemeyi göstermektedir. Su stres gün sayısının yüksek olması yetersiz sulamayı gösterir iken düşük su stres gün sayısı aşırı ya da yeterli sulama yapıldığını göstermektedir. Bu durum sıcaklık stres gün sayıları içinde benzerdir.

Dört alt havzada azot ve su stres günleri oldukça yüksek iken fosfor stres gün sayısı ideale yakındır. Azot ve su stres gün sayılarının yüksek olmasının birkaç temel sebebi vardır. Birincisi, tarımsal ürünlerin ekim ve hasat tarihleri değişkenlik göstermekte ve birçok araziden yılda sadece bir ürün alınmaktadır. Diğer sebep ise toprak serilerinde kilin dominant olmasından dolayı, yağmur ve drenaj kanallarından sağlanan sulama suyu, toprağın derinlerine girerek, toprağın bütün tabakalarını beslemesi oldukça sınırlı kalmaktadır. Suyun büyük kısmı toprakta kalmakta ve yüzey akışı olarak drenaj ağlarına dönmekte ya da buharlaşarak

kaybolmaktadır. Bu yüzden yüzeysel akış değerleri dört alt havza için yüksektir. Topraktan sığ ve derin akifere geçen su miktarı ile yeraltı suyunun akarsuya katkısı beklendiği gibi düşüktür çünkü killi toprak yapılarında bu durum normal olarak kabul edilir. Yüksek yüzey akışı ile toprağa serpilen gübrelerin büyük kısmı ve sediman ile birlikte kanallara taşınmakta buda drenaj ağlarındaki taşınan sediman yükü ile kirliliği arttırmaktadır.

Çizelge 4.13. Alt havzaların ortalama yıllık havza su bütçesi değerleri.

Ortalama Yıllık Havza Su Bütçesi Değerleri				
Alt Havzalar	mm			
	Baharlı	Karagöçer	Yemişli	Bebeli
Yağış	802.8	766.3	766.3	628.2
Yüzey Akış miktarı	374.84	377.81	339.6	244.31
Yüzey altı Akımının Akarsuya Katkısı	0.05	0.08	0.21	0.06
Yeraltı suyunun Akarsuya Katkısı	4.27	4.53	10.01	2.15
Sığ Akiferden Bitki/Toprak Profiline Geçen Su Miktarı	25.26	25.52	26.96	20.81
Sığ Akifer Besleme	57.68	64.01	163.68	NAN
Derin Akifer Besleme	4.23	4.57	9.92	2.12
Her İki Akifere Giren Su miktarı	84.55	90.52	198.44	42.47
HRU'lardan Akarsuya Geçen Su Verimi	436.93	446.46	513.74	268.26
Toprak Profiline Altına Sızan Su Miktarı	83.81	89.52	196.96	42.22
Gerçek Evapotranspirasyon (ET)	356.6	323.2	386.9	352.1
Potansiyel Evapotranspirasyon (PET)	1334.4	1376.5	1380.1	1399.9



Şekil 4.15. Alt havzaların aylık ortalama su bütçesi grafikleri.

Alt havzalardan elde edilen aylık ortalama su bütçeleri (Şekil 4.15) Akdeniz iklimi ile paralellik göstermektedir. Akdeniz ikliminde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve bol yağışlı geçer. Buharlaşma ve terleme yaz aylarında en yüksek değerlerine ulaşır iken kış aylarında ise en düşük seviyeleri görmektedir. Yüzeysel akışı yağın yağmur ve sulama suyu miktarına bağlı olduğu için yaz aylarında en düşük seviyelerinde iken kış aylarında en yüksek seviyelerdedir. Yaz aylarında sulama suyu miktarı fazla iken, toprağa düşen yağmur miktarı oldukça düşüktür. Yaz aylarında varolan yüzeysel akış daha çok sulama suyundan kaynaklanmaktadır. Ayrıca, Killi toprak yapısının geçirgensiz yapısı da buharlaşma ve yüzeysel akış miktarlarında artışa sebep olmaktadır.

Çizelge 4.14. Alt havzaların nitrat, azot ve fosfor için ortalama yıllık havza değerleri.

Ortalama Yıllık Havza Değerleri	Kg/ha			
	Baharlı	Karagöçer	Yemişli	Bebeli
Organik Azot Miktarı	9.88	1.60	1.15	1.40
Organik Fosfor Miktarı	1.21	0.22	0.16	0.19
Yüzey Akıştan Akarsuya Nitrat katkısı	3.40	2.68	2.87	2.17
Yüzey altı Akıştan Akarsuya Nitrat katkısı	0.01	0.01	0.03	0.01
Toprak Profiline Altına Sızan Nitrat	76.85	70.08	99.67	66.55
Bitki Fosfor Alımı	NaN	12.379	14.411	17.75
Bitki Azot Alımı	47.90	38.25	48.68	57.84
Uygulanan Fosfor Miktarı	7.40	4.29	4.77	5.76
Uygulanan Azot Miktarı	259.67	226.45	262.88	226.18
Denitrifikasyon	27.69	14.86	15.93	18.68
Aktif Organiklerden Azota Geçen	4.69	0.22	0.40	0.27
Başlangıçta Topraktaki Nitrat Miktarı	52.22	53.21	55.55	52.41
Nihai Topraktaki Nitrat Miktarı	225.04	202.34	243.52	214.99
Başlangıçta Topraktaki Organik Azot	8721.16	82.61	85.15	82.17
Nihai Topraktaki Organik Azot	8130.76	135.55	193.54	149.79
Başlangıçta Topraktaki Organik Fosfor	1068.34	10.12	10.43	10.07
Nihai Topraktaki Organik Fosfor	988.02	17.46	25.17	19.17
Uygulanan Nitrat Azotu Miktarı	16.82	9.74	10.85	13.10
Uygulanan Amonyak Miktarı	242.84	216.71	252.03	213.08
Kaldırılan Fosfor Miktarı	2.88	1.58	2.82	3.97
Kaldırılan Azot Miktarı	19.64	12.62	22.26	31.81
Amonyak Buharlaşması	102.66	111.70	117.63	99.89
Amonyak Nitritasyonu	140.35	105.31	134.72	113.01
Toprak Profiline Nitrat Miktarı	62.62	59.79	76.18	66.90

Alt havzaların nitrat, azot ve fosfor için ortalama yıllık havza değerlerine bakıldığında (Çizelge 4.14) tarımsal ürünlerin uygulanan azotun sadece yarısını ya da daha azını tükettiği görülmektedir. Bu yüzden azot ve nitrat günleri yüksek çıkmıştır. Fosfor stres gün sayısı idealdir. Uygulanan azotlu gübrelerin toplamı bitki alımı ve buharlaşma ve denitrifikasyona bağlı olarak kaybolmakta ve büyük kısmı toprakta birikmektedir. Uygulanan gübrelerin % 25 den daha fazlası denitrifikasyondur. Toprak altına sızan Nitrat miktarı uygulanan gübre miktarının yaklaşık olarak %21'inden daha azdır. Bu yüzden, azotun yüzey akışı içerisindeki çözünürlüğü oldukça yüksektir. Simülasyondan sonra toprakta yer alan nitrat, azot ve fosfor miktarı, başlangıç miktarları ile karşılaştırıldığında oldukça yüksektir. Bu da alt havzalarda aşırı gübreleme yapıldığını göstermektedir.

4.2.2.3. İstatiksel Veri Haritaları

4.2.2.3. (1). Yüzey Su Akış Haritaları

Yüzey su akışı, hidrolojik su döngüsünün önemli bileşenlerinden biridir. Yüzey akışı, yağmur, kar yâda diğer kaynaklardan yeryüzüne düşen suyun, toprağın doygunluk seviyesine ulaşması ile suyun toprak yüzeyinden akması olayına denir. Yüzey akışını etkileyen en önemli faktörler şunlardır.

- a) Yağış tipi (Yağmur, kar)
- b) Yağışın şiddeti, süresi ve miktarı
- c) Yağışın havzaya dağılımı
- d) Arazi Örtüsü ve kullanımı
- e) Toprak Tipi ve özellikleri
- f) Havzanın şekli ve yükseltisi
- g) Topoğrafya (Yükselti ve eğim)
- h) Bölgede bulunan su kaynakları

Günümüzde, kentsel yapılaşma ile yeryüzüne düşen suyun toprak içerisine sızması geçirgen olmayan yüzeyler (yollar, evler, park alanları) nedeniyle kısıtlıdır çünkü su toprak altına sızamaz ve direk olarak yüzey akışına dönüşür.

Yüzey akışını etkileyen en önemli faktörlerden biri toprak tipi ve toprağın özellikleridir. Toprağın tekstürü, porozitesi, organik madde içeriği, derinliği, tane boyutu, su tutma kapasitesi ve hidrolik iletkenliği toprağın fiziksel özelliklerini oluşturur. Bu özelliklerden en önemlilerden biri olan hidrolik iletkenlik suyun aşağı toprak profiline ulaşmasıdır ve süzülme işlemi üzerinde direkt olarak etkilidir. Yağan yağmur miktarı eğer toprağın hidrolik iletkenliğinin doygunluk seviyesine ulaşması ile yüzey akışına dönüşür. Hidrolik iletkenlik üzerinde toprağın yapısı ile tekstürü önemli rol oynar. Örneğin, killi toprakların hidrolik iletkenlikleri çok düşük iken kumlu toprakların hidrolik iletkenlikleri çok yüksektir.

Arazi örtüsü yüzey su akış miktarında önemli bir etkiye sahiptir. Sık ormanlar ile kaplı alanlarda, ağaçların kökleri toprağa sızan su miktarını arttırması dışında toprağa sürekli olarak organik madde sağlayarak toprağın yapısal özelliklerini güçlendirir ve yüzey su akış miktarını düşürürler. Açık ya da arazi örtüsünün seyrek olduğu alanlarda, yağmur direkt olarak toprak ile buluşur ve toprağın altına süzülerek kısa sürede toprağı doygunluk seviyesine ulaştırır.

Aşağı Seyhan Havzası Akdeniz iklimi etkisi altındadır ve yazları sıcak ve kurak kışları ise ılık ve yağışlıdır. Tarımın çok yoğun yapıldığı Aşağı Seyhan Havzası, dört ana alt havzaya bölünmüş ve bu alt havzaların yüzey su akış HRU grafiklerini incelediğimizde;

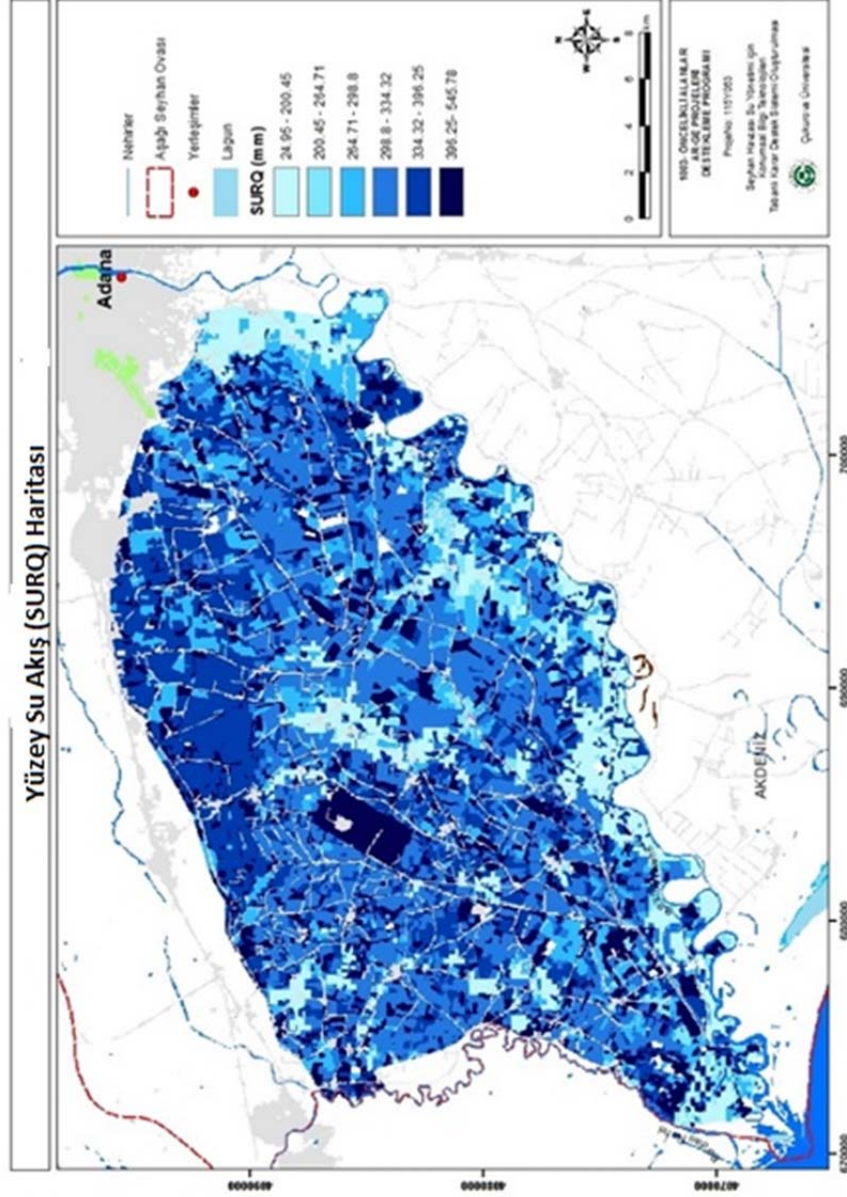
Baharlı alt havzasının (Şekil 4.16) yüzey su akış ortalaması 348.33 mm'dir. En Büyük yüzey su akışı değeri 515.49 mm ile Boş arazilere ait olup, en küçük yüzey su akışı değeri ise 200.35 mm ile narenciye ürün desenine aittir.

Karagöçer alt havzasının (Şekil 4.17) ortalama yüzey akış miktarı 320.29 mm'dir. En Büyük yüzey su akışı değeri 465.69 mm ile Boş arazilere ait olup, en küçük yüzey su akışı değeri ise 189.82 mm ile narenciye ürün desenine aittir.

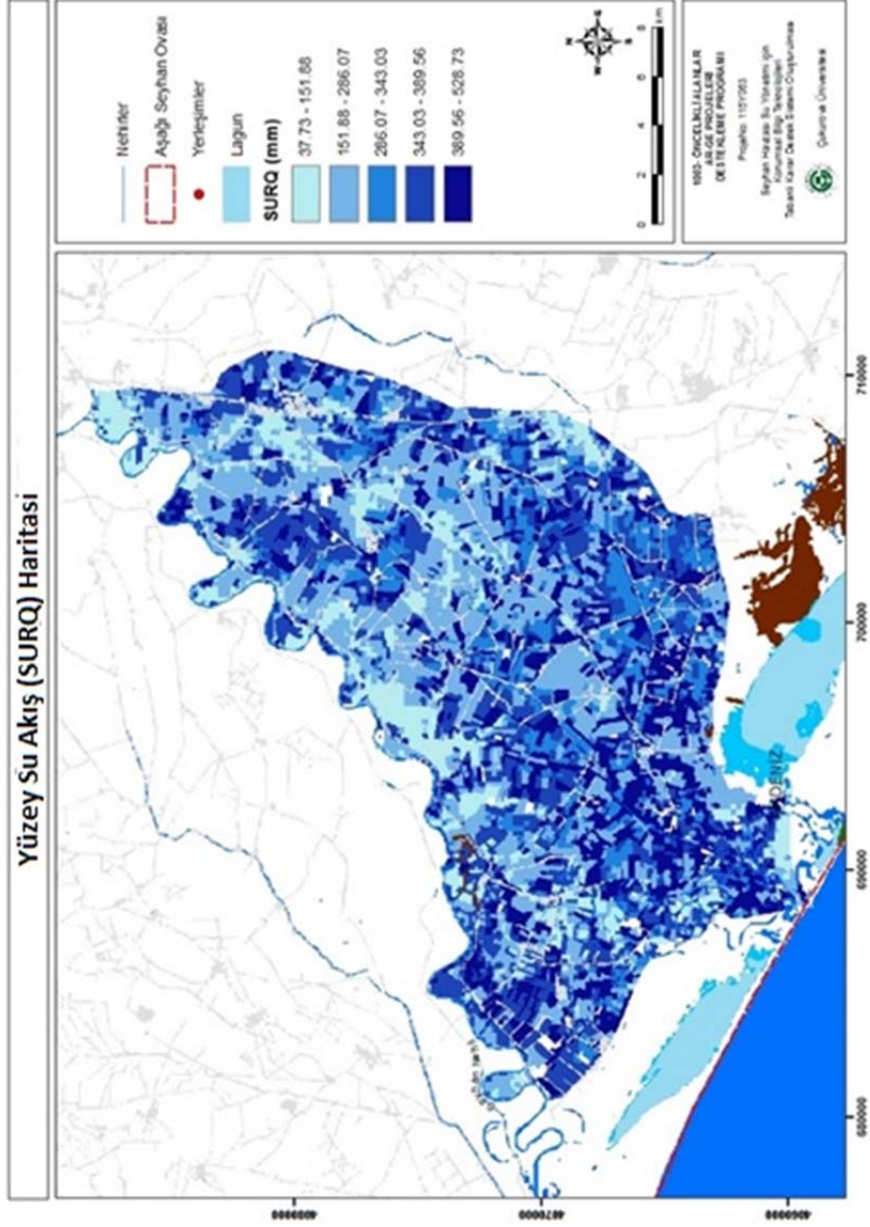
Yemişli alt havzasının (Şekil 4.18) ortalama yüzey akış miktarı 328.52 mm'dir. En Büyük yüzey su akışı değeri 486.74 mm ile Boş arazilere ait olup, en küçük yüzey su akışı değeri ise 196.95 mm ile narenciye ürün desenine aittir.

Bebeli alt havzasının (Şekil 4.19) ortalama yüzey akış miktarı 247.18 mm'dir. En Büyük yüzey su akışı değeri 355.84 mm ile Boş arazilere ait olup, en küçük yüzey su akışı değeri ise 137.97 mm ile narenciye ürün desenine aittir.

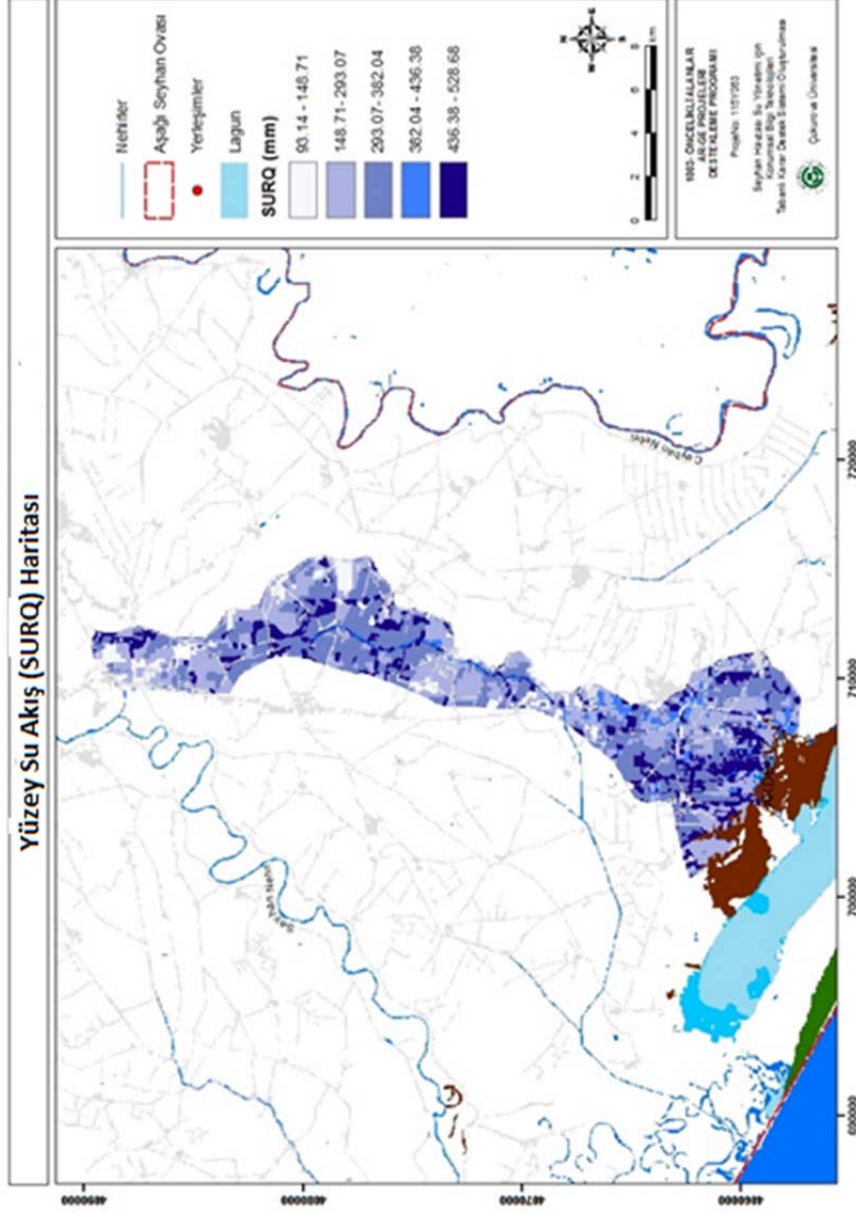
Dört alt havzanın yüzey akış haritalarında, Boş arazilerde en yüksek yüzey su akışı olur iken en düşük su akış miktarı narenciyededir. Bunun temel sebeplerini incelediğimizde ise boş arazilerde herhangi bir bitki örtüsünün bulunmaması dolayısıyla, yağın yağmur direkt olarak toprağa ulaşır ve toprak yapısının killi olmasından dolayı toprağın hidrolik iletkenliği çok düşüktür. Diğer bir deyiş ile toprağın porozitesi ile geçirgenliği düşüktür ve su tablası yüksektir. Bu yüzden, yağın yağmur sularının %50'sinden fazlası yüzey akışı iken 22% den daha azı ise taban suyudur. Mısır (1. ve 2. Ürün), pamuk (1. Ve 2. Ürün) ve diğer tarım ürünlerinde aşırı sulamadan ve toprak yapısından kaynaklı yüzey akışı vardır. Narenciyede damla sulama ile sulama yapıldığından yüzey akış miktarı düşük çıkmıştır.



