**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**Ahmet ÇİLEK**

# AŞAĞI SEYHAN OVASI'NDA SU, TOPRAK KAYNAKLARI VE BİYOTOP KORUMA TEMELLİ TARIMSAL PEYZAJ KARAR DESTEK SİSTEMİ

**PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI**

**ADANA-2017**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# AŞAĞI SEYHAN OVASI'NDA SU, TOPRAK KAYNAKLARI VE BİYOTOP KORUMA TEMELLİ TARIMSAL PEYZAJ KARAR DESTEK SİSTEMİ

**Ahmet ÇİLEK**

**DOKTORA TEZİ**

**PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI**

Bu Tez 21/12/2017 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

| | | |
|---|---|---|
| ……..... | ……..…. | ……..... |
| Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU | Prof. Dr. K.Tulühan YILMAZ | Prof. Dr. Alhan SARIYEV |
| DANIŞMAN | ÜYE | ÜYE |
| ...……..... | ...…….. | |
| Prof. Dr. Engin NURLU | Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU | |
| ÜYE | ÜYE | |

Bu Tez Enstitümüz Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
**Kod No:**

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

**Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi, TÜBİTAK 2211-Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Doktora Burs Programı ve TÜBİTAK 2214/A Yurt Dışı Doktora Sırası Araştırma Burs Programı Tarafından Desteklenmiştir.**
**Proje No: FDK-2016-6234**

**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

## DOKTORA TEZİ

## AŞAĞI SEYHAN OVASI'NDA SU, TOPRAK KAYNAKLARI VE BİYOTOP KORUMA TEMELLİ TARIMSAL PEYZAJ KARAR DESTEK SİSTEMİ

**Ahmet ÇİLEK**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**
**PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
Yıl: 2017, Sayfa: 219
Jüri : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
: Prof. Dr. K. Tulühan YILMAZ
: Prof. Dr. Alhan SARIYEV
: Prof. Dr. Engin NURLU
: Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU

Bu çalışmada, Aşağı Seyhan Ovası'nda (ASO) tarımsal peyzaj içerisinde kalan önemli biyotop alanlarının korunması temel alınarak, optimum düzeyde tarımsal verimin elde edilebilmesi için karar destek sisteminin oluşturulması amaçlanmıştır.

Birinci aşamada ASO için 2010-2016 yılları arasında orta çözünürlü LANDSAT ve Sentinel-2 uydu verileri ile tarımsal ürün deseni sınıflandırılmış, yüksek çözünürlü SPOT görüntüleriyle ise önemli biyotop alanları CORINE biyotop sınıflarına göre belirlenmiştir. İkinci aşamada sınıflama sonucu elde edilen kışlık buğday, mısır ve pamuk olmak üzere üç temel ürünün konumsal ve zamansal olarak rekolteleri CropSyst ürün gelişim modeli ile hesaplanmıştır. Ayrıca tarımsal drenajdan gelen su miktarı ve buna bağlı olarak azot taşınımı değerlendirilmiştir. Son olarak sulak alanlara drenaj kanalları ile taşınan tarımsal gübrenin biyotoplar üzerinde etkilerinin en aza indirilebilmesi için tarımsal peyzaja yönelik koruma amaçlı ilke ve politikalar belirlenmiştir.

Ürün gelişim modeli sonucunda ASO'da toplam üretimin %21'i buğdaydan, %28'i pamuktan, %47'si birinci ürün mısır ve %4'lük kısım ikinci ürün mısırdan karşılanmaktadır. Tarımdan gelen drenaj suları ile beslenen sulak alanları kapsayan bölgelerde yıllık ortalama üretim 161548 ton ile ovanın %16.5'lik kısmını karşılamaktadır. Bu alanlara birim başına drene edilen en yüksek su miktarı pamuk ve ikinci ürün mısırda, en düşük buğday ve birinci ürün mısırdadır. Sistemde kalan en yüksek azotlu gübre miktarı ikinci ürün mısırda, en düşük buğday ürününde olmaktadır. Sonuçta bitki ve toprak özelliklerine göre azotlu gübre kullanılmalı; buğdayda %5, 1.ürün mısırda %10 ve 2.ürün mısırda %50 oranında azotlu gübrenin azaltılması azot kullanım etkinliğinin maksimum oranda olmasını sağlarken sulak alanlardaki kirlilik yükü azaltılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyotop haritalama, uzaktan algılama, ürün rekolte tahmini, CropSyst

## ABSTRACT

## PhD THESIS

# AGRICULTURAL DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON WATER, SOIL RESOURCES AND BIOTOPE CONSERVATION IN LOWER SEYHAN PLAIN

**Ahmet ÇİLEK**

**ÇUKUROVA UNIVERSITY**
**INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**
**DEPARTMENT OF LANDSCAPE ARCHITECTURE**

Supervisor : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
Year: 2017, Pages: 219
Jury : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
: Prof. Dr. K.Tulühan YILMAZ
: Prof. Dr. Alhan SARIYEV
: Prof. Dr. Engin NURLU
: Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU

This research aims to develop a decision support system based on conservation of biotopes within the agricultural landscape of lower Seyhan Plain considering the optimisation of agricultural productivity.

First stage of this research includes mapping crop pattern using the medium resolution satellite sensor data recorded by LANDSAT and Sentinel-2 over lower Seyhan Plain in between 2010 and 2016, in addition to CORINE biotope mapping through high spatial resolution SPOT images. Secondly, Crop productivity of three major crops winter wheat, corn and cotton derived from image classification was modelled spatially and temporally through CropSyst model. Additionally, irrigation return flow from the drainage and related N load was also considered. In the last stage, major agricultural landscape conservation principles and policies were recommended to diminish the detrimental impacts of agricultural fertiliser loads to the biotopes through drainage channels.

Crop productivity model results indicated that 21%, 28%, 47% and 4% of total production in lower Seyhan Plain were from wheat, cotton, first crop corn and second crop corn respectively. Average annual production of wetlands region was 161548 tons and equals to 16,5% of the total plain area. The largest amount of drainage water comes from cotton and second crop corn cultivation; the smallest amount comes from wheat and first crop corn cultivation. Largest amount of nitrogen remained within the system was at second-crop corn, smallest amount was at wheat. It can be concluded that nitrogen fertiliser should be applied according to the soil characteristics; application of fertiliser should be reduced by 5% for wheat, 10% for first crop corn and 50% for second crop corn, as a result of this reduction fertiliser uptake efficiency will increase and N load to the wetlands will decrease.

**Key Words**: Biotope mapping, remote sensing, crop yield, CropSyst

## GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Topraklar yoğun üretimden dolayı özelliğini yitirmekte ve verimlilik kontrolsüz kullanımlardan dolayı azalmaktadır. Bundan dolayı tarımda sürdürülebilirlik önem kazanarak kaynakların korunması önemli hale gelmiştir. Tarımsal üretimi ve kaliteyi artırmak için kullanılan gübreler verim artışı ile gıda güvenliğine, yaşam standartlarının artırılması ve kıtlıkla mücadele çok önemli katkılar sağlamaktadır. Ancak, gübrelerin kontrolsüz kullanımı tarımsal verimliliği ve doğal çevreyi olumsuz şekilde etkilemektedir.

Bu yüzden çalışmada, tarımsal peyzajın uygunluğunun saptanması için günümüz şartları göz önünde bulundurularak, Aşağı Seyhan Ovası (ASO) için tarımsal ürün deseni değişimi ile önemli biyotop alanlarını etkileyen tarımsal alanlar için doğa koruma stratejileri geliştirilmiştir. Böylece, bir tarımsal alanın, üretilen tarımsal ürün temelinde, üretkenliğine dayalı olarak ve sulak alanlar üzerinde riskler belirlenerek uygun ürün rotasyonları belirlenmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında ASO için 2010-2016 yılları arasında LANDSAT ve Sentinel-2 uydu verileri kullanılarak obje tabanlı sınıflama tekniğiyle tarımsal ürün deseni, yüksek çözünürlü SPOT uydu verileriyle ise CORINE biyotop sınıfları haritalanmıştır. Ürün deseni sınıflamasında 12 ayrı zamanda her bir arazi örtüsü için minimum, maksimum ve ortalama NDVI değerleri üretilerek ürün gelişim zamanları tespit edilmiştir. Kışlık ve yazlık ürün deseni olmak üzere iki farklı dönem belirlenmiştir. Tarımsal ürün deseninin haritalanması için Mart ve Nisan ayları kışlık ürün desenini, Mayıs-Ağustos arası ise yazlık ürün deseni için en uygun görüntü zamanlarıdır. Haritalanan bu verilerden son 7 yıllık ürün deseni incelenerek ova için baskın tarımsal ürün deseni belirlenmiştir. Çalışma alanında kışlık ürünlerde buğday ve kavun-karpuz, yazlık ürünlerde ise 1. ve 2. ürün mısır, pamuk, soya, yer fıstığı ekimi yapılmaktadır. Ayrıca yıl boyunca devamlı kalan turunçgil bahçeleri bulunmaktadır.

Sınıflama sonuçlarına göre ova genelinde buğday ekili alanlar 2010 yılından 2016 yılına %67 oranında azalırken, alınan verim %31 oranında artarak 6206 kg/ha olmuştur. Mısırda 2010 yılından 2016 yılına ekili alan %13 azalırken, verim artışı %36 olmuştur. Pamuk verimliliğinde ise 2010'da 2016 yılına %21'lik artış saptanmıştır. Bu üç ürün temelinde toplam üretimin %21'i buğdaydan %28'i pamuktan %47'si 1.ürün mısır ve %4'lük kısmı 2.ürün mısırdan karşılanmaktadır.

ASO'da yoğun tarım kullanımı ve yerleşimlerin baskısı alında kalan zengin karasal ve suya bağlı ekosistem birimlerini içeren biyotopların belirlenmesi ve haritalanmasında Uzaktan Algılama (UA) verileri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojileri kullanılmıştır. Önemli biyotop alanlarının belirlenmesi ve küresel anlamda tanımlanması amacıyla CORINE biyotop sınıflandırması kullanılmıştır. Hiyerarşik bir sınıflama sistemi olan CORINE sınıflamasında kullanılan ilk basamaklar, kıyı ve tuzcul topluluklar, sulak alanlar, çalılık ve meralar, ormanlar, bataklıklar, kayalıklar ve tarımsal alanlar ve kültürel peyzajlar gibi en geniş yedi bölümden oluşmaktadır. Çalışma alanında 2. düzey sınıfında 11 farklı grup, 5 farklı alt grup belirlenmiştir. Bu alanların belirlenmesinde 9 Haziran 2015 ve 19 Kasım 2015 tarihli bir buçuk m çözünürlüğe sahip SPOT 6 uydu verileri çoklu çözünürlü segmentasyon ile anlamlı segmentler oluşturulmuştur. Bu segmentler için alanda belirlenen her bir biyotop sınıfını temsil edecek alanlardan örnek alınarak en yakın komşuluk algoritmasına göre görüntü sınıflaması uygulanmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında tarımsal ürün deseni sınıflama sonucu elde edilen kışlık buğday, mısır ve pamuk ürünlerinin konumsal ve zamansal rekoltelerinin tahmini için CropSyst ürün gelişim modeli uygulanmıştır. Modelleme çalışması; veri tabanının oluşturulması, model kalibrasyonu, validasyonu ve model sonuçları olmak üzere dört aşamada gerçekleşmiştir. İklim, toprak, ürün deseni, yönetim ve rotasyon verileri hazırlanan modelde bölgemizde daha önceden yapılmış arazi denemelerinde ölçülen veriler kullanılarak kalibrasyon ve validasyon işlemleri yapılmıştır. CBS tabanlı modül aracılığıyla

sayısallaştırılmış tarım parsellerine öznitelik bilgileri atanmıştır. 22 adet farklı istasyon verilerinden alınan iklim verileri, 20 farklı toprak serisinde ekilen buğday, mısır ve pamuk parselleri için CropSyst modeli uygulanmıştır. Ayrıca her bir toprak serisi için buğday, pamuk ve mısır ürünleri modellenerek seri bazında verimlilikleri değerlendirilmiştir.

2010-2016 yılları arasında buğday verimliliğinde 2013 yılında bir düşüş olmasına rağmen her yıl giderek artış görülmektedir. Buğday için ova genelinde ortalama en yüksek verim 2016 yılında (6206 kg/ha) ortalama en düşük verim ise 2010 yılında (4751 kg/ha) olduğu tahmin edilmiştir. Mısır veriminde 2012 yılında ciddi bir düşüş görülürken 2016 yılı itibariyle son 6 yıldaki en yüksek verime ulaşmıştır. Ova genelinde ortalama en yüksek verim 2016 yılında (10392 (Mısır-1), 9270 (Mısır-2) kg/ha) ortalama en düşük verim ise 2012 yılında (5570 (Mısır-1), 5571 (Mısır-2) kg/ha) olduğu tahmin edilmiştir. Pamuk veriminde ise mısır gibi 2012 yılında bir düşüş olmasına rağmen 2016 yılına kadar bir artış göstermektedir. Genel olarak ovanın ortalama verimi en yüksek 2016 yılında (15399 kg/ha) en düşük ise 2012 yılında (10111 kg/ha) olduğu tahmin edilmiştir. Modelleme sonucuna göre ASO'da 2010-2016 yılları arasında ortalama 203518 ton buğday, 272193 ton pamuk üretimi hesaplanmıştır. Ova genelinde yüksek miktarda ürün alımı alanın güneyinde olurken, en düşük verim ise Seyhan ve Karataş toprak serilerinde görülmüştür.

Çalışmanın üçüncü aşamasında ise ASO'da sulak alanları birinci dereceden besleyen tarımsal drenaj ağları dikkate alınarak sulak alan biyotoplarının su toplama alanları belirlenmiştir. Bu alanlara tarımsal drenajdan gelen su miktarı ve buna bağlı olarak azot taşınımı değerlendirilmiştir. Tarımsal drenajdan gelen su miktarı en yüksek pamuk bitkisinden, en düşük ise 1.ürün mısır bitkisinden geldiği hesaplanmıştır. Verimlilik açısından ise en yüksek pamukta, en düşük buğdayda olduğu modellenmiştir. Özellikle yaz aylarında kuruyan veya kuruma seviyesine ulaşan sulak alanların drenaj ile su sağlanması için su toplama alanları içerisinde 1.ürün mısır yerine pamuk ekiminin desteklenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmada buğday ve mısır için azot girdi ve çıktıları incelendiğinde, buğdayda 195 kgN/ha, 1.ürün mısırda 340 kgN/ha, 2.ürün mısırda 325 kgN/ha ve pamukta 232 kgN/ha gübre uygulandığı, ancak bitki tarafından azot alımı incelediğinde buğdayın 185 kgN/h, 1.ürün mısırın 307 kgN/ha ve 2.ürün mısırın 162 kgN/ha bitkiler tarafından alındığı belirlenmiştir. Sonuç olarak buğdayın tarladan kaldırdığı 185 kgN/ha (10 kg N/ha sistemde kalan) N'nın toprak ve su kaynakları için çok uygun bir miktar olduğu görülmüştür. Ancak ikinci ürün mısırda sistemde kalan bu %50 oranında azotlu gübrelerin yıkanma sonucunda kolaylıkla su kaynaklarına karışabileceği sorununu göstermektedir.

Özellikle sulak alan biyotopları su toplama alanları olmak üzere tüm ova için bitki ve toprak özelliklerine göre azotlu gübre kullanılmalı, buğdayda %5, 1.ürün mısırda %10 ve 2.ürün mısırda %50 oranında azaltılarak azot kullanım etkinliğinin maksimum oranda olması sağlanabilir.

Çalışmanın olası sonuçları T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Tarıma bağlı sanayi, Sulama Birlikleri ve Dernekleri, Tarımsal ticaret ve pazarlama sektörü ve çiftçiler gibi hedef gruplarına göre çeşitlenmekte ve özelleşmektedir.

**TEŞEKKÜR**

Çalışmamın her aşamasında beni yönlendiren, desteğini, yakın ilgisini ve değerli bilgilerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezim çalışmamda bilgi birikimi ve deneyimleri ile yapıcı ve yönlendirici fikirleriyle katkıda bulunan Doktora Tez İzleme Komitesi üyesi Sayın Prof. Dr. K. Tulühan YILMAZ ve Sayın Prof. Dr. Alhan SARIYEV'e ve Tez Jüri Üyesi Prof.Dr. Engin NURLU ve Prof.Dr. Mehmet Ali ÇULLU hocalarıma teşekkür ederim.

Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri laboratuvarı ekiplerinden Doç. Dr. Cenk DÖNMEZ, Yrd.Doç.Dr. Anıl AKIN TANRIÖVER, Yrd.Doç.Dr. Onur ŞATIR, Öğr.Gör.Dr. Mehmet Akif ERDOĞAN ve diğer çalışma arkadaşlarıma içten teşekkürlerimi sunarım.

Tezim süresince her türlü destek ve yardımlarını esirgemeyen ABD-Texas, USDA-ARS Aerial Application Technology Center biriminden Sayın Dr. Chenghai YANG ve Sayın Fred GOMEZ'e, CropSyst modelinin uygulanmasında ve kalibrasyon çalışmalarında Washington State Üniversitesi'nde çalışma imkanı sağlayan Sayın Prof. Dr. Claudio STÖCKLE ve Dr. Roger NELSON'a, ABD Texas Eyaleti, College Station'da bulunduğum sürece desteklerini esirgemeyen arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam kapsamında Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TUBİTAK) 2211-Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Doktora Burs Programına, TÜBİTAK 2214/A Yurt Dışı Doktora Sırası Araştırma Burs Programına ve Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje no: FDK-2016-6234) maddi desteklerinden, iklim verisi ve görüntü temini desteğinden dolayı Tarımsal İzleme ve Bilgi Sistemi (TARBİL) Projesi'ne içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim en değerli varlığım olan anneme ve babama, bilgi birikimi ve deneyimleri ile her zaman yanımda olan hayat arkadaşım Müge ÜNAL'a ve ailesine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

**İÇİNDEKİLER** **SAYFA**

ÖZ ..... I
ABSTRACT ..... II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET ..... III
TEŞEKKÜR ..... VII
İÇİNDEKİLER ..... VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... X
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... XII
SİMGELER VE KISALTMALAR ..... XVIII
1. GİRİŞ ..... 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ..... 11
3. MATERYAL VE METOD ..... 23
3.1. Materyal ..... 23
3.1.1. Çalışma alanı ..... 23
3.1.2. Veriler ..... 26
3.1.2.1. Toprak Yapısı ..... 26
3.1.2.2. İklim ..... 28
3.1.2.3. Sayısal Yükseklik Model ve Drenaj Ağları ..... 29
3.1.2.4. Sulama Birlikleri ..... 30
3.1.2.5. Uzaktan Algılama Verileri ..... 31
3.1.2.6. Yer Gerçeği Verileri ..... 34
3.2. Metod ..... 35
3.2.1. Obje Tabanlı Sınıflama ..... 36
3.2.2. CORINE Biyotop Sınıflaması ..... 38
3.2.3. CropSyst Ürün Gelişim Modeli ..... 41
3.2.3.1. CropSyst Bileşenleri ve Modelleme Yaklaşımı ..... 43
3.2.3.2. Model Tanımlamaları ..... 47
3.2.3.3. Veri Gereksinimleri ..... 56

3.2.3.4. Yazılım Uygulama ve Dağıtım Politikası .....58
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....61
4.1. Uzaktan Algılamada Ön İşlemler .....61
4.2. Tarımsal Ürün Deseninin Belirlenmesi .....62
4.2.1. Obje Tabanlı Sınıflama ile ASO Tarımsal Ürün Deseninin Oluşturulması .....66
4.2.2. ASO 2010-2016 Yılları Arasındaki Tarımsal Ürün Değişiminin Belirlenmesi .....79
4.3. CORINE Biyotop Sınıflaması .....84
4.4. CropSyst Modeli ile Bitki Gelişim Modellemesi .....104
4.4.1. Model Veri Tabanının Oluşturulması .....104
4.4.1.1. İklim Veri Tabanı .....105
4.4.1.2. Toprak Veri Tabanı .....107
4.4.1.3. Ürün ve Yönetim Veri Tabanı .....107
4.4.1.4. Ürün Rotasyonu .....111
4.4.2. ArcCS (CBS Entegrasyon) Modülü .....112
4.4.3. Model Simülasyonu ve Kalibrasyonu .....112
4.4.4. Farklı Toprak Serilerinde CropSyst Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....140
4.4.5. CropSyst Modeli ile ASO'da Verimliliğin Modellenmesi .....153
4.5. Sulak Alan Biyotopları Su Toplama Alanlarının Belirlenmesi .....162
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....173
KAYNAKLAR .....187
ÖZGEÇMİŞ .....219

**ÇİZELGELER DİZİNİ** **SAYFA**


Çizelge 3.1. Alandaki büyük toprak gruplarının dağılımı ..... 27
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri tarihleri..... 34
Çizelge 3.3. CORINE Biyotop Sınıfları (European Communuties, 1991)..... 40
Çizelge 4.1. 2010-2016 yılları arası ekilen tarımsal ürün alanları..... 80
Çizelge 4.2. CORINE biyotop sınıflamasına göre çalışma alanında tespit edilen sınıflar ve kapladıkları alanlar ..... 89
Çizelge 4.3. CropSyst modeli veri tabanı modülleri ..... 104
Çizelge 4.4. Buğday bitkisi için gübreleme verileri (Karnez, 2010; Çetin ve ark. 2012; Şatır, 2013)..... 109
Çizelge 4.5. Mısır bitkisi için gübreleme ve sulama verileri (Karnez, 2010; Çetin ve ark. 2012; Şatır, 2013) ..... 110
Çizelge 4.6. Pamuk bitkisi için gübreleme ve sulama verileri ..... 111
Çizelge 4.7. Buğday için yapılan deneme gözlem sonuçları (2000-2002)..... 113
Çizelge 4.8. Müjdeci (2004) tarafından uygulanan buğday denemesinde YAİ gözlem sonuçları (2000, 2001 ve 2002 yılları)..... 114
Çizelge 4.9. Ölçülen ve modellenen verim sonuçları..... 117
Çizelge 4.10. Tekin (2011)'in buğday bitkisi uygulama ölçüm sonuçları..... 118
Çizelge 4.11. Ölçülen ve modellenen verim ve biyokütle miktarları sonuçları ..... 119
Çizelge 4.12. Pamuk denemelerinde gözlenen ekim, gelişme ve hasat zamanları ..... 122
Çizelge 4.13. Maya (2007) tarafından uygulanan tam sulama deneme gözlem sonuçları ..... 123
Çizelge 4.14. Maya (2007) tarafından uygulanan hafif su stresi (%70) deneme gözlem sonuçları ..... 124
Çizelge 4.15. Maya (2007) tarafından uygulanan orta düzeyde su stresi (%50 sulama) denemesi gözlem sonuçları ..... 127

Çizelge 4.16. Baydar (2010) tarafından uygulanan 2006 yılı pamuk denemesi gözlem sonuçları ..... 129
Çizelge 4.17. İkinci ürün mısır deneme gözlemleri..... 131
Çizelge 4.18. Mısır bitkisi I40 sulama uygulaması ölçüm sonuçları..... 132
Çizelge 4.19. Mısır bitkisi I60 sulama uygulaması ölçüm sonuçları..... 134
Çizelge 4.20. Mısır bitkisi 2006 yılı I40 sulama uygulaması ölçüm sonuçları ... 136
Çizelge 4.21. Mısır bitkisi 2006 yılı I60 sulama uygulaması ölçüm sonuçları ... 138
Çizelge 4.22. Buğday bitkisi Adana Toprak Serisi Model sonuçları ..... 141
Çizelge 4.23. Pamuk bitkisi Adana Toprak Serisi Model sonuçları..... 146
Çizelge 4.24. 1.ve 2. Ürün Mısır bitkisi Adana Toprak Serisi Model sonuçları ..... 150
Çizelge 4.25. Tarımsal ürünlerin model verimlilik sonuçları..... 160
Çizelge 4.26. Sulak Alan Biyotopları su toplama alanlarında CropSyst modeli drenaj sonuçları (2016 yılı) ..... 166
Çizelge 4.27. Sulak Alan Biyotopları su toplama alanlarında azotlu gübre kullanımları ..... 169
Çizelge 5.1. Çukurova Bölgesinin Türkiye tarımındaki durumu ..... 174
Çizelge 5.2. Toprak serileri bazında CropSyst Modeli verim sonuçları..... 176
Çizelge 5.3. Sulak Alan Biyotoplarının su toplama alanlarında CropSyst Modeli üretim ve drenaj miktarları ..... 178
Çizelge 5.4. Bahçe, Ağyatan Lagünü ve Ataköy Sulak Alanlarına drene edilen su miktarları..... 180
Çizelge 5.5. Bahçe, Ağyatan ve Ataköy Lagünlerine drene edilen tarımda azotlu gübre kullanım verileri ..... 182
Çizelge 5.6. Sulak alan biyotoplarının su toplama alanlarında azotlu gübre kullanımı..... 183

**ŞEKİLLER DİZİNİ** **SAYFA**


Şekil 3.1. Çalışma alanının konumu ....24
Şekil 3.2. Çalışma alanı Büyük Toprak Grupları Haritası (1:25.000)....27
Şekil 3.3. Çalışma alanı Toprak Serileri Haritası (Dinç ve ark., 1990)....28
Şekil 3.4. Çalışma alanı ve çevresinde bulunan iklim istasyonlarının konumu ....29
Şekil 3.5. Çalışma alanı Sayısal Yükseklik Haritası ....30
Şekil 3.6. ASO Sulama birlikleri sınırları ve DSİ sulama kanalları....31
Şekil 3.7. Landsat Uyduları (NASA, 2013b) ....33
Şekil 3.8. Çalışma alanında yer gerçeği verilerinin dağılımı. ....35
Şekil 3.9. Çalışmanın yöntem şeması ....36
Şekil 3.10. Obje tabanlı yaklaşımda temel işlem adımları....37
Şekil 3.11. Çalışma kapsamında yapılan segmentasyon için bir örnek görüntü. ....38
Şekil 3.12. CropSyst modeli bileşenleri....44
Şekil 3.13. CropSyst Suite programı ve alt modülleri....45
Şekil 3.14. CropSyst'de biyokütle büyümesi hesaplaması akış şeması. ....51
Şekil 4.1. Landsat 7 SLC-off görüntülerinde çalışma alanındaki etkilenen ve etkilenmeyen alanlar ....61
Şekil 4.2. Landsat 7 ETM+ SLC-off verisinin düzeltilmemiş (a) ve düzeltilmiş (b) görüntüsü. ....62
Şekil 4.3. Bitki örtüsündeki yansıma ile NDVI ilişkisi (Weier ve Herring, 2000) ....64
Şekil 4.4. ASO arazi örtüsü sınıflamasında kullanılan örnek NDVI (25.07.2016)....65
Şekil 4.5. ASO arazi örtüsü sınıflamasında kullanılan örnek NDMI (25.07.2016)....66

Şekil 4.6. Sentinel-2 uydu görüntüsünde çalışma alanını gösteren farklı ölçeklerdeki (20-40-60 ölçek parametreleri) görüntü segmentasyonu.....67
Şekil 4.7. Arazi örtülerine göre 2016 yılı NDVI dağılım grafikleri-1 .....69
Şekil 4.8. Arazi örtülerine göre 2016 yılı NDVI dağılımı grafikleri-2 .....70
Şekil 4.9. Kışlık tarımsal ürünler için 2016 yılı ortalama NDVI dağılımı.....71
Şekil 4.10. Yazlık tarımsal ürünler için 2016 yılı ortalama NDVI dağılımı.....71
Şekil 4.11. ASO 2010 yılı kışlık tarımsal ürün deseni haritası .....72
Şekil 4.12. ASO 2010 yılı yazlık tarımsal ürün deseni haritası .....72
Şekil 4.13 ASO 2011 yılı kışlık tarımsal ürün deseni haritası .....73
Şekil 4.14. ASO 2011 yılı yazlık tarımsal ürün deseni haritası .....73
Şekil 4.15. ASO 2012 yılı kışlık tarımsal ürün deseni haritası .....74
Şekil 4.16. ASO 2012 yılı yazlık tarımsal ürün deseni haritası .....74
Şekil 4.17. ASO 2013 yılı kışlık tarımsal ürün deseni haritası .....75
Şekil 4.18. ASO 2013 yılı yazlık tarımsal ürün deseni haritası .....75
Şekil 4.19. ASO 2014 yılı kışlık tarımsal ürün deseni haritası .....76
Şekil 4.20. ASO 2014 yılı yazlık tarımsal ürün deseni haritası .....76
Şekil 4.21. ASO 2015 yılı kışlık tarımsal ürün deseni haritası .....77
Şekil 4.22. ASO 2015 yılı yazlık tarımsal ürün deseni haritası .....77
Şekil 4.23. ASO 2016 yılı kışlık tarımsal ürün deseni haritası .....78
Şekil 4.24. ASO 2016 yılı yazlık tarımsal ürün deseni haritası .....78
Şekil 4.25. ASO'da yıllara göre başlıca tarımsal ürünlerin dağılımı .....79
Şekil 4.26. ASO kışlık baskın tarımsal ürün deseni.....82
Şekil 4.27. ASO yazlık tarımsal ürün deseni .....83
Şekil 4.28. Çalışma alanına ait yüksek çözünürlü 19.11.2015 tarihli SPOT 6 uydu görüntüsü.....86
Şekil 4.29. CORINE biyotop sınıflamasına göre çalışma alanı biyotop haritası.....87
Şekil 4.30. Tuzlu bataklık biyotopları (Tuzla Lagünü civarı).....90

Şekil 4.31. Ön kumullar ve lagün kenarı sazlık alanlar .....91
Şekil 4.32. Otlatma yapılan kumul alanlar.....92
Şekil 4.33. Kumul stabilizasyonu sağlayan doğal meşcere.....93
Şekil 4.34. Drenaj kanallarında bulunan kamış ve sazlık alanlar.....94
Şekil 4.35. Tuzla ve Akyatan Lagünleri yaban hayatı .....95
Şekil 4.36. Kıyı kumullarına yakın bölgelerde yer alan çamur düzlükleri.....96
Şekil 4.37. Kum tepelerinin tarım amaçlı kullanım için tahrip edilmesi .....97
Şekil 4.38. Kıyı kenarında kum tepeleri arasındaki tarım alanları.....97
Şekil 4.39. Kumul alanlarda tarım uygulamaları .....98
Şekil 4.40. ASO Seyhan Nehri ağzı biyotop haritası .....99
Şekil 4.41. ASO Ataköy Bölgesi biyotop haritası.....100
Şekil 4.42. ASO Bahçe Bölgesi biyotop haritası .....101
Şekil 4.43. ASO Ağyatan Lagünü biyotop haritası.....102
Şekil 4.44. Kesik Bölgesi Biyotop Haritası.....103
Şekil 4.45. İklim modülü veri tabanı ve grafik olarak görünüşü (2015 yılı Adana Meteoroloji İstasyonu).....106
Şekil 4.46. Toprak veri tabanından örnek görünüm (Adana Serisi).....107
Şekil 4.47. Ürün rotasyon modülünü gösteren model ara yüzü .....111
Şekil 4.48. Sayısallaştırılan tarım parselleri ve bu parseller için ArcCS veri tabanının oluşturulması.....112
Şekil 4.49. Buğday bitkisinin 1999-2000 kış dönemindeki ölçüm ve modelleme sonuçları.....115
Şekil 4.50. Buğday bitkisinin 2000-2001 kış dönemindeki ölçüm ve modelleme.....116
Şekil 4.51. Buğday bitkisinin 1999-2000 kış dönemindeki ölçüm ve modelleme.....117
Şekil 4.52. Buğday bitkisinin 2008-2009 kış dönemi ölçüm ve modelleme sonuçları.....120

Şekil 4.53. Buğday bitkisinin 2009-2010 kış dönemindeki ölçüm ve model sonuçları....121
Şekil 4.54. 2005 yılı pamuk bitkisinin tam sulamada model YAİ ve biyokütle sonuçları....125
Şekil 4.55. 2005 yılı pamuk bitkisinin hafif su stresi (%70 sulama) altında model YAİ ve biyokütle sonuçları....126
Şekil 4.56. Pamuk bitkisi 2005 yılı deneme ölçümü ve modelleme sonuçları (orta su stresi %50 sulama) ....128
Şekil 4.57. Pamuk bitkisi 2006 yılı deneme ölçümü ve modelleme sonuçları....130
Şekil 4.58. İkinci ürün mısır bitkisinin I40 sulama senaryosuna göre ölçüm ve modellenen YAİ ve biyokütle grafiği (2005 yılı)....133
Şekil 4.59. Mısır bitkisi 2005 yılı I60 sulama senaryosu model sonuçları ....135
Şekil 4.60. Mısır bitkisi 2006 yılı I40 sulama senaryosu model sonuçları ....137
Şekil 4.61. İkinci ürün mısır bitkisinin I60 sulama senaryosuna göre ölçüm ve modellenen YAİ ve biyokütle grafiği (2006 yılı)....139
Şekil 4.62. Kök bölgesinde toprak su bütçe unsurlarının dağılımı (Steduto ve Raes, 2012)....141
Şekil 4.63. Toprak serileri bazında 2010-2011-2012 yılları buğday verimleri....143
Şekil 4.64. Toprak serileri bazında 2013-2014-2015 yılları buğday verimleri....144
Şekil 4.65. Toprak serileri bazında ortalama buğday verimleri ....145
Şekil 4.66. Toprak serileri bazında 2010-2011-2012 yılları pamuk verimleri....147
Şekil 4.67. Toprak serileri bazında 2013-2014-2015 yılları pamuk verimleri....148
Şekil 4.68. Toprak serileri bazında ortalama pamuk verimleri ....149
Şekil 4.69. Toprak serileri bazında 2010-2011-2012 yılları 1 ve 2.ürün mısır verimleri....151

Şekil 4.70. Toprak serileri bazında 2013-2014-2015 yılları 1 ve 2.ürün mısır verimleri.....152
Şekil 4.71. Toprak serileri bazında ortalama 1 ve 2.ürün mısır verimleri.....153
Şekil 4.72. Ortalama buğday veriminin yıllara göre model sonuçları.....154
Şekil 4.73. ASO 2010-2016 yılları ortalama buğday verimi dağılımı .....155
Şekil 4.74. Ortalama 1. ve 2. ürün mısır veriminin yıllara göre model sonuçları.....156
Şekil 4.75. ASO 2010-2016 yılları ortalama 2.ürün mısır verimi dağılımı.....157
Şekil 4.76. Ortalama pamuk veriminin yıllara göre model sonuçları .....158
Şekil 4.77. ASO 2010-2016 yılları ortalama pamuk verimi dağılımı .....159
Şekil 4.78. ASO Yıllık toplam tarımsal ürün verimi (2010-2016).....161
Şekil 4.79. Sulak Alan Biyotopları su toplama alanlarının belirlenmesi .....163
Şekil 4.80. Sulak Alan Biyotopları su toplama alanlarında tarımsal verimlilik durumu .....164
Şekil 4.81. 2016 yılında Sulak Alan Biyotopları su toplama alanlarından sulak alanlara drenaj ile giden su miktarı.....165

**SİMGELER VE KISALTMALAR**

| | |
|---|---|
| ABD | : Amerika Birleşik Devletleri |
| ADEL | : Architectural Model Of Development |
| ALMANAC | : Agricultural Land Management Alternatives with Numerical Assessment Criteria |
| APSIM | : The Agricultural Production Systems Simulator |
| ASO | : Aşağı Seyhan Ovası |
| ASTER | : The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer |
| CBS | : Coğrafi Bilgi Sistemleri |
| CERES | : Crop Environment Resource Synthesis |
| CROPSYST | : Cropping Systems Simulation Model |
| CRPSM | : Crop Yield Simulation Model |
| DMİ | : Devlet Meteoroloji İşleri |
| ELCROS | : Elementary Crop Growth Simulator |
| EPIC | : Environmental Policy Integrated Climate |
| FAO | : Food and Agriculture Organization of the United Nations |
| GCMs | : General Circulation Models - Genel sirkülasyon modelleri |
| LANDSAT ETM+ | : Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus |
| NASA-CASA | : National Aeronautics and Space Administration Carnegie-Ames-Stanford Approach |
| NBÜ | : Net Birincil Üretim |
| NDVI | : Normalized Difference Vegetation Index |
| SORKAM | : Sorghum Kansas A and M |
| SPOT | : Satellites Pour l'Observation de la Terre or Earth-observing Satellites |
| SWIR | : Short-wave infrared (*SWIR*) |

| | |
|---|---|
| TÜİK | : Türkiye İstatistik Kurumu |
| UA | : Uzaktan Algılama |
| WOFOST | : World Food Studies |

# 1. GİRİŞ

Dünyada ve Türkiye'de artan nüfusa bağlı olarak kentsel, endüstriyel ve tarımsal kullanımın yanında kirlilik gibi nedenlerle su kaynakları-nitelik ve nicelik olarak azalmaktadır. Bu yüzden toprak ve su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve toplum yararına en iyi biçimde değerlendirilmesi, ülkelerin önde gelen tarım politikaları arasında yer almaktadır.

Dünyada tatlı su kaynaklarının %72 ve Türkiye'de %74 (Çakmak ve Aküzüm, 2008) gibi önemli bir oranı tarımsal sulamada kullanılmaktadır (Geerts ve Raes, 2009). Dünya nüfusundaki hızlı artış ve sektörler arası daha fazla su kullanım ihtiyacı sulama suyunun daha verimli kullanımının önemini artırmaktadır. Böylece tarım sektöründeki mevcut su kaynaklarının yönetimi ve planlama optimum stratejilerinin belirlenmesi ulusal ve küresel bir öncelik haline gelmektedir (Smith, 2000).

Dünyada ve özellikle ABD'de tarım üretiminin artırılması için çalışmalar devam ederken, tarımsal faaliyetlerin çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için önlemler alınmaktadır (Morgan, 2003). Su kaynaklarının son yıllarda hızla azalması ile araştırmacılar bitkilerin farklı gelişim dönemlerinde suya duyarlılıkları ve su-üretim fonksiyonları gibi konular üzerindeki çalışmalara yoğunlaşmışlardır. Umut veren yaklaşımlardan birisi de su potansiyelinin toprak, bitki ve atmosfer ile ilişkilerini belirleyerek ürün verimi yerine tüketilen suyun verimliliğine dayalı su kullanım analizlerinin çalışılması olmaktadır (Molden, 1997). Özellikle suyun sınırlı olduğu yerlerde ve dönemlerde, bitkilerin su stresinden en fazla etkilendiği dönemlerin bilinmesi sulama işletmeciliği açısından son derece önemli hale gelmiştir. Böyle durumlarda mevcut suyun kritik büyüme aşamalarında uygulanması ile birim suya karşılık en yüksek üretim elde edilmesi hedeflenmiştir (Sezen, 2000).

Su kıtlığı ve çevrenin korunması için birçok ülkede kentsel ve endüstriyel atıkların geri dönüşümlü olarak kullanılması ile su döngüsünün devamlılığını mümkün kılan katı düzenlemeler getirilmektedir. Özellikle yarı kurak bölgeler ve adalar gibi tatlı su kaynakları yeterli olmayan bölgelerde suyun geri dönüşümü ile sulama suyunun büyük bir kısmı karşılanmaktadır. Ancak bu suyun kullanımında teknik, ekonomik, sosyal, düzenleyici ve kurumsal zorluklarla karşı karşıya kalınması su kalitesi endişelerini ve uzun dönemde çevresel, tarımsal ve sağlık etkilerinin değerlendirilmesi sorununu getirmektedir.

Aşırı sulama yapılmasının yanında toprak analizi yapılmadan tek tip özellikle yoğun miktarda nitrat kullanılması ve yine yoğun oranlarda ürün etiketine bakılmaksızın yanlış dozlarda kullanılan zirai ilaçlar doğayı kirletmekte, su kaynaklarını tüketmekte ve insan sağlığını da tehdit etmektedir. Bu şekilde üretime devam edilmesi sonucunda su kaynaklarının tükenmesi ve topraklarımızda çoraklaşma meydana gelecektir (Akın ve ark., 2014).

Tarım topraklarının yanlış şekilde yönetilmesi ile toprak özellikleri değişmekte ve alınan verim azalmaktadır. Bundan dolayı tarımda sürdürülebilirlik önem kazanmış ve doğal kaynakların korunmasına gidilmiştir. Ülkemizde uzun yıllardır bilişim sektörünün ilgi alanı dışında kalmış olmasına karşın; son yıllarda tarım özellikle gelişmiş ülkelerde bilgi teknolojilerinin gelişimiyle insana, bitkiye, hayvana ve çevreye duyarlı, üretimde kalite ve verimlilik faktörlerini ön planda tutan bir değişim geçirmektedir. İnsan gücünden hayvan gücüne ve daha sonra da traktör gücüne geçiş sürecinin devamı olarak değerlendirilen ve hassas tarım olarak adlandırılan teknolojiler de bu gelişim süreciyle ortaya çıkmıştır. Hassas tarımda temel hedef, ekonomi ve çevre koruma ilkelerini göz önünde tutulması ve bilişim çağı ile gelişen teknolojilerinin tarımsal üretimle bütünleştirilmesidir.

Tarımsal üretimde klasik yöntemler ile tarlanın her bölgesi için aynı miktarda ürün alınmasına her zaman mümkün olmamaktadır. Bunun başlıca sebeplerinden biri genelde bitkinin ihtiyaç duyduğu gübre ve ilaç gibi girdilerin bitki isteklerine göre değil, toplam alana göre verilmesidir.

Gelişmiş teknoloji ve yöntemler ile sorgulama ve istatistiksel bilgileri üretmenin yanı sıra, uydu teknolojileri ile doğru ve güncel bilgilere hızlı ve ekonomik ulaşılması sağlanarak mevcut tarımsal yapının yüksek hassasiyette izlenmesi sağlanabilmektedir. Çok daha etkin tarımsal politika, yönetim ve planlamayı beraberinde getiren tarımsal bilgi teknolojileri tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de giderek artan tarımsal alanların optimal kullanım ihtiyacının çözülmesi sürecine doğru ve hassas bilgi aktararak büyük destek sağlayacaktır. Tarım politikalarının ülkenin tarım havzalarına ayrılarak detaylandırılması, tarımsal desteklemelerinin uydu teknolojileri ile izlenerek yönetilmesi ve tarımsal uygulamalarda da kullanılması amacıyla milli yer gözlem uydularının uzaya gönderilmesi gibi gelişmeler son yıllarda tarımsal bilgi teknolojilerinin devlet politikalarında da giderek artan bir öneme sahip olmaya başlanmıştır (Erdoğan ve ark., 2016). Arazi örtüsü/kullanımı ve insan-çevre etkileşiminin incelenmesi gibi birçok peyzaj planlama çalışmalarında Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Şatır ve Berberoğlu, 2012). UA teknolojileri çok kriterli karar destek sistemlerinde altlık veriler hazırlayarak fiziki planlamanın girdi verilerinin oluşturulmasında, zamandan, ekonomiden ve enerjiden tasarruf sağlamaktadır. CBS bilimi ise, doğal kaynak yönetimi, çevre kirliliği ve risk kontrolü, bölge planlama, kentsel planlama ve yönetimi konularını da içeren çeşitli alanlarda karar vericiler için gerekli bilgileri sağlamaktadır (Cowen, 1988). Karar destek sistemleri; karar verme, yersel veri hazırlama, işleme ve depolama, coğrafi analizler, modellemeler ve haritaların oluşturulmasında büyük kolaylık sağlamaktadır. Karar destek sistemleri kavramı, 1950'lerin sonlarına kadar dayanmakta (Simon, 1977) ve yaklaşık son 30 yıldır CBS ile kullanılmaktadır (Densham ve Goodchild, 1989; NCGIA, 1990,1996). CBS verilerin anlaşılabilir bir biçimde birleştirilmesi ve gösterimi ile karar verme süreçlerine yardım etmektedir. Ayrıca farklı veri türleri (örn. çevre ve sağlık verileri) arasındaki ilişkileri analiz etmek için CBS teknolojileri kullanılmaktadır.

Tarımsal amaçlı toprak ve arazi kullanım planlamasında önem taşıyan tarım arazilerindeki jeolojik yapı, iklim, bitki örtüsü ve topoğrafik koşullar nedeniyle tarımsal toprak yapısında çok çeşitlilik gösteren büyük toprakların sınıflandırılması konumsal bilgi sistemleri aracılığıyla daha hızlı bir şekilde oluşturulmaktadır. Konumsal bilgi sistemlerini oluşturan UA ve CBS desteğiyle çok daha ekonomik, hızlı ve etkin bir şekilde oluşturulabilecek bir tarımsal karar destek sistemleri ile verilerin belli amaçlara yönelik gruplandırılarak özelleştirilmesiyle tarımdaki uygulama alanları oluşmaktadır. Söz konusu uygulama alanları günümüzde;

i) Her alan için doğru ürünün seçilmesine yardımcı olan ideal ekim planlaması,
ii) Tarımsal üretimin alansal olarak tespit için ürün deseni izleme,
iii) Doğru uygulamaların yapılmasına için hassas tarım uygulamalarına altlık,
iv) Ürün bazlı üretim miktarlarının hesaplanması için parsel bazlı rekolte tahmini çalışmalarıdır.

UA ve CBS entegrasyonu ile yapılan uygulamalarda tarım topraklarının uygun kullanımı, toprağın özelliklerine göre sınıflandırılması ve kullanılması için hassas tarım uygulamaları gelişmeye başlamaktadır. Bu amaçla rekolte miktarının (ürün miktarlarının) belirlenmesi, tarım ürünlerindeki hastalıkların belirlenmesi, tarımsal arazi kullanım sınıflandırması, göl, gölet, ırmak, dere, kuru, ıslak, kuru ve sulu dikili tarım alanlarının belirlenmesi UA uygulamalarını içermektedir (Lillesand ve Kiefer, 1994; Eastman, 2003; Jensen, 2005; Tomlin 1990; Burrough ve McDonnell 1998).

Birçok tarımsal modelleme çalışmaları ürünlerin iklime, suya, ışığa ve diğer koşullara nasıl tepki verdiklerini tahmin etmek için geliştirilmiştir. Ancak bunların çoğu hassas tarım uygulamalarına uygun konumsal bilgileri

içermemektedir (Sadler ve Russell, 1997). CBS ile sürekli değişen koşullardaki veriler sürekli bir model oluşturma olanağı sağlayarak zaman serileri ve analizleri ile ürün veriminin tahmininde yardımcı olmaktadır. Konumsal bilgi sistemleri tarımsal çalışmalarda, farklı bitki türleri için farklı spektral yansıma özellikleri, bitki türlerine göre değişkenlik gösteren şekil ve doku farklılıkları uydu görüntüleri, ürün tipi, ürün yoğunluğu, ürün gelişimi ve ürün geometrisine ilişkin ayırt edilebilir işaretler sunabilmektedir (Örmeci ve ark., 2010; Türker ve ark., 2005). Tarımsal uygulamalar bakımından ürün türlerinin sınıflandırılması, ürün gelişiminin izlenmesi ve rekolte tahmini gibi birçok çalışma başarı ile sürdürülmektedir (Çölkesen, 2009). Geliştirilen bitki gelişim modelleri farklı ürünlerde verimi tahmin etmek için bir karar verici olarak kullanılmakta ve farklı çevresel özelliklere sahip alanlar için ürün dikim zamanları hakkında karar vermeyi desteklemektedir. Birçok tarımsal peyzaj alanlarında, peyzaj unsurları toprak tekstürü, toprak organik maddesi ve sıcaklık gibi ürün gelişimi ile ilgili birçok özelliği etkilediğinden peyzaj faktörleri verimde çarpıcı farklılıklara neden olmaktadır (Sonka ve ark., 1997).

Bitki ve çevre etkileşimlerinin tahmini ve simülasyonu için geliştirilen ürün gelişim modelleri, yönetim stratejilerinin değerlendirilmesi (Bergez ve ark. 2010) ve çevresel etki değerlendirmesi (Ewert ve ark. 2009) gibi farklı hedefler için farklı yersel ölçekler içermektedirler (Boote ve ark. 1996). İklim değişikliğinin etkisi gibi küresel konulardan, toprak kalitesi ve ürün değişimi gibi yerel çalışmalara kadar her ölçekte kullanılabilmektedir. Ürün gelişim modellerinin kullanıldığı en çok rastlanan uygulamalar, çevresel veya sosyo-ekonomik değişimlerin tarım üzerine etkilerinin araştırılması için tarımsal-ekolojik bölgeleme, bölgesel ürün verimliliği tahmini ve olası senaryoların denenmesi (Bounman, 1996), dünyadaki yaşam depolarının belirlenmesi (Buring ve ark., 1979; Penning de Vries ve ark., 1995), ekolojik açıdan önemli alanların tarımsal uygulamalar sonucunda nasıl tepki verdiğinin tespiti (Aggarwal, 1993) ve iklim

değişiminin ürün verimliliği üzerine etkileri (Wolf, 1993; Matthews, 1995) konularında yapılmıştır. Genel olarak ürün yönetimi, toprak ve atmosfer arasındaki karmaşık etkileşimleri modellemek için ve N yıkanması, erozyon gibi ürün yetiştirme sistemlerinin çevresel etkilerini göz önüne alarak tarımsal ürün verimlerini tahmin etmek için tasarlanmıştır. (Adekalu ve Fapohunda, 2006; Bechini ve ark., 2006; Gary ve ark., 1998; Johnsson ve ark., 2002).

Tarımsal üretimi ve kaliteyi artırmak için kullanılmakta olan gübreler %40'lık verim artışı ile gıda güvenliğine, yaşam standartlarının artırılması ve kıtlıkla mücadeleye çok önemli katkılar sağlamaktadırlar. Ancak, gübrelerin kontrolsüz kullanımı tarımsal verimliliği ve doğal çevreyi olumsuz şekilde etkilemektedir (Şahin, 2016). Gübrelerin kontrolsüz kullanımı, Avrupa Birliği ülkelerinde tarım-çevre ilişkilerini sorun haline getirmiş ve sürdürülebilir çevre uygulamalarını gündeme taşımıştır. Avrupa Birliği'nde su kaynaklarının korunması ve yönetimine ilişkin mevzuat AB mevzuatı içerisinde çok önemli bir yer tutmakta olup, bu alanda yirmiyi aşkın Direktif bulunmaktadır. Söz konusu Direktiflerden önemlilerinden biri, Su Çerçeve Direktifi'dir. Direktifin temel hedefi, iç yüzeysel suları, geçiş suları, kıyı suları ve yeraltı sularını korumaktır. Ayrıca, nitrat ile tarımsal uygulamalardan kaynaklanan su kirliliğini azaltmak için AB Su Çerçeve Direktifinin (2000/60/EC) bütünleyicisi olarak, Nitrat Direktifi (91/676/EEC) yayımlanmıştır (Güzelordu, 2008; Yıldırım ve Demir, 2012). Ülkemizde de 2004 yılında, Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir.

Su kalitesinin yönetilmesi için ortaya konulan Su Çerçeve Direktifi ve Nitrat Direktifi sürdürülebilir nehir havza yönetimi ve sulak alan ekosistemleri için büyük önem taşımaktadırlar. Su Çerçeve Direktifi yükümlülükleri yerine getirilirken, yüzey suyuna bağlı tüm su kaynaklarının bir bütün olarak iyileşmesi çerçevesinde sulak alanların sürdürülmesi de sağlanacaktır (Güney, 2014).

Sahip olduğu biyolojik çeşitlilik nedeniyle dünyanın doğal zenginlik müzeleri olarak kabul edilen sulak alanlar; doğal işlevleri ve ekonomik değerleriyle

yeryüzünün en önemli ekosistemleridir. Tarımsal peyzajda biyoçeşitlilik son zamanlarda daha fazla ön plana çıkmaktadır. Bunun başlıca nedenleri küresel biyoçeşitliliğin genel korunmasının yanı sıra tarımsal üretkenlik, gıda güvenliği ve ekonomik getirilere de önemli katkıda bulunmalarıdır (Norris, 2008; Perfecto ve Vandermeer, 2008; Tscharntke ve ark., 2005). Avrupa'da tarımsal peyzajda biyoçeşitliliğin kaybının tarımsal yoğunlaşma ve ekolojik heterojenliğinin kaybına bağlı olduğu gösterilmektedir (Benton ve ark., 2003; Donald ve ark., 2001; Liira ve ark., 2008). Tarımsal peyzajda organik tarım ve yarı doğal yaşam alanlarının korunması ve yönetimi gibi biyoçeşitliliği koruyacak ve eski haline getiren tarım uygulamaları, Avrupa Tarımsal Çevre Şemaları (Smith ve ark. 2010) yoluyla Avrupa Birliği ülkeleri arasında teşvik edilmiştir. Bunun sonucu olarak sulak alan ekosistemlerinin değeri giderek anlaşılmaya başlanmıştır. Bu nedenle sulak alanlara zarar vermeden, en iyi şekilde kullanımını sağlamak için yönetim planları çalışmaları yapılmaya başlanmıştır (Demir, 2008; KAD, 2010).

Ülkemizde, sulak alanların %50'sinden fazlası yanlış yönetim politikaları nedeniyle kaybedilmiştir. Bu nedenle 1971 yılında İran'ın Ramsar kentinde kabul edilen "Özellikle Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Hakkında Sözleşme" (RAMSAR Sözleşmesi) oluşturulmuştur. Bu sözleşme özellikle sulak alanların tespiti, kullanım ve koruma çerçevesini belirlemektedir. Ülkemizde Ramsar Listesi'ne dahil olmuş 184487 ha alana sahip toplam 14 sulak alan (Sultan Sazlığı-Kayseri, Manyas Gölü-Balıkesir, Seyfe Gölü-Kırşehir, Göksu Deltası-Mersin, Burdur Gölü-Burdur, Kızılırmak Deltası-Samsun, Uluabat Gölü-Bursa, Gediz Deltası-İzmir, Akyatan Lagünü-Adana, Yumurtalık Lagünleri-Adana, Meke Maarı-Konya, Kızören Obruğu-Konya, Kuyucuk Gölü-Kars, Nemrut Kalderası-Bitlis) bulunmaktadır (Meriç ve Çağırkankaya, 2013).

Bütün sulak alanlar toprak, su, bitki, hayvan türleri ve besinler gibi fiziksel, biyolojik veya kimyasal elemanlardan oluşur. Bu elemanların kendi içlerinde ve aralarında gerçekleşen işlemler sulak alanların, yaban hayatı, dalyanlar ve ormanlar gibi kaynakların oluşumu, taşkın kontrolü ve fırtınadan koruma gibi işlevlerin

gerçekleşmesini sağlar. Bunun yanında biyolojik çeşitlilik, kültürel varlıklar gibi ya kendinden değerli ya da çeşitli yararların ortaya çıkmasına neden olan ekosistem niteliklerinde bulunmaktadır. Sulak alanları önemli kılan bu işlev, ürün ve ekosistem nitelikleridir (Dugan, 1990).

Sulak alanlar ihtiyaç duyulan hidrolojik şartlar sağlanamadığında ekosistemleri olumsuz yönde etkilenir. Böylece su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi hizmetleri ile lagünlerin yönetim planlarının birlikte yürütülmesi ve icra edilmesi gerekmektedir (Dinçer, 2007). Özellikle sulak alanların temel yapı taşını oluşturan su kaynaklarının anlaşılması ve su yönetiminin alandaki optimum faydayı gözetecek şekilde ortaya konması, sulak alan yönetim planlarının ana çatısını oluşturmaktadır. Doğal sistemlerin peyzaj düzeyinde temel unsurları olan; topoğrafik yapı, toprak, yüzey ve yer altı suyu rezervleri; peyzaj birimlerini ve habitatları belirlemesi nedeniyle doğa korumada öncelikle dikkate alınan biyolojik çeşitliliğin devamlılığı için temeldir (Yılmaz, 2011). Doğallığını bir ölçüde yitirmiş olsa da planlama alanı geneline göre koruma açısından ön plana çıkabilecek alanlar yeni yönetim yaklaşımları ile geri kazanılabilmektedir.

Çukurova kıyı alanı, bugün yoğun tarım alanları ile deniz arasında kalan dar bir şerit üzerinde geçmişte geniş yüzeyler kaplayan sulak alanlardan geriye kalan lagünler, bataklıklar, çamur düzlükleri ve kumulları içermektedir. Kıyı şeridi, tür çeşitliliği açısından önemli doğal yaşam ortamlarına sahip bir sulak alan sistemi niteliğinde olup kuşların konaklaması ve üremesi için önemlidir (Harmancı, 2005). Çukurova Deltası için detaylı biyotop haritaları yapılmıştır, ancak koruma statüsü alınmayan tarımsal alanlardaki biyotop envanteri ve koruma ihtiyaçları üzerinde bir çalışma bulunmamaktadır. Bunun için tarımsal peyzajların arasında kalan habitatların belirlenmesi ve doğa koruma stratejilerinin geliştirilmesi yönünden bu çalışma önem kazanmaktadır.

Türkiye doğa koruma stratejilerinin uygulamaya aktarım sorununun yanısıra, birçok tarımsal üründe de yeterli oranda bu stratejiler bütünleştirilememiştir. Türkiye'de son dönemde bazı modern uygulamalar olmasına karşın, tarımın hemen

her alanında üretim geleneksel yöntemlere dayalı olarak yapılmaktadır. Bu amaçla, yeni teknolojilerden yararlanarak tarımda farklı uygulamalar ile çevre üzerinde yapacağı etkileri analiz etmek için büyümeyi ve gelişmeyi sürekli takip etmek gerekmektedir.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre ülkemizde tarım, ekonominin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Tarımsal ekonomiye, yılda en az iki ürün ile Çukurova Bölgesi'nin büyük katkısı bulunmaktadır. Türkiye genelinde ve Çukurova Bölgesinden alınan başlıca ürünlere bakıldığında özellikle yerfıstığı, mısır, soya ve turunçgillerin dörtte biri veya fazlası Çukurova'dan elde edilmektedir (TÜİK, 2017).

Tarımsal peyzaj karar destek sisteminin sunacağı temel çıktı, bölge tarımının her bileşeninde ve ölçeğinde daha etkin karar ve politikaların geliştirilmesini sağlayarak daha başarılı, doğayla uyumlu, tarımsal üretimin gerçekleştirilmesidir. Ancak tarımsal faaliyetlerin düzenlenmesini doğa koruma unsurlarından bağımsız düşünmek mümkün değildir. Bu bağlamda bölgede yer alan biyotopların korunması ve sürekliliğinin sağlanması bütüncül bir planlamanın önemli bir unsurudur.

Çalışmanın hedefleri Aşağı Seyhan Ovası'nda

i) tarımsal arazi kullanımları değişimini belirlemek,
ii) tarım alanlarının parsel bazlı temel fiziki özellikleri ile bunlara bağlı olarak alanda yetişen temel ürünlerin CropSyst ürün gelişim modeli ile tarımsal rekolte tahmini,
iii) Uzaktan algılama ile ASO içerisinde tarım alanları arasında sıkışmış marjinal habitatları tespit etmek, bu alanlar için doğa koruma stratejilerini tarımsal verimliliği ve su tüketimini dikkate alan su, toprak kaynakları ve biyotop koruma temelli tarımsal peyzaj karar destek sistemi oluşturmaktır.

Böylece tarım sektörüne konumsal bilgi teknolojilerinin bu çalışma ile sağladığı ürün ve çıktılar, tarımsal sektörün devamlılığı ve gelişmesini doğa koruma ile uyumlu olarak rasyonel planlanmasını ve yönetilmesini sağlayacaktır.

# 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tarımsal üretim üzerine yapılan ilk çalışmalar, biyolojik ve fiziksel ilkelere dayanmayan, ürün gelişim fonksiyonları ile geleneksel deneyim bazlı tarımsal araştırmalar kullanılarak yapılmaktaydı. Korelasyon ve regresyon analizlerinin kullanımı tarım biliminin ilerlemesine katkıda bulunarak ürün gelişim sistemlerindeki değişkenlerin ve etkileşimlerin nitel olarak anlaşılmasını sağlamıştır (Kumar ve Chaturevdi, 2009; Oteng-Darko ve ark., 2012). Bununla birlikte bu tür analizlerden çok spesifik nicel veriler elde edilmiştir. Elde edilen bilgiler sadece iklim, toprak parametreleri ve ürün gelişimlerinin benzer olduğu alanlara uygulanabilmektedir. Bu yüzden regresyona dayalı ürün verim modelleri karar vermede oldukça sınırlıdırlar. Ayrıca, iklim ile ilgili kaçınılmaz değişiklikler nedeniyle, tarımsal karar vermede faydalı olan istatistiksel ilişkilerinin geliştirilmesi zaman almıştır. Uzun dönem çalışmalara dayanan istatistiksel kanıtlar, genellikle toplam varyasyonun %40'ından fazlasının deneysel hatalardan geldiğini göstermektedir (Jame ve Cutforth, 1996). Geçmişten günümüze bilgilerin birikimi ve gözlemlerden elde edilen sonuçlar ile biyolojik hipotezleri ifade eden matematik kabul edilmiştir. Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler çeşitli faktörlerin birbirleri ile etkileşiminin göz önüne alınmasını mümkün kılarak ürün veriminin daha doğru tahmin edilebilmesi için toprak, bitki ve iklimsel sistemlerin nicel olarak birleştirilmesini sağlamıştır. Bu yüzden bilgisayarların varlığı ve entegre sistemlerin tarımsal uygulamalara yaygınlaştırılması ile tarımsal araştırma ve geliştirme ile yeni bir dönem ortaya çıkmıştır (Jones, 1993).

Ürün gelişim modellerinde bitki fizyolojisi, agrometeoroloji, toprak bilimi ve agronomi gibi farklı disiplinlerden gelen bitki büyümesi ve gelişimi ile ilgili mevcut bilgiler sürekli, niceliksel ve süreç odaklı bir şekilde entegre edilmiştir. Ürün gelişim modellerinde yer alan ekonomik ve çevre değerlendirmeleri ile kullanıcıların teknik bilgi birikimine imkan sağlayan bilgisayarlı karar destek sistemleri geliştirilmiştir.

Ürün gelişim simülasyon modellerinin gelişimi bilimsel araştırmanın doğal ilerlemesi ile olmuştur. Jame (1992), 1960'lı yıllarda basit su-denge modelleri üzerine ilk çalışmasından 1980'lerde ürün gelişim simülasyon modellerinin geliştirilmesine kadar su kullanımı ve ürün verimi arasındaki ilişkileri belirlemek için yapılan girişimleri değerlendirmiştir. 1950'lerde matematiksel olarak bazı kontrollü çevreler hariç bir bitkinin büyümesinde yer alan karmaşık fiziksel, fizyolojik ve morfolojik süreçlerin tanımlanıp tanımlanmadığı kesin olmadığını ifade etmiştir. Böylelikle ürün agronomisinde ürün gelişim simülasyon modellerinin önemi ortaya çıkmıştır (Passioura, 1973). Ancak son 40 yıl boyunca ürün gelişim modelleri büyük oranda değişmeye başlamıştır. İlk olarak bitki kanopisindeki fotosentetik oranları modelleme çalışması 1960'larda başlamıştır (de Wit, 1965). Bu modelden elde edilen bulgular diğer modeller için dünyadaki bazı alanlarda potansiyel yiyecek üretiminin tahmininde ve ürün yönetimi ve ıslah için gösterge olarak kullanılmıştır (de Wit, 1967; Linneman ve ark., 1979). Sonrasında de Wit ve ark. (1970) tarafından Basit Ürün Gelişim Simülasyonu (**El**ementary **Cro**p Growth **S**imulator- ELCROS) geliştirilmiştir. Bu model, statik fotosentez modeli ve biyokütlenin günlük sabit bir oranı olarak alınan ürün solunumunu içermektedir. Buna ek olarak, kök ve sürgün büyümesi arasındaki işlevsel denge de eklenmiştir (Penning de Vries et al., 1989).

**E**nvironmental **P**olicy **I**ntegrated **C**limate (EPIC), **A**gricultural **L**and **M**anagement **A**lternatives with **N**umerical **A**ssessment **C**riteria (ALMANAC), **Crop**ping **Syst**ems Simulation Model (CropSyst), **Wo**rld **Fo**od **St**udies (WOFOST), **A**rchitectural model of **De**ve**l**opment (ADEL) ve **C**rop **E**nvironment **Re**source **S**ynthesis (CERES)-Maize modelleri mısır ürününün büyüme ve verimini simüle etmek için başarıyla kullanılmaktadır. Sorghum Kansas A&M (SORKAM), SorModel ve SORGF modelleri de sorgum ürün yönetimdeki spesifik özelliklerini ifade etmek için kullanılmaktadır. CERES–Pearl Millet Modeli, CropSyst ve PmModels'lerini dünya genelinde inci darısı (*Pennisetum glaucum*) genotiplerinin uygunluğunu ve verim simülasyonlarını incelemek için kullanılmıştır. Benzer

şekilde pamuk bitkisi içinde iki yaygın model, GOSSYM (Mckinion ve ark., 1989) ve COTONS (Eric ve ark., 1999) modelleridir.

Bazı araştırıcılar küresel iklim modeli çıktılarını da bitki büyüme modelleri içinde kullanarak iklim değişikliğinin tarımsal üretime etkilerini belirlemede öncülük etmişlerdir (Rosenzweig ve Parry, 1994; Wolf ve Van Diepen, 1995). Bu amaçla kullanılan modeller ve yapılan çalışmalar arasında, CropSyst Bitki Büyüme Modeli, mısır, soya, sorgum ve buğday için (Pala ve ark., 1996; Stockle ve ark., 1997; Donatelli ve ark., 1997; Pannkuk ve ark., 1998), WOFOST Modeli arpa ve buğday için (Alexandrov ve Eitzinger 2002; Eitzinger ve ark., 2004), CERES-Wheat ve CERES-Maize sırasıyla buğday (Sezen, 1993; Sezen ve ark., 1998; Lal ve ark., 1998; Attri ve Rathore 2003; Trnka ve ark., 2004; Dubrovsky ve ark., 2004,) ve mısır için (Dubrovsky ve ark., 2004), CERES-Sorghum Modeli sorgum için (Gangadhar Rao ve ark., 1995; Chatterjee, 1998), The Agricultural Production Systems Simulator (APSIM) Nitrogen-Wheat Modeli buğday için (Asseng ve ark., 2004), BEANGRO (Hogenboom ve ark., 1994) Modeli fasulye için, PEANUTGRO Modeli yer fıstığı için, SOYGRO ve GOSSYM Modelleri sırasıyla soya ve pamuk için (Reddy ve ark., 2002) ile CROPGRO Modeli soya için Lal ve ark. (1999), Mall ve ark. (2004), CROPGRO-Chickpea Modeli nohut için (Mandal, 1998), WTGROWS Modeli buğday için (Aggarwal ve Kalra, 1994), ORYZA Modeli ile (Mohandass ve ark., 1995; Aggarwal ve Mall 2002), CERES-Rice Modeli pirinç için (Saseendran ve ark., 2000; Rathore ve ark., 2001; Lal ve ark., 1998; Aggarwal ve Mall, 2002), QSUN Modeli ayçiçeği için çiftçilere, bilim adamlarına ve karar vericilere ihtiyaçlarını karşılamak üzere geliştirilmiştir. Anılan modellerin büyük bir bölümü toprak-bitki-atmosfer sürecinde su ve azot hareketi, bitki fizyolojisinde gelişme, kuru madde birikimi ve ürün verimini hesaplamakta ve tarımsal üretim sistemlerinin çok yıllık ardışık benzeşimlerine olanak tanımaktadır.

CropSyst Modeli, bir çok ürün için (mısır, buğday, arpa, soya, sorgum, şekerpancarı, patates, fasülye, ayçiçeği, üzüm, pirinç) farklı bölgelerde (ABD, Fransa, İtalya, Suriye, İspanya, Avustralya, Rusya ve Afrika) genellikle iyi

sonuçlar vermiştir (Stöckle ve ark., 1994; Pala ve ark.,1996; Stöckle ve Debaeke, 1997; Donatelli ve ark.,1996, 1997; Francaviglia ve Bartolini, 1997; Rinaldi ve Ventrella, 1997; Stöckle ve ark., 1997; Giardini ve ark., 1998; Pannkuk ve ark., 1998; Ferrer-Alegre ve ark., 1999, b; Francaviglia ve Marchetti, 1999; Richter ve ark., 1999; Bechini ve ark., 2000; Bellocchi ve ark., 2000; Donatelli ve Stöckle, 2000; Donatelli ve ark., 2000, Confalonieri ve Bocchi, 2005). CropSyst Modeli ile ayrıca iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki potansiyel etkilerini incelemek ve bu etkilere karşı başlıca uyum stratejilerini (tür çeşitliliği, elim zamanı, gübreleme, sulama düzeyleri gibi) geliştirilmektedir. Atmosferik karbondioksit artış oranlarına göre Genel Sirkülasyon Modellerinden (GCMs) üretilen geleceğe yönelik iklim senaryoları, bu uyum stratejileri için Avrupa'nın bazı bölgelerinde uygulanmıştır (Hammer ve Muchow 1994; Bindi ve ark., 1999; Tubiello ve ark., 2000; Donatelli ve ark., 2002, Crisci ve ark., 2001; Giannakopoulos ve ark., 2005).

Toprak ve iklimsel bilgilerin yanı sıra bitkiler için temel gelişim evrelerini etkileyen çevresel faktörlerin de bilinmesi gereklidir. Grant ve ark. (1989) mısır bitkisinde dane verimi, sayısı, ağırlığı ve yaprak alan indeksi değerlerini bitki büyüme modelleri ile karşılaştırarak iki sonuç arasında %20'lik fark olduğunu gözlemlemiştir. Stöckle ve ark. (1991), yağmurlama yöntemiyle sulanan mısır bitkisinin dane verimini incelemek için Washington'da benzer çalışmalarda bulunmuştur. Mısırın yetişme döneminde toprağın su tutma kapasitesine ve atmosferin buharlaşmasına bağlı olan model ile günlük evapotranspirasyonu devamlı %15 az tutarak, mısır verimini de %1 ile 7 arasında düşük hesaplamıştır. Köksal (1995), Çukurova Bölgesi için CERES-Maize Bitki Büyüme Modeli ile modelin su kesintisine karşı fazla duyarlı olduğunu ve gerçek değere göre daha düşük tahminler yaptığını hesaplamıştır. Amissah-Arthur ve Jagtap (1995)'de CERES-Maize Modelini kullanarak, Nijerya'da agro-ekolojik zonlar boyunca mısır bitkisinin azot ihtiyacını değerlendirmiştir. Gençoğlan (1996), 1. ürün mısırın Çukurova koşullarında CERES-Maize Modeliyle benzeşimlerinin tarla

denemeleriyle uyumluluğunu test etmiştir. CERES-Maize bitki büyüme modelinin tarla kapasitesi, solma noktası su içeriklerine ve sulama randımanına duyarlı olduğu, bazı konularda verim ve verim unsurlarını tam olarak kestiremediğini belirtmiştir. Kenya'da iki çeşit mısır ile yapılan başka bir model çalışmasında CERES-Maize Modeli kullanılarak farklı ekim tarihlerinin verime etkisi araştırılmıştır (Abigail Amissah-Arthur, 2005). Çalışma sonucunda ortalama verimin geçci çeşitte 2142 kg $ha^{-1}$ ile 90 kg $ha^{-1}$, erkenci çeşitte 2419 kg $ha^{-1}$ ile 86 kg $ha^{-1}$ arasında değiştiği belirtilmiştir.

Hammer ve ark. (1995) yerel iklim ve toprak bilgilerinin kullanarak yerfıstığının CERES Modelinin bir parçası olan PEANUTGRO Modeli verim tahminleri ile gerçek verim arasında yüksek varyasyonlu ($R^2$ = 0.93) bir ilişki bulmuştur. Clifford ve ark. (2000) yerfıstığındaki yükselen $CO_2$, suyla ilgili kuraklık, sıcaklığı, yerfıstığında etkilerini ve gaz değişiminin etkilerini test etmiştir. Tubiello ve ark. (2000) çalışmalarında iklim değişikliği ve artan $CO_2$ konsantrasyonunun İtalya'daki iki bölgede tarımsal üretim sisteminin CropSyst bitki büyüme modeli kullanılarak ürün verimliliğine etkilerini belirlemişlerdir. Kullanılan küresel iklim modelleri çıktıları, CropSyst bitki büyüme modelinde iklim dosyasına giriş verisi olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, artan $CO_2$ ve iklim değişiminin birleşik etkisinin mevcut kültürel önlemde değişikliğe gidilmediği taktirde tarımsal üretimi düşüreceğini göstermiştir. Özellikle öngörülen yüksek hava sıcaklıkları, bitki fenolojisini hızlandırmakta, kuru madde birikiminde ve ürün veriminde %10-40 arasında azalmaya neden olmaktadır. Adaptasyon stratejileri araştırmalarıyla her iki bölgede de sonbahar-yaz ürünlerinin erken ekimi ve yavaş olgunlaşan kışlık tahılların birlikte ekim nöbetinde yer alması ile başlıca ürün verimlerinin korunabileceği belirlenmiştir. Sonuç olarak yapılan çalışmada sulu mısır ve soya için dane veriminde bugünkü seviyeyi koruyabilmek için %60-90 oranında daha fazla sulama suyuna ihtiyaç duyulacağı sonucuna varılmıştır.

Abi Saab ve ark. (2015) arpa bitkisinde üç farklı sulama rejimi ile iki farklı azot seviyeleri için AquaCrop ve CropSyst modellerinin performanslarını

değerlendirmişlerdir. Uygulamalarında tam sulama, %50 sulama ve sadece yağmurla sulanan sulama rejimleri ile yüksek ve düşük miktarda azot uygulamalarını kullanmışlardır. Güney İtalya Bölgesinde 2006-2008 yılları arasında her yıl kalibre edilerek ve son iki yıl validasyon yaptıkları çalışma sonucunda AquaCrop Modeli ile CropSyst Modeline göre daha az hata oranında tahmin ettikleri verim sonuçları, AquaCrop Modelinde fazla tahmin, CropSyst modelinde ise gerçekten az tahmin etmişlerdir.

Uzun yıllar boyunca araştırmalar ile bitki-iklim model çalışmaları ile çok sayıda simülasyon modelleri geliştirilmiştir. Türkiye'de modelleme konusunda birçok yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Modellerin tarımsal kuraklık analizlerinde kullanımı (Şaylan ve ark., 1994) ve bitki-iklim modelleri ile küresel ısınmanın etkileri incelenmiştir (Şaylan ve ark., 1995). Sarıyev ve Gülüt (1995) ürün gelişim modellerinin temel prensiplerini inceleyerek modellemenin önemi ve ürün gelişimine uygun verimlilik seviyelerine göre modelleme tekniklerini incelemişlerdir. Çukurova Bölgesi'nde Seri-82 buğday çeşidini kullanarak CropSyst ürün gelişim modelini simüle ederek toprak özelliklerini, iklim faktörlerini, maksimum yeşil alan indeksi ve yaprak alan indeksini, hasat indeksini, maksimum kök deriliği ve buğdayın gelişim dönemlerindeki azot içeriği verilerini kullanarak model sonucunda bitki fenolojik dönemlerini başarılı bir şekilde tahmin etmişlerdir. Ürün veriminde modellenen ve ölçülen veriler, toprak üstü biyokütle ve kök gelişimi tahminlerinde yakın sonuçlar bulmuştur. Modelde toprak su bütçesi öğelerinin tahmin edilmesinde bazı sınırlamalar gözlemişlerdir. Crop Yield Simulation Model (CRPSM) ve CERES-Maize modelleri ile iklim değişikliği senaryoları altında farklı sıcaklık değişimlerinde mısır bitkisinde verimliliğin değişimi çalışılmıştır (Köksal, 1995; Durak ve Şaylan, 1997, 1998; Şaylan ve Özen, 1997).

Aksoy ve Sarıyev (1997) CropSyst bitki gelişim modelini kullanarak Çukurova koşullarında Diyarbakır–81 buğday çeşidindeki potansiyel verimlilik ve aktif transpirasyon değerlerini belirlemişlerdir. Model için hassas parametreleri

potansiyel verimlilik, yaprak alan indeksi, spesifik yaprak alanı, sap-yaprak oranı ve solar radyasyon olarak belirlemişlerdir. Sezen (2000) ise Çukurova ve Harran Bölgelerindeki buğday bitkisi için azot su verim ilişkilerini belirlemek amacıyla CERES-Wheat Modelini kullanmış, modelin çiçeklenme ve fizyolojik olgunluk değerlerini gerçeğe yakın olarak tahmin etmiştir. Şen (2009) doktora çalışmasında Çukurova Yöresi için RegCM bölgesel iklim modelini kullanarak 2071-2100 yılları arasındaki iklimi tahmin etmek ve iklim değişikliğinin 1. ve 2. ürün mısır verimine etkisini belirlemeye çalışmıştır. Çalışmada yağış benzeşim sonuçlarının tutarlılığının topoğrafik yapıyla yakından ilgili olduğu belirlenmiştir. Gelecek dönemlere ilişkin yapılan kestirimlerin günümüze göre 3.0 ile 8.5 (ºC) arasında değişen artışların olabileceğini öngörmüştür. WOFOST bitki büyüme modeli ile 1. ve 2. ürün mısır dane verimlerinde %4.5 ve %-5.0 farklılık göstermiştir. Şatır (2013), doktora tezi çalışması kapsamında ASO'da buğday, mısır ve pamuk ürünlerinde verimliliği ve konumsal dağılımı dikkate alarak tarımsal alan kullanım uygunluğunu belirlemiştir. Ürün verimliliğinde adımsal regresyon istatistiksel yönteminin Net Birincil Üretim (NBÜ) tabanlı modelleme yaklaşımına göre yaklaşık iki kat daha doğru sonuçlar verdiğini ifade etmektedir. NBÜ tabanlı model yaklaşımında uzaktan algılama verilerinin yanında dönemsel iklim ve toprak verileri kullanılarak bu verilerin verim üzerine etkilerinin incelendiği ortaya konulmuştur.

Bitki gelişim süreçlerinin ve spektral karakteristiklerinin yersel çalışmalar ile desteklenmediği durumlarda tek tarihli görüntülerin tür ayrıştırması için gerekli spektral farklılıkları ortaya koyamadığı gözlemlenmemiştir. Buna karşın, bir gelişim sezonu boyunca türlerin fenolojik gelişme süreçlerine uygun olarak elde edilen çoklu uydu görüntüleri ile yapılan analizler başarılı sonuçlar vermektedir (Idso ve ark., 1978; Philipson ve Teng, 1988; Wiegand ve ark., 1989; Murthy ve ark., 2003; Blaes ve ark., 2005). Bu noktada önemli husus; aynı tarım bölgesinde ekimi yapılmış olan farklı türlerin gelişme süreçlerinin ve hızlarının yüksek doğruluklu olarak tayini ve uydu görüntü alım tarihlerinin bu bilgiye göre en

yüksek spektral ve doku farklılığını sağlayacak şekilde belirlenmesidir. Bu gereklilik göz önünde bulundurulduğunda, uydu verilerinin mekânsal ve spektral çözünürlük kapasitelerinin dışında zamansal çözünürlükleri de en önemli parametrelerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat parsel seviyesinde analiz gerektiğinde yüksek mekânsal çözünürlük ihtiyacının ortaya çıkması, yeterli zamansal çözünürlükte veri alımını güçleştirmektedir.

Temel yiyecek ihtiyaçlarımızı karşılayan tarım topraklarının önemi gün geçtikçe daha da artmaktadır. Birim alandan elde edilen ürün miktarı artırılması için farklı uygulamalar geliştirilmektedir. Bunun için tarım toprakların potansiyellerinin belirlenmesi ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Bu çerçevede tarımsal ürün verimliliğin izlenmesi ve tahmini için Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılmaktadır.

Farklı tarımsal ürünlerin sezona bağlı tespitine ve haritalanmasına yönelik obje tabanlı görüntü analizi ve karar ağacı algoritmasını temel alan bir yöntem geliştirilmiştir (Pena-Baragan ve ark., 2011). Bu yöntemde The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) uydu görüntülerinden elde edilen bitki indeksi ve doku özellik bilgileri kullanılmıştır. Temel ürün tiplerinin gruplandırılmasında Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) verilerini kullanan araştırmacılar, fotosentetik olarak aktif olmayan bitki örtüsü, nemli toprak ve boş arazi gibi yüzey örtü tiplerinin ayrıştırılmasında Short-wave infrared (SWIR) bandını temel alan indisler kullanmışlardır. Araştırmacılar, bitki türlerinin farklı gelişim dönemlerinde algılanan görüntü zaman serisi kullanımının ürün haritalama başarımını artırdığını belirtmişlerdir. Metin (1995) yapmış olduğu çalışmada tarımsal sınıflama için üç farklı eğitim sınıflama metodunu karşılaştırmıştır. Aynı örnek noktaları ve çalışma alanını kullanarak **Land** Remote-Sensing **Sat**ellite Thematic Mapper (Landsat 5-TM) uydu görüntüsünü, üç bandlı **S**atellites **P**our l'**O**bservation de la **T**erre or Earth-observing Satellites (SPOT-XS) uydusundan alınan verilerin eklenmiş görüntüsünü ve üçüncü olarak bu görüntülere Ana bileşenler analizi yapılmış görüntü 5 ana

bileşen görüntülerini kullanarak eğitimli sınıflama yapmıştır. Sonuç olarak, üç bandlı SPOT-XS görüntüsü eklenen görüntünün en iyi, ana bileşenler analizi yapılan görüntünün ise en kötü sonucu verdiğini tespit etmiştir.

Bolca ve ark (2003) Batı Anadolu Bölgesi'nde 2002 yılında pamuk ekilen alanların uzaktan algılama verileri ile rekoltesinin tespiti üzerine yaptığı çalışmada, Mayıs ve Ağustos ayları arasında almış oldukları 453 farklı bandları kullanarak üç farklı düzeyde verim grubunu oluşturmuştur. İlçe bazında pamuk ekili alanların yüzölçümleri ile dağılım alanlarını saptayarak, her grup için dekara verimleri hesaplamıştır. Meydan ve Berberoğlu (2008), Berberoğlu ve ark (2013), IKONOS ve Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) görüntülerini kullanarak, Yukarı Seyhan Havzasının arazi örtüsünü sınıflandırmış ve havzadaki farklı meşcere türleri için havzayı temsil eden farklı meşcereler üzerinde **N**ational **A**eronautics and **S**pace **A**dministration **C**arnegie-**A**mes-**S**tanford **A**pproach (NASA-CASA) Modelini kullanarak aylık, mevsimsel ve yıllık periyotlar halinde net birincil üretim tahminini gerçekleştirmişlerdir.

Tarımsal modeller toprak kalitesi, tarımsal ürün deseninin belirlenmesi gibi yerel çalışmalarda uygulanmaktadır. Ürün gelişim modellerinde ekonomik senaryoların yanında çevresel ve sosyo-ekonomik değişkenlerinde tarımsal peyzaj üzerinde araştırılmaktadır. Ekolojik açıdan tarımsal alanların içerisinde bulunan önemli doğal alanların tarımsal uygulamalar sonucunda nasıl etkilendiği önemli bir konu haline gelmiştir. Ekolojik ve biyolojik çeşitlilik bakımından önemli bir yere sahip olan Çukurova Deltasında birçok sayıda önemli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda yasal düzenlemeler ile önemli sahalar koruma altına alınmıştır. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı ile Çevre Bakanlığı 1996 yılında deltada bulunan bütün doğal alanlar için hazırlanmış Çevre Düzeni Planı ile sulak alan ekosistemlerini ve bu sistemlerle ilişki içerisinde bulunan habitatları dikkate alarak mutlak koruma, ekolojik etkilenme ve tampon bölgeleri belirlemiştir. Böylece her bir alan için koruma ve kullanım dengesini düzenleyen özel plan kararları geliştirilmiştir.

Biyotop haritalama ve biyotop sınıflaması terimlerinin farklı tanımlanması ve farklı metodların kullanılması biyotop haritalamada bir bütünlüğün oluşmasını engellemektedir (Pott, 1996). Biyotop kelimesi Çepel (1982) tarafından Türkçe literatüre "yaşama mekanı" veya "yetişme ortamı" olarak girmiştir. Biyotop terimini ise "Belirli canlı toplumları için, kendine özgü homojen yetişme koşullarına sahip bulunan bir yaşam mekanının barındırdığı canlılarla birlikte ifade edilmesi için kullanılan bir terimdir" diye belirtmiştir (Çepel, 1982).

Yöre, bölge, ülke ve hatta kıta bazında doğal ya da doğala yakın ve tehlike altındaki yaşama alanlarının korunması ve bunlar için değişik koruma ve geliştirme amaçlarının ortaya konması bakımından, doğa koruma eylemlerinin gerçekleştirilmesinde biyotop haritalaması çok önemli bir araç olarak kendini göstermektedir (Plachter, 1987,1991). Doğal çevre koruma kapsamında "Biyotop Haritalaması", kırsal ve kentsel kesimde doğal kaynakların korunmasına yönelik ekolojik bir çalışma olarak yürütülmektedir. Üstün nitelikli ve korumaya değer alanların saptanmasında ve bunlara olan etkilerin belirlenmesinde "Biyotop Haritaları" önemli bir kaynaktır (Artar, 2002).

Biyotop haritalama, 1970‟li yılların sonlarında birkaç büyük Alman kentinde uygulanmıştır. Berlin, Munich ve Augsburg, kentsel ekolojik araştırmaların yürütüldüğü ilk şehirlerdir (Environmental Atlas, 2009). Federal Almanya'da kentsel alanlarda biyotop haritalama ve doğa koruma üzerine çalışan Sukopp ve Weiler, yerleşime ait biyotopların belirlenmesinde kullanılan çok sayıda metodu 3 grupta toplamışlardır. Bunlar selektif haritalama, temsili haritalama ve tüm alanı kapsayan haritalama yöntemleridir. Selektif haritalama yöntemi, sadece tehlike altındaki korunmaya değer biyotopların belirlenmesini hedeflemektedir. Çok kısa zamanda ve az harcama ile çalışma gerçekleştirilmekte, ancak bazı önemli biyotoplar gözden kaçabilmektedir. Temsili haritalama yönteminde, tüm alan kullanım tiplerini temsil amacıyla seçilen örnek alanlarda yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlar, aynı karakteri gösteren diğer benzer alanlarla ilişkilendirilmektedir. Son olarak tüm alanı kapsayan haritalama yönteminde ise

farklı kullanım tipine sahip alanların tümü incelenmektedir (Sukopp ve Weiler, 1988).

Kentsel biyotopların haritalanmasında Ege Bölgesi'nde Köseoğlu (1981,1983), Buca ilçesinde Yılmaz (1986), Adana kentinde Atik (1997), Bartın ve çevresinde Yılmaz (2001), İstanbul kentinde Yarcı ve ark (2005), Çanakkale kentinde Kelkit ve ark (2005), Antalya kentinde Mansuroğlu ve ark. (2006), Balıkesir ilinde Özatlı (2009), Amasra-Bartın bölgesinde Sarı Nayim (2010), Bartın kıyı şeridinde Ekici (2012), İstanbul'un Anadolu yakasında Mühür (2013), İstanbul Bayrampaşa ilçesinde Şen (2016), Beylikdüzü ilçesinde Karabacak (2016), Çatalca ilçesinde Başar (2016), Sivas-Gürün ilçesinde Bozkurt (2016), tarafından çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Doğal alanların biyotop haritalamasında ise Göksu Deltası'nda Darıcı ve Everest (1992), Göksu deltası lagünlerinde Başıbüyük (1992), Çukurova Deltası kumullarında Berberoğlu (1994), Çukurova Deltasında Uzun ve ark. (1995), Göksu deltasında Düzenli ve ark (1996), Çukurova Bölgesi'nde Seçmen ve Leblebici (1997), Antalya kıyı şeridinde Sümbül ve Göktürk (1997), Adana-Çukurova Üniversitesi Kampüsünde Gövrek (1997), Doğu Akdeniz Bölgesi'nde ekolojik biyoçeşitlilik üzerinde Yılmaz (1997), Adana-Yumurtalık lagününde Alphan (1998), Çukurova Deltası sulak alan ekosistemlerinde Atik (1999), Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Çakan (2001), Çukurova Deltası Tuzla ve Yumurtalık Tabiatı Koruma alanı arasında Artar (2002), Çukurova kıyı kumullarında fitososyolojik verilerin kıyı kumulunun bozulması (Yılmaz, 2002), Çukurova Deltası sulak alan sisteminde habitat sınıflaması ile kuş popülasyonların saptanması Yılmaz ve ark. (2004), Kazanlı kumullarında koruma öncelikli alan kullanım planlaması çalışmasında Yılmaz ve ark. (2006), Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti kıyısal alanlarında Çiçek (2006), Antakya-Samandağ kıyı bölgesinde Fidan (2006), İzmir kıyı bölgesinde Ersoy (2008), Çukurova deltasında bitki örtüsü ve yetişme ortamlarının sınıflandırılmasında Ünlükaplan ve Yılmaz (2009), Trabzon-Uzungöl Özel Çevre Koruma Bölgesi'nde Yalçınalp (2010), Adana-Tuz Gölü Lagünü bölgesinde sulak

alan habitatların CORINE Biyotop sınıflamasına göre haritalama konusunda Yılmaz ve ark. (2011a, 2011b), Çakan ve ark (2011), Saroz Körfezi kıyılarında Kaya ve Yılmaz (2012), İstanbul Sarıyer bölgesinde Bayraktar (2013), Aydın ilinde Gülçin ve Yılmaz (2016) çalışmalarını yürütmüşlerdir.

Yılmaz ve ark. (2011b) ile eşzamanlı olarak, Seyhan Nehri Deltası ve Akyatan Lagünü arasında kalan kıyı bölgesi için "Akyatan ve Tuzla Lagünleri Sulak Alan Yönetim Planı" hazırlanmıştır (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2013)

Cousins and Ihse (1998), İsveç'in kırsal peyzajında yer alan tarım alanı biyotop haritalamasında renkli hava fotoğrafları kullanılarak peyzaj elemanlarının belirlenmesini test ederek yorumla doğruluğunu değerlendirmiştir. Zengin tür çeşitliliğine sahip olan İsveç'te ibreli ormanlar, çayırlıklar, yaprak döken ormanlar, sulak alanları sınıflayarak peyzaj alanlarını detaylı bir şekilde haritalamışlardır. Danimarka'da Münier ve ark (2001) ise tarımsal alan kullanımının doğala yakın biyotoplar üzerindeki etkisini tanımlamak için, Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak 'Biyotop peyzaj modeli' isimli mekansal bir model geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu model bitki topluluklarının dağılımını, abiyotik özellikleri ve alan kullanımını devamlı birbirleriyle etkileşim halinde tutmaktadır.

# 3. MATERYAL VE METOD

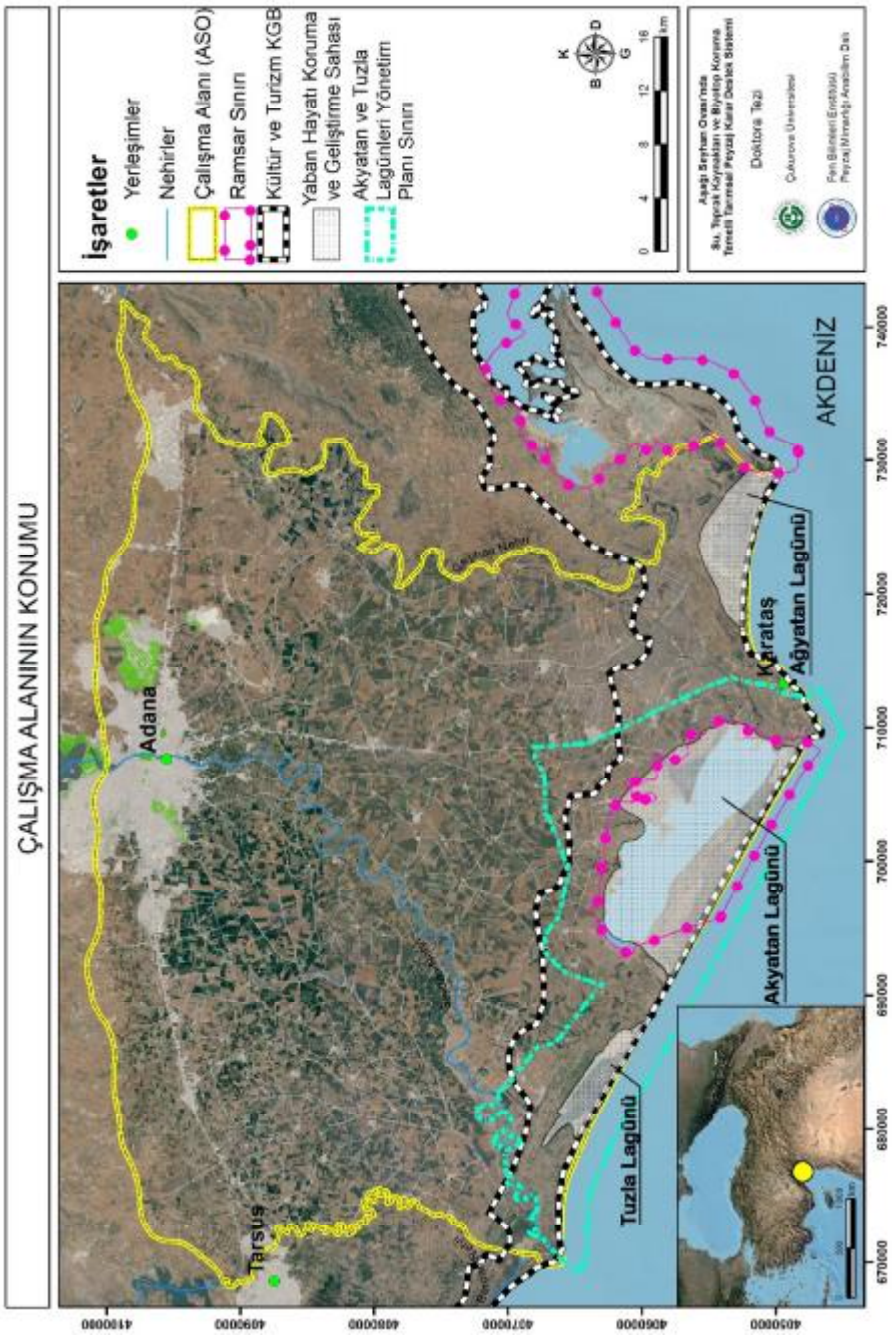
## 3.1. Materyal

Çalışmanın ana materyalleri Aşağı Seyhan Ovası için uzaktan algılama verileri olan LANDSAT, SENTINEL-2, SPOT, ASTER GDEM, ALOS PALSAR uydu görüntüleri, sayısal haritalar (Toprak Serileri, Sayısal Yükseklik Modeli), Meteorolojik ölçümler (sıcaklık, yağış, nispi nem, rüzgar hızı) ve yer gerçeği verileri (ürün deseni, verim, biyotop tipleri) oluşturmuştur.

### 3.1.1. Çalışma Alanı

Akdeniz Bölgesi'nin doğusunda İskenderun Körfezi ile Mersin Körfezi arasında bulunan Çukurova Deltası ülkemizdeki en verimli ovalardan bir tanesidir. Çukurova'nın doğusundan Ceyhan Nehri, batısından Berdan (Tarsus) Çayı ve ortasından Seyhan Nehri geçmektedir. Ceyhan Nehri ile Berdan Çayı, kuzeyinde ise Adana-Şanlıurfa Otoyolunun sınırladığı bölge, çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 3.1).

Çukurova Deltası, Seyhan ve Ceyhan nehirleri ve Berdan Çayı ile taşınan alüvyonlar sayesinde Türkiye'nin en büyük deltasını meydana getirmiştir. Dar bir havzaya sahip olan Ceyhan ve Seyhan nehirleri taşıdıkları su miktarı bakımından oldukça yüksek debiye sahiptirler. Bahar aylarında karların erimesi ve yağışların yüksek olması nedeniyle geçmişte ovada büyük taşkınlar meydana gelmiş, nehirlerin yatakları sık sık değişmiştir. Böylece özellikle ovanın güneyinde birçok gölet, lagün, menderesler ve bataklık alanlar oluşmuştur. Alanda batıdan doğuya üç adet önemli lagün (Tuzla, Akyatan ve Ağyatan Lagünleri)meydana gelmiştir (Dinçer, 2007).




Şekil 3.1. Çalışma alanının konumu

Bunlardan, Tuzla ve Akyatan Lagünleri aynı zamanda barındırdığı su kuşları ve deniz kaplumbağaları için uygun üreme sahası olması nedeniyle Orman ve Su İşleri Bakanlığı'na bağlı Yaban Hayatı Koruma Sahası seçilmiştir. Seyhan ağzının doğusunda yer alan Tuzla Lagünü (800 ha) yılın büyük bir bölümünde hafif tuzludur. Kuzeyinde, 500 m genişliğinde bir şerit üzerinde kuru tarım yapılan tarlalar ve çayırlar bulunmaktadır. Kısa bir kanal gölün denizle bağlantısını sağlayarak dalyancılık imkanı sağlamaktadır. Tuzla Gölü'nün güneydoğusunda, kısmen Seyhan'ın eski yatağı üzerinde yer alan, sık bitki örtüsüyle kaplı tatlı su bataklıkları, tuzcul bataklıklar ve küçük su yüzeyleri de bulunur. Yaz aylarında bu alanlardaki tatlı su, tarımsal sulamada kullanılmaktadır ve kurumaktadır. Ülkemizin en büyük lagün gölü olan Akyatan Gölünü ise, yaklaşık 5000-7500 hektarlık bir alana sahip olup, güneydoğudan 2 km'lik dar bir kanalla denize bağlanmaktadır. En derin yeri 4 m olan gölün uzunluğu 17 km, en geniş bölümü yaklaşık 4 km'dir. Lagün ile deniz arasında yer yer genişliği birkaç km'yi, yüksekliği ise 20 m'yi bulan kumullar yer almaktadır. Gölün kuzeyi geniş tarım alanları bulunmakta, su ürünleri üretimi ve turizm faaliyetleri gibi yöre ekonomisine önemli katkılar sağlayan çok yönlü bir sulak alan ekosistemidir. Ceyhan Nehri ağzının batısında yer alan 1130 hektarlık bir alana sahip Ağyatan Gölü, yeraltı suları ve yağışlı dönemde nehir sularıyla beslenen bir lagündür (Adana il Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2009; DKMP, 2013).

Aşağı Seyhan Ovası'nda sürekli veya geçici bataklıklar çevresinde halofil ve higrofil bitkiler yayılış göstermektedir. Bu türler içerisinde, saz (*Typha latifolia*), kılıç otu (*Typha angustifolia*), hasır otu (*Juncus effusus, Juncus acutus*), süsen (*Iris foetidissima*), saz kamışı (*Phragmites communis*), yalancı kamış (*Erianthus ravennae*), adi kargı (*Arundo donax*), sinir otu (*Plantago major*) ve karga otu (*Lysimachia atropurpurea*) dikkat çekmektedir. Nehirler boyunca söğüt (*Salix sp.*), ılgın (*Tamarix sp.*) ve zakkumlara (*Nerium sp.*) rastlanmaktadır. Delta kıyılarında uzanan kumul sıraları üzerinde papatya (*Anthemis sp.*), kara pazı *(Atriplex sp.),* yabani pancar *(Beta maritima),* engerek otu *(Echium diffusum),* sivri

hasır otu *(Juncus acutus),* çorak gazalboynuzu (*Lotus halophilus),* kayışkıran otu *(Ononis serrata),* sinir otu *(Plantago sp.),* çobandeğneği *(Polygonum littorale, Polygonum maritimum),* deniz börülceleri *(Salicornia herbecea, Salicornia fruticosa),* dikenli çöğen veya tuz otu *(Salsola kali),* nakıl (*Silene sp.) ve* boyotu (*Trigonella sp.)* türleri yayılış göstermektedir. Bu türler dışında okaliptüs (*Eucaliptus rostrata*), servi (*Cupresus sp.*), kavak (*Populus sp.*) ve çınar (*Platanus sp.*) türlerine rastlamak da mümkündür (Göney, 1976: Çakan ve ark. 2003).

Çukurova'da tarıma elverişli durumda olan geniş arazileri sulamak için Seyhan Nehri üzerinde, Seyhan Barajı, Tarsus Çayı'nın kollarından olan Kadıncık Deresi üzerindeki Kadıncık I ve Kadıncık II Barajları kurulmuştur. Bu barajlar sayesinde verimli tarım toprakları sulanmakta ve tarlalardan yılda iki veya daha fazla ürün alınmaya başlanmıştır. Diğer yandan ise, nehirlerden gelen taşkınlar önlenmiş ve mevcut lagünlerin ve sulak alanların doğal beslenim alışkanlıkları değişmiştir. Lagünlerin beslenimi, mevcut yağışlar, drenaj kanallarıyla taşınan sular ile deniz bağlantılarından giren sulardan sağlanmaktadır.

### 3.1.2. Veriler

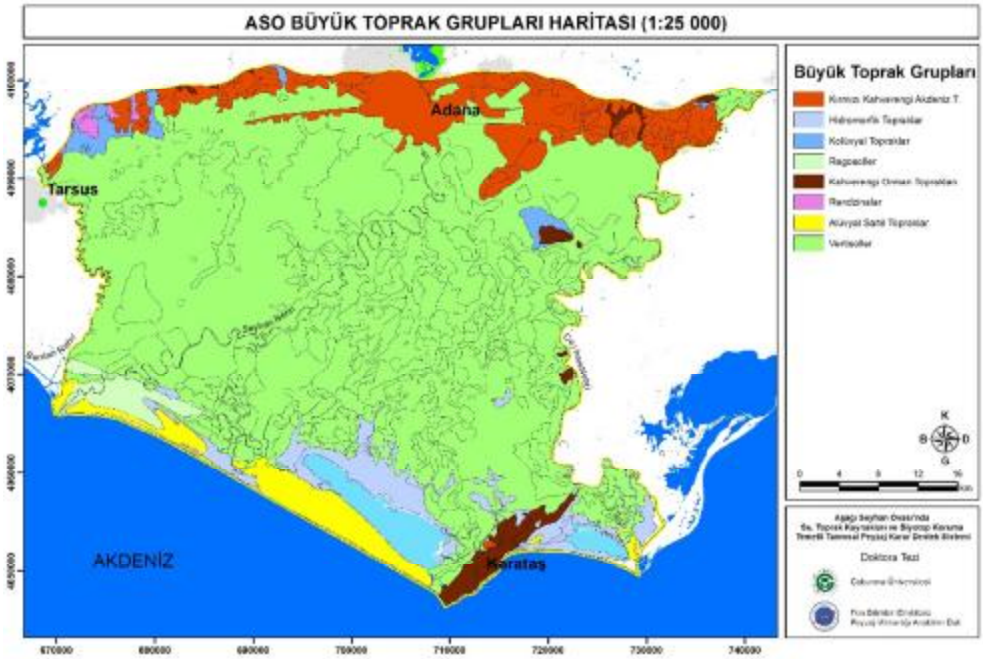
#### 3.1.2.1. Toprak Yapısı

Çukurova Deltası'ndaki toprakların oluşumunda Seyhan ve Ceyhan nehirleri önemli rol oynamaktadır. Çukurova Bölgesinde Vertisoller (%76.5) ve Kırmızı Kahverengi Akdeniz toprakları (%10.6) geniş yer tutmaktadır (Çizelge 3.1). 1:25.000 ölçekli Türkiye Toprak Haritası (Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü) (Şekil 3.2) ve Çukurova Üniversitesi Toprak Bölümü ve Hohenheim Üniversitesi iş birliği ile Çukurova Bölgesi toprakları (Dinç ve ark., 1990) haritası kullanılmıştır. Çukurova Bölgesi için yapılan çalışmada, ASO ve Tarsus-Mersin hattındaki toprakları en alt ve detaylı toprak sınıflama birimi olan toprak serileri temelinde haritalanmıştır. Bu bölgede toplamda, 20 adet toprak serisi belirtilmiştir (Şekil 3.3). Her bir seriye ait toprak profilleri, profil derinliği, pH değerleri, organik madde

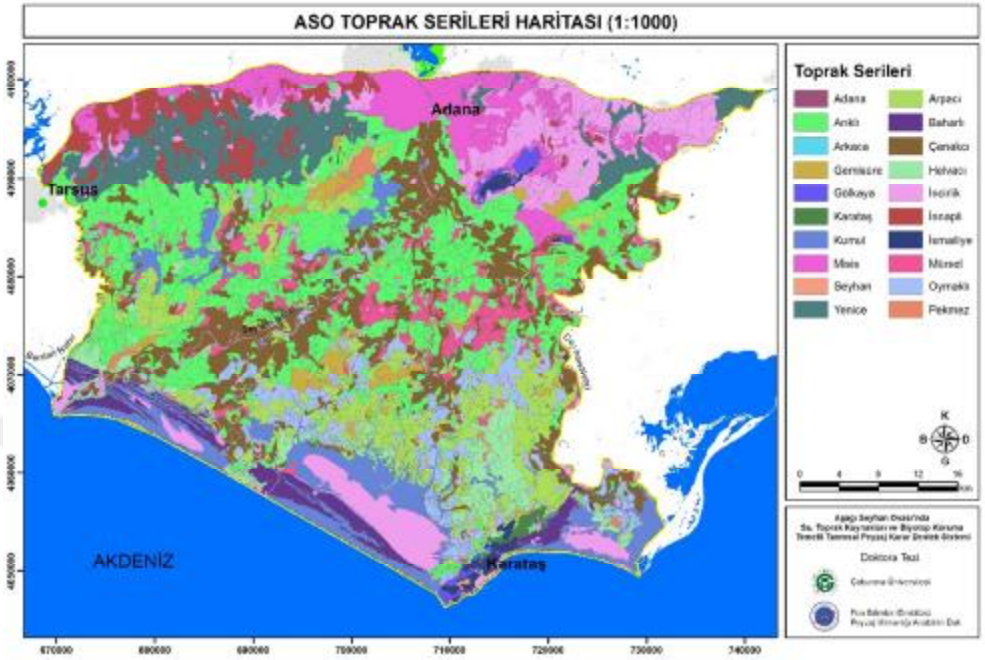
miktarı, değişebilir katyon değerleri, kireç miktarı, tekstürü, hacmi ve toplam porozite detaylı olarak ele alınmıştır.

Çizelge 3.1. Çalışma alanındaki büyük toprak gruplarının dağılımı

| ID | Büyük Toprak Grupları | Toplam Alan (ha) | Yüzde (%) |
|---|---|---|---|
| V | Vertisoller | 183061 | 76.5 |
| E | Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları | 25245 | 10.6 |
| H | Hidromorfik Topraklar | 10661 | 4.5 |
| S | Alüvyal Sahil Topraklar | 7902 | 3.3 |
| M | Kahverengi Orman Toprakları | 4695 | 2.0 |
| L | Regosoller | 3735 | 1.6 |
| K | Kolüvyal Topraklar | 3161 | 1.3 |
| R | Rendzinalar | 825 | 0.3 |
| | **Genel Toplam** | **239285** | **100.0** |




Şekil 3.2. Çalışma alanı Büyük Toprak Grupları Haritası (1:25.000)



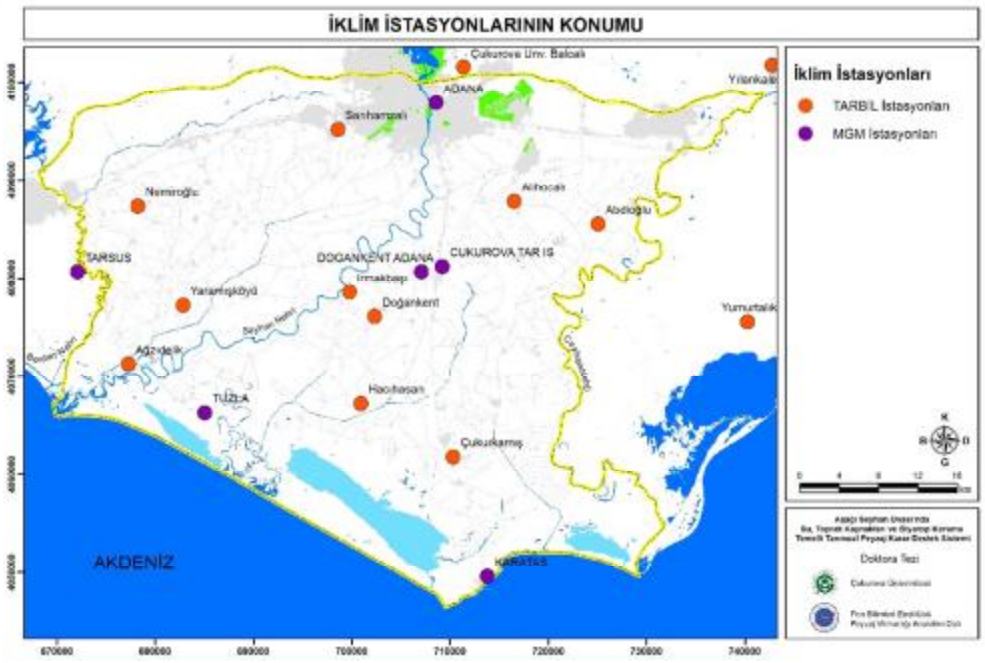

Şekil 3.3. Çalışma alanı Toprak Serileri Haritası (Dinç ve ark., 1990).

### 3.1.2.2. İklim

Aşağı Seyhan Ovası Akdeniz iklimine sahip olup, ovada uzun yıllar ortalama sıcaklık 18-19 ºC'dir. Aylık ortalama sıcaklık, en düşük 9-10 ºC (Ocak ayı), en yüksek ise 28 ºC'dir (Ağustos ayı). Yıllık sıcaklık farkının düşük olması, ovada yıl boyunca tarım yapılmasına imkan sağlamaktadır. Yıllık ortalama yağış miktarı, 721 mm olup hakim rüzgar yönü kışın kuzey-kuzeydoğudan yazın ise güney batıdan esmektedir (Çelik ve ark., 2013; MGM, 2016). Evapotranspirasyon miktarı Nisan ile Kasım ayında yağış miktarından yüksek olduğu için, ova için sulama da bu dönemde yapılmaktadır. Yaz aylarında yağış almayan bu bölgede güneybatıdan esen rüzgarlar sulak alanlar çevresindeki kumulları iç kısma taşımakta, kışın ise tersi meydana gelmektedir. Yeraltı ve yerüstü su varlığı açısından zengin olan bölgede, taban suyu seviyesi 80-120 cm arasında değişmekte

ve açılan kuyulardan da yılda ortalama 430 milyon $m^3$ su kullanılmaktadır (Adana İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2009).

Çalışma alanı ve çevresinde bulunan 9 adet Devlet Meteoroloji İşleri'ne (DMİ) ait iklim istasyonları ile 13 adet TARBİL Projesi kapsamında kurulan iklim istasyonlarından alınan meteorolojik veriler kullanılmıştır (Şekil 3.4). Günlük olarak temin edilen veriler maksimum-minimum sıcaklık, toplam yağış miktarı, solar radyasyon, rüzgâr hızı, maksimum-minimum nispi nem olmak üzere 7 değişken veri kullanılmıştır.

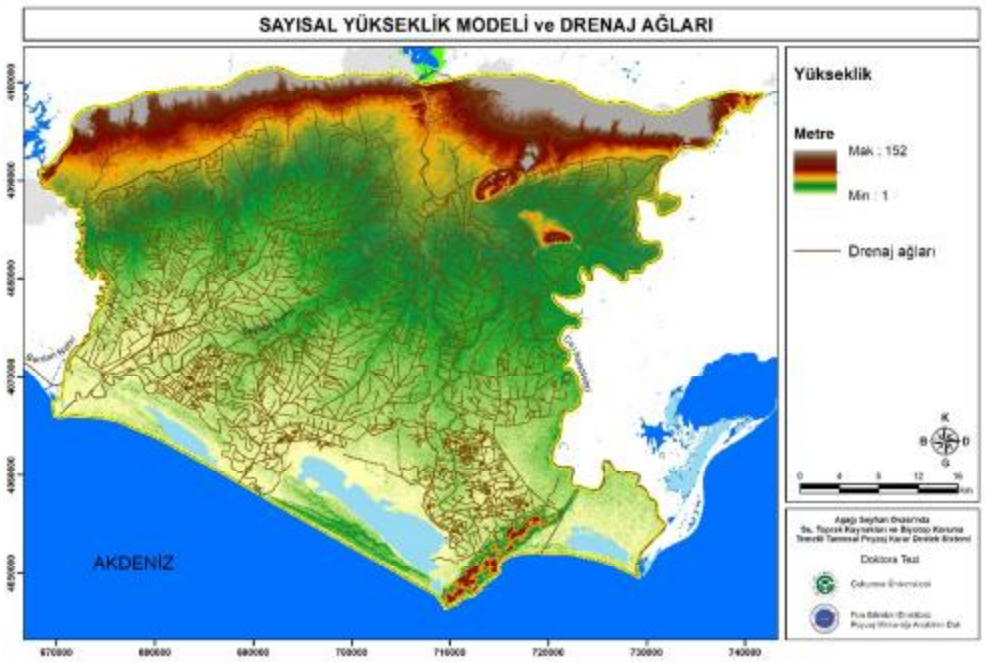



Şekil 3.4. Çalışma alanı ve çevresinde bulunan iklim istasyonlarının konumu

### 3.1.2.3. Sayısal Yükseklik Modeli ve Drenaj Ağları

Sayısal yükseklik modeli (SYM) bir bölgenin eş yükselti eğrilerinin sayısal ortamda grid tabanlı ifade edilmesidir. Bu veriler, doğrudan topografik haritalardan vektör formatında sayısallaştırıp, grid formatına dönüştürülerek, stereo görüntü

alabilen (minimum %60 çakışmalı) uzaktan algılama araçları kullanılarak veya radar görüntülerinden doğrudan grid formatında temin edilmektedir (Şatır, 2013). Topografik analizlerde kullanılacak olan bu veri için, 30 m yersel çözünürlü ASTER GDEM (**A**dvanced **S**paceborne **T**hermal **E**mission and **R**eflection Radiometer) (Global Digital Elevation Model) ve yersel doğruluğu tamamlanmış 15 m yersel çözünürlü sentetik aralıklı radar uydusu olan "**A**dvanced **L**and **O**bserving **S**attelite-1 (ALOS) The **P**hased **A**rray type **L**-band **S**ynthetic **A**perture **R**adar (PALSAR)" uydu verileri kullanılmıştır (Şekil 3.5).




Şekil 3.5. Çalışma alanı Sayısal Yükseklik Haritası

### 3.1.2.4. Sulama Birlikleri

Aşağı Seyhan Ovası'nda modern sulama 1942 yılında inşa edilen Seyhan Regülatörü ile başlamıştır. Sulama, elektrik üretimi ve taşkın önleme amaçları için 1953-1956 yılları arasında Seyhan Barajı inşa edilmiş ve 8 Nisan 1956'da işletmeye

açılmıştır. Seyhan Barajı'nın maksimum işletme seviyesindeki göl hacmi 831 $hm^3$ olup enerji, sulama ve taşkın amaçlı Seyhan Barajı'ndan enerji üretilerek alınan su Seyhan Regülatörüne, regülatörden alınan sulama suyu sağ ve sol isale kanalları vasıtasıyla ovaya sulama birlikleri bazında aktarılmaktadır (Seyran, 2009) (Şekil 3.6).




Şekil 3.6. ASO Sulama birlikleri sınırları ve DSİ sulama kanalları

### 3.1.2.5. Uzaktan Algılama Verileri

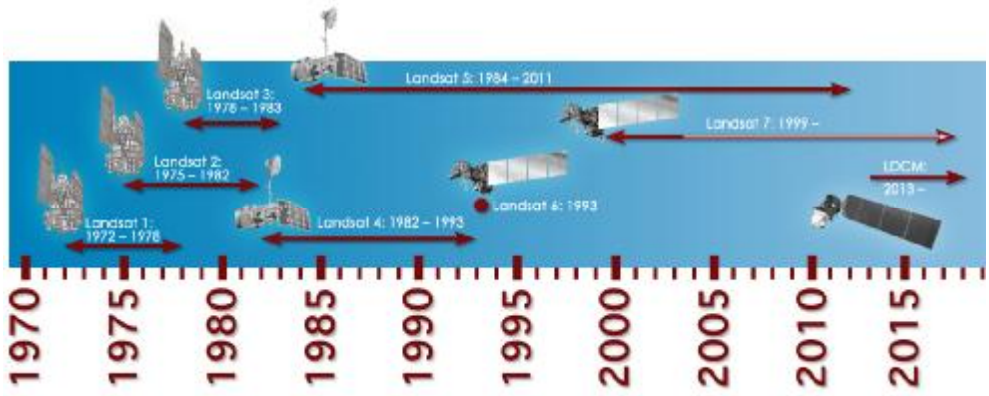
Çalışma alanı içerisindeki ürün verimliliğini tahmin etmek için ESA tarafından geliştirilen ve 2015 yılında hizmete giren Sentinel-2 uydu algılayıcısı, ABD-Japon ortak yapımı ASTER uydu verileri ve TARBİL Projesi tarafından temin edilen SPOT 6 uydu verileri ile yerli uydumuz Göktürk-2'den temin edilen görüntülerden yararlanılmıştır. Sentinel-2 uyduları, SPOT ve Landsat uydu verilerin gelişmiş sürekliliğini sağlamak, küresel olarak yüksek çözünürlüklü optik

görüntüler sunmaktadır. Sentinel-2A uydusu, 290 m tarama genişliğine sahip, 13 spektral bant içeren (10 m yersel çözünürlükte 4 band, 20 m çözünürlükte 6 band ve 60 m çözünürlükte 3 band) görünür, yakın kızıl ötesi ve orta kızıl ötesi sensörleri içermektedir.

· **LANDSAT Uyduları**

İlk LANDSAT uydusu 1972 yılında uzaya gönderilirken sonrasında 7 adet daha gönderilmiştir. Birinci kuşak LANDSAT uyduları (1-2-3) farklı 2 sensör (Return Beam Vidicon (RBV) kamera ve Multispectral Scanner (MSS)) içerirken, ikinci kuşak LANDSAT uyduları (4-5-6-7) 1982 yılında LANDSAT 4 ile başlayarak Thematic Mapper (TM) adında yeni bir cihazla donatılmıştır. 1993 yılında LANDSAT 6'nın yörüngeye fırlatılmasında başarısız olunmasından sonra LANDSAT 7 TM geliştirilmiş ve yüksek çözünürlü tarayıcılar ile donatılarak Mart 1999 'da fırlatılmıştır. 31 Mayıs 2003 tarihinde ise LANDSAT 7'nin tarama hattı düzelticisi (Scan Line Corrector -SLC) arızalanmıştır ancak sorun giderilememiştir (https://landsat.usgs.gov/slc-products-background). SLC özelliği kapatılarak görüntü alımına devam etmekte ve alınan görüntülerin orta kısımdan kenarlara genişleyen bozuk alanlar bulunmaktadır.

LANDSAT 8 LCDM (**L**andsat **D**ata **C**ontinuity **M**ission), NASA tarafından LANDSAT serisinin sekizinci uydusu olarak çevresel değişimlerin izlenmesi amacıyla 11 Şubat 2013 tarihinde fırlatılmıştır (Şekil 3.7). Görünür, yakın-infrared, kısa dalga infrared ve termal infrared aralıklarında görüntü almakta ve spektral aralığa bağlı olarak 15 ile 100 m arasında bir yersel çözünürlüğe sahiptir (NASA, 2013a).




Şekil 3.7. Landsat Uyduları (NASA, 2013b)

Çalışmada kullanılan Landsat 5 TM – 7 ETM+ ve 8 LDCM uyduları on altışar günlük zamansal çözünürlükte görüntü almaktadır. Söz konusu görüntüler, 2010-2016 tarihleri arasında bulutsuz ve ürün gelişim dönemleri dikkate alınarak kullanılmıştır (Çizelge 3.2).

· **SENTINEL 2 Uydusu**

Sentinel-2, aynı yörüngede birbirine $180^{o}$ karşılıklı ikiz kutupsal uydulardan oluşmaktadır. 290 km tarama genişliği ve 5 er günlük (farklı iki sensörle) tekrar ziyareti sayesinde 10-20 ve 60 m yersel çözünürlükte 13 spektral banda sahip olup, arazi örtüsü/kullanımı, değişim analizi ve bulut/kar ayrımı temel görevlerindendir

· **SPOT 6**

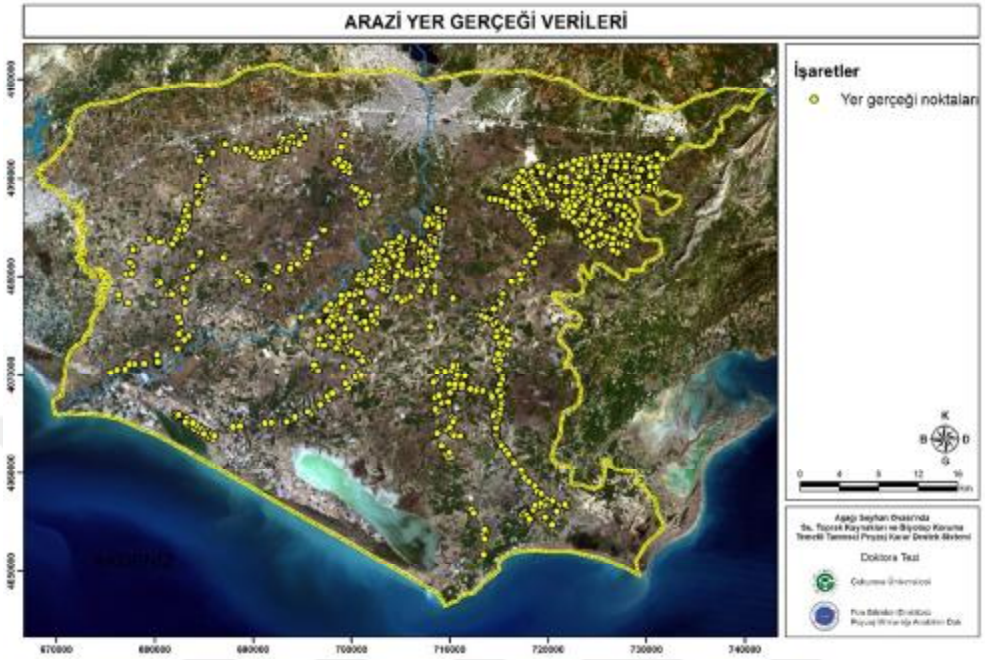
AIRBUS Savunma / Uzay tarafından üretilen SPOT-6 sensörü 9 Eylül 2012 tarihinde fırlatılmıştır. 1.5 m pankromatik ve 6 m çok bantlı spektral çözünürlüğü ile savunma, tarım, ormansızlaşma, çevre çalışmaları, mühendislik, petrol, gaz ve maden gibi çok sayıda çalışmalarda kullanılmaktadır (SPOT, 2017).

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri tarihleri

| | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **LANDSAT Uydu Verileri** | | | | | | | | | | | | |
| 2010 | | | 21 | 6 | | 17 | 3 | 20 | | | | |
| 2011 | 19 | | 24 | | | 20 | | 7-23 | | 2 | | |
| 2012 | | | | 27 | 29 | 14-30 | | | | 20 | 5 | |
| 2013 | | | | 14-30 | | | 3-19-27 | 20 | 5-13 | 15-31 | 16 | |
| 2014 | | 4 | 24 | | | 28 | 6 | 23-31 | | 2 | 19 | |
| 2015 | 14-22 | 7 | | 28 | 6 | | 17-25 | 18-26 | 11 | | | |
| 2016 | | | | | | | | | | | | |
| **SPOT Uydu Verileri** | | | | | | | | | | | | |
| 2015 | | | | | 16 | 9 | 18 | | 16 | | 19 | |
| **SENTINEL 2 Uydu Verileri** | | | | | | | | | | | | |
| 2016 | 17 | 19 | 7-17 | 6 | 9-16 | 5 | 25 | 24 | 16 | 29 | 2 | |

### 3.1.2.6. Yer Gerçeği Verileri

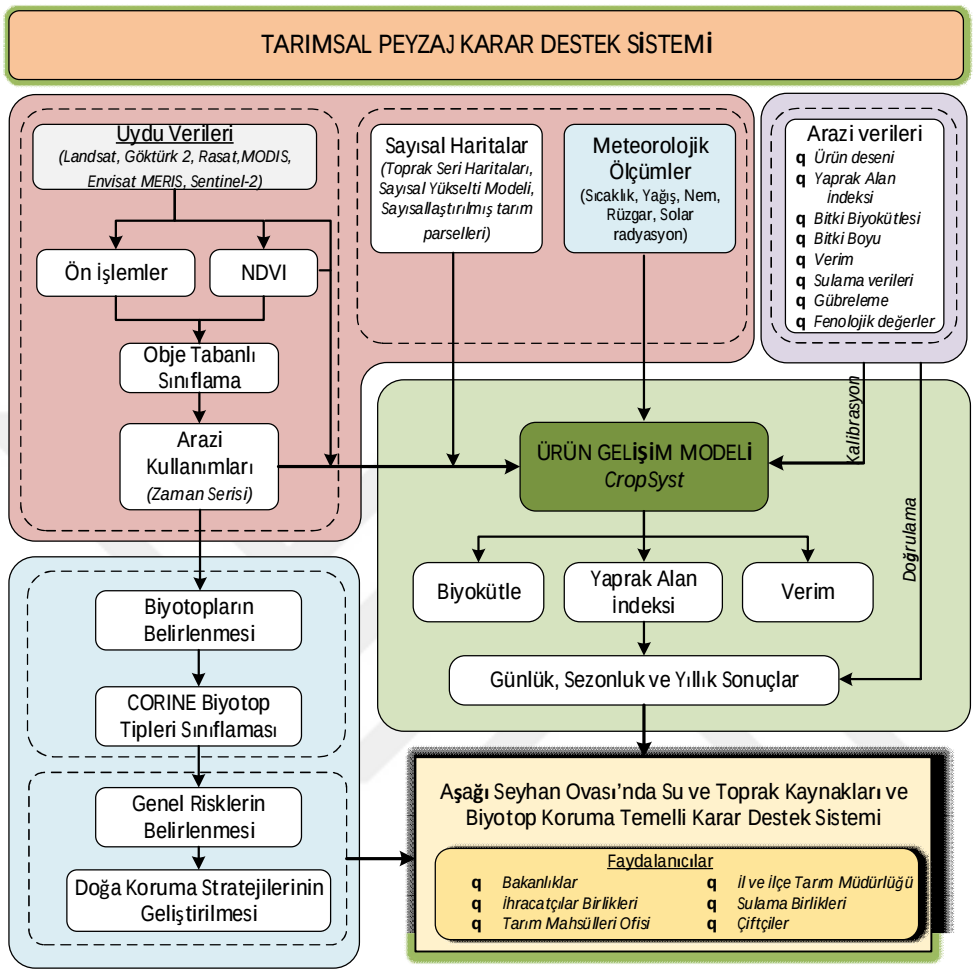
Çalışma alanını temsil edecek şekilde 2013 yılından itibaren yazlık ve kışlık ürünleri içeren farklı tarım parsellerinden GPS koordinatları alınarak, ürün deseni ve hasat verileri temin edilmiştir. Bu veriler tarımsal arazi örtüsünün haritalanmasında ve CropSyst ürün gelişim modelinde kullanılmıştır. Ayrıca, biyotop haritalaması için, yüksek çözünürlü uydu verilerinden tespit edilen alanlardan veriler toplanmıştır. Mart-Nisan ayları arasında buğday ve turunçgil verilerinden, Haziran-Ağustos ayları arasında ise özellikle mısır, pamuk, soya, yer fıstığı ürünleri bulunan tarım alanlarından yersel veriler toplanmıştır (Şekil 3.8).




Şekil 3.8. Çalışma alanında yer gerçeği verilerinin dağılımı.

### 3.2. Metod

Çalışmanın genel çerçevesi ASO'da su, toprak kaynakları ve biyotop koruma temelli geçmiş ve güncel arazi kullanımları, tarımsal ürün rekolte tahminlerini içeren tarımsal peyzaj karar destek sistemi oluşturmaktır. Tarımsal ürün rekolte tahmin modeli kalibrasyonu ve validasyonunun yapılması ve farklı senaryolar uygulanarak sonuçların su-toprak ve çevreye etkileri belirlenmiştir. Çalışma obje tabanlı sınıflama yöntemi ile tarımsal ürün deseninin belirlenmesi, CORINE Biyotop sınıflaması ve CropSyst ürün gelişim modelinin uygulanması olmak üzere temelde üç metottan oluşmaktadır (Şekil 3.9).

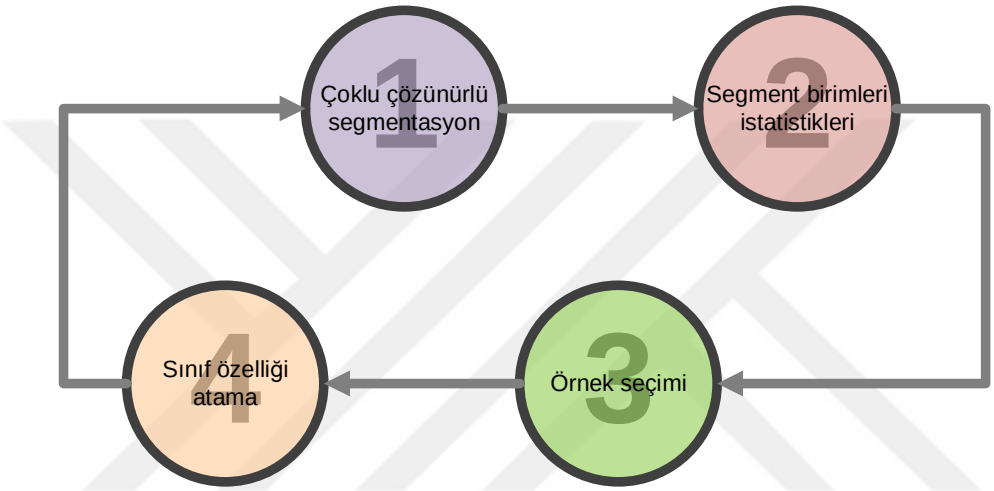


Şekil 3.9. Çalışmanın yöntem şeması

### 3.2.1. Obje Tabanlı Sınıflama

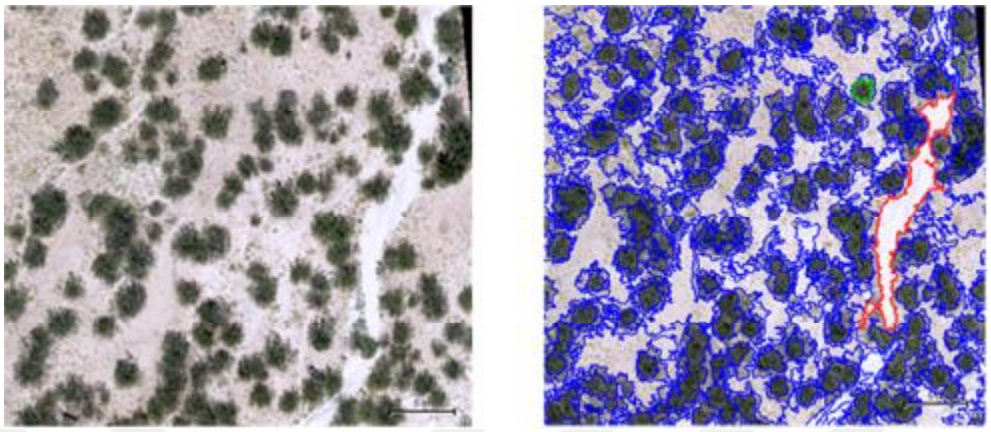
Obje tabanlı sınıflanmada dört temel basamak bulunmaktadır. İlk olarak görüntü piksellerine farklı algoritma ve yaklaşımlar uygulanarak homojen görüntü objeleri üretilir. Sonra bu görüntü objelerine ait alt özellikler belirlenerek kontrollü sınıflama için eğitim ve test verileri oluşturulur. Son olarak ise belirlenen özellikler doğrultusunda her bir görüntü objelerine bir sınıf atanır (Belgiu ve ark., 2014). Piksel tabanlı sınıflama tekniğinde her bir piksel değerlendirilerek bir sınıfa

atanırken, obje tabanlı sınıflamada piksellerin bir araya getirdiği homojen objelere sınıf atanır. Görüntü pikselleri için uygulanan en yaygın yaklaşım çoklu çözünürlü segmentasyon algoritmasının uygulanmasıdır (Şekil 3.10). Bu algoritma ile ölçek, şekil ve yoğunluk gibi üç farklı parametre ile farklı kullanıcılar için imkan sağlamaktadır (Myint ve ark., 2011; Belgiu ve ark., 2014, Kavzoğlu ve ark., 2015).




Şekil 3.10. Obje tabanlı yaklaşımda temel işlem adımları

Segmentasyon aşamasında yanındaki pikseller için görüntüdeki her bir band için yakın yansıma gösteren piksel grupları seçilen ölçek, şekil ve yoğunluk özelliklerin yanında doku, uzunluk, alan, renk gibi değişkenlere göre gruplanır (Şekil 3.11) Böylece segmentler içerisinde heterojenlik en aza indirilir (Kalkan ve Maktav, 2010).



Şekil 3.11. Çalışma kapsamında yapılan segmentasyon için bir örnek görüntü.

Segmentasyon işleminden sonra alınan örneklere göre en yakın komşuluk (nearest neighbour) sınıflama algoritmasında seçilen örnek alanlarındaki değerleri en yakın komşu sınıfına atanır. Böylece seçilen her sınıfın ortalama değerlerine göre bütün görüntüyü sınıflama işlemi tamamlanır (Kalkan, 2011).

### 3.2.2. CORINE Biyotop sınıflaması

Biyotop, bir canlılar toplumunun, çevresinden oldukça kesin sınırlarla ayrılabilen homojen özellikteki yaşam mekanıdır. Biyotop haritalaması ise, yaşam mekanlarının belirlenmesi ve nitelenmesidir (Çepel, 1995; Mansuroğlu ve ark. 2003).

1980'li yıllarda Avrupa Çevre Ajansı tarafından Avrupa Komisyonu CORINE (Çevre Bilgisi Koordinasyonu) Projesi ile başlıca öneme sahip biyotopların envanterine başlanması ve Avrupa'daki habitatlar veya biyotopların hızlı bir şekilde sınıflandırılması için çalışmalara başlanmıştır. Bütün Avrupa için karasal, denizel ve tatlı su sistemlerindeki bitki toplulukları için tek bir sınıflandırma sistemi getirilmiştir (Moss ve Yatt, 1994; Evans, 2012). 1985 yılında kurulan Çevre Bilgileri Koordinasyonu (CORINE (Coordination of Informationon the Environment)) programı ile aynı standartlarda arazi örtüsü/kullanımı haritalarının oluşturulması ve her 10 yılda bir güncellenmesi ve değişimlerin tespit

edilmesi sağlanması hedeflenmiştir. CORINE programının diğer bir aşaması da biyotop projesi ile "Avrupa Topluluğu içinde doğa koruma açısından büyük öneme sahip biyotopların belirlenmesi ve tanımlanması" amaçlanmıştır. Proje ile biyotop ve habitata dayalı bir sınıflandırma sistemi oluşturularak bir veri tabanı ile ilişkilendirilmiştir (European Communities, 1991). CORINE Biyotop Sınıflandırmasında ana tipolojide; flora, fauna ve abiyotik çevre arasındaki etkileşimler sonucu oluşan, ayırt edilebilen önemli toplulukların tanımlanması gerektirmektedir (Oudheusden, 2005). Farklı kullanıcılar arasında kolay algılanan ve ortak dil birliği sağlayan sistemin ilk aşaması, yedi sınıf düzeyindedir. Bunlar; kıyı ve tuzcul topluluklar, sulak alanlar, çalılık ve meralar, ormanlar, bataklıklar, kayalıklar ve tarımsal alanlar ve kültürel peyzajlardır (Oudheusden, 2005). İkinci düzeyde alt biyotop tip düzeyine inilerek, detaylandırma yapılmıştır. Örneğin ormanlar düzeyinde (1) geniş yapraklı yaprak döken ormanlar, (2) ibreli ormanlar, (3) karışık ormanlar, (4) alüviyal nemli ormanlar ve çalılar (5) geniş yapraklı herdem yeşil ormanlar gibi alt sınıflar belirlenmiştir. Üçüncü düzeyde ise, her grup alt tiplere göre ayrılmıştır. Örneğin geniş yapraklı yaprak döken ormanlar için (1) kayın ormanları, (2) meşe ve gürgen ormanları, (3) dişbudak ormanları, (4) kızılağaç ormanları, (5) diğer geniş yapraklı yaprak döken ormanlar olarak ayrılmaktadır (Oudheusden, 2005) (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. CORINE Biyotop Sınıfları (European Communities, 1991)

| **1.Düzey Sınıflar** | **2.Düzey Sınıflar** |
|---|---|
| 1-Kıyı ve Tuzcul Topluluklar | |
| | 11- Okyanuslar ve Denizler |
| | 12- Deniz koyları |
| | 13-Gelgit nehirleri ve akarsu ağızları |
| | 14- Çamur düzlükleri ve kum düzlükleri |
| | 15- Tuzlu bataklıklar, Tuzlu Düzlükler |
| | 16- Kıyı Kumulları |
| | 17- Çakıl kumsallar |
| | 18- Kayalıklar ve kayalık kıyılar |
| | 19- Adacıklar ve Kaya yığınları |
| | 1A- Kumul çayırlıkları |
| 2- Denizel olmayan Sular | |
| | 21- Lagünler |
| | 22- Durgun tatlı sular |
| | 23-Durgun acı ve tuzlu sular |
| | 24- Akarsular |
| 3-Çalılık ve Meralar | |
| | 31- Çalılık ve fundalıklar |
| | 32- Sert yapraklı çalılıklar |
| | 33- Garikler |
| | 34- Kuru kalkerli Meralar ve stepler |
| | 35- Kuru Silisli Meralar |
| | 36- Alp ve SubAlpin Meralar |
| | 37- Nemli Meralar ve Uzun bitki toplulukları |
| | 38- Mezofil Meralar |
| 4-Ormanlar | |
| | 41- Geniş yapraklı yaprak döken ormanlar |
| | 42-İbreli Ormanlar |
| | 43- Karışık Ormanlar |
| | 44- Alüvyal ve Taban suyu yüksek alanların Orman ve Çalılıkları |
| | 45-Geniş yapraklı herdemyeşil ormanlar |

Çizelge 3.3.devamı

| 1.Düzey Sınıflar | 2.Düzey Sınıflar |
|---|---|
| 5- Bataklıklar | |
| | 51- Yüksek bataklıklar |
| | 52- Geniş bataklıklar |
| | 53- Su Kıyısı Vejetasyonu |
| | 54- Küçük sazlıklı geçiş bataklıkları ve kaynaklar |
| 6- İç kayalar ve kumlar | |
| | 61- Kayalık döküntüsü |
| | 62- İç kayalık ve açığa çıkmış kayalıklar |
| | 63- Kalıcı kar ve buzullar |
| | 64- İç kumullar |
| | 65- Mağaralar |
| | 66- Volkanik özellikler |
| 8- Tarımsal Alanlar ve Kültürel Peyzajlar | |
| | 81- Geliştirilmiş meralar |
| | 82-Tarımsal ürünler |
| | 83- Bağ, Bahçe ve Ağaçlandırma Alanları |
| | 84- Ağaç hatları, çitler, bozulmamış ormanlar, Koruluklar, karışık doğal alanlar |
| | 85- Kent parkları ve büyük bahçeler |
| | 86- Kasabalar, Köyler, Sanayi alanları |
| | 87- Nadas alanlar, atık yerleri |
| | 88- Madenler ve yeraltı geçitleri |
| | 89- Endüstriyel lagünler ve rezervuarlar, kanallar |

### 3.2.3. CropSyst Ürün Gelişim Modeli

CropSyst Ürün Gelişim Modeli, iklim, toprak ve arazi yönetiminin verimlilik ile çevre üzerine etkilerini araştırmak için analitik bir araç olarak hizmet etmesi amacıyla geliştirilmiştir. Önemi, temelde Coğrafi Bilgi Sistemleri ile bağlantılı, iklim verilerini sağlayan ve diğer yardımcı programlar ile bağlantıyı kuran bir kullanıcı dostu ara yüzü geliştirmek üzerinedir. CropSyst, toprak-su bütçesini, toprak-bitki nitrojen bütçesini, bitki fenolojisini, kanopi ve kök

büyümesi, biyokütle miktarı, rekolte, kalıntı miktarı ve ayrışma, toprak erozyonu ve tuzluluğu simule etmektedir. Bu süreçler iklim, toprak özellikleri, ürün karakteristikleri ve ekim nöbeti, çeşit seçimi, sulama, azot gübrelemesi, toprak ve sulama suyu tuzluluğu, toprak işleme ve kalıntı yönetimi gibi bitki üretim yönetimleri tarafından etkilenmektedir.

CropSyst'nin geliştirilmesi 1990'ların başında başlamıştır. Geliştirilmesi için özellikle düzenli ekim nöbeti yeteneklerine sahip olmayan bitki gelişim modellerini talep eden uygun gözlemlere dayanmaktadır. Model geliştiricileri, birçok araştırmacı ile verimli iş birliği yaparak bilimsel projelerdeki kullanıcılarla hızlı ve düşük maliyetli yazılım tasarlamak için çalışmışlardır. (Stöckle ve ark., 2003).

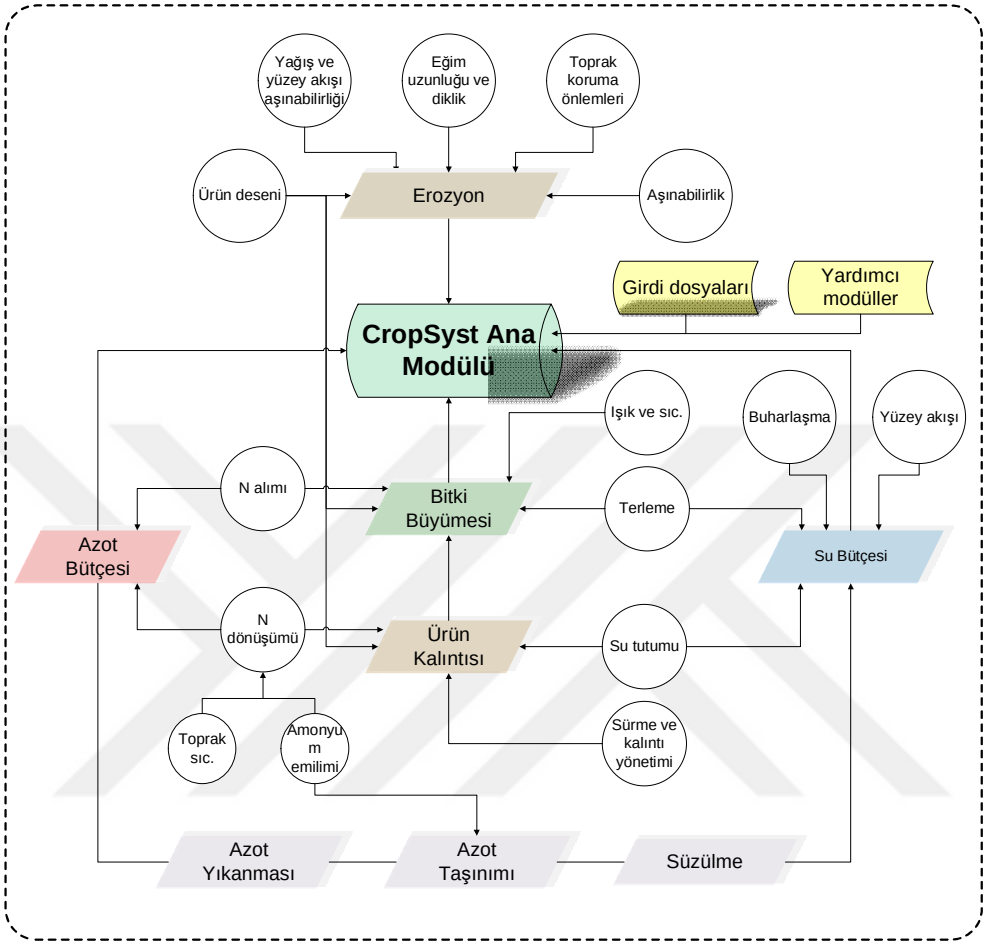
Bitki gelişim modellerindeki ilk örnekler ABD'de 1970'li yıllarda tarım araştırma topluluğu tarafından kullanılmak üzere tasarlanmıştır (de Wit ve ark., 1970, Arkin ve ark., 1976). Yönetim ve alanda karar vermeye (sulama planlaması, hastalık ve zararlı kontrolü) yönelik uygulamalar ise, 1980'li yılların başında ortaya çıkmıştır (Wilkerson ve ark., 1983, Swaney ve ark., 1983). Modellerin bir çiftlikte uygulanması rapor edilmiştir (Lindemann ve ark., 1987; McKinion ve ark., 1988). SUCROS (Simple and Universal Crop growth Simulator), CERES ve CROPGRO modellerinin yanı sıra, School of de Wit Modeli ile ilişkili modeller bitki modelleme toplulukları üzerinde önemli etkileri olmuştur.

Bitki sistemleri analizleri için, ürün rotasyonlarını simüle etme yeteneği önemlidir. CROPGRO ve DSSAT (**D**ecision **S**upport **S**ystem for **A**grotechnology **T**ransfer) (Jones ve ark., 1998) ile ortak çatı altında bulunan CERES modelleri nöbetleşme ayarlarında kullanılabilmektedir (Jones ve ark., 2001). EPIC (The Environmental Policy Integrated Climate) modeli ürün rotasyonlarını ve ürün sistemleri için basit ama etkili genel çok ürünlü simülasyon yaklaşımı sağlamaktadır. Fakat bitki büyüme açıklamaları ve ilgili biyofiziksel süreçlerin basitliği nedeniyle modelin sınırlamaları bulunmaktadır.

CropSyst, EPIC Modelinin kavramsal güçlü yönlerini ifade etmek için tasarlanmıştır. Ancak bitki büyümesinin simülasyonlarında daha fazla süreç odaklı bir yaklaşım ve çevre ile onun yönetimi ile etkileşimini içererek EPIC ve DSSAT Model yaklaşımlarından ayrılmaktadır.

#### 3.2.3.1. CropSyst Bileşenleri ve Modelleme Yaklaşımı

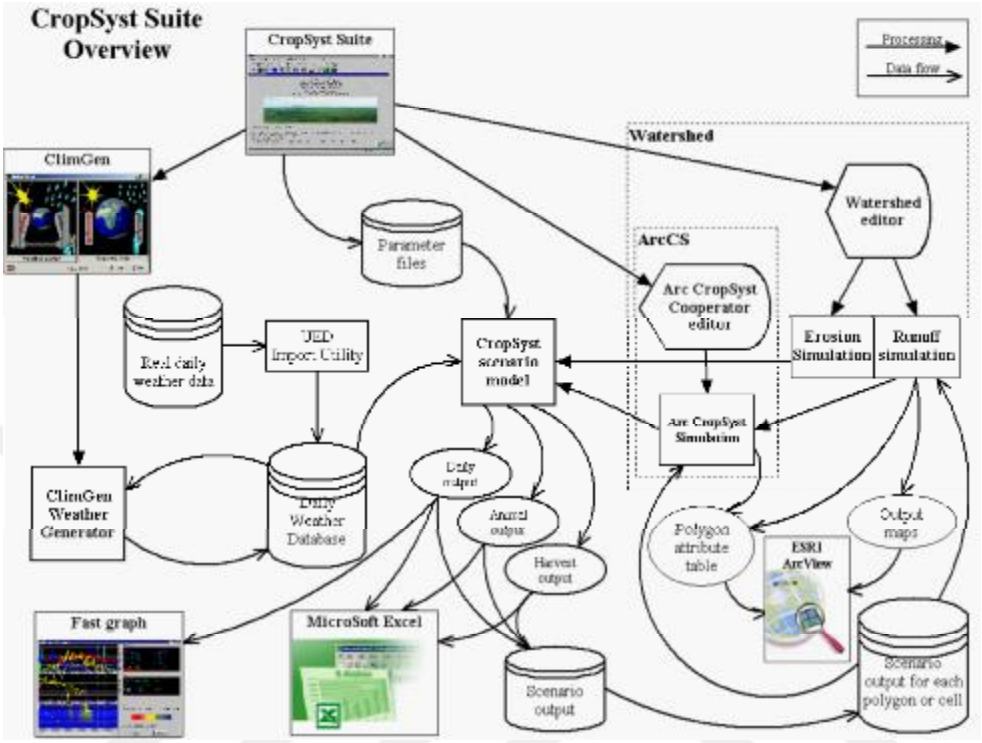
CropSyst çeşitli zamansal ve yersel ölçekte verimliliği, ürün rotasyonlarını ve ürün sistem yönetiminin çevresel etkisinin kullanıcılara analiz etmek için bir grup araç sağlayan iş birliği ile tasarlanmış uygun programlardır. CropSyst Suite'nin ana bileşenleri, CropSyst parametre düzenleyicisi, bitki sistemleri simülasyonları (CropSyst Modeli), iklim üreticisi (ClimGen), CBS bitki simülasyon yardımcısı (ArcCS), havza analiz araçları (CropSyst Watershed) ve birçok yardımcı programlardan oluşmaktadır (Şekil 3.12).




Şekil 3.12. CropSyst Modeli bileşenleri

- **CropSyst parametre düzenleyicisi**

Parametre editörü, CropSyst Suite paketi için ana kullanıcı ara yüzü olarak hizmet vermektedir. Bu ara yüz CropSyst parametrelerini düzenlenmek ve ayarlamak, modeli çalıştırmak ve sonuçları görüntülemek için editörler sağlamaktadır (Şekil 3.13). Yardımcı programlara ve çeşitli bileşenler menü ve araç çubuğundaki butonlardan erişilebilmektedir.




Şekil 3.13. CropSyst Suite programı ve alt modülleri.

- **CropSyst**

Bitki sistemleri simülasyonları program paketinin çekirdeğini oluşturmaktadır. Bu bölüm, iklim, toprak ve yönetime cevap olarak bitki rotasyonlarını ve bitki verimliliğini simüle etmek için gerekli tüm nesne, prosedür ve fonksiyonları içermektedir. Model tek birim parçasını simüle etmektedir. Bu birim parçası aynı yönetim biçimi ile biyofizik açısından homojen bir birim alanını temsil etmektedir. Birim parçalarının simülasyon senaryoları iklim, toprak, ürün ve ürün yönetimini açıklayan parametre dosyalarını hazırlayarak oluşturulur. Simülasyon kontrol dosyası tüm girdi dosyalarını ilişkilendirir ve tanımlar, başlangıç koşullarını hazırlar, isteğe bağlı simülasyon modüllerini seçer ve simülasyon için senaryoları belirlemektedir.

- **ClimGen**

Uzun yıllar günlük iklim verileri, iklim etkili sistemlerin olasılık analizleri (örneğin, bitki sistem yönetimi, hidrolojik çalışmalar, çevresel çalışmalar vb.) için gereklidir. İklim verisi üreticileri, uzun yıllar günlük iklim verilerini sırayla oluşturulması gereken veri üretme parametrelerini belirlemek için mevcut iklim verilerini kullanan bilgisayar programlarıdır. Üretilen verilerin istatistiksel özellikleri gerçek veriler ile benzer olması beklenmektedir.

ClimGen, WGEN (Richardson ve Wright, 1984) Modelinin benzer ilkelerini kullanan bir iklim verisi üretim modelidir. Fakat önemli düzenlemeler ve eklemeler ile farklılık göstermektedir. ClimGen, yağış, günlük minimum ve maksimum sıcaklık, solar radyasyon, nisbi nem ve rüzgar hızını üretmektedir. Tüm veri üretme parametreleri programda dünyadaki her yere uygulanmasına izin veren ilgili her alan için hesaplamaktadır. Ayrıca kullanıcılara mevcut sıcaklık verilerini kullanarak solar radyasyon ve atmosferik buhar basıncı eksikliğini tahmin etmeye izin vermektedir. ClimGen modülünün performansı birçok çalışma ile değerlendirilmiştir (Stöckle ve ark., 1998; Acutis ve ark., 1998, 1999; Castellvi ve Stöckle, 2002; Castellvi ve ark., 2002).

- **ArcCS**

ArcCs, ArcView veya Arc/Info gibi CBS programlarından üretilen poligonları kullanarak CBS tabanlı CropSyst simülasyon projelerini kolaylaştırmaktadır. Her poligon bir arazi bloğu parçasını temsil etmektedir. ArcCS, her bir arazi bloğu parçası için bir simülasyon senaryosunu tanımlamak, oluşturmak ve çalıştırmak için CBS programları tarafından üretilen poligon öznitelik bilgisi tablosunu kullanmaktadır. CropSyst çıktılarından haritaların üretilmesi için Arc/Info veya ArcView programları kullanılarak, CropSyst değişkenlerinin yeni poligon öznitelik bilgi tablosu üretilmektedir. Yıllık hasat sonuçları, kullanıcılar için seçilen herhangi bir değişken için ortalama, varyasyon

katsayısı ve kümülatif olasılık dağılımları için sonuç haritalarını üretmek için istatistiksel analizleri kullanılmaktadır.

- **CropSyst havza**

CropSyst havza modülü, hidrolojik olarak ilişkili olan poligonların yerine grid hücreleri olarak belirlenen arazi bloğu parçasının bulunduğu yerdeki CropSyst ve ArcCS modülünün bir uzantısıdır. ArcCS modülünde olduğu gibi havza modeli her bir grid hücresi için bir simülasyon senaryosundan oluşmaktadır. CropSyst Havza Modülü ArcView programındaki coğrafik bazlı yersel analizleri kullanmaktadır. Yersel analizler, sayısal yükseklik modeli verileri ile havza sınırlarını ve drenaj ağlarını belirlemek için kullanılmaktadır. Ek olarak poligon bazlı toprak, arazi kullanımı, yönetimi ve havza içindeki diğer karakterlerinin haritalarının çakıştırılması ve raster formatına dönüştürmeyi sağlamaktadır. CropSyst simülasyonları tüm havzayı kaplayacak şekilde en yüksek noktadan en düşük noktaya kadar her bir hücre için çalıştırılmaktadır.

- **Çeşitli Yardımcı Programlar**

Ana bileşenlere ek olarak CropSyst Suite paketi toprak hidrolik parametreleri (Acutis ve Donatelli, 2003), küresel solar radyasyon (Donatelli ve ark., 2003) ve ölçüm ile model tahminleri arasındaki istatistiksel karşılaştırmaları (Fila ve ark., 2003) tahmin etmek için yardımcı programlar içermektedir. Referans ürün evapotranspirasyonu (Donatelli ve ark., 2002) tahmin etmek için diğer modeller ile entegre bir dinamik link kütüphanesini içermektedir.

### 3.2.3.2. Model Tanımlamaları

CropSyst modeli bir arazi bloğu parçası üzerinde aynı toprak, iklim, ürün rotasyonu ve yönetimi ile ürün gelişim simülasyonları için tasarlanmıştır. Büyüme

bütün bitki ve organ düzeyinde tanımlanmaktadır. Birleştirme Euler Metodu kullanılarak günlük adımlarla yapılmaktadır.

- **Su bütçesi**

Modeldeki su bütçesi, yağış, sulama, yüzey akışı, engelleme, su süzülmesi, toprak profilindeki suyun tekrar dağıtımı, derin süzülme, bitkideki terleme ve evapotranspirasyondur. Topraktaki suyun tekrar dağılımı basit bir basamaklı yaklaşımla veya Richard'ın toprak akış eşitliğindeki bir sayısal çözüm denklemi ile tahmin edilebilmektedir (Campbell, 1985; Ross ve Bristow, 1990).

CropSyst referans bitkideki evapotranspirasyonu hesaplamak için Penman-Monteith Modelini (Monteith, 1965) veya Priestley-Taylor modelini (Priestley ve Taylor, 1972) sunmaktadır. Penman-Monteith Modelinin uygulanması Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) (Allen ve ark., 1998) tarafından önerilen metodolojiyi takip etmektedir. Bu model maksimum ve minimum sıcaklığı, solar radyasyonu, maksimum ve minimum nisbi nemi (veya çiğ noktası sıcaklığı) ve rüzgar hızını gerektirmektedir. Priestley-Taylor Modeli ise sadece sıcaklık ve radyasyon verilerini getirmektedir. Ancak kullanıcılar bu model için uygun değerler girmek zorundadırlar. ClimGen sıcaklık verilerinden günlük solar radyasyon ve nem verilerini tahmin etmeye, en az iki yıllık günlük veriler olması şartıyla ise günlük rüzgar verilerini de üretmeye izin vermektedir. Potansiyel ürün evapotranspirasyonu (ET) bir bitki katsayısı ile $ET_0$ çarpılarak belirlenmektedir. Bitki kapalılığı potansiyel bitki terlemesi ve potansiyel toprak buharlaşması içerisindeki bölümlerde belirlenir. Gerçek terleme ve toprak buharlaşması, sırasıyla kökler ve toprak yüzeyinden alınan toprak profilindeki yeterli su varlığına bağımlıdır (Stöckle ve Jara, 1998; Jara ve Stöckle, 1999).

- **Azot bütçesi**

CropSyst'de mineral azot (N) bütçesi, nitrat ve amonyum için ayrı bütçeleri içermektedir. Bu süreç N dönüşümleri, amonyum tutma, simbiyotik N fiksasyonu, ürün N ihtiyacı ve alımlarını içerir. Nitrojen dönüşümleri (net mineralizasyon, nitrifikasyon ve denitrifikasyon) ve amonyum tutma Stöckle ve Campbell (1989), simbiyotik N fiksasyonu Bouniols ve ark (1991) tarafından sunulan yaklaşımları izlemektedir.

Ürün N alımı, ürün N ihtiyacı ve potansiyel N alımı minimum olarak belirlenen Godwin ve Jones (1991) tarafından geliştirilen yaklaşımlara uyum sağlayarak modellenmiştir. Ürün N ihtiyacı, eksiklik ihtiyacına ek büyüme gereksinimlerini karşılamak için bitkinin ihtiyacı olan N miktarıdır. Eksiklik ihtiyacı ürün maksimum ve gerçek N konsantrasyonu arasındaki farktır.

Su ve N bütçesi toprağın içerisindeki N taşınımının bir simülasyonunu üretmek için etkileşim içerisindedir. Tuzluluk gibi diğer kimyasal bütçelerde su dengesi ile etkileşim içerisindedir. Tüm dengeler simülasyon boyunca kontrol edilip ve hatalar rapor edilmektedir.

- **Bitki fenolojisi**

Bitki gelişim simülasyonları büyüme aşamasına ulaşmak için belirli bir sıcaklığın altındaki ve üstündeki ortalama hava sıcaklığının günlük toplamları gerektiren termal zamanlara dayanmaktadır. Termal zamanın toplamı su stresi tarafından hızlanabilmektedir. Bu ürün sıcaklığını artırmak için bir tepki olarak kavramsallaştırılabilir. Atmosferdeki su buharı basıncı eksikliğinin bir fonksiyonu olarak ifade edilen stres altında olan ve olmayan bitkiler için hava ve bitki sıcaklığı arasındaki ilişki kızılötesi termometre kaynaklarında (örn. Jackson, 1982) bulunmaktadır.

Belirli bir ürün veya çeşidi için simülasyonun geniş bir ekim yelpazesi için zıt lokasyonlarda yapıldığında, tek başına termal zaman gelişim için iyi belirleyici

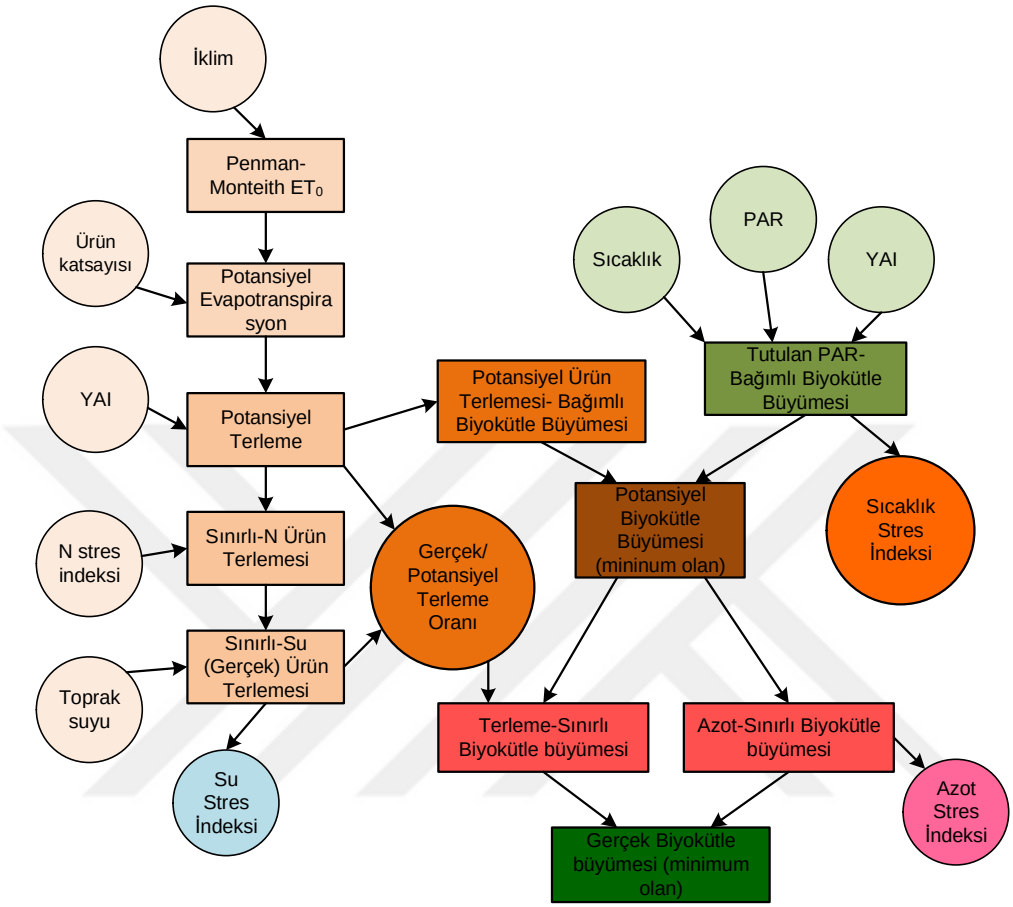
olmayabilir. Vernalizasyon ve fotoperiyod gereksinimlerinin dikkate alınması gerekmektedir (Ritchie ve NeSmith, 1991).

· **Biyokütle birikimi**

Günlük biyokütle birikimini hesaplamak için CropSyst'de kullanılan yaklaşımın akış diyagramı Şekil 3.14'de verilmiştir. Bu hesaplamaların temelini bitki potansiyel terlemesi ve bitkideki tutulan foto sentetik aktif radyasyona dayalı potansiyel biyokütle büyümesi oluşturmaktadır. Bu potansiyel büyüme, gerçek günlük biyokütleyi belirlemek için su ve N sınırlamalarını dikkate almaktadır.
Karbon ve su buharı değişimi için yapraklardaki ortak yol dikkate alındığında, bitki terlemesi ve biyokütle üretimi arasında uyumlu bir ilişki vardır. Böylece bu potansiyel günlük biyokütle üretimi aşağıdaki denklemle hesaplanabilmektedir (Tanner ve Sinclair, 1983).

$$B_{PT} = \frac{K_{BT} T_P}{VPD}$$

$B_{PT}$ bitki potansiyel terlemesine bağımlı biyokütle üretimi (kg $m^{-2}$ gün $^{-1}$), $T_P$ bitki potansiyel terlemesi (kg $m^{-2}$ gün $^{-1}$), VPD günlük ortalama atmosferik su buharı basıncı açıklığı (kPa) ve $K_{BT}$ biyokütle-terleme katsayısıdır (kPa). $K_{BT}$ katsayısındaki değerler literatürde bulunmaktadır (Tanner ve Sinclair, 1983; Loomis ve Connors, 1992).




Şekil 3.14. CropSyst'de biyokütle büyümesi hesaplaması akış şeması.

Tanner-Sinclair ilişkisi düşük VPD değerlerinde kararsız olmakta yani sıfıra yakın VPD değerinde sonsuz büyümeyi tahmin etmektedir. Bu problemin üstesinden gelmek için potansiyel biyokütle üretiminin ikinci bir tahmini Monteith (1977) tarafından geliştirilen bir denklemle hesaplanmaktadır.

$$B_{IPAR} = eIPAR$$

$B_{IPAR}$ tutulan PAR bağımlı biyokütle üretimi (kg $m^{-2}$ gün $^{-1}$), e radyasyon kullanım etkinliği (kg $MJ^{-1}$) ve IPAR, bitki tarafından tutulan günlük fotosentetik aktif radyasyonu (MJ $m^{-2}$ $gün^{-1}$) ifade etmektedir.

Eşitlikte verilen *e* parametresinin değerleri literatürde verilmiştir (örn. Kiniry ve ark., 1989). Ancak bu değerler önemli değişkenlikler göstermektedir. CropSyst'de uygulanan yaklaşım için bu değerler gelişmemiş ürünlerde ve düşük VPD ortamları altında yürütülen deneylerde bu değerleri seçmek çok önemlidir. Bu *e* parametresi, deneysel tespitler sırasında sıcaklık rejimlerinin hakim etkisini içermesine rağmen, erken büyüme sırasındaki sıcaklık sınırlamalarını normalde yok saymaktadır. Bu düşük sıcaklıklarda erken büyüme sırasında fazla biyokütle üretimi tahmini yapmaktadır. Bir sıcaklık sınırlama faktörü gelişim için temel bir sıcaklıktan erken büyüme için uygun sıcaklığa kadar artan hava sıcaklığı için linear (0-1) olarak artışı varsayılan erken büyüme sırasında *e* parametresinin değerini doğrulamak için CropSyst'e dahil edilmiştir.

Her simülasyon günü boyunca $B_P$ için potansiyel biyokütle üretimi $B_{PT}$ ve $B_{IPAR}$'dan minimum olanı alınır. Bu değer su ve sınırlı N biyokütle büyümesini (mevcut günlük büyokütle üretimi) hesaplamak için temel olarak kullanılır.

Su kısıtlamalarını belirlemek için bitki terlemesi üzerindeki N eksikliğinin etkisi mutlaka tahmin edilmelidir. Bu etki artan kanopi direnci tarafından açıklanmaktadır (Van Keulen ve Seligman, 1987). Her simülasyon günü için maksimum ($N_{max}$), kritik ($N_{crit}$) ve minimum ($N_{min}$) bitki N konsantrasyonu hesaplanmalıdır. $N_{max}$ ulaşılabilir bitki N konsantrasyonu, $N_{crit}$ biyokütle üretimi azaldığında kritik bitki N konsantrasyonu (kg $kg^{-1}$), $N_{min}$ biyokütle büyümesi durduğunda minimum bitki N konsantrasyonu (kg $kg^{-1}$) ifade etmektedir. Bu değerler birikmiş biyokütlenin bir fonksiyon olarak büyüme sezonu boyunca dalgalanır (Greenwood ve ark., 1990; Stöckle ve ark., 1997).

$N_{max}$ ve $N_{crit}$ arasındaki bitki N konsantrasyonunda kanopi direnci (günlük $r_c$ $m^{-1}$ ) değişmeden (gelişmemiş $r_c$ değeri) kalır, ancak $r_c$ aşağıda verilen eşitlikte $N_{max}$ ve $N_{crit}$ arasındaki N konsantrasyonlarında artmaktadır.

$$r_{cNS} = \frac{r_c}{\left[1 - \frac{N_{crit} - N_c}{N_{crit} - N_{min}}\right]}$$

$r_{cNS}$ kapalı stoma ile kanopi direncini ifade eden rastgele bir maksimum değer ile sınırlandırılmış gelişmiş N kanopi direnci (gün $m^{-1}$), $N_c$ ise mevcut bitki N konsantrasyonudur (kg $kg^{-1}$). Sınırlı N bitki terlemesi ($T_N$) $r_c$ deki değişkenliklere yanıt olarak potansiyel terlemeyi azaltarak sonradan hesaplanmaktadır.

$$T_N = T_P \frac{+\gamma(1 + r_c/r_a)}{\Delta + \gamma(1 + r_{cNS}/r_a)}$$

$\Delta$; sıcaklığın doygun su buharı basıncı fonksiyonundaki eğimi, $\gamma$; pisikometrik sabiti, $r_a$; buhar transferi için aerodinamik direnci ifade etmektedir. Bu parametreler için daha detaylı bilgiler Allen ve ark (1998) tarafından verilmiştir.
Su sınırlaması veya mevcut bitki terlemesi ($T_A$) $T_N$ (N sınırlaması olmadığındaki potansiyel bitki terlemesine eşit) tarafından belirlenen gereksinimleri eşleştirmek için toprak suyunu alımında bitkinin yeteneği tarafından tanımlanmaktadır. $T_A$ Stöckle ve Jara (1998) tarafından belirtilen değerlere göre hesaplanmaktadır. Terleme limitli biyokütle büyümesi ($B_T$) aşağıda verilen eşitliğe göre hesaplanmaktadır.

$$B_T = B_P \left[\frac{T_A}{T_P}\right]$$

$B_T$; kg $m^{-2}$ $gün^{-1}$ , $B_P$ ; günlük potansiyel biyokütle büyümesi (kg $m^{-2}$ $gün^{-1}$) ve $T_A/T_P$ ; mevcut potansiyel terleme oranı

N-sınırlı biyokütle büyümesi ($B_N$) aşağıda verilen eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$B_N = B_T \left[1 - \frac{N_{crit} - N_C}{N_{crit} - N_{min}}\right]$$

$B_N$; kg $m^{-2}$ $gün^{-1}$ $N_{max}$ ve $N_{crit}$ arasındaki bitki N konsantrasyonu için biyokütle büyümesi bitki N durumundan etkilenmemektedir.

· **Yaprak Alanı Gelişimi**

Büyüme periyodunda birim toprak alanına düşen yaprak alanı olarak ifade edilen artış miktarı, biyokütle birikimi formülü ile hesaplanmaktadır.

$$YA\dot{I} = \frac{\mathrm{SLA}B}{1 + pB}$$

YAİ; yaprak alanı indeksi ($m^2$ $m^{-2}$), *B*; biriken toprak üstü biyokütle (kg $m^{-2}$), SLA; spesifik yaprak alanı ($m^2$ $kg^{-1}$), *p*; yapraklara dağıtılan biyokütle bölümünü kontrol eden bölümleme katsayısıdır ($m^2$ $kg^{-1}$). Bu eşitlik biyokütle değişiminin birim başına YAİ değişimini vermektedir. Böylece her simülasyon günündeki yeni LAI miktarı o gündeki biyokütle üretiminin fonksiyonu olmaktadır. Büyüme periyodunun sonundaki yeni YAİ üretimi sonlanmaktadır. Termal zaman birimi (gün-derece) ile ifade edilen yaprak alanı süresi günlük YAİ üretimi her birime atanır. Belirli bir günlük YAİ kısmı tamamlandığında, etkili yaprak yaşlanma sürecini simüle eden mevcut YAİ kaldırılır. Su stresi düzeltmeleri hem günlük yaprak alanı üretimine hem de yaprak alanı etki süresine uygulanmaktadır (Stöckle ve ark. 2003).

· **Kök Büyümesi**

CropSyst'de kök büyümesi kök derinliği ve her toprak katmanı için hesaplanan kök yoğunluğu bakımından tanımlanmaktadır. Kök derinliği aşırı su ve

N sınırlaması olmaksızın sonunda belirtilen maksimum değere ($Rd_{max}$) ulaştığında yaprak alanı büyümesi ile senkronize edilir. Kök yoğunluğu toprak derinliği mevcut kök derinliğine eşit olduğunda sıfır olarak varsayılır ve toprak yüzeyine yakın derinlikte lineer olarak maksimum değere ulaşır. Bu lineer artışın eğimi maksimum kök yoğunluğunun $Rd_{max}$'a oranı ile verilir. Sığ topraklarda, sadece mevcut toprak katmanındaki kökler su ve azotu almaktadır (Stöckle ve ark. 2003).

· **Verim**

Verim simülasyonu fizyolojik olgunluk ($B_{PM}$) ve hasat indeksindeki (HI= hasat edilebilir verim/toprak üstü biyokütle) toplam biyokütle birikimine bağımlıdır.

$$Y = B_{PM} HI$$

Y; verim (kg $m^{-2}$), $B_{PM}$; (kg $m^{-2}$). Hasat indeksi, stres yoğunluğuna (su ve N) göre düzenlenmiş gelişmemiş hasat indeksi ve çiçeklenme ve tane dolumu sırasında strese karşı ürün duyarlılığı temel alınarak belirlenmektedir.

· **Yüksek atmosferik $CO_2$'te Bitki Büyüme tepkisi**

CropSyst'de su kullanımı ($K_{BT}$) ve radyasyon alımı ($e$) değişkenleri potansiyel bitki büyümesini belirler. Büyüme üzerine yüksek atmosferik $CO_2$'in etkisini ortaya koymak için özel atmosferik $CO_2$ konsantrasyonları altında bu parametrelerin değerlerine gerek duyulmaktadır.

$CO_2$ konsantrasyonunun CropSyst'te uygulanması $CO_2$'in bitki büyümesinde tepkisinin deneysel kanıtlarına dayanmaktadır. Bu deneyler, başlangıç konsantrasyonundaki büyümesine karşılık özel atmosferik $CO_2$ konsantrasyonu altında büyümenin yüzde artışını bildirmektedir (Stöckle ve ark., 1992).

- **Ürün Nöbeti**

CropSyst simülasyonları, başlangıç ve bitiş zamanları belirlenmiş bir periyod içerisinde günlük zaman adımını kullanarak oluşturulur. Bu periyod boyunca, kalıntı biyokütle (yüzey ve toprakta kalan), evapotranspirasyon, toprak-su içeriği, toprak-N içeriği (nitrat ve amonyum), toprak organik maddesi ve diğerleri gibi durum değişkenleri büyüyen ne olursa olsun her gün bir ürünün olup olmadığını güncelleştirir. Ürünler ve bunlarla ilgili yönetimler ürün rotasyon şablonu tarafından verilenlere göre bu dönemde başlatılacaktır.

### 3.2.3.3. Veri Gereksinimleri

CropSyst modelini çalıştırmak için 5 girdi veri dosyası gereklidir. Bunlar simülasyon kontrolü, konum, toprak, ürün ve yönetim dosyalarını içermektedir. Dosyaların CBS yazılımları ile CropSyst simülasyonlarının bağlantısına izin verir. Tanımlar, kullanım ve CropSyst tarafından gerekli tüm parametrelerin varyasyon aralığı kullanıcı kılavuzunda (Stöckle ve Nelson, 2000) verilmiştir.

Simülasyon kontrol dosyası spesifik simülasyon çalışmalarını üretmek için istenildiği gibi farklı girdi dosyalarını birleştirir. Simülasyon başlangıç ve bitiş günlerini, simüle ürün nöbetini belirler ve modelin başlatılması için gerekli olan tüm parametreleri ayarlamaktadır. Ayrıca bu dosyadaki girdi verileri bitki büyümesi üzerinde toprak erozyonu, toprak tuzluluğu, azot ve $CO_2$ etkisi simülasyonlarını kullanıcılara açma ve kapatma iznini verir, topraktaki suyun yeniden dağıtımı ve yüzey akışı modellerini seçer.

Konum dosyası enlem, iklim dosyası kod ismi ve dizinler, yağış yoğunluğu parametreleri, seçilen ET modelleri (Penman-Monteith veya Priestley-Taylor), ilişkili parametreleri ve günlük rüzgar verisinin bulunmadığı lokasyonlar için rüzgar hakkında genelleştirilmiş bilgiler gibi verileri içermektedir.

Toprak dosyası, yüzey toprak katyon değişim kapasitesi, amonyak buharlaştırması tahmini için pH, yüzey akışı hesaplaması için SCS eğri yaklaşımı

(US Soil Conservation Service, 1972) için değişkenleri ve erozyon hesaplaması için Yenilenmiş toprak kaybı eşitliği (Renard ve ark., 1997) değişkenlerini içerir. Her bir toprak tabakası için kalınlık ve tekstür bilgileri belirtilmelidir. Bu bilgilere dayanarak pedotransfer yöntemleri (Saxton ve ark., 1986) kütle yoğunluğu, 1500 kPa (solma noktası) ile 33 kPa (tarla kapasitesi) su potansiyelindeki hacimsel su içeriği ve hacimsel su içeriği ve su potansiyeli arasındaki ilişki için Campbell b değeri ve hava giriş potansiyel değerini hesaplamak için kullanılmaktadır (Campbell, 1985). Mevcut olduğunda tekstürden tahmin edilen değerlerin yerine gerçek ölçümler kullanılabilir.

Yönetim dosyası zamanlanmış ve otomatik yönetim olaylarını içermektedir. Yönetim olayları gerçek tarih, göreceli tarih (ekim yılına göre) veya fenolojik olaylar (örn, çiçeklenme sonrası gün sayısı) ile senkronizasyon kullanılarak planlanabilir. Planlanmış olaylar sulama (uygulama zamanı, miktarı ve tuz konsantrasyonu), N gübreleme (uygulama zamanı, miktarı, kaynağı ve uygulama şekli), toprak işleme ve kalıntı yönetimini içermektedir. Otomatik olay yöneticisi (sulama ve azot gübreleme) düzenli bir şekilde toprak su ve N içeriğini denetler ve Maksimum büyüme için yönetim sağlamak veya eksik stratejileri uygulamak için kullanılabilir.

Ürün dosyası farklı ürün veya ürün çeşitlerini temsil eden ortak bir dizi parametrelerin kullanıcılara erişimine izin verir. Bu özellik CropSyst modülünün en önemli özelliğidir. Bu dosya aşağıdaki bölümleri içermektedir.

- Bitki fenolojisi (spesifik büyüme zamanına ulaşmak için gerekli termal zaman)
- Morfoloji (maksimum LAI, kök derinliği, spesifik yaprak alanı, yaprak alanı süresi, kanopi ve kök karakteristiklerini tanımlayan diğer değişkenler)

- Büyüme (terleme biyokütle katsayısı, radyasyon kullanım etkinliği, stres tepki parametreleri, vb.)
- Kalıntı (bitki artıkları için ayrışma ve gölgeleme parametreleri)
- N (ürün N talebi ve kök alımını belirleme)
- Hasat indeksi (gelişmemiş hasat indeksi ve stres duyarlılık parametreleri)
- Tuzluluk toleransı ve
- $CO_2$ yükselme tepkisi

Ürün parametreleri, spesifik ürün ve çeşitlerini düzenli bir şekilde temsil etmek için dar bir aralıkta kalibrasyon gerektiren sadece girdi verileridir. Ancak çevre ve yönetime karşılık ürünlerin paylarını tanımlayan bu parametreler arazi deneyleri ile belirlenebilir. Bu parametreler terleme-biyokütle katsayısı (Tanner ve Sinclair, 1983), radyasyon kullanım etkinliği (Monteith, 1977), spesifik yaprak alanı, kök/yaprak bölümleme katsayısı ve yaprak alanı süresidir. Ayrıca, farklı ürün gelişim aşamaları için gerekli termal zaman arazi gözlemlerinden kaydedilebilir. Temel deneysel veri seti büyüme sezonundaki biyokütle gelişimi (yaprak ve köklerde), LAI, tutulan PAR, toprak suyu, sezonsal günlük hava durumu, hasattaki ve tarladaki toplam biyokütleyi içermesi gerekmektedir.

#### 3.2.3.4. Yazılım uygulaması ve dağıtım politikası

CropSyst Modeli C++ ile yazılmıştır ve WINDOWS veya UNIX-tabanlı platformlarda kullanılabilmektedir. Gelişmiş kullanıcı dostu arayüz kullanıcılara;

- Girdi verilerini kolaylıkla işlemesine izin verir.
- Dizi hatalarını ve çapraz uyumluluk için girdi parametrelerini doğrular
- Tek ve çoklu simülasyonları yürütür
- Çıktı verilerini uyarlar
- Yazılı ve grafik raporlar üretir

- Tablosal programlar ile bağlantı kurar.

Simülasyonlar, model parametrelerini basitleştirmek ve daha verimli çalıştırabilmek için belirli uygulamaları (istenilirse erozyon ve N simülasyonu devre dışı bırakılabilir) sadece ilgili modülleri çağırmak için özelleştirilebilir. Model tam olarak Stöckle ve Nelson (2000) tarafından yayınlanmış ve CropSyst arayüzünde yardım olarak da kullanılabilir.

- **Kullanıcı Arayüzü**

Simülasyon kontrol dosyası aracılığıyla yeni simülasyon çalışmalarını hızlı bir şekilde üretmek için kolektif çalışan veri setlerindeki değişkenleri düzenleyen bir kullanıcı arayüzüdür. Değişkenler spesifik lokasyon, ürün, toprak ve yönetim değişkenleri olmak üzere ayrılmaktadır.

Simülasyon senaryoları ekim zamanı veya yönetim takvimi ile ürün nöbetlerini inşa ederek toprak ve lokasyonu seçerek inşa etmektedir. Senaryoda toprak profil koşulları belirlenmekte, opsiyonel olarak su tablo ve toprak profili kalibrasyon verileri gözlemlenebilmektedir.

- **Girdi Veri Formatları**

CropSyst'de çoğu değişken dosyaları Windows INI dosya formatına benzeyen text dosya formatını kullanmaktadır. Değişkenlerin programda organizasyonları daha yakından eşleştirmeyi sağlayan mantıksal yapı bölümleri ile organize edilmektedir. Değişken formatları genişletilebilir ve modele yeni değişkenler eklenebilir. Fakat kullanıcılara eski değişken dosyalarını kullanmak için izin verir. Yeni değişkenleri eklemek birkaç satır kod yazımını gerektirir ve veri tabanının yeniden biçimlendirilmesine gerek kalmamaktadır.

# 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

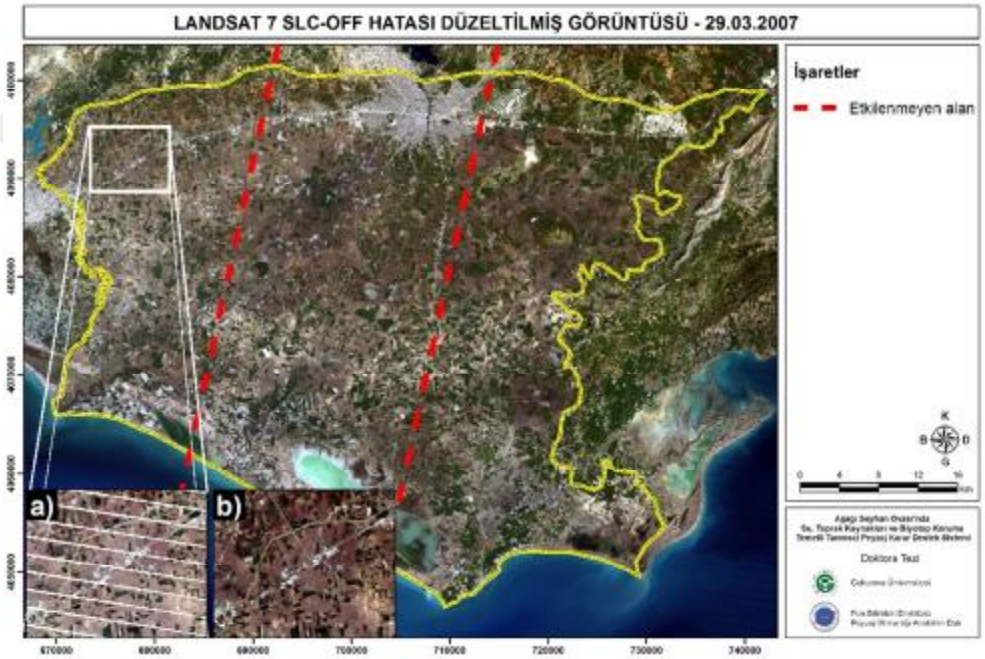
## 4.1. Uzaktan Algılamada Ön İşlemler

Uzaktan algılama görüntülerine yeryüzünden yansıyan elektromanyetik enerjiye atmosferik etkilerin giderilmesi için atmosferik düzeltme uygulanmıştır. Atmosferik bozulmaların giderilmesi için yaygın olarak kullanılan Koyu Nesne Çıkartılması (Dark Object Subtraction (DOS)) (Chavez, 1988) Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde homojen atmosfer koşulları ve görüntüde yansıtım değerleri çok düşük olan koyu nesnelerin olduğu kabul edilmektedir. Görüntü histogramında minumum yansıtım değeri çok koyu alanlardan tespit edilerek her bir bant için bütün piksellere uygulanır. Minimum yansıtma değerleri, her bir bant için ayrı olduğundan bu işlemler her bant için ayrı ayrı yapılmıştır. Ayrıca LANDSAT 7 uydu verilerinde görüntü elde edilmesi sırasında sensörden kaynaklı meydana gelen kayıp veya hatalı tarama verileri düzeltilmiştir (Şekil 4.1).




Şekil 4.1. Landsat 7 SLC-off görüntülerinde çalışma alanındaki etkilenen ve etkilenmeyen alanlar

SLC sorunundan dolayı her bir görüntü çerçevesinde %22'lik bir veri kaybı olmakta, ancak görüntü merkezine yakın kısımlarda veri kaybı çeşitli tekniklerle düzeltilebilmektedir (Scaramuzza ve ark., 2004) (Şekil 4.2). Çalışma kapsamında kullanılan bütün Landsat 7 uydu görüntülerindeki bu hatalar düzeltilerek, tarımsal ürün deseni haritalanması tamamlanmıştır.




Şekil 4.2. Landsat 7 ETM+ SLC-off verisinin düzeltilmemiş (a) ve düzeltilmiş (b) görüntüsü.

### 4.2. Tarımsal Ürün Deseninin Belirlenmesi

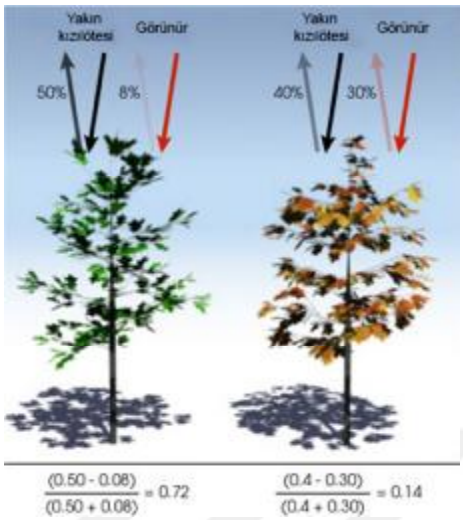
Tarımsal ürün deseni ve arazi örtüsü 2010-2016 yılları arası için tüm çalışma alanında kışlık ve yazlık olmak üzere yılda iki ürün deseni şeklinde sınıflanmıştır. 2010 yılından itibaren tarımsal baskın ürün desenlerinin belirlenmesi ve bu ürünlerdeki ürün verimliliğinin tahmin edilerek tarımsal uygulamalardan kaynaklanan kirleticilerin doğal alanlar üzerine tahmini etki yüklerinin modellenmesi amacı ile ürün deseni haritaları oluşturulmuştur. Tarımsal ürün

deseninin belirlenmesinde 2010-2015 yılları için Landsat 5 TM/ 7 ETM+ / 8 LDCM uydu verileri, 2016 yılı için ise Sentinel-2 uydu verileri kullanılarak obje tabanlı eğitimli sınıflama tekniği kullanılarak sınıflama gerçekleştirilmiştir. Arazi yer gerçeği verileri ile NDVI (Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi), NDMI (Normalize edilmiş fark nem indeksi) indeksleri de sınıflama doğruluğunun artırılması için girdi verisi olarak kullanılmıştır.

Yaygın kullanılan NDVI, yeşil bitki örtüsü miktarı için basit ve etkili bir indekstir. NDVI, bitki örtüsünden yansıtılan görünür ve yakın kızılötesi (YKÖ) dalga boylarındaki yansımalardan hesaplanmaktadır.

$$NDVI = \frac{YK\ddot{O} - Kırmızı\ band}{YK\ddot{O} + Kırmızı\ band}$$

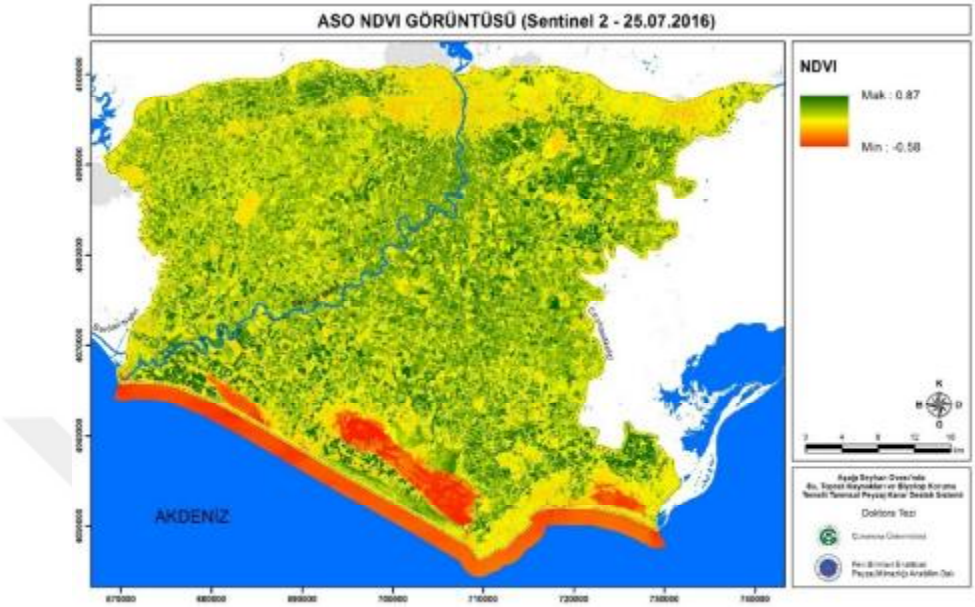
Sağlıklı bitki örtüsü gelen kırmızı dalga boyunun çoğunu absorbe eder ve yakın kızılötesi ışığın ise büyük bir bölümünü yansıtmaktadır. Sağlıksız veya düşük kapalılığa sahip bitki örtüsü ise kırmızı ve yakın kızılötesi dalga boyunu yansıtmaktadır (Şekil 4.3). NDVI, -1 ile +1 arasında değişen değerler almaktadır. Bitki örtüsünün fazla ve kapalı olduğu bölgelerde bu değer +1'e yaklaşırken su ve kar ve bulut gibi su içeriği olan durumlarda eksi değer almaktadır (Şekil 4.4). Çıplak toprak veya zayıf bitki örtüsünün bulunduğu alanlarda ise NDVI değeri sıfıra yakın değerler göstermektedir (Hatfield ve ark., 1985). Tarımsal alanlarda ise kuraklık, aşırı nem, hastalık ve zararlılar gibi nedenlerden oluşan zayıf bitki gelişimlerinde ise NDVI düşük değerler gösterirken, bitki gelişiminin sağlıklı olduğu alanlarda yüksek değerler almaktadır (Yıldız ve ark., 2012).




Şekil 4.3. Bitki örtüsündeki yansıma ile NDVI ilişkisi (Weier ve Herring, 2000)

Normalize edilmiş fark nem indeksi (NDMI) ise bitki yapraklarındaki su içeriğindeki değişime duyarlı bir indekstir (Gao, 1996). -1 ile +1 arasında değişen NDMI indeksinde yüksek bitki örtüsü su içeriği ve kapalılığına sahip alanlar yüksek değerlere, düşük kapalılık ve su içeriği olan bitki örtüsünde ise düşük değerler almaktadır (Şekil 4.5). Bitki su stresi durumunda da NDMI değeri düşük değerleri göstermektedir. NDMI indeksi yaprakta bulunan klorofil içeriğinin yansımasına duyarlı yakın kızılötesi band ile yapraklardaki nem içeriğine duyarlı orta kızılötesi band kullanılarak aşağıdaki eşitlik ile tahmin edilmektedir.

$$NDMI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

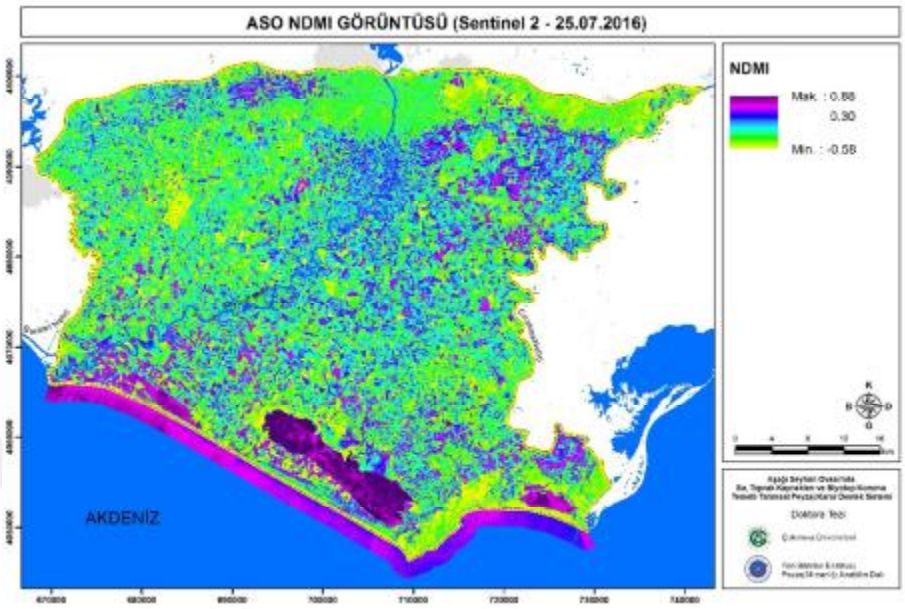



Şekil 4.4. ASO arazi örtüsü sınıflamasında kullanılan örnek NDVI (25.07.2016)

NDVI haritasında yeşil renkli alanlar yeşil bitki örtüsü oranının fazla olduğunu, sarı alanlar ekilmemiş alan ve yerleşim gibi bitki örtüsü çok az veya olmayan alanları, kırmızı renkte gösterilen alanlar ise su yüzeylerini göstermektedir. Sonuç olarak, yeşil renkli alanlarda ekili tarım ürünlerinin olduğu görülmektedir.

Şekil 4.5'te verilen NDMI haritasına göre mor renk ile gösterilen maksimum değerler, nem içeriği yüksek ürünleri ve su yüzeylerini göstermektedir. Mavi renkli (0.30) gösterilen alanlar narenciye gibi odunsu bitkileri, yeşil ve sarı renkli düşük NDMI alanlar ise hasat zamanı gibi su içeriği düşük olan bitkiler (1.ürün mısır) ile toprak yüzeylerini ifade etmektedir.

NDVI ve NDMI gibi bitki örtüsünün durumunu ifade eden indeksler, tarımsal arazi örtüsünün haritalanmasında sınıflama doğruluğunu artırdığı için bütün veri setine uygulanmış ve ek girdi verisi olarak kullanılmıştır.

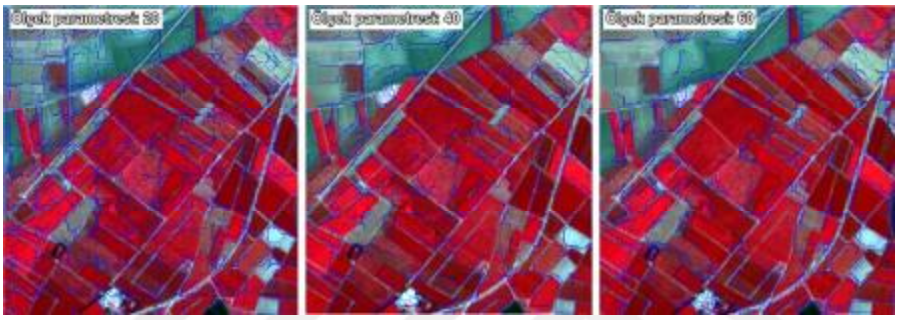



Şekil 4.5. ASO arazi örtüsü sınıflamasında kullanılan örnek NDMI (25.07.2016)

### 4.2.1. Obje Tabanlı Sınıflama ile ASO Tarımsal Ürün Deseninin Oluşturulması

Görüntüde sınıflaması, görüntü üzerindeki sayısal değerleri kullanarak pikseller arasındaki benzerlikleri ortaya çıkararak istatistiksel olarak sınıf veya kümelere ayırmak ve tanımlamaktır (Townshend, 1981). Günümüzde gelişmiş sayısal görüntü işleme teknikleri ve çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Piksel Tabanlı Sınıflandırma geleneksel bir yaklaşım olmakla birlikte son yıllarda yersel çözünürlüklerinin artması ile Obje Tabanlı Sınıflandırma Yöntemi etkin olarak kullanılmaktadır. Piksel Tabanlı Sınıflama Yönteminde, her piksel bir sınıfa atanırken, Obje Tabanlı Sınıflamada, görüntünün formu, yansıma özelliklerini ve tekstürü dikkate alarak komşu pikseller ile anlamlı olacak şekilde gruplandırılmaktadır. Segmentasyon adı verilerin bu gruplandırma yönteminde, her bir bant için farklı ağırlıklandırma katsayısı girilebilmektedir. Obje tabanlı sınıflamada görüntü, görüntü objelerine dönüştürülür. Objelerin büyüklüğü için ölçek parametresi, şekli ve yoğunluk değeri girilerek görüntü obje katmanları

oluşturulur (Şekil 3.8). Obje Tabanlı Sınıflamada veriler anlamlı poligonlara gruplandırıldığı için seçilen örnek alanlar homojen olmakta ve üretilen sınıflamanın doğruluğu da Piksel Tabanlı Yönteme göre daha yüksek olmaktadır (Berberoğlu ve ark., 2000). Bununla birlikte, özellikle tarımsal alanlarda Obje Tabanlı Yöntemde, sınıflama sonrası hataların el ile düzeltilmesine imkan sağladığından doğruluk daha da artmaktadır.



Şekil 4.6. Sentinel-2 uydu görüntüsünde çalışma alanını gösteren farklı ölçeklerdeki (20-40-60 ölçek parametreleri) görüntü segmentasyonu

Her sınıflama zamanı için uygun segmentasyon parametreleri seçildikten sonra, araziden toplanan veriler kullanılarak eğitimli sınıflama tekniği uygulanmıştır. Ayrıca sınıflama doğruluğunu artırmak için kullanılan NDVI ve NDMI indeksleri sınıfların yüksek doğrulukla ayrılmasına olanak sağlamıştır.

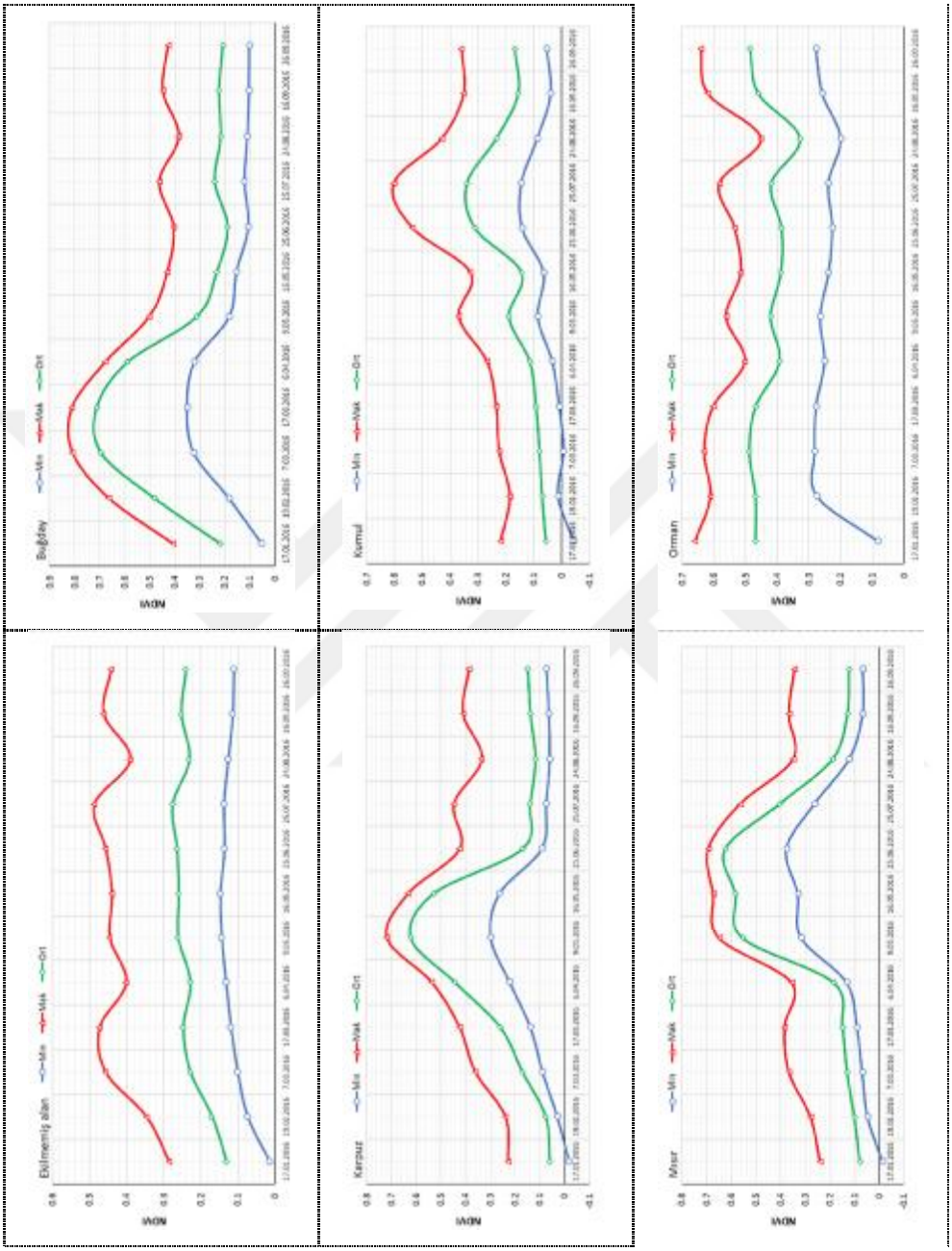
Araziden alınan örnekler doğrultusunda 2016 yılı için 12 ayrı zamanda her bir arazi örtüsü için minimum, maksimum ve ortalama NDVI değerleri üretilmiştir. Yıl boyunca ekilmemiş alan ortalama NDVI değerleri 0.1 ile 0.3 arasında değişmekte, buğdayda Ocak ayından, Mart ayına kadar arttığı ve hasat zamanı olan Mayıs ayının ortalarına kadar düştüğü görülmektedir. Erken ekimi yapılan karpuz ürününde ise NDVI değerleri Nisan-Mayıs ve Haziran aylarında yüksek olmaktadır. Kumul alanlarda yaz döneminde üzerinde bitki varlığı veya tarımsal uygulamalardan dolayı yükselmektedir. Mısır bitkisi Nisan ayında büyümeye başlar ve Haziran aylarında en yüksek değerlere ulaşır. Orman alanlarında ise yıl

boyunca ortalama 0.5 civarında NDVI değeri değişmektedir. Yer fıstığı, pamuk ve soya gibi yazlık ürünler haziran ayından sonra NDVI değerleri artmakta ve Temmuz ayında en yüksek değerlere ulaşmaktadır (Şekil 4.7, Şekil 4.8).

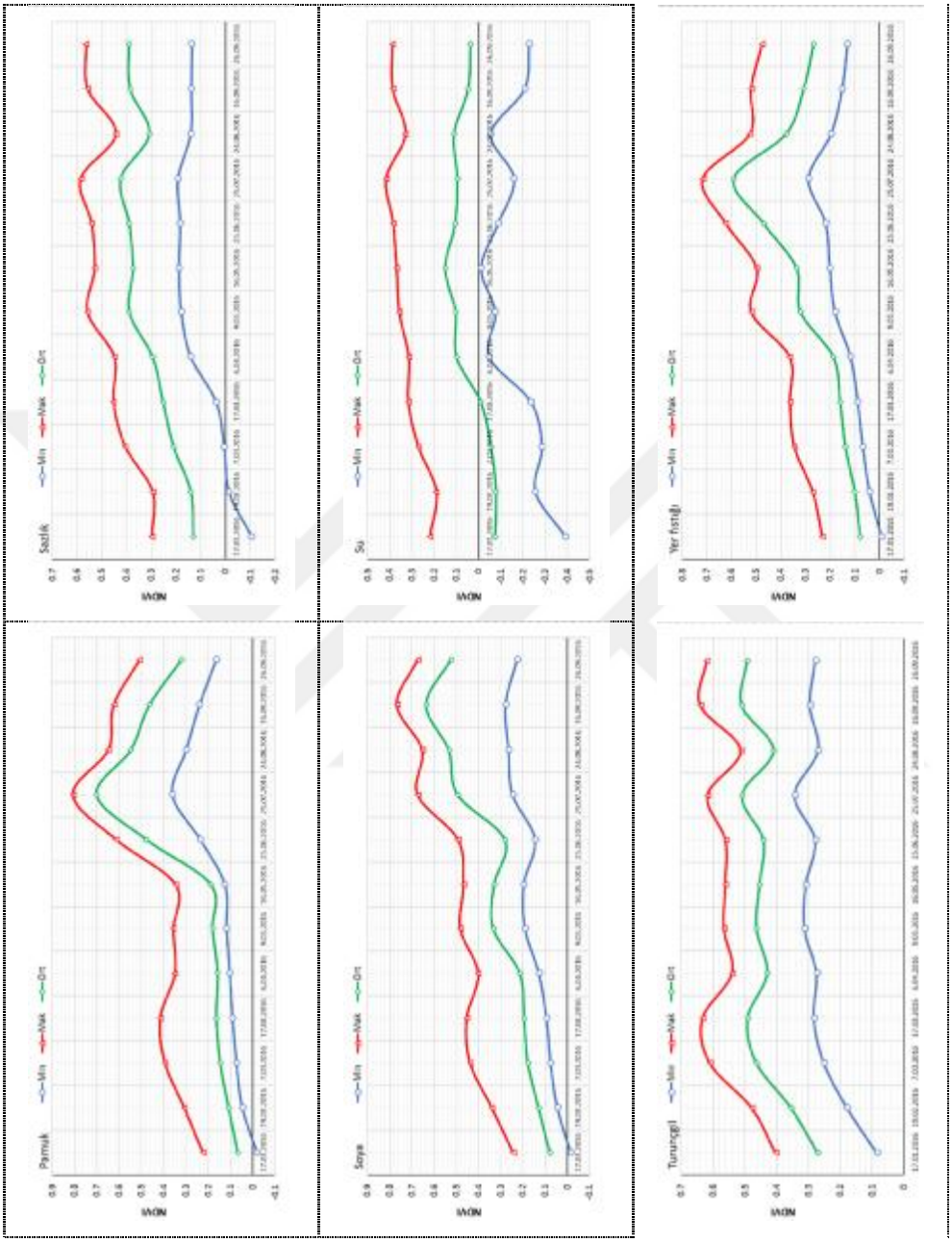
Farklı ürün desenleri farklı zamanlarda değişken dağılım göstermektedir. Ancak bazı dönemlerde benzer yansımalar göstermektedir. Bu tür ürünleri tespit etmek için kışlık ürün deseninde Mart ve Nisan aylarında, yazlık ürün deseninde ise Mayıs-Haziran ve Temmuz-sonu Ağustos başı görüntülerin varlığı sınıflama doğruluğunu önemli oranda artırmaktadır. Buğday Mart ayının 2.haftasında, karpuz Mayıs ayının ortasında en yüksek NDVI değerine sahiptir. Turunçgil ise, yıl boyunca benzer değerleri almaktadır. Sazlık alanlar kış aylarında kurudukları için NDVI değerleri düşüktür. Su yüzeyleri genellikle sıfırın altında NDVI değerlerine sahiptir. Ancak çalışma alanındaki lagünlerde su derinliğinin düşük olması ve tabanında bulunan bitkilerden dolayı NDVI değerleri yaz aylarında yükselmektedir (Şekil 4.9, Şekil 4.10).

Yazlık tarımsal ürünlerde 1.ürün mısır diğer ürünlere göre erken ekildiği için diğer sınıflardan ayırt edilmesi daha kolaydır ancak pamuk, soya ve yerfıstığının birbirinden ayırt edilebilmesi için farklı zamanlarda kaydedilmiş görüntülere ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 4.10'da görüldüğü gibi 25 Haziran 2016 tarihinde yer fıstığı ile pamuk, 24 Ağustos 2016 tarihinde ise pamuk ile soya bitkileri benzer yansıma göstermektedir. Temmuz ayının ilk haftasına ait görüntülerde pamuk, mısır ve yerfıstığının ayırt edilmesi güçleşmektedir.

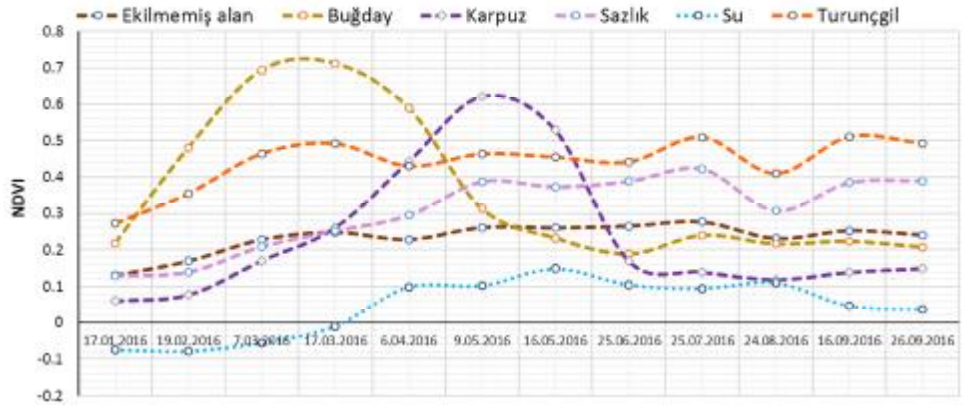
2010-2016 yılları arasında temin edilen uydu görüntüleri, eCognition Developer 9 programı kullanılarak Obje Tabanlı Sınıflama Yöntemi ile kışlık ve yazlık tarımsal ürün deseni üretilmiştir (Şekil 4.11-Şekil 4.24).



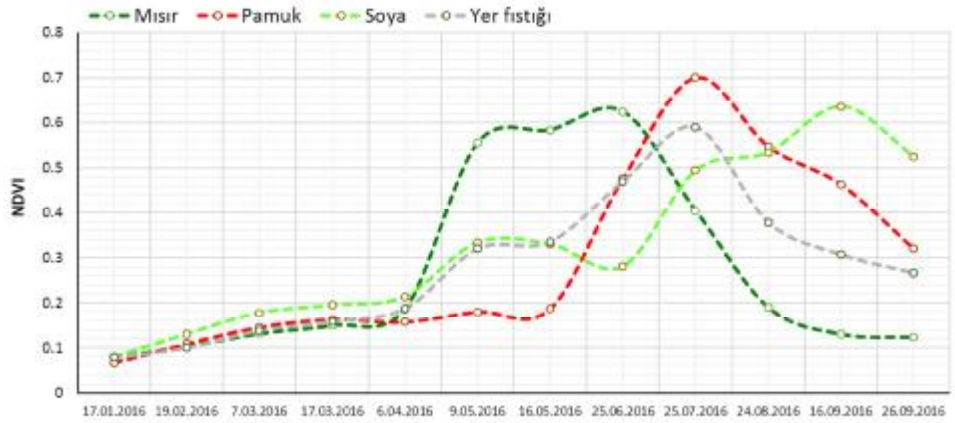

Şekil 4.7. Arazi örtülerine göre 2016 yılı NDVI dağılım grafikleri-1



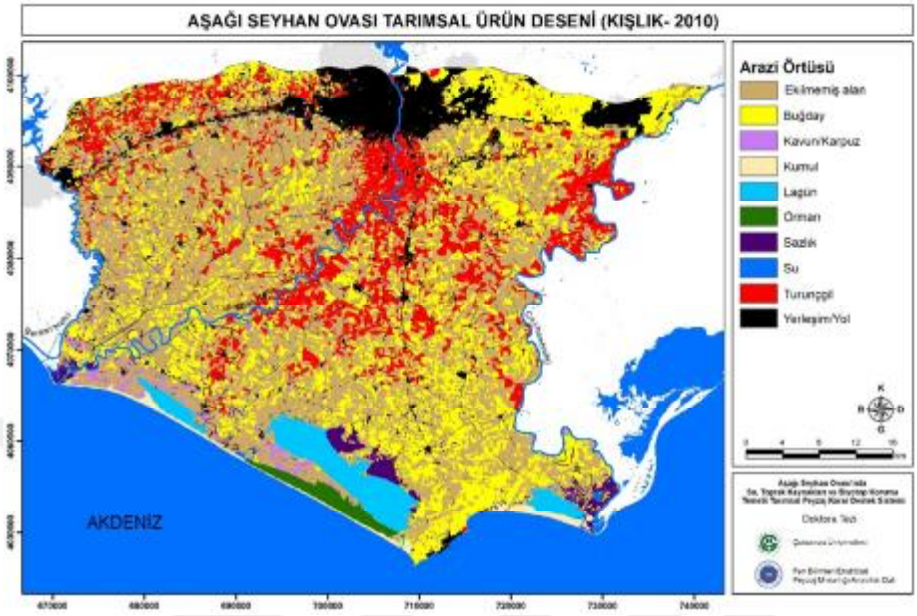

Şekil 4.8. Arazi örtülerine göre 2016 yılı NDVI dağılımı grafikleri-2



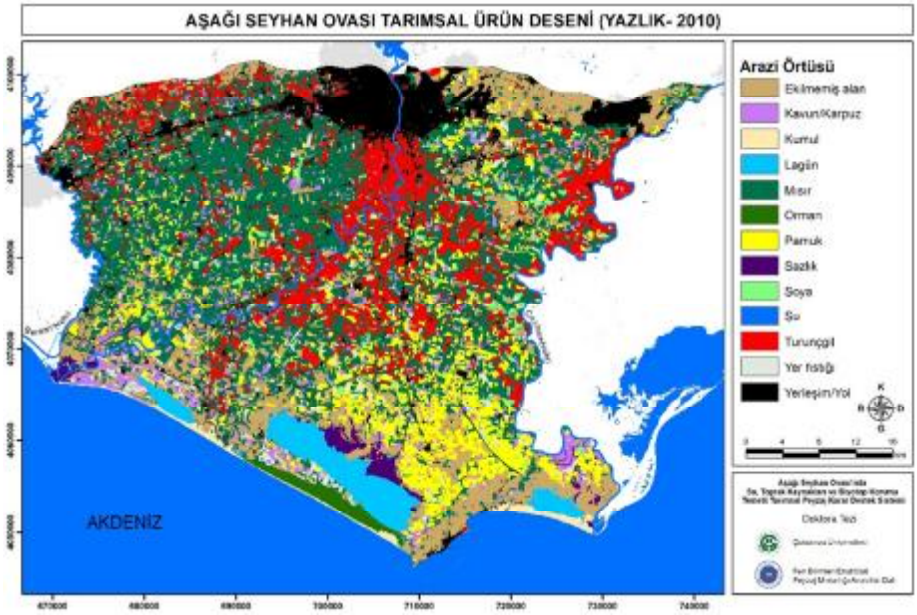

Şekil 4.9. Kışlık tarımsal ürünler için 2016 yılı ortalama NDVI dağılımı



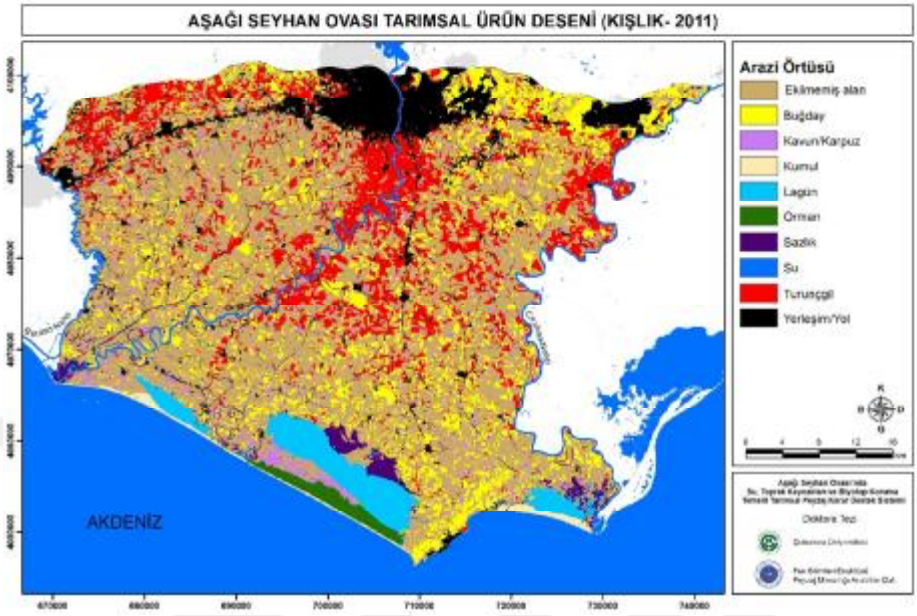

Şekil 4.10. Yazlık tarımsal ürünler için 2016 yılı ortalama NDVI dağılımı



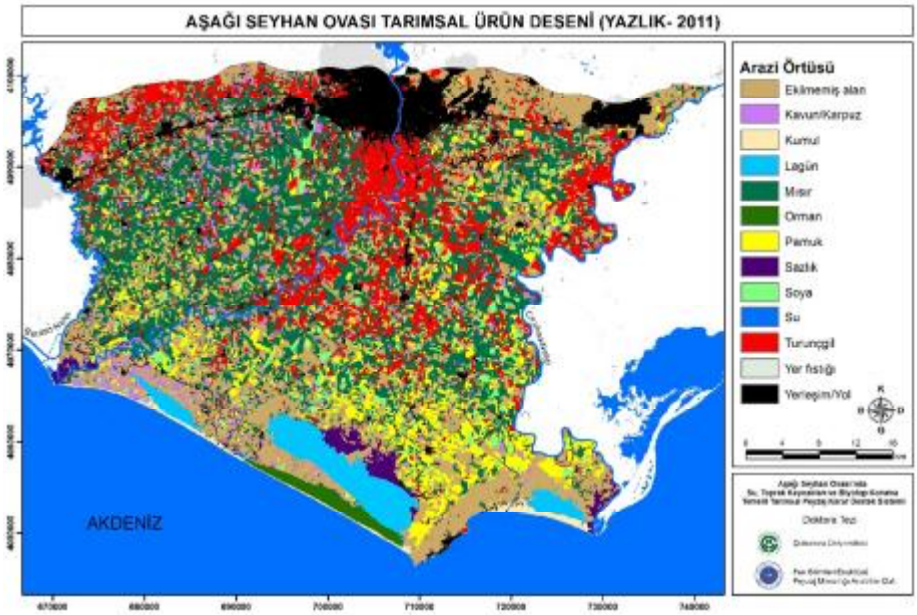

Şekil 4.11. ASO 2010 yılı kışlık tarımsal ürün deseni haritası



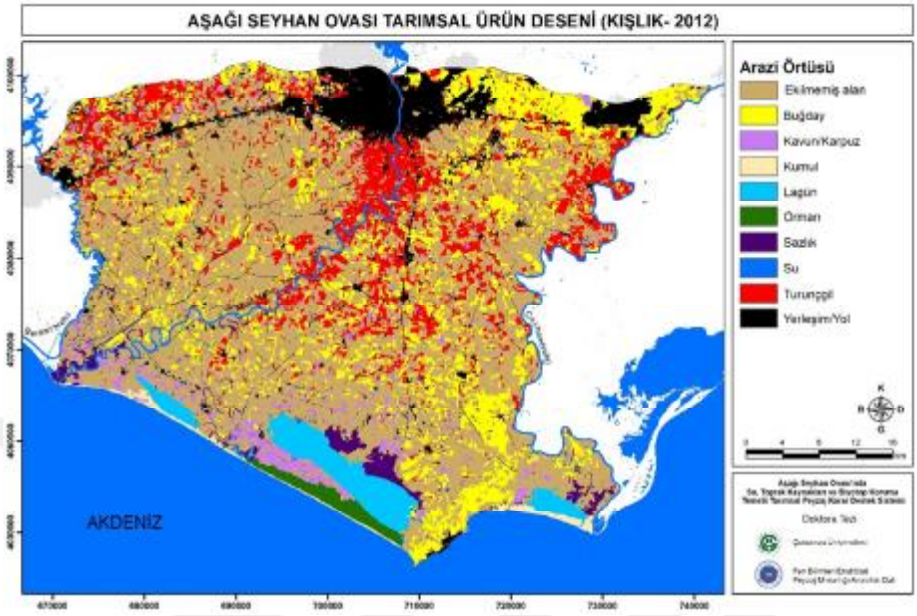

Şekil 4.12. ASO 2010 yılı yazlık tarımsal ürün deseni haritası



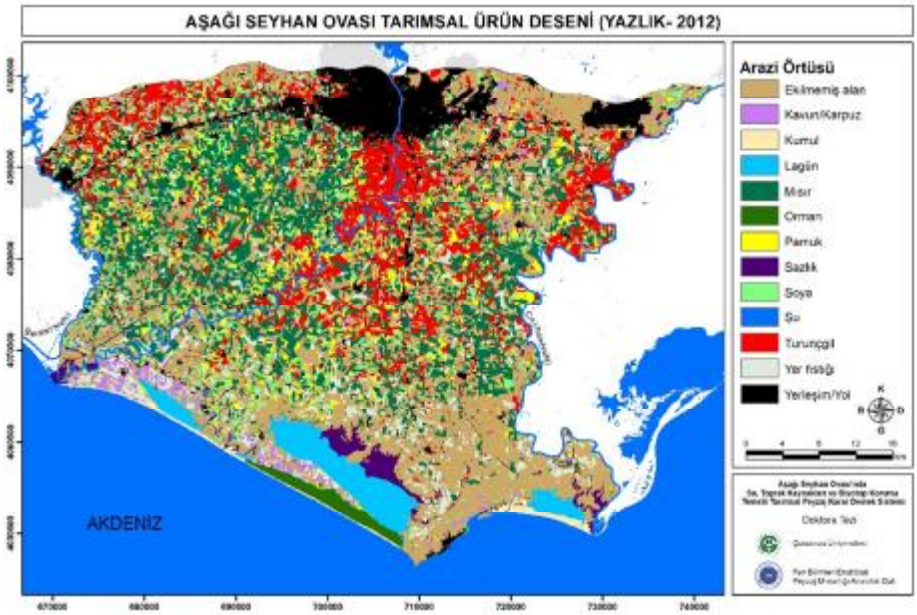

Şekil 4.13 ASO 2011 yılı kışlık tarımsal ürün deseni haritası



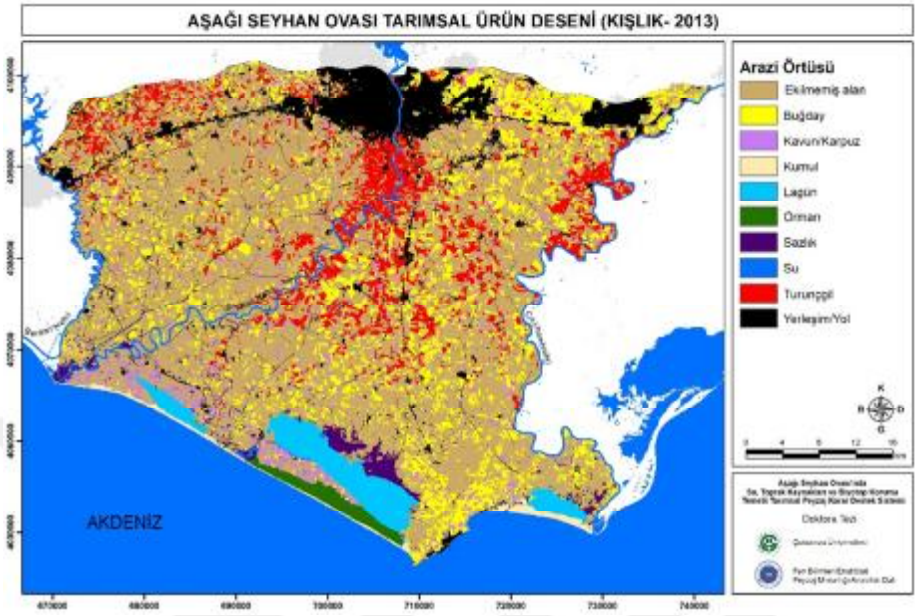

Şekil 4.14. ASO 2011 yılı yazlık tarımsal ürün deseni haritası



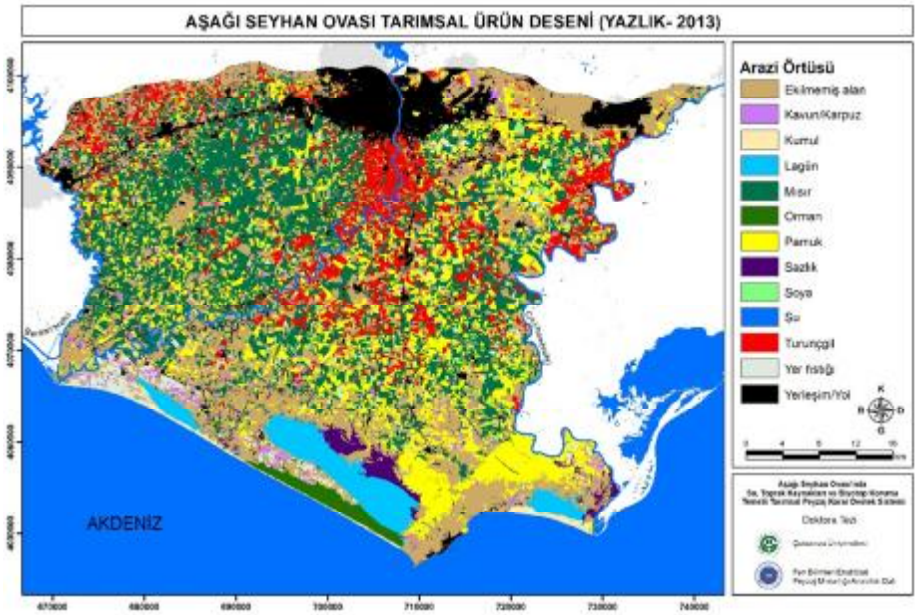

Şekil 4.15. ASO 2012 yılı kışlık tarımsal ürün deseni haritası



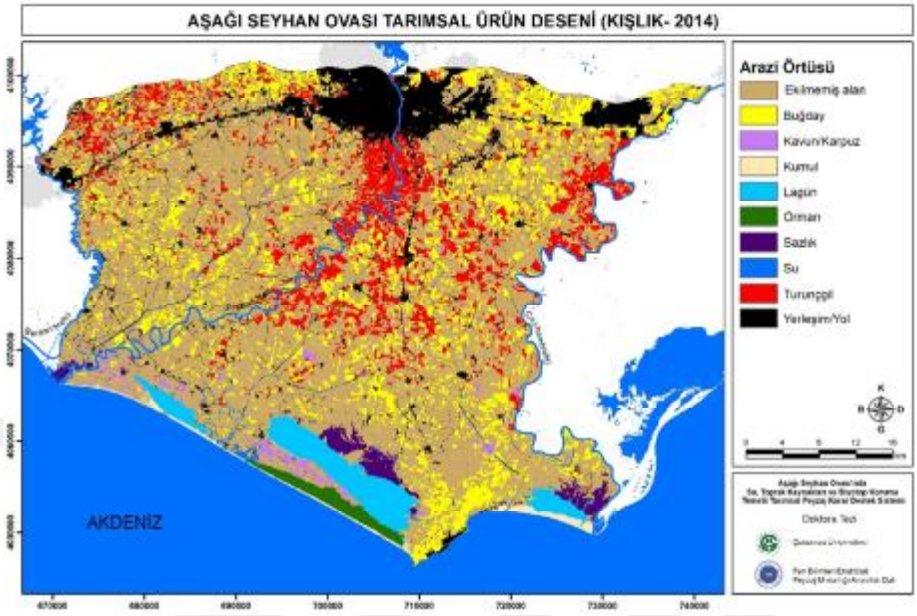

Şekil 4.16. ASO 2012 yılı yazlık tarımsal ürün deseni haritası



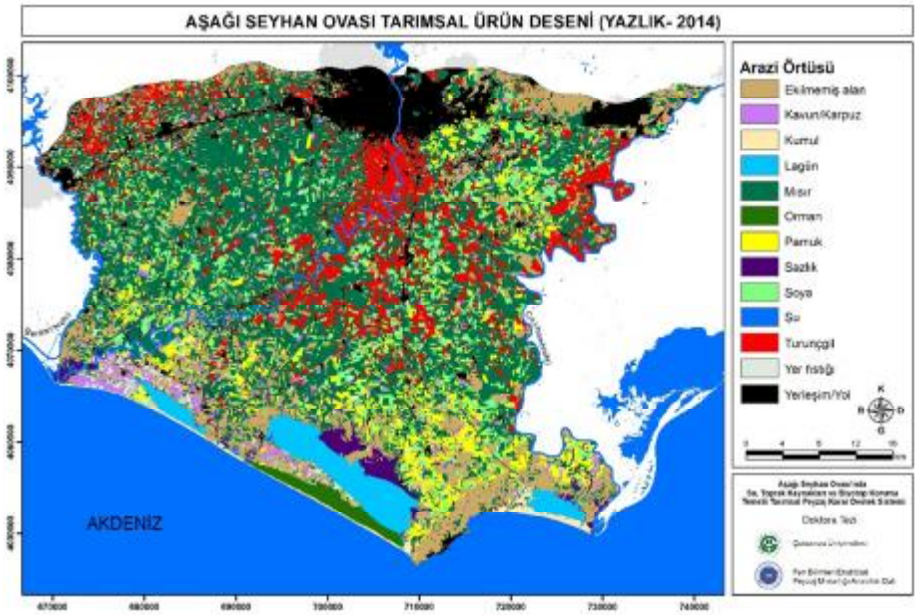

Şekil 4.17. ASO 2013 yılı kışlık tarımsal ürün deseni haritası



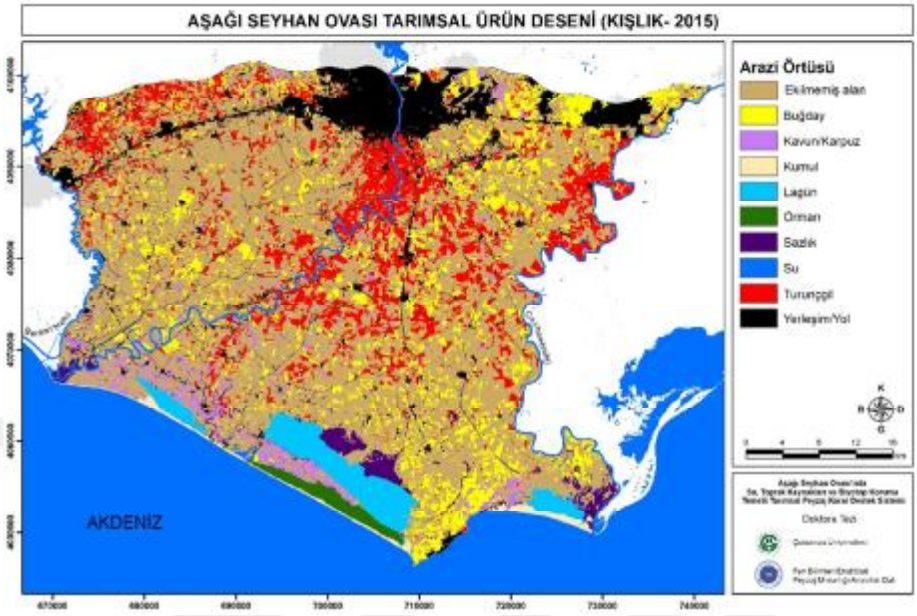

Şekil 4.18. ASO 2013 yılı yazlık tarımsal ürün deseni haritası



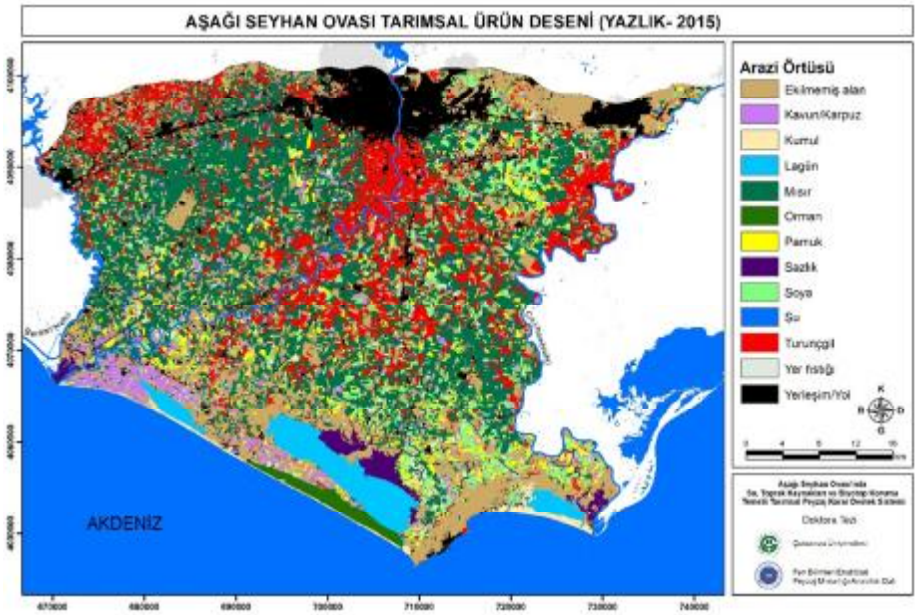

Şekil 4.19. ASO 2014 yılı kışlık tarımsal ürün deseni haritası



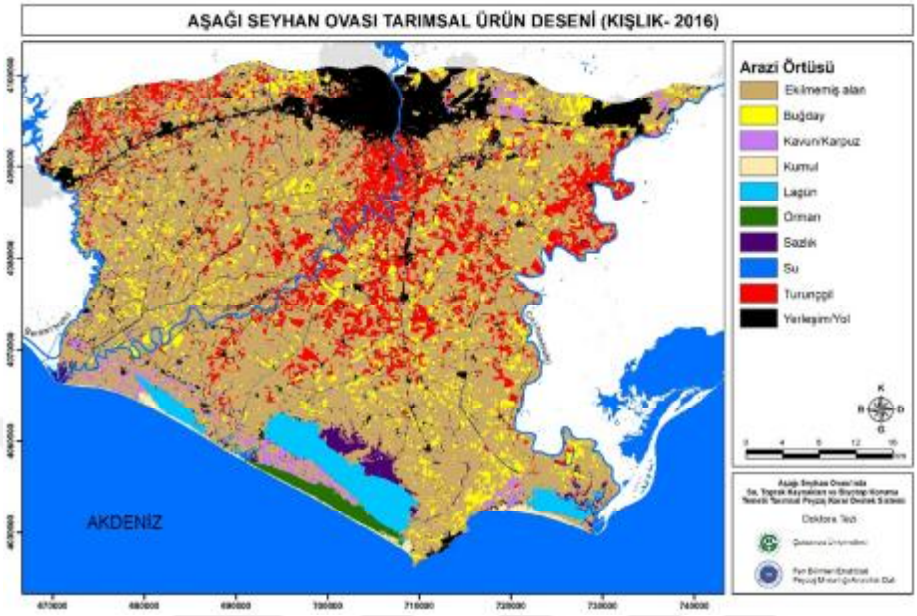

Şekil 4.20. ASO 2014 yılı yazlık tarımsal ürün deseni haritası



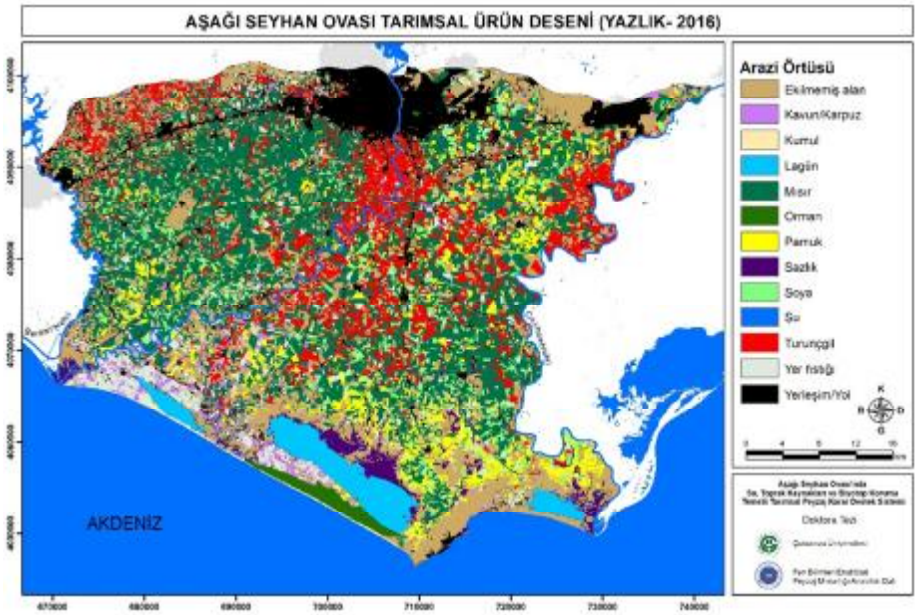

Şekil 4.21. ASO 2015 yılı kışlık tarımsal ürün deseni haritası




Şekil 4.22. ASO 2015 yılı yazlık tarımsal ürün deseni haritası



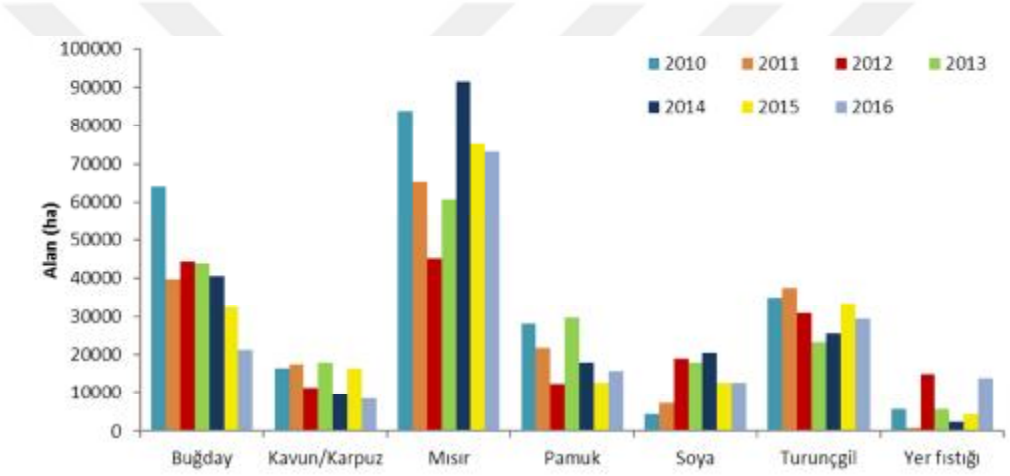

Şekil 4.23. ASO 2016 yılı kışlık tarımsal ürün deseni haritası




Şekil 4.24. ASO 2016 yılı yazlık tarımsal ürün deseni haritası

### 4.2.2. ASO 2010-2016 Yılları Arasındaki Tarımsal Ürün Değişiminin Belirlenmesi

2010-2016 yılları arasında kışlık ve yazlık ürün desenleri olmak üzere ürün ekim alanları hesaplanmıştır (Çizelge 4.1). 2016 yılı için buğday ekim alanı son 6 yıla göre ortalama %44'lük oranda azalma göstermiştir. Kavun/Karpuz ürününde %33, pamukta ise %11'lik azalış tahmin edilmiştir. Geriye kalan başlıca tarımsal ürünlerden mısırda %22', soyada %8, turunçgilde %11 ve yerfıstığında %185'lik artış görülmektedir (Şekil 4.25).




Şekil 4.25. ASO'da yıllara göre başlıca tarımsal ürünlerin dağılımı

Alansal olarak mısır ve buğday 2010-2016 yılları arasında en yaygın ürünlerdir. Buğday ekiminde dramatik olarak bir azalma olurken, soyada 2010'dan itibaren bir artış, yer fıstığında ise 2012 ve 2016 yılında yüksek artış görülmektedir. Turunçgil alanlarında ise 2013 yılında yaşlı bahçelerin sökülerek yeni türlerin dikilmesi ile tekrardan turunçgil bahçelerinde artış görülmektedir.

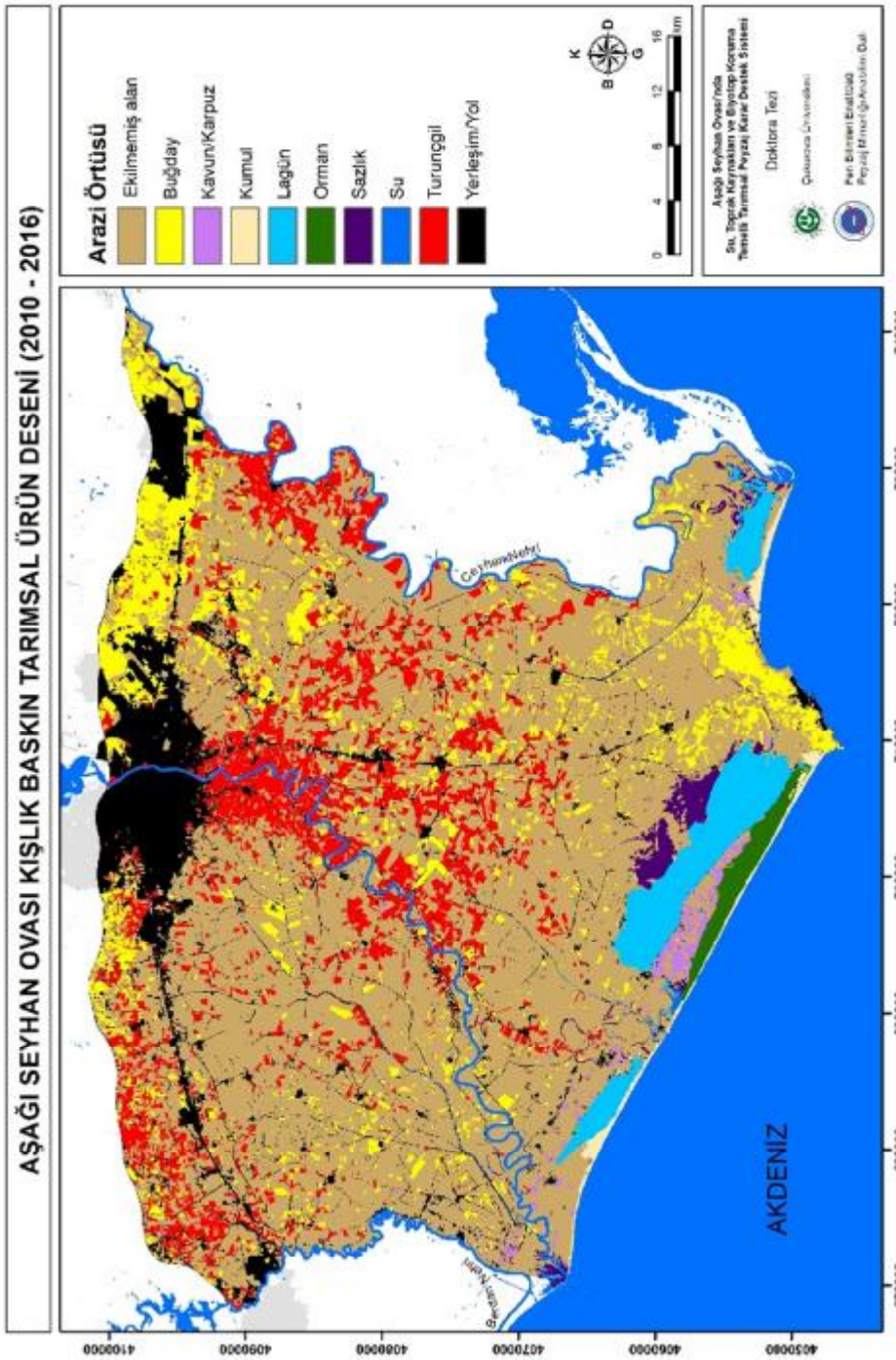
Çizelge 4.1. 2010-2016 yılları arası ekilen tarımsal ürün alanları

| | 2010 Alan (ha) | | 2011 Alan (ha) | | 2012 Alan (ha) | | 2013 Alan (ha) | | 2014 Alan (ha) | | 2015 Alan (ha) | | 2016 Alan (ha) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Kışlık* | *Yazlık* | *Kışlık* | *Yazlık* | *Kışlık* | *Yazlık* | *Kışlık* | *Yazlık* | *Kışlık* | *Yazlık* | *Kışlık* | *Yazlık* | *Kışlık* | *Yazlık* |
| 1 Ekilmemiş alan | 90270 | 34381 | 110284 | 58421 | 118837 | 76068 | 120375 | 53441 | 129705 | 47911 | 122937 | 52880 | 146394 | 51952 |
| 2 Buğday | 63917 | - | 39843 | - | 44443 | - | 43952 | - | 40650 | - | 32333 | - | 21354 | |
| 3 Kavun/Karpuz | 16458 | 16458 | 17360 | 17360 | 11267 | 11267 | 17887 | 17887 | 9470 | 9470 | 16285 | 16285 | 8467 | 8467 |
| 4 Kumul | 2194 | | 1825 | | 1841 | | 2030 | | 1820 | | 1919 | | 1649 | |
| 5 Lagün | 8480 | 8745 | 9257 | 8858 | 8636 | 8517 | 8693 | 8802 | 8332 | 8732 | 8608 | 8661 | 8970 | 8561 |
| 6 Misır | | 83855 | | 65204 | | 45168 | | 60692 | | 91584 | | 75189 | | 73271 |
| 7 Orman | 2140 | 2140 | 2273 | 2273 | 2309 | 2309 | 2293 | 2293 | 2159 | 2159 | 2182 | 2182 | 2140 | 2140 |
| 8 Pamuk | | 28238 | | 20845 | | 12299 | | 29631 | | 18026 | | 12580 | | 15653 |
| 9 Sazlık | 3520 | 3115 | 3582 | 3523 | 3647 | 3621 | 3819 | 2930 | 3458 | 3418 | 3944 | 3575 | 3278 | 6170 |
| 10 Soya | | 4352 | | 7219 | | 18868 | | 17939 | | 20446 | | 12621 | | 12540 |
| 11 Su | 15606 | 15606 | 15339 | 15339 | 15902 | 15902 | 15283 | 15283 | 16688 | 16688 | 15579 | 15579 | 15503 | 15503 |
| 12 Turunçgil | 35084 | 35084 | 37659 | 37659 | 31020 | 31020 | 23182 | 23182 | 25563 | 25563 | 33575 | 33575 | 29451 | 29451 |
| 13 Yer fıstığı | | 5703 | | 975 | | 14947 | | 5596 | | 2411 | | 4549 | | 13914 |
| 14 Yerleşim/Yol | 23833 | 23833 | 24089 | 23833 | 23608 | 23833 | 23995 | 23833 | 23664 | 23833 | 24147 | 23833 | 24248 | 23833 |

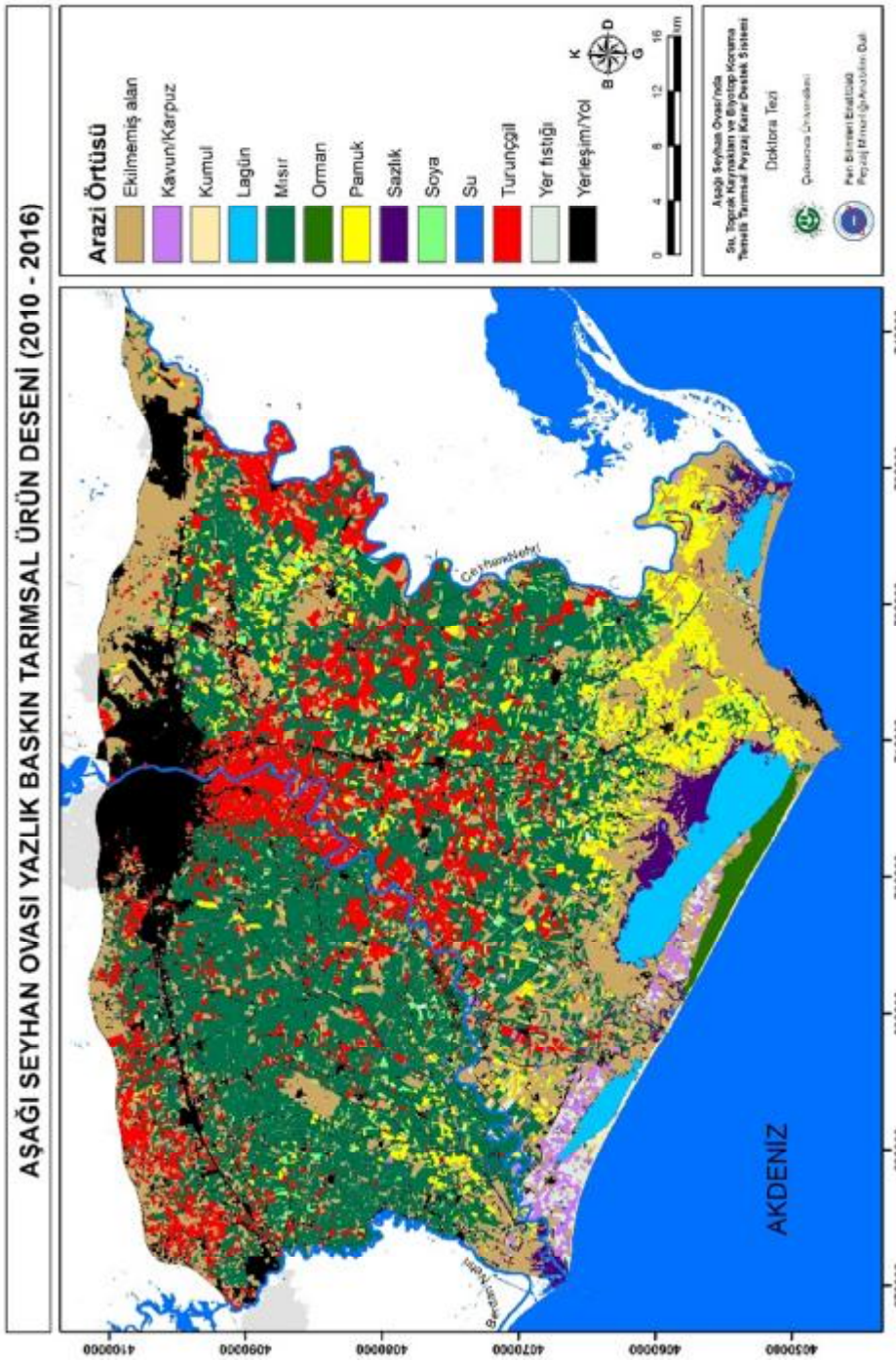
2010-2016 yılları arasında yazlık ve kışlık olmak üzere her bir parsel için son 6 yılda ekili olan baskın ürün deseni belirlenerek ova için genel tarımsal ürün deseni oluşturulmuştur. Bu ürün deseni ürün gelişim modelinde oluşturulacak senaryolar için altık veri olarak kullanılacaktır.

Kışlık baskın tarımsal ürün desenine göre buğday alanları (sarı renkli alanlar) Akyatan Lagünü ile Ağyatan Lagünü arasında yoğun olarak görülmektedir. Bu alanlarda tarımsal sulama yetersizliği ve tepelik araziden dolayı çiftçiler kışlık buğday ürününe yönelmektedir. Bir diğer yoğun buğday tarımının yapıldığı alan ise Adana-Gaziantep Otoyolunun kuzey kısımlarıdır. Şekil 4.26'da kırmızı renkli görünen alanlar ise turunçgil bahçelerini göstermektedir. Bu alanların büyük bir kısmı Seyhan Nehri ve Ceyhan Nehri kenarı ile Adana-Tarsus otoyolun kuzey kısmında yoğunlaşmaktadır. Karpuz ekim alanları (pembe renkli alanlar) ise Akyatan Lagününün güneyinde ve Tuzla Lagünü çevresindeki kumul alanlarda yoğun olarak görülmektedir.

Yazlık baskın tarımsal ürün desenine göre ovanın büyük bir çoğunluğunu mısır alanları (yeşil renkli alanlar) oluşturmaktadır. Güney kısımda sarı renkte görülen sıcağa ve tuzluluğa daha dayanıklı olan pamuk ekim alanları bulunur. Akyatan ve Tuzla Lagünü etrafındaki kumul alanlarda ise karpuz (pembe renkli alanlar) ve yer fıstığı (gri renkli alanlar) ürünleri ekilmektedir. Akyatan Lagünü kuzeyinde, Seyhan ve Ceyhan Nehri ağzında ve Tuzla ile Akyatan Lagünü arasında eski nehir yataklarında (Mor renkli alanlar) su kıyısı bitki örtüsü-sazlık alanlar bulunmaktadır (Şekil 4.27).




Şekil 4.26. ASO kışlık baskın tarımsal ürün deseni




Şekil 4.27. ASO yazlık tarımsal ürün deseni

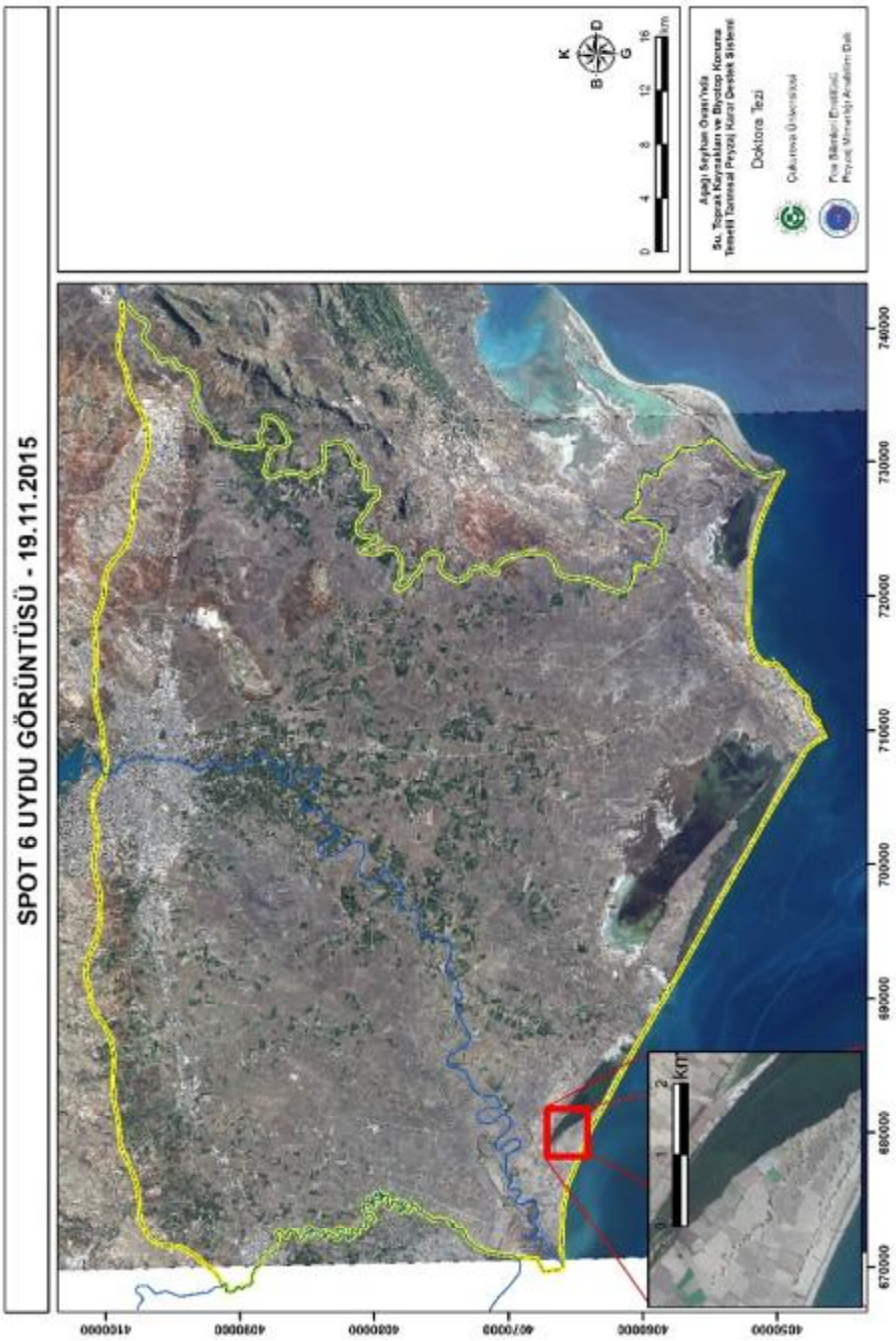
### 4.3. CORINE Biyotop Sınıflaması

Ekolojik planlamanın temel materyallerini oluşturan ASO'da yoğun tarım kullanımı ve yerleşimlerin baskısı alında kalan zengin karasal ve suya bağlı ekosistem birimlerini içeren biyotopların belirlenmesi ve haritalanması için uzaktan algılama verileri ve CBS kullanılmıştır. Önemli bir yere sahip olan ASO Berdan, Seyhan ve Ceyhan nehirlerinden taşınan verimli alüvyonlarla tarımsal kullanım, sulama ve drenaj sistemleri ile alan içerisinde floristik açıdan çeşitlenmeler ile meydana gelmiştir. Önemli biyotop alanlarının belirlenmesi ve küresel anlamda tanımlanması amacıyla CORINE biyotop sınıflandırması kullanılmıştır (European Communities, 1991). CORINE Biyotop Sınıflaması, yöntem olarak ulusal ve uluslararası (IUCN, Bern, Habitat ve Kuş Direktifleri) listelerde bulunan flora ve fauna, nadir ve hassas habitatlar ile alanda tükenmiş türlerin ve yok olma faktörlerinin tanımlanması, tür listelerinin alandaki biyoçeşitliliğin belirlenmesini içermektedir (Erdem, 2007; Yılmaz ve ark., 2011b). Hiyerarşik bir sınıflama olan CORINE Biyotop Sınıflandırma sisteminde kullanılan ilk basamaklar, en geniş yedi bölümü tanımlamaