ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Ali AKGÜL

AŞAĞI SEYHAN OVASI SOL SAHİL SULAMASI, SU VE NİTRAT BÜTÇESİNİN MODELLENMESİ

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2015

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AŞAĞI SEYHAN OVASI SOL SAHİL SULAMASI, SU VE NİTRAT BÜTÇESİNİN MODELLENMESİ

Mehmet Ali AKGÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 30/09/2015 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

…….....	……..…	...…….....
Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU	Prof. Dr. Mahmut ÇETİN	Yrd. Doç. Dr. Onur ŞATIR
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz 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: FYL-2014-2899

Not: 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 OVASI SOL SAHİL SULAMASI, SU VE NİTRAT BÜTÇESİNİN MODELLENMESİ

Mehmet Ali AKGÜL

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

Danışman : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
Yıl: 2015, Sayfa: 97
Jüri : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
: Prof. Dr. Mahmut ÇETİN
: Yrd. Doç. Dr. Onur ŞATIR

Bu çalışmada Türkiye'nin güneyinde yer alan Aşağı Seyhan Ovasında bulunan 9 495 ha lık alana sahip Akarsu Sulama Birliği sahasında yürütülmüş ve SWAT (Soil and Water Assessment Tool) modeli kullanılmıştır. Çalışmanın ana hedefi SWAT modelini değerlendirmek ve istasyonlardan elde edilen günlük akım değerleri ve nitrat konsantrasyonları kullanılarak kalibrasyonunun yapılmasıdır. Modelleme periyodu 2009 ve 2010 hidrolojik yıllarıdır. Modelin çalışması için ana veri girdileri iklim verileri, toprak tipi, arazi kullanımı, yönetim uygulamaları ve topoğrafyadır. Kalibrasyon için SWAT-CUP programı kapsamında SUFI-2 algoritması kullanılmıştır. Belirginlik katsayısı (R^2) ve Nash-Sutcliffe (NSE) katsayısı esas alınarak günlük veriler ile kalibrasyon yapılmıştır. Model kalibrasyonu sonucunda, Akarsu sulama sahasında, SWAT programı kullanılarak hesaplanan akım değerleri ve nitrat yükü değerlerinin oldukça uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: SWAT, SWAT-CUP, SUFI-2, Nitrat

ABSTRACT

MSc THESIS

MODELLING WATER AND NITRATE BUDGET IN LEFT BANK IRRIGATION OF LOWER SEYHAN PLAIN

Mehmet Ali AKGÜL

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF REMOTE SENSİNG AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Supervisor : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
Year: 2015, Pages: 97
Jury : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
: Prof. Dr. Mahmut ÇETİN
: Assoc. Prof. Dr. Onur ŞATIR

This study represents an application of the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to an agricultural catchment, called Akarsu irrigation district, in the Lower Seyhan Plain located at the Eastern Mediterranean region of Turkey. The catchment covers a drainage area of 9 495 ha. The main objective of this study was to introduce SWAT model and calibrate the model against daily drainage discharge and nitrate (NO_3) concentrations derived from the field stations. The modelling period was covering the hydrological years of 2009 and 2010. Major input variables to run the model were climate data, soil type, land use, management practices and topography at watershed scale. Sequential Uncertainty Fitting (SUFI-2) linked to SWAT was utilized for calibration of the model. SUFI-2 is associated with SWAT in the Calibration Uncertainty Program called SWAT-CUP. Calibrations were conducted using the SWAT-CUP program and SUFI-2 algorithm. Calibration based on the Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (E) and R^2 was done through using daily data. Interpretation of model calibration results led us to conclude that the simulated SWAT drainage flows and their corresponding nitrate loads were reasonably accurate for the Akarsu irrigation district.

Key Words: SWAT, SWAT-CUP, SUFI-2, Nitrate

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her safhasında bana yol gösteren ve yardımını hiçbir zaman esirgemeyen Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Bölüm Başkanı ve aynı zamanda tez danışmanım olan değerli hocam Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU'na en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin oluşumunda ve verilerin temin edilmesinde büyük yardımını gördüğüm değerli hocam Prof. Dr. Mahmut ÇETİN'e, nitrat verilerinin teminindeki yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ'ye ve tezin değerlendirmesini yapan Sayın Yrd. Doç. Dr. Onur ŞATIR'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VI
ŞEKİLLER DİZİNİ VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR XII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
3. MATERYAL VE METOD 9
3.1. Materyal 9
3.1.1. Toprak Verileri 9
3.1.2. Sayısal Arazi Modeli 13
3.1.3. Drenaj Ağı 15
3.1.4. Meteorolojik Veriler 16
3.1.5. Akım Gözlem ve Nitrat Verileri 18
3.1.6. Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı Verileri 19
3.1.7. Bitki Yönetim Verisi 22
3.2. Metod 23
3.2.1. Hidrolojik Modeller 23
3.2.2. SWAT Hidrolojik Modelleme Sistemi 25
3.2.3. SWAT-CUP Programı ve SUFI-2 Algoritması 31
3.2.3.1. SWAT-CUP 31
3.2.3.2. SUFI-2 32
3.2.4. Model Performans İstatistikleri 34
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 35
4.1. ArcSWAT Model Çıktıları 35
4.1.1. 2009 Hidrolojik Yılı Çıktıları 45
4.1.2. 2010 Hidrolojik Yılı Çıktıları 59

4.2. SWAT-CUP Kalibrasyon Çıktları 72
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 87
KAYNAKLAR 91
ÖZGEÇMİŞ 97

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Çalışma alanındaki toprak serilerinin genel özellikleri 10
Çizelge 3.2. Çalışma alanındaki toprak serilerinin alansal dağılımı 11
Çizelge 3.3. Çalışma alanının sayısal arazi modeli istatistik değerleri 15
Çizelge 3.4. Meteorolojik verilerin istatistiksel değerleri 17
Çizelge 3.5. Meteoroloji verilerin istatistiksel değerlerin açıklamaları 17
Çizelge 3.6. CHRIS kara modu algılayıcıları 20
Çizelge 3.7. Çalışma alanının arazi kullanım istatistik değerleri 21
Çizelge 3.8. Çalışma da kullanılan yönetimsel verileri 22
Çizelge 3.9. Modellerdeki hidrolojik bileşenlerin karşılaştırılması 24
Çizelge 3.10. Modellerdeki azot dönüşümü ve nitrat taşınımının karşılaştırılması 25
Çizelge 3.11. QUAL2E parametreleri 29
Çizelge 3.12. SWAT-CUP da hidrolojik kalibrasyon için kullanılan parametre seti 33
Çizelge 3.13. SWAT-CUP da nitrat kalibrasyonu için kullanılan parametre seti 34
Çizelge 3.14. Model istatistikleri için genel performans değerlendirme 34
Çizelge 4.1. Çalışma alanı HRU'lara ait alanlar ve yüzdeleri 37
Çizelge 4.2. 2009 hidrolojik yılına ait ArcSWAT programı özet çıktı dosyası 46
Çizelge 4.3. 2009 hidrolojik yılına ait ArcSWAT programı Hidrolojik özet çıktı dosyası 47
Çizelge 4.4. 2009 hidrolojik yılına ait ArcSWAT programı Nitrat özet çıktı dosyası 48
Çizelge 4.5. 2009 Hidrolojik yılı su bütçesi 49
Çizelge 4.6. Su bütçesi sonuç terimlerinin Açıklaması 50
Çizelge 4.7. 2010 hidrolojik yılına ait ArcSWAT programı özet çıktı dosyası 59
Çizelge 4.8. 2010 hidrolojik yılına ait ArcSWAT programı Hidrolojik özet çıktı dosyası 60
Çizelge 4.9. 2010 hidrolojik yılına ait ArcSWAT programı Nitrat özet çıktı dosyası 61
Çizelge 4.10. 2010 hidrolojik yılı su bütçesi 62

Çizelge 4.11. Kalibrasyon sonucu model performans istatistik değerleri 72
Çizelge 4.12. Kalibre edilen parametrelerin alabileceği değerler 72
Çizelge 4.13. Kalibrasyon sonucu Parametrelerin duyarlılığına ait değerler 76
Çizelge 4.14. Model karşılaştırması 85

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 3.1. Çalışma alanı konumu 9
Şekil 3.2. ArcSWAT toprak veritabanı 11
Şekil 3.3. Toprak su özellikleri (Soil water characteristics) programı arayüzü 12
Şekil 3.4. Çalışma alanı toprak serileri haritası 12
Şekil 3.5. Çalışma alanı sayısal arazi modeli haritası 13
Şekil 3.6. Çalışma alanı bakı haritası 14
Şekil 3.7. Çalışma alanı eğim haritası 14
Şekil 3.8. Çalışma alanının sayısal arazi modeli yükseklik dağılım grafiği 15
Şekil 3.9. Çalışma alanı sınırı, drenaj ağı ve istasyon yerleri 16
Şekil 3.10. Çalışma alanının Türkiye'deki konumu, sulama-drenaj şebekesi ve taban suyu (TS) gözlem kuyuları dağılımı 19
Şekil 3.11. Çalışma alanı arazi kullanım haritası 21
Şekil 3.12. SWAT programının gelişim tarihçesinin şematik gösterimi 26
Şekil 3.13. Su döngüsü 27
Şekil 3.14. SWAT modelinin bileşenleri ve algoritması 30
Şekil 3.15. SWAT-CUP program akış şeması 31
Şekil 4.1. Çalışma sahası HRU'lara ait harita 35
Şekil 4.2. SWAT programında HRU'ların oluşturulma şeması 36
Şekil 4.3. SWAT hata denetleyicisi özet sayfası (setup) 39
Şekil 4.4. SWAT hata denetleyicisi hidroloji sayfası (hydrology) 39
Şekil 4.5. SWAT hata denetleyicisi sediment sayfası (sediment) 40
Şekil 4.6. SWAT hata denetleyicisi azot döngüsü sayfası (nitrogen cycle) 40
Şekil 4.7. SWAT hata denetleyicisi fosfor döngüsü sayfası (phosphorus cycle) 41
Şekil 4.8. SWAT hata denetleyicisi bitki gelişim sayfası (plant growth) 41
Şekil 4.9. SWAT hata denetleyicisi arazi besin maddesi kayıpları sayfası (landscape nutrient losses) 42
Şekil 4.10. SWAT hata denetleyicisi arazi kullanım özeti sayfası (land use summary) 42

Şekil 4.11. SWAT hata denetleyicisi akış içi süreçler sayfası (ınstream processes) 43
Şekil 4.12. SWAT hata denetleyicisi noktasal kaynaklar sayfası (point source) 43
Şekil 4.13. Kalibre edilmiş parametreler ile 2009-2010 su yıllarına ait simule edilen ve gözlenen günlük debi gidiş grafiği 44
Şekil 4.14. Kalibre edilmiş parametreler ile 2009-2010 su yıllarına ait simule edilen ve gözlenen günlük nitrat değerleri grafiği 44
Şekil 4.15. 2009 hidrolojik yılına ait yağış miktarı, gerçek ve potansiyel evapotranspirasyon arasındaki ilişki 50
Şekil 4.16. 2009 hidrolojik yılına ait yağış miktarı , ET ve yüzey akışı arasındaki ilişki 51
Şekil 4.17. 2009 hidrolojik yılına ait tarla kapasitesi toprak profilinde tutulan su miktarı 51
Şekil 4.18. 2009 hidrolojik yılına ait gerçek evapotranspirasyon 52
Şekil 4.19. 2009 hidrolojik yılına ait yeraltısuyu ve yüzeyaltı suyunun anakanala katkısı 53
Şekil 4.20. 2009 hidrolojik yılına ait uygulanan sulama suyu miktarı 54
Şekil 4.21. 2009 hidrolojik yılına ait yüzeysel ve yüzeyaltı akışındaki nitrat miktarı 55
Şekil 4.22. 2009 hidrolojik yılına ait yüzeysel akıştaki organik N miktarı 56
Şekil 4.23. 2009 hidrolojik yılına ait sediment miktarı 57
Şekil 4.24. 2009 hidrolojik yılına ait yüzeysel akıştaki su miktarı 58
Şekil 4.25. 2010 hidrolojik yılına ait yağış miktarı, gerçek ve potansiyel evapotranspirasyon arasındaki ilişki 63
Şekil 4.26. 2010 hidrolojik yılına ait yağış miktarı , ET ve yüzey akışı arasındaki ilişki 63
Şekil 4.27. 2010 hidrolojik yılına ait tarla kapasitesi toprak profilinde tutulan su miktarı 64
Şekil 4.28. 2010 hidrolojik yılına ait gerçek evapotranspirasyon 65
Şekil 4.29. 2010 hidrolojik yılına ait yeraltısuyu ve yüzeyaltı suyunun anakanala katkısı 66

Şekil 4.30. 2010 hidrolojik yılına ait uygulanan sulama suyu miktarı 67
Şekil 4.31. 2010 hidrolojik yılına ait yüzeysel ve yüzeyaltı akışındaki nitrat miktarı 68
Şekil 4.32. 2010 hidrolojik yılına ait yüzeysel akıştaki organik N miktarı 69
Şekil 4.33. 2010 hidrolojik yılına ait sediment miktarı 70
Şekil 4.34. 2010 hidrolojik yılına ait yüzeysel akıştaki su miktarı 71
Şekil 4.35. Kalibrasyon sonucu gözlenen değerler, en iyi tahmin ve 95PPU grafiği 74
Şekil 4.36. Kalibrasyon sonucu tüm parametrelere ait noktasal dağılım grafiği (Dotty Plots) 78

SİMGELER VE KISALTMALAR

AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
APEX	: Agricultural Policy/Environmental eXtender
ARCSWAT	: SWAT Programı ArcGIS Arayüzü
CFRAM	: Catchment Flood Risk Assessment and Management
CREAMS	: Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems
EPIC	: The Environmental Policy Integrated Model
ESA	: European Space Agency
ET	: Evapotranspirasyon
GLEAMS	: The Groundwater Loading Effects of Agricultural Management System
GLUE	: Generalized Likelihood Uncertainty Estimation
GPS	: Global Positioning System
GWLF	: Generalized Watershed Loading Function
HRUs	: Hydrological Response Units
HSPF	: Hydrological Simulation Program-FORTRAN
JAMS	: Jena Adaptable Modelling System
MCMC	: Markov Chain Monte Carlo
MODFLOW	: USGS Modular Ground-Water Model
NSE	: Nash-Sutcliffe Efficiency
PARASOL	: Parameter Solution
QUAL2E	: Enhanced Stream Water Quality Model
ROTO	: Routing Outputs to Outlet
SUFI-2	: Sequential Uncertainty Fitting
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SWAT	: Soil and Water Assessment Tool
SWAT-CUP	: SWAT Calibration and Uncertainty Procedures
SWRRB	: Simulator for Water Resources in Rural Basins

USDA-ARS	: United States Department of Agriculture Agricultural Research Service
USGS	: U.S. Geological Survey
WGEN	: Weather Generator
95PPU	: 95% Prediction Uncertainty

1. GİRİŞ

Tarım, su talep eden sektörlerin en başında gelmekte olup; hali hazırda toplam suyun %70'i (Li ve ark., 2007) tarımda kullanılmaktadır. Ülkemizde ise, tarımda kullanılan su oranı %74 dolayında olup, uygun teknolojiler kullanılarak bu oranın %64 düzeylerine çekilmesi hedeflenmektedir (DSİ, 2009).

Seyhan havzasında yapılan araştırmalara göre, iklim değişikliği sonucunda 2070 yıllarında su kaynaklarında %30-35 oranlarında azalmalar meydana geleceği ifade edilmektedir (Fujinawa ve ark., 2007). Söz konusu araştırma sonuçlarının gerçekleşmesi durumunda, gelecekte Seyhan havzasında su kaynakları azalacak ve tarıma güncel tahsis edilen su miktarlarının aynı oranda sağlanma olanağı gelecekte olmayacaktır. Ayrıca; havzada henüz sulamaya açılmayan alanlar mevcut olup, yakın gelecekte bu alanlar da sulamaya açılacaktır. Mevcut tarım alanları ile birlikte yeni açılacak olan alanlara sulama suyu sağlanması söz konusu olacaktır. Bu durum su miktarı ve kalitesine yönelik çalışmaların önemi artırmaktadır, özellikle akarsu havzalarında su bütçesine yönelik çalışmalar olmasına karşın, azot, nitrat ve tuz bütçesine yönelik çalışmaların azlığı dikkati çekmektedir. Tarımsal sulama havzalarında genellikle bu tür çalışmalar daha da sınırlıdır. Tarımsal havzalarda araştırma yapmanın güçlükleri, havzanın hidrolojik sınırlarının iyi tanımlanamaması ve kontrol olanaklarının olmaması, akarsu havzalarında iyi sonuçlar veren hidrolojik modellerin tarımsal havzalarda çalışması için ciddi uyarlamalara gereksinim göstermesi, disiplinler arası çalışma gerektirmesi gibi birçok faktör, büyük tarımsal alanlarda değinilen çalışmaların yapılmasını olumsuz yönde etkilemektedir (Çetin ve ark., 2012).

Bu çalışmanın gerçekleştirildiği Akarsu test sahası, iyi belirlenmiş sınırlarıyla, bir diğer ifadeyle giren ve çıkan suların ölçülmesinin yüksek doğrulukla yapılabildiği bir alan olması ve gelişmiş ölçüm cihazlarıyla donatılmış alt yapısıyla, oldukça önemli bir tarımsal havza niteliğindedir. Havzada, "Yarı Kurak İklimli Akdeniz Bölgesi Tarım Alanlarında Tuzluluk Etkisini Azaltmak İçin Sulama Randımanlarının Analiz ve Optimizasyonu (Medsalin)" başlıklı bir TÜBİTAK Projesi yürütülmüştür (Çetin ve ark., 2012).

Su kaynakları planlanması ve yönetilmesinin karar destek noktasında, aynı anda su kullanılabilirliği, su kalitesi, taşkın koruma, tarım ve ekoloji vb. gibi birçok hedef kriterin dikkate alınmasına ihtiyaç vardır. Hidrolojik modeller, su dengesi bileşenleri hakkında ve ekolojik süreçlerin simülasyonunun temelleri için bilgi verir (Haberlandt, 2010).

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), hidroloji alanında ve su kaynaklarının kullanımının geliştirilmesi ve planlanmasının yapıldığı alanlarda her geçen gün daha fazla artan bir rol oynamaktadır. CBS teknolojisi, geniş ve karmaşık veri tabanlarının yönetilebilmeleri için alternatifler sağlar. Birçok uygulama alanında uzaktan algılama verileri ve CBS başarıyla kullanılmaktadır. Arazi kabiliyetinin belirlenmesi havza yönetim sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Bu sınıfların yanında iklimsel faktörler ve havza karakteristikleri ile ilgili parametrelere de gereksinim duyulur. Bu parametrelerin belirlenmesi için CBS en uygun araçtır (Şeker, 2004).

Hidrolojik modellerin geçmişine bakıldığında çoğunun sınırlı veriye dayalı ampirik uygulamalar olduğunu söylemek mümkündür. O zamanlarda grafikler, tablolar ve basit analitik çözümler standart modeller olarak kullanılıyordu. 1950'lerin sonlarında çok fazla ilgi gören basit analitik modeller sınırlıydı ve işlemlerin çoğu elle yapılıyordu. 1960'larda ise, çok fazla verinin sonuçlarına kolaylıkla ulaşılabilen yeni hidrolojik modeller gözler önüne serildi. Günümüzde ise hesaplama kapasitesinin artık sınırsız olduğundan söz edilebilmekte ve ilerlemeler devam etmektedir. Çevre ve ekolojiye olan ilginin her geçen gün artması ve global ölçekte birçok farklı alanda uygulama olanağı bulan bu modeller daha çok bilgiye gereksinim duymaya başlamıştır. Bu durum veri gereksinimini maksimum seviyeye çıkartmış ve verinin işlenmesi gereğini doğurmuştur. Klasik yöntemlerle üretilen ve işlenen verilerin analizi gereksinimlere cevap vermemeye başlamıştır. Ancak bu tür problemlerin çözümü için gereksinim duyulan çok büyük miktardaki veriyi işleyebilmek CBS teknolojisi ile mümkün olabilmektedir (Singh ve Fiorentino, 1996).

Soil and Water Assessment Tool (SWAT) (Arnold ve ark., 2012) nehir havzalarında tarıma bağlı kimyasal değerleri, sediment, su kaynakları üzerindeki

iklim ve yönetim etkilerini değerlendirmek için geliştirilmiştir. Model yarı-fiziksel tabanlı ve çalışma alanını çok sayıda alt havzaya bölerek yüksek düzeyde mekânsal detayda simülasyon sağlar. SWAT modelinin ana bileşenleri hidroloji, meteoroloji, erozyon, bitki gelişimi, besin, pestisitler ve kimyasallar, toprak yönetimi ve akışıdır (Arnold ve ark., 1998).

Bu çalışmada Türkiye'nin Doğu Akdeniz bölgesinde Aşağı Seyhan Ovasında bulunan 9 495 ha lık alana sahip Akarsu Sulama Birliği sahasında SWAT (Soil and Water Assessment Tool) modeli kullanılmıştır. Çalışmanın ana hedefi SWAT modelini değerlendirmek ve istasyonlardan elde edilen günlük akım değerleri ve nitrat konsantrasyonları kullanılarak kalibrasyonunun yapılmasıdır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu tez çalışmasının yararlandığı temel araştırma Çetin ve ark. (2012) tarafından yürütülen "Yarı Kurak İklimli Akdeniz Bölgesi Tarım Alanlarında Tuzluluk Etkisini Azaltmak İçin Sulama Randımanlarının Analiz ve Optimizasyonu (Medsalin)" isimli TÜBİTAK-Almanya (Proje No: 108O582) ikili işbirliği projesidir. Adı geçen projede su ve azot dinamiklerinin modellenmesi temel alınmıştır. Bu araştırma projesi kapsamında Alman proje ortakları tarafından geliştirilen, JAMS modelleme sistemi içinde J2000-S modelinin Akarsu sulama havzasında test edilmesi ve uygulanabilirliğinin ortaya konması hedeflenmiştir. Proje süresince kaydedilen gelişmeler, S-modelinin hidrolojik ve madde taşınım hesaplamalarını aylık veya günlük bazda yapabildiğini ortaya konmuştur.

Yakob (2009), Etiyopya' nın kuzeyinde yer alan güney Gojan havzasında yürüttüğü tez çalışmasında, iklim değişikliği sonucu gelecekteki kullanılabilir su potansiyeli ve bitki üretimi simülasyonu SWAT modeli ile tahmin edilmiştir. Yıllık potansiyel evapotranspirasyonun gelecekte artan eğilimde olduğu ve ayrıca havzada toprak su içeriğinde azalma olduğu ortaya konmuştur.

Akhavan ve ark. (2010), İran' ın batısında 2460 km^2' lik alana sahip olan Hamadan-Bahar havzasında yürüttükleri çalışmada, günlük akım ve nitrat ölçümlerinden SUFI-2 analizi ile SWAT modelin kalibrasyon ve doğrulamasını yapmışlardır. Model ile bulunan yeraltı suyuna nitrat süzülmesinin, ölçülen nitrat konsantrasyonları arasındaki ilişkinin kabul edilebilir olduğu sonucuna varmışlardır.

Pohlert ve ark. (2005), SWAT modelini noktasal ve noktasal olmayan nitrat kirliliğini, orta ölçekli dağlık bir havza olan Dill havzasında tahmin etmek için kullanmışlardır. Günlük akım ve aylık nitrat yükünün kalibrasyon ve doğrulamasının kabul edilebilir olduğunu fakat günlük nitrat yükünün model sonuçlarının düşük olduğu tespit edilmiştir.

Lam ve ark. (2009), kuzey Almanya ovasındaki 50 $km^{2'}$ lik Kielstau havzasında yaptıkları çalışmanın amacı SWAT modelini kullanarak noktasal ve dağınık kaynak kirliliğinin uzun vadede etkilerini değerlendirmektir. SWAT modelin günlük bazda kalibrasyonu ve doğrulaması yapılmış, elde edilen istatistiksel

parametrelerin tatmin edici olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca bu çalışmada, orman ile kaplı alanların nitrat yüküne negatif etkisi olduğu ortaya çıkmıştır.

Jamshidi ve ark. (2010), Tahran'ın en önemli içme suyu kaynaklarından olan 470 $km^{2'}$lik Latian Barajı havzasında çalışmışlardır. SWAT modeli kullanılarak modelin aylık ve günlük kalibrasyonu ve doğrulaması yapılmıştır. Çalışma sonunda işlenmemiş atık su ve bozuk veya sızıntı foseptik sistemlerinin nitrat kirliliğinin başlıca kaynağı olduğu ortaya çıkmıştır.

Schilling ve ark. (2009), Des Moines Nehri havzasında yasal sınırları aşan nitrat ve nitrat azotu konsantrasyonu için çalışma yapmışlardır. SWAT modeli yardımıyla akım ve nitrat yükünün modellenmesi sonucu nehirde potansiyel nitrat yüklerini azaltmak için yönetim ve kontrol yapılandırmaları ortaya konmuş ve havza bazında değişikler değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda toplam nitrat yükünün %95 nin noktasal olmayan kaynaklardan olduğu görülmüştür.

Pongpetch ve ark. (2015), Orta Güney Tayland'da bulunan Moon nehrinin bir kolu olan 3518 km^2 alan sahip Lam Takong nehri havzasındaki çalışmalarında akım, sediment, NO_3-N ve toplam fosfor (TP) miktarlarını simule etmişlerdir. Lam Takong nehri üzerinde bulunan iki adet istasyon değerlerini kullanarak akım, sediment ve nitrat değerlerini simule ettikleri çalışmalarında R^2 ve NSE istatistik değerlerini 0.5 düzeyinden büyük, PBIAS istatistik düzeyini ise %25 değerinden küçük bulmuşlardır. Çalışmalarında kalibrasyon için 2 yıl, doğrulama için ise 1 yıllık veri ve günlük veri setini kullanmışlardır.

Haberlandt (2010), Kuzey Almanya' da bulunan yaklaşık 1000 km^{2}' lik bir alana sahip yukarı Leine nehri havzasında iki ayrı hidrolojik model karşılaştırması çalışması yapmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda hiçbir hidrolojik modelin optimal anlamda tüm şartları yerine getiremediğini göstermiştir. İlk karşılaştırma grubu HEC-HMS, WaSIM-ETH ve SWAT hidrolojik modelleridir. Bu karşılaştırmada uygulanması kolay en basit olarak HEC-HMS modeli seçilirken tarımsal uygulamaların potansiyel hassasiyeti için SWAT modeli ve arazi kullanımı değişikliği hassasiyeti WaSIM-ETH modelinin kullanılabileceğini öngörmüştür. SWIM, CANDY ve HERMES modellerinde su ve nitrat taşınımının karşılaştırılması

sonucunda, model sonuçlarının çok farklı olduğu özellikle suyun toprak içinde süzülmesi ve nitratın sızması için belirsizliğin olduğunu tespit etmiştir.

Tavares Wahren ve ark. (2013), Batı Ukrayna' da bulunan Dobrotvir havzasına akan 2616 km^2 alana sahip Batı Bug nehri havzasında akım ve nitrat değerlerinin simule etmeye çalışmışlardır. Sınırlı miktarda veri ile çalışmalarına rağmen, R^2 ve NSE istatistik değerlerini sırasıyla olmak üzere kalibrasyonda 0.52, 0.47 ve doğrulamada 0.46, 0.51 değerlerini bulmuşlardır. Çalışmada yeraltısuyu ve yüzeyaltısuyu dinamiklerinin hidrolojik döngüde baskın karakter olduğunu tespit etmişlerdir. Modelin kalibrasyonu sonucunda yeraltısuyuna ait parametreler son derece hassas olarak tespit edilmiştir.

Schuol ve ark. (2006), Batı Afrika' da ağırlıklı olarak Nijer, Volta ve Senegal nehirleri havzasının alındığı 4 milyon km^2'lik bir alanda SWAT modeli kullanarak bazı kalibrasyon ve belirsizlik analizi konularını ele almışlardır. Manuel kalibrasyonun birçok nedenden dolayı büyük ölçekli havzalarda kullanmanın olanaksız olduğunu tespit etmişler; bu nedenle kalibrasyon ve belirsizlik analizi için SUFI-2 algoritmasını kullanmışlardır. Yıllık ve aylık bazda yapılan simülasyonun kalibrasyonu yapılmış modeli soncunda, Batı Afrika' da tatlı su miktarının umut verici sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir.

Schmalz ve ark. (2008), Kuzey Almanya ovasında bulunan yaklaşık 50 km^2' lik bir alana sahip olan Kielstau havzasında yaptıkları çalışmada, karmaşık orta ölçekli düze yakın havzalarda nitrat girişini araştırmışlardır. Çalışmanın genel amacı kırsal alanlarda nehire karışan su kalitesinin etkin bir tahmini için transfer yönteminin geliştirilmesi olmuştur. Çalışmalarında tarımsal kirleticiler yanında atık su arıtma tesislerinden girişlerde dikkat alınmış olup, gözlenen ve simule edilen nitrat yükü değerlerinin yaz mevsiminde iyi bir korelasyon gösterir iken kış mevsiminde daha zayıf bir korelasyon gösterdiğini tespit etmişlerdir. 8 alt havzaya böldükleri ve 117 HRUs ürettikleri Kielstau havzasında, akım değerlerine ve NO_3-N yükü değerlerine ait kalibrasyon sonucunda Nash-Sutcliffe istatistik değerini sırasıyla 0.73 ve 0.55 bulmuşlardır.

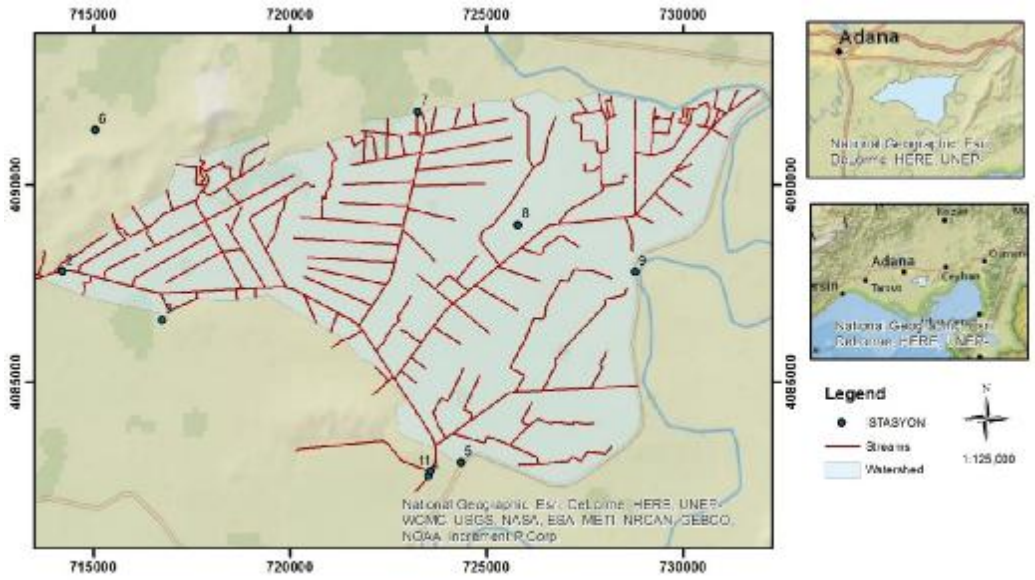
Van der heijden ve Haberlandt (2010), Kuzey Almanya' da bulunan Aşağı Saksonya eyaletinin güney-doğusunun büyük bir kısmını kaplayan Aller nehri

havzasının bir kolu olan yaklaşık 1000 km2’ lik bir alan sahip yukarı Leine nehri havzasında bir çalışma yapmışlardır. SWAT programında kullanılacak iklim verileri farklı enterpolasyon yöntemleri ile üretilmiş ve simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Kalibrasyonda günlük akım değerleri ve aylık nitrat değerleri kullanılmıştır. Çalışmalarında en yakın komşu (nearest neighbour), ters uzaklık (inverse distance), ordinary kriging ve KED (kriging with external drift) olmak üzere dört adet enterpolasyon yöntemi kullanmışlardır. KED enterpolasyon yönteminin diğer enterpolasyon yöntemlerine göre daha iyi sonuç verdiğini tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Araştırma, Aşağı Seyhan Ovası (ASO) sol sahil sulama alanında yer alan ve hidrolojik olarak "sınırları iyi tanımlanabilme" olanağı olan Akarsu Sulama Birliği sulama sahasında yürütülmüştür. Çalışma alanı; doğu ve kuzeydoğuda Ceyhan Nehri sağ sahil taşkın seddesi, 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^{o} 51' 46"-36^{o} 57' 00" kuzey enlemleri ve 35^{o} 24' 10"-35^{o} 36' 34" doğu boylamları arasında yer alan çalışma alanı 9 495 ha olup, Akdeniz iklimi etkisi altındadır (Çetin ve ark., 2012), (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma alanı konumu (WGS84, UTM Zone 36N)

3.1.1. Toprak Verileri

ArcSWAT modelinin çalıştırılması için gerekli olan pH, profil derinlikleri, toprak hacimleri ve organik madde miktarı verileri de azot bütçesinin belirlenmesi

analizlerinde kullanılmıştır.

Her seriye ait olan ortalama değerler, toplam toprak derinlikleri ve toplam alanlar Çizelge 3.1 ve 3.2'de detaylı olarak verilmiştir.

ArcSWAT kapsamında bir girdi olarak kullanılan organik madde miktarı değişken bir veridir. Zaman içerisinde farklılıklar gösterebilir ancak bu bölgede yapılan en kapsamlı çalışma seriler bazında Dinç ve ark. (1990) tarafından yapıldığı için bu veri temel alınmıştır.

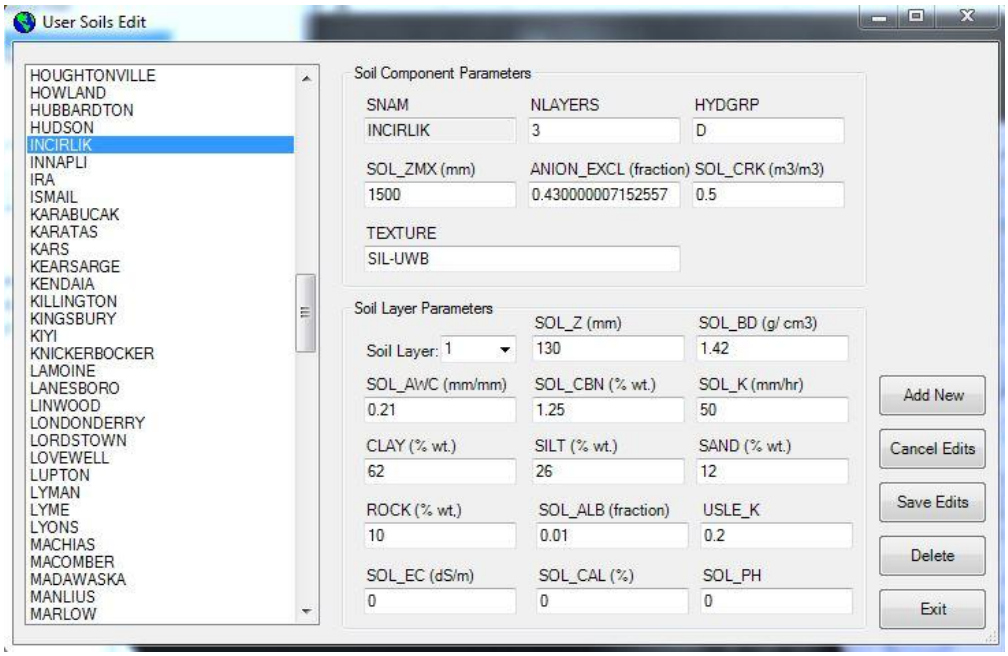
Diğer analizlerde, toprakta zaman içerisinde ciddi değişkenlik göstermeyen toprak tekstürü, derinliği, hacmi ağırlığı, toplam porozite verileri kullanılmıştır (Şatır, 2013).

Çizelge 3.1. Çalışma alanındaki toprak serilerinin genel özellikleri (Dinç ve ark., 1990)

Seri Adı	Kum	Silt	Kil	Toplam porozite	Hacim ağırlığı	pH	Toplam Derinlik
	%				gr/cm^3		mm
Arıklı	6	32	62	24	1.36	7.6	1500
Arpacı	9	38	53	22	1.46	7.7	1100
Baharlı	78	10	12	25	1.33	7.9	1500
Çanakçı	25	47	28	22	1.47	7.5	1500
Gemisure	3	23	74	24	1.39	7.6	1200
Helvacı	10	22	68	20	1.53	7.3	1200
İncirlik	61	25	14	21	1.52	7.6	1500
İnnaplı	23	23	54	22	1.44	7.3	1400
Misis	23	21	56	20	1.54	7.4	1400
Mürsel	22	53	25	26	1.32	7.5	1400
Yenice	14	31	55	20	1.55	7.7	1280

Çizelge 3.2. Çalışma alanındaki toprak serilerinin alansal dağılımı

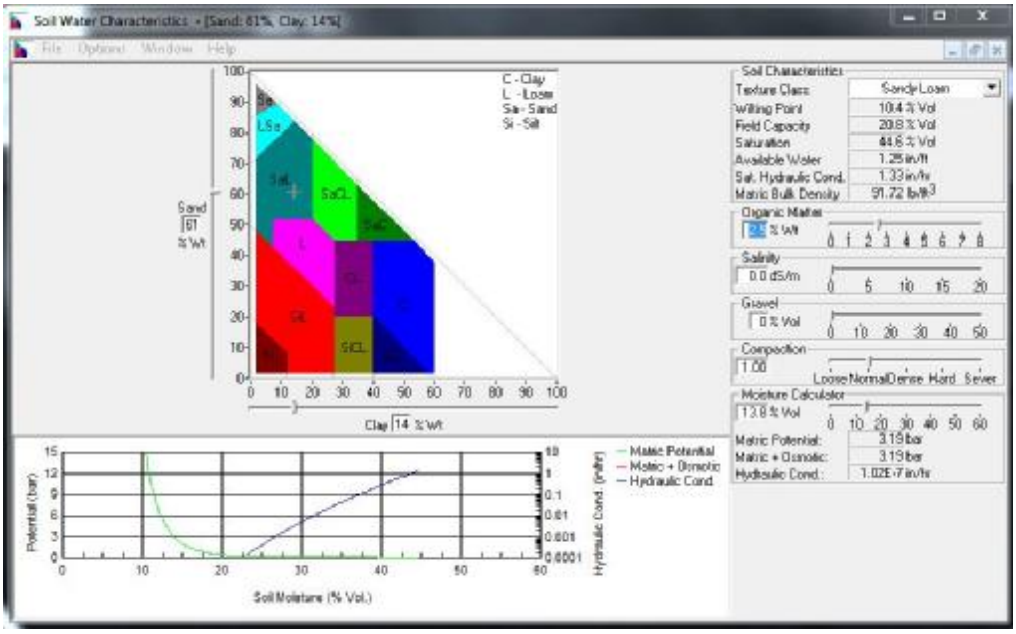
Seri Adı	Toplam Alan (ha)	Alan Oranı (%)
Arıklı	3236.03	33.94
Arpacı	372.88	3.91
Baharlı	31.58	0.33
Çanakçı	679.22	7.12
Gemisure	600.67	6.30
Helvacı	75.31	0.79
İncirlik	2761.06	28.96
İnnaplı	34.18	0.36
Misis	288.67	3.03
Mürsel	80.07	0.84
Yenice	1373.74	14.41
Toplam	9533.41	100.00



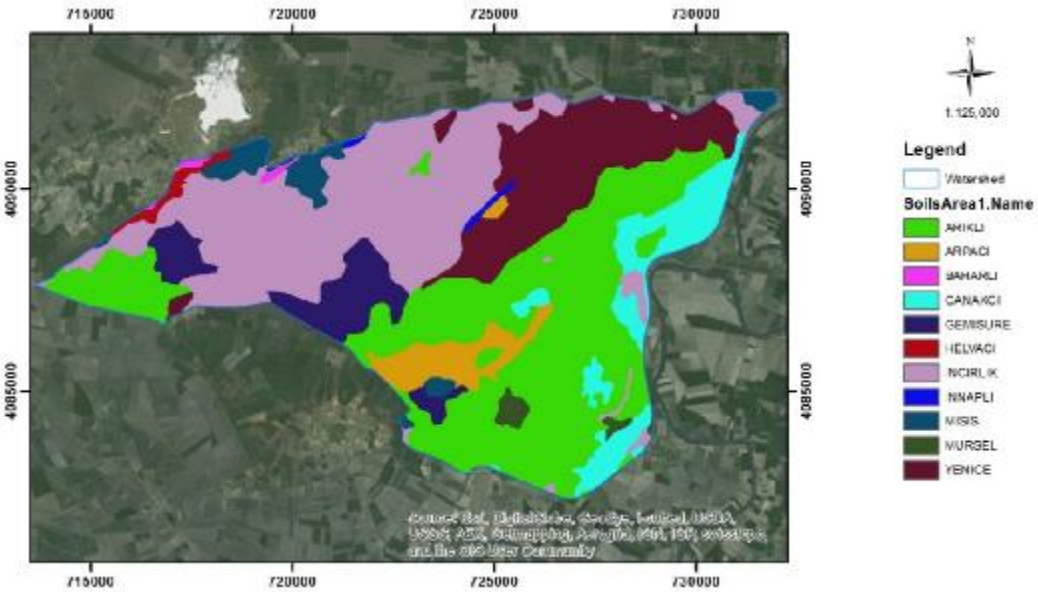
Şekil 3.2. ArcSWAT toprak veritabanı

ArcSWAT programının girdi verilerinden olan toprak ile ilgili değerler programa ayrı ayrı tanımlanmıştır (Şekil 3.2). Toprak serileri ile igili parametreler

Dinç ve ark. (1990) ile Şatır (2013) (Şekil 3.4) çalışmalarından alınmış olup eksik parametre değerleri USDA Agricultural Research Service tarafından geliştirilen Soil Water Characteristics (Toprak Su özellikleri) (Ver. 6.02.74) programı ile hesaplanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Toprak su özellikleri (Soil water characteristics) programı arayüzü



Şekil 3.4. Çalışma alanı toprak serileri haritası (Dinç ve ark., 1990)

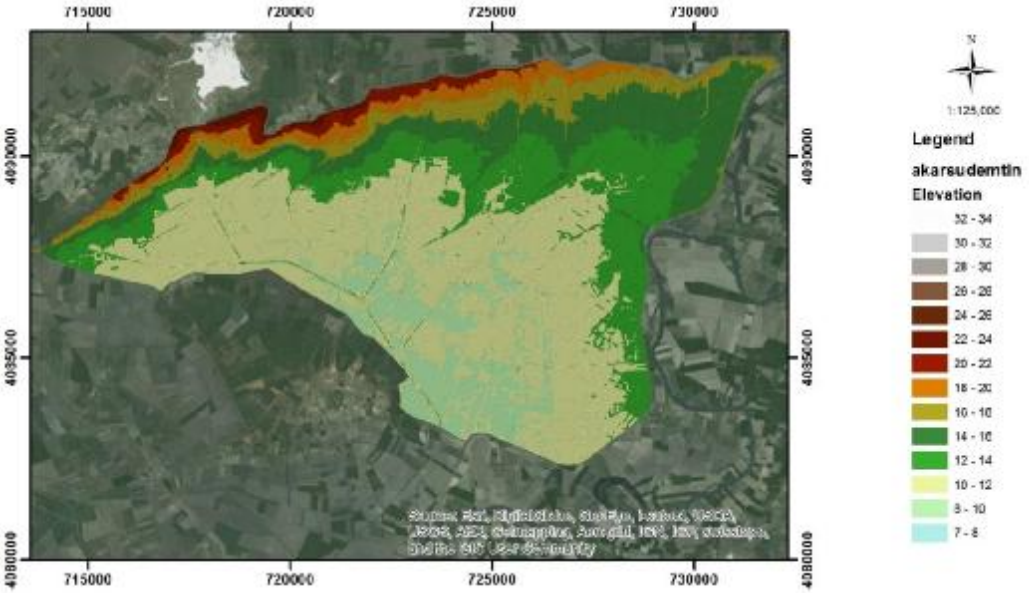
3.1.2. Sayısal Arazi Modeli

Model girdi verilerinin en önemlilerinden biri olan sayısal arazi modeli (SAM) çalışma sahasında fotogrametrik yöntem ile üretilmiş olan halihazır haritalar kullanılarak oluşturulmuştur.

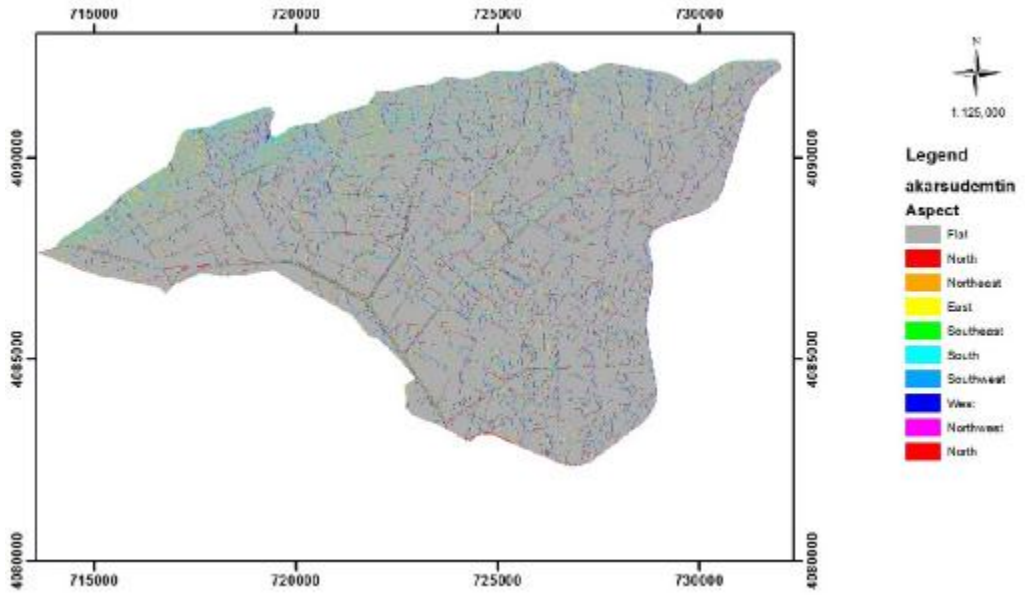
Halihazır harita kullanılarak Autocad Civil 3D programında 2m, 5m, 10m ve 30m çözünürlükte SAM oluşturulmuştur.

Modelin sorunsuz çalışabilmesi ve daha doğru havza ve akış hesaplayabilmesi için 10 m yersel çözünürlükte SAM kullanılmıştır (Şekil 3.5).

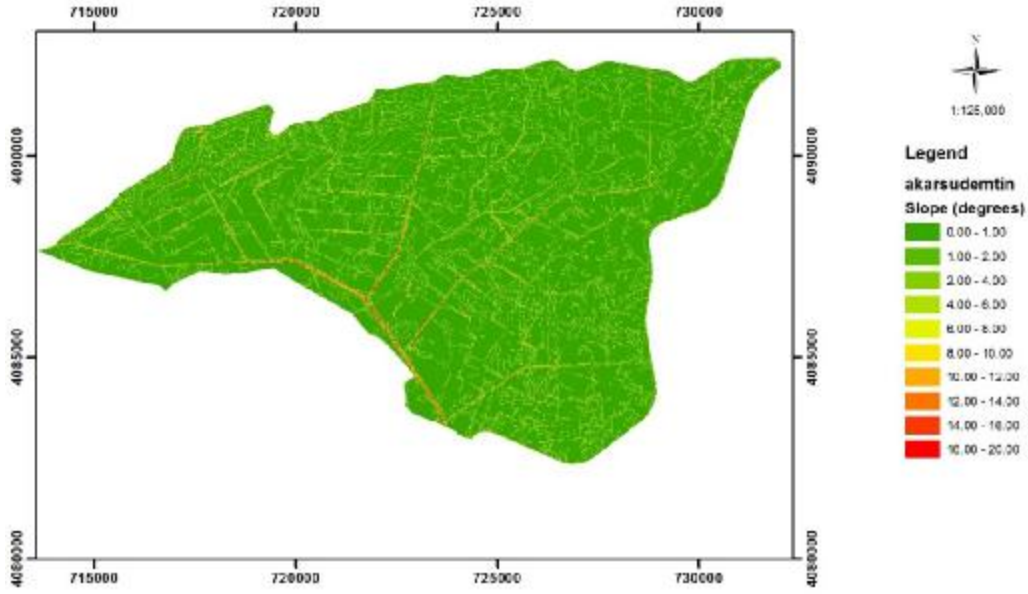
Ghaffari (2011), SWAT kullanarak 4 364 km2 lik havzada yapılan bir çalışmada 13 ayrı yersel hassasiyette SAM kullanmış (10-500 m aralığında), sediment ve akış için 50 m'nin altındaki yersel çözünürlüğün yeterli olduğunu belirtilmiştir.



Şekil 3.5. Çalışma alanı sayısal arazi modeli haritası



Şekil 3.6. Çalışma alanı bakı haritası

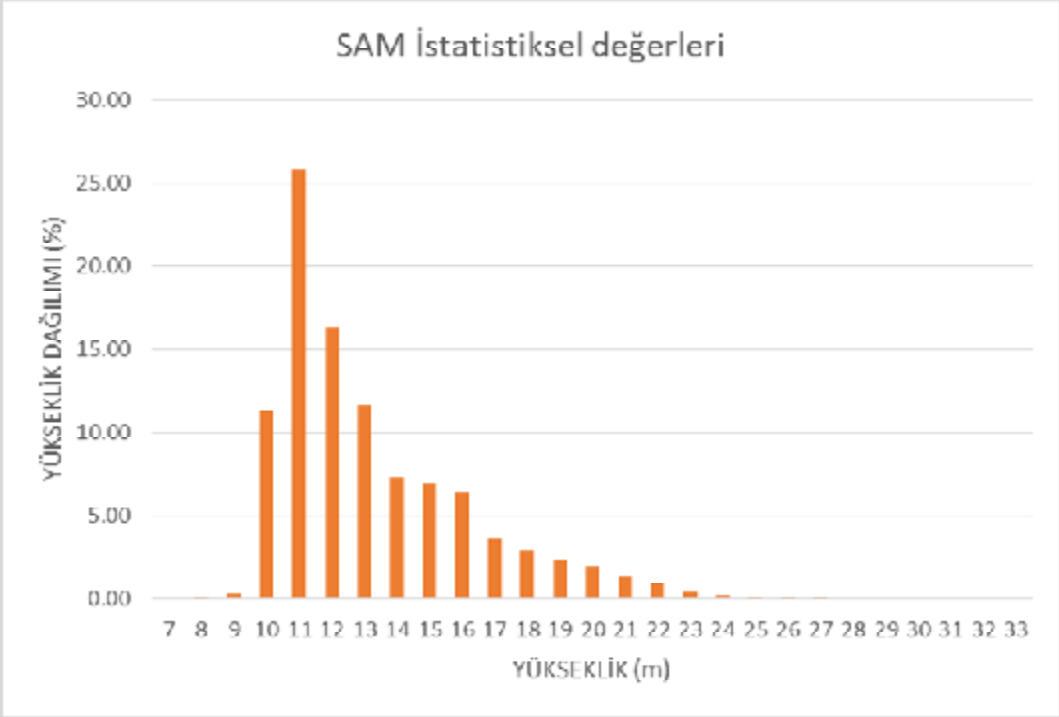


Şekil 3.7. Çalışma alanı eğim haritası

Çalışma sahasına ait sayısal arazi modeli (SAM) kullanılarak ArcMap programında bakı ve eğim haritası da üretilmiştir (Şekil 3.6, Şekil 3.7). Şekil 3.7'de görüldüğü üzere çalışma sahası düşük eğim grubunda bulunmaktadır.

Çizelge 3.3. Çalışma alanının sayısal arazi modeli istatistik değerleri

İstatistiksel Değerler (m)	
Min. Yükseklik:	7.873
Max. Yükseklik:	33.688
Ort. Yükseklik:	13.214
Std. Sapma:	2.976



Şekil 3.8. Çalışma alanının sayısal arazi modeli yükseklik dağılım grafiği

3.1.3. Drenaj Ağı

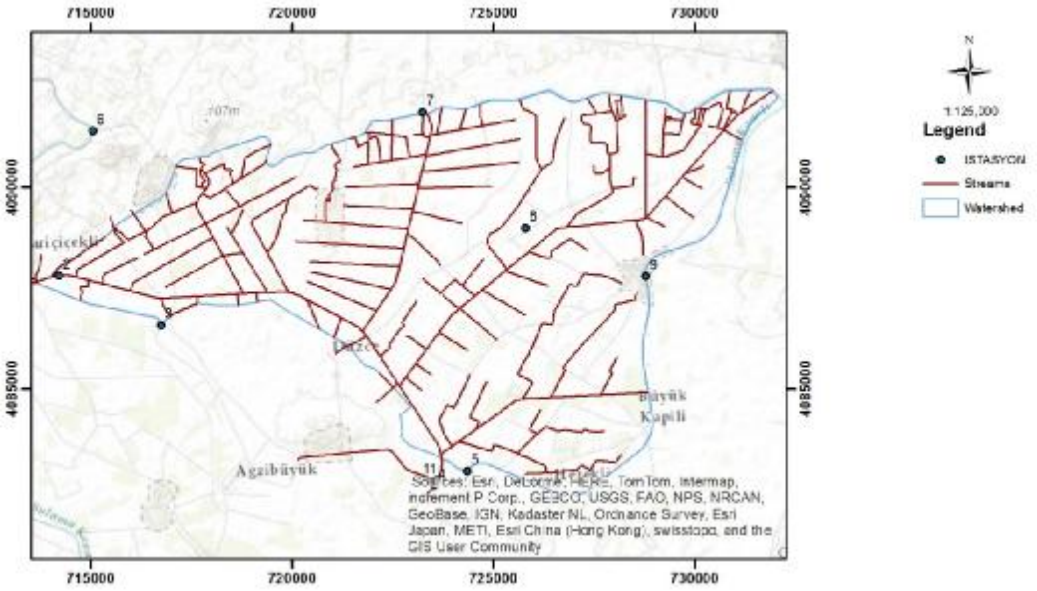
Çalışma alanı 7.873–33.688 m kotları arasında, ortalama kotu 13.214 m olan bir arazidir. Arazinin bu düz yapısı, ArcSWAT programının ilk ve en önemli girdi verilerinden olan drenaj ağı ve su havzası sınırının belirlenmesini güçleştirmektedir.

SAM modelleri oluşturulurken en hassas olarak oluşturulan 2 m yersel çözünürlükteki sayısal arazi modelinin kullanılması durumunda dahi drenaj ağı ve su havzası sınırı doğru olarak tespit edilememiştir.

Bundan dolayı drenaj ağı ve su havzası sınırı ArcSWAT programına manual olarak girilmiştir (Şekil 3.9).

Devlet Su İşlerine ait 1/5000 ölçekli işletme paftaları, çalışma alanına ait 1/5000 ölçekli Ortofoto haritalar ile Harita Genel Komutanlığına ait 1/25000 ölçekli paftaların aynı anda incelenmesi ile drenaj ağı ve su havzası sınırı üretilmiştir.

Burada su havzası sınırı aynı zamanda çalışma sahası sınırıdır.



Şekil 3.9. Çalışma alanı sınırı, drenaj ağı ve istasyon yerleri

3.1.4. Meteorolojik Veriler

Programın girdi verilerinde olan; günlük bazda kaydedilmiş olan yağış, sıcaklık (minimum ve maksimum), rüzgar hızı, net radyasyon ve oransal nem değerleri çalışma alanı içerisine tesis edilen meteoroloji istasyonundan alınmıştır.

Bu değerlerin ArcSWAT programı formata getirilmesi için öncelikle WGEN programı yardımıyla aşağıdaki çizelgede verilen istatistiksel değerler bulunmuştur. Bu değerler 2009 ve 2010 yılı hidrolojik yılı dahilinde günlük bazda ölçülen değerler ile üretilmiştir (Çizelge 3.4, Çizelge 3.5).

Bu değerler ArcSWAT programında istenilen herhangi bir zamanda simülasyon çalışması yapabilmek için geçerli olmasına rağmen istenilen günlük

bazda simülasyon için bu değerlere artı olarak günlük değerlerde ayrıca programa uygun formatta girilmelidir.

Çizelge 3.4. Meteorolojik verilerin istatistiksel değerleri

Parm./Ay	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***	***10***	***11***	***12***
TMPMX	14.89	16.33	19.51	24.89	28.36	32.97	33.77	36.41	33.26	30.12	22.31	17.17
TMPMN	5.31	6.54	7.81	9.95	14.11	18.53	21.95	22.62	19.85	14.88	9.58	5.37
TMPSTDMX	3.68	3.57	3.43	3.41	4.23	2.92	1.69	2.11	2.57	3.88	3.47	3.36
TMPSTDMN	3.89	3.58	3.73	2.72	1.92	2.32	1.82	2.05	2.81	2.09	3.37	3.78
PCPMM	142.90	107.10	85.50	52.50	49.40	2.00	8.10	1.10	48.70	33.90	126.00	67.00
PCPSTD	11.16	7.83	9.83	4.48	7.88	0.33	1.35	0.25	8.45	3.39	11.81	5.05
PCPSKW	3.74	2.52	4.83	3.08	5.45	5.26	6.83	7.76	5.71	3.44	3.69	3.34
PR_W1	0.24	0.28	0.16	0.15	0.04	0.05	0.07	0.05	0.06	0.18	0.13	0.24
PR_W2	0.71	0.63	0.59	0.64	0.43	0.00	0.20	0.00	0.43	0.27	0.50	0.52
PCPD	14.00	12.00	8.50	7.00	3.50	1.50	2.50	1.00	3.50	5.50	7.00	10.50
RAINHHMX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SOLARAV	1.20	2.66	5.66	8.26	10.16	10.57	11.07	9.46	7.40	4.51	2.13	0.86
DEWPT	0.75	0.80	0.75	0.72	0.69	0.68	0.73	0.68	0.68	0.64	0.73	0.74
WNDAV	0.99	0.78	0.90	0.85	0.98	1.00	0.96	0.77	0.70	0.59	0.52	0.65

Çizelge 3.5. Meteoroloji verilerin istatistiksel değerlerin açıklamaları

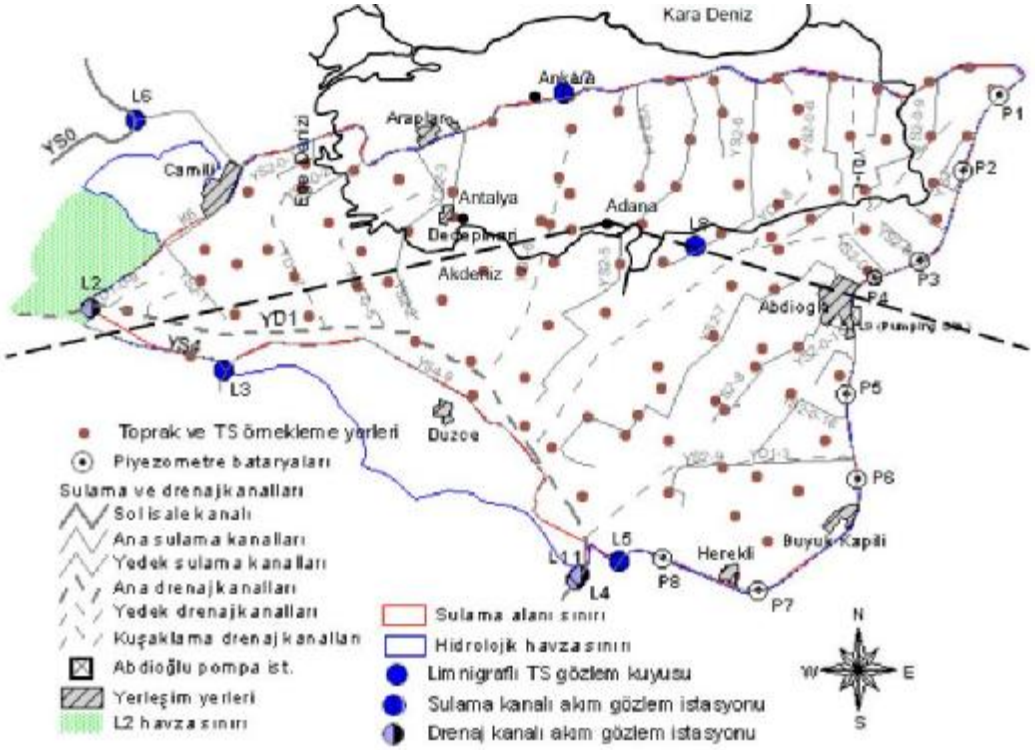
ArcSwat Kodu	***Açıklaması***
TMPMX	Aylık maksimum sıcaklık ortalamaları (ºC)
TMPMN	Aylık minimum sıcaklık ortalamaları (ºC)
TMPSTDMX	Aylık maksimum sıcaklıkların standart sapması (ºC)
TMPSTDMN	Aylık minimum sıcaklıkların standart sapması (ºC)
PCPMM	Aylık yağışların ortalaması (mm)
PCPSTD	Ay içinde günlük 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
RAINHHMX	Ay içinde maksimum 0.5 saatlik yağış (Kayıt periyodunun tamamı için) (mm)
SOLARAV	Ay içinde günlük solar radyasyonun ortalaması (MJ/m2/day)
DEWPT	Aylık ortalama çiğ noktası (ºC) veya Aylık oransal nem miktarı
WNDAV	Aylık ortalama rüzgar hızı (m/s)

3.1.5. Akım Gözlem ve Nitrat verileri

Çalışma alanının hidrolojik yönden tam anlamıyla anlaşılabilmesi için, yağışlar da dahil olmak üzere, tüm iklim elemanlarının meteoroloji istasyonu yardımıyla gözlenmesi; sahaya giren ve çıkan sulama suyu miktarlarının; drenaj sistemine drenaj kanalları ile giren ve çıkan akımların akım gözlem istasyonları yardımıyla ölçülmesi gerekmektedir.

Hidrolojik su bütçesinin hesaplanabilmesi için araştırma alanında Çetin ve ark. (2012) tarafından yürütülen "Yarı Kurak İklimli Akdeniz Bölgesi Tarım Alanlarında Tuzluluk Etkisini Azaltmak İçin Sulama Randımanlarının Analiz ve Optimizasyonu (Medsalin)" isimli TÜBİTAK-Almanya (Proje No: 108O582) ikili işbirliği projesi kapsmındaki mevcut ölçü tesisleri verileri kullanılmıştır.

Araştırma alanına sulama ve drenaj kanalları ile giren (sulamadan girenler: L3, L6, L7, L9; drenajdan girenler: L2, L11) ve çıkan (sulamadan çıkan: L5; drenajdan çıkan: L4) su miktarlarının ölçülmesi için sulama kanalları üzerinde beş adet (L3, L6, L7, L9, L5), drenaj kanalları üzerinde üç adet (L2, L4, L11) akım gözlem istasyonu (AGİ) bulunmaktadır. Medsalin projesi kapsamında drenaj, sulama ve yağış sularında nitrat analizleri yapılarak, konsantrasyon değerleri (mg/l) kaydedilmiştir. Benzer olarak, analizler sonucu elde edilen nitrat konsantrasyonları AGİ' lerdeki debi değerleri kullanılarak nitrat yükleri (kg NO_3) hesaplanmıştır (Çetin ve ark., 2012) (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Çalışma alanının Türkiye'deki konumu, sulama-drenaj şebekesi ve taban suyu (TS) gözlem kuyuları dağılımı ((Medsalin) TÜBİTAK Proje No: 108O582) (Çetin ve ark., 2012)

3.1.6. Arazi Örtüsü ve Arazi kullanımı Verileri

Proje alanındaki arazi kullanım türlerinin belirlenmesinde temel veri olarak CHRIS PROBA hiperspektral uydu verisi kullanılmıştır. Bununla birlikte, ürün deseninin belirlenmesi için yapılan arazi çalışmalarıyla elde edilen "yer gözlemleri" ve "GPS verileri" ürün deseninin haritalanmasında ve genel doğruluklarının belirlenmesinde kullanılmıştır.

Akarsu sulama havzasındaki yazlık ve kışlık ürün desenlerinin belirlenmesinde, ESA (European Space Agency) tarafından geliştirilen CHRIS algılayıcısı kullanılmıştır. CHRIS-PROBA ile algılama, ESA tarafından 22 Eylül 2001 başlatılmıştır. Yüksek çözünürlüklü görüntü algılayıcısı CHRIS, PROBA platformu üzerine monte edilmiş bir sistemdir. CHRIS, çapraz ve düz tarama yapabilen bir uydu algılayıcısıdır. Aynı zamanda, tek bir geçişte 5 farklı açıdan görüntü alabilmektedir (Barnsley ve ark., 2004). Bu 5 görüntü arasındaki zaman

farklılığı yaklaşık 3 dakikadır. 400nm ve 1050nm arasında (görünür ve kızıl ötesi) 1.25-11nm hassasiyetle farklı modlarda ölçüm yapabilmektedir. Yine, ölçüm modlarına göre 18 - 62 adet elektromanyetik yansıma bandı kaydedebilir ve bu bantların yersel çözünürlüğü 17-34 m arasında değişmektedir. Tarama genişliği 13x13 km'dir (Soil Salinity Detection in a Mediterranean Agricultural Land Using Hyperspectral Remote Sensing: Application of PROBA CHRIS. Supported by European Space Agency (ESA) Project No: 5112, (2008-2011) (Berberoğlu, 2011).

Bu çalışmada Mod 3 olarak adlandırılan kara modu tercih edilmiştir. Bu veri seti, görünür ve kızılötesi olarak 18 farklı yersel yansıma aralığını kaydedebilme özelliğine sahiptir. Bu sayede, özellikle vejetasyon yapısıyla ve tarımsal ürünlerin sağlık durumlarıyla ilgili detaylı veri sağlamaktadır (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. CHRIS kara modu algılayıcıları (ESA, 2012), (Şatır, 2013)

Band	Min A nm	Max A nm	Mid A nm	Width nm
B1	438	447	442	9
B2	486	495	490	9
B3	526	534	530	9
B4	546	556	551	10
B5	566	573	570	8
B6	627	636	631	9
B7	656	666	661	11
B8	666	677	672	11
B9	694	700	697	6
B10	700	706	703	6
B11	706	712	709	6
B12	738	745	742	7
B13	745	752	748	7
B14	773	788	781	15
B15	863	881	872	18
B16	891	900	895	10
B17	900	910	905	10
B18	1002	1035	1019	33

CHRIS verisi, 13X13km1ik bir alanı içerdiğinden dolayı, tüm çalışma alanının tamamını kapsamamaktadır. Bu nedenle, küçük bir alanın arazi örtüsünün değerlendirilmesinde Landsat ETM verisi kullanılmıştır.

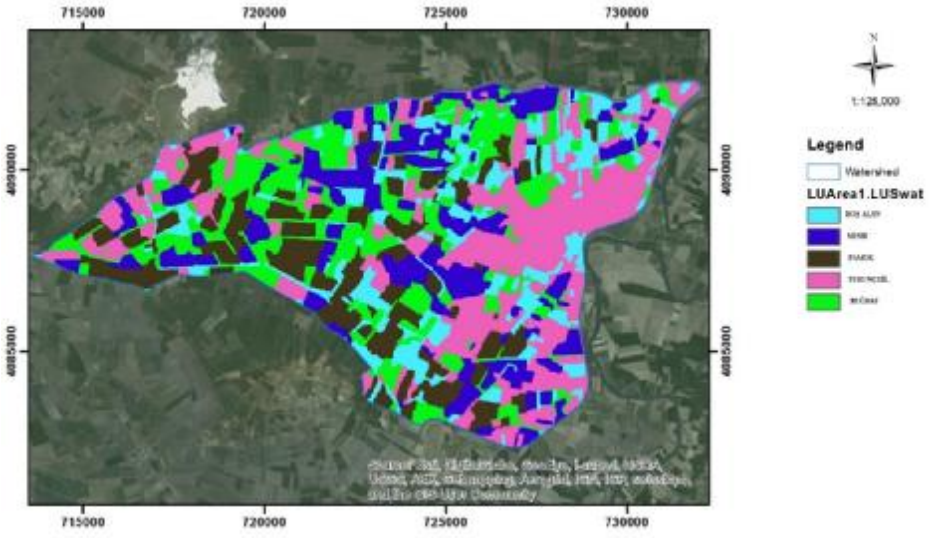
Ürün paterni ile ilgili güncel arazi örtüsü verileri, çalışma süresince her 2 ayda bir toplanmıştır. Bu kapsamda, her alan kullanımı ve ürün paternine ait veri toplanmasına özen gösterilmiştir. Bu veriler, uydu verilerinin sınıflanmasında ve Bitki/ürün desenini belirlenmesi 4 temel aşamada tamamlanmıştır (Şatır ve ark., 2010);

a)Arazi çalışmaları,

b)CHRIS ve Landsat verilerinin ön işlemleri,

c)Patern verisinin oluşturulması,

d)MO algoritmasıyla obje tabanlı sınıflama.



Şekil 3.11. Çalışma alanı arazi kullanım haritası

Çizelge 3.7. Çalışma alanının arazi kullanım istatistik değerleri

Arazi Kullanımı	SWAT Kodu	Alan (ha)	Alan Yuzdesi (%)
Pamuk	COTS	1706.86	17.90
Mısır	CORN	1722.19	18.06
Buğday	WWHT	2015.54	21.14
Boş Alan	BARE	1401.66	14.70
Turunçgil	ORAN	2687.16	28.19
TOPLAM		9533.41	100.00

2009, 2010 ve 2011 yılları içinde yazlık ve kışlık olmak üzere 6 adet arazi kulanım haritası üretilmiştir.

ArcSWAT programında arazi kullanım verisi tanımlanırken bir adet harita kabul edilmektedir. Uzun yıllar arazi kullanımın değişmesi yeni haritalar olarak değil, var olan baz haritadaki bitkilerin program içindeki yönetimsel parametrelerde rotasyonu tanımlanarak kullanılmalıdır (Şekil 3.11), (Çizelge 3.7).

3.1.7. Bitki Yönetimi Verisi

Yönetimsel veriler olan bitki ekim tarihleri, gübreleme zamanı, gübre miktarı ve cinsi, sulama miktarı ve zamanı, arazi sürüm zamanı ve yöntemi, hasat zamanları istatistiksel yıllıklardan ve çiftçiler ile yapılan görüşmelerden elde edilmiştir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. Çalışma da kullanılan yönetimsel verileri ((Medsalin) TÜBİTAK Proje No: 108O582) (Çetin ve ark., 2012)

Tarih	Uygulama	Tarih	Uygulama	Tarih	Uygulama	Tarih	Uygulama
	BUĞDAY		PAMUK		MISIR		TURUNÇGİL
10-Nov	EKİM	1-Apr	EKİM	15-Apr	EKİM	1-Jan	EKİM
11-Nov	65 KG (20.20.0)	2-Apr	116 KG (20.20.0)	16-Apr	170 KG (20.20.0)	Sürekli	180 KG (ÜRE)
20-Feb	65 KG (ÜRE)	15-Jun	116 KG (ÜRE)	10-Jun	170 KG (ÜRE)	25-Sep	HASAT
1-Apr	65 KG (ÜRE)	25-Sep	HASAT	31-Aug	HASAT		
25-May	HASAT						
15-Jun	MISIR						
16-Jun	162.5 KG (20.20.0)						
20-Aug	162.5 KG (ÜRE)						
25-Sep	HASAT						

3.2. Metod

3.2.1. Hidrolojik Modeller

Havza ölçekli modellerden SWAT (Soil Water Assessment Tool), HSPF (Hydrological Simulation Program-FORTRAN) ve GWLF (Generalized Watershed Loading Function) değerlendirilmiştir (Echegaray, 2009).

SWAT ve HSPF modelleri, havzalardaki akışın ve kirleticilerin taşınımının simülasyonunda uzun vadeli, sürekli simülasyon ve havza ölçekli olarak kullanılmaktadır (Bicknell ve ark., 1997; Neitsch ve ark., 2012).

Son yıllarda, bu modellerin performansları, modellerin modifikasyonu ve diğer modellerle bağlantıları ayrıntılı olarak araştırılmıştır (Spruill ve ark., 2000; Afinowicz ve ark., 2005; Benham ve ark., 2006; Tzoraki and Nikolaidis, 2007; Baffaut and Benson, 2008).

GWLF (Generalized Watershed Loading Function) modeli, arazi kullanım uygulamalarının etkisini değerlendirmek için karma arazi kullanılan havzalarda uzun vadeli sediment ve besin simülasyonunda kullanılmıştır (Haith, 2008).

MODFLOW gibi Yeraltı modelleri, ABD' de yaygın olarak yeraltı suyu akışını simule etmek için kullanılmıştır (Sasowsky and Wicks., 2000). MODFLOW karstik ortamlarda kullanım için değiştirilerek başarı ile adapte edilmiştir. Havza modellerinin akış ve sızma süreçlerinin simülasyonlarının arasında farklılıklar Çizelge 3.9' da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. Modellerdeki hidrolojik bileşenlerin karşılaştırılması (Echegaray, 2009)

Hidrolojik İşlemleri	**HSPF**	**MODFLOW**	**SWAT**	**GWLF**
Akış (Runoff)	+		+	+
Süzülme (Infiltration)	+		+	+
Derine Süzülme (Percolation)	+		+	+
Düşey Akış/ Yüzeyaltı Akış (Interflow/ lateral flow)	+		+	
Yeraltı Suyu (Groundwater)	+	+	+	+
Serbest Akifer/Sınırlanmış Akifer (Unconfined aquifer/ Confined aquifer)	+	+	+	+
Nehirde suyun yönlendirilmesi (Water routing in stream)	+	+	+	+
Kanal iletim kayıpları (Akışın azalması) (Channel transmission losses (sinking streams))			+	
Açık kuyular (Sinkholes)				
Kaynaklar (Springs)		+		

Modellerin azot dönüşümleri, nitrat taşıma ve onların uygunluğunu belirlemek için değerlendirilmiştir. Azot dönüşümleri ve nitrat taşıma bileşenleri Çizelge 3.10' da verilmiştir.

Sadece SWAT ve HSPF toprak profilinde azot dönüşümleri simüle edilmektedir. Değerlendirilen tüm modeller; topraktan dereye olan akış ve yeraltı suyu ile taşınan nitrat miktarını simüle etmektedir. Sadece SWAT ve HSPF yanal akış ve sızma ile olan nitrat yüklerini simüle eder. SWAT bu yeraltı suyu ile taşınan nitrat miktarını hesaplamak için bir yükleme işlevini kullanır iken HSPF bir fraksiyon parametresi kullanarak tüm hidrolojik bileşenleri ile taşınan nitrat miktarını hesaplar (Bicknell ve ark., 1997). SWAT bir üstel bozulma fonksiyonu kullanarak akiferdeki nitrat miktarını hesaplar ve sonra modeli akiferde bulunan nitrat miktarının bir fonksiyonu olarak yeraltı suyu ile taşınan nitrat miktarını hesaplar (Neitsch ve ark., 2012).

GWLF yükleme işlevlerini kullanarak yeraltı suyu nitrat yükünü hesaplamaktadır (Haith ve ark., 1992).

Çizelge 3.10. Modellerdeki azot dönüşümü ve nitrat taşınımının karşılaştırılması (Echegaray, 2009)

Nitrat İşlemleri	**HSPF**	**MODFLOW**	**SWAT**	**GWLF**
Sabitlenme ve Mineralleştirme (Immobilization and mineralization)	+		+	
Azotlanma (Nitrification)	+		+	
Azottan arınma (Denitrification)	+		+	
Bitki alımı (Plant uptake)	+		+	
Azotu Tespit (Nitrogen fixation)	+		+	
Akışta (NO_3^- in runoff)	+		+	+
Yüzeyaltı Akışta (NO_3^- in lateral flow)	+		+	
Derine Süzülmede (NO_3^- in percolation)	+		+	
Yeraltı suyunda (NO_3^- in groundwater)	+	+	+	+
Nehirde (NO_3^- in the stream)	+		+	+
Kanal iletim kayıplarında (NO_3^- in the channel transmission losses)				

3.2.2. SWAT Hidrolojik Modelleme Sistemi

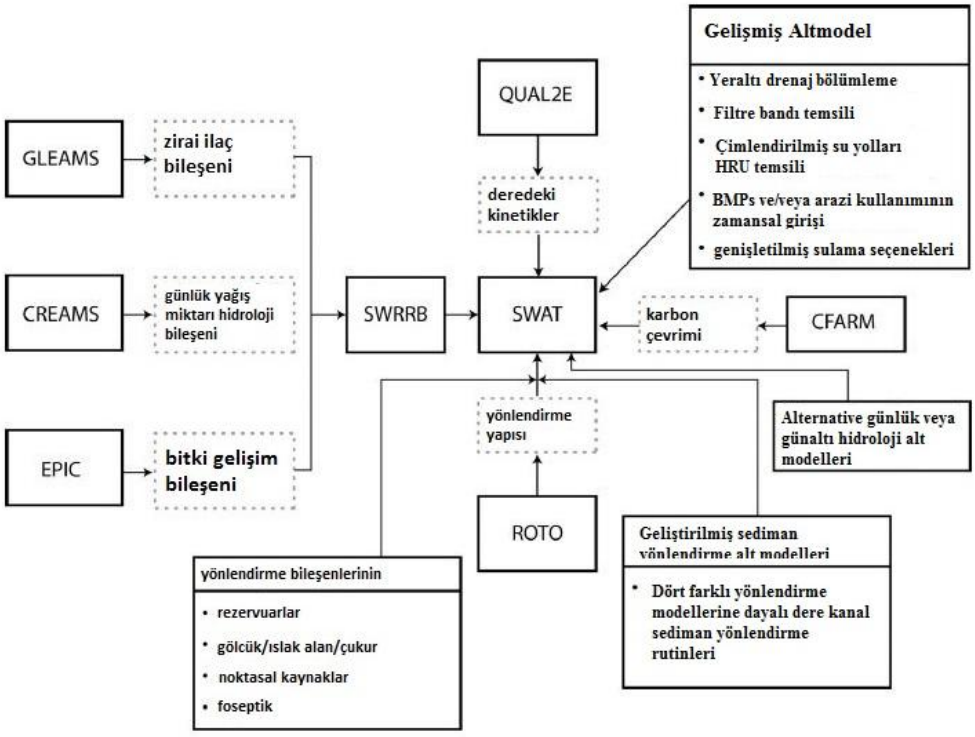
SWAT, ABD'de kırsal havzalarda noktasal olmayan kirlenmenin uzun dönemli etkilerini belirlemek ve su kaynaklarının gelişimi ve yönetimi, nehir ölçekli havzalarda temel hidrolojik işlemlerin anlaşılmasını sağlamak için geliştirilmiş bir havza modelidir (Arnold ve ark., 1998).

SWAT, ABD Tarım Bakanlığı (USDA) Tarımsal Araştırmalar Servisinin (ARS) 30 yılı aşkın bir süredir modelleme tecrübesi ile geliştirilmiştir (Gassman ve ark., 2007; Williams ve ark., 2008).

Mevcut SWAT modeli USDA-ARS yanı sıra diğer modelleri de içermektedir. USDA-ARS tarafından daha önceden geliştirilen, arazi ölçekli modeller olan GLEAMS, CREAMS ve EPIC modelleri de SWAT modelin içine eklenmiştir. Tarımsal yönetim sistemlerinin yeraltı suyuna etkisi GLEAMS (Groundwater Loading Effects of Agricultural Management System) modelinden (Leonard ve ark., 1987), tarımsal yönetim sistemlerinden kimyasal, akış ve erozyon CREAMS (Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems)

modelinden (Knisel, 1980) ve bitki gelişim bileşenleri EPIC (The Environmental Policy Integrated Model) modelinden (Williams ve ark., 2008; Wang ve ark., 2011) SWAT modele dahil edilmiştir.

ROTO (Routing Outputs to Outlet), QUAL2E (Enhanced Stream Water Quality Model), CFRAM (Catchment Flood Risk Assessment and Management) ve SWRRB (Simulator for Water Resources in Rural Basins) modelleri de programın içine dahil edilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. SWAT programının gelişim tarihçesinin şematik gösterimi (Gassman ve ark., 2007)

Su çevrimi; yeryüzünde, yeraltında ve atmosferde suyun mevcudiyetini ve hareketlerini tasvir eder (Şekil 3.13). Dünyadaki su daima hareket halindedir. Buz halden sıvı hale, sıvı halden buhar haline ve buhar halinden tekrar sıvı haline dönen suyun bu hareketi süreklilik arz eder. Su çevrimi milyonlarca yıldır devam etmekte olup hayatın mevcudiyeti buna dayanır (USGS, 2015).



Şekil 3.13. Su döngüsü (John M. Evans, Howard Perlman, U.S. Geological Survey, 2007)

SWAT bir havzayı yüzlerce ya da binlerce grid hücre veya alt havzaya bölmeye izin vermektedir. SWAT günlük olarak işleyen, uzun dönemli bir yönetimin ve bir yıl içerisinde çeşitli tarımsal uygulamaların (bitki münavebesi, ekim ve hasat tarihleri, sulama, gübreleme, tarımsal ilaç uygulamaları ve zamanlama) etkilerine bakabilmeyi sağlayan, devamlı bir modeldir (Arnold ve ark., 1998).

Hidroloji modeli su bütçesi eşitliğine dayalıdır (Denklem 3.1).

$$SW_t = SW + \sum_{i=1}^{t} (R_i - Q_i - ET_i - P_i - QR_i) \qquad (3.1)$$

Eşitlikte :

SW :Toprak su içeriği, mm
t :Zaman, gün
R :Yağış, mm
Q :Akım, mm
ET :Evapotranspirasyon, mm
P :Sızma, mm
QR :Dönüş suyu, mm

Model devamlı bir su dengesini sürdürdüğünden, karmaşık havzalar çeşitli bitkiler, toprak, vb. için evapotranspirasyondaki farklılıkları yansıtması alt havzalara bölerek gerçekleştirmektedir. Bu yüzden, akım her bir alt havza için ayrı ayrı tahmin edilir ve havzanın toplam akımını elde etmek için toplanır. Bu hassasiyeti artırır ve su dengesinin daha iyi bir fiziksel tarifini verir (Şekil 3.14).

Modelde potansiyel evapotranspirasyonu hesaplamak için dört seçenek mevcuttur. En popüler üç yöntem olan Hargreaves, Priestley-Taylor ve Penman/Monteith ile kullanıcı tarafından girilmesini sağlayan bir yöntemde mevcuttur.

Hesaplamalarda en çok veri setine ihtiyaç duyan Penman/Monteith yöntemi girdi olarak solar radyasyon, hava sıcaklığı, rüzgâr hızı ve oransal nemi kullanır. Çalışmada Penman/Monteith yöntemi kullanılmıştır.

Yüzey akış, yüzeyaltı akış ve sızma olaylarında içerilen NO_3 (nitrat) azotunun miktarı su hacmi ve ortalama nitrat konsantrasyonunun ürünü olarak tahmin edilir. Daha aşağıdaki katmanlardaki yıkanma ve yüzeyaltı akış için (yüzey akış haricinde) üst katmanlarda kullanılan aynı yaklaşımla işlemden geçirilir (Karaş, 2005).

Drenaj ağında Nitrat taşınımı QUAL2E (Enhanced Stream Water Quality Model) modeli kullanılarak simule edilmiştir. QUAL2E, hem kararlı hal hem de su kalitesindeki gün boyunca olan değişikliklerin yarı dinamik simülasyonlarını, yapabilmektedir. Tüm dünyada kullanılan bir model haline gelmiş olan QUAL2E ayrıntılı ve çok yönlü bir su kalite modelidir. Kullanıcı tarafından seçilen

kombinasyonda 15 adet su kalitesi bileşeninin benzetimini yapabilmektedir.

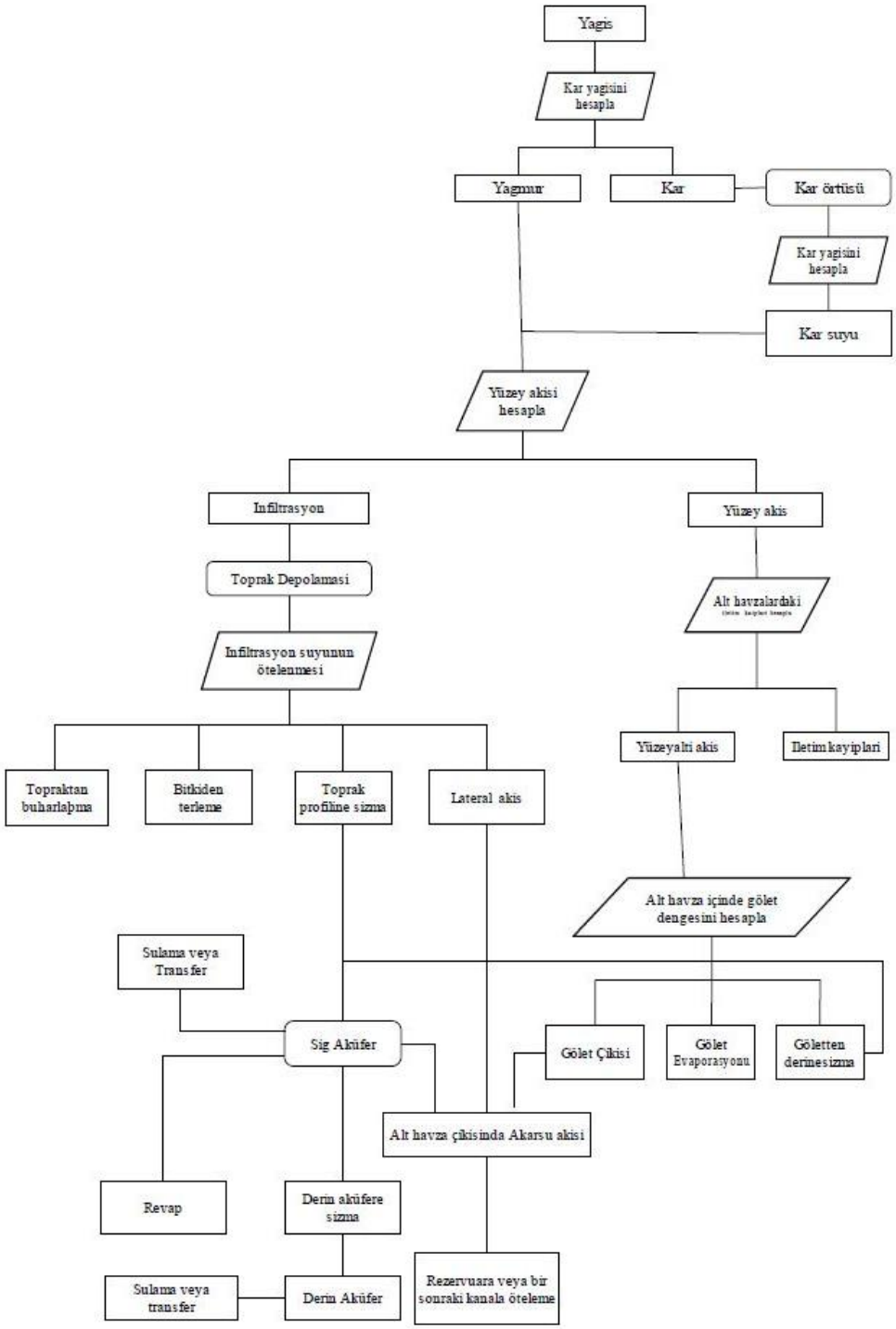
Model tek boyutlu olup iyi karışımlı akarsu ağlarında çok sayıda kirlilik yükü, çekim, yan kolların katkısı, ara havza akısı veya çekimleri gibi bileşenleri dikkate alabilmektedir. Model yapısı gereği hem sabit durum, hem de dinamik durum için çalıştırılabilmektedir. QUAL2E'nin dinamik model olarak kullanılması durumunda kullanıcı, meteorolojik verilerdeki günlük değişimlerin su kalitesine (özellikle çözünmüş oksijen ve sıcaklık) etkisini, ayrıca yosun büyümesi ve solunumu nedeniyle oluşan günlük çözünmüs oksijen değişimlerini inceleyebilmektedir (Brown ve ark., 1987).

QUAL2E yardımıyla kullanıcı tarafından belirlenen toplam 15 su kalitesi parametresinin simülasyonu gerçekleşebilir (Çizelge 3.11).

Bu parametreler ;

Çizelge 3.11. QUAL2E parametreleri

Parametre	**Açıklaması**
DO	Çözünmüş Oksijen
BOD	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
Temp	Sıcaklık
Chlorophyll a	Alg (Klorofil a)
Org-N	Organik Azot
NH_3-N	Amonyak Azotu
NO_2-N	Nitrit Azotu
NO_3-N	Nitrat Azotu
Org-P	Organik Fosfor
D-P	Çözünmüş Fosfor
Co	Koliformlar
Non-conservative	Kararlı Olmayan Bileşikler (1 Adet)
Conservative	Kararlı Bileşikler (3 Adet)

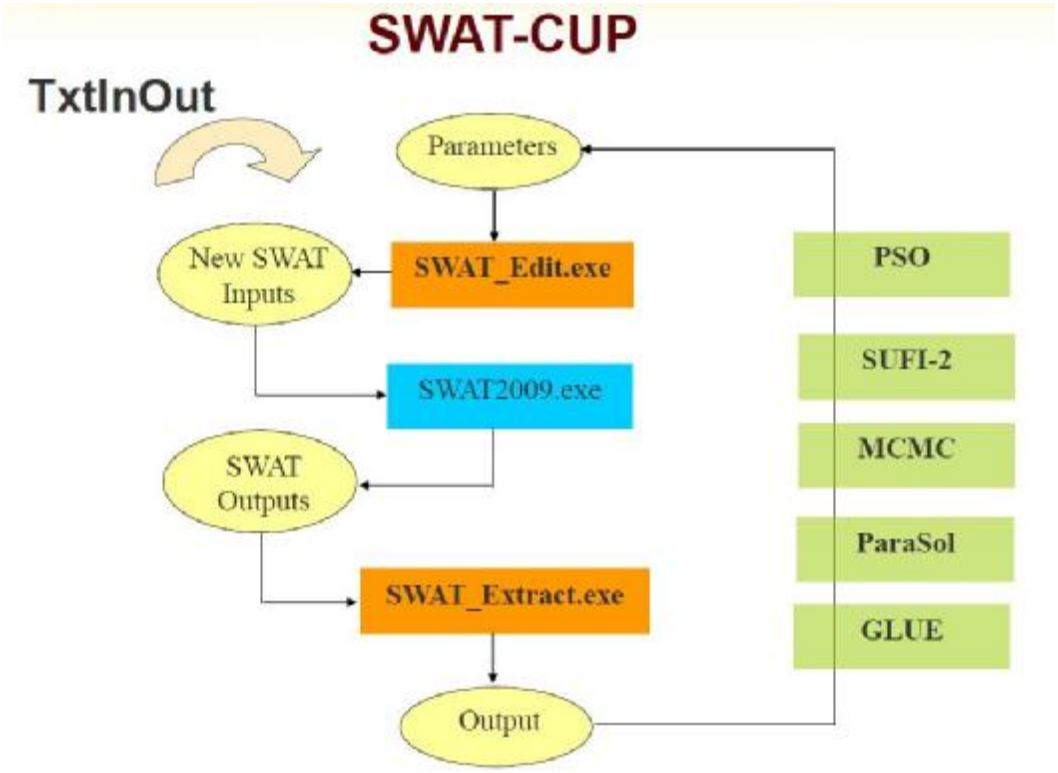


Şekil 3.14. SWAT modelinin bileşenleri ve algoritması (Karaş, 2005)

3.2.3. SWAT-CUP Programı ve SUFI-2 Algoritması

3.2.3.1. SWAT-CUP

SWAT-CUP programı (SWAT Calibration and Uncertainty Procedures) SWAT modellerinin kalibrasyonu için bağımsız bir yazılımdır. SWAT-CUP programı ücretsiz olarak kullanılan bir programdır (Şekil 3.15). Program SWAT modelleri için GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation), ParaSol (Parameter Solution), SUFI2 (Sequential Uncertainty Fitting) (Abbaspour ve ark., 2007) ve MCMC (Markov chain Monte Carlo) yöntemlerini kullanır. Bu yöntemler ile SWAT modelinin duyarlılık analizleri, kalibrasyon, doğrulama ve belirsizlik analizleri mümkündür. Şekil 3.15'ten görüldüğü gibi; programın arayüzü kullanıcı dostu olup tahmini belirsizlik aralıkları dahil olmak üzere kalibrasyon sonuçlarının grafiksel gösterimini sağlar (Abbaspour, 2014), (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. SWAT-CUP program akış şeması (Abbaspour, 2014).

Modellemede her zaman mümkün olduğu kadar az parametre ile kullanılması istenilmektedir. Fakat çalışma alanının sulanan tarım arazisi olması, su giriş ve çıkışının karmaşıklığı, bitkilere yönetiminin önemi daha çok parametreyi kullanmaya zorlamaktadır.

Çalışmanın amacı olan nitratın modellenmesinden dolayı hidrolojik modele ait parametrelere ek olarak nitrata ait parametrelerde kullanılmıştır. Ayrıca birçok modelde göz ardı edilen bitki yönetimsel parametreleri de ayrıca modele eklenmiştir.

3.2.3.2 SUFI-2

Ana değişkenlerdeki belirsizlik (örneğin yağış), kavramsal model, parametreler ve ölçülen veriler gibi belirsizliklerinin tüm kaynakları için parametre belirsizlik hesabı SUFI-2' de vardır.

P faktörü olarak ifade edilen bir ölçü ile tüm belirsizlikler %95 tahmin belirsizliği (95PPU) tarafından ölçülen verilerin yüzdesi parantez içine alınmıştır.

Tüm süreçler ve yağış, sıcaklık dağılımı gibi model girdileri model çıktılarında (bazı hata ile ölçülmüş) doğru olarak görünür iken ölçümler için hangi derecede olduğu hesaplanamaz ise tahmindeki bu belirsizlikten dolayı model hatalı olur.

Bu nedenle, tahmindeki belirsizlik için ortaya çıkan veri oranı (parantez içine alınmış) belirsizlik analiz gücünü değerlendirmek için iyi bir ölçüdür.

95PPU, çok kötü simülasyonlarının %5'ine izin vermeyen Latin hiperküp örnekleme yoluyla elde edilen bir çıkış değişkeninin birikimli dağılım seviyeleri olan %2.5 ve %97.5 te hesaplanmaktadır.

Belirsizliklerin tüm formları ölçülen değişkenlerde (örneğin deşarj) yansıtılır iken parametre belirsizlikleri tüm belirsizlikler için 95PPU işlemini üretmektedir.

Çeşitli bileşenlerine toplam belirsizliğini parçalayan güvenilir hiçbir yöntem henüz mevcut değildir (Abbaspour, 2014)

Modellemede su bütçesi için 20 adet parametre, nitrat modellenmesi için 12 adet parametre ve ayrıca bitkilere ait yönetimle ilgili olarak ta 8 adet parametre modelde hesaplanmıştır (Çizelge 3.12 ve Çizelge 3.13).

Çizelge 3.12. SWAT-CUP da hidrolojik kalibrasyon için kullanılan parametre seti

Parametre adı	**Parametrelerin Açıklamaları**	
GW_DELAY.gw	Groundwater delay (days)	Yeraltı suyu gecikmesi
ESCO.hru	Soil evaporation compensation factor	Topraktan buharlaşma kompanzasyon faktörü
TIMP.bsn	Snow pack temperature lag factor (-)	Kar örtüsünün sıcaklık gecikme faktörü
EPCO.hru	Plant uptake compensation factor (-)	Bitki alımı dengeleme faktörü
SURLAG.bsn	Surface runoff lag coefficient (-)	Yüzey akış gecikme katsayısı
USLE_K().sol	USLE equation soil erodibility (K) factor (-)	USLE denklemi toprak kili K faktörü
CH_COV2.rte	The channel cover factor (-)	Kanal örtüsü faktörü
CH_N2.rte	Manning's "n" value for the main channel	Ana kanal Manning “ n “değeri
CN2.mgt	Initial SCS runoff curve number for moisture condition II	SCS Akış eğri numarası
ALPHA_BF.gw	Base flow alpha factor (days)	Baz akım alfa Faktörü
GW_REVAP.gw	Groundwater "revap" coefficient	Yeraltısuyu revap katsayısı
REVAPMN.gw	Threshold depth of water in the shallow aquifer for revap or percolation to the deep aquifer to occur (mm H2O)	Sığ akiferden derin akifere süzülen veya sızan su eşik derinliği
RCHRG_DP.gw	Deep aquifer percolation fraction (-)	Derin akifer sızma fraksiyonu
CH_K2.rte	Effective hydraulic conductivity in main channel alluvium (mm/hr)	Ana kanalda etkili hidrolik iletkenlik
ALPHA_BNK.rte	Baseflow alpha factor for bank storage (days)	Depolama için Baz akım alfa faktörü
SLSUBBSN.hru	Average slope length (m)	Ortalama eğim uzunluğu
HRU_SLP.hru	Average slope steepness (m/m)	Ortalama yamaç eğimi
SOL_K().sol	Saturated hydraulic conductivity of first soil layer (mm/hr)	İlk tabakada doymuş hidrolik iletkenlik
SOL_BD().sol	Moist bulk density of first soil layer (Mg/m3)	İlk tabakada nemli kütle yoğunluğu
SOL_Z().sol	Depth from soil surface to bottom of layer (mm)	Tabakanın alt zemin yüzeyinden Derinlik
SOL_AWC().sol	Available water capacity of first soil layer (mm/mm)	İlk tabakada su tutma kapasitesi
GWQMN.gw	Threshold depth of water in the shallow aquifer for return flow to occur (mm H2O)	Sığ akiferde geri dönen akış için Su eşik derinliği

Çizelge 3.13. SWAT-CUP'da nitrat kalibrasyonu için kullanılan parametre seti

Parametre adı	**Parametrelerin Açıklamaları**	
CDN.bsn	Denitrification exponential rate coefficient (-)	Denitrifikasyon üstel oranı katsayısı
RCN.bsn	Concentration of nitrogen in rainfall (mg/l)	Yağıştaki azot konsantrasyonu
CMN.bsn	Rate factor for humus mineralization of active organic nutrients (-)	Aktif organik besinlerin Humus mineralizasyonu oranı faktörü
SDNCO.bsn	Denitrification threshold water content (-)	Denitrifikasyon eşiği su içeriği
NPERCO.bsn	Nitrate percolation coefficient (-)	Nitrat sızma katsayısı
RSDCO.bsn	Residue decomposition coefficient (-)	Kalıntı ayrışma katsayısı
SOL_ORGN().chm	Initial organic N concentration in the soil layer (mg N/kg soil, dry weight)	Toprak tabakası içinde ilk organik N konsantrasyonu
BC3.swq	Rate constant for hydrolysis of organic N to NH4 in the reach at 20°C (1/day)	20 ° C 'de kanalda organik N den NH4 hidroliz için sabit Oranı
AI1.wwq	Fraction of algal biomass that is nitrogen (-)	Nitrojen alg biyokütlesinin Fraksiyon
HLIFE_NGW.gw	Half-life of nitrate in the shallow aquifer (days)	Sığ akiferdeki nitrat yarı ömrü
BIOMIX.mgt	Biological mixing efficiency (-)	Biyolojik karıştırma verimliliği
SOL_NO3().chm	Initial NO3 concentration in the soil layer (mg N/kg soil, dry weight)	İlk Toprak tabakası içindeki NO3 konsantrasyonu

3.2.4. Model performans istatistikleri

Hidrolojik modelleme uygulamalarında, model doğruluğu gözlem ve simülasyon verileri arasındaki korelasyonu temel alan farklı performans istatistikleri ile ölçülmektedir. SWAT modelinde, modelin performansını değerlendiren birçok performans ölçütü kullanılmaktadır (Çizelge 3.14).

Bu parametrelerin en önemlileri;

a) Nash-Sutcliffe etkinlik istatistiği (NSE), (Nash ve ark., 1970)

b) Yüzde hata istatistiği (PBIAS),

c) Belirginlik katsayısı (R^2).

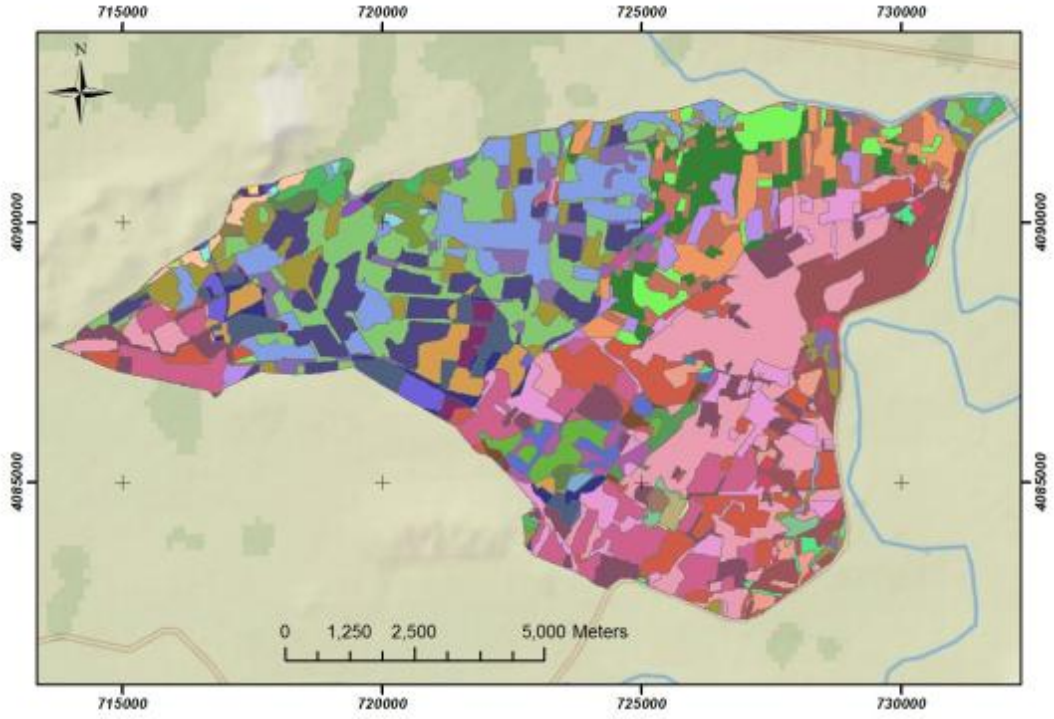
Çizelge 3.14. Model istatistikleri için genel performans değerlendirme (Moriasi ve ark., 2007)

Performans Ölçüsü	RMSE-observations standard deviation ratio (RSR)	Nash-Sutcliffe efficiency (NSE)	PBIAS (%)	
			Streamflow	N, P
Çok iyi	0.00 ≤RSR≤0.50	0.75 <NSE≤1.0	PBIAS < ±10	PBIAS < ±25
İyi	0.50 <RSR≤0.60	0.65 <NSE≤0.75	±10≤ PBIAS <±15	±25≤ PBIAS <±40
Yeterli	0.60 <RSR≤0.70	0.50 <NSE≤0.65	±15≤ PBIAS <±25	±40≤ PBIAS <±70
Yetersiz	RSR>0.70	NSE≤0.50	PBIAS ≥±25	PBIAS ≥±70

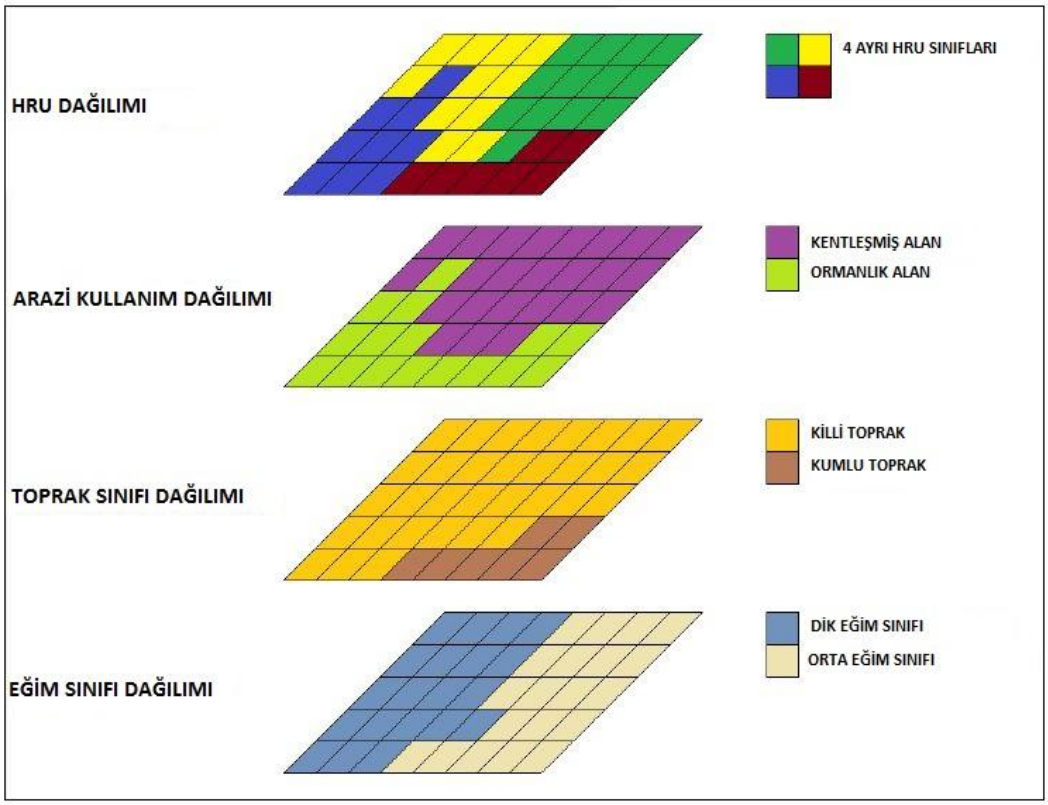
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. ArcSWAT model çıktıları

Hidrolojik Tepki Ünitesi (HRU, Hydrological Response Unit), çalışma alanının eğimi, arazi kullanımı ve toprak serisine göre üretilen birim hücredir. Her HRU tek bir eğim sınıfı, arazi kullanımı ve toprak serisini barındırır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Çalışma sahası HRU'lara ait harita



Şekil 4.2. SWAT programında HRU'ların oluşturulma şeması (Jejevo/Isabel B Project, 2014)

Yukarıdaki şekilde ArcSWAT porgramında hidrolojik tepki birimlerinin (HRUs) üretim yaklaşımı görülmektedir (Şekil 4.2). Aşağıdaki çizelgede çalışma alanında üretilen HRU' ların hangi bitki desenine, toprak serisine ve eğim sınıfına ait olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Çalışma alanı HRU'lara ait alanlar ve yüzdeleri

HRU Numarası	LU / SOIL / SLOPE	Alan (ha)	Yüzde (%)
1	COTS/ARIKLI/0-9999	620.96	6.51
2	COTS/ARPACI/0-9999	114.02	1.20
3	COTS/BAHARLI/0-9999	3.8	0.04
4	COTS/CANAKCI/0-9999	3.28	0.03
5	COTS/GEMISURE/0-9999	167.63	1.76
6	COTS/HELVACI/0-9999	7.12	0.07
7	COTS/INCIRLIK/0-9999	580.29	6.09
8	COTS/INNAPLI/0-9999	0.54	0.01
9	COTS/MISIS/0-9999	48.07	0.50
10	COTS/MURSEL/0-9999	4.65	0.05
11	COTS/YENICE/0-9999	156.51	1.64
12	CORN/ARIKLI/0-9999	600.18	6.30
13	CORN/ARPACI/0-9999	37.86	0.40
14	CORN/CANAKCI/0-9999	90.84	0.95
15	CORN/GEMISURE/0-9999	65.82	0.69
16	CORN/HELVACI/0-9999	2.91	0.03
17	CORN/INCIRLIK/0-9999	672.05	7.05
18	CORN/INNAPLI/0-9999	2.61	0.03
19	CORN/MISIS/0-9999	12.28	0.13
20	CORN/MURSEL/0-9999	24.43	0.26
21	CORN/YENICE/0-9999	213.21	2.24
22	WWHT/ARIKLI/0-9999	428.87	4.50
23	WWHT/ARPACI/0-9999	81.47	0.85
24	WWHT/BAHARLI/0-9999	9.49	0.10
25	WWHT/CANAKCI/0-9999	40.33	0.42
26	WWHT/GEMISURE/0-9999	196.91	2.07
27	WWHT/HELVACI/0-9999	0.97	0.01
28	WWHT/INCIRLIK/0-9999	794.51	8.33

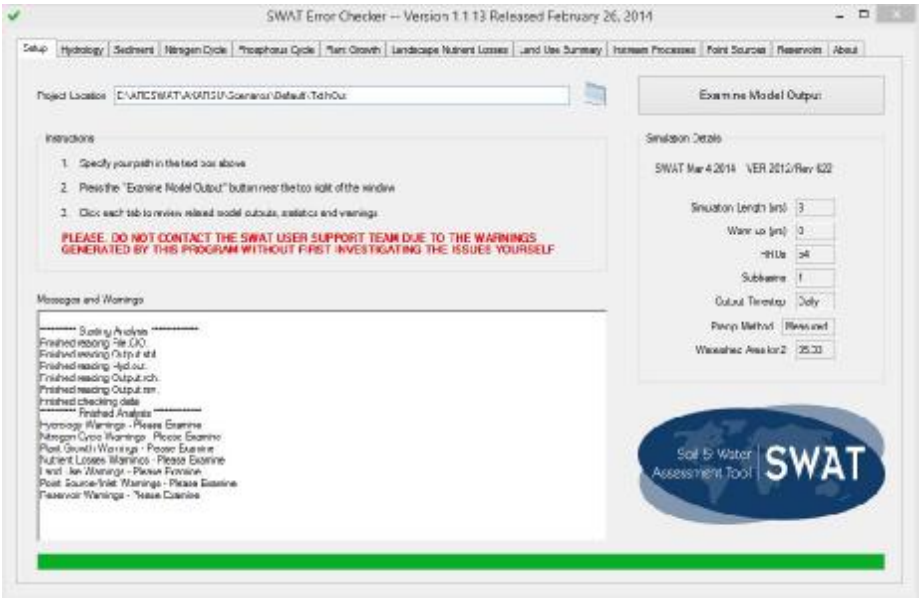
Çizelge 4.1. (Devamı)

HRU Numarası	LU / SOIL / SLOPE	Alan (ha)	Yüzde (%)
29	WWHT/INNAPLI/0-9999	9.32	0.10
30	WWHT/MISIS/0-9999	88.72	0.93
31	WWHT/MURSEL/0-9999	15.60	0.16
32	WWHT/YENICE/0-9999	349.33	3.66
33	BARE/ARIKLI/0-9999	440.68	4.62
34	BARE/ARPACI/0-9999	93.10	0.98
35	BARE/BAHARLI/0-9999	4.31	0.05
36	BARE/CANAKCI/0-9999	81.32	0.85
37	BARE/GEMISURE/0-9999	100.21	1.05
38	BARE/HELVACI/0-9999	10.94	0.11
39	BARE/INCIRLIK/0-9999	289.66	3.04
40	BARE/INNAPLI/0-9999	13.24	0.14
41	BARE/MISIS/0-9999	29.29	0.31
42	BARE/MURSEL/0-9999	0.63	0.01
43	BARE/YENICE/0-9999	338.26	3.55
44	ORAN/ARIKLI/0-9999	1145.34	12.01
45	ORAN/ARPACI/0-9999	46.42	0.49
46	ORAN/BAHARLI/0-9999	13.98	0.15
47	ORAN/CANAKCI/0-9999	463.45	4.86
48	ORAN/GEMISURE/0-9999	70.10	0.74
49	ORAN/HELVACI/0-9999	53.36	0.56
50	ORAN/INCIRLIK/0-9999	424.55	4.45
51	ORAN/INNAPLI/0-9999	8.46	0.09
52	ORAN/MISIS/0-9999	110.31	1.16
53	ORAN/MURSEL/0-9999	34.75	0.36
54	ORAN/YENICE/0-9999	316.43	3.32

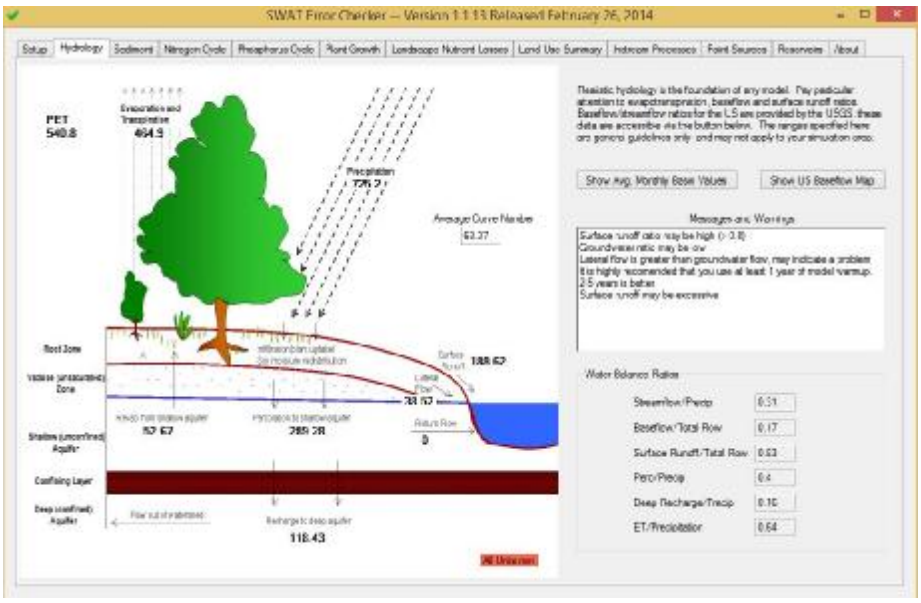
SWAT-CUP programı SUFI-2 algoritması ile kalibre edilen parametreler ArcSWAT arayüzü ile programa girilerek tekrar simule edilmiştir. Simülasyon

sonunda ilgili çıktılarda anormallik olup olmadığı SWAT Error Checker programı ile kontrol edilmiştir. Bu sonuçlar 2009 ve 2010 hidrolojik yılı beraber değerlendirilerek oluşturulmuştur (Şekil 4.3 - 4.12).

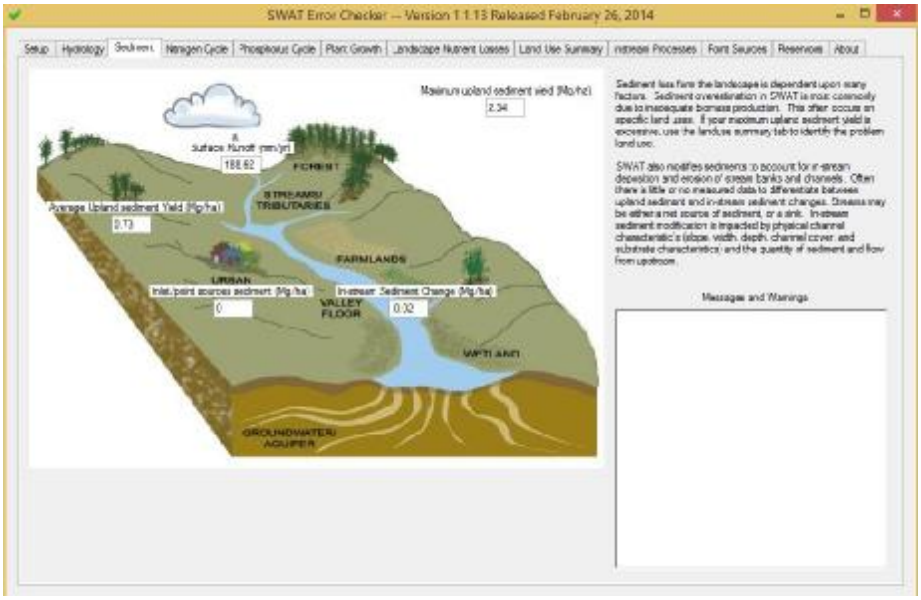
SWAT Hata Denetleyicisi (Error Checker, Ver.1.1.14) programı ile yapılan kontrol sonucunda oluşan çıktılar aşağıda verilmiştir.



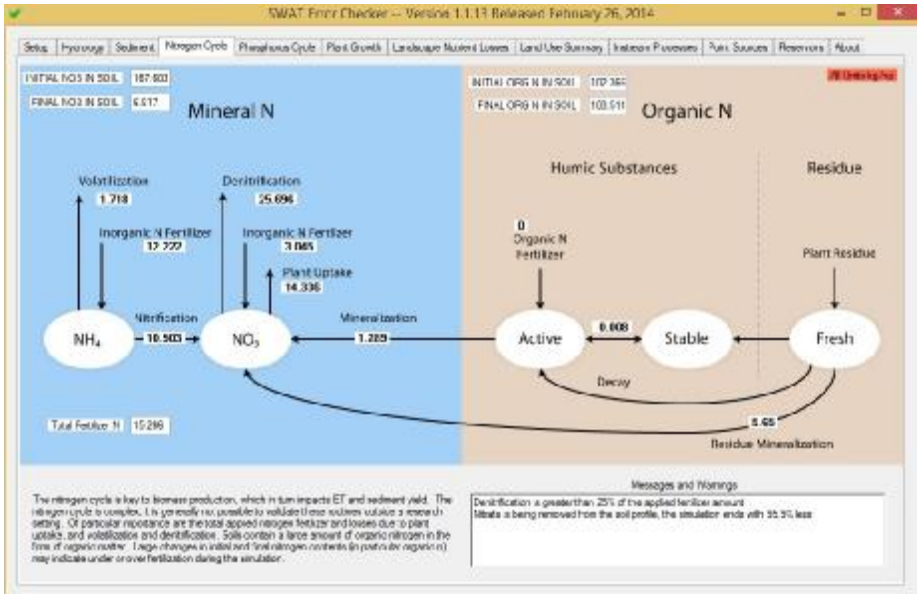
Şekil 4.3. SWAT hata denetleyicisi özet sayfası (Setup)



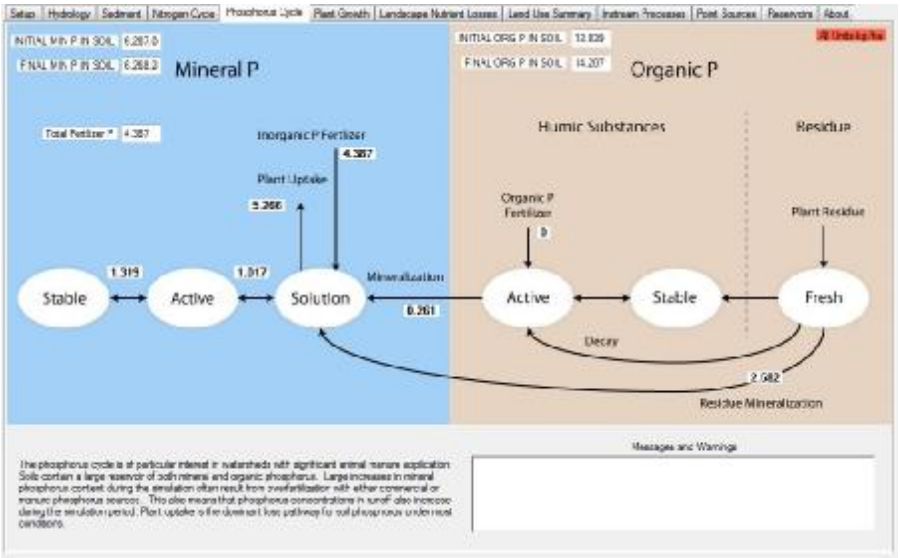
Şekil 4.4. SWAT hata denetleyicisi hidroloji sayfası (Hydrology)



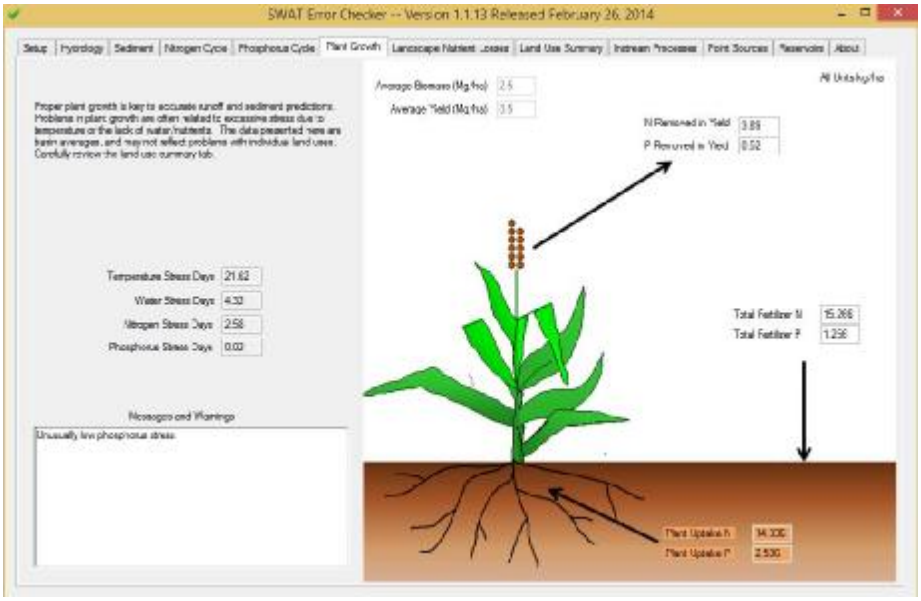
Şekil 4.5. SWAT hata denetleyicisi sediment sayfası (Sediment)



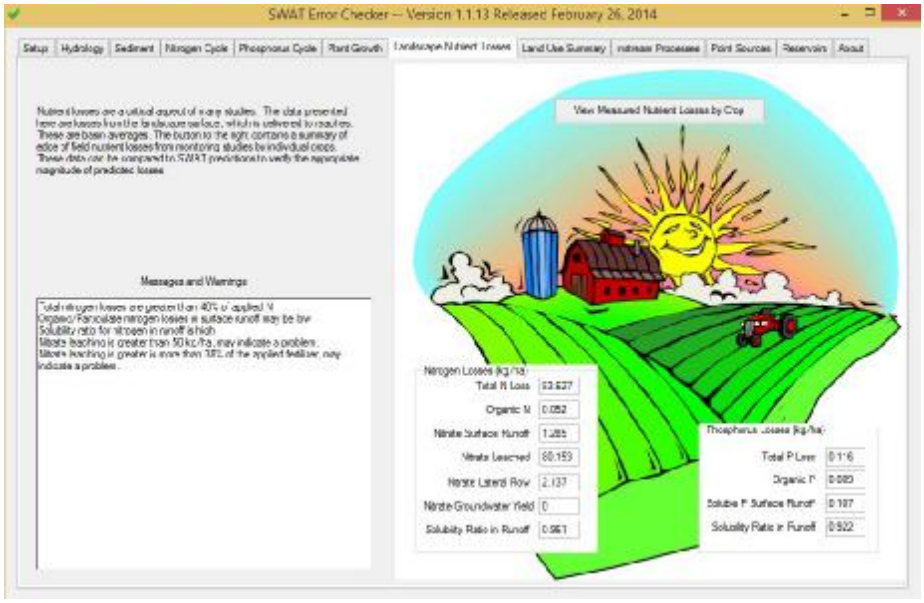
Şekil 4.6. SWAT hata denetleyicisi azot döngüsü sayfası (Nitrogen Cycle)



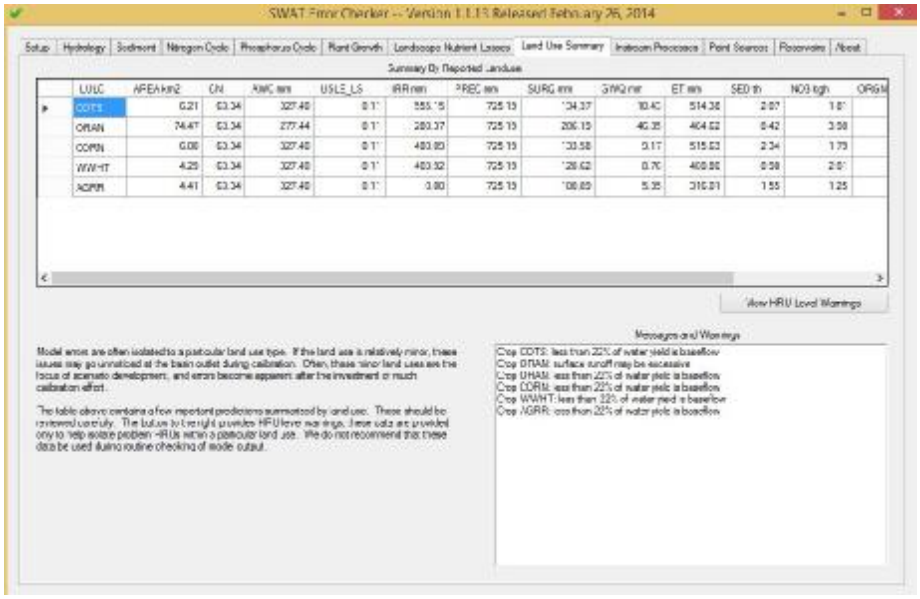
Şekil 4.7. SWAT hata denetleyicisi fosfor döngüsü sayfası (Phosphorus Cycle)



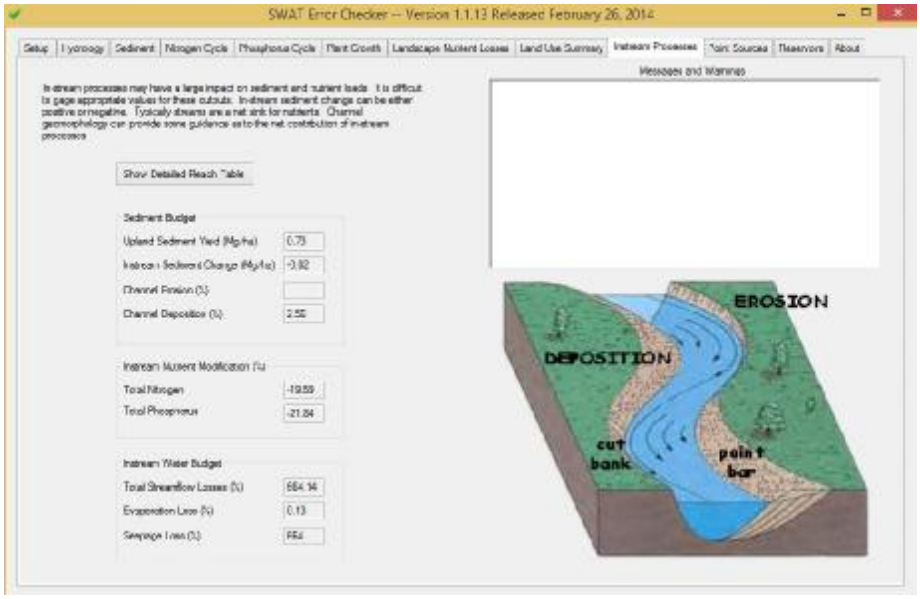
Şekil 4.8. SWAT hata denetleyicisi bitki gelişim sayfası (Plant Growth)



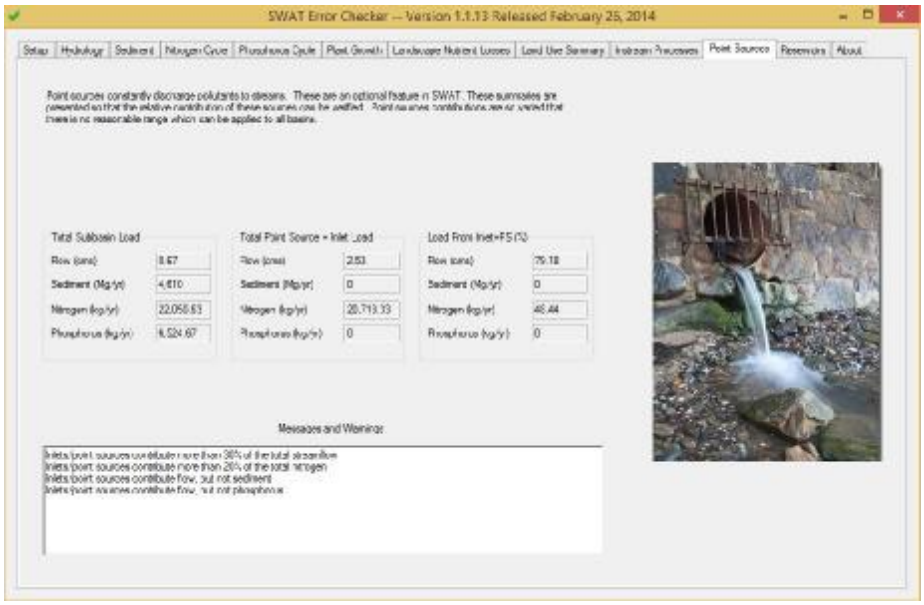
Şekil 4.9. SWAT hata denetleyicisi arazi besin maddesi kayıpları sayfası (Landscape Nutrient Losses)



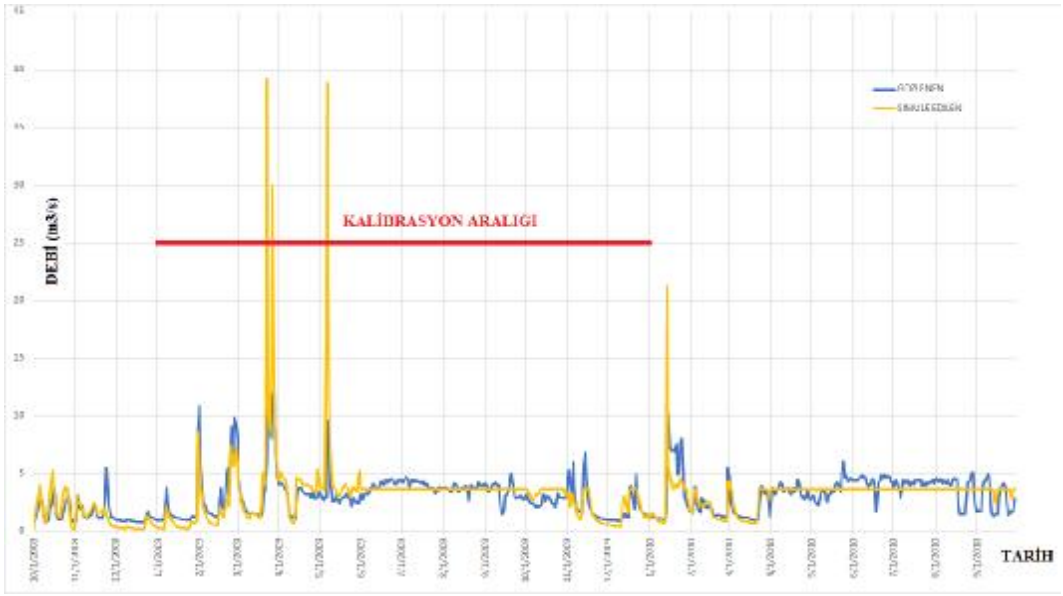
Şekil 4.10. SWAT hata denetleyicisi arazi kullanım özeti sayfası (Land Use Summary)



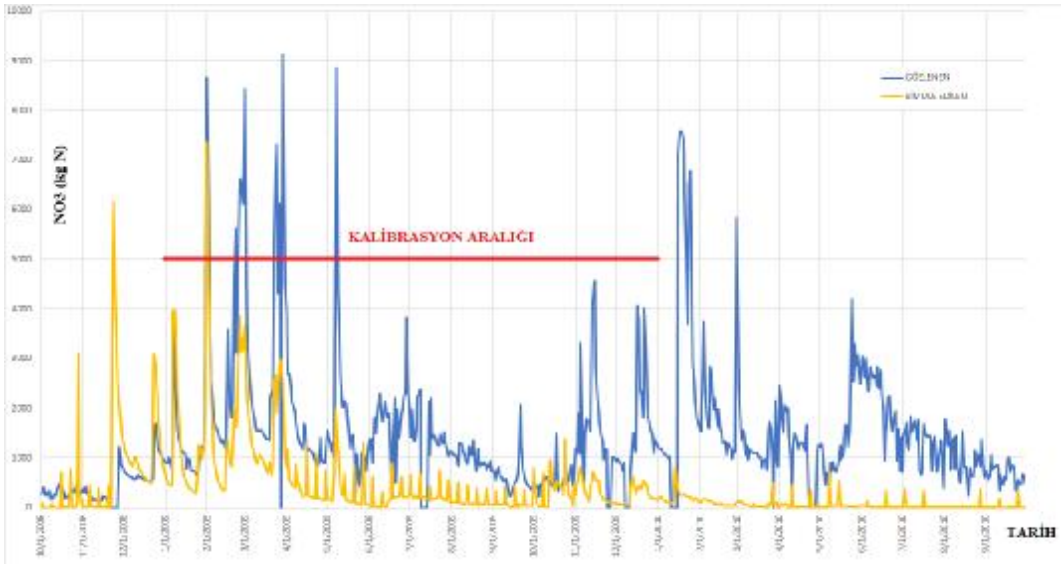
Şekil 4.11. SWAT hata denetleyicisi akış içi süreçler sayfası (Instream Processes)



Şekil 4.12. SWAT hata denetleyicisi noktasal kaynaklar sayfası (Point Source)



Şekil 4.13. Kalibre edilmiş parametreler ile 2009-2010 su yıllarına ait simule edilen ve gözlenen günlük debi gidiş grafiği



Şekil 4.14. Kalibre edilmiş parametreler ile 2009-2010 su yıllarına ait simule edilen ve gözlenen günlük nitrat değerleri grafiği

2009 ve 2010 hidrolojik yılı için çalıştırılan model ve kalibrasyonda kullanılan 2009 takvim yılı şekillerde görülmektedir. Kalibre edilen kısıma ait istatistik değerler bu çalışmada anlatılmıştı, kalibre edilmeyen kısımlara ait özellikle istatistik değeri uygun çıkan suyun grafiğinin ne kadar uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 4.13 ve Şekil 4.14).

2009 hidrolojik yılında, drenajdan çıkan suyun debileri toplamı için gözlenen değer 1075.65 m^3s^{-1} iken simülasyon sonucunda bulunan değer 1140.11 m^3s^{-1} dür. 2010 hidrolojik yılında, drenajdan çıkan suyun debileri toplamı için gözlenen değer 1109.66 m^3s^{-1} iken simülasyon sonucunda bulunan değer 1092.44 m^3s^{-1} dür. 2009 hidrolojik yılı için fark % 5.99 olarak bulunmuş iken, 2010 hidrolojik yılı için ise fark % 1.55 bulunmuştur.

2009 hidrolojik yılında drenajdan çıkan nitrat yükü toplamı için gözlenen değer 523922.95 kg N iken simülasyon sonucunda bulunan değer 251499.83 kg N'dir. 2010 hidrolojik yılında drenajdan çıkan nitrat yükü toplamı için gözlenen değer 537645.54 kg N iken simülasyon sonucunda bulunan değer 48145.44 kg N'dir. 2009 hidrolojik yılı için fark % 52 olarak bulunmuş iken, 2010 hidrolojik yılı için ise fark % 92.00 bulunmuştur.

İstatistiksel sonuçları daha iyi olan suya ait fark yüzdeleri küçük iken, istatiksel sonuçları daha kötü olan nitrata ait fark yüzdeleri daha büyük değerler almışlardır. Bu farkların oluşmasındaki sebeplerden biride hidrolojik modellerin çalışma prensiplerinden biri olan ısınma (warmup) periyodudur. Modelin çalışmasında iki hidrolojik yıla ait veri kullanıldığından dolayı bu çalışmada ısınma periyodu bulunmamaktadır.

SWAT modelinde ısınma periyodu olarak bir yıldan daha uzun bir süre kullanılması önerilmekte olup 2-5 yıl aralığının daha iyi sonuçları vereceği SWAT hata denetleyicisi hidroloji sayfasında belirtilmektedir (Şekil 4.4).

Çalışmada ayrıca iki suyu yılı ayrı ayrı çalıştırılmış olup 2009 ve 2010 hidrolojik yıllarına ait özet çıktı dosyaları ve bunlardan üretilen haritalar aşağıda verilmiştir.

4.1.1. 2009 Hidrolojik Yılı Çıktıları

Bitki su tüketimi günlük, aylık ve mevsimlik olarak değişik zaman aralıkları için belirlenir. Mevsimlik bitki su tüketimi değerleri depolanması gereken sulama suyunun hesabı için, aylık bitki su tüketimi değerleri sulama sistemi kapasitesinin

hesaplanmasında ve günlük bitki su tüketim değerleri ise, sulama zamanı ve sulama aralığının belirlenmesinde kullanılır (İPEK, 2006).

Günlük bazda çalışabilen SWAT modeli ile evapotranspirasyon değerleri hesaplanmış olup, çalışma sahasındaki bitkilerin 2009 hidrolojik yılı içinde 9.53 gün su stresine girdiği görülmüştür. Bu sonuçlar dikkate alınarak bitki sulama zamanı ve sulama aralığı ayrıca incelenmelidir (Çizelge 4.2).

Ayrıca nitrat için bu değer 4.60 gün olarak bulunmuş olup aynı sulamada olduğu gibi bitkilere verilen gübre miktarı ve zamanı incelenmelidir.

Çizelge 4.2. 2009 hidrolojik yılına ait ArcSWAT programı özet çıktı dosyası

BİTKİLERDE ORTALAMA YILLIK STRESLİ GÜNLERİN SAYISI (AVERAGE ANNUAL BASIN STRESS DAYS)	**GÜN**
Su Stres Günleri (Water Stress Days)	9.53
Sıcaklık Stres Günleri (Temperature Stress Days)	32.23
Azot Stres Günleri (Nıtrogen Stress Days)	4.60

ArcSWAT programının 2009 su yılına ait hidrolojik raporu aşağıda verilmektedir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. 2009 hidrolojik yılına ait ArcSWAT programı Hidrolojik özet çıktı dosyası

SU İÇİN ORTALAMA YILLIK HAVZA DEĞERLERİ (AVERAGE ANNUAL BASIN VALUES)	**mm**
Yağış (PRECIP)	858.800
Yüzey Akış Miktarı (SURFACE RUNOFF Q)	168.150
Yüzeyaltı Akışının Akarsuya Katkısı (LATERAL SOIL Q)	43.380
Yeraltısuyunun Akarsuya Katkısı (GROUNDWATER (DEEP AQ) Q)	56.240
Sığ Akiferden Bitki/Toprak Profiline Geçen Su Miktarı (REVAP (SHAL AQ => SOIL/PLANTS))	55.210
Derin Akifer Besleme (DEEP AQ RECHARGE)	87.540
Her İki Akifere Giren Su Miktarı (TOTAL AQ RECHARGE)	213.810
Hru'lardan Akarsuya Geçen Su Verimi (TOTAL WATER YLD)	267.770
Toprak Profilinin Altına Sızan Su Miktarı (PERCOLATION OUT OF SOIL)	274.970
Gerçek Evapotranspirasyon (ET)	485.500
Potansiyel Evapotranspirasyon (PET)	566.800

ArcSWAT programının 2009 su yılına ait nitrat raporu aşağıda verilmektedir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. 2009 hidrolojik yılına ait ArcSWAT programı Nitrat özet çıktı dosyası

NİTRAT İÇİN ORTALAMA YILLIK HAVZA DEĞERLERİ (AVERAGE ANNUAL BASIN VALUES, NUTRIENTS)	**kg/ha**
Organik Azot Miktarı (ORGANIC N)	0.074
Yüzeysel Akıştan Akarsuya Nitrat Yükü Miktarı NO3 YIELD (SQ) (to Stream in Surface Runoff)	1.609
Yüzeyaltı Akıştan Akarsuya Nitrat Yükü Miktarı NO3 YIELD (LAT) (to Stream in Lateral Flow)	3.928
Toprak Profilinin Altına Sızan Nitrat Miktarı NO3 LEACHED	127.370
Bitki Azot Alımı (N UPTAKE)	78.709
Uygulanan Azot Miktarı (FERTILIZER APPLIED)	88.587
Denitrifikasyon Nedeni İle Kaybolan Azot Miktarı (DENITRIFICATION)	44.739
Aktif Organiklerden Azota Geçen Miktar (HUMUS MIN ON ACTIVE ORG N)	1.246
Yağıştan Toprağa Geçen Nitrat Miktarı (NO3 IN RAINFALL)	33.423
Başlangıçta Topraktaki Nitrat Miktarı (INITIAL NO3 IN SOIL)	167.603
Nihai Topraktaki Nitrat Miktarı (FINAL NO3 IN SOIL)	25.844
Başlangıçta Topraktaki Organik Azot Miktarı (INITIAL ORG N IN SOIL)	102.366
Nihai Topraktaki Organik Azot Miktarı (FINAL ORG N IN SOIL)	133.501
Uygulanan Nitrat Azotu Miktarı (NO3 IN FERT)	17.235
Uygulanan Amonyak Miktarı (AMMONIA IN FERT)	71.352
Kaldırılan Azot Miktarı (N REMOVED IN YIELD)	33.157
Amonyak Buharlaşması (AMMONIA VOLATILIZATION)	11.641
Amonyak Nitrifikasyonu (AMMONIA NITRIFICATION)	59.199
Toprak Profilinde Yukarı Hareket Eden Nitrat Miktarı NO3 EVAP-LAYER 2 TO 1	152.876

Aylık bazda hesaplanan 2009 su yılına ait değerler aşağıda verilmektedir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. 2009 Hidrolojik yılı su bütçesi

ORTALAMA AYLIK HAVZA DEĞERLERİ (AVERAGE MONTHLY BASIN VALUES)							
MON (AY)	RAIN (mm)	SURFQ (mm)	LATQ (mm)	WATER YIELD (mm)	ET (mm)	SED YIELD (T/ha)	PET (mm)
10	42.80	0.00	0.00	0.00	20.54	0.00	39.20
11	96.40	0.03	0.38	0.41	16.85	0.00	16.99
12	40.20	0.00	1.38	1.38	14.24	0.00	14.36
1	118.40	7.75	3.76	11.07	16.02	0.08	16.14
2	137.40	27.16	9.33	36.67	11.26	0.25	11.33
3	166.40	60.35	9.09	72.48	32.80	0.49	33.09
4	50.40	1.10	0.95	8.12	47.40	0.00	48.94
5	93.20	38.97	3.62	51.38	71.97	0.12	77.22
6	0.00	11.10	2.32	22.88	65.99	0.00	83.37
7	13.60	14.41	3.83	28.03	75.37	0.00	88.47
8	2.20	12.36	1.68	23.56	66.47	0.00	80.54
9	95.40	31.85	4.80	45.70	49.03	0.04	55.59
TOP.	**856.40**	**205.08**	**41.14**	**301.68**	**487.94**	**0.98**	**565.24**

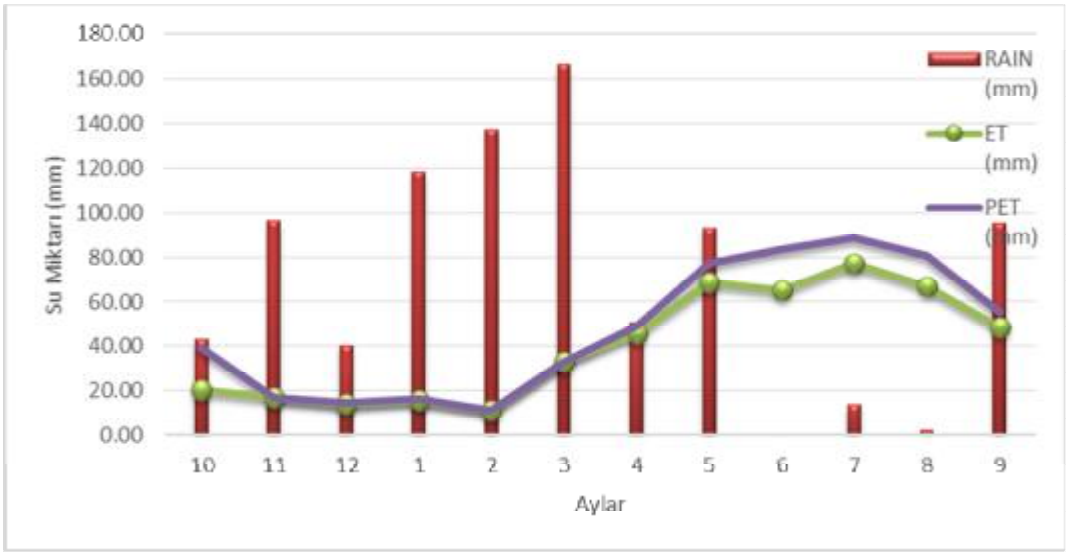
Özellikle su verimi olarak tanımlanan “water yield” değerinin olması gerekenden düşük kalmasının sebebi bir önceki yıla ait su bütçesi değerlerinin eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Çalışmada kullanılan veri setinin kısıtlı olması ve iki hidrolojik yılının ayrı ayrı çalışılması da bu değerlerin düşük olmasının sebepleri arasında gösterilebilir.

2009 hidrolojik yılı için yapılan su bütçesinde görüldüğü gibi yağışın en fazla olduğu mart ayında yüzeysel akış en fazla olmuş, yaz aylarında da beklendiği gibi ET ve PET değerleri en yüksek değerlerini almışlardır (Çizelge 4.5).

Su bütçesinde verilen değerlerin açıklaması çizelge 4.6'da verilmiştir.

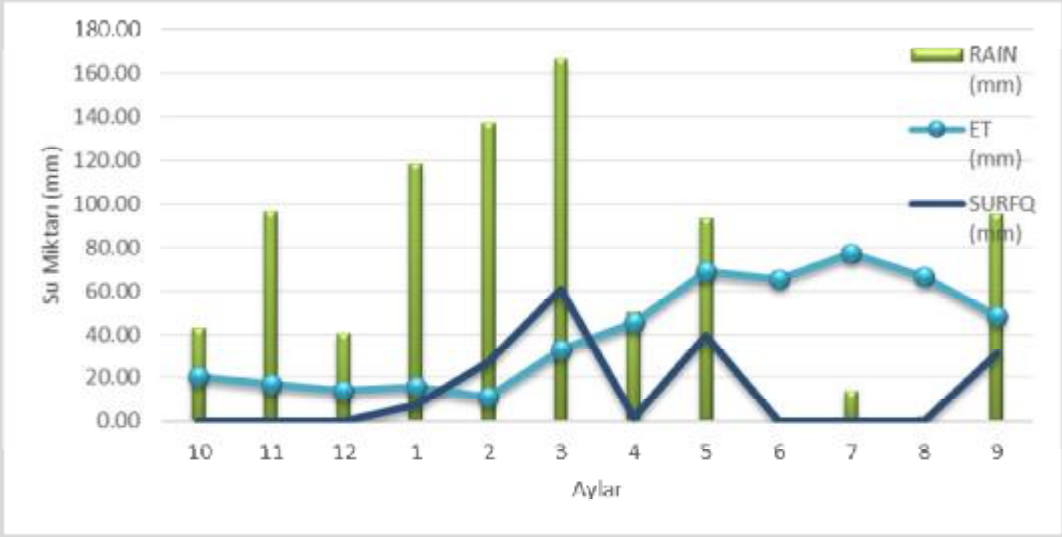
Çizelge 4.6. Su bütçesi sonuç terimlerinin açıklaması (Neitsch ve ark., 2012)

Terim	Açıklaması
RAIN	Havzaya ay boyunca düşen ortalama yıllık yağış miktarı (mm)
SURFQ	Havzada ay boyunca üretilen ortalama yıllık yüzey akışı miktarı (mm)
LATQ	Havzadaki ay boyunca ortalama yıllık yüzeyaltı akış miktarı (mm)
WATER YIELD	Havzada ay boyunca ortalama yıllık su verimi (mm)
ET	Havzada ay boyunca ortalama yıllık gerçek evapotranspirasyon miktarı (mm)
SED YIELD	Havzada ay boyunca ortalama yıllık sediment miktarı (ton/ha)
PET	Havzada ay boyunca ortalama yıllık potansiyel evapotranspirasyon miktarı (mm)



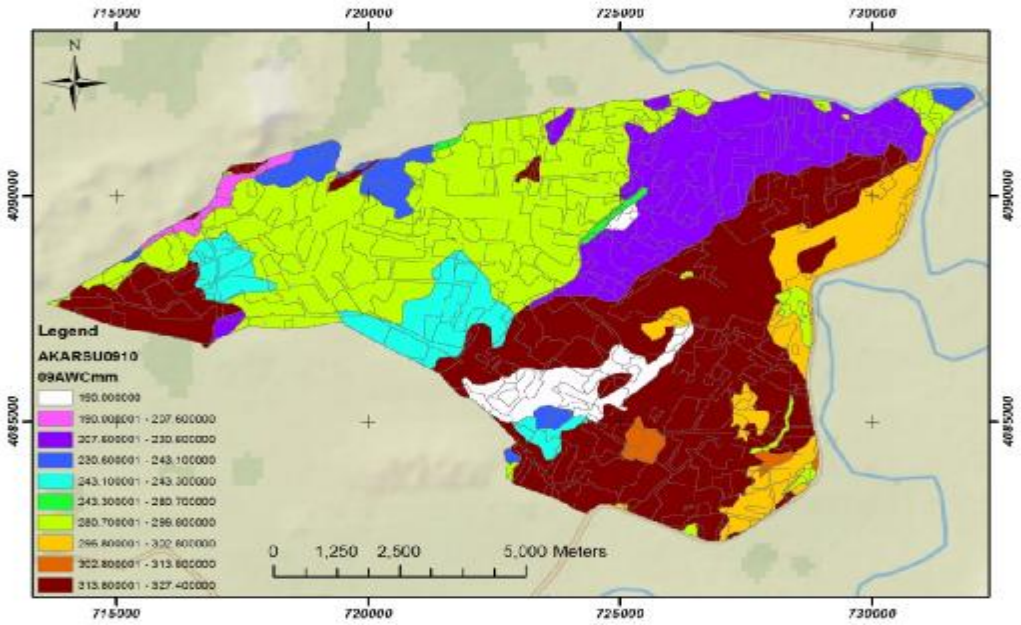
Şekil 4.15. 2009 hidrolojik yılına ait yağış miktarı, gerçek ve potansiyel evapotranspirasyon arasındaki ilişki

Şekil 4.15'de görüldüğü gibi yaz aylarına doğru ET ve PET değerleri artmakta kış aylarında azalmaktadır. Özellikle ağustos ayından sonra, önce 1.ürün mısırın hasat edilmesi daha sonra pamuk ve 2. ürün mısırın hasat edilmesi, bitkilerden terleme yoluyla amosfere verilen su miktarı olan transpirasyonu minimuma indirmekte doğal olarak evapotranspirasyonu azaltmaktadır.



Şekil 4.16. 2009 hidrolojik yılına ait yağış miktarı , ET ve yüzey akışı arasındaki ilişki

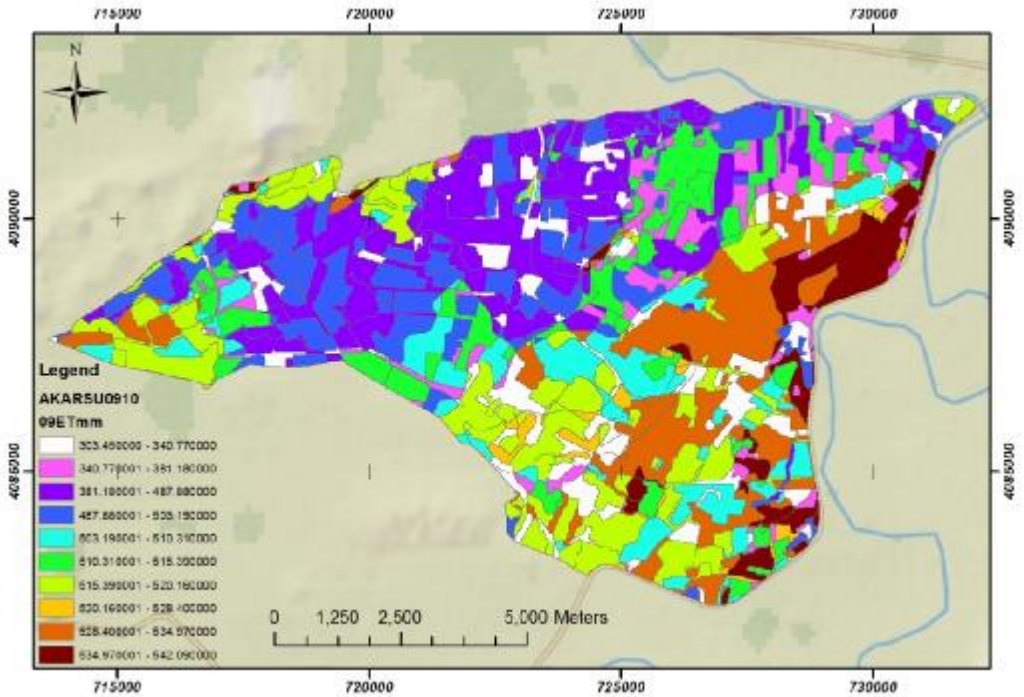
Şekil 4.16'da görüldüğü gibi nisan ayından sonra yüzeysel akışa geçen su miktarı minimuma inmektedir. Mayıs ayında çalışma alanına düşen yağış yüzeysel akış miktarını arttırmış olsada devam eden aylarda pamuk ve mısır bitkilerinin su ihtiyacından ve yaz aylarında çalışma alanındaki yüksek evaporasyon sebebiyle yüzeysel akışa geçen su miktarı minimuma inmiştir.



Şekil 4.17. 2009 hidrolojik yılına ait tarla kapasitesi toprak profilinde tutulan su miktarı (mm)

Toprak profilinde tutulan su miktarı olarak tanımlanan AWC değeri arazi bitki deseninden bağımsız olarak toprağın serisine bağlıdır. 2009 hidrolojik yılı için 54 hidrolojik tepki biriminin (HRU) ortalaması 268.05 mm'dir. En Büyük AWC değeri 327.40 mm ile Arıklı toprak serisine, en küçük AWC değeri ise 190.00 mm ile Arpacı toprak serisine aittir (Şekil 4.17).

Toprak serileri temelinde incelenecek olursa; Arıklı serisi için ortalama 327.40 mm, Arpacı serisi için ortalama 190.00 mm, Baharlı serisi için ortalama 323.50 mm, Çanakçı serisi için ortalama 302.80 mm, Gemisure serisi için ortalama 243.30 mm, Helvacı serisi için ortalama 207.60 mm, İncirlik serisi için ortalama 296.80 mm, İnnaplı serisi için ortalama 280.70 mm, Misis serisi için ortalama 243.10 mm, Mürsel serisi için ortalama 313.80 mm ve Yenice serisi için ortalama 230.60 mm dır.



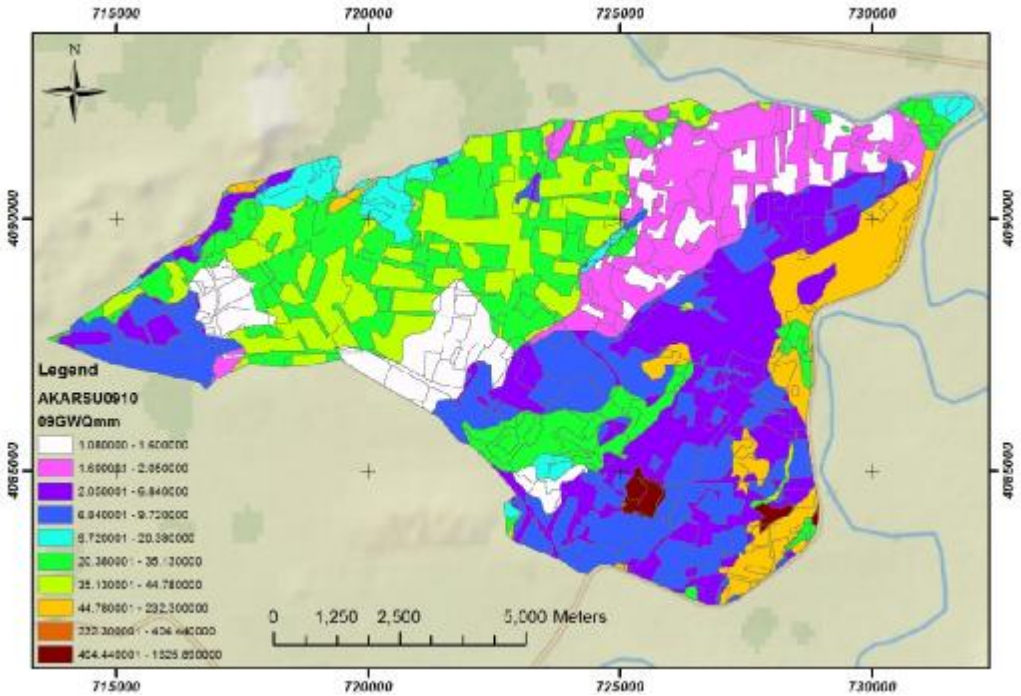
Şekil 4.18. 2009 hidrolojik yılına ait gerçek evapotranspirasyon (mm)

Bitki su tüketimi ile eş anlamlı olarak kullanılan evapotranspirasyon, toprak yüzeyinden buharlaşma ile atmosfere verilen su miktarı olan evaporasyon ile bitki yapraklarından terleme yoluyla atmosfere verilen su miktarı olan transpirasyonun toplamıdır.

Evapotranspirasyonun tanımından da anlaşılacağı üzere ET değeri, toprak serisi ve bitki deseni ile doğrudan ilişkilidir. 2009 hidrolojik yılı için 54 HRU' nun ortalaması 482.40 mm dir. En Büyük ET değeri 542.09 mm ile Mürsel toprak serisindeki turunçgil bitki desenine ait olup en küçük ET değeri ise 303.45 mm ile Helvacı toprak serisindeki Boş alana aittir (Şekil 4.18).

Bitki deseni temelinde incelenecek olursa; Mısır bitkisi için ortalama 505.32 mm, Pamuk bitkisi için ortalama 516.92 mm, Turunçgiller için ortalama 523.16 mm, Buğday-Mısır münavebesi için ortalama 519.66 mm ve Boş alan için ortalama 349.03 mm dir.

Bitki deseni baz alınarak yapılan incelemede ortalama ET değeri en küçük olan boş alan ve ET değeri en yüksek bitki ise turunçgillerdir. Boş alan ait değer hiçbir bitki deseni olmadığından sadece evaporasyondur.

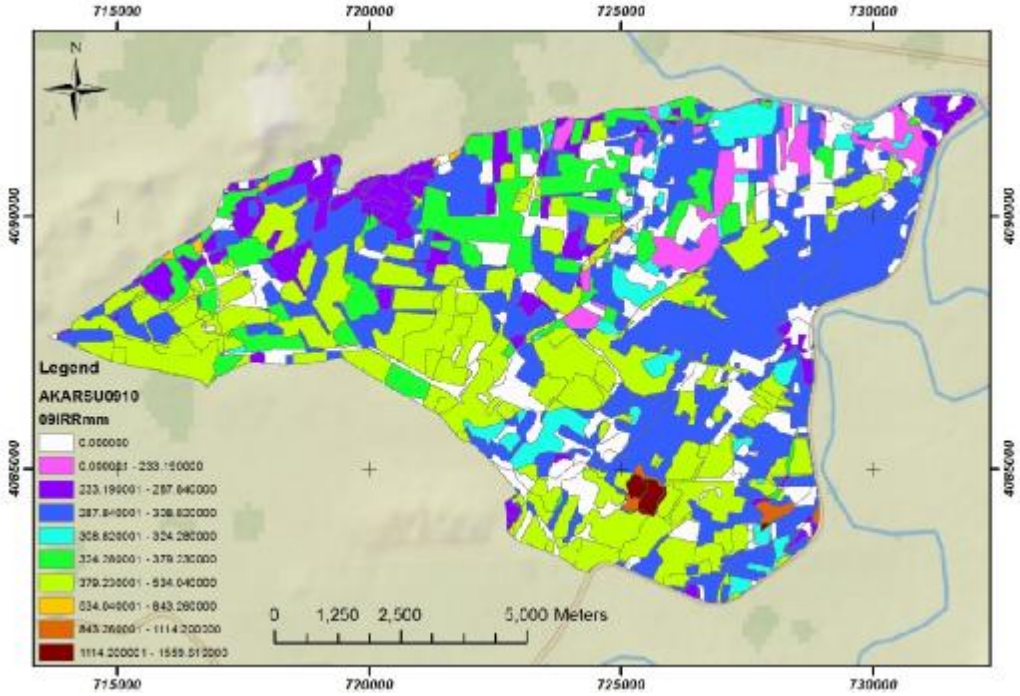


Şekil 4.19. 2009 hidrolojik yılına ait yeraltısuyu ve yüzeyaltı suyunun anakanala katkısı (mm)

Yeraltısuyu ve yüzeyaltı suyunun anakanala olan katkısı olarak tanımlanan GWQ'nun, 2009 hidrolojik yılı için 54 HRU'nun ortalaması 163.86 mm'dir. En Büyük GWQ değeri 1625.89 mm ile Mürsel toprak serisindeki buğday-mısır

münavebesi olan tarlaya ait olup en küçük GWQ değeri ise 1.08 mm ile Gemisure toprak serisindeki Boş alana aittir (Şekil 4.19).

Mürsel toprak serisinde bu kadar yüksek GWQ değerinin çıkmasının nedeni mürsel toprak serisinin özelliklerinden kaynaklanmaktadır.



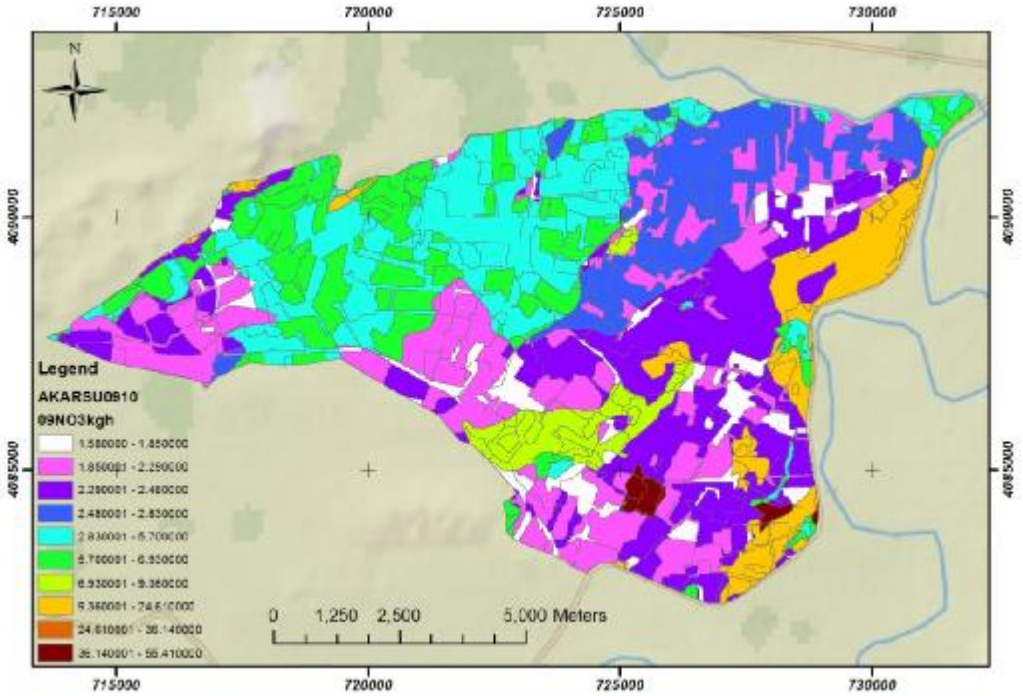
Şekil 4.20. 2009 hidrolojik yılına ait uygulanan sulama suyu miktarı (mm)

Tarlaya uygulanan sulama suyu miktarı olarak tanımlanan IRR'nin 2009 hidrolojik yılı için sulanan 43 HRU'nun ortalaması 499.05 mm dir. En Büyük IRR değeri 1559.61 mm ile Mürsel toprak serisindeki buğday-mısır münavebesi olan tarlaya ait olup en küçük IRR değeri ise 233.19 mm ile Yenice toprak serisindeki turunçgile aittir.

Çalışmada bitkilere verilen su miktarının zamanı ve miktarı tam olarak bilinemediğinden dolayı ArcSWAT programının otomatik sulama modülü kullanılmıştır. Otomatik sulama modülünde toprak su içeriğindeki değişiklik baz alınarak sulama yapılmış olup toplam gözenek hacminin tüm hacme oranı olarak tanımlanan porozite miktarı en yüksek olan Mürsel toprak serisine diğer toprak serilerinden daha fazla su verilmesine neden olmuştur (Şekil 4.20).

Bitki deseni temelinde incelenecek olursa; Mısır bitkisi için ortalama 541.76 mm, Pamuk bitkisi için ortalama 557.53 mm, Turunçgiller için ortalama 394.35 mm, Buğday-Mısır münavebesi için ortalama 506.46 mm ve Boş alan için ortalama 0.00 mm dir.

Otomatik sulamada toprak su içeriğinin baz alınmasından dolayı ayrıca toprak serilerine göre uygulanan sulama suyu miktarı incelenmiş olup; Arıklı serisi için ortalama 426.13 mm, Arpacı serisi için ortalama 303.24 mm, Baharlı serisi için ortalama 290.05 mm, Çanakçı serisi için ortalama 309.31 mm, Gemisure serisi için ortalama 464.40 mm, Helvacı serisi için ortalama 567.21 mm, İncirlik serisi için ortalama 344.12 mm, İnnaplı serisi için ortalama 701.34 mm, Misis serisi için ortalama 286.06 mm, Mürsel serisi için ortalama 1436.85 mm ve Yenice serisi için ortalama 308.63 mm olarak bulunmuştur.



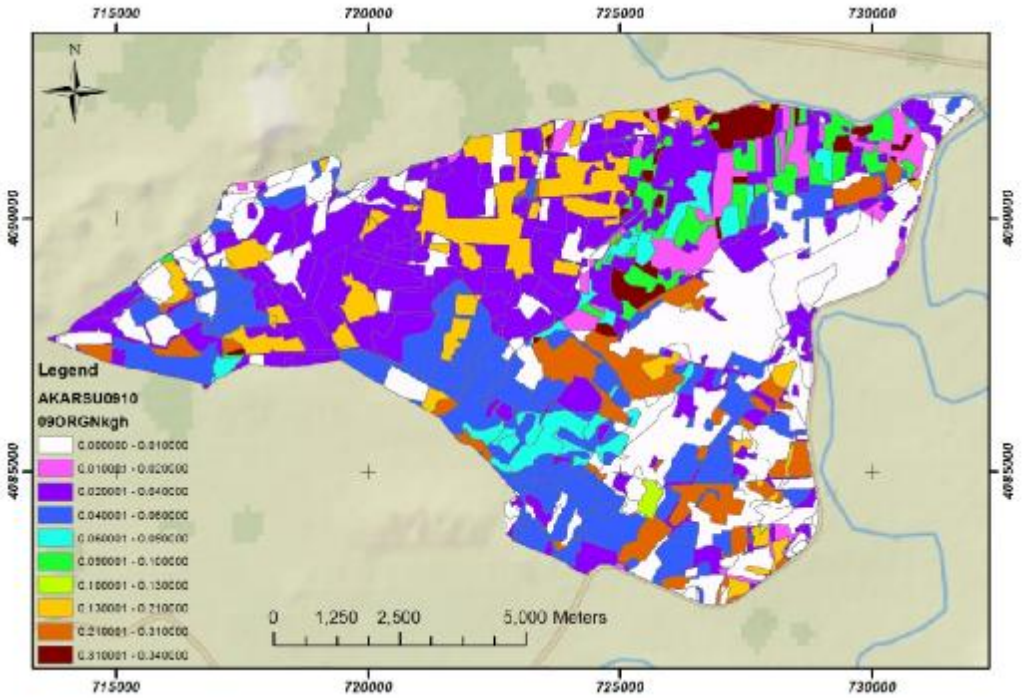
Şekil 4.21. 2009 hidrolojik yılına ait yüzeysel ve yüzeyaltı akışındaki nitrat miktarı (kg N/ha)

Yüzeysel ve yüzeyaltı akışındaki nitrat miktarı olarak tanımlanan NO3'ün 2009 hidrolojik yılı için 54 HRU' nun ortalaması 11.11 kg N/ha dir. En Büyük NO3 değeri 55.41 kg N/ha ile Mürsel toprak serisindeki pamuk bitkisine ait olup en küçük

NO3 değeri ise 1.58 kg N/ha ile Gemisure toprak serisindeki boş alana aittir (Şekil 4.21).

Bitki deseni temelinde incelenecek olursa; Mısır bitkisi için ortalama 10.4 kg N/ha, Pamuk bitkisi için ortalama 11.78 kg N/ha, Turunçgiller için ortalama 12.14 kg N/ha, Buğday-Mısır münavebesi için ortalama 11.70 kg N/ha ve Boş alanlar için ise ortalama 9.45 kg N/ha bulunmuştur.

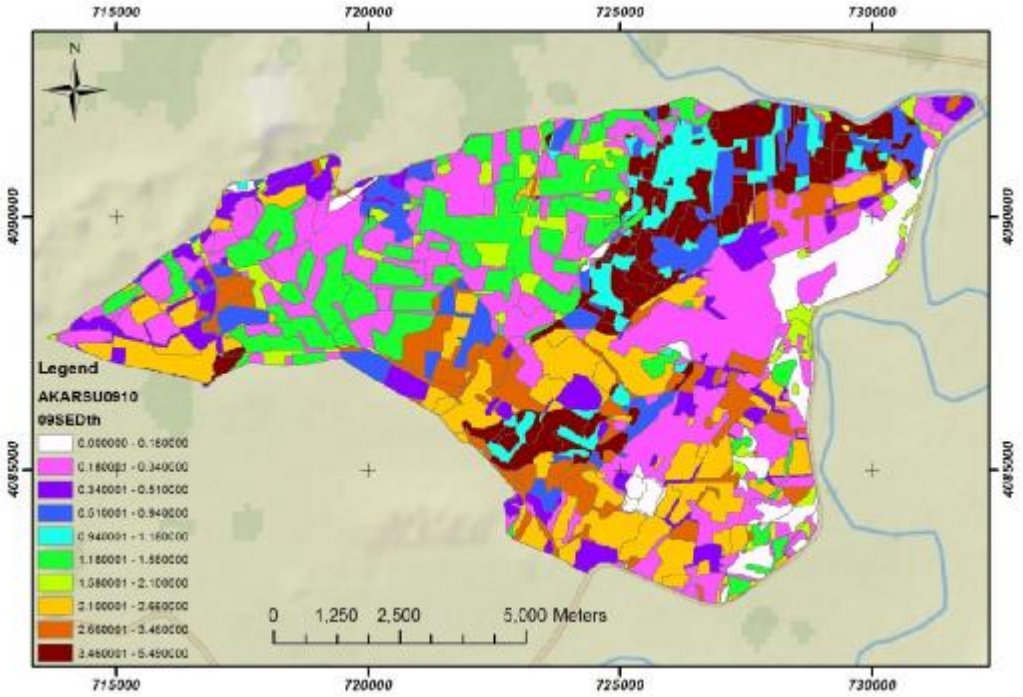
Toprak serileri temelinde incelenecek olursa; Arıklı serisi için ortalama 2.23 kg N/ha, Arpacı serisi için ortalama 8.83 kg N/ha, Baharlı serisi için ortalama 23.22 kg N/ha, Çanakçı serisi için ortalama 20.63 kg N/ha, Gemisure serisi için ortalama 2.09 kg N/ha, Helvacı serisi için ortalama 2.31 kg N/ha, İncirlik serisi için ortalama 5.57 kg N/ha, İnnaplı serisi için ortalama 2.13 kg N/ha, Misis serisi için ortalama 6.16 kg N/ha, Mürsel serisi için ortalama 48.91 kg N/ha ve Yenice serisi için ortalama 2.55 kg N/ha dır.



Şekil 4.22. 2009 hidrolojik yılına ait yüzeysel akıştaki organik N miktarı (kg N/ha)

Yüzeysel akıştaki Organik N miktarı olarak tanımlanan ORGN'ün 2009 hidrolojik yılı için 54 HRU' nun ortalaması 0.06 kg N/ha dir. En Büyük ORGN

değeri 0.34 kg N/ha ile Yenice toprak serisindeki mısır bitkisine ait olup en küçük ORGN değeri ise 0.00 kg N/ha ile Mürsel toprak serisinde pamuk ve Boş alan ile Turunçgil yetiştirilen Baharlı, Çanakcı, İncirlik, İnnaplı ve Mürsel toprak serilerine aittir (Şekil 4.22).



Şekil 4.23. 2009 hidrolojik yılına ait sediment miktarı (ton/ha)

Sediment miktarı olarak tanımlanan SED' in 2009 hidrolojik yılı için 54 HRU' nun ortalaması 1.49 ton/ha dir. En Büyük SED değeri 5.49 ton/ha ile Yenice toprak serisindeki Boş alana ait olup en küçük SED değeri ise 0.00 ton/ha ile Mürsel toprak serisindeki Turunçgil ve Boş alana aittir.

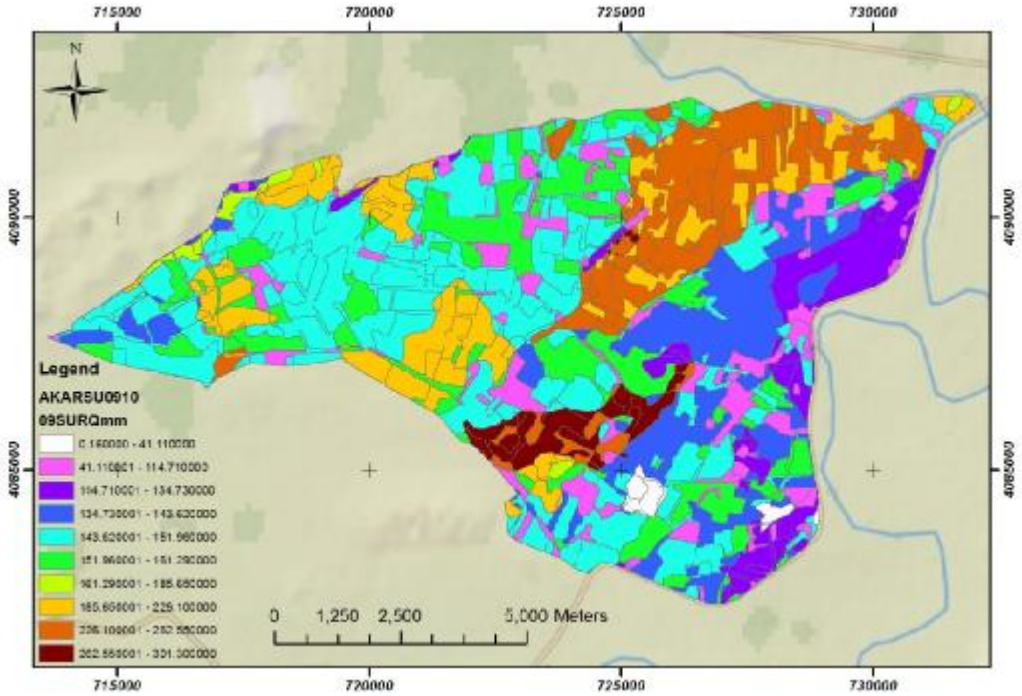
Mürsel toprak serisinin daha öncede açıklanan yapısından dolayı ve en çok su tüketen Turunçgil ile hiç sulanmayan boş alanda sediment miktarı 0.00 ton/ha çıkmıştır. Yüzeysel akıştaki su miktarı ile direk ilişkili olan sediment miktarının, toprak yapısından dolayı en az yüzeysel akışa sahip olan Mürsel toprak serisinde de en az olması normaldir (Şekil 4.23).

Bitki deseni temelinde incelenecek olursa; Mısır bitkisi için ortalama 1.97 ton/ha, Pamuk bitkisi için ortalama 2.03 ton/ha, Turunçgiller için ortalama 0.36

ton/ha, Buğday-Mısır münavebesi için ortalama 0.54 ton/ha ve Boş alanlar için ise ortalama 2.58 ton/ha bulunmuştur.

Toprak serileri temelinde incelenecek olursa; Arıklı serisi için ortalama 1.64 ton/ha, Arpacı serisi için ortalama 2.87 ton/ha, Baharlı serisi için ortalama 0.52 ton/ha, Çanakçı serisi için ortalama 1.02 ton/ha, Gemisure serisi için ortalama 1.95 ton/ha, Helvacı serisi için ortalama 1.34 ton/ha, İncirlik serisi için ortalama 1.09 ton/ha, İnnaplı serisi için ortalama 0.74 ton/ha, Misis serisi için ortalama 1.82 ton/ha, Mürsel serisi için ortalama 0.07 ton/ha ve Yenice serisi için ortalama 3.13 ton/ha dır.

Bitki deseni ve toprak serisi olarak ayrı ayrı sediment miktarı incelenmiş olup; Boş alanlarda sediment miktarının 2.58 ton/ha ile en yüksek değeri aldığı, Turunçgil bahçelerinde ise 0.36 ton/ha ile en düşük değeri aldığı, arazi üzerinde bitkinin mevcut olmasının sediment miktarını azalttığını göstermektedir. Ayrıca yüzeysel akışın minimum olduğu Mürsel toprak serisinde sediment miktarınında minimum olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.24. 2009 hidrolojik yılına ait yüzeysel akıştaki su miktarı (mm)

Yüzeysel akıştaki su miktarı olarak tanımlanan SURQ' ün 2009 hidrolojik yılı için 54 HRU' nun ortalaması 164.01 mm dir. En Büyük SURQ değeri 301.30 mm ile Arpacı toprak serisindeki Mısır bitkisine ait olup en küçük SURQ değeri ise 0.16 mm ile Mürsel toprak serisindeki Boş alana aittir (Şekil 4.24).

Bitki deseni temelinde incelenecek olursa; Mısır bitkisi için ortalama 178.67 mm, Pamuk bitkisi için ortalama 174.47 mm, Turunçgiller için ortalama 164.05 mm, Buğday-Mısır münavebesi için ortalama 171.88 mm ve
Boş alanlar için ise ortalama 132.32 mm bulunmuştur.

Toprak serileri temelinde incelenecek olursa; Arıklı serisi için ortalama 143.19 mm, Arpacı serisi için ortalama 280.36 mm, Baharlı serisi için ortalama 127.71 mm, Çanakçı serisi için ortalama 125.95 mm, Gemisure serisi için ortalama 200.96 mm, Helvacı serisi için ortalama 171.75 mm, İncirlik serisi için ortalama 143.97 mm, İnnaplı serisi için ortalama 122. 60 mm, Misis serisi için ortalama 214.41 mm, Mürsel serisi için ortalama 22.11 mm ve Yenice serisi için ortalama 243.85 mm dır.

4.1.2. 2010 Hidrolojik Yılı Çıktıları

Çalışma sahasındaki bitkilerin 2010 hidrolojik yılı içinde 7.81 gün su stresine ve 5.02 gün ise nitrat stresine girdiği görülmüştür (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. 2010 hidrolojik yılına ait ArcSWAT programı özet çıktı dosyası

BİTKİLERDE ORTALAMA YILLIK STRESLİ GÜNLERİN SAYISI (AVERAGE ANNUAL BASIN STRESS DAYS)	**GÜN**
Su Stres Günleri (Water Stress Days)	7.81
Sıcaklık Stres Günleri (Temperature Stress Days)	20.00
Azot Stres Günleri (Nıtrogen Stress Days)	5.02

ArcSWAT programının 2010 su yılına ait hidrolojik raporu aşağıda verilmektedir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. 2010 hidrolojik yılına ait ArcSWAT programı Hidrolojik özet çıktı dosyası

SU İÇİN ORTALAMA YILLIK HAVZA DEĞERLERİ (AVERAGE ANNUAL BASIN VALUES)	**mm**
Yağış (PRECIP)	592.000
Yüzey Akış Miktarı (SURFACE RUNOFF Q)	68.890
Yüzeyaltı Akışının Akarsuya Katkısı (LATERAL SOIL Q)	31.980
Yeraltısuyunun Akarsuya Katkısı (GROUNDWATER (DEEP AQ) Q)	52.170
Sığ Akiferden Bitki/Toprak Profiline Geçen Su Miktarı (REVAP (SHAL AQ => SOIL/PLANTS))	50.140
Derin Akifer Besleme (DEEP AQ RECHARGE)	70.910
Her İki Akifere Giren Su Miktarı (TOTAL AQ RECHARGE)	173.200
Hru'lardan Akarsuya Geçen Su Verimi (TOTAL WATER YLD)	153.050
Toprak Profilinin Altına Sızan Su Miktarı (PERCOLATION OUT OF SOIL)	193.170
Gerçek Evapotranspirasyon (ET)	429.500
Potansiyel Evapotranspirasyon (PET)	514.800

ArcSWAT programının 2010 su yılına ait nitrat raporu aşağıda verilmektedir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. 2010 hidrolojik yılına ait ArcSWAT programı Nitrat özet çıktı dosyası

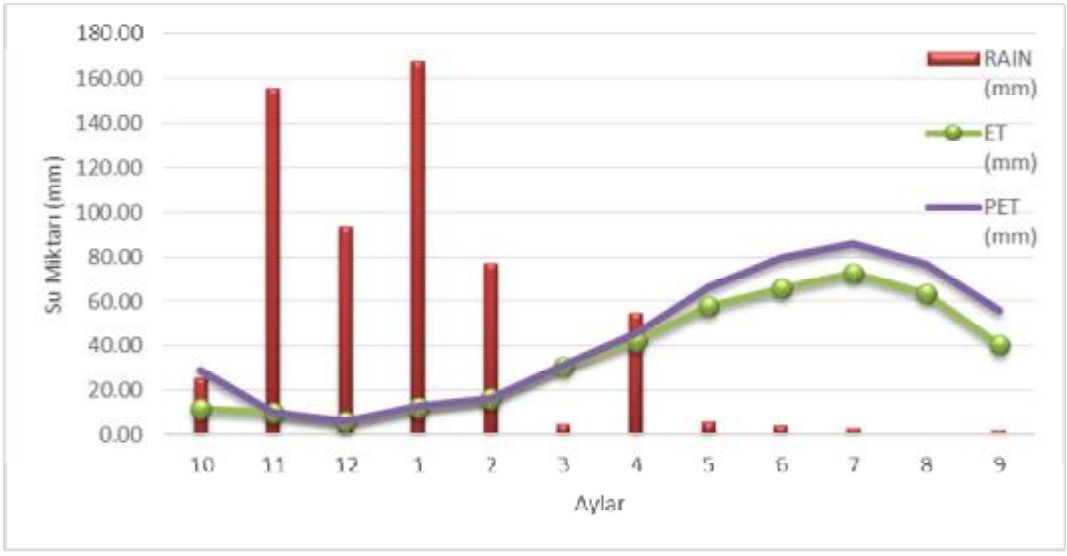
NİTRAT İÇİN ORTALAMA YILLIK HAVZA DEĞERLERİ (AVERAGE ANNUAL BASIN VALUES, NUTRIENTS)	**kg/ha**
Organik Azot Miktarı (ORGANIC N)	0.025
Yüzeysel Akıştan Akarsuya Nitrat Yükü Miktarı NO3 YIELD (SQ) (to Stream in Surface Runoff)	0.561
Yüzeyaltı Akıştan Akarsuya Nitrat Yükü Miktarı NO3 YIELD (LAT) (to Stream in Lateral Flow)	3.639
Toprak Profilinin Altına Sızan Nitrat Miktarı NO3 LEACHED	113.722
Bitki Azot Alımı (N UPTAKE)	75.276
Uygulanan Azot Miktarı (FERTILIZER APPLIED)	88.345
Denitrifikasyon Nedeni İle Kaybolan Azot Miktarı (DENITRIFICATION)	45.654
Aktif Organiklerden Azota Geçen Miktar (HUMUS MIN ON ACTIVE ORG N)	1.202
Yağıştan Toprağa Geçen Nitrat Miktarı (NO3 IN RAINFALL)	23.041
Başlangıçta Topraktaki Nitrat Miktarı (INITIAL NO3 IN SOIL)	167.603
Nihai Topraktaki Nitrat Miktarı (FINAL NO3 IN SOIL)	28.108
Başlangıçta Topraktaki Organik Azot Miktarı (INITIAL ORG N IN SOIL)	102.366
Nihai Topraktaki Organik Azot Miktarı (FINAL ORG N IN SOIL)	131.776
Uygulanan Nitrat Azotu Miktarı (NO3 IN FERT)	17.188
Uygulanan Amonyak Miktarı (AMMONIA IN FERT)	71.157
Kaldırılan Azot Miktarı (N REMOVED IN YIELD)	33.452
Amonyak Buharlaşması (AMMONIA VOLATILIZATION)	13.982
Amonyak Nitrifikasyonu (AMMONIA NITRIFICATION)	55.997
Toprak Profilinde Yukarı Hareket Eden Nitrat Miktarı NO3 EVAP-LAYER 2 TO 1	176.644

2010 hidrolojik yılında, mayıs-eylül ayları arasında çalışma alanına düşen yağış toplamı 14.2 mm dir. Yaz aylarındaki yüksek evapotranspirasyon sebebi ile yüzeysel akışa geçen su miktarını ve dolayısı ile sediment taşınımını minimuma indirmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. 2010 Hidrolojik Yılı Su Bütçesi

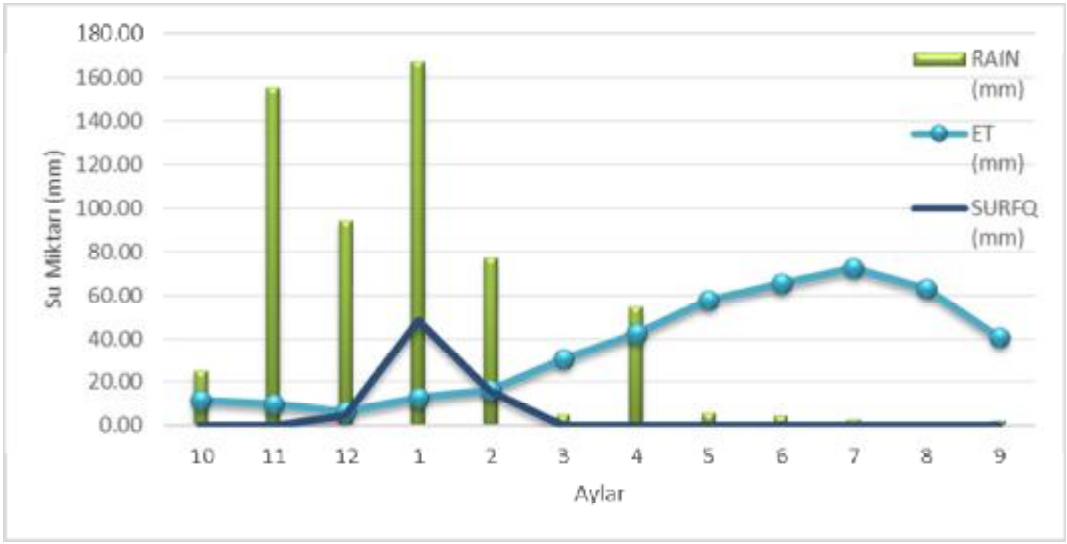
ORTALAMA AYLIK HAVZA DEĞERLERİ (AVERAGE MONTHLY BASIN VALUES)							
MON	RAIN (mm)	SURFQ (mm)	LATQ (mm)	WATER YIELD (mm)	ET (mm)	SED YIELD (T/ha)	PET (mm)
10	25.00	0.00	0.00	0.00	11.78	0.00	28.82
11	155.60	0.09	3.74	3.83	9.92	0.00	10.02
12	93.80	4.59	5.46	10.11	6.23	0.03	6.29
1	167.40	48.30	10.30	59.65	12.58	0.67	12.67
2	76.80	15.74	3.31	21.98	16.17	0.18	16.35
3	4.60	0.00	1.41	9.34	30.63	0.00	31.06
4	54.60	0.06	0.06	7.78	44.25	0.00	45.81
5	5.60	0.00	0.03	7.65	60.26	0.00	66.28
6	4.00	13.88	3.53	24.01	64.10	0.00	79.48
7	2.60	14.21	3.30	23.79	69.60	0.00	85.61
8	0.00	8.75	1.10	16.03	60.90	0.00	76.59
9	2.00	2.47	0.32	8.50	40.01	0.00	55.80
TOP.	**592.00**	**108.09**	**32.56**	**192.67**	**426.43**	**0.88**	**514.78**

Su verimi olarak tanımlanan “water yield” değerinin düşük çıkmasının sebebi 2009 hidrolojik yılı su bütçesi için yapılan değerlendirmede bahsedilmişti. 2010 hidrolojik yılı su bütçesi içinde aynı değerlendirmede bulunulabilir.



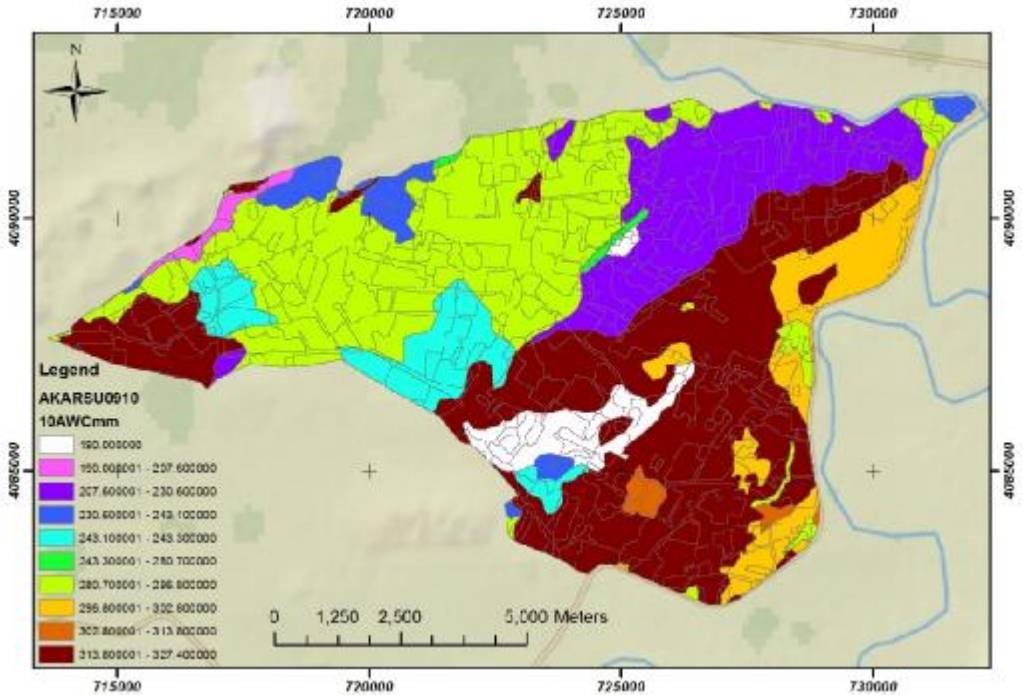
Şekil 4.25. 2010 hidrolojik yılına ait yağış miktarı, gerçek ve potansiyel evapotranspirasyon arasındaki ilişki

Şekil 4.25'den de görüleceği üzere ocak ayından itibaren yükselişe geçen ET ve PET değerleri temmuz ayında maximum değerini almıştır. Yağış olmamasına rağmen bu kadar yüksek değerler almasının birinci sebebi sulamanın olmasıdır. Toprakta tutulan su miktarınında evapotranspirasyonun artmasında etkisi bulunmaktadır.



Şekil 4.26. 2010 hidrolojik yılına ait yağış miktarı , ET ve yüzey akışı arasındaki ilişki

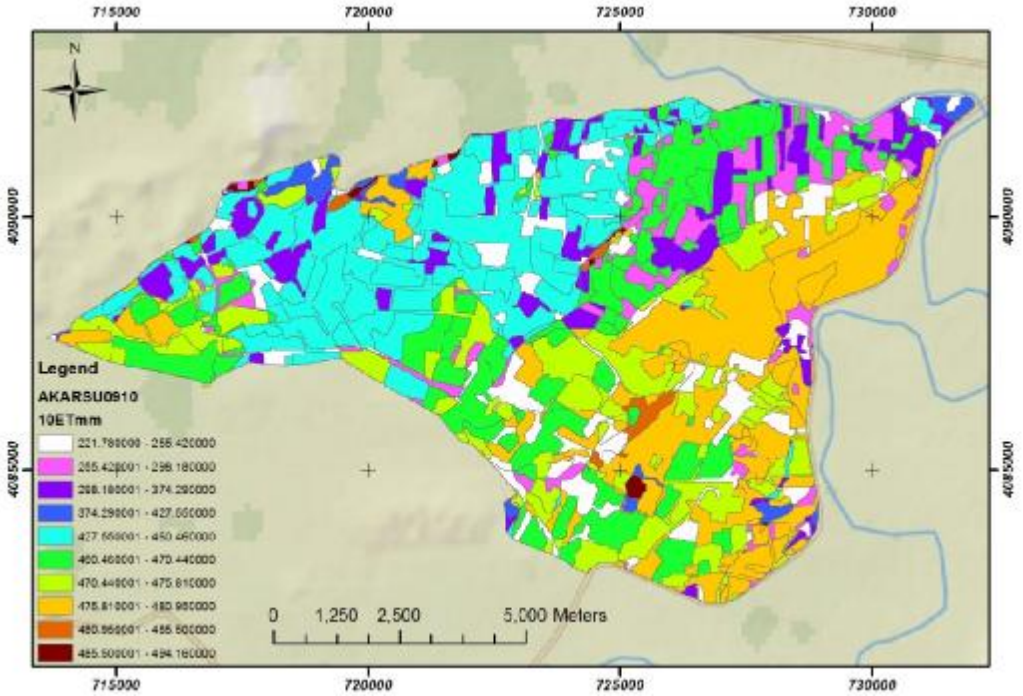
Şekil 4.26'da görüldüğü gibi mart ayından sonra yüzeysel akışa geçen su miktarı minimuma inmektedir. Ocak ayında çalışma alanına düşen yağış yüzeysel akış miktarını arttırmış olsada devam eden aylarda bitkilerinin su ihtiyacından ve yaz aylarında çalışma alanındaki yüksek evaporasyon sebebiyle yüzeysel akışa geçen su miktarı minimuma inmiştir.



Şekil 4.27. 2010 hidrolojik yılına ait tarla kapasitesi toprak profilinde tutulan su miktarı (mm)

2010 hidrolojik yılı için 54 hidrolojik tepki biriminin (HRU) ortalaması 268.05 mm dir. En Büyük AWC değeri 327.40 mm ile Arıklı toprak serisine, en küçük AWC değeri ise 190.00 mm ile Arpacı toprak serisine aittir (Şekil 4.27).

Toprak serileri temelinde incelenecek olursa; Arıklı serisi için ortalama 327.40 mm, Arpacı serisi için ortalama 190.00 mm, Baharlı serisi için ortalama 323.50 mm, Çanakçı serisi için ortalama 302.80 mm, Gemisure serisi için ortalama 243.30 mm, Helvacı serisi için ortalama 207.60 mm, İncirlik serisi için ortalama 296.80 mm, İnnaplı serisi için ortalama 280.70 mm, Misis serisi için ortalama 243.10 mm, Mürsel serisi için ortalama 313.80 mm ve Yenice serisi için ortalama 230.60 mm dır.

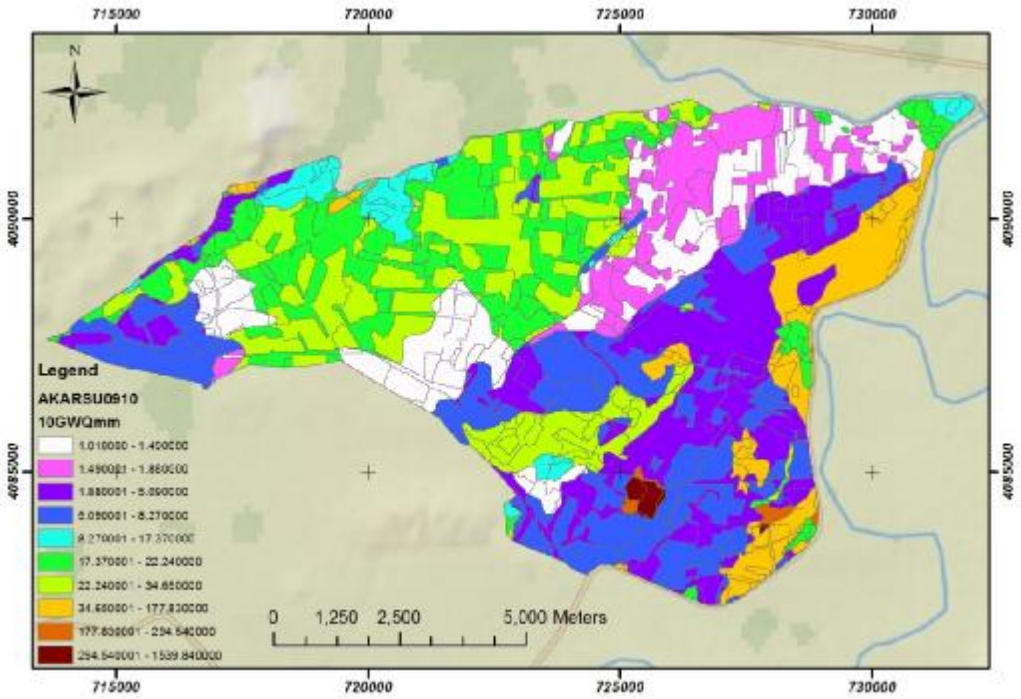


Şekil 4.28. 2010 hidrolojik yılına ait gerçek evapotranspirasyon (mm)

2010 hidrolojik yılı için 54 HRU' nun ortalaması 425.74 mm dir. En Büyük ET değeri 494.16 mm ile Mürsel toprak serisindeki buğday-mısır münavebesine ait olup en küçük ET değeri ise 221.78 mm ile Helvacı toprak serisindeki Boş alana aittir (Şekil 4.28).

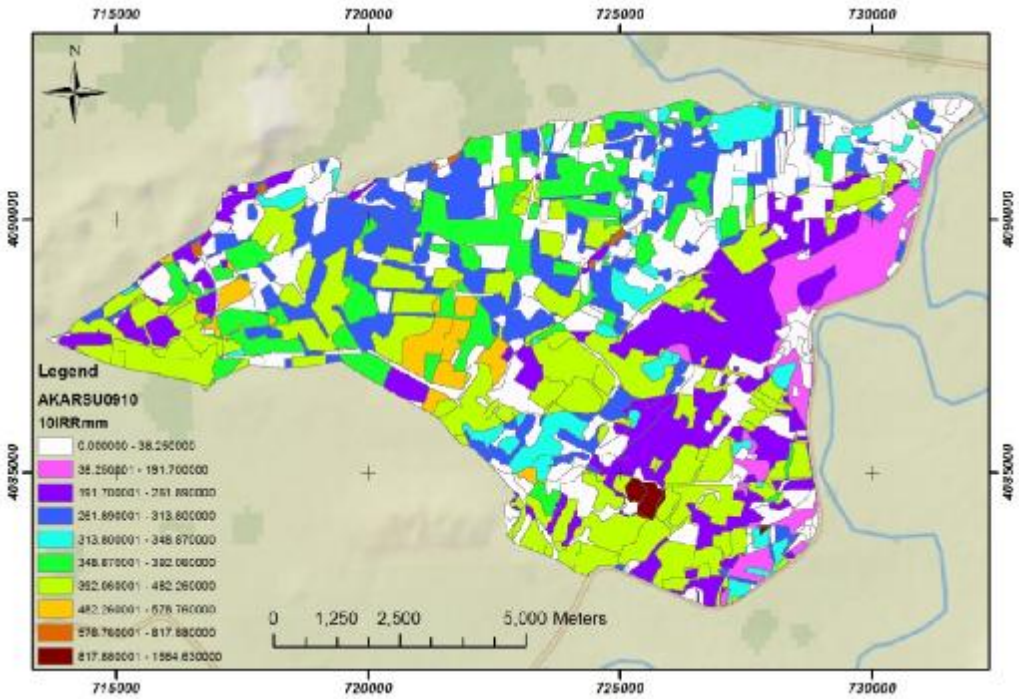
Bitki deseni temelinde incelenecek olursa; Mısır bitkisi için ortalama 472.42 mm, Pamuk bitkisi için ortalama 470.83 mm, Turunçgiller için ortalama 446.94 mm, Buğday-Mısır münavebesi için ortalama 475.36 mm ve Boş alan için ortalama 267.39 mm dir.

Bitki deseni baz alınarak yapılan incelemede ortalama ET değeri en küçük olan boş alan ve ET değeri en yüksek değer Buğday-Mısır münavebesine aittir. Boş alan ait değer hiçbir bitki deseni olmadığından sadece evaporasyondur.



Şekil 4.29. 2010 hidrolojik yılına ait yeraltısuyu ve yüzeyaltı suyunun anakanala katkısı (mm)

2010 hidrolojik yılı için 54 HRU' nun ortalaması 129.57 mm dir. En Büyük GWQ değeri 1539.84 mm ile Mürsel toprak serisindeki mısır bitkisine ait olup en küçük GWQ değeri ise 1.01 mm ile Gemisure toprak serisindeki Boş alana aittir (Şekil 4.29).

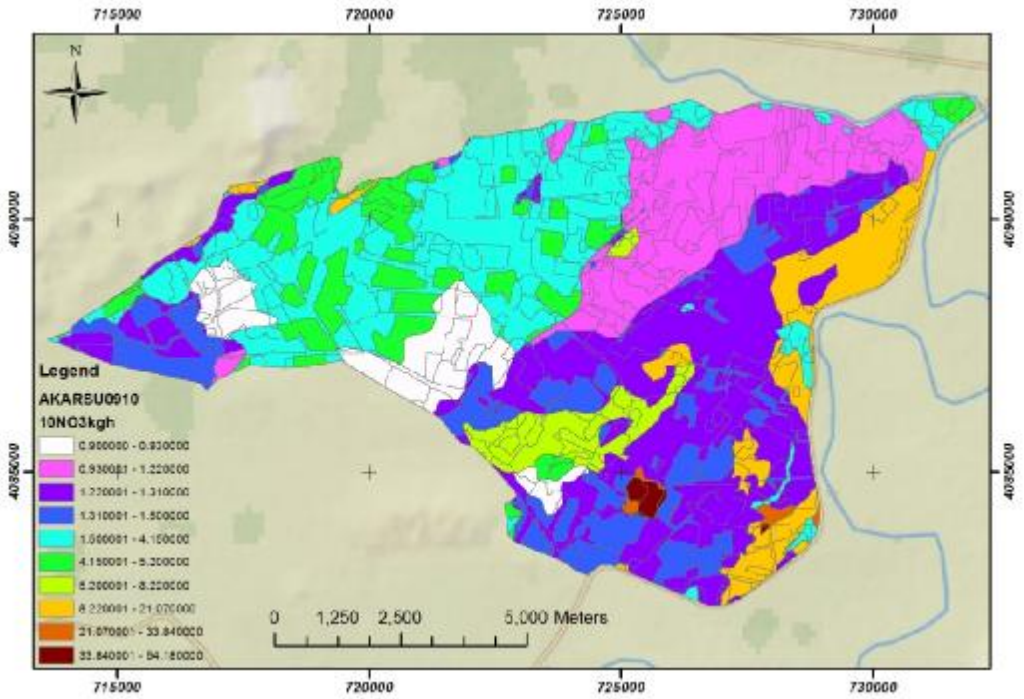


Şekil 4.30. 2010 hidrolojik yılına ait uygulanan sulama suyu miktarı (mm)

2010 hidrolojik yılı için sulama yapılan 43 HRU' nun ortalaması 443.62 mm dir. En Büyük IRR değeri 1664.63 mm ile Mürsel toprak serisindeki mısırı bitkisine ait olup en küçük IRR değeri ise 1.55 mm ile Yenice toprak serisindeki turunçgile aittir (Şekil 4.30).

Bitki deseni temelinde incelenecek olursa; Mısır bitkisi için ortalama 560.64 mm, Pamuk bitkisi için ortalama 576.33 mm, Turunçgiller için ortalama 162.94 mm, Buğday-Mısır münavebesi için ortalama 485.23 mm ve Boş alan için ortalama 0.00 mm dir.

Otomatik sulamada toprak su içeriğinin baz alınmasından dolayı ayrıca toprak serilerine göre uygulanan sulama suyu miktarı incelenmiş olup; Arıklı serisi için ortalama 401.88 mm, Arpacı serisi için ortalama 298.77 mm, Baharlı serisi için ortalama 283.16 mm, Çanakçı serisi için ortalama 296.55 mm, Gemisure serisi için ortalama 422.21 mm, Helvacı serisi için ortalama 517.49 mm, İncirlik serisi için ortalama 290.93 mm, İnnaplı serisi için ortalama 617.69 mm, Misis serisi için ortalama 237.26 mm, Mürsel serisi için ortalama 1220.57 mm ve Yenice serisi için ortalama 253.27 mm olarak bulunmuştur.

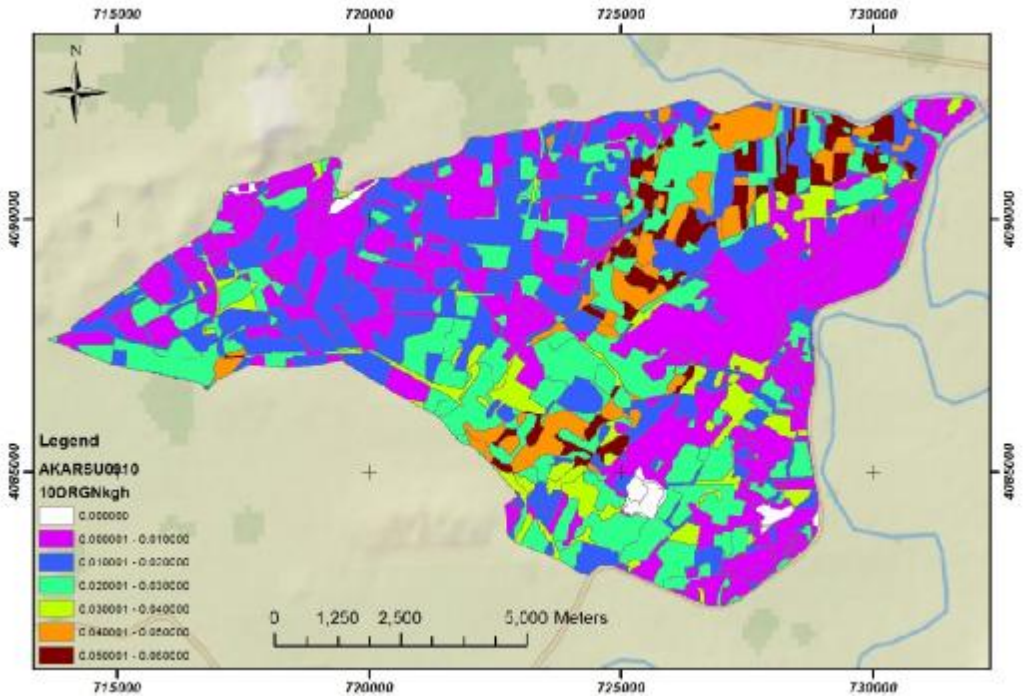


Şekil 4.31. 2010 hidrolojik yılına ait yüzeysel ve yüzeyaltı akışındaki nitrat miktarı (kg N/ha)

2010 hidrolojik yılı için 54 HRU' nun ortalaması 9.65 kg N/ha dir. En Büyük NO3 değeri 54.18 kg N/ha ile Mürsel toprak serisindeki buğday-mısır münavebesine ait olup en küçük NO3 değeri ise 0.90 kg N/ha ile Gemisure toprak serisindeki Turunçgil ve Boş alana aittir (Şekil 4.31).

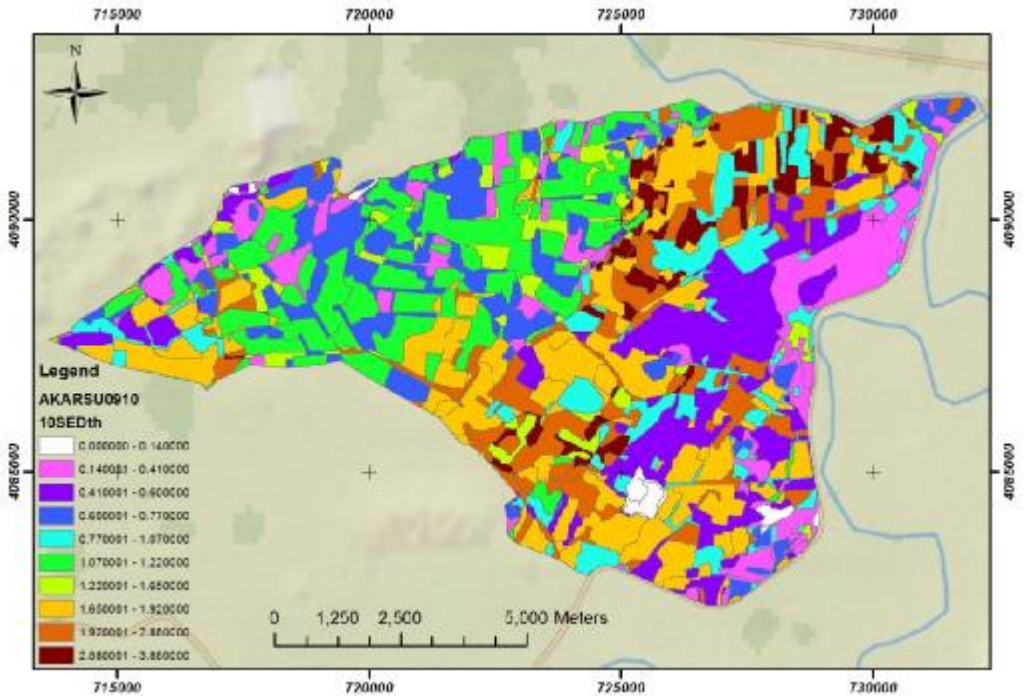
Bitki deseni temelinde incelenecek olursa; Mısır bitkisi için ortalama 9.06 kg N/ha, Pamuk bitkisi için ortalama 10.76 kg N/ha, Turunçgiller bitkisi için ortalama 8.88 kg N/ha, Buğday-mısır münavebesi olan tarlalar için 10.65 kg N/ha ve Boş alanlar için ise 9.74 kg N/ha bulunmuştur.

Toprak serileri temelinde incelenecek olursa; Arıklı serisi için ortalama 1.33 kg N/ha, Arpacı serisi için ortalama 8.11 kg N/ha, Baharlı serisi için ortalama 20.84 kg N/ha, Çanakçı serisi için ortalama 19.48 kg N/ha, Gemisure serisi için ortalama 0.91 kg N/ha, Helvacı serisi için ortalama 1.32 kg N/ha, İncirlik serisi için ortalama 4.19 kg N/ha, İnnaplı serisi için ortalama 1.31 kg N/ha, Misis serisi için ortalama 5.15 kg N/ha, Mürsel serisi için ortalama 44.52 kg N/ha ve Yenice serisi için ortalama 1.19 kg N/ha dır.



Şekil 4.32. 2010 hidrolojik yılına ait yüzeysel akıştaki organik N miktarı (kg N/ha)

2010 hidrolojik yılı için 54 HRU' nun ortalaması 0.02 kg N/ha dir. En Büyük ORGN değeri 0.06 kg N/ha ile Arpacı ve Yenice toprak serilerindeki Boşa alana ait olup en küçük ORGN değeri ise 0.00 kg N/ha ile Mürsel toprak serisindeki tüm bitki deseni ile Baharlı toprak serisindeki buğday-mısır münavebesi ve turunçgile aittir (Şekil 4.32).



Şekil 4.33. 2010 hidrolojik yılına ait sediment miktarı (ton/ha)

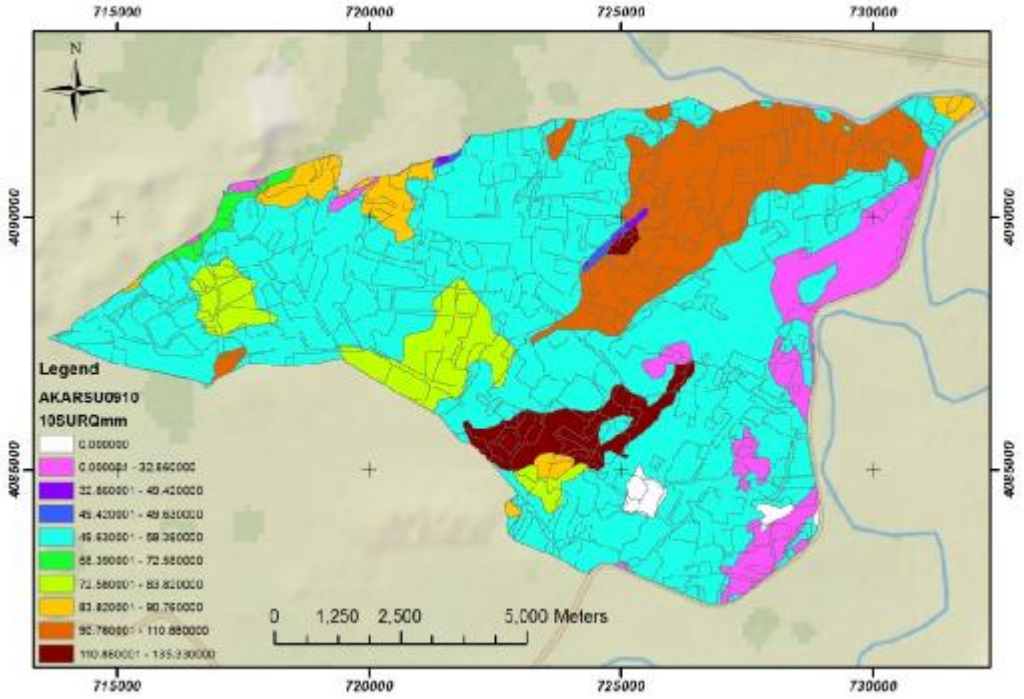
2010 hidrolojik yılı için 54 HRU' nun ortalaması 1.19 ton/ha dir. En Büyük SED değeri 3.88 ton/ha ile Yenice toprak serisindeki Boş alana ait olup en küçük SED değeri ise 0.00 ton/ha ile Mürsel toprak serisindeki tüm bitki desenine aittir (Şekil 4.33).

Bitki deseni temelinde incelenecek olursa; Mısır bitkisi için ortalama 1.42 ton/ha, Pamuk bitkisi için ortalama 1.36 ton/ha, Turunçgiller için ortalama 0.51 ton/ha, Buğday-Mısır münavebesi için ortalama 0.82 ton/ha ve Boş alanlar için ise ortalama 1.84 ton/ha bulunmuştur.

Toprak serileri temelinde incelenecek olursa; Arıklı serisi için ortalama 1.49 ton/ha, Arpacı serisi için ortalama 2.29 ton/ha, Baharlı serisi için ortalama 0.30 ton/ha, Çanakçı serisi için ortalama 0.56 ton/ha, Gemisure serisi için ortalama 1.58 ton/ha, Helvacı serisi için ortalama 1.01 ton/ha, İncirlik serisi için ortalama 0.97 ton/ha, İnnaplı serisi için ortalama 0.70 ton/ha, Misis serisi için ortalama 1.50 ton/ha, Mürsel serisi için ortalama 0 ton/ha ve Yenice serisi için ortalama 2.48 ton/ha dır.

Bitki deseni ve toprak serisi olarak ayrı ayrı sediment miktarı incelenmiş olup, boş alanlarda sediment miktarının 1.84 ton/ha ile en yüksek değeri aldığı, Turunçgil bahçelerinde ise 0.51 ton/ha ile en düşük değeri aldığı, arazi üzerinde

bitkinin mevcut olmasının sediment miktarını azalttığını göstermektedir. Ayrıca yüzeysel akışın 0.00 mm olduğu Mürsel toprak serisinde sediment miktarınında 0.00 ton/ha olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.34. 2010 hidrolojik yılına ait yüzeysel akıştaki su miktarı (mm)

2010 hidrolojik yılı için 54 HRU' nun ortalaması 66.21 mm dir. En Büyük SURQ değeri 135.33 mm ile Arpacı toprak serisindeki Pamuk bitkisine ait olup en küçük SURQ değeri ise 0.00 mm ile Mürsel toprak serisindeki tüm bitki desenine aittir (Şekil 4.34).

Bitki deseni temelinde incelenecek olursa; Mısır bitkisi için ortalama 68.74 mm, Pamuk bitkisi için ortalama 65.61 mm, Turunçgiller için ortalama 65.75 mm, Buğday-Mısır münavebesi için ortalama 65.74 mm ve Boş alanlar için ise ortalama 65.41 mm bulunmuştur.

Toprak serileri temelinde incelenecek olursa; Arıklı serisi için ortalama 58.11 mm,

Arpacı serisi için ortalama 134.79 mm, Baharlı serisi için ortalama 32.78 mm, Çanakçı serisi için ortalama 31.30 mm, Gemisure serisi için ortalama 83.54 mm, Helvacı serisi için ortalama 72.43 mm, İncirlik serisi için ortalama 58.18 mm, İnnaplı

serisi için ortalama 49.50 mm, Misis serisi için ortalama 0.46 mm, Mürsel serisi için ortalama 0.00 mm ve Yenice serisi için ortalama 110.50 mm dir.

4.2. SWAT-CUP Kalibrasyon Sonuçları

SWAT-CUP programı ile kalibrasyon yapılan zaman aralığı 2009 takvim yılıdır (Julian günü). Programın çalışma mantığı olarak 01 Ocak tarihi ile 31 Aralık tarihi aralığını baz almaktadır.

14. iterasyon sonucunda 1000 defa koşturulan modelin performans istatistiksel değerleri aşağıdaki gibidir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Kalibrasyon sonucu model performans istatistik değerleri

Variable	p-factor	r-factor	R2	NSE	bR2	MSE	SSQR	PBIAS	RSR	VOL_FR
FLOW_OUT_1	0.78	1.79	0.60	0.57	0.4489	1.40E+00	3.70E-01	2.50	0.66	1.03
NO3_OUT_1	0.34	1.13	0.59	0.34	0.4147	1.50E+06	5.70E+05	44.00	0.81	1.79

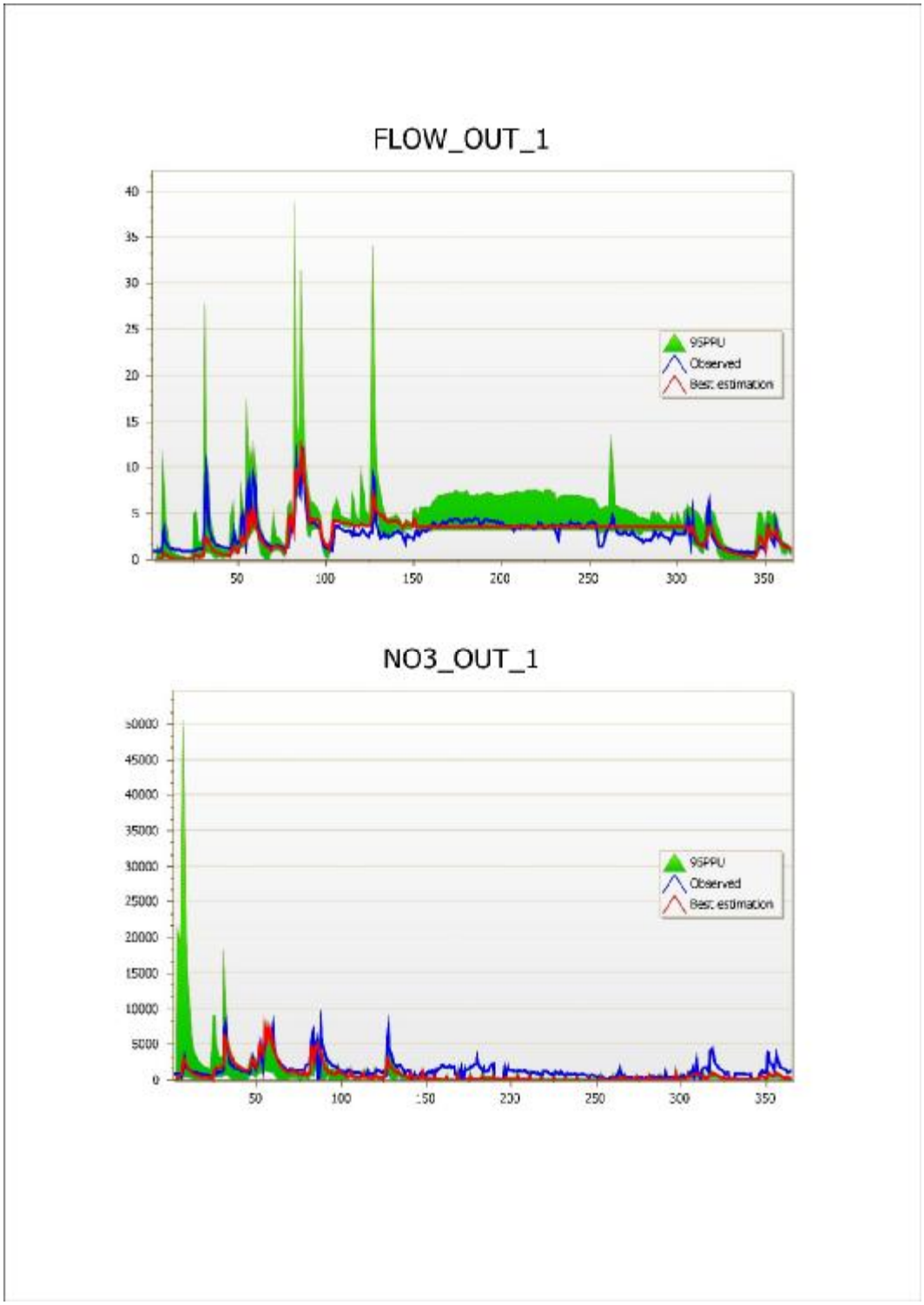
SWAT-CUP programı ile yapılan kalibrasyon sırasında kullanılan parametrelerin alabileceği en büyük ve en küçük değerler çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Kalibre edilen parametrelerin alabileceği değerler

Parametre Adı	Min. değer	Max. değer
1:V__CN2.mgt	35	98
2:V__ALPHA_BF.gw	0	1
3:V__GW_DELAY.gw	0	500
4:V__GWQMN.gw	0	5000
5:V__GW_REVAP.gw	0.02	0.2
6:V__ESCO.hru	0	1
7:V__EPCO.hru	0	1
8:V__CH_N2.rte	0	0.3
9:V__CH_K2.rte	0	500
10:V__SLSUBBSN.hru	10	150

Çizelge 4.12. (Devamı)

11:V__ALPHA_BNK.rte	0	1
12:V__SOL_AWC(..).sol	0	1
13:V__SOL_K(..).sol	0	2000
14:V__SOL_BD(..).sol	0.9	2.5
15:V__REVAPMN.gw	0	500
16:V__OV_N.hru	0.01	30
17:V__SURLAG.bsn	0.05	24
18:V__FLOWFR.mgt	0	1
19:V__FLOWMIN.mgt	0	100
20:V__DIVMAX.mgt	0	150
21:V__AUTO_WSTRS{..}.mgt	0	1
22:V__IRR_EFF{..}.mgt	0	1
23:V__IRR_MX{..}.mgt	0	100
24:V__IRR_ASQ{..}.mgt	0	1
25:V__CDN.bsn	0	3
26:V__RCN.bsn	0	15
27:V__CMN.bsn	0.001	0.003
28:V__SDNCO.bsn	0	1
29:V__RSDCO.bsn	0.02	0.1
30:V__SOL_ORGN(..).chm	0	100
31:V__BC3.swq	0.2	0.4
32:V__AI1.wwq	0.07	0.09
33:V__HLIFE_NGW.gw	0	200
34:V__BIOMIX.mgt	0	1
35:V__SOL_NO3(..).chm	0	100
36:V__USLE_K(..).sol	0	0.65
37:V__CH_COV2.rte	0	1
38:V__RCHRG_DP.gw	0	1
39:V__HRU_SLP.hru	0	1
40:V__CNOP{..}.mgt	0	100



Şekil 4.35 Kalibrasyon sonucu gözlenen değerler, en iyi tahmin ve 95PPU grafiği

Şekil 4.35'de, kırmızı çizgi model sonucu en iyi tahmini, mavi çizgi gözlem değerlerini ve yeşil band ise %95 belirsizlik tahminini göstermektedir.

Şekil 4.35'de dikkat çeken bir durum ise, suyun modellenmesi sonucunda FLOW_OUT_1 grafiğinde sulama mevsimi başlamadan yani çalışma sahasına su verilmeye başlamadan önce, su girişinin sadece yağmur ile olduğu günlerde gözlenen değerler ile simülasyon sonucu elde edilen değerlerin çok uyumlu olduğu fakat sulama mevsimi başladıktan sonra simülasyon sonucu elde edilen değerlerin çoğunlukla düz bir grafik çizdiğidir. Çalışma sahasında, simülasyonun yapıldığı tarihlerde hangi bitkiye, hangi zamanda ve ne miktarda su verildiği yani sulamaya ait gözlem değerleri mevcut olmadığı için zorunlu olarak otomatik sulama kullanılmıştır. SWAT-CUP programı ile kalibrasyonu yapılan otomatik sulamaya ait parametrelerin modele girilmesi neticesinde böyle bir sonuç ile karşılaşılmıştır.

SWAT-CUP programı ile bulunan parametrelerin sonuç olmadığı bu parametrelerin nihayetinde hesaplamalar sonucunda bulunduğu göz ardı edilmemelidir. Kalibrasyon sonucunda bulunan parametrelerin doğada gerçekliği tecrübe ile kontrol edilmelidir. Örneğin kalibrasyon sonucunda SURLAG (yüzeysel akış gecikme katsayısı) negatif değer çıkmasına rağmen olması gereken değer aralığı 1 ile 24 dür.

Kalibrasyon sonucunda parametrelerin hassasiyeti ayrı bir inceleme konusudur. Bunun için parametrelere ait P-Value, t-stat ve Dotty plot değerleri iyi incelenmelidir. Dotty plots grafiklerinde SOL_K parametresine ait grafik incelendiğinde dağılımın nasıl bir bölgede yoğunlaştığı görülecektir (Şekil 4.36). Bu parametrenin de hassasiyeti en iyi parametrenin olduğu P-Value ve t-stat değerleri incelendiğinde görülecektir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Kalibrasyon sonucu Parametrelerin duyarlılığına ait değerler

Parameter Adı	t-Stat	P-Value
27:V__CMN.bsn	-0.001179	0.999060
37:V__CH_COV2.rte	0.096641	0.923031
21:V__AUTO_WSTRS{..}.mgt	-0.097064	0.922696
30:V__SOL_ORGN(..).chm	-0.124402	0.901023
17:V__SURLAG.bsn	-0.170794	0.864421
28:V__SDNCO.bsn	-0.170948	0.864300
11:V__ALPHA_BNK.rte	0.172479	0.863097
5:V__GW_REVAP.gw	-0.273019	0.784897
19:V__FLOWMIN.mgt	-0.428898	0.668094
26:V__RCN.bsn	0.431165	0.666445
10:V__SLSUBBSN.hru	0.487925	0.625715
31:V__BC3.swq	-0.506994	0.612276
4:V__GWQMN.gw	-0.532037	0.594824
9:V__CH_K2.rte	0.538005	0.590698
34:V__BIOMIX.mgt	0.611974	0.540700
15:V__REVAPMN.gw	-0.623790	0.532914
24:V__IRR_ASQ{..}.mgt	0.672459	0.501454
20:V__DIVMAX.mgt	0.683618	0.494382
2:V__ALPHA_BF.gw	0.736796	0.461427
23:V__IRR_MX{..}.mgt	0.763582	0.445304
6:V__ESCO.hru	-0.764593	0.444702
7:V__EPCO.hru	0.774320	0.438933
1:V__CN2.mgt	-0.798524	0.424764
39:V__HRU_SLP.hru	0.830943	0.406213
33:V__HLIFE_NGW.gw	0.916074	0.359858
3:V__GW_DELAY.gw	0.969617	0.332482
38:V__RCHRG_DP.gw	-0.998392	0.318341
8:V__CH_N2.rte	1.077471	0.281541

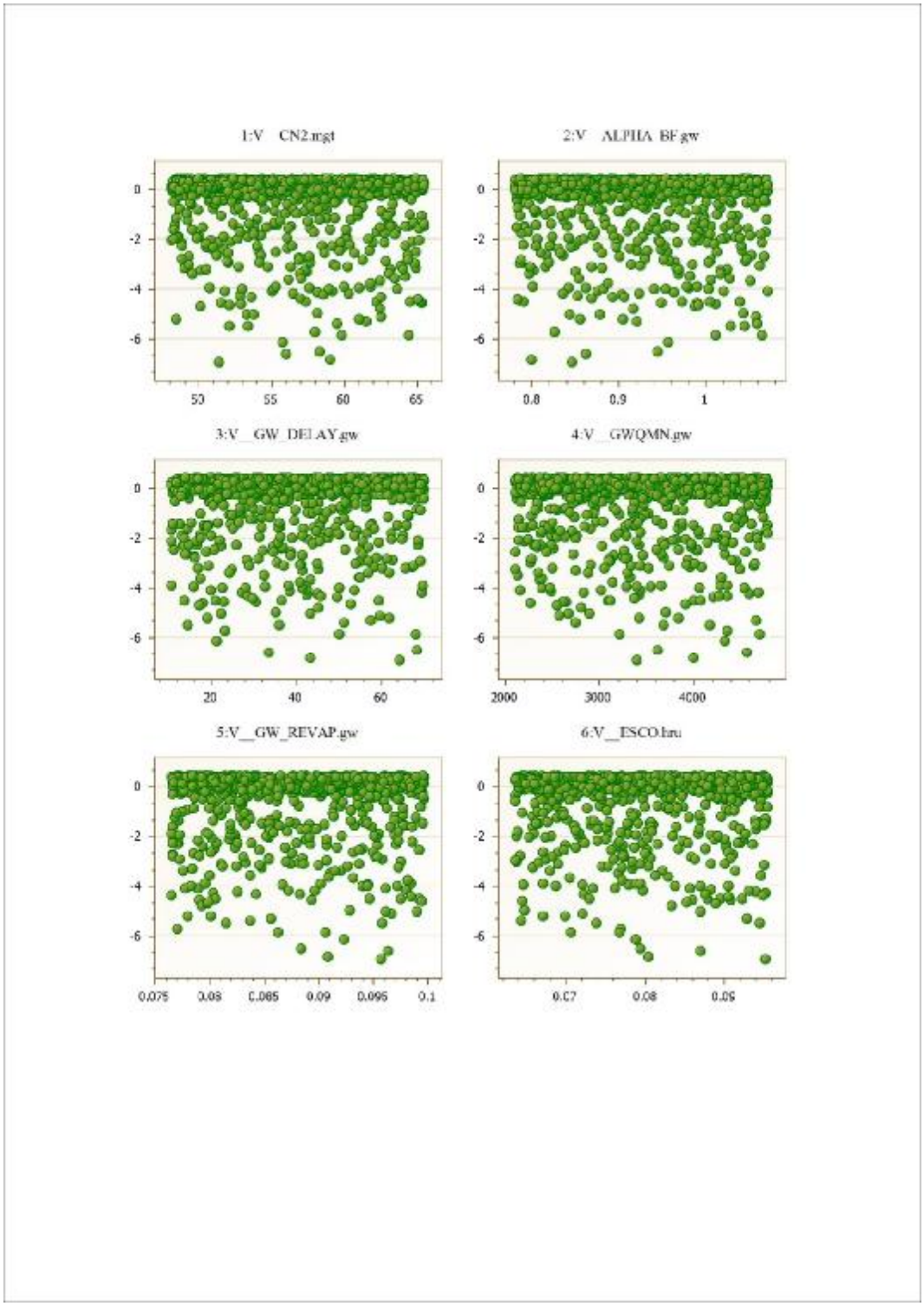
Çizelge 4.13. (Devamı)

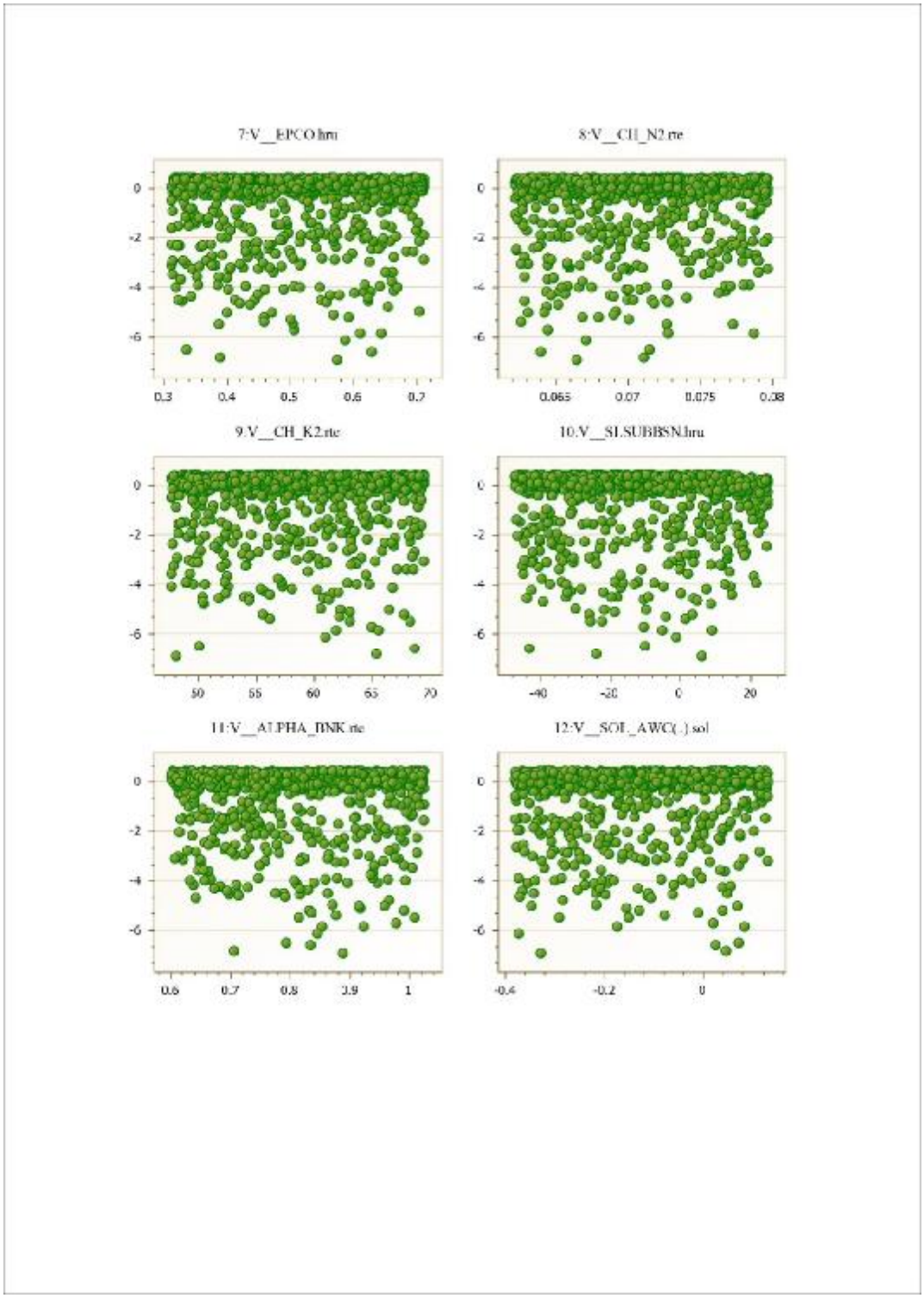
36:V__USLE_K(..).sol	-1.096632	0.273078
32:V__AI1.wwq	1.157783	0.247241
16:V__OV_N.hru	1.263449	0.206735
12:V__SOL_AWC(..).sol	1.433021	0.152178
40:V__CNOP{..}.mgt	-1.677502	0.093770
29:V__RSDCO.bsn	1.797955	0.072499
18:V__FLOWFR.mgt	2.050282	0.040608
22:V__IRR_EFF{..}.mgt	-2.985639	0.002902
35:V__SOL_NO3(..).chm	-3.195560	0.001441
25:V__CDN.bsn	3.241076	0.001232
14:V__SOL_BD(..).sol	-8.902613	0.000000
13:V__SOL_K(..).sol	-26.600305	0.000000

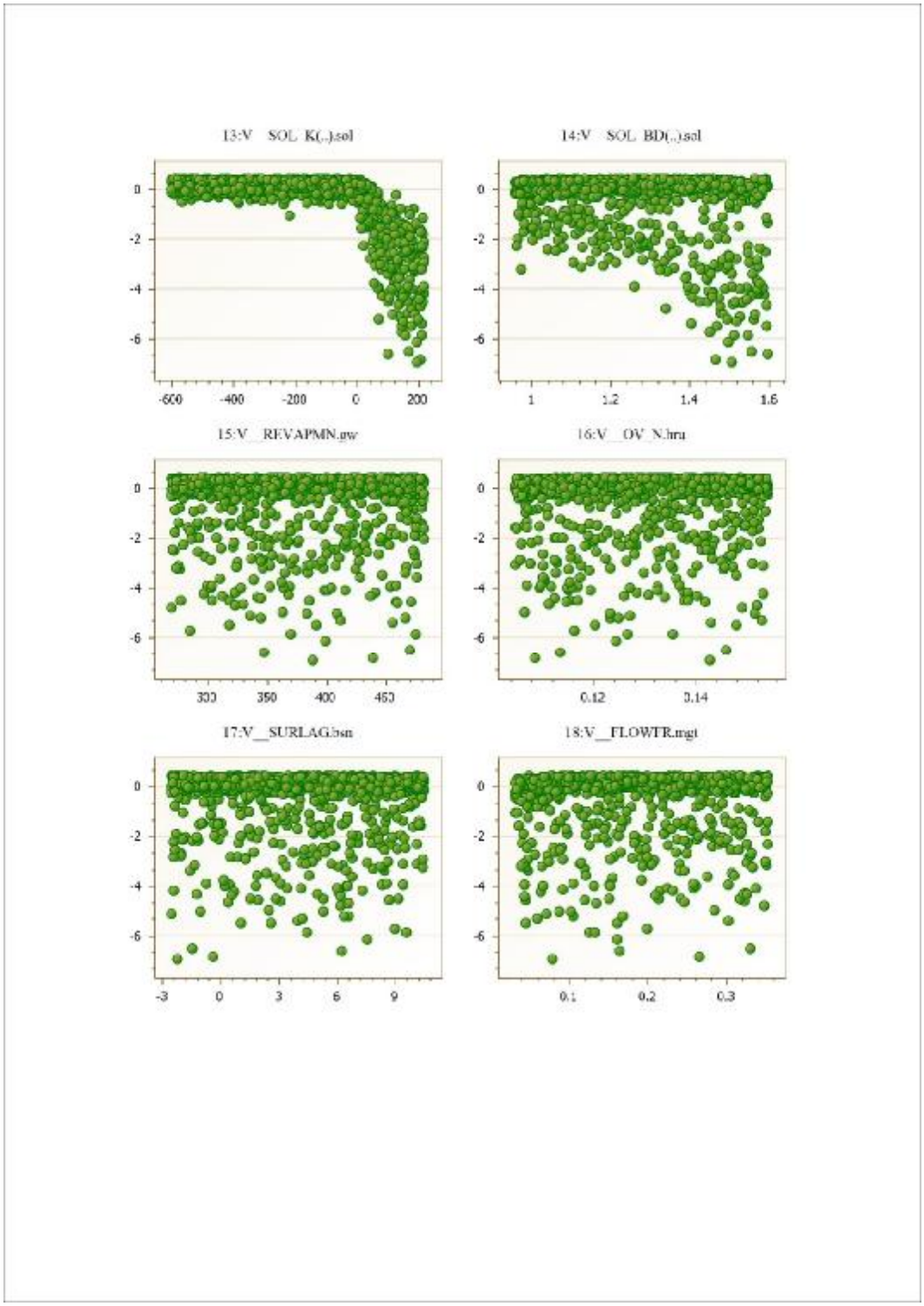
t-stat : Duyarlılığın ölçüsüdür. Büyüdükçe hassasiyet artıyor demektir.
p-value : Duyarlılığın önemidir. Sıfıra yaklaştıkça duyarlılığın öneminin artığını gösterir.

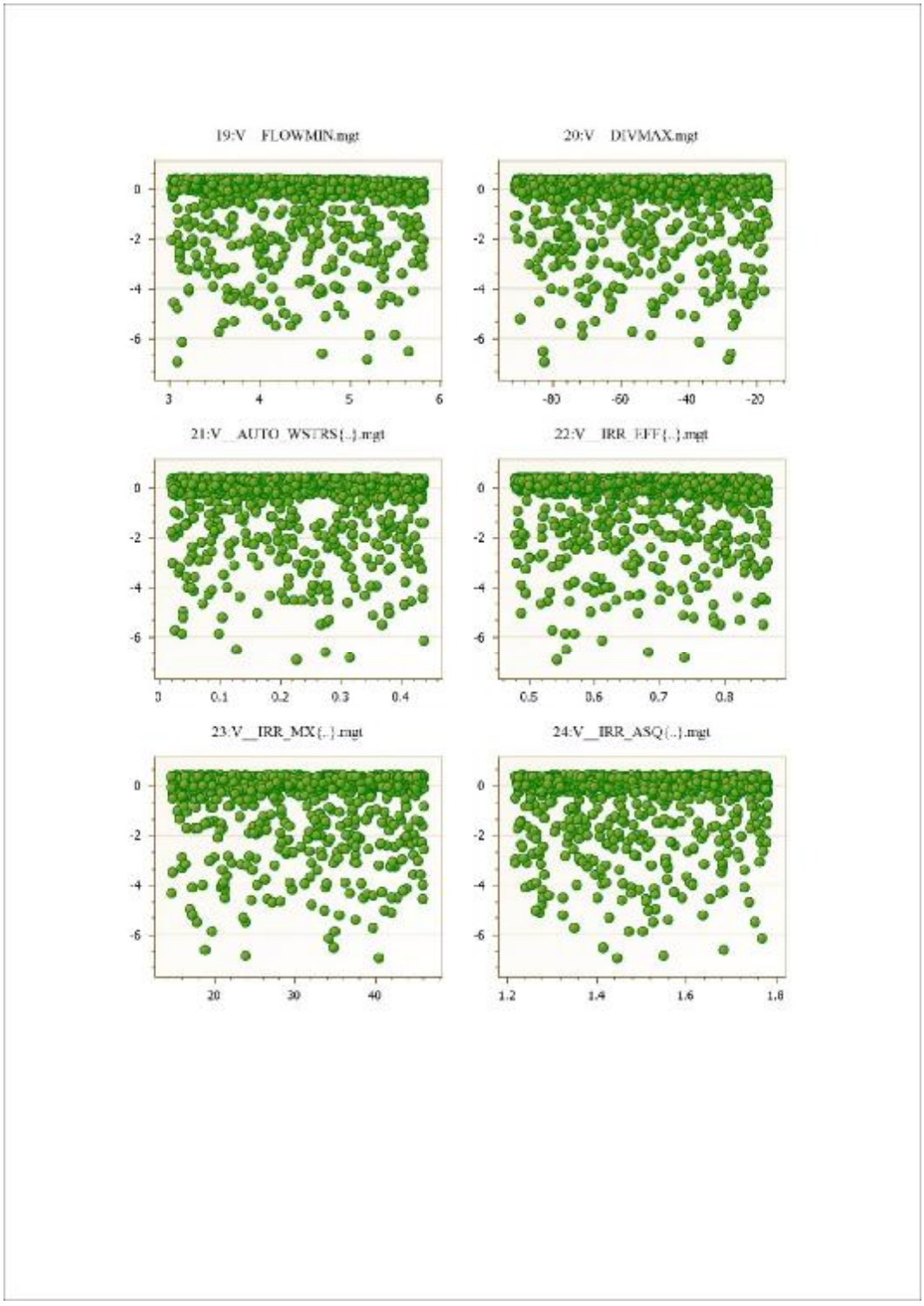
Bu grafiklerin temel amacı örnekleme noktalarının dağılımını göstermenin yanı sıra parametre hassasiyeti hakkında bir fikir vermektir.

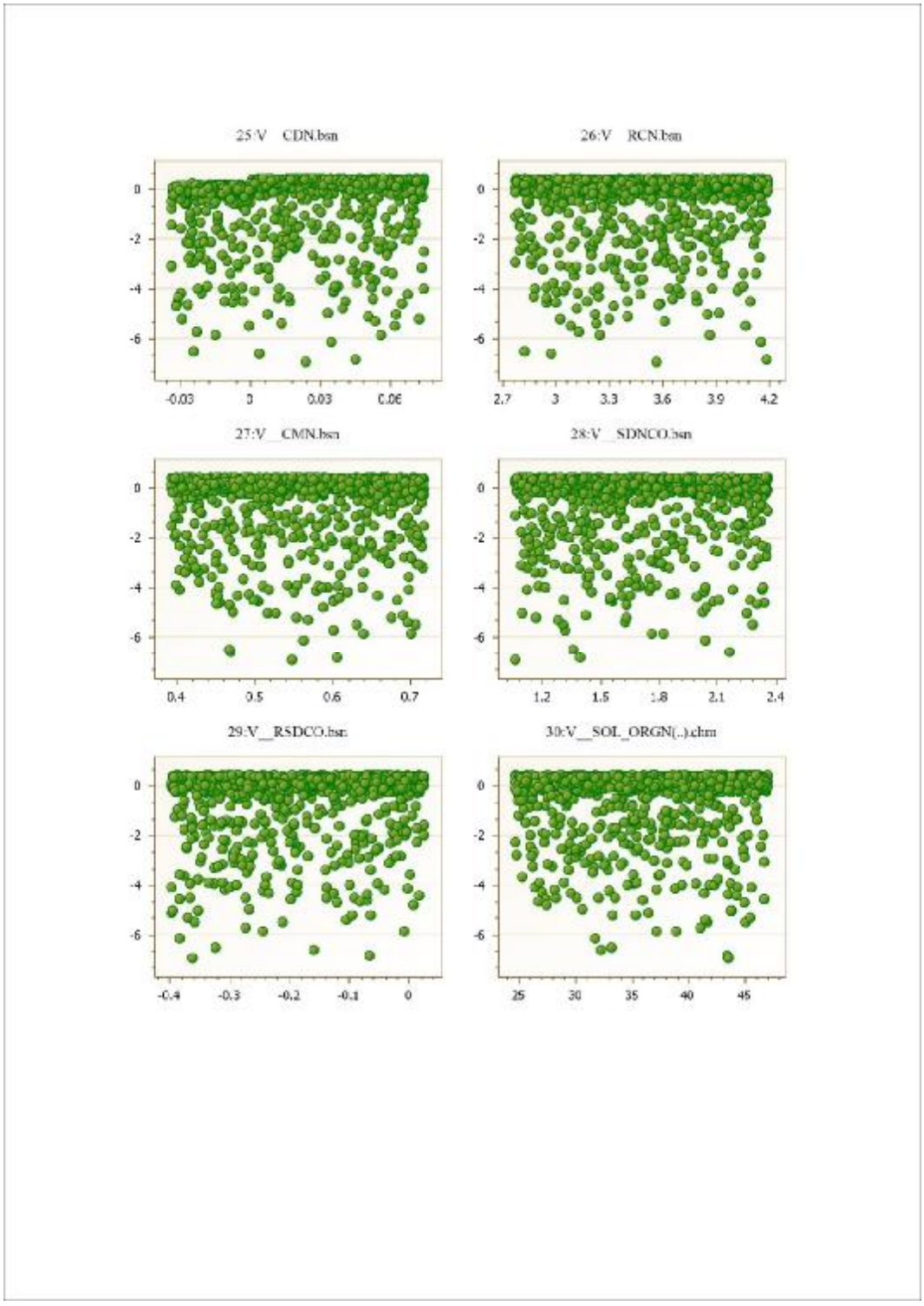
Her toplam SWAT parametre optimizasyonu karşı NSE katsayısı objektif fonksiyonu sonuçları aşağıda verilmektedir (Şekil 4.36).

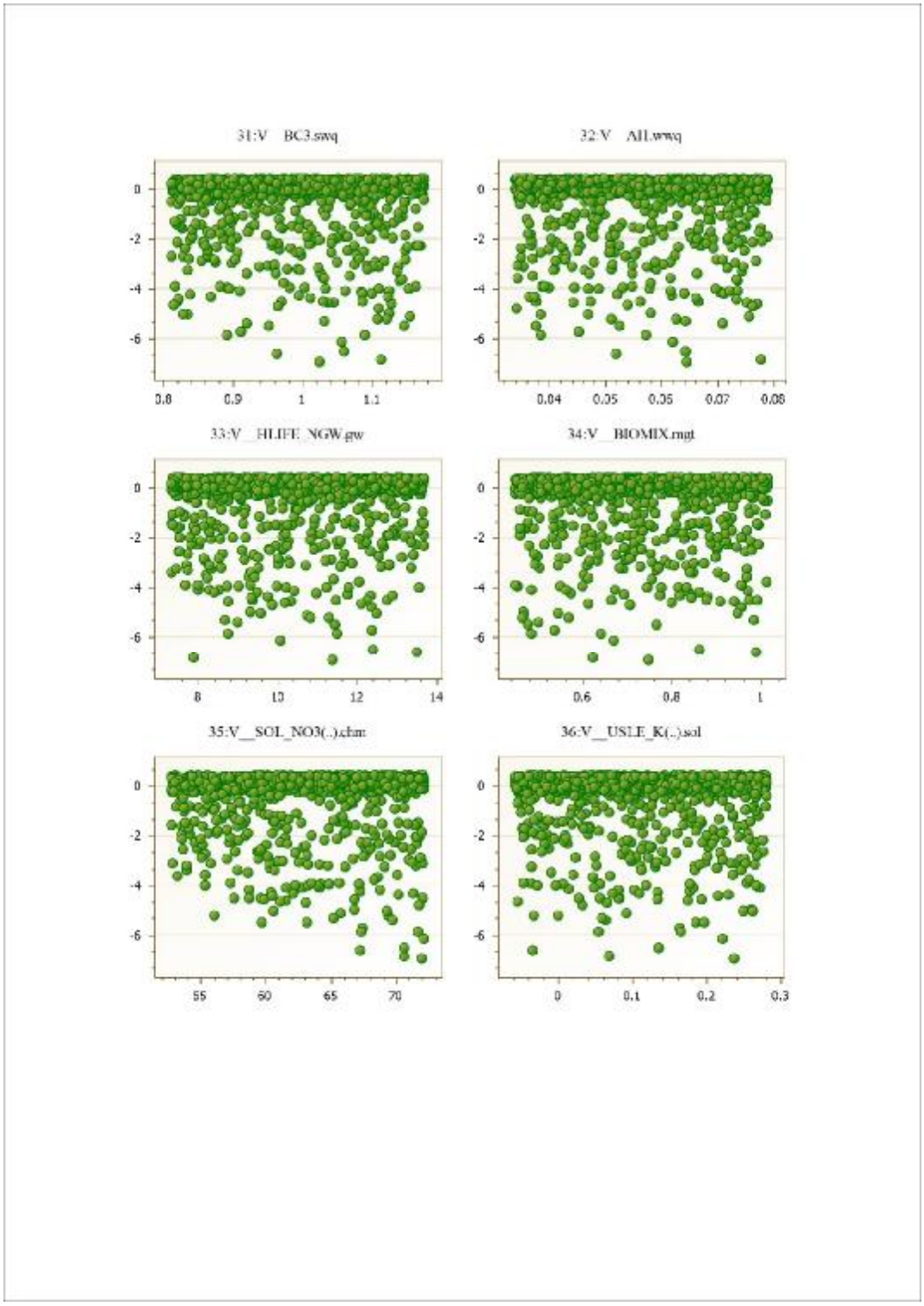

1:V__CN2.mgt
2:V__ALPHA_BF.gw
3:V__GW_DELAY.gw
4:V__GWQMN.gw
5:V__GW_REVAP.gw
6:V__ESCO.hru

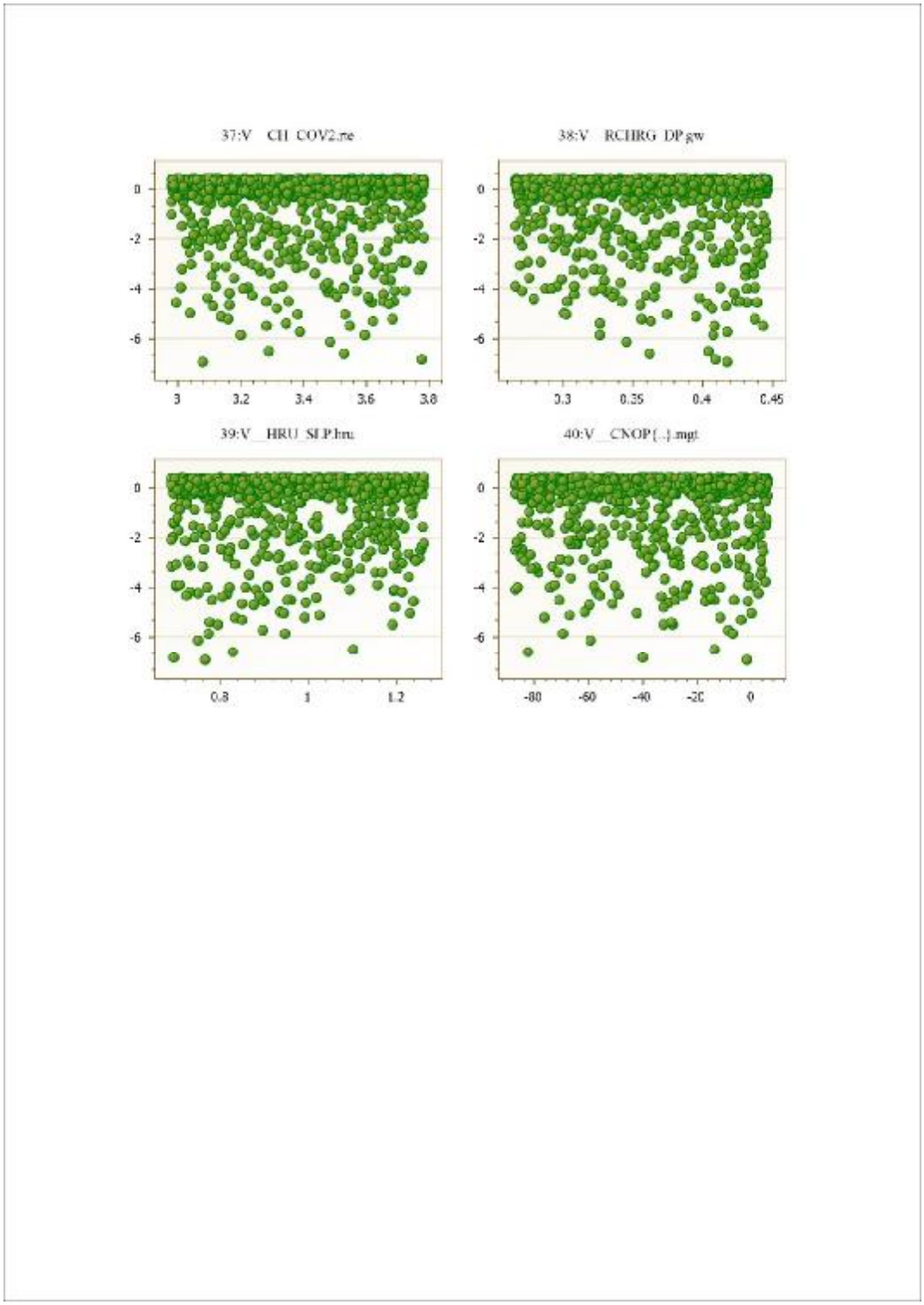

7:V__EPCO.hru
8:V__CH_N2.rte
9:V__CH_K2.rte
10:V__SLSUBBSN.hru
11:V__ALPHA_BNK.rte
12:V__SOL_AWC(..).sol


13:V__SOL_K(..).sol
14:V__SOL_BD(..).sol
15:V__REVAPMN.gw
16:V__OV_N.hru
17:V__SURLAG.bsn
18:V__FLOWTR.mgt


19:V__FLOWMIN.mgt
20:V__DIVMAX.mgt
21:V__AUTO_WSTRS{..}.mgt
22:V__IRR_EFF{..}.mgt
23:V__IRR_MX{..}.mgt
24:V__IRR_ASQ{..}.mgt


25:V__CDN.bsn
26:V__RCN.bsn
27:V__CMN.bsn
28:V__SDNCO.bsn
29:V__RSDCO.bsn
30:V__SOL_ORGN(..).chm


31:V__BC3.swq
32:V__All.wwq
33:V__HLIFE_NGW.gw
34:V__BIOMIX.mgt
35:V__SOL_NO3(..).chm
36:V__USLE_K(..).sol



Şekil 4.36. Kalibrasyon sonucu Tüm Parametrelere ait Noktasal dağılım grafiği (Dotty Plots), (yatay eksen: SWAT parametresinin optimize değeri, düşey eksen: NSE katsayısının objektif fonksiyonu)

Şekil 4.36'da verilen SWAT-CUP programı Dotty Plots çıktısında noktalar şu şekilde yorumlanabilir, modelin her koşturulmasında her parametre için değeri ve o değere ait NSE istatistik değerini bir nokta ile grafikte göstermektedir.

Yarı Kurak İklimli Akdeniz Bölgesi Tarım Alanlarında Tuzluluk Etkisini Azaltmak İçin Sulama Randımanlarının Analiz ve Optimizasyonu (Medsalin) (TÜBİTAK Proje No: 108O582) (Çetin ve ark., 2012) projesi kapsamında yapılan kalibrasyon sonuçları ile çalışma sonuçları karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Model karşılaştırması

MODEL ADI	AKIŞ İÇİN			NİTRAT İÇİN			KALİBRASYON TARİH ARALIĞI
	R^2	NSE	PBIAS	R^2	NSE	PBIAS	
J2000-S	0.319	0.077	2.304	0.105	-0.508	-13.180	01.06.2006-30.09.2008
SWAT	0.600	0.570	2.500	0.590	0.340	44.000	01.01.2009-31.12.2009

J2000-S modelinde Monte-Carlo yöntemi temel alınarak yapılmış, özellikle nitrata etki eden, denitrifikasyon faktörü (DNF), aktif organik azot mineralizasyon oran katsayısı (b_MIN), nitrat süzülme faktörü (b_NO3), organik tortu besin mineralizasyon oran katsayısı (b_RSD), azot alım parametresi (b_NDIST) ve nitrat geçiş faktörü (ICF) parametreleri olmak 6 adet parametre 2000 kez koşturulmuştur.

SWAT modelinde ise nitrata ait, Denitrifikasyon üstel oranı katsayısı (CDN), Yağış azot konsantrasyonu (RCN), Aktif organik besinlerin Humus mineralizasyonu oranı faktörü (CMN), Denitrifikasyon eşiği su içeriği (SDNCO), Nitrat sızma katsayısı (NPERCO), Kalıntı ayrışma katsayısı (RSDCO), Toprak tabakası içinde ilk organik N konsantrasyonu (SOL_ORGN), 20 °C'de kanalda organik N den NH4 hidroliz için sabit Oranı (BC3), Nitrojen alg biyokütlesinin Fraksiyon (AI1), Sığ akiferdeki nitrat yarı ömrü (HLIFE_NGW), Biyolojik karıştırma verimliliği (BIOMIX), İlk Toprak tabakası içindeki NO3 konsantrasyonu (SOL_NO3) olmak üzere 12 adet parametre 1000 kez koşturulmuştur.

Nitratın kalibrasyonu için SWAT modelinde daha fazla parametrenin kullanılması, istatistik sonuçlarında da görüleceği üzere daha iyi sonuç vermiştir.

Ayrıca Nitrata ait bu parametrelerin kalibrasyon sonucunda hassasiyet analizlerinde t-Stat ve P-Value istatistik sonuçları da incelenmiştir. Örneğin CDN (Denitrifikasyon üstel oranı katsayısı) parametresinin t-Stat değeri 3.241076 ve P-Value değeri 0.001232 olarak bulunmuştur. Bu değerlerde t-Stat'ın büyümesi hassasiyetin arttığını ve P-Value değerinin 0'a yaklaşması önemini derecesini göstermektedir. Ayrıca CDN parametresi, kalibrasyonu yapılan 40 parametrenin içinde en iyi tahmin edilen 3.parametre olduğu görülmektedir.

Yarı Kurak İklimli Akdeniz Bölgesi Tarım Alanlarında Tuzluluk Etkisini Azaltmak İçin Sulama Randımanlarının Analiz ve Optimizasyonu (Medsalin) (TÜBİTAK Proje No: 108O582) (Çetin ve ark., 2012) projesi kapsamında yağış ile çalışma alanına 2009 hidrolojik yılında 11.2 kg N/ha ve 2010 hidrolojik yılında 9.7 kg N/ha azot girdiği hesaplanmıştır. Bu değerler drenajdan çıkan azotun yaklaşık %20 sine tekabül etmektedir. Çalışma alanına yağış ile giren azotun önemli olduğu açıktır. Fakat günlük bazda çalışılan bu modelde her yağıştan sonra nitrat konsantrasyonun ölçülmesinin zorluğu da bilinmektedir.

Bundan dolayı SWAT modelinin girdi verilerinden olan RCN (Yağıştaki azot konsantrasyonu (mg/l)) parametresi ayrıca SWAT-CUP programı ile kalibre edilmiştir. Kalibrasyon sonucunda 3.892273 mg N/l olarak bulunmuştur. RCN parametresinin t-Stat değeri 0.431165 ve P-Value değeri ise 0.666445 bulunmuştur. 2009-2010 hidrolojik yıllarının simülasyonu sonucunda çalışma sahasına yağmur ile giren azot miktarı; 2009 hidrolojik yılında 33.423 kg N/ha ve 2010 hidrolojik yılında 23.041 kg N/ha bulunmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Akarsu test alanında daha önce j2000-S (Çetin ve ark., 2012) ve APEX hidrolojik modelleri (Cavero ve ark., 2011) çalışılmış olup SWAT programı ilk defa kullanılmıştır. J2000-S modelinde özellikle nitrat ile ilgili 6 adet parametre Monte-carlo yöntemi ile koşturulmuştur.

Çalışmada ArcMap10.1 üzerinde kurulan ArcSWAT ver 2012.10_1.15 yazılımı kullanılmış olup kalibrasyon için SWAT-CUP ver. 5.1.6.2 yazılımı kullanılmıştır. Bu çalışmamızda ise 20 su, 12 nitrat ve 8 bitki yönetimi ile ilgili 40 parametre SUFI-2 yöntemi ile koşturulmuştur. Çalışmada 54 HRUs' ya ait 40 parametre 1000 kere koşturulmuş, programa toplamda 2 milyondan fazla hesaplama yaptırılmıştır.

Suyun kalibrasyonuna ait istatistiksel değerlerden R^2 değeri 0.60 olmasına karşın NSE değeri 0.57 dir. Modelleme sırasında yağmur suyunda ölçülen nitrat konsantrasyon değeri modele girildiği halde nitratın kalibrasyon istatistik değerleri R^2 0.59, Nash-Sutcliffe 0.34 bulunmuştur. Hidrolojik modellerde dikkat edilen en önemli istatistiksel değer Nash-Sutcliffe değeridir. Günlük bazda bir yıllık veri seti kalibrasyon için bu tür çalışmalarda yeterli görülmemekle beraber istatistiksel sonuçlar yine de tatmin edici bulunmuştur.

2009 hidrolojik yılında çalışma alanına giren suyun %59 u sulamadan, 2010 yılı için ise bu oran %69 dur. Bu da hidrolojik modelde suyun modellenmesi sırasında en büyük faktörün sulama suyu olduğunu göstermektedir. Daha çok havza bazlı çalışan hidrolojik modeller için önemsenmeyen sulama modülü bu çalışmada birincil önceliği almıştır.

Hidrolojik ve nitrat kalibrasyonu aşamasında en önemli parametre setinden biride bitki yönetim parametreleridir. Burada bitkilerin sulanmasına ait günlük bazda veri seti olmadığından dolayı bu parametreler model tarafından kalibrasyon sürecinde tahmin edilmiştir.

Azotun doğadaki çevriminin karmaşık olması, çalışma alanında farklı ürün çeşitlerinin olması ve bu ürünlerin ekim, sulama, gübreleme ve hasat zamanı gibi yönetimsel parametrelerinin farklı olması modellemeyi zorlaştırmaktadır.

Nitrat ile ilgili kalibrasyonun istatistiksel sonuçlarının yeterli olmamasının birkaç sebebi vardır. Bunlar;

a) Sulama ve drenaj üzerinde bulunan Akım Gözlem İstasyonlarının tamamında ve yağmur suyundaki nitrat ölçümünün günlük bazda olmamasıdır.
b) Modele girilen verilerin bitki yönetimi ile ilgili veriler hariç tamamı (meteorolojik veriler, akım gözlem vd.) otomatik istasyonlardan ölçülmektedir. Günlük olarak çalıştırılan modelde bitki ekim zamanı, hasat zamanı ve özellikle sulama ve gübre uygulama zamanları günlük olarak elde edilmelidir. Hidrolojik modelleme sırasında bitkilerin sulanması otomatik sulama parametreleri ile kabul edilebilir bir istatistik sonuç verdiği halde, nitrata ait model kalibrasyonu sonucunda görüldüğü gibi bitkilerin gübrelenmesinin yapıldığı gün grafik en üst seviyeye çıkmıştır.
c) Ayrıca modelin azotla ilgili en önemli girdilerinden olan gübreleme miktarı, cinsi (üre, organik vb.) ve zamanının istatistiksel yıllıklardan ve çiftçilerle yapılan anketlerden farklı olarak uygulandığı düşünülmektedir. Buradan bitkilerin gübrelenmesinin tek bir günde girilen miktar kadar yapılmadığı, birkaç güne yayıldığı düşünülmektedir.

Birçok kurum ve kuruluş tarafından hazırlanmış iklim modelleri bulunmaktadır. SWAT programı esnek yapısı ile bu modeller ile entegre olarak çalışabilmektedir.

Bu modellerden bazıları şunlardır;

a) CCCMA CGCM3.1
b) CNRM-CM3
c) GFDL CM2.0
d) GFDL CM2.1
e) IPSLCM4
f) MIROC3.2 (medres) (Meteorological Institute University of Bonn (MIUB), ECHO-G, Germany)

g) MIUB ECHO-G
h) MPI ECHAM5
i) MRI CGCM2.3.2

Günlük bazda hava sıcaklığı (minimum ve maximum değerler) ve yağış değerleri hesaplanan bu iklim değişikliği modellerinde tarihsel veri (Historical data (1961-2000)) ve iki adet gelecek verisi (Future data (2046-2064), Future data (2081-2100)) mevcuttur. Ayrıca her veri setinde ise SRES A1B, SRES A2 ve SRES B1 olmak üzere 3 ayrı emisyon senaryosu (Special Report on Emissions Scenario (SRES)) mevcuttur.

Bu modeller ve veri setleri ile çalışma alanında geleceğe ait senaryolar geliştirilmelidir. Senaryolara örnek olarak;

a) Aynı bitki deseni ve aynı yönetimsel parametreler (bitki ekim tarihleri, gübreleme zamanı, gübre miktarı ve cinsi, sulama miktarı ve zamanı, arazi sürüm zamanı ve yöntemi, hasat zamanları) ile çalışıp drenaj kanallarındaki kirleticilerin (NO_3 vb.) veya bitkilere ait verim durumunun ortaya konması.
b) İklim değişimindeki duruma göre daha önce çalışma sahasında ekimi yapılmayan başka bitki türleri için verim araştırması.
c) Bitkilere verilen gübrelerin miktarı, cinsi ve gübreleme zamanlarındaki değişikliğin verim veya drenaj kanallarındaki kirleticilere etkisi.

Çalışmanın yapıldığı Akarsu test sahası, sınırları iyi belirlenmiş, sulama kanalından sulama yapılan, giren ve çıkan suyun kesin olarak ölçüldüğü, gelişmiş ölçüm cihazlarıyla donatılmış, tarımsal bir havza niteliğindedir (Çetin ve ark., 2012). Literatürde, bu tür bir sahada hidrolojik modelleme çalışmaları çok azdır. Kannan ve ark. (2011), Hidalgo, Cameron ve Willacy şehirlerinin sınırları içerisinde, Güney Texas' ın Aşağı Rio Grande vadisinde bulunan 1692 km^2'lik Arroyo Colorado havzasında benzer bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sahasında, kanaldan sulama sisteminin modellenmesi sırasında otomatik sulama seçeneğini kullanılmıştır. Bir kanal sulama sisteminde, bitkilere su dağılımı ve sulama en iyi yönetim

uygulamalarının benimsenmesi, havza hidrolojik sisteminin önemli parçaları olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, Doğu Akdeniz bölgesinde, Aşağı Seyhan Ovasında bulunan Akarsu Sulama sahasında yüzey akışı, yüzeyaltı akışı ve evapotranspirasyon vb. hidrolojik bileşenlerin ve nitrat bileşenlerinin hesaplanmasıdır. SWAT programı içerisinde, hidrolojik tepki birimi (HRU) bazında yapılan modelleme sonucunda, çalışma alanının su bütçesi ve nitrat değerleri ortaya konmuştur. HRU bazında hesaplanan su, nitrat ve sedimente ait değerler, 2009 ve 2010 hidrolojik yılları için ayrı ayrı haritalandırılmıştır. Ayrıca hesaplanan su, nitrat ve sedimente ait bu değerler, bitki deseni ve toprak sersileri bakımından da ayrı ayrı hesaplanmıştır.

KAYNAKLAR

ABBASPOUR, K. C., 2014. User Manual for SWAT-CUP, SWAT Calibration and Uncertainty Analysis Programs. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Eawag, Duebendorf, Switzerland.

ABBASPOUR, K. C., YANG, J., MAXIMOV, I., SIBER, R., BOGNER, K., MIELEITNER, J., ZOBRIST, J., SRINIVASAN, R., 2007. Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT. Journal of Hydrology, Vol.333, pp. 413-430

AFINOWICZ, J., MUNSTER, C., WILCOX, P., 2005. Modeling effects of brush management on the rangeland water budget: Edwards Plateau, Texas. JAWRA. 41(1):181-193.

AKHAVAN, S., KOUPAI, J. A., MOUSAVI, S. F., AFYUNI, M., ESLAMIAN, S. S., ABBASPOUR, K. C., 2010. Application of SWAT model investigate nitrate leaching in Hamadan – Bahar Watershed, Iran. Agriculture Ecosystems and Environment. 139: 675 – 688.

ARNOLD, J. G., MORIASI, D. N., GASSMAN, P. W., ABBASPOUR, K. C., WHITE, M.J., SRINIVASAN, R., SANTHI, C., HARMEL, R. D., VAN GRIENSVEN, A., VAN LIEW, M. W., KANNAN, N., JHA, M. K., 2012. SWAT: Model use, calibration, and validation. Transactions of the ASABE. 55(4): 1491-1508. Doi: 10.13031/2013.42256.

ARNOLD, J. G., SRINIVASAN, R., MUTTIAH, R. S., WILLIAMS, J. R., 1998. Large-area hydrologic modeling and assessment: Part I. Model development. J. American Water Resour. Assoc. 34(1): 73-89.

BAFFAUT, C., BENSON, V., 2008. Possibilities and challenges for modeling flow and pollutant transport in a karst watershed with SWAT. Proceedings of the American Society of Agricultural Biological Engineers Annual International Meeting, Providence, Rhode Island, June 29-July 2. Paper No. 083933.

BARNSLEY, M. J., SETTLE, J. J., CUTTER, M., LOBB, D. AND TESTON, F., 2004. “The PROBA/CHRIS mission: A low-cost smallsat for hyperspectral, multiangle, observations of the Earth surface and atmosphere,” IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 42, no. 7, 1512–1520.

BENHAM, B. L., BAFFAUT, C., ZECKOSKI, R.W., MANKIN, K. R., PACHEPSKY, Y. A., SADEGHI, A. M., BRANNAN, K. M., SOUPIR, M. L., HABERSACK, M. J., 2006. Modeling bacteria fate and transport in watersheds to support TMDLs. Trans. ASABE 49(4): 987−1002.

BERBEROGLU, S., 2011. Soil Salinity Detection in a Mediterranean Agricultural Land Using Hyperspectral Remote Sensing: Application of PROBA CHRIS. Supported by European Space Agency (ESA) Project No: 5112, (2008-2011).

BICKNELL, B. R., IMHOFF, J. C., KITTLE, J. L., DONIGIAN, A. S., JOHANSON, R. C., 1997. Hydrological Simulation Program - FORTRAN, user's manual for version 11: U.S. Environmental Protection Agency, National Exposure Research Laboratory. Available at: http://water.usgs.gov/software/HSPF/ Accessed 21 September 2008.

BROWN, C. L., BARNWELL, T. O., 1987. The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and User Manual, US Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Athens Georgia, EPA/600/3-87/007.

CAVERO, J., BARROS, R., SELLAM, F., TOPÇU, S., ISISDORO, D., HARTANI, T., LOUNIS, A., İBRİKCİ, H., ÇETİN, M., WILLIAMS, J. R., ARAGUEZ, R., 2011. APEX simulation of best irrigation and N management strategies for off-site N pollution control in three Mediterranean irrigated watersheds. Agricultural Water Management., 103: 88-99, (2012), (doi:10.1016/j.agwat.2011.10.021).

ÇETİN, M., İBRİKCİ, H., BERBEROĞLU, S., GÜLTEKİN, U., KARNEZ, E., SELEK, B., 2012. Yarı Kurak İklimli Akdeniz Bölgesi Tarım Alanlarında Tuzluluk Etkisini Azaltmak İçin Sulama Randımanlarının Analiz ve Optimizasyonu (Medsalin), TUBİTAK proje sonuç raporu, proje no: 108O582.

DİNÇ, U., SARI, M., ŞENOL, S., KAPUR, S., SAYIN, M., DERİCİ, M.R., ÇAVUŞGİL, V., GÖK, M., AYDIN, M., EKİNCİ, H., AĞCA, N., SCHLICHTING, E., 1990. Çukurova Bölgesi Toprakları, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yardımcı Ders Kitabı No:26, Adana.

DSİ, 2009. Su ve DSİ: Farklılıkların Suda Yakınlaşması, DSİ Basımevi, Ankara.

ECHEGARAY, G., 2009. Modification of the SWAT Model to Simulate Hydrologic Processes in a Karst-influenced Watershed.

ESA, 2012. European Space Agency PROBA 1 CHRIS web sayfası, https://earth.esa.int/web/guest/-/proba-chris-level-1a-1488 erişim tarihi, 06.05.2012.

FUJINAWA, K., TANAKA, K., FUJİHARA, Y., KOJIRI, T., 2007. The Impacts of Climate Change on the Hydrology and Water Resources of the Seyhan River Basin, Turkey. The Final Report of ICCAP. Research Institute for Humanity and Nature and the Scientific and Technological Research Council of Turkey.

GASSMAN, P. W., REYES, M. R., GREEN, C. H., ARNOLD, J. G., 2007. The soil and water assessment tool: historical development, applications, and future research directions. Iowa: Center for Agricultural and Rural Development Iowa State University Ames. Available at: http://www.card.iastate.edu/publications/DBS/PDFFiles/07wp443.pdf. Accessed 31 August 2008.

GHAFFARI, G., 2011. The Impact of DEM Resolution on Runoff and Sediment Modelling Results. Research Journal of Environmental Sciences, 5: 691-702.

HABERLANDT, U., 2010. From hydrological modelling to decision support. Advances in Geosciences, 27:11-19.

HAITH, D. A., 2008. GWLF: Generalized watershed loading functions. Available at: http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r05149/600r05149gwlf.pdf. Accessed 15 December 2008.

HAITH, D. A., MANDEL, R., WU, R. S., 1992. Generalized watershed loading functions - Version 2.0 User‟s manual. Available at: http://www.avgwlf.psu.edu/Downloads/GWLFManual.pdf. Accessed 15 December 2008.

İPEK, Ş. İ., 2006. Sulama, Su Vakfı, İstanbul.

JAMSHIDI, M., TAJRISHY, M., MAGHREBI, M., 2010. Modeling of point and non-point source polllution of nitrate with SWAT in the Jajrood river watershed, Iran. International Agricultural Engineering Journal. 19(2): 23-31.

JEJEVO/ISABEL B POJECT., 2014. Water Balance and Sediment Transport Model, Report Number 137633001-3007-R-Rev0-2400, Golder Associates.

KANNAN, N., JEONG J. AND SRINIVASAN R., 2011. Hydrologic modeling of a canal-irrigated agricultural watershed with irrigation best management practices: Case study. Journal of Hydrologic Engineering, 16(9):746-757.

KARAŞ, E., 2005. Küçükelmalı ve Güvenç havzalarının Su ve Sediment Verimlerine Göre Sürdürülebilir Yönetimi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara.

KNISEL, W. G., (ed.) 1980. CREAMS: A Field-Scale Model for Chemical, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems. Conservation Research Report 26, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.

LAM, Q. D., SCHMALZ, B., FOHRER, N., 2009. Ecohydrological modelling of water discharge and nitrate loads in a mesoscale lowland catchment, Germany, Advances in Geosciences, 21, 49-55.

LEONARD, R. A., KNISEL, W. G., STILL, D. A., 1987. GLEAMS: Groundwater loading effects of agricultural management systems. Transactions of the ASAE. 30: 1403-1418. Doi: 10.13031/2013.30578.

LI K. Y., COE M. T., RAMANKUTTY, N., DE JONG, R., 2007. Modeling the hydrological impact of land-use change in West Africa. Journal of hydrology 337: 258–268. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2007.01.038.

MORIASI, D. N., ARNOLD, J. G., VAN LIEW, M. W., BINGER, R. L., HARMEL, R. D., VEITH, T., 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. Transactions of the ASABE. 50(3): 885-900. Doi: 10.13031/2013.23153.

NASH, J. E., SUTCLIFFE, J. V., 1970. River Flow Forecasting through Conceptual Models 1. A Discussion of Principles. Journal of Hydrology 10(3), 282-290.

NEITSCH. S. L., ARNOLD, J. G., KINIRY, J. R., WILLIAMS, J. R., 2012. Soil and Water Assessment Tool Input/Output Documentation – Version 2012.

POHLERT, T., HUISMAN, J., BREUER, L., FREDE, H. G., 2005. Modelling of point and non-point source pollution of nitrate with SWAT in the river Dill, Germany. Adv. Geosci. 5, 7–12.

PONGPETCH, N., SUWANWAREE P., YOSSAPOL C., DASANANDA S. AND KONGJUN T., 2015. Using SWAT to assess the critical areas and nonpoint source pollution reduction best management practices in Lam Takong River Basin, Thailand. EnvironmentAsia, 8(1): 41-52.

SASOWSKY, I., WICKS, C., 2000. Ground water Flow and Contaminant Transport in Carbonate Aquifers. Rotterdam, Netherlands: Balkema.

SCHILLING, K. E. AND WOLTER, C. F., 2009. Modeling nitrate-nitrogen load reduction strategies for the Des Moines River, Iowa using SWAT. Environmental Management. 44(4): 671-682. Doi: 10.1007/s00267-009-9364-y.

SCHMALZ, B., BIEGER K. AND FOHRER N., 2008. A method to assess instream water quality - the role of nitrogen entries in a North German rural lowland catchment. Advances in Geosciences, 18:37-41.

SCHUOL, J. AND ABBASPOUR K. C., 2006. Calibration and uncertainty issues of a hydrological model (SWAT) applied to West Africa. Advances in Geosciences, 9:137-143.

SINGH, V. P., AND FIORENTINO, M., 1996. Geographical information systems in hydrology. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers

SPRUILL, C., WORKMAN, S., TARABA, J., 2000. Simulation of daily and monthly stream discharge from small watersheds using the SWAT model. Trans. ASAE 43(6): 1431−1439.

ŞATIR, O., 2013. Aşağı Seyhan Ovası'nda Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Tarımsal Alan Kullanım Uygunluğunun Belirlenmesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı ABD. Adana.

ŞATIR, O., BERBEROĞLU, S., 2010. Toprak Tuzluluğunun CHRIS PROBA hiperspaktral Verisi Kullanılarak Haritalanması, III. Ulusal Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Gebze Yüksek Teknoloji Ens. Gebze Türkiye.

ŞEKER, D., 2004. Cografi Bilgi Sistemlerinin (CBS) Hidrolojide Uygulama Olanakları, IV. Ulusal Hidroloji Kongresi ve Hidrolojide Yeni Yöntemler Semineri, 21-25 Haziran 2004.

TAVARES WAHREN, F., HELM B., SCHUMACHER F., PLUNTKE T., FEGER K. H., AND SCHWARZEL K., 2013. A modeling framework to assess water and nitrate balances in the Western Bug river basin, Ukraine. Advances in Geosciences, 32:85-92.

TZORAKI, O., NIKOLAIDIS, N. P., 2007. A generalized framework for modeling the hydrologic and biogeochemical response of a mediterranean temporary river basin. Journal of Hydrology 346, 112– 121.

USGS, 2015. U.S. Geological Survey web sayfası, http://water.usgs.gov/edu/watercycleturkish.html erişim tarihi, 10.09.2015.

VAN DER HEIJDEN, S. AND HABERLANDT U., 2010. Influence of spatial interpolation methods for climate variables on the simulation of discharge and nitrate fate with SWAT. Advances in Geosciences, 27:91-98.

WANG, X., KANNAN, N., SANTHİ, C., POTTER, S. R., WILLIAMS, J. R., ARNOLD, J. G., 2011. Integrating APEX output for cultivated cropland with SWAT simulation for regional modeling. Trans. ASABE 54(4): 1281-1298.

WILLIAMS, J. R., ARNOLD, J. G., KINIRY, J. R., GASSMAN, P. W., GREEN, C. H., 2008. History of model development at Temple, Texas. Hydrological Sciences Journal. 53(5): 948-960. Doi: 10.1623/hysj.53.5.948.

YAKOB, M., 2009. Climate Change Impact Assessment On Soil Water Availability and crop Yield In Anjeni Watershed Blue Nile Basin. Arba Minch, Ethiopia.

ÖZGEÇMİŞ

01/07/1980 yılında Adana'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana'da tamamladı. 1997 yılında başladığı Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nden 2001 yılında bölüm birincisi olarak mezun oldu. Askerlik görevini, 2002 -2003 yılları arasında yedek subay olarak Ankara ve Erzurum'da tamamladı. 2004-2005 yılları arasında Adana-Çatalan İçmesuyu Arıtma Tesisi II. Kademe yapım işinde ölçme grubu şefi, 2005-2007 yılları arasında TEİAŞ 18. İletim Tesis ve İşletme Grup Müdürlüğü Kamulaştırma Başmühendisliğinde Harita mühendisi ve Başmühendis, 2007 yılından itibaren ise DSİ 6. Bölge Müdürlüğü Havza Yönetimi, İzleme ve Tahsisler Şube Müdürlüğü Harita Başmühendisliğinde Harita mühendisi olarak görev yapmaktadır. Evli ve iki kız çocuğu babasıdır.