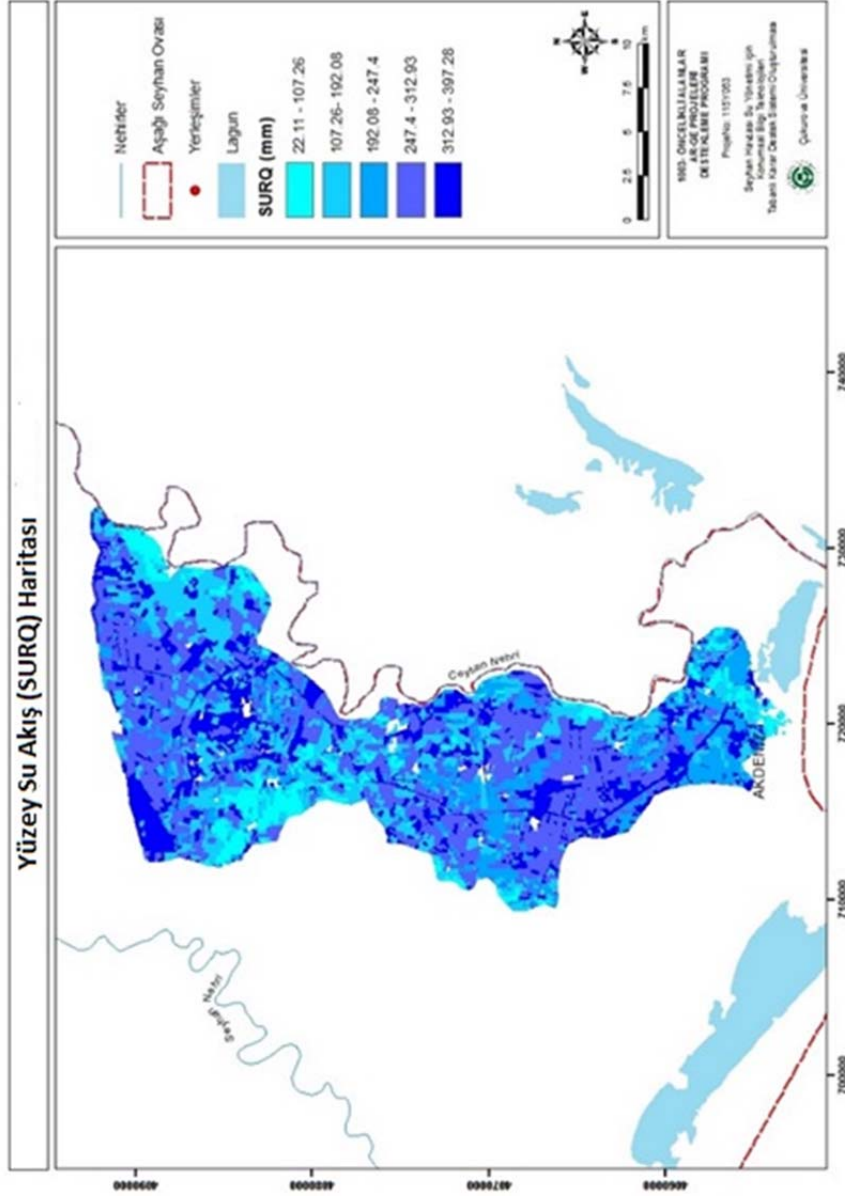
Şekil 4.16. Baharlı, yüzeş su akış haritası.



Şekil 4.17. Karagöçer, yüzey su akış haritası.



Şekil 4.18. Yemişli, yüzey su akış haritası.



Şekil 4.19. Bebeli, yüzey su akış haritası.

4.2.2.3.(2). Yeraltı Suyu Haritaları

Yeraltı suyu, yeryüzüne düşen yağmur ya da karın yer çekimi etkisiyle toprak içerisinde süzülerek yeraltına geçmesi ve burada birikmesine denir. Yeraltı suyu hidrolojik su döngüsünün önemli parçalarından biridir. Doymuş yeraltı suyu tabakasında, hem çok yüksek hidrolik iletkenlik alanları ile düşük hidrolik iletkenlik alanları bulunabilir. Bu yüksek hidrolik iletkenlik alanlarının yapısal özelliklerini incelediğimizde, suyun kayaç içerisinde kolayca hareket etmesini sağlayacak şekilde yüksek gözenekli ve büyük taneli (Kumlu topraklar) bir yapıya sahip iken, düşük hidrolik iletkenliğe sahip alanlarda ise, suyun kayaç içerisinde hareketini engelleyen mikro düzeyde gözeneklerden ve çok küçük tanelerden oluşur. Yeraltı sistemini tanımlar iken akiferler ve geçirgen olan ve geçirgen olmayan sistemlerden bahsetmekte yarar vardır. Akifer yüksek geçirgenlik ve gözenekli bir yapıya sahip, su depolayabilen ve taşıyabilen jeolojik yapılardır. Akiferler kendi içerisinde basınçlı, basınçsız, yarı basınçlı ve tünnek asılı olarak ayrılır. Basınçlı akifer alttan ve üstten geçirimsiz birimle sınırlı jeolojik birimdir ve su sadece aşınmış ya da küçük veya büyük fay çatlakları ile buraya ulaşır. Basınçsız akifer ise alttan geçirimsiz birimle sınırlanan ve üst sınırı su tablası olan jeolojik birimdir ve su akışı yüzey suları vasıtasıyla olur. Yarı basınçlı akifer alttan ve üstten yarı geçirgen bir birimle sınırlandırılır. Tünnek asılı akifer basınçsız akiferlerin üzerindeki geçirgen olmayan birimler içerisinde yer alan küçük gözenekli birimlerdir.

Suyun yeryüzüne düştükten sonraki hareketini etkilene en önemli faktörler şunlardır. Toprağın yapısal özellikleri, topoğrafya, bitki örtüsü, arazi kullanımı ve yağın yağmurun şiddeti, miktarı ve süresidir. Yeryüzüne düşen su toprağa ulaştıktan sonra gözenekler içerisinde süzülerek, yeraltı su sistemine ulaşır. Yer altı sistemine ulaşan su yüksek basınç alanlarından düşük basınç alanlarına doğru hareketine devam eder ve nehir sistemine ulaşır. Yeraltı suyu ve yüzey suyu arasındaki etkileşim su kaynakları üzerindeki hidrolojik döngüyü etkiler. Yeraltı suyu ve yüzey suları farklı koşul ve topoğrafya ile toprak yapılarında etkileşime

girebilmektedir. Bölgenin yapısal özelliklerine göre, yeraltı suları yüzey sularından beslenebilir ya da yeraltı suları yüzey suyuna katkı yapabilir. Düşük kotlu alanlarda, su tablasının yüzeye yakın olmasından dolayı, yeraltı suları ve yüzey suları nehir ve göl sistemini besleyen iki önemli faktördür.

Tarımın çok yoğun yapıldığı Aşağı Seyhan Havzasında tarımsal sulamadan kaynaklı su hareketleri ile doğal yağış ve topoğrafik özelliklerden dolayı yeraltı suyu ve yüzey sularının ana kanala dönüşünde önemli bir etkisi vardır, Dört ana alt havzaya bölünen Aşağı Seyhan Havzasındaki yeraltı suyu ile yüzey suyunun ana kanala etkisini incelediğimizde.

Baharlı alt havzasında (Şekil 4.20) yeraltı suyunun ana kanala katkısının ortalaması 187.66 mm'dir. En Büyük yeraltı suyu katkısı 431.9 mm ile mısır bitkisine ait olup en küçük katkı değeri ise 18.57 mm ile Boş alana aittir.

Karagöçer alt havzasında (Şekil 4.21) yeraltı suyunun ana kanala katkısının ortalaması 203.2 mm'dir. En Büyük yeraltı suyu katkısı 518.70 mm ile mısır tarım ürününe ait olup, en küçük katkı değeri ise 27.63 mm ile boş arazilere aittir.

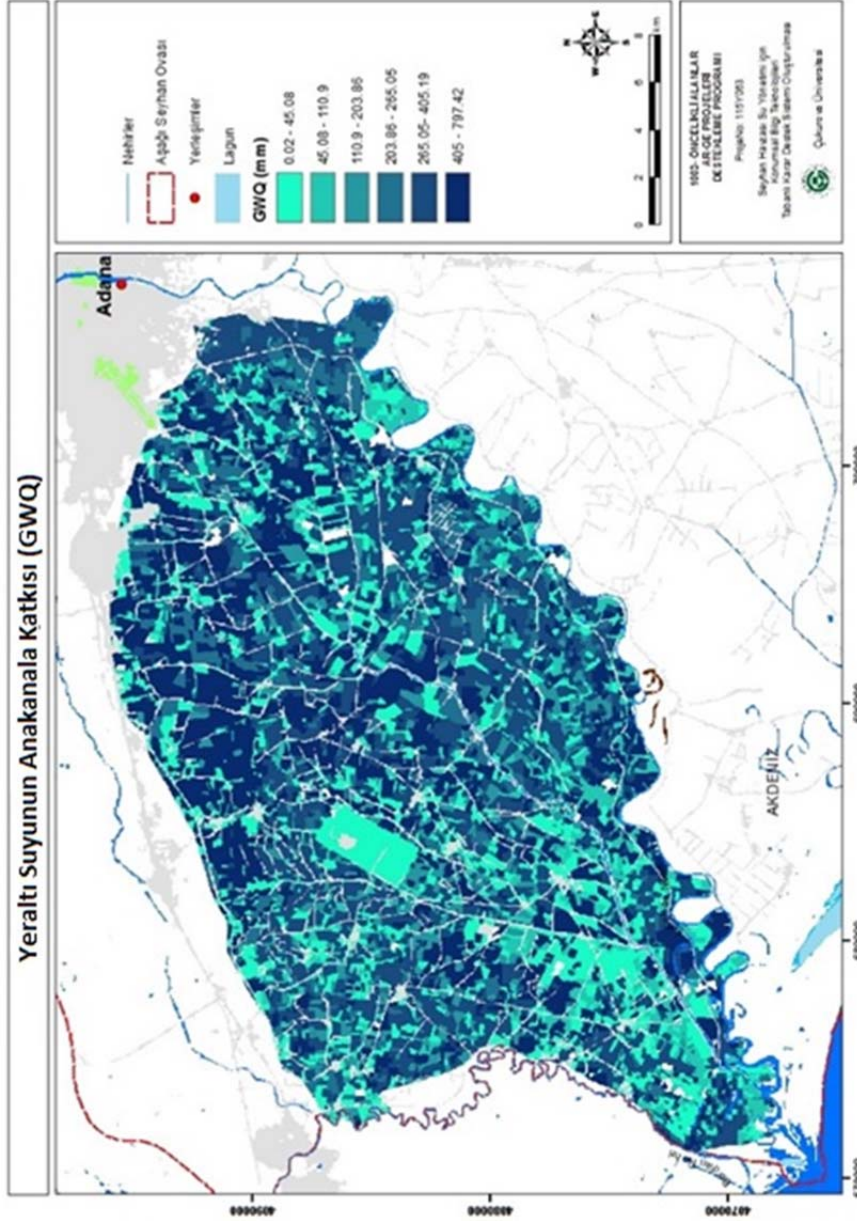
Yemişli alt havzasında (Şekil 4.22) yeraltı suyunun ana kanala katkısının ortalaması 196.1 mm'dir. En Büyük yeraltı su katkısı 460.62 mm ile mısır tarım ürününe ait olup, en küçük katkı değeri ise 15.39 mm ile boş arazilere aittir.

Bebeli alt havzasında (Şekil 4.23) yeraltı suyunun ana kanala katkısının ortalaması 179.48 mm'dir. En Büyük yeraltı su katkısı 465.78 mm ile mısır tarım ürününe ait olup, en küçük katkı değeri ise 9.72 mm ile boş arazilere aittir.

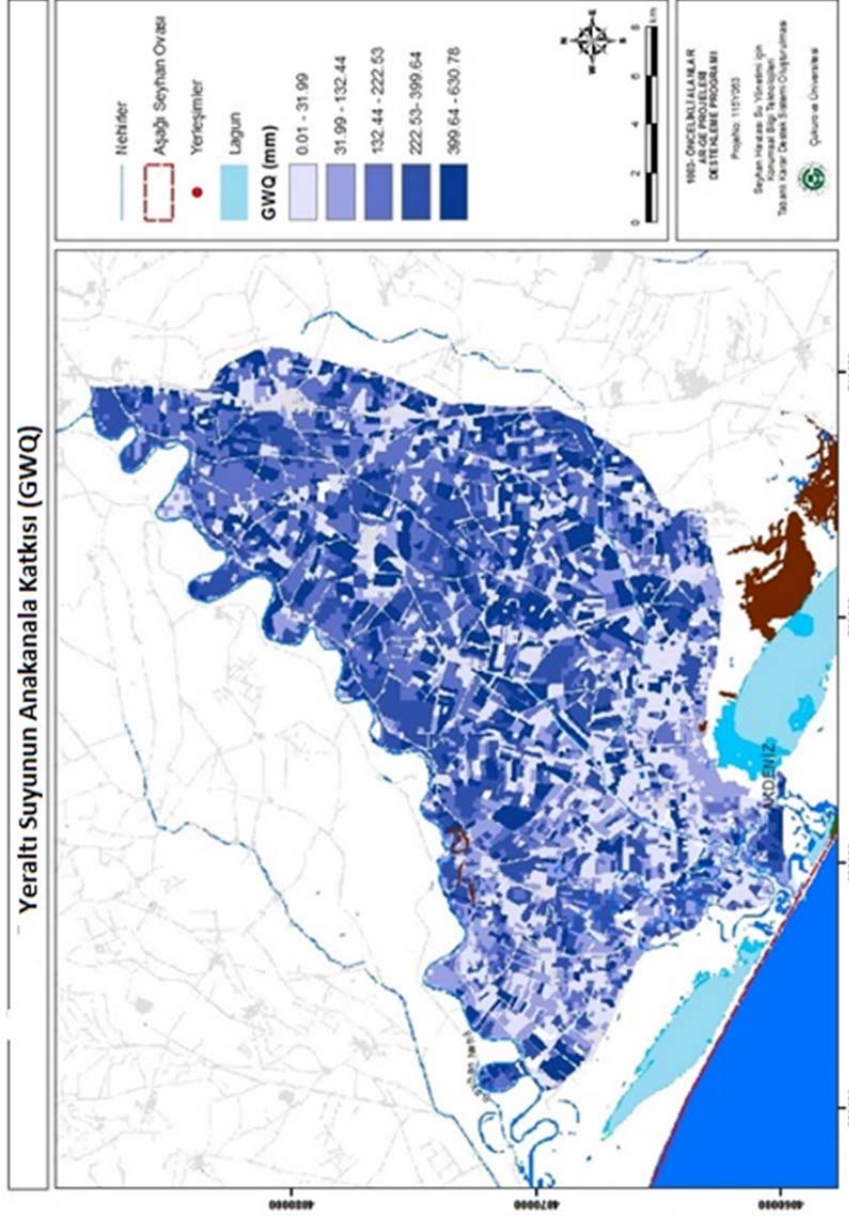
Dört alt havzasının yeraltı suyunun ana kanala katkı miktarları birbirine yakındır. Tarımsal sulamanın yapıldığı alanlarda taban suyuna geçen miktar yüksek iken, sulamanın yapılmadığı alanlarda bu oran düşüktür. Bu yüzden mısır gibi düzenli olarak sulanan alanlarda yeraltı suyunun ana kanala katkısı yüksek iken bu oran boş arazilerde çok düşüktür. Tarımsal sulamanın yapılmadığı alanlarda, yağmur suyunun büyük kısmı yüzey akışına gider iken küçük bir bölümü ise taban suyuna geçmektedir. Yeraltına geçen su miktarının genel olarak düşük olmasının

sebebi toprak yapısında kilin baskın olmasıdır. Kil bazlı toprak tiplerinde geçirgenliğinin düşük olmasından dolayı suyun taban suyuna geçişi kısıtlıdır. Ayrıca, Havzasının, bitki örtüsünü tarımsal ürünler oluşturduğundan, toprağın daha gözenekli bir hale gelmesini sağlayan kök yapısı yoktur. Buda yeraltı suyunun ana kanala ulaşmasını engelleyen önemli bir etkidir.

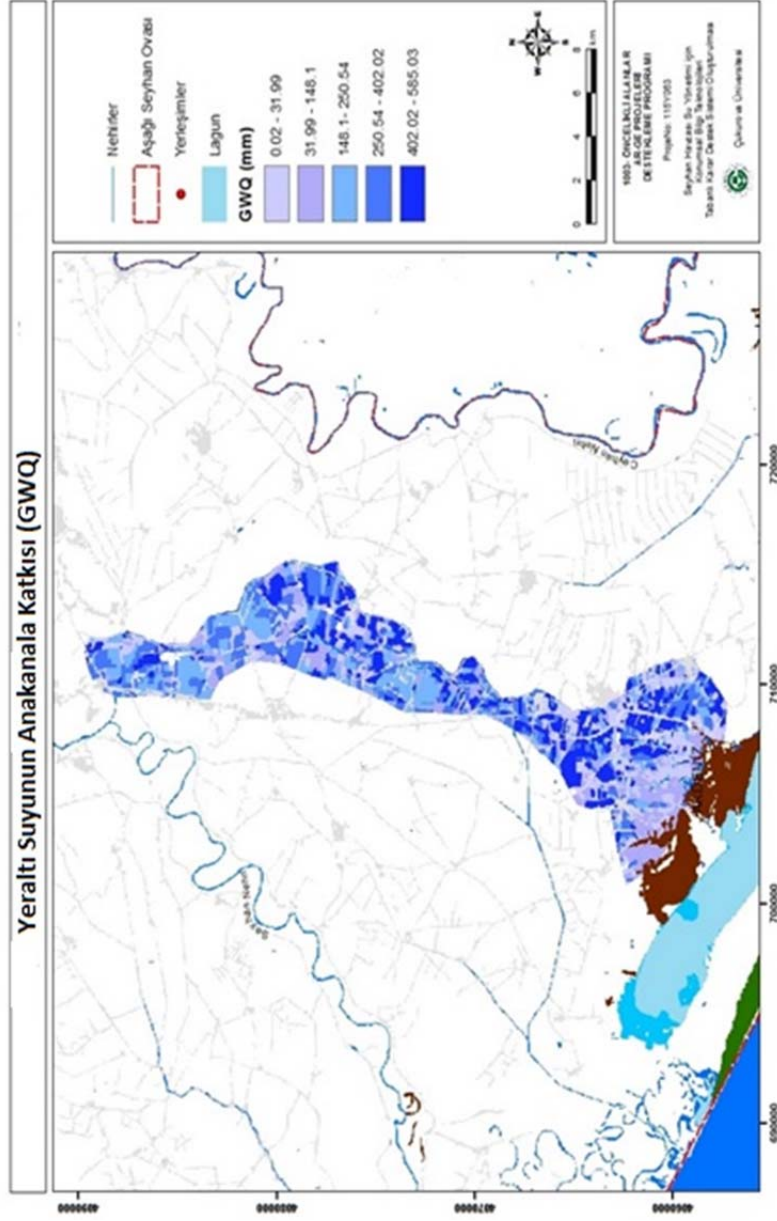




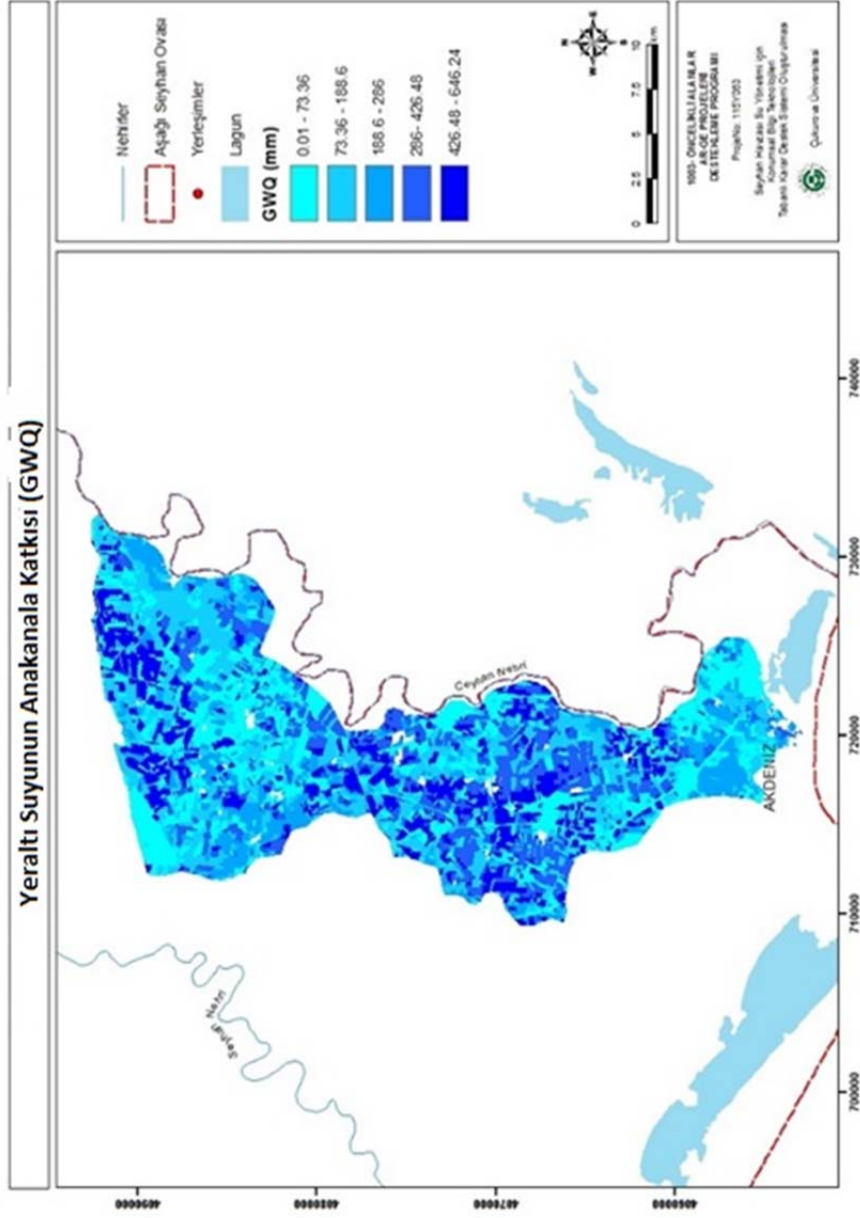
Şekil 4.20. Baharlı, yeraltı suyunun ana kanala katkısının haritası.



Şekil 4.21. Karagöçer, yeraltı suyunun ana kanala katkısının haritası.



Şekil 4.22. Yemişli, yeraltı suyunun ana kanala katkısının haritası.



Şekil 4.23. Bebeli, yeraltı suyunun ana kanala katkısının haritası.

4.2.2.3. (3). Toprak Profiline Tutulan Su Miktarının Haritaları

Toprak katı, sıvı ve gazdan oluşmaktadır. Katı madde toprağın ana iskeletini oluşturur iken toprak taneleri arasında var olan boşluklar ya da gözenekler gaz ile suyu tutmaktadır. Bu gözeneklerin tamamen dolması olayına doymuş toprak denir. Toprak profiline tutulan su, suyun toprak içerisine sızarak, toprağın doyumluk seviyesine ulaşması ve suyun yerçekimi etkisiyle daha da aşağılara inmesinin durması olarak tanımlanabilir. Suyun toprak profiline tutulmasını ve hareketini sağlayan kuvvetler Adhezton, kohezyon ve yerçekimi kuvvetidir. Adhezton kuvveti iki farklı yapı yada molekül arasında var olan çekim kuvvetidir. Su ile toprak molekülleri arasındaki kuvvet ile su toprakta tutulmuş olur. Kohezyon kuvveti aynı tip moleküllerin birbirini çekmesi olayıdır ve su moleküllerinin birbirini çekmesi ile toprak su tutulmuş olur. Yerçekimi kuvveti suyun gözenekler içerisinden geçerek aşağı doğru hareketini sağlayan kuvvettir. Adhezton ile kohezyon toprak su tutulumuna yardımcı olur iken yerçekimi kuvveti suyun aşağılara doğru hareketi sağlar. Bu üç kuvvet arasındaki ilişki suyun hareketine yön verir. Örneğin, eğer Adhezton kuvveti ile kohezyon kuvveti yer çekimine eşit ise su dengede ve hareketsiz kalır. Fakat Adhezton kuvveti ile kohezyon kuvveti yer çekiminden büyük ise su yukarı yönlü harekete başlar eğer yer çekimi kuvveti büyük ise aşağı yönlü harekete başlar.

Toprakta tutulan su miktarı (AWC) tarımsal uygulamalar için önemlidir. Toprakta tutulan su bitkilerin su ihtiyacı dışında ayrıca besin kaynağını da oluşturur. Bitkilerin kökleri vasıtası ile besin maddelerini almasını sağlar.

Killi topraklar, kilin yapısal özelliği nedeniyle su tutma kapasiteleri çok yüksektir. Aşırı yağın yağmur ve aşırı sulama sebebiyle bu tip topraklar aşırı derece su tutarak balcık haline gelirler ve bu özellikleri nedeniyle bitkiler için verimli değildir. Bunun temel sebebi, toprağın içerisinde yer alan gözenekler büyük kısmı su ile dolar iken bitkilerin ihtiyaç duyduğu gözeneklerdeki hava azalır. Buda bitkinin köklerinin çürümesine sebep olur.

Aşağı Seyhan Havzasında yoğun tarımsal uygulamalardan gübreleme ve toprak işleme ile toprağın hava alması ve gözenek yapısı değiştirilmiş olur. Aşağı Seyhan Havzası killi toprak yapısına sahiptir. Bu yüzden toprakta tutulan su miktarları çok yüksektir. Buda killi toprakların fiziksel yapılarından kaynaklanmaktadır. Bu tip topraklar aşırı yağmur durumlarında fazla miktarda su tuttuklarından, bitkiler için gerekli hava gözeneklerde azalır ve bitkilerin ölmesine sebep olur. Bu yüzden, Toprağın düzenli olarak sürülmesi, organik gübreleme ile toprağın geçirgen yapısı değiştirilerek, toprağın hava alması sağlanır. Dört ana alt havzaya bölünen Aşağı Seyhan Havzasındaki toprak serilerinin su tutma kapasitelerini incelediğimizde;

Baharlı alt havzasının toprakta profilinde su tutma ortalaması 156.58 mm'dir. En Büyük toprakta profilinde su tutma değeri 228.4 mm ile Çanakçı toprak serisi ile mısır ürün desenine, en küçük toprak profilinde su tutma değeri ise 93.2 mm ile Baharlı toprak serisi ile boş araziye aittir (Çizelge 4.15, Şekil 4.24).

Çizelge 4.15. Baharlı alt havzasının toprak serilerinde tutulan su miktarı.

Toprak Serileri	AWC (mm)	Toprak Serileri	AWC (mm)
Arıklı	176.6	Helvacı	131.6
Arkaca	146.1	İncirlik	178.7
Arpacı	141.8	İnnaplı	172.6
Baharlı	93.2	Mürsel	208.7
Çanakçı	228.4	Oymaklı	128.2
Gemisure	132	Pekmezci	149.3
Yenice	142.4		

Karagöçer alt havzasının toprakta profilinde su tutma ortalaması 159.47 mm'dir. En büyük toprakta profilinde su tutma değeri 228.4 mm ile Çanakçı toprak serisi ile mısır ürün desenine aittir. En düşük toprak profilinde su tutma değeri ise 93.2 mm ile Baharlı toprak serisi ile boş arazi aittir (Çizelge 4.16, Şekil 4.25).

Çizelge 4.16. Karagöçer alt havzasının toprak serilerinde tutulan su miktarı.

Toprak Serisi	AWC(mm)	Toprak Serisi	AWC(mm)
Helvacı	131.6	Arıklı	176.6
İncirlik	178.7	Arkaca	146.1
Mürsel	208.7	Arpacı	141.8
Oymaklı	128.2	Baharlı	93.2
Pekmezci	149.3	Çanakçı	228.4
Yenice	142.4	Gemisure	132

Yemişli alt havzasının toprak profilinde su tutma ortalaması 161.67 mm'dir. En büyük toprak profilinde su tutma değeri 228.4 mm ile Çanakçı ve Mürsel toprak serileri ile mısır ürün desenine aittir. En düşük toprak profilinde su tutma değeri ise 128.2 mm ile Oymaklı toprak serisi ile boş araziye aittir (Çizelge 4.17, Şekil 4.26).

Çizelge 4.17. Yemişli alt havzasının toprak serilerinde tutulan su miktarı.

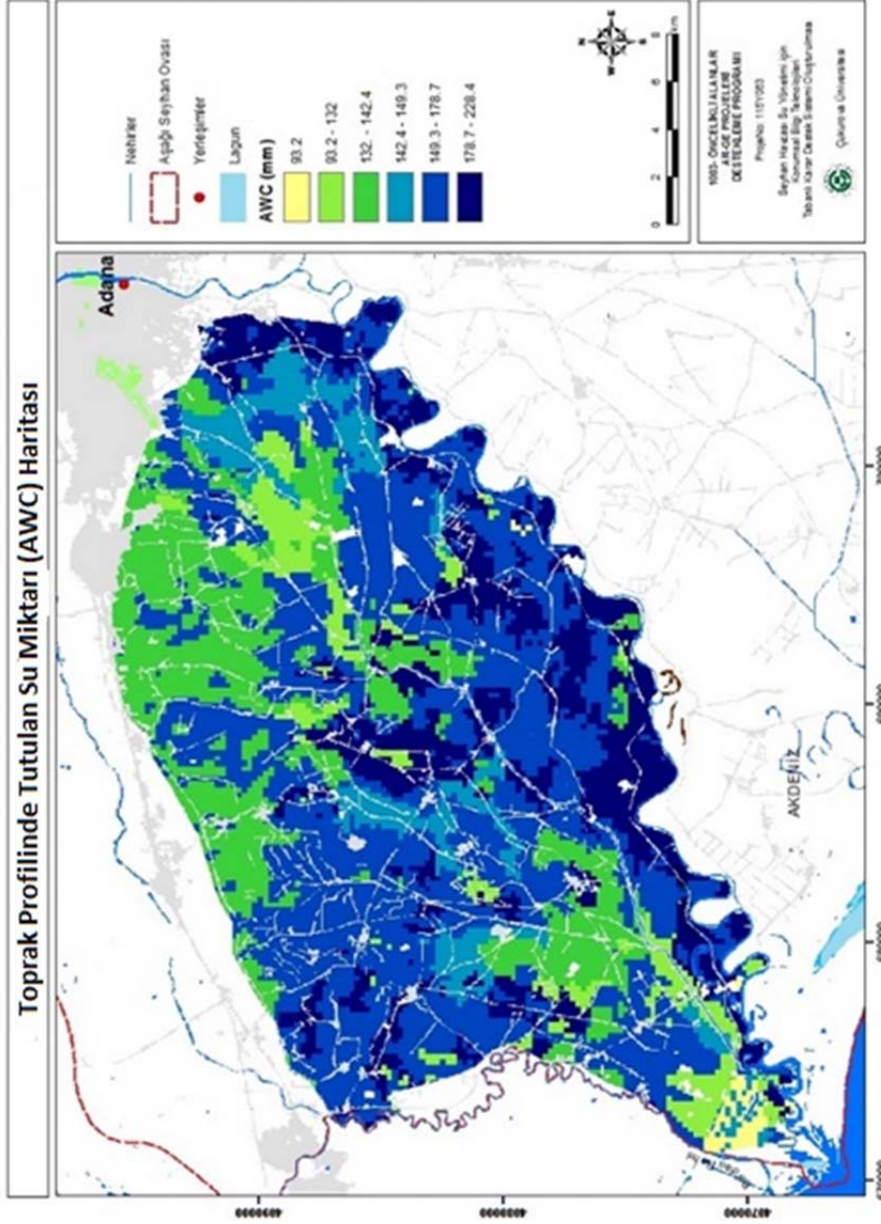
Toprak Serisi	AWC(mm)	Toprak Serisi	AWC(mm)
Helvacı	131.6	Arıklı	176.6
İncirlik	178.7	Arkaca	146.1
Mürsel	228.4	Arpacı	141.8
Oymaklı	128.2	Çanakçı	228.4
Pekmezci	149.3	Gemisure	132

Bebeli alt havzasının toprak profilinde su tutma ortalaması 142.49 mm'dir. En büyük toprakta profilinde su tutma değeri 228.4 mm ile Çanakçı toprak serisi ile mısır ürün desenine aittir. En düşük toprak profilinde su tutma değeri ise 38.1 mm ile Karataş toprak serisi ile boş arazi aittir (Çizelge 4.18, Şekil 4.27).

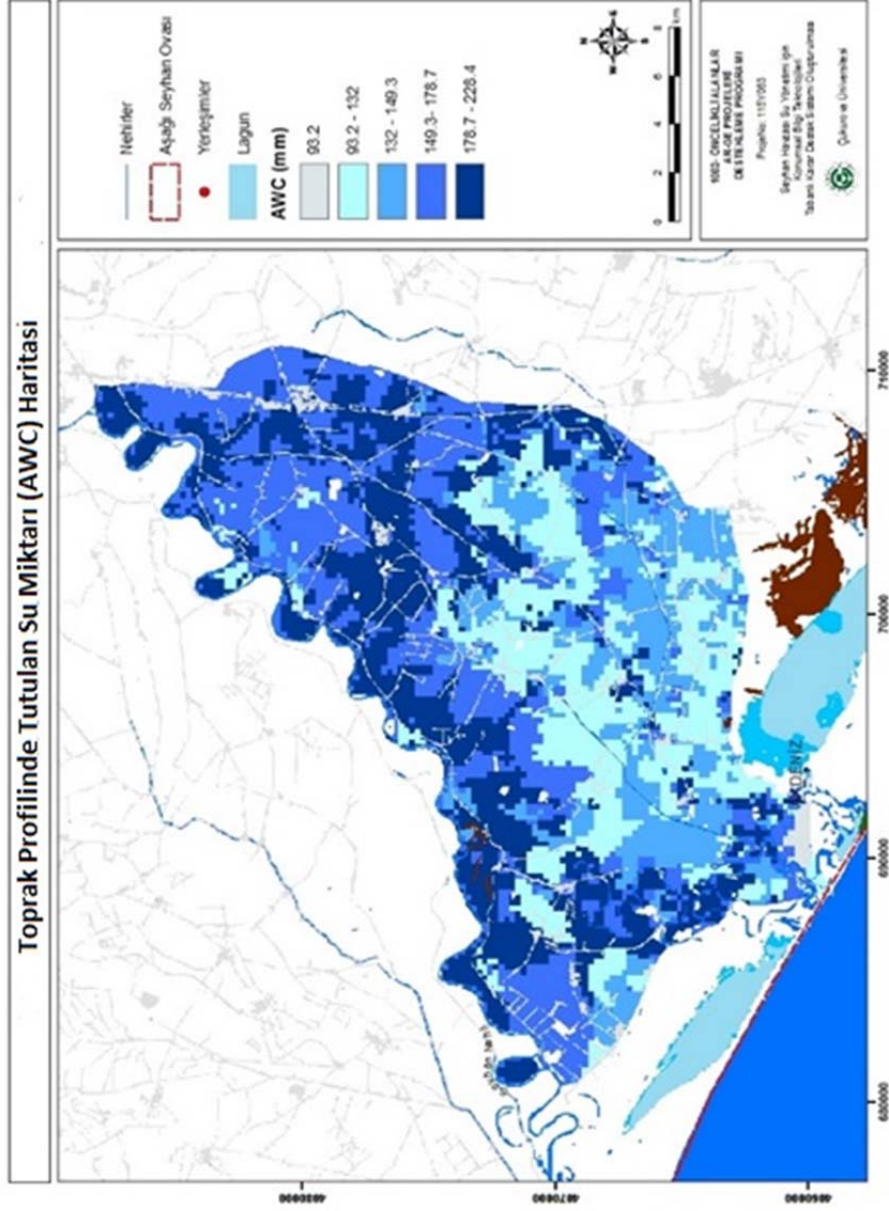
Çizelge 4.18. Bebeli alt havzasının toprak serilerinde tutulan su miktarı.

Toprak Serileri	Ortalama AWC (mm)	Toprak Serileri	Ortalama AWC (mm)
Arıklı	176.6	İncirlik	178.7
Arkaca	146.1	İnnaplı	172.6
Arpacı	141.8	İsmaliye	140.8
Baharlı	93.2	Karataş	38.1
Çanakçı	228.4	Misis	166
Gemisure	132	Mürsel	208.7
Gölyaka	47.9	Oymaklı	128.2
Helvacı	131.6	Pekmezci	149.3
Yenice	142.4		

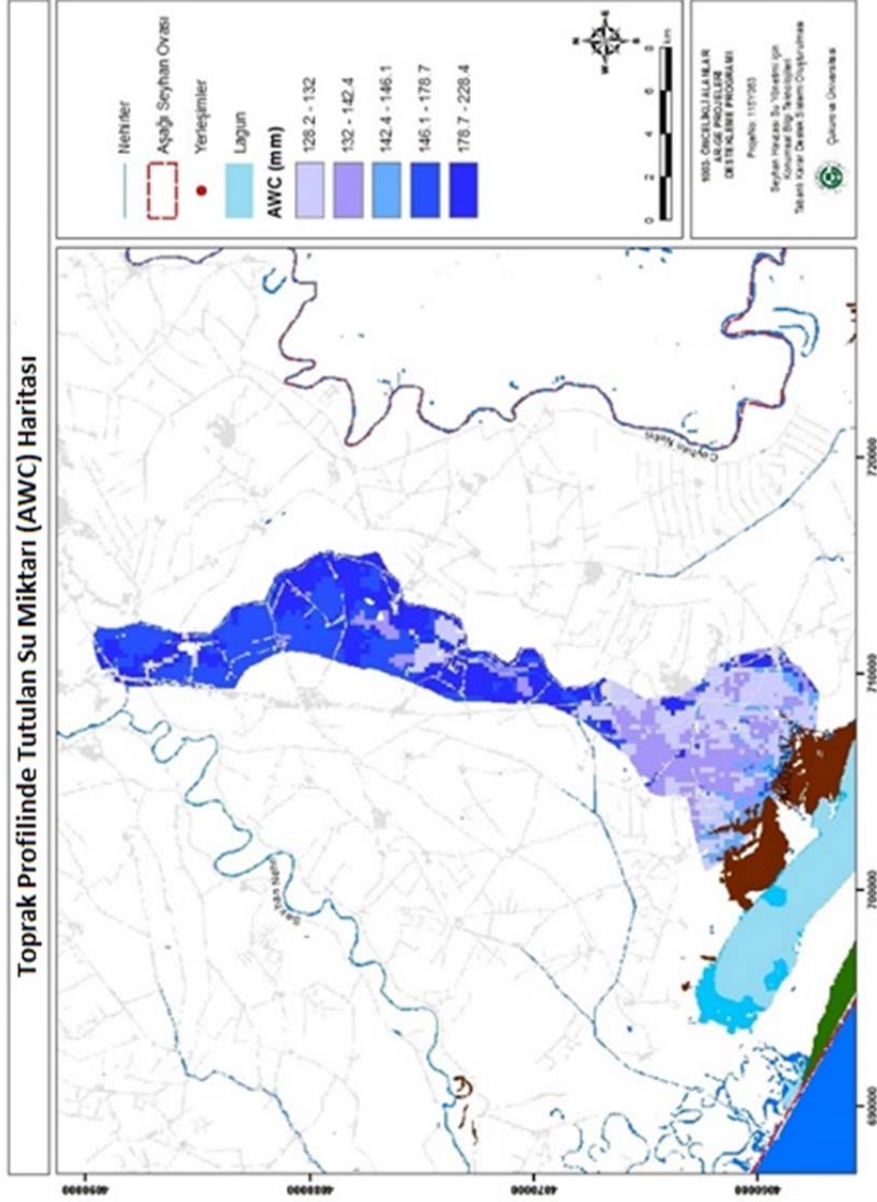
Dört alt havzanın toprak profilinde su tutma değerleri birbirine çok yakındır. Toprak profilinde su tutma miktarını, uygulanan tarımsal sulama miktarı, tarımsal ürün deseni ve toprağın yapısındaki kil oranı büyük ölçüde etkilemektedir. Toprak profilinde su tutma değerinin yüksek olduğu Mürsel ve Çanakçı serilerinin kil oranı yüksek olması dışında mısır tarım ürününün ekili olması da etkilidir. Toprak profilinde su tutma değerinin düşük olduğu Baharlı ve Karataş serilerinde ise boş arazi olması en büyük etkidir. Çünkü tarımsal sulamanın olmaması sebebi ile sadece yağmur vasıtasıyla toprağa su ulaşmaktadır.



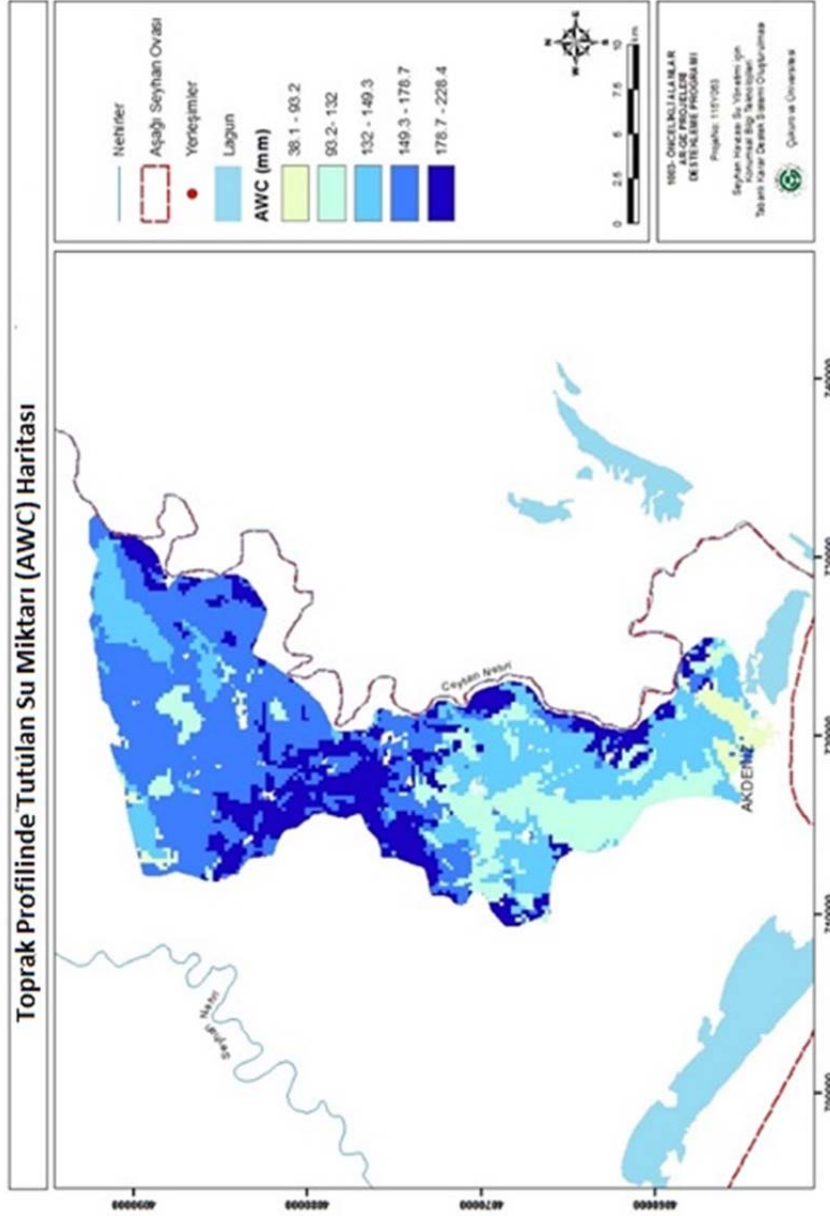
Şekil 4.24. Baharlı, Toprak profilinde tutulan su miktarı haritası.



Şekil 4.25. Karagöçer, Toprak profiline tutulan su miktarı haritası.



Şekil 4.26. Yemişli, Toprak profiliinde tutulan su miktarı haritası.



Şekil 4.27. Bebeli, Toprak profilinde tutulan su miktarı haritası.

4.2.2.3.(4). Sulama Suyu Haritaları

Su, bitkiler için hayati bir öneme sahiptir. Bitkilerin su içerisinde eriyik halde bulunan besin öğelerini kökleri vasıtası ile alır. Bitkiler gelişimleri için gerekli suyu yağın yağmurlar ve toprak profilinde tutulan sular ile karşılamaktadır. Fakat yağışın düzenli olamadığı, kurak ya da yarı kurak alanlar ile yaz mevsimlerinde bitkinin su ihtiyacı çeşitli sulama yöntemleri ile karşılanmaktadır. Tarımsal sulama yöntemlerini yüzey sulama (tava sulama, uzun tava sulama ve karık sulama), basınçlı sulama (damla sulama, yağmurlama sulama ve mini spring sulama), toprak altı damla sulama yöntemlerinden oluşmaktadır. En etkili sulama yönteminin seçiminde bölgenin kültürel ve ekonomik yapısı, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısı, iklim, topoğrafya, arazinin büyüklüğü ve su kaynağına olan uzaklığı, tarımsal ürün ve su kalitesi gibi etkenler etkilidir.

Aşağı Seyhan Havzası Akdeniz iklimi etkisi altında olmasından dolayı yazları sıcak ve kurak iken kışın ılık ve bol yağışlıdır. Bu yüzden kış ve ilkbahar aylarında tarımsal sulama yerine yağmur suları yeterli gelir iken yaz aylarında tarımsal sulama daha yaygındır. Havza yoğun tarımsal aktivitelerin yapıldığı bir yer olması dolayısıyla, tarımsal sulama çok önemlidir. Bölgenin topoğrafik yapısının neredeyse düz olmasından dolayı, havza tarıma çok elverişlidir. Aşağı Seyhan Havzası sulama amacı ile yapılmış sulama kanalları ile karmaşık bir drenaj ağına sahiptir. Bu yüzden sulama suyu sorunu yoktur. Genel toprak tipinde kil dominant olmasından dolayı, suyun toprağın derinlerine ulaşması kısıtlı kalmakta bu yüzden toprak işlenerek, suyun toprağın derinlerine ulaşması sağlanmaktadır. Dört ana alt havzaya ayrılan Aşağı Seyhan Havzasının tarımsal sulama haritalarını incelediğimizde;

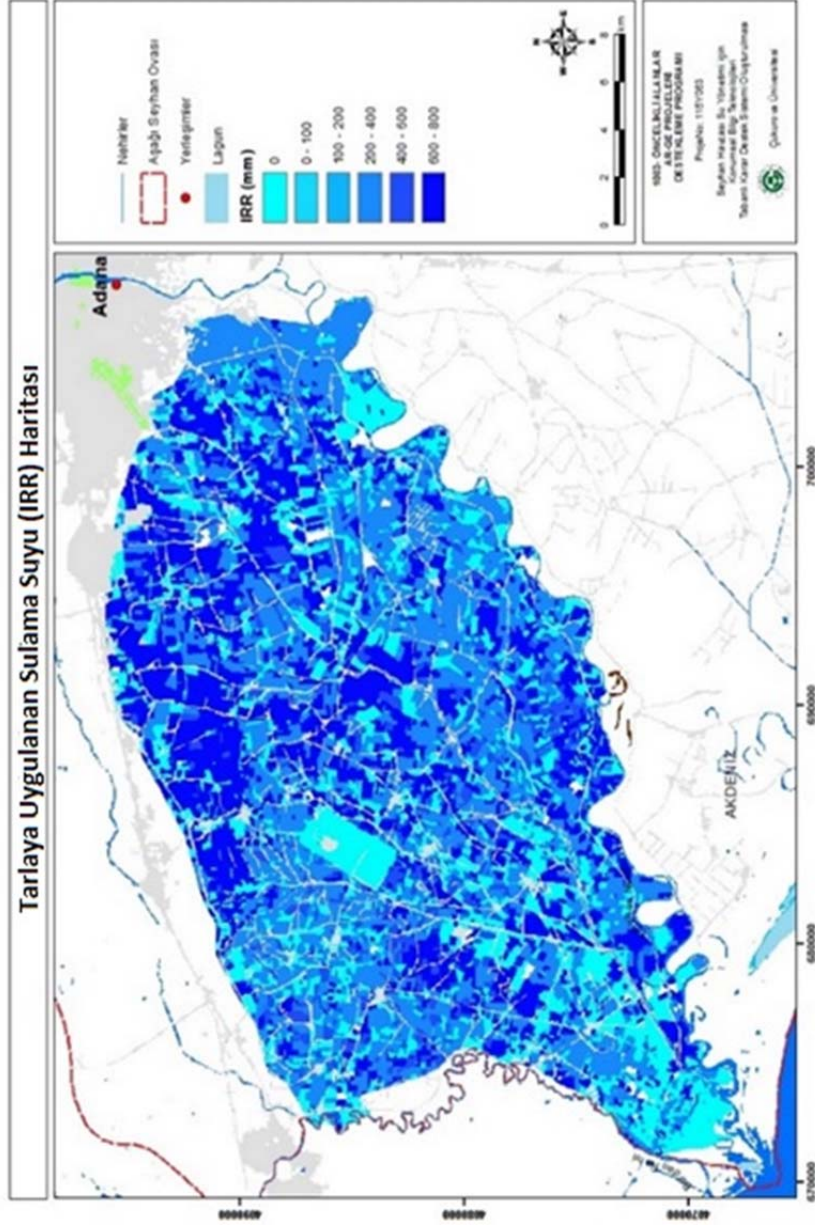
Baharlı alt havzasının tarımsal sulama suyu ortalaması 316.36 mm'dir. En Büyük tarımsal sulama suyu değeri 605 mm pamuk bitkisine ait olup, en küçük tarımsal sulama suyu değeri ise 267.25 mm ile yer fıstığına aittir. Boş arazi, Mera, Sazlık gibi alanlar için sulama suyu değeri 0 'dir (Şekil 4.28).

Karagöçer alt havzasının tarımsal sulama suyu ortalaması 289.6 mm'dir. En yüksek tarımsal sulama 747.41 mm ile pamuk ürününe aittir. En düşük tarımsal sulama ise 288.64 mm ile narenciye ürününe aittir. Tarımsal sulamanın yapılmadığı boş arazi, sazlık, boş alan ve mera-otlak gibi alanlar 0 mm'dir (Şekil 4.29).

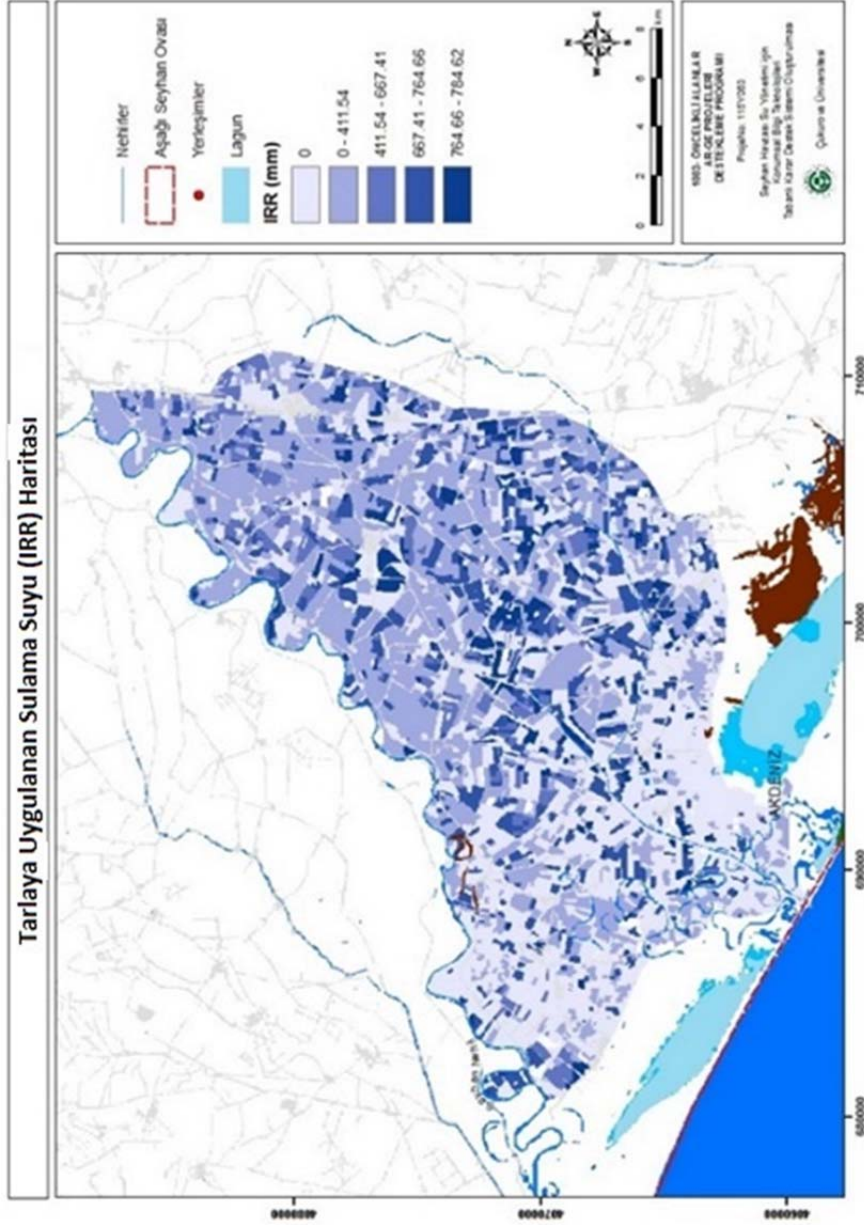
Yemişli alt havzasının tarımsal sulama suyu ortalaması 273.67 mm'dir. En yüksek tarımsal sulama 696.06 mm ile pamuk ürününe aittir. En düşük tarımsal sulama ise 288.81 mm ile narenciye ürününe aittir. Tarımsal sulamanın yapılmadığı boş arazi, sazlık, boş alan ve mera-otlak gibi alanlar 0 mm'dir (Şekil 4.30).

Bebeli alt havzasının tarımsal sulama suyu ortalaması 336.9613 mm'dir. En yüksek tarımsal sulama 700.93 mm ile mısır ürününe aittir. En düşük tarımsal sulama ise 360 mm ile narenciye ürününe aittir. Tarımsal sulamanın yapılmadığı boş arazi, sazlık, boş alan ve mera-otlak gibi alanlar 0 mm'dir (Şekil 4.31).

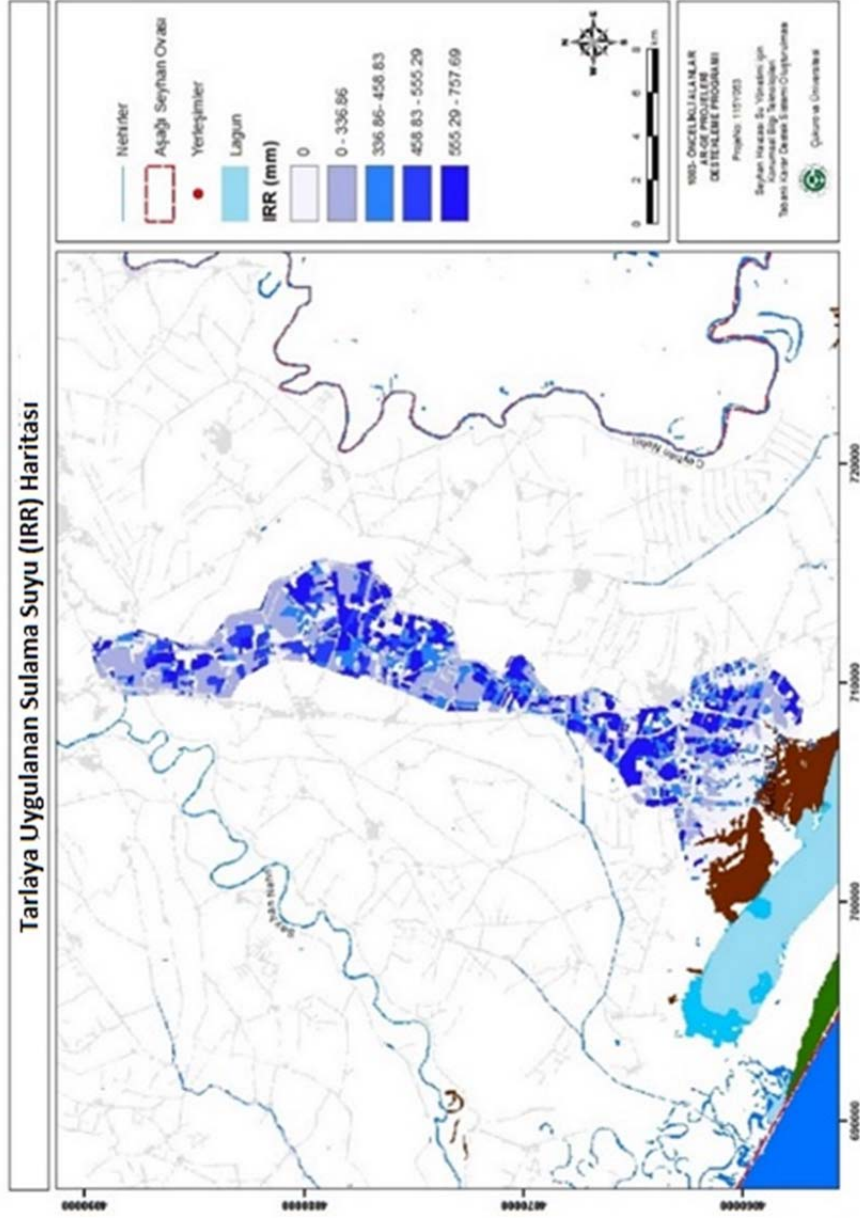
Dört alt havzasının tarımsal sulama değerleri birbirine çok yakındır. Aşağı Seyhan Havzasının topoğrafik ve toprak yapısı bütün havza boyunca çok az değişiklik gösterir. Tarımsal sulamanın en çok yapıldığı bitki pamuktur. Pamuk yapısı gereği çok fazla suya ihtiyaç duymaktadır. Tarımsal sulamanın en az yapıldığı narenciyede damla sulama yöntemi ile sulama yapıldığından yıl boyunca su ihtiyacı düşüktür.



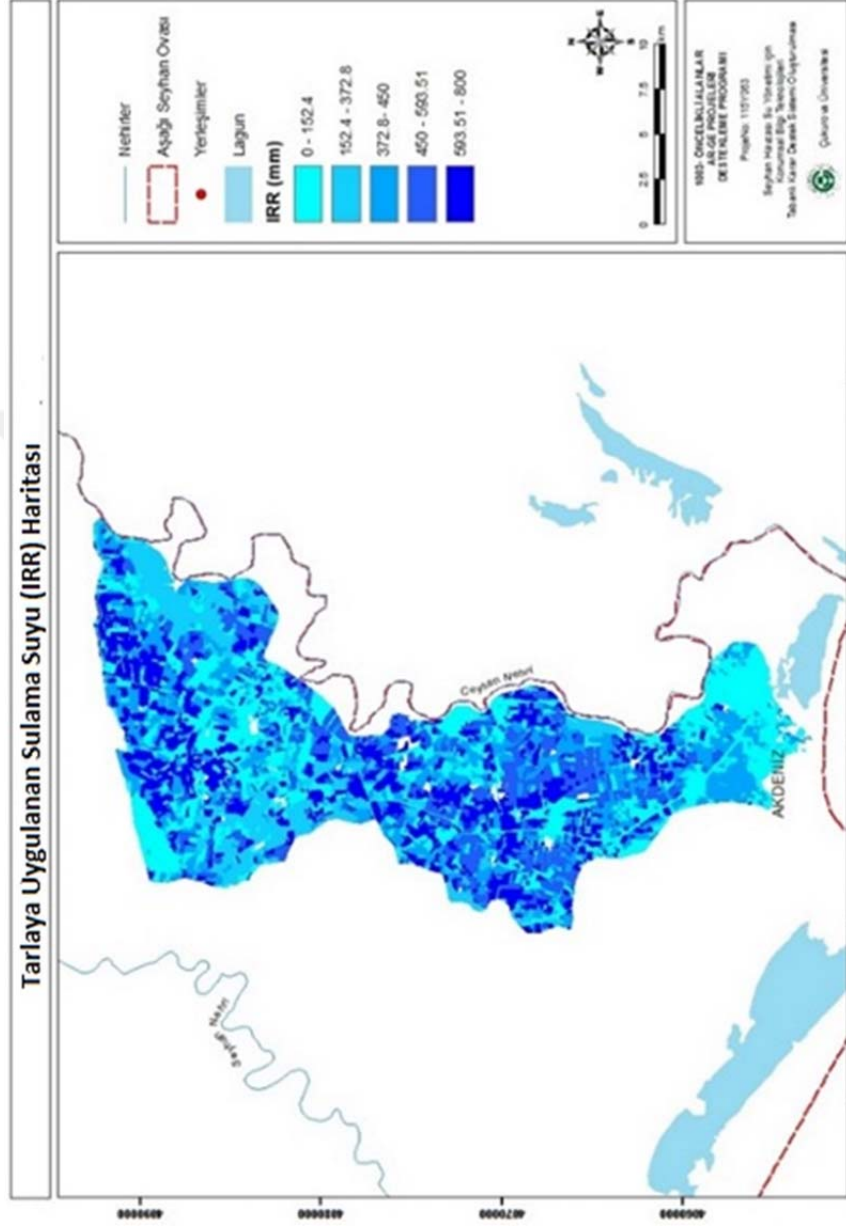
Şekil 4.28. Baharlı, Tarlaya uygulanan sulama suyu haritası.



Şekil 4.29. Karagöçer, Tarlaya uygulanan sulama suyu haritası.



Şekil 4.30. Yemişli, Tarlaya uygulanan sulama suyu haritası.



Şekil 4.31. Bebeli, Tarlaya uygulanan sulama suyu haritası.

4.2.2.3.(5). Evapotranspirasyon Haritaları

Belli bir alanda terleme ve buharlaşma yolu ile meydana gelen su kayıplarının toplamına evapotranspirasyon (ET) denir. ET kendi içerisinde gerçek ve potansiyel olarak ikiye ayrılır. Gerçek ET varolan zemin nemi ile sınırlı olduğundan, zemin nemi kurduğunda durur. Gerçek ET, zemin nemine, bitki türüne ve gelişme periyoduna bağlı olduğundan hesaplanması oldukça zordur. Potansiyel ET ise zemin neminin var olduğu zamanlarda meydana gelen su kaybıdır. ET 'nu ölçmek için Lizimetre adı verilen kaplar kullanılır. Bu işlemde yetiştirilmek istenen bitki türü bu kaplara ekilir ve suyun sızma, yağış ve kabın ağırlığındaki değişiminden ET hesaplanır. ET'na etki eden faktörler ekilen bitki türü, toprak tipi, tarımsal faaliyetler (gübreleme ve toprak işleme), topraktaki kullanılabilir nem, iklim ve bölgesel konum ve topoğrafyadır.

Aşağı Seyhan Havzası yoğun tarımsal aktivitelerin yapıldığı bir yer olması dolayısıyla, tarımsal ürün çeşidi geniştir. Bu tarımsal ürün çeşitlerini incelediğimizde mısır, narenciye çeşitleri, soya fasulyesi, pamuk, buğday ve sebzelerdir. Havzanın toprak tipinde kil dominanttır. Bu yüzden, gübreleme ve toprak işleme faaliyetleri yoğun şekilde yapılmaktadır. Havzanın ET değerleri tarım ürün çeşidine, toprak yapısı, iklim özellikleri ve tarımsal uygulamalara bağlı olsa da yaz aylarında yüksek, kış aylarında düşüktür. Dört ana alt havzaya ayrılan Aşağı Seyhan Havzasının ET haritalarını incelediğimizde;

Baharlı alt havzasının ET ortalaması 436.9 mm'dir. En Büyük ET değeri 799.15 mm ile Pamuk tarım ürününe ait olup en küçük ET değeri ise 261.89 mm ile boş tarım arazisine aittir (Şekil 4.32, Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Baharlı, Ürün desenlerinde ortalama ET değerleri.

Ürün Deseni	ET (mm)	Ürün Deseni	ET (mm)
Boş Arazi	261.89	Mısır (2.ürün)	507.68
Otlak	403.98	Narenciye	324.75
Mısır	460.53	Sazlık	505.92
Pamuk (2.ürün)	474.05	Yer fıstığı	315.19
Pamuk	799.15	Karpuz	550.79

Karagöçer alt havzasının ET ortalama değeri 490.2 mm'dir. En yüksek ET değeri 949.25 mm ile pamuk tarım ürününe aittir. En düşük ET değeri ise 248.24 mm ile boş tarım arazisine aittir (Şekil 4.33, Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Karagöçer, Ürün desenlerinde ortalama ET değerleri.

Ürün Deseni	ET (mm)	Ürün Deseni	ET (mm)
Boş Arazi	248.24	Mısır 2. ürün	631.93
Boş Alan	400.15	Narenciye	592.87
Mısır	616.94	Mera-Otlak	383.8
Pamuk 2. ürün	461.77	Yer fıstığı	554.05
Pamuk	949.25	Karpuz	319.87

Yemişli alt havzasına ET ortalama değeri 499.2 mm'dir. En yüksek ET değeri 920.06 mm ile pamuk tarım ürününe aittir. En düşük ET değeri ise 243.91 mm ile boş tarım arazisine aittir (Şekil 4.34, Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Ürün desenlerinde ortalama ET değerleri.

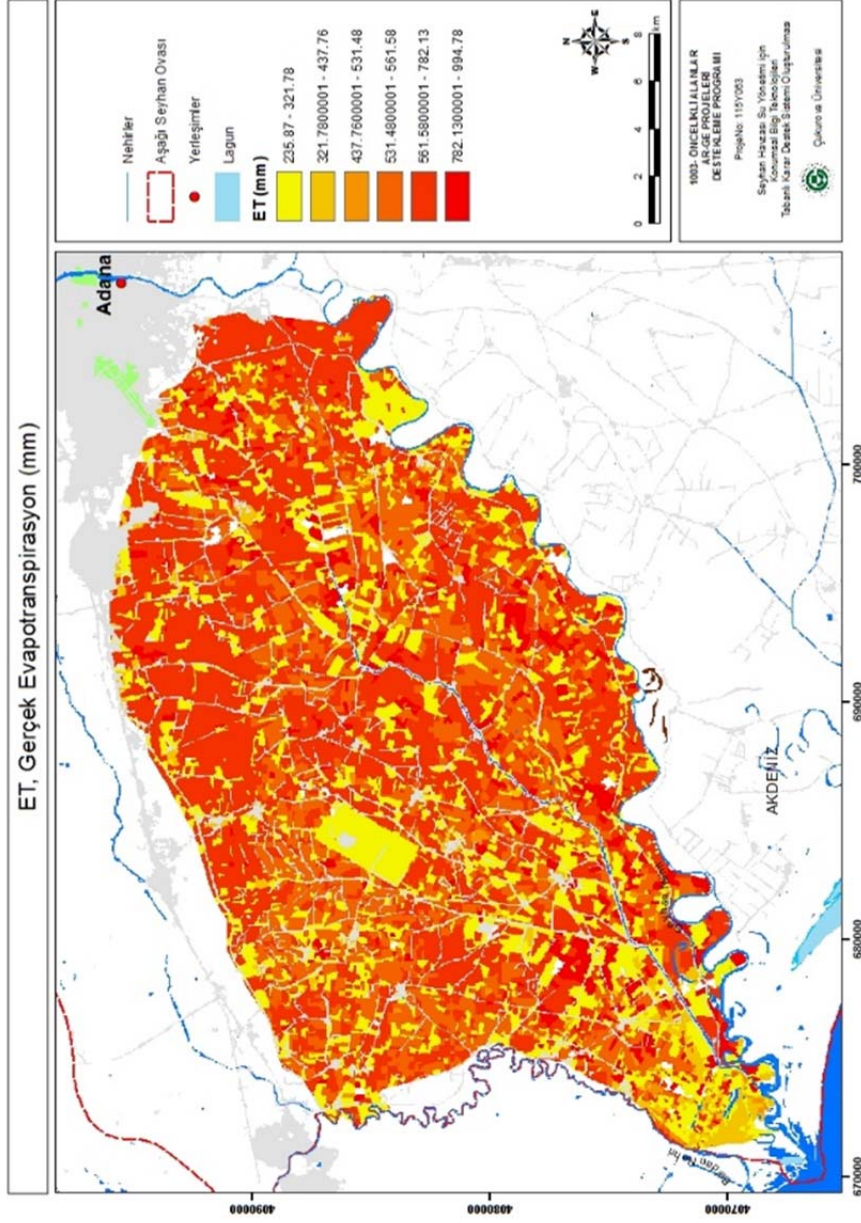
Ürün Deseni	ET (mm)	Ürün Deseni	ET (mm)
Sazlık	398.53	Pamuk	920.06
Boş Arazi	243.91	Mısır 2. ürün	614.61
Boş Alan	368.24	Narenciye	597.05
Mısır	602.54	Mera-otlak	385.45
Pamuk 2. ürün	447.29	Karpuz	430.81

Bebeli alt havzasının ET ortalama değeri 508.8 mm'dir. En yüksek ET değeri 939.75 mm ile pamuk tarım ürününe aittir. En düşük ET değeri ise 255 mm ile boş tarım arazisine aittir (Şekil 4.35, Çizelge 4.22).

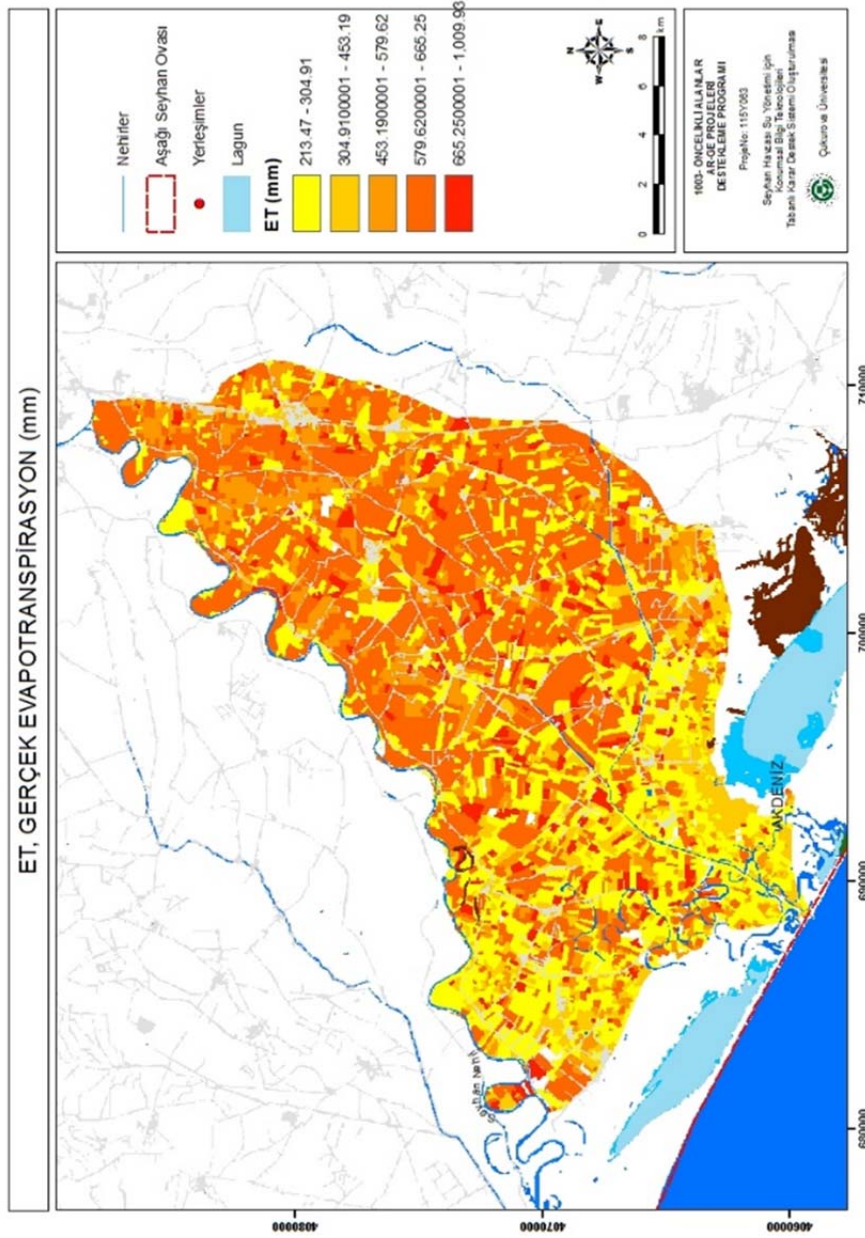
Çizelge 4.22.Ürün desenlerinde ortalama ET değerleri.

Ürün Deseni	ET (mm)	Ürün Deseni	ET (mm)
Boş Tarım	255.22	Mısır 2. ürün	630.43
Mısır	552.56	Narenciye	645.85
Pamuk 2. ürün	529.34	Mera-otlak	321.65
Pamuk	939.75	Karpuz	403.47

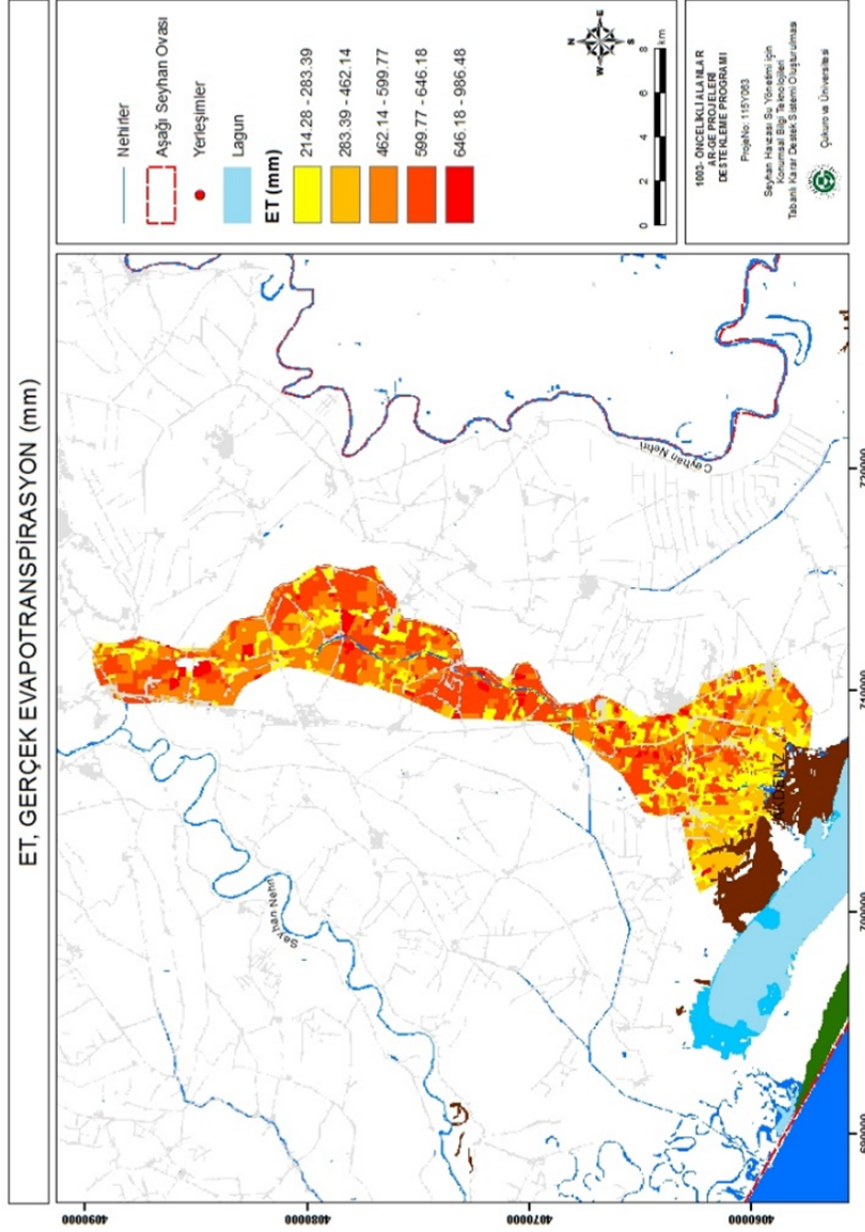
Dört alt havzasının ET değerleri birbirine çok yakındır. En yüksek ET değeri pamuk bitkisine aittir. Bunun temel sebebi, pamuk bitkisinin su ihtiyacıdır. Aşırı sulamadan kaynaklı toprak üzerinde var olan su, yaz aylarında yüksek buharlaşma ve terleme sebebiyle kaybolur. Pamuk bitkisini mısır ve narenciye izler iken en düşük ET değeri boş arazilere aittir. Bu alanlarda tarımsal aktivite olmadığından, var olan ET değeri yağın yağmur sonucunda meydana gelir.



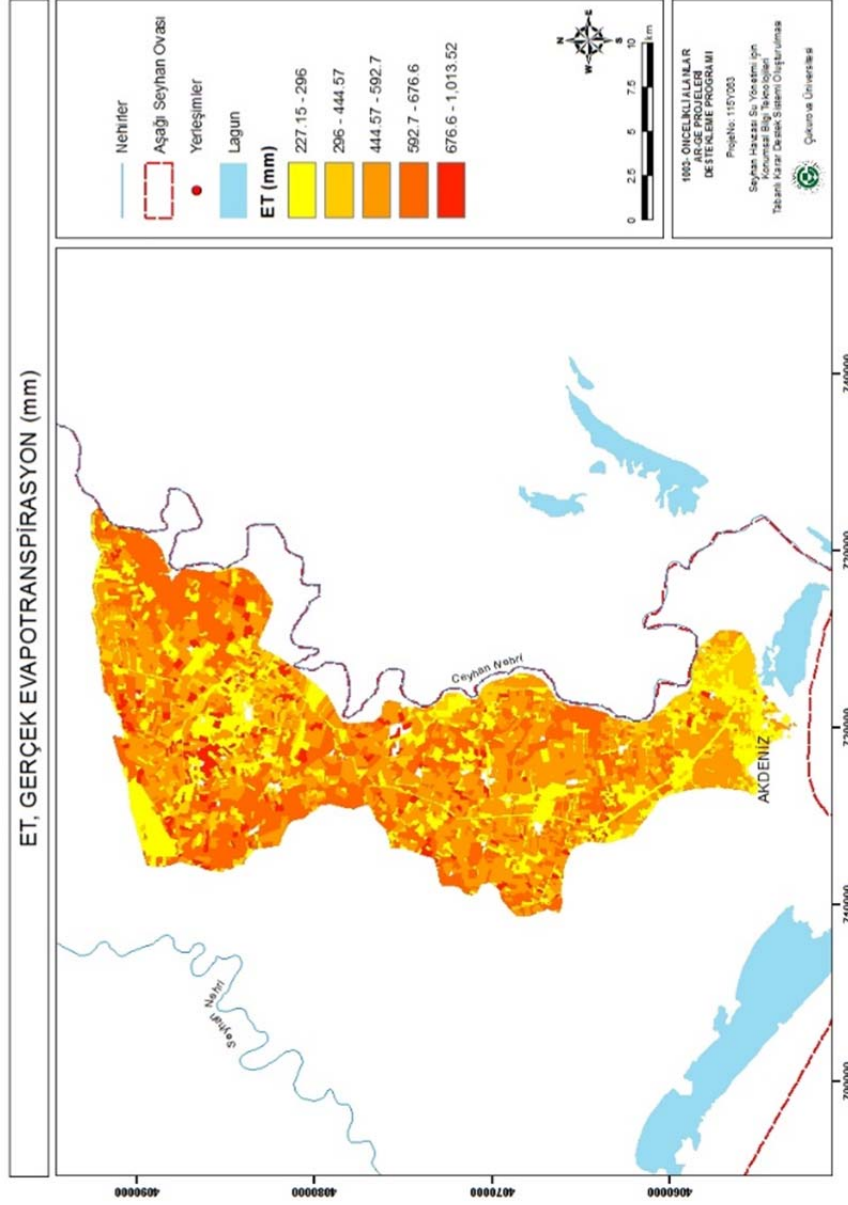
Şekil 4.32. Baharlı, Gerçek Evapotranspirasyon (ET) haritası.



Şekil 4.33. Karagöçer, Gerçek Evapotranspirasyon (ET) haritası.



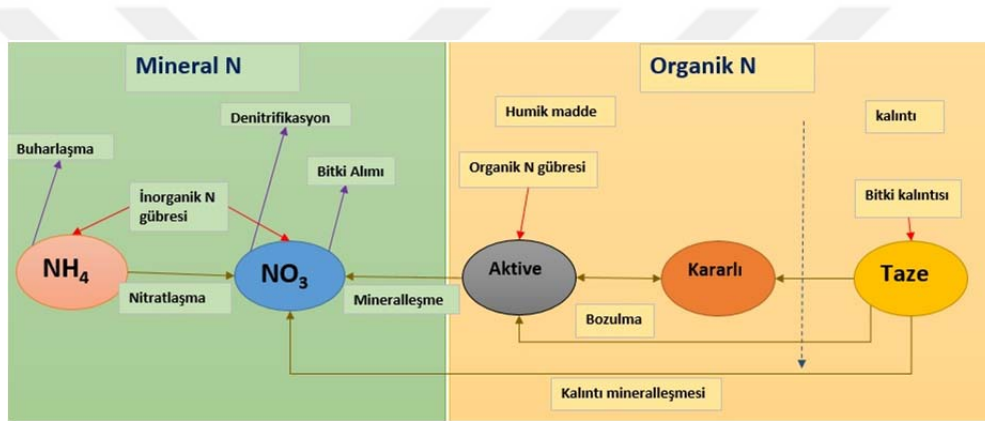
Şekil 4.34. Yemişli, Gerçek Evapotranspirasyon (ET) haritası.



Şekil 4.35. Bebeli, Gerçek Evapotranspirasyon (ET) haritası.

4.2.2.3.(6). Nitrat Haritaları

Nitrat bitki büyümesinde çok önemli bir yere sahiptir. Nitrat döngüsü (Şekil 4.36) bitki, toprak, su ve iklimi içeren dinamik bir döngüdür. Bitkiler nitrate diğer elementlerden daha çok ihtiyaç duyarlar. Toprakta var olan nitrat mineral olarak humus tabakasında toprak altına sızan su içerisinde ya da toprak içerisinde yer alır. Topraktaki nitrat miktarı tarımsal gübreler ile artırılabilir. Toprakta var olan nitrat bitki alımı, yıkanma, toprak altına süzülme, buharlaşma, denitrifikasyona ve erozyon ile topraktan uzaklaştırılmış olur.



Şekil 4.36. Nitrat döngüsü.

Aşağı Seyhan Havzası yoğun tarımsal aktivitelerin yapıldığı bir havza olduğundan, uygulanan gübre miktarı yüksektir. Uygulanan gübrenin bir kısmı topraktan bitkiler tarafından alınır iken bir kısmı da toprakta birikmektedir. Toprağın aşağısına süzülen su ile yeraltı sularına kadar ulaşabilmektedir. Bu yüzden bilinçli ve bitkinin ihtiyacı kadar gübreleme yapmak önemlidir. Dört ana alt havzaya ayrılan Aşağı Seyhan Havzasının hektar başına düşen miktarının haritalarını incelediğimizde;

Baharlı alt havzasının toprakta bulunan nitrat ortalaması 1.931 kg N/ha dir. En Büyük NO₃ değeri 17.68 kg N/ha ile İncirlik toprak serisindeki narenciye ait

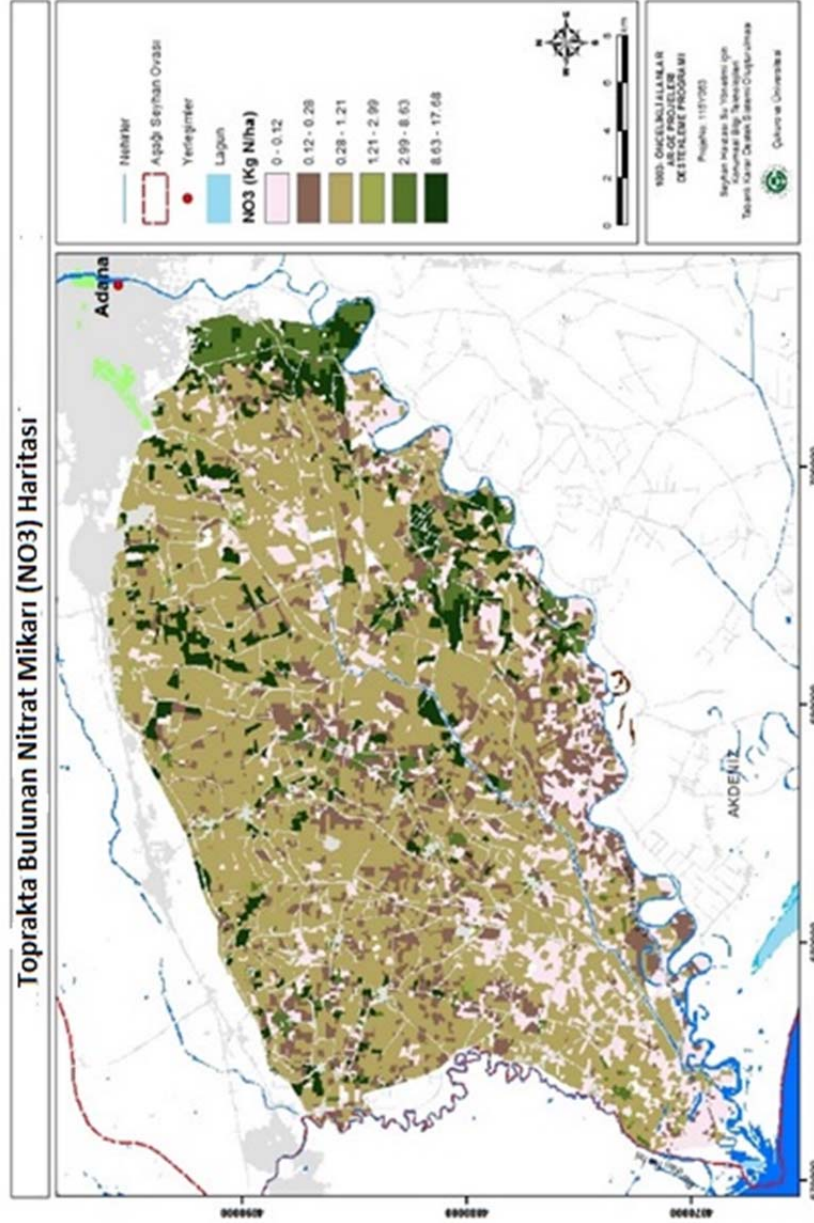
olup en küçük NO₃ değeri ise 0.1 kg N/ha ile Arıklı toprak serisindeki Boş alana aittir (Şekil 4.37).

Karagöçer alt havzasının toprakta bulunan nitrat ortalaması 1.895 kg N/ha dir. En Büyük NO₃ değeri 15.22 kg N/ha ile İncirlik toprak serisindeki narenciye ait olup en küçük NO₃ değeri ise 0.01 kg N/ha ile Arıklı, Arkaca ve Arpacı toprak serisindeki Boş alana aittir (Şekil 4.38).

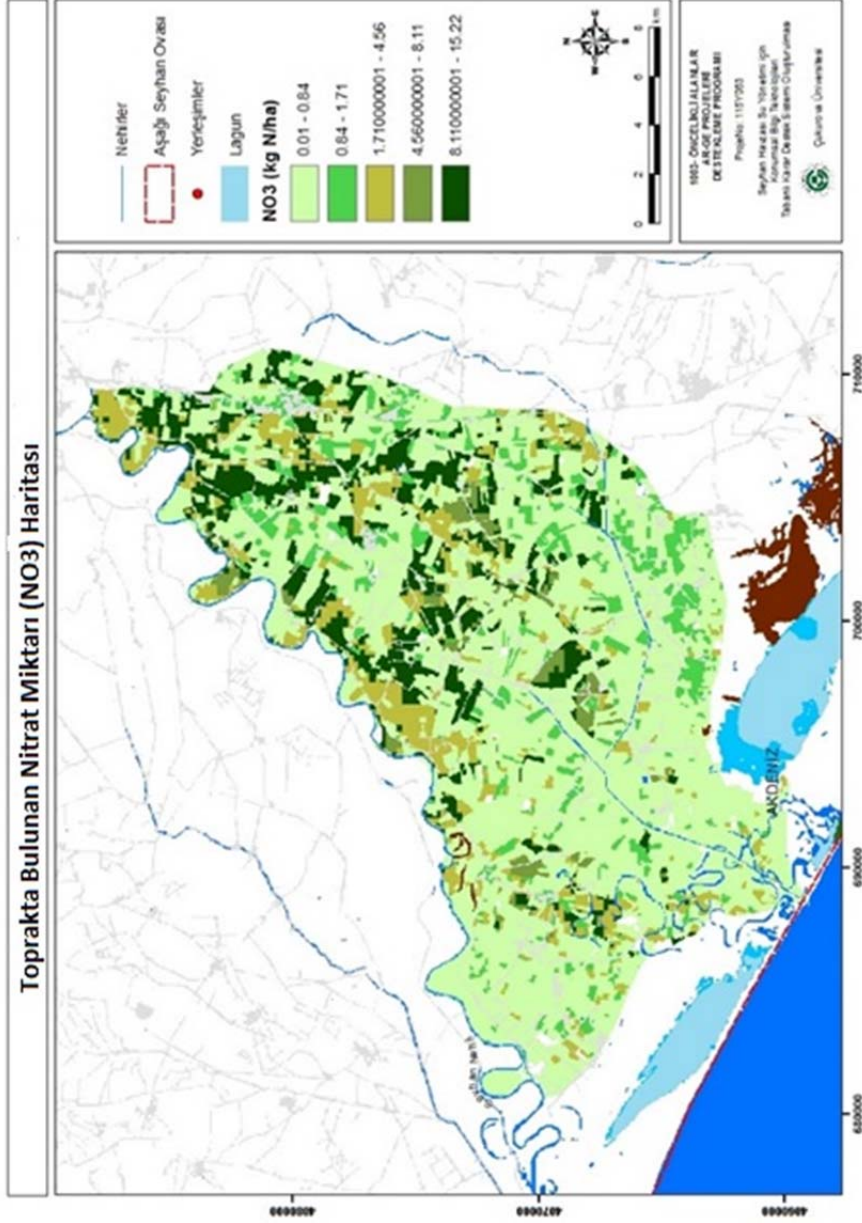
Yemişli alt havzasının toprakta bulunan nitrat ortalaması 1.486 kg N/ha dir. En Büyük NO₃ değeri 15.12 kg N/ha ile İncirlik ve İnnaplı toprak serisindeki narenciye ait olup en küçük NO₃ değeri ise 0.2 kg N/ha ile Arıklı, Arpacı, Arkaca toprak serisindeki Boş alana aittir (Şekil 4.39).

Bebeli alt havzasının toprakta bulunan nitrat ortalaması 1.50 kg N/ha dir. En Büyük NO₃ değeri 13.07 kg N/ha ile İncirlik toprak serisindeki narenciye ait olup, en küçük NO₃ değeri ise 0.19 kg N/ha ile Arıklı, Arpacı, Arkaca toprak serisindeki Boş alana aittir (Şekil 4.40).

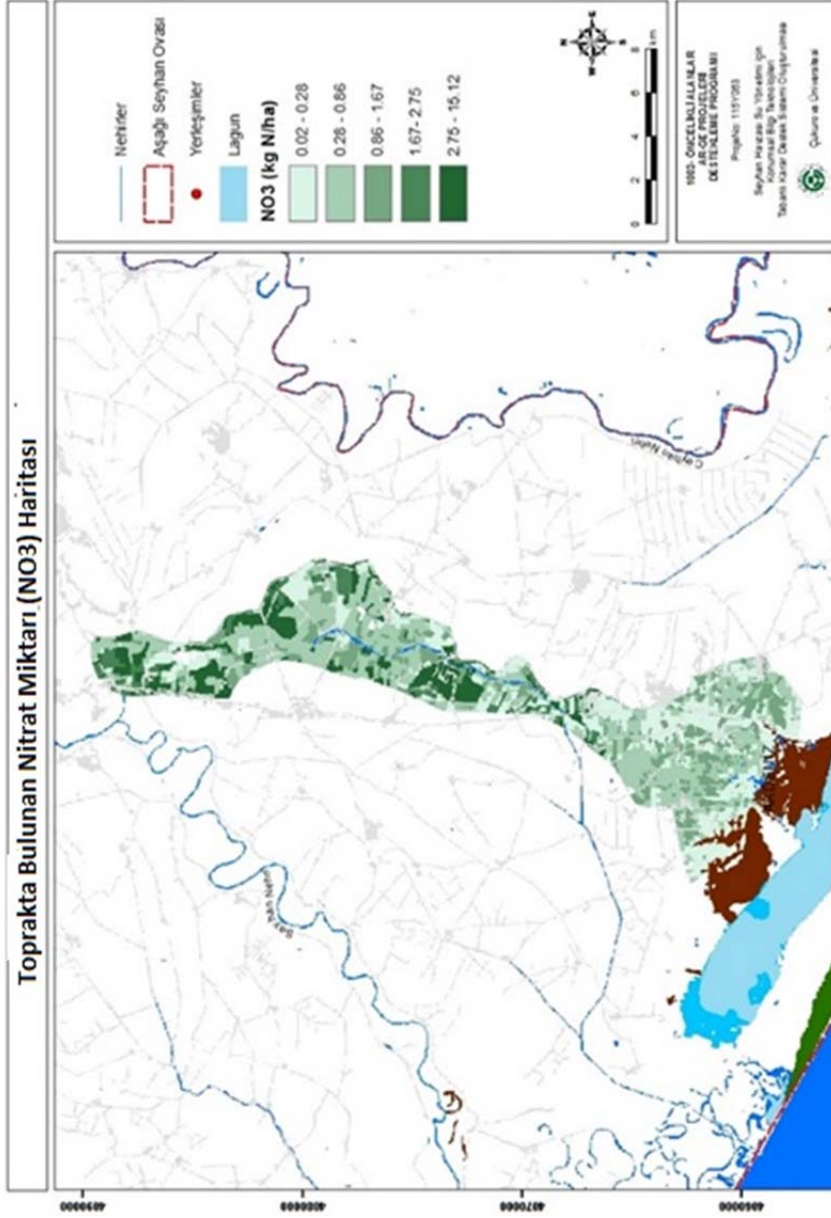
Dört alt havzasının toprakta bulunan nitrat miktarları birbirine yakındır. Sonuçları incelediğimizde tarımsal gübreleme ile uygulanan nitratın büyük bir kısmının toprak biriktiği görülmektedir. Bunun iki temel sebebi vardır. Birincisi aşırı gübreleme ve ikincisi killi toprak yapısının uygulanan nitratın toprak altına sızmasını sınırlamasıdır.



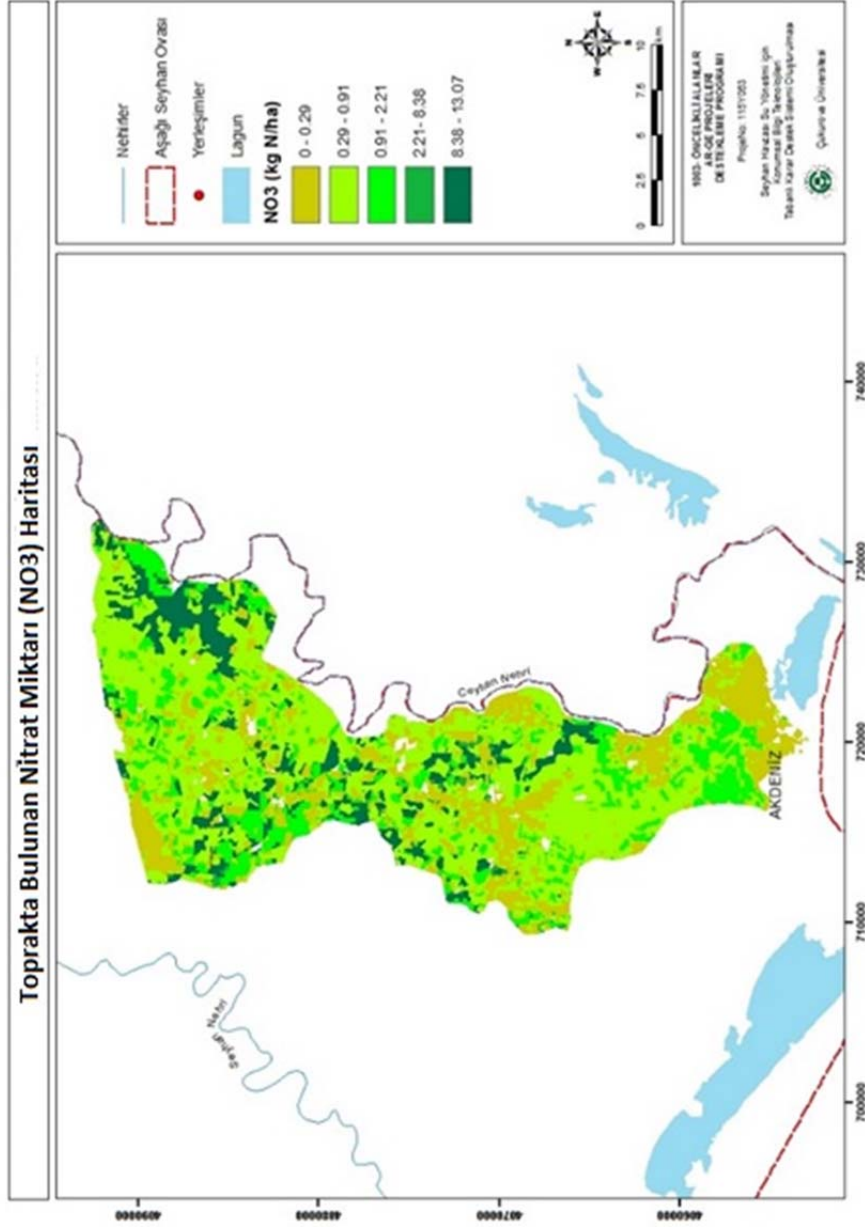
Şekil 4.37. Baharlı, Toprakta bulunan nitrat miktarı (NO₃) haritası.



Şekil 4.38. Karagöçer, Toprakta bulunan nitrat miktarı (NO₃) haritası.



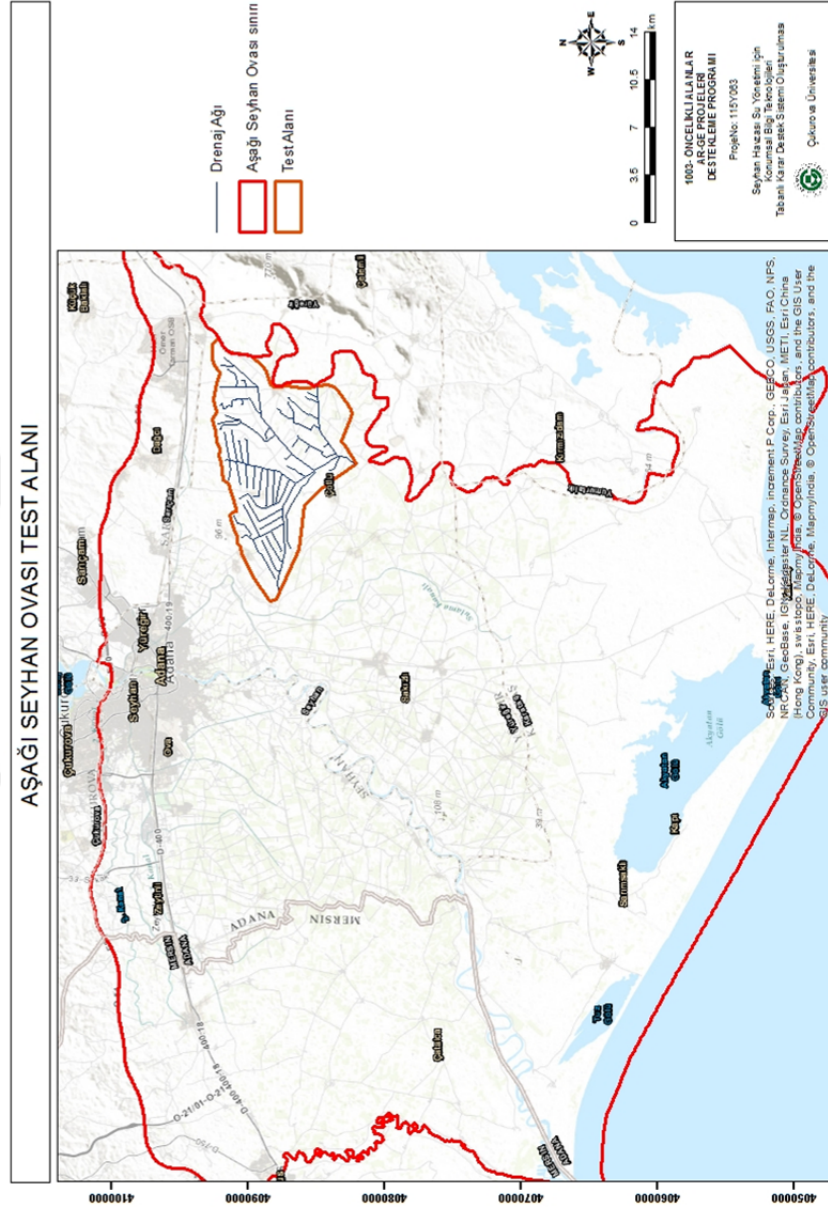
Şekil 4.39. Yemişli, Toprakta bulunan nitrat miktarı (NO₃) haritası.



Şekil 4.40. Bebeli, Toprakta bulunan nitrat miktarı (NO₃) haritası.

4.3. Kalibrasyon, Validasyon ve Değerlendirme

Aşağı Seyhan Havzasının tamamını temsil ettiğinden kalibrasyon işlemleri test alanı olarak seçilen alanda yapılmıştır (Şekil 4.37). Test alanı; doğu ve kuzeydoğuda Ceyhan Nehri sağ sahil taşkın şeddesi, kuzeybatıda Çotlu tepesi ve YS4 ana sulama kanalı, batıda Camili ve Yukarı Çiçekli yerleşimleri arasında kalan tepelik alanlar ve kuzeyde YS2 ana sulama kanalı ile sınırlandırılmıştır. Coğrafi bakımdan $36^{\circ} 51' 46''$ - $36^{\circ} 57' 00''$ kuzey enlemleri ve $35^{\circ} 24' 10''$ - $35^{\circ} 36' 34''$ doğu boylamları arasında yer alan çalışma alanı 9 495 ha olup, Akdeniz iklimi etkisi altındadır (Çetin ve ark., 2012). Validasyon işlemi için kalibrasyon çalışmasından elde edilen parametre seti kullanılarak dört alt havza için validasyon işlemi yapılmıştır. Kalibrasyon ve validasyon işlemi için gerekli veriler TUBITAK 115Y063 kodlu Öncelikli Alanlar projesinden temin edilmiştir.



Şekil 4.41. Test alanının coğrafi konumu.

4.3.1. Test Alanı Kalibrasyon Çalışmaları

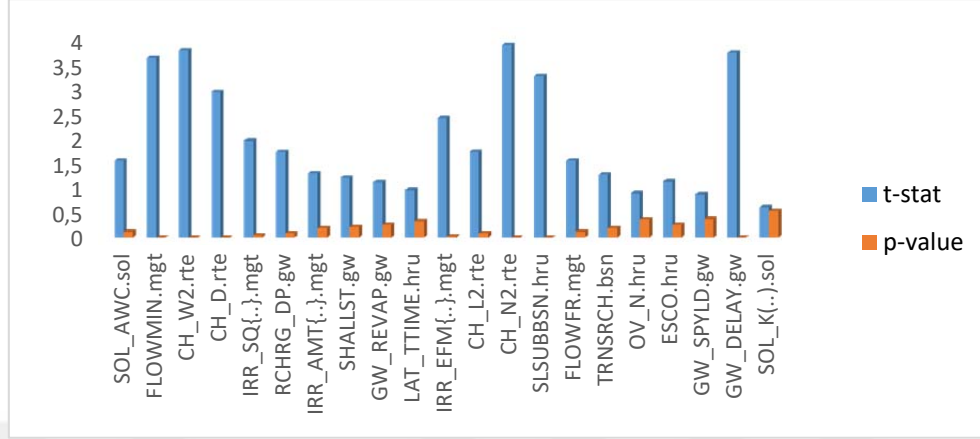
Test alanı bütün Aşağı Seyhan Havzasının su rejimini yansıtmaktadır. Test alanı kalibrasyon çalışmalarında bu alanda daha önce gerçekleştirilen Aşağı Seyhan

Havzası sol sahil sulaması, su ve nitrat bütçesinin modellenmesi (Akgül,2015) çalışması temel alınmıştır. Test Alanı 2009-2010 yılları arasında günlük olarak kalibre edilmiştir. Kalibrasyon için SUFİ2 yaklaşımı kullanılmıştır. Buradan elde edilen en iyi parametre aralıkları (Şekil 4.44 ve Şekil 4.45) daha sonra Aşağı Seyhan Havzası için validasyon işlemlerinde kullanılmıştır.

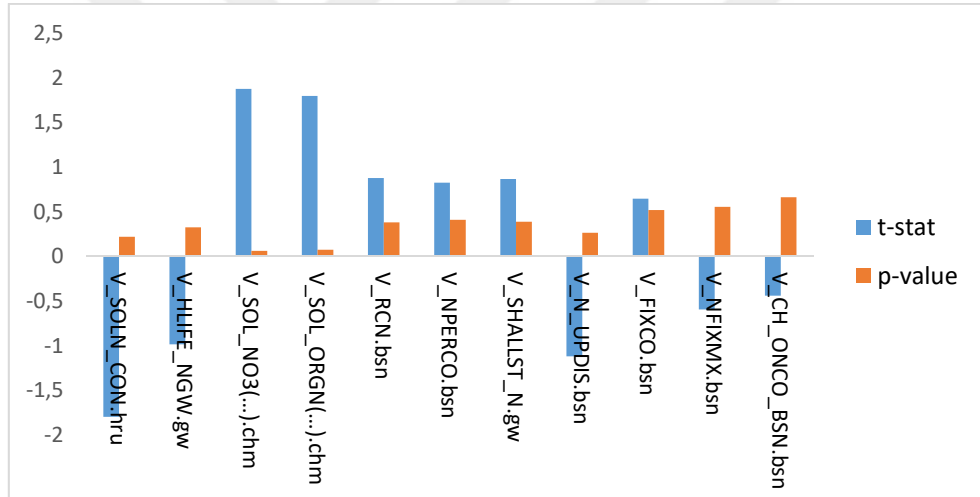
4.3.1.1. Kalibrasyon Parametrelerinin Belirlenmesi

SUFİ2 kalibrasyon yaklaşımı, hassas parametrelerin belirlenmesinde iki metot kullanır. Birincisi, küresel hassasiyet analizi ve ikincisi, zamansal hassasiyet analizleridir. Bu analizler ile geniş parametre seti içerisindeki en hassas ve en az hassas parametreler belirlenerek parametre sayısı azaltılmıştır. Bu sayede, kalibrasyon işlemlerinde zamandan tasarruf edilmesinin yanında çalışmanın etkinliği artırılmıştır.

Küresel hassasiyet ile belirlenen parametreler; Bu analiz ile t-stat değerinin p-value değerinden büyük olan parametreler belirlenmiştir (Şekil 4.42 ve 4.43). Bu analiz sırasında SWAT_CUP kalibrasyon modelinde geniş akım ve nitrat parametre seti seçilerek, model birkaç defa koşturulmuştur. Hassasiyet analiz kısmında yer alan küresel hassasiyet analiz sonuçlarına göre geniş parametre seti azaltılarak kalibrasyon çalışmalarının verimliliği artırılmıştır. Bu değişimlere hassas parametreleri belirler iken t-stat değeri (bir parametrenin standart hatası ile bölünmüş katsayısıdır) ve P-value değeri (her parametre katsayısının sıfıra eşit olup olmadığını test eder) arasındaki fark göz önüne alınmıştır. Bu iki değer arasındaki fark arttıkça parametrelerin hassasiyeti de artmaktadır. Akım verisi parametre küresel analiz sonuçlarına göre t-stat değeri p-value değeri arasındaki fark fazla olan kanal parametreleri (kanal genişliği, uzunluğu ve derinliği) en hassas değerler iken HRU parametreleri en az hassas parametrelerdir. Bu analiz ile akım verileri için değişimlere hassas 35 parametre belirlenir iken nitrat verileri için 11 parametre belirlenmiştir.



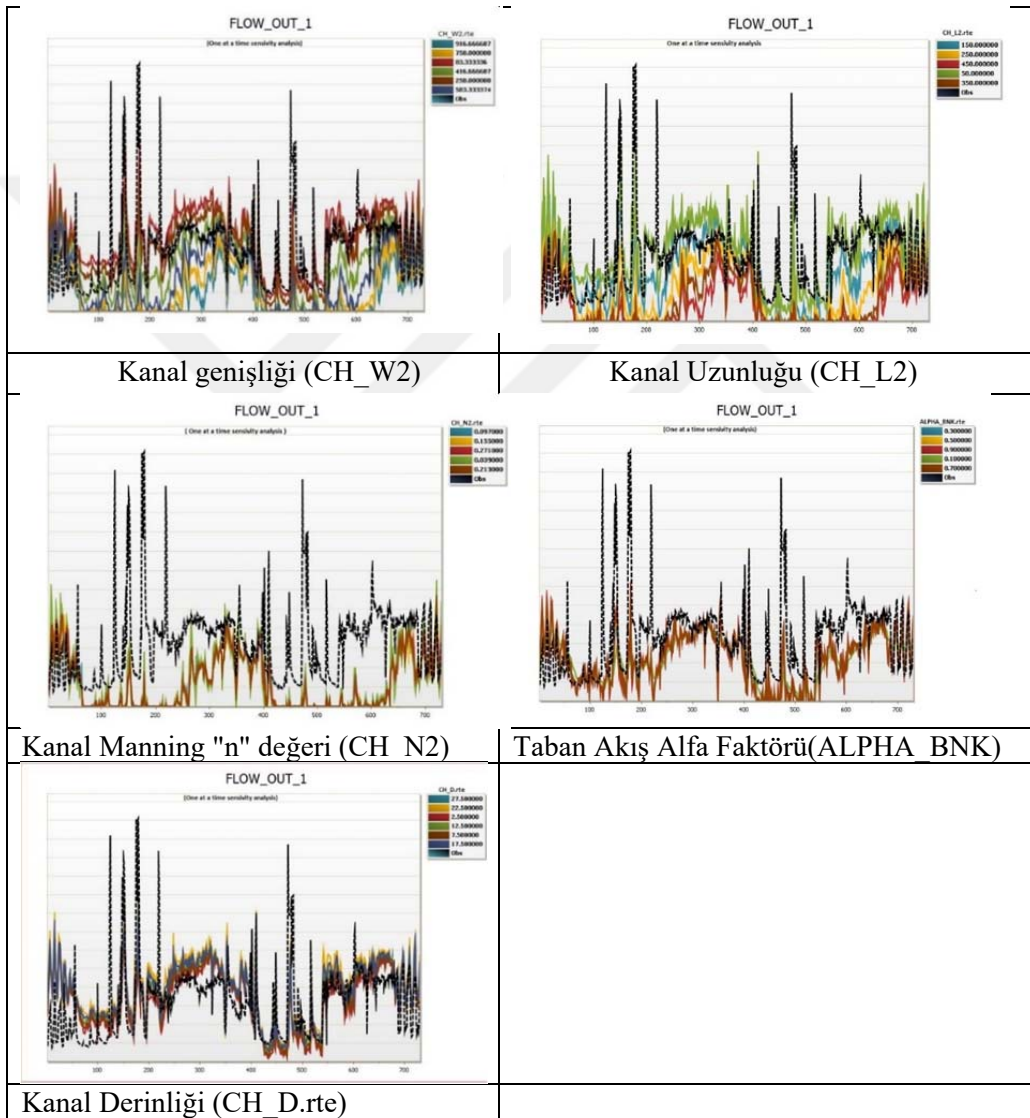
Şekil 4.42. Akım verisi (Flow_out) küresel hassasiyet analiz sonuçları.



Şekil 4.43. Nitrat verisi (N03_out) küresel hassasiyet analiz sonuçları.

Zamansal hassasiyet ile belirlenen parametreler (Şekil 4.53); Bu analizde her bir parametre için SWAT_CUP modeli ayrı ayrı çalıştırılarak hassas parametreler belirlenmiştir. Bu analiz sırasında, kalibrasyon modeli toplamda 5 defa tek bir parametre için koşturulmuştur. Bu sayede her bir parametre değerinin, model üzerindeki etkisi gözlemlenerek, en hassas parametreler belirlenmiştir. Drenaj kanal parametreleri olan, kanal genişliği, uzunluğu, derinliği gibi

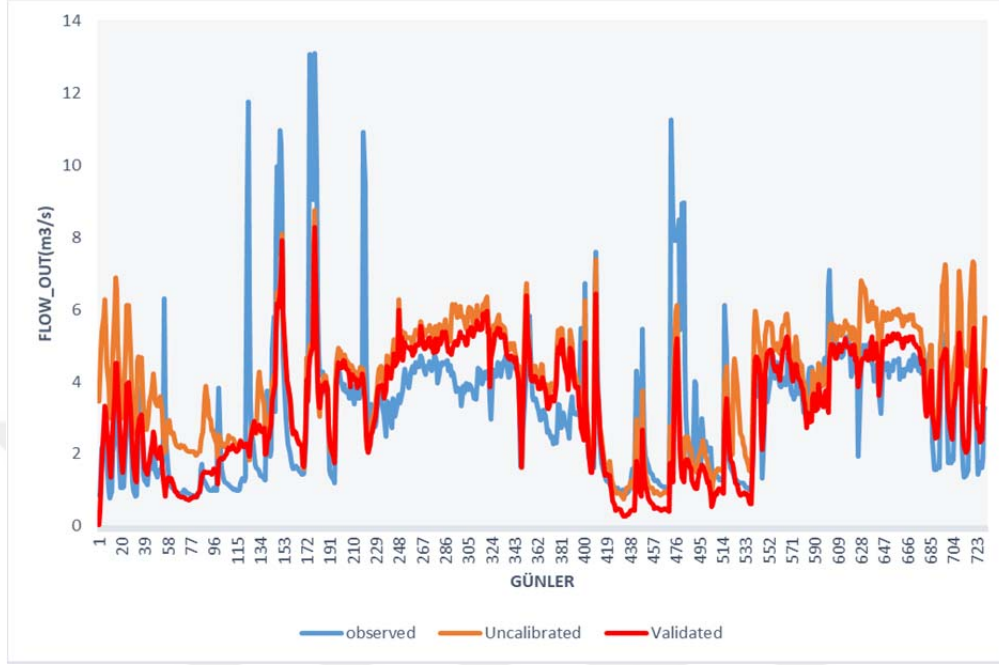
parametrelerin zamansal hassasiyet analizi ile değişimlere karşı oldukça duyarlı oldukları tespit edilmiştir. Bunun temel sebebi, bölgenin düz ve düze yakın bir topoğrafya ya sahip olmasından dolayı, SWAT drenaj ağlarını doğru bir şekilde modelleyememektedir.



Şekil 4.44. Kanal parametreleri zamansal hassasiyet analiz sonuçları.

4.3.1.2. Su Akımı ve Nitrat Kalibrasyonu

Çıkan suyun kalibrasyonu için hassas parametrelerin belirlenmesinden sonra SWAT_CUP kalibrasyon modülü, 35 parametre için en iyi değer aralığının yakalamak için 12 defa koşturulmuştur ve her koşturma için 800 simülasyon yapılmıştır. En iyi sonuç 8. Koşturmada yakalanmıştır. Buradan elde edilen 35 parametre (Çizelge 4.24 ve Çizelge 4.25), bütün havzanın modellenmesi ve validasyon çalışmalarında kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar NSE değeri 0.44 iken R^2 değeri 0.47'dir (Şekil 4.47). Sonuçlar yeterli veya kabul edilebilir değeri olan 0.5 değerine ulaşamamasına rağmen tatmin edicidir çünkü test alanı topoğrafyası neredeyse düzdür ve doğal nehir ağları yerine karmaşık drenaj ağına sahiptir. Bunun yanı sıra, test alanının toprak yapısı killidir. Yoğun tarımsal faaliyetlerin yapıldığı bölgede, tarımsal ürün çeşidi geniştir. Bu yüzden, geniş tarımsal ürün bilgi ağına ihtiyaç vardır. Ayrıca, drenaj ağlarına yaz aylarında tarımsal sulamayı desteklemek için belli dönemlerde barajlardan su verilmektedir. Modele point source olarak tanımlanan bu dönemsel su girişleri, akım verileri üzerinde önemli etkiye sahiptir. Point source verisinin sitem üzerinde etkisi yaklaşık olarak 30% civarındadır. Bu aylık ve yıllık olarak çalıştırılan modellerde daha yüksektir. Point source verisi olmadan, modelin akım verisini doğru şekilde modellemesi zordur. Kalibrasyon çalışmalarında toprak, yönlendirme, yeraltı suyu, havza, HRU ve yönetim parametreleri kullanılmıştır. Bu parametre setlerinden, toprak ve yönlendirme parametrelerindeki değişimlere akım verisi grafiklerinin daha hassas cevap verdiği görülmüştür. Test alanından elde edilen bilgiler ve tecrübeler havzanın genelinde yapılan çalışmalarda atlık olarak kullanılmıştır.



Şekil 4.45. Akım (Flow_OUT) kalibrasyon grafiği.

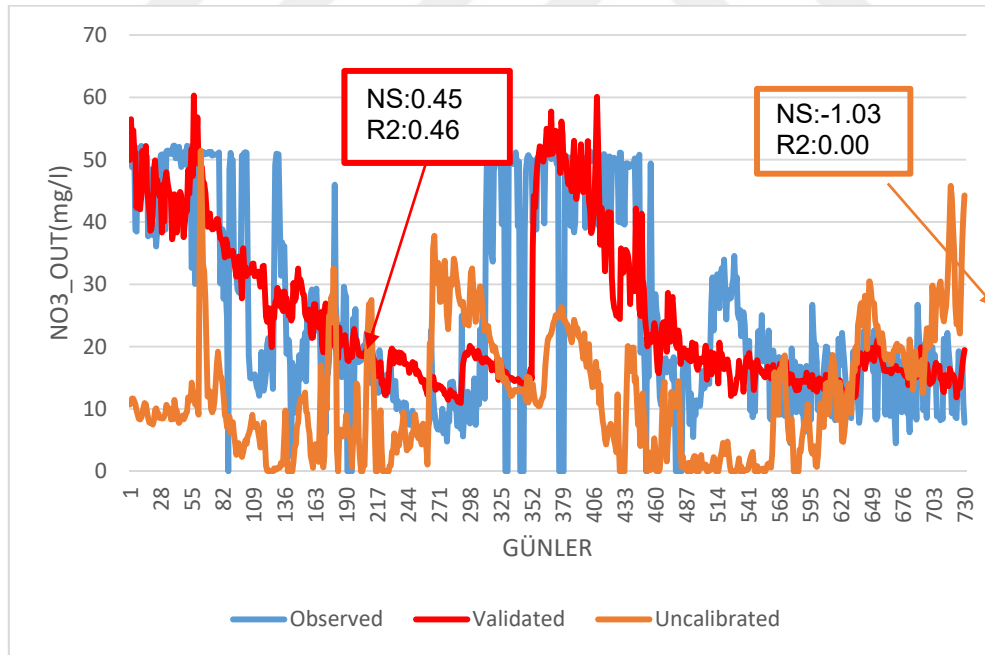
Çizelge 4.23. Belirlenen Akım (Flow OUT) parametreleri (1.Kısım).

Akım Parametreleri				
Yönetim (Mgt)	En iyi değer	Alt sınır	Üst sınır	Açıklamalar
IRR_ASO	0.4234	0	1	Sulama yüzey akış oranı
IRR_EFF	0.2939	0	1	Sulama verimliliği
IRR_MX	23.905	0	100	Sulama suyu miktarı otomatik sulama başladıktan sonra
IRR_SQ	0.83	0	1	Sulama yüzey akış oranı
IRR_AMT	31.51	0	100	Sulama suyu uygulama derinliği
IRR_EFM	0.201	0	1	Sulama verimliliği
AUTOWSTRS	0.179	0	1	Bitkinin su stress faktörü
CN2	57.67	35	98	SCS yüzey akış eğri sayısı
IRR_CNOP	71.32	0	100	Nemli koşullarda,SCS yüzey akış eğri sayısı
Yönlendirme (rte)				
CH_D	16.891	0	30	Ortalama ana kanal derinliği
CH_N2	0.1134	0.01	0.3	Manning pürüzlülük katsayısı
CH_L2	50.281	0	500	Ortalama ana kanal uzunluğu
CH_W2	60.798	0	1000	Ortalama ana kanal genişliği
Yeraltı Suyu (gwt)				
GWQMN	1863	0	5000	Sığ akiferde su derinlik katsayısı
GW_SPYLD	0.177	0	0.4	Sığ akiferin spesifik verimi
GW_DELAY	15.654	0	500	Yer altı suyu geçikmesi
GWREVAP	0.12	0.02	0.2	Yer altı suyu "Revap" katsayısı
REVAPMN	224.02	0	500	"revap " için sığ akiferde eşik suyu derinliği
SHALLST	12344	0	50000	Sığ akiferin başlangıç derinliği
DEEPST	21234.5	0	50000	Derin akiferin başlangıç derinliği
GWHT	12.62	0	25	Su tablası derinliği
ALPHA_BF	0.92	0	1	Taban suyu alfa faktörü
RCHRG_DP	0.877	0	1	Derin akifer perkolasyon faktörü

Çizelge 4.24. Belirlenen Akım (Flow_OUT) parametreleri (2.kısım).

Akım Parametreleri				
Havza (bsn)	En iyi değer	Alt sınır	Üst sınır	Açıklamalar
TRSRCH	0.544	0	1	Ana kanaldan derin akifere geçen su miktarı fonksiyonu
SLSUBBSN	89.116	10	150	Ortalama eğim uzunluğu
SURLAG	13.725	0.05	24	Yüzey akış geçikme sayısı
MSK_X	0.2382	0	0.3	Nehre giren suyun depolanmasını etkileyen ağırlık faktörü
MSK_CO1	2.105	0	10	Suyun nehirde depolanma zamanını kontrol eden katsayı
MSK_CO2	4.39	0	10	Suyun nehirde depolanma zamanını kontrol eden katsayı
EPCO	0.395	0	1	Bitki alım telafi faktörü
EVLAI.	0.121	0	10	Buharlaşmanın olmadığı yaprak alan indeksi
Toprak (sol)				
SOL_K	272.43	0	2000	Toprak hidrolik iletkenlik katsayısı
SOL_AWC	0.143	0	1	Mevcut toprak su tutma kapasitesi
SOL_CBN	8.378	0.05	10	Toprak organik karbon miktarı
SOL_BD	1.432	0.9	2.5	Nemli Dökme yoğunluğu
HRU				
ESCO	0.0337	0	1	Toprak buharlaşma telafi faktörü
OV_N	19.654	0.01	30	Manning "n" değeri yüzey akışı için
LAT_TTIME	118.52	0	180	Yanal akış hareket süresi

NO₃_OUT kalibrasyonu için hassas parametrelerin belirlenmesinden sonra SWAT_CUP kalibrasyon modülü 46 parametre (Nitrat verileri için 11, akım verileri için 35) için en iyi değer aralığının yakalamak için 15 defa koşturulmuştur ve her koşturma için 900 simülasyon yapılmıştır. En iyi sonuç 15. Koşturmada yakalanmıştır. Elde edilen sonuçlar NSE değeri 0.45 iken R² değeri 0.46'dır. Sonuçlar yeterli veya kabul edilebilir değeri olan 0.5 değerine ulaşamamasına rağmen tatmin edicidir. Nitrat verisinin kalibrasyon çalışmaları için akım verisinin kalibrasyonu (Şekil 4.48) yapılması şarttır. Nitrat verilerinin kalibrasyon çalışmalarında bitkisel yönetim verileri önemli yer tutar çünkü bitki yönetimsel veri seti bitkilerin büyüme, gelişim ve hasat periyotları, sulama ve gübreleme periyotları ve miktarları, toprak işleme tipi, ve toprak yapısından oluşmaktadır. Buradan elde edilen 11 parametre, Aşağı Seyhan Havzasının nitrat verisi için modelleme çalışmalarında kullanılmıştır.



Şekil 4.46. Nitrat (NO₃_OUT) kalibrasyon grafiği.

Çizelge 4.25. Belirlenen Nitrat (N03 OUT) parametreleri.

Nitrat Parametreleri				
Havza (bsn)	En iyi değer	Alt sınır	Üst sınır	Açıklamalar
CH_ONCO_BSN	81.1828	0	100	Kanaldaki organik azot
NFIXMX.bsn	10.255	1	20	Günlük maksimum azot sabitleme
FIXCO.bsn	0.263	0	1	Azot sabitleme katsayısı
N_UPDIS.bsn	28.238	0	100	Azot alım ve dağılım parametresi
NPERCO.bsn	0.3938	0	1	Azot sızıntı katsayısı
RCN.bsn	1.1891	0	15	Yağmur içerisindeki azot miktarı
Yeraltı Suyu (gwt)				
SHALLST_N	740.31	0	1000	Yeraltı suyundaki nitratın su akışına katkısı
HLIFE_NGW	105.744	0	200	Sığ akiferde nitratın yarı ömrü
HRU				
SOLN_CON	5.157	0	10	Kentsel BMP uygulandıktan sonra çözülebilir azot konsantrasyonu
Kimyasal(chm)				
SOL_NO3	28.93	0	100	Topraktaki başlangıç NO3 konsantrasyonu
SOL_ORGN	11.24	0	100	Topraktaki başlangıç N miktarı

4.3.2. Aşağı Seyhan Havzası Nitrat Kalibrasyon Sonuçları

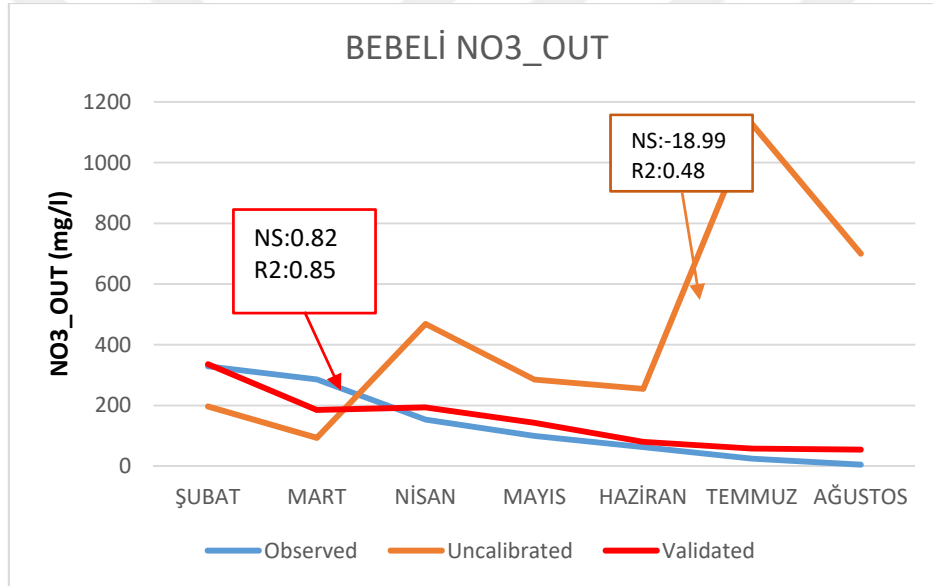
Aşağı Seyhan Havzası 4 alt havzaya bölünerek her bir alt havza için NO3 kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon sırasında test alanında elde edilen 46 parametre kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar oldukça tatmin edicidir. 4 alt havzanın NO3_OUT çıktı grafikleri (Şekil 4.45, Şekil 4.46, Şekil 4.47 ve Şekil 4.48) ve kalibrasyon değerleri Çizelge 4.23'de yer almaktadır. Sonuçlar birbirine

paraleldir ve Akdeniz iklimi ile uyum göstermektedir. Yağışın bol olduğu ilkbahar ayları drenaj ağlarındaki nitrat konsantrasyonu artar iken yaz aylarında doğru giderek azalmaktadır. Tarım alanlarının sulaması yaz aylarında oldukça yüksek iken, bunun nitrat konsantrasyonuna etkisi sınırlı kalmıştır. Bunun temel sebeplerinin en başında Aşağı Seyhan Havzasının neredeyse düz olmasından dolayı suyun drenaj kanallarına ulaşımı sınırlıdır. Gübrelemeden ötürü nitrat daha çok toprakta kalmakta ve giderek birikmektedir. Çünkü Toprak yapısında kilin dominant olmasından dolayı yanal akış ve sulama suyunun yer altına geçişi sınırlıdır. Yüzeyde kalan su daha çok buharlaşmaktadır. Özellik ile Baharlı ve Karagöçer drenaj kanallarında belli dönemlerde gerçekleşen gelgitlerden dolayı tuzluluk oranı oldukça yükselerek, nitrat okumalarının bu dönemlerde arttığı görülmüştür.

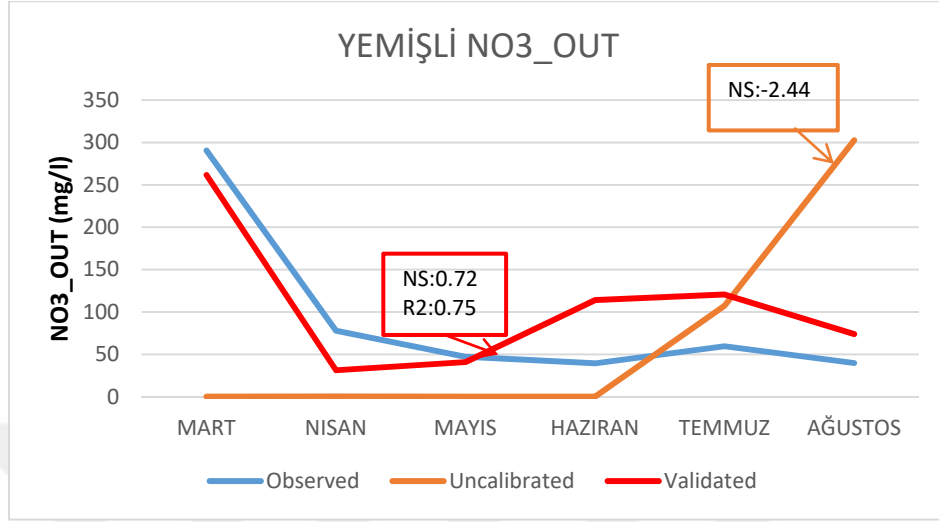
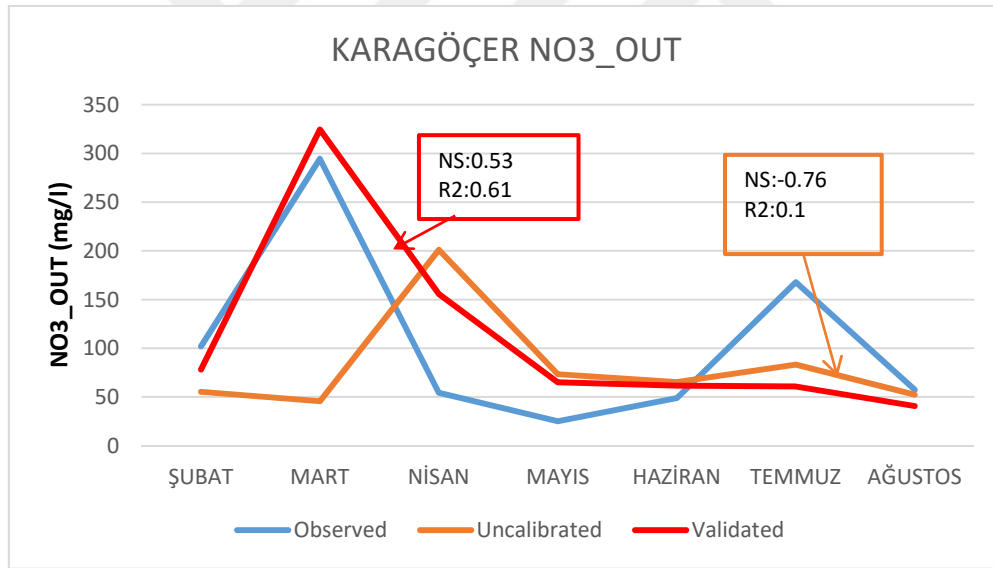
Kalibrasyon sırasında kullanılan 46 parametrenin 35'i akış verisi için kullanılır iken nitrat için kullanılan 11 parametre yer almaktadır. Nitratın kalibrasyonu sırasında akış parametrelerinin kullanılma sebebi nitratın suya taşınım aşamalarını doğru olarak modellemek içindir. Kalibrasyon 2017 yılı için 6-7 ay aralığında yapılmıştır. Her havza için 990 simülasyon yapılmış iken Baharlı için Karagöçer den elde edilen parametre aralıkları kullanılarak sadece validasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar kabul edilebilir sınırı olan 0.5 üzerindedir.

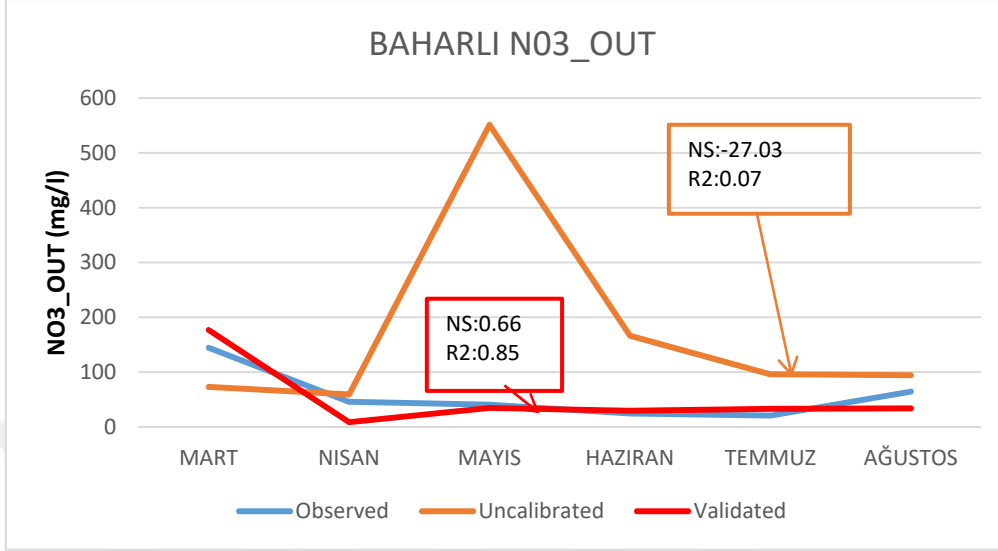
Çizelge 4.26. Alt havzaların kalibrasyon istatistiksel verileri.

NO3_OUT	Kalibrasyon İstatistiksel Verileri			
	Bebeli	Yemişli	Karagöçer	Baharlı
NSE	0,82	0,72	0,53	0,66
R2	0,85	0,75	0,61	0,85
p-factor	0,71	0,5	0,71	0,67
r-factor	33,78	0,37	2,9	6,11
PBIAS	-9,4	-15,9	-4,8	7



Şekil 4.47. Bebeli Nitrat (NO3_OUT) kalibrasyon grafiği.

Şekil 4.48. Yemişli Nitrat (NO₃_OUT) kalibrasyon grafiği.Şekil 4.49. Karagöçer Nitrat (NO₃_OUT) kalibrasyon grafiği.



Şekil 4.50. Baharlı Nitrat (NO3_OUT) kalibrasyon grafiği.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Aşağı Seyhan Havzası düz ve düze yakın eğimli yapısı, karmaşık drenaj ağları ve geniş tarımsal faaliyetleri ile hidrolojik çalışmalar için zor bir havzadır. SWAT hidrolojik modeli ile düz ve düze yakın alanlarda yapılan çalışma sayısı azdır. Bu yüzden, SWAT hidrolojik modeli ile su yönetiminin, arazi kullanımının ve tarım faaliyetlerinin genel olarak Aşağı Seyhan Havzası üzerindeki etkisi, günlük akım ve nitrat değerlerini kullanılarak modellenmiştir. Çalışma kapsamında, elde edilen veriler ile yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının miktarlarındaki değişimleri, tarımsal uygulamaların su kalitesi ve su kirliliği üzerindeki etkilerini gözlemleyerek, su kaynaklarının verimli kullanımı ve sürdürülebilirliğini sağlamak amacı ile önemli bir atlık oluşturmuştur.

Aşağı Seyhan Havzası hidrolojik modelleme çalışmalarının kalibrasyon aşaması test alanı olarak seçilen alanda gerçekleştirilmiştir. Test Alanı 2009-2010 yılları arasında SUFI2 metodu ile günlük olarak kalibre edilmiştir. Akım verisi kalibrasyonu için belirlenen 35 parametre ile 800 koşturma yapılmış en iyi sonuç 12. koşturmada elde edilmiştir. 12. Koşturma sonunda NSE değeri 0.44 iken R^2 değeri 0,47 olarak bulunmuştur. Nitrat kalibrasyonu için 11 parametre kullanılarak 800 koşturma sonunda en iyi sonuç 15. Koşturmada elde edilmiştir. Elde edilen NSE değeri 0.45 iken R^2 değeri 0,46 olarak bulunmuştur.

Bu değerler alanın zorlukları düşünüldüğünde normaldir. Sonuçların yetersiz olmasının birkaç sebebi olabilir. Birincisi, bitki yönetim veri tabanı olabilir çünkü SWAT modeli her bir bitki türü için çok kapsamlı bilgi girişine imkân vermektedir. Bitki yönetim verileri detaylı girilmesine rağmen, toprak sürüm tipi, kullanılan gübre tipi ve miktarı, tarımsal sulama zamanı bilgileri çok değişkenlik göstermektedir. İkincisi, kullanılan güncel arazi örtüsü haritasının mevsimsel olarak değişkenlik göstermesidir. Son olarak, kalibrasyon sırasında kullanılan parametrelerde sonuç üzerinde ciddi bir etki ve fark yaratmaktadır.

Bu çalışma ile elde edilen su ve nitrat kalibrasyon verileri bütün havza için yapılan kalibrasyon ve validasyon çalışmaları için temel alınmıştır. Buradan elde edilen 35 akım parametresi ile 11 nitrat parametresi bütün havza için yapılan validasyon işleminde kullanılmıştır.

Aşağı Seyhan Havzası dört alt havza bölünerek her bir alt havza için hidrolojik model üretilmiştir. Her bir alt havzanın su rejimleri birbiriyle ve test alanı ile benzerlik göstermektedir. Bu yüzden, dört alt havza için nitrat verisi kullanılarak validasyon işlemi test alanından elde edilen veriler ile 7-aylık bir dilimde gerçekleştirilmiştir. Validasyon işlemi 2017 yılı için, SUFİ2 metodu ile gerçekleştirilmiştir. Bu nitrat validasyon işlemi ile elde edilen NSE değerleri sırası ile 0.82, 0.72, 0.53, 0.66 iken R^2 değerleri ise sırası ile 0.85, 0.75, 0.61 ve 0.85'dir. Nitrat modellemesi sırasında herhangi bir point source verisi kullanılmamıştır. Elde edilen sonuçlar validasyon çalışmasının havzanın zorlukları düşünüldüğünde başarılıdır. Fakat daha kapsamlı ve geniş veri seti ile yapılacak çalışmalar ile bu sonuçları geliştirmek mümkündür. Akım verilerinin validasyon işlemi bir yıllık veri seti olmadığından yapılamamıştır.

Aşağı Seyhan Havzası modelleme çalışmalarına göz attığımızda, drenaj kanallarını doğru modellemek için önceden belirlenmiş yöntem (Predefined method) kullanılarak, manuel olarak drenaj kanalları CBS ortamında çizilmiş ve sisteme tanıtılmıştır. Modellemenin doğruluğunu arttırmak için Aşağı Seyhan Havzası dört alt havzaya bölünmüştür. Bunlara ek olarak, HRU sayısını belirleyen katsayı %0 olarak belirlenip maksimum HRU sayısı elde edilmiştir. SWAT modeli için varsayılan katsayılar arazi örtüsü için %20, toprak serileri için %10 ve eğim için %20'dir (Winchell ve ark. 2007). Doğru HRU sayısının belirlenmesinin SWAT çıktıları üzerinde önemli bir etkisi vardır. Farklı HRU katsayılarının, model çıktıları üzerindeki etkisini inceleyip, en iyi katsayıyı belirleyerek modelin daha iyi çalışması sağlanmıştır. Bebeli için 137, Yemişli için 83, Karagöçer için 102 ve Baharlı için 125 HRU üretilmiştir. Ayrıca, 10 iklim istasyonu kullanılarak, Aşağı Seyhan Havzasının iklimi modellenmiştir. Fakat, daha önce yapılan ön çalışmalar,

iklim istasyon sayısının önemli olmadığını, modelin belirlenen havza sınırlarına en yakın istasyon noktalarını baz aldığını ortaya çıkarmıştır. Örneğin, aynı düzlem üzerinde ve aynı doğrultuda yer alan iki noktayı baz aldığımızda, havza sınırına en yakın nokta model için kullanılır iken ikinci nokta göz ardı edilmektedir. Diğer bir deyişle, sisteme tanıtılan iklim istasyonlarından sadece farklı doğrultudaki iklim istasyonları sistem tarafından modellemede kullanılmaktadır. Son olarak, Bitki yönetim veri seti kapsamlı şekilde sisteme işlenmiştir. Bu işlem sırasında kışlık, yazlık bitki desenleri kullanılmış ve bu mevsimsel geçişler bitkisel rotasyon ile sağlanmıştır.

Model sonuçları su döngüsünü anlamının şart olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle, yeraltı su akışı ve yüzey su akışı hidrolojik su döngüsünde önemli bir yer tutmaktadır. Aşağı Seyhan Havzası düz bir topoğrafya sahip olmasının dışında, toprak yapısının killi yani az geçirgen ve az gözenekli oluşundan dolayı, suyun toprak altına sızarak sığ akifere oradan da derin akifere geçişi sınırlı kalmaktadır. Ayrıca, suyun yanal akış ve dönen su akışı ile drenaj kanallarına geri dönüşü çok düşük miktarlarda olmaktadır. Su tablasının yüzeye yakın oluşu ve toprağın çabuk doygunluk seviyesine ulaşmasından dolayı, yağmur sularının büyük kısmı yüzeyde birikmektedir. Biriken yüzey sularının, yeterli eğim olmaması ve drenaj kanallarının yapısal özelliklerinden dolayı drenaj kanallarına ulaşımı yetersiz olmaktadır. Bu yüzden, toprak yüzeyinde biriken yüzey sularının büyük bölümü buharlaşmaktadır. Modelleme sonuçları dört alt havzanın doğru şekilde modellenmediğini göstermiştir.

Aşağı Seyhan havzasının doğru ve gerçekçi modellenmesi için yapılan duyarlılık analizleri ile kalibrasyon parametreleri belirlenmiştir. Bu kalibrasyon çalışması sırasında parametreler üzerinde yapılan değişiklikler şu şekildedir. Yüzey su akışı miktarı düşürüp, bu suyun drenaj kanallarına geçişini arttırılması amacıyla, yüzey su akış miktarını etkileyen eğri katsayısı (CN) parametresi %10 oranında düşürülür iken buharlaşma telafi faktörü (ESCO) %5 oranında arttırılmıştır çünkü CN ve ESCO parametreleri toprak parametreleri ile arazi örtüsü sınıflarına

dayanmaktadır. Bu iki parametre yüzey su akış miktarını belirlemesi sebebiyle en önemli parametrelerin başında gelmektedirler. Örneğin, yüksek CN değeri, yüksek yüzey akış miktarı ve iyi gelişmiş toprak yapısına işaret etmekte iken, düşük CN değeri, yüksek toprak altı süzülüşü ve düşük yüzey akış miktarına karşılık gelmektedir. Ayrıca, yanal akış miktarı ve suyun akifeler arasındaki hareketi toprak suyu hacmi, toprak gözenek yapısı, toprağın geçirgenliği ve toprak hidrolik iletkenliğine bağlıdır. Killin dominant olduğu topraklarda hidrolik iletkenlik katsayısı ve organik madde miktarı oldukça düşük iken su tutma kapasitesi oldukça yüksektir. Bu yüzden, yanal akış miktarını arttırmak için, toprak serilerinin hidrolik iletkenlik katsayısı ve topraktaki organik madde miktarları yaklaşık % 50 oranında arttırılır iken toprağın su tutma kapasitesi % 20-30 oranında düşürülmüştür. Bu sayede, yanal akış miktarının 2mc civarlarından 15-20 mc civarlarına yükseltilmiştir. Buna ek olarak, sığ akiferde depolanan su miktarı arttırılarak, suyun derin akiferlere ulaşması kolaylaştırılmıştır. Yapılan bu değişikliklere ek olarak, kanal parametreleri için uygulanan duyarlılık analizi ile değişimlere duyarlı olan kanal genişliği, uzunluğu, derinliği parametreleri belirlendikten sonra, kanal parametre değerleri için en uygun aralıklar belirlenmiştir çünkü model drenaj kanallarını doğru modelleyememektedir. Örneğin, drenaj kanalları ortalama derinliği 10-50 cm arasında değişir iken kanal genişliği birkaç santimetre ile birkaç metre arasında modellenmektedir. Bu yüzden, akım ve nitrat verilerinin kalibrasyon çalışmaları sırasında, kanal parametrelerindeki değişim kalibrasyon çalışmalarında çok büyük etkiye sahip olmuştur. Bunun temel sebebi, varolan drenaj kanallarının ortalama derinliği ve genişliği 1 metre ile birkaç metre arasında değişmektedir. Bu yüzden, kanal parametrelerinin gerçeğe yakın modellenmesi ile daha doğru sonuçlar elde edilmiştir. Bunlar ile beraber, akış yönlendirme denklemlerinden Muskingum yönlendirme modeli yani depolama birimi ve yönlendirme desenleri kullanılarak, HRU topoğrafyası üzerindeki su akışı ideal olarak tahmin edilmiş ve suyun toprak içerisindeki hareketi ve drenaj kanallarına katkısı arttırılmıştır. Son olarak, bitkisel yönetim verisinin doğru modellenmesi

için, her bir tarımsal ürün için, ekim, sulama planı, gübreleme planı ve hasat ve eğer varsa rotasyon (mısır-buğday vb.) sisteme girilerek, ürün deseni çeşitlendirilmiş ve detaylandırılmıştır. Bu sayede, mevsimsel ürün desenleri elde edilmiştir. Kalibrasyon aşamasında gübreleme ve sulama parametrelerinin, akım ve nitrat verisi üzerinde ciddi etkiye sahip olduğu görülmüştür. Çünkü tarımsal sulama ile kullanılan gübre miktarının bitkisel yönetim kısmında belirlenmesine rağmen, her bir ürün için doğru tahmin etmek mümkün değildir. Elde edilen model sonuçlarına göre, Aşağı Seyhan Havzasında yüksek oranda gübreleme mevcuttur ve bitkiler verilen gübrenin sadece %60'lık kısmını kullanır iken kalan kısım toprakta birikmektedir. Bu toprakta biriken azottun ana drenaj kanallarına geçişi oldukça sınırlı kaldığı görülmüştür. Bunun en temel nedenlerine baktığımızda, düz bir topoğrafya, killi toprak yapısı, drenaj kanallarının yapısal özellikleri, suyun hareket kabiliyeti gibi birçok neden sıralanabilir. Diğer bir deyişle, kalibrasyon ve validasyon grafiklerine bakıldığında kalibre edilmemiş nitrat verilerinin gözlemlenen verilerden oldukça düşük olduğu görülebilir. Bu yüzden, gerçekleştirilen kalibrasyon ve validasyon çalışmaları vasıtasıyla gübreleme sırasında, nitratin toprakta birikmesi önlenmiş ve nitratin toprak altına sızarak oradan da drenaj kanallarına geçişi sağlanmıştır. Bu sayede, alt havzalar için yapılan validasyon çalışmasında kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir.

Aşağı Seyhan Havzası bulunduğu coğrafik konumu ve jeolojik yapısı ile çalışması oldukça zor bir alandır. SWAT modeli ile daha çok dağlık alanlarda çalışmalar yapılmıştır. Düz alanlar için yapılan çalışma sayısı oldukça azdır. Bunlardan bir tanesi olan Luo, Y ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada SWAT modeli ile düz alanlarda havza tanımlaması yapılmıştır. Bu çalışmada predefined metot ile dem based metot havzaya uygulanarak sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda predefined metodun daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Düz alanlarda karşılaşılan ortak sorunlar ise aşağıda yer almaktadır;

- a) Karmaşık ve yapay drenaj ağı sisteminin temel sulama kaynağı olması.
- b) Drenaj kanallarına tarımsal sulamada yaşanacak sorunları önlemek için düzenli olarak su verilmesi.
- c) Sayısal yükseklik haritası ile üretilen nehir ve nehir kolları gerçekleri ile uyuşmamaktadır.
- d) Su yönlendirme işlemleri sisteme verilen su ve su kontrol çalışmalarından ciddi bir şekilde etkilenmektedir.

Aşağı Seyhan Havzasında karşılaşılan farklı sorunlar ise şunlardır;

- a) Toprak yapısının killi olması ve eğimin neredeyse düz olmasından dolayı, yağmur ve sulama suyu için kullanılan suyun tekrar drenaj ağlarına ulaşmasının çok kısıtlı kalması. (Suyun büyük bölümü killi toprakta tutulmakta yâda buharlaşmaktadır)
- b) Killi toprak yapısının gübrelerin toprağın derinlerine inmesini engelleyerek toprakta aşırı gübre birikimine sebep olması (Bu yüzden bitki azot stres gün sayıları oldukça yüksektir).
- c) Drenaj ağlarının evsel ve endüstriyel atıklar ile kirletilmesi.
- d) Mevsimsel dönemlerde gerçekleşen gelgit olaylarından dolayı Baharlı ve Karagöçer alt havzalarından elde edilen değerlerin, suyun tuzluluk oranındaki aşırı artıştan etkilenmesi.

Bu zorlukları aşmak için yapılan değişiklikler;

- a) Drenaj ağları ve alt havzalar eğim hesaba katılarak manuel olarak çizilmiştir.
- b) Tarımsal uygulamalar her bir tarım ürünü için SWAT modeline tanımlanmış ve bitki yönetim veri tabanı güncel veriler ile güncellenmiştir.

- c) Günlük yâda aylık bazda kanallara verilen sular sisteme point source olarak tanıtılmıştır.
- d) SWAT modelinden maksimum verimi alabilmek için maksimum HRU üretilmiştir.
- e) Mekânsal ile zamansal veri seti güncel tutulmuştur.
- f) Model her bir havza için defalarca çalıştırılarak üretilen senaryolardan en iyileri seçilmiştir.
- g) Gerek görüldüğünde manuel Kalibrasyon yapılmıştır.
- h) Kalibrasyon çalışmaları sırasında, en iyi parametreler, duyarlılık analizleri ile belirlenmiştir.
- i) ArcSWAT ve SWAT_CUP 'da karşılaşılan sorunlar diğer SWAT modeli kullanıcıları ve SWAT teknik ekibine danışılarak çözülmüştür.

Havza bazlı ileriye dönük su yönetimi ve su kullanımı ile ilgili projeler ile gelecekte tarımsal, sanayi ve evsel kullanımlarda su kaybının önlenmesi, etkin su kullanımının sağlanması, var olan su kaynaklarının niteliği ve niceliğinin belirlenmesi, korunması, geliştirilmesi ve iyileştirilmesi bakımından önemli katkılar sağlayacaktır. Buda modelleme çalışmalarının önemini arttırmaktadır. Modelleme çalışmaları birçok alanda ileriye dönük havza koruma eylem planları için zemin oluşturmaktadır. Örneğin, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından Havza Koruma Eylem Planları Hazırlanması çalışmaları başlatılmış olup; ilk önce havzadaki su kalitesi, kirletici kaynaklar, korunan alanlar ve içme suyu kaynakları göz önüne alınarak ülkemiz coğrafyasındaki 25 adet hidrolojik havza puanlandırılmıştır. Yapılan bu önceliklendirme doğrultusunda 4 havza için koruma eylem planları tamamlanmış olup, geri kalan 21 adet havzadan 11'inin koruma eylem planının hazırlanması işi Türkiye'deki 11 Havzanın Havza Koruma Eylem Planları Hazırlanması isimli proje kapsamında 12 Ağustos 2009 tarihinde Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü ile TÜBİTAK Başkanlığı tarafından imzalanarak başlatılmıştır (Tübitak Mam Çevre Enstitüsü (ÇE), 2013).

Havza koruma eylem planlarından biri olan Seyhan havzası için yapılan model çalışmaları hala yetersizdir. Özellikle, Aşağı Seyhan Havzası için yapılan hidrolojik modelleme çalışmaları az sayıdadır. Aşağı Seyhan Havzasının düz ve düze yakın alanlardan oluşmasından dolayı daha kapsamlı ve geleceğe dönük hidrolojik çalışmalar ile farklı yaklaşım ve teoriler geliştirilmesinde yarar vardır. SWAT hidrolojik modelinin geniş ve kapsamlı bir literatür ağının olması, esnek yapısı, farklı modeller ile entegre olarak çalışabilmesi, kullanıcının geliştirmesi için alan bırakılması gibi birçok artı yönü yer almaktadır. SWAT modeli ile yapılabilecek çalışmalar;

- a) Küresel ısınmanın tarımsal ürün çeşitliliği üzerinde uzun vadede etkisi.
- b) Kentsel büyümenin iklim ve tarımsal alanlarda etkisi.
- c) Evsel ve endüstriyel atıkların modellenmesi.
- d) Su kalitesinin modellenmesi.
- e) Drenaj ağları ile taşınan sediman miktarının modellenmesi.
- f) Bir yâda birden fazla bitki türünde farklı tarımsal uygulamaların, bitkinin gelişimi üzerinde etkisi.
- g) HRU sayısının ve HRU tanımlama için kullanılan tekniklerin elde edilen kalibrasyon sonuçları üzerine etkisi.

Aşağı Seyhan Havzasında yapılacak farklı modeller ve geliştirebilecek yaklaşımlar ile geleceğe dönük projeler üretilebilir. Havza koruma çalışmaları daha etkin yürütülebilir.

KAYNAKLAR

- Abbaspour, K. C., Vejdani, M., & Haghghat, S. ,2007. SWAT-CUP calibration and uncertainty programs for SWAT. In MODSIM 2007 International Congress on Modelling and Simulation, Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand.
- Akgül, M. A. (2015). Aşağı Seyhan Ovası Sol Sahil Sulaması, Su Ve Nitrat. Adana.
- Alp, E., & Özcan, Z.,2015. Teorik ve Uygulamalı Havza Modellemesi Eğitimi. http://www.suyonetimi.gov.tr/Libraries/su/Doc_Dr_Emre_Alp-OrmanSu-19_20_Mart_2015SWAT_Teori_ve_Ornek_Uygulama.sflb.ashx, Erişim tarihi:13 Temmuz 2016.
- Anonim,2013. Tarımda Sutasarrufu, <http://suyonetimi.ankara.edu.tr/files/2013/03/TARIMDA-SU-TASARRUFU.pdf>, Erişim tarihi:10 Temmuz 2016.
- Arnold, J., Kiniry, J., Srinivasan, R., Williams, J., Haney, E., & Neitsch, S. 2012. Soil & Water Assessment Tool Input/Output Documentation Version 2012, Texas Water Resources Institute
- Beven, K., & Binley, A.,1992. The future of distributed models: model calibration and uncertainty prediction. *Hydrological processes*, 6(3), 279-298.
- Bosch, D. D., Sheridan, J. M., Batten, H. L., & Arnold, J. G. (2004). Evaluation of the SWAT model on a coastal plain agricultural watershed. *Transactions of the ASAE*, 47(5), 1493.
- Celik, Kizilelma, Gulersoy, Denizdurduran,2013. Farkli Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Asagi Seyhan Ovasi Guneyindeki Sulak Alanlarda Meydana Gelen Degisimin İncelenmesi (1990-2010),Vol.8/12,pp.263-284.
- Curran, P. J. (1985). *Principles of remote sensing*. Longman Inc..
- Diñç , U., M. Sari, S. Şenol, M. Sayın, M.R. Dericı, V. S. Çavuşgil, M. Gök, H. Ekinci, N. Ağca, E. Schlicting , 1990."Çukurova Bölgesi Toprakları". Ç.Ü.Z.F yardımcı ders kitabı, No. 26. Adana

- Dönmez, C. (2012). İklim Değişikliğinin Etkisi Altında Yukarı-Seyhan Havzası Ekosistem Bileşenlerinin Modellenmesi Ve Etkileşim düzeylerinin Belirlenmesi. s. 289.
- Donmez, C., Berberoglu, S., Erdogan, M. A., Tanriover, A. A., & Cilek, A. (2015). Response of the regression tree model to high resolution remote sensing data for predicting percent tree cover in a Mediterranean ecosystem. *Environmental monitoring and assessment*, 187(2), 4.
- Düzgün, Ş., 2011. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Coğrafik bilgi teknolojileri. Internet sitesi. <http://ocw.metu.edu.tr/course/view.php?id=128>.
- Gupta, H. V., Kling, H., Yilmaz, K. K., & Martinez, G. F. (2009). Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modelling. *Journal of Hydrology*, 377(1), 80-91.
- Gupta, H. V., Sorooshian, S., & Yapo, P. O. (1999). Status of automatic calibration for hydrologic models: Comparison with multilevel expert calibration. *Journal of Hydrologic Engineering*, 4(2), 135-143.
- Haberlandt, U., 2010. From hydrological modelling to decision support. *Advances in Geosciences*, 27:11-19.
- Hofmann, P., 2001a. Detecting Buildings and Roads from Ikonos Data Using Additional Elevation Information, In: GIS Geo-Information-System.
- Hofmann, P., 2001b. Detecting Informal Settlements from Ikonos Image Data Using Methods of Object Oriented Image Analysis - An Example From Cape Town (South Africa), Jürgens, Carsten (Editor): *Remote Sensing of Urban Areas/*
- Hofmann, P., 2001c. Detecting Urban Features From Ikonos Data Using an Object-Oriented Approach, In: RSPS, Geomatics, Earth Observation and the Information Society.
- Ilhan, A., Yüce, N. 2013. <http://www.suhakki.org/2013/01/turkiyenin-sulak-alanlari/>, Erişim tarihi: 13Temmuz2016.

- Johnson, M. S., Coon, W. F., Mehta, V. K., Steenhuis, T. S., Brooks, E. S., & Boll, J. (2003). Application of two hydrologic models with different runoff mechanisms to a hillslope dominated watershed in the northeastern US: a comparison of HSPF and SMR. *Journal of Hydrology*, 284(1), 57-76.
- Kafa, G., Uzun, A., Turgutođlu, E., Canan, İ., Öztop, A., & Canıhoş, E. (2010). Turunçgil yetiştiriciliği. TC Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Teşkilatlanma ve Destekleme Genel M
- Kannan, N. (2012). SWAT modeling of the Arroyo Colorado Watershed. Texas Water Resources Institute.
- Karatas, E. (2015). Küçükermali Ve Güvenç Havzalarininsu Ve Sediment Verimlerine Göre Sürdürülebilir Yönetimi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Krause, P., Boyle, D. P., & Bäse, F. (2005). Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. *Advances in Geosciences*, 5, 89-97.
- Kuczera, G., & Parent, E., 1998. Monte Carlo assessment of parameter uncertainty in conceptual catchment models: the Metropolis algorithm. *Journal of Hydrology*, 211(1), 69-85.
- Lancaster, H. O., & Seneta, E. (1969). Chi-square distribution. John Wiley & Sons, Ltd.
- Li, S., Lai, Z., Wang, Q., Wang, Z., Li, C., & Song, X. (2013). Distributed simulation for hydrological process in Plain River network region using SWAT model. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 29(6), 106-112.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2000). Remote sensing and image analysis. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Luo, K., Tao, F., Moiwo, J. P., & Xiao, D. (2016). Attribution of hydrological change in Heihe River Basin to climate and land use change in the past three decades. *Scientific reports*, 6.

- Luo, Y., Su, B., Yuan, J., Li, H., & Zhang, Q. (2011). GIS techniques for watershed delineation of SWAT model in plain polders. *Procedia Environmental Sciences*, 10, 2050-2057.
- Marangoz, A. M., Oruç, M. ve Büyüksalih, G., 2004.Object-Oriented İmage Analysis and Semantic Network for Extracting The Roads and Buildings from Ikonos Pan-Sharpended İmages, Proceedings of the XXth Congress of International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, İstanbul, Turkey.
- Marek, G. W., Gowda, P. H., Marek, T. H., Porter, D. O., Baumhardt, R. L., & Brauer, D. K. (2017). Modeling long-term water use of irrigated cropping rotations in the Texas High Plains using SWAT. *Irrigation Science*, 35(2), 111-123.
- Meydan H.S.T., 2008. 'Yukarı Seyhan Havzası'nda Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Arazi Örtüsünün Sınıflandırılması Ve Bazı Orman Meşcerelerinde Verimliliğin Modellenmesi' Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana (Danışman: Prof.Dr.Süha BERBEROĞLU).
- Mirhosseini, G., & Srivastava, P. (2015). Effect of irrigation and climate variability on water quality of coastal watersheds: Case study in alabama. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 142(2), 05015010.
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., & Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885-900.
- Nagelkerke, N. J. (1991). A note on a general definition of the coefficient of determination. *Biometrika*, 78(3), 691-692.
- Nash, J. E., & Sutcliffe, J. V. (1970). River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles. *Journal of hydrology*, 10(3), 282-290.

- Özdemir, A. (2016). Hierarchical Approach To Semi-Distributed Hydrological Model Calibration (Doctoral Dissertation, Middle East Technical University).
- Polatöz, S., & Kafa, G. Turunçgillerde Budama.
- Şatır, O., 2013.Aşağı Seyhan Ovası'nda Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Tarımsal Alan Kullanım Uygunluğunun Belirlenmesi.
- Sun, X., Bernard-Jannin, L., Garneau, C., Volk, M., Arnold, J. G., Srinivasan, R., ... & Sánchez-Pérez, J. M. (2016). Improved simulation of river water and groundwater exchange in an alluvial plain using the SWAT model. *Hydrological Processes*, 30(2), 187-202.
- Touhami, I., Andreu, J. M., Chirino, E., Sánchez, J. R., Pulido-Bosch, A., Martínez-Santos, P., ... & Bellot, J. (2014). Comparative performance of soil water balance models in computing semi-arid aquifer recharge. *Hydrological Sciences Journal*, 59(1), 193-203.
- Tübitak Mam Çevre Enstitüsü(Ç.E.),2013.Havza Koruma Eylem Planları-Seyhan Havzası,http://www.suyonetimi.gov.tr/Files/Havzakormaeylemplanraporlari/Seyhan_Havzasi.pdf. Erişim Tarihi: 13 Temmuz 2016,
- Van Griensven, A., & Bauwens, W. (2003). Multiobjective autocalibration for semidistributed water quality models. *Water Resources Research*, 39(12).
- van Griensven, A., & Meixner, T.,2006. Methods to quantify and identify the sources of uncertainty for river basin water quality models. *Water Science and Technology*, 53(1), 51-59.
- Wangpimool, W., Pongput, K., Supriyasilp, T., Sakolnakhon, K. P., & Vonnarart, O. 2013. Hydrological Evaluation with SWAT Model and Numerical Weather Prediction for Flash Flood Warning System in Thailand. *Journal of Earth Science and Engineering*, 3(6), 349.
- Winchell, M., Srinivasan, R., Di Luzio, M., & Arnold, J. (2007). ArcSWAT interface for SWAT 2005. User's guide, 1-436.



ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Hatay'ın Hassa ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimimi Adana'da tamamladı. 2007 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Jeoloji bölümünü kazanarak 2013 yılında mezun oldu. 2013 yılında 6 ay Columbus Copper şirketinde yardımcı jeolog olarak çalıştı. 2014 yılından 2018 yılının Mayıs ayına kadar Geolog International şirketinde veri mühendisi olarak çalıştı. 2018 yılının Mayıs ayından beri Schlumberger şirketinde veri mühendisi olarak görev yapmaktadır. 2015 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgiler ve Sistemler Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimime başladı ve 2018 yılında Yüksek Lisans eğitimimi tamamladı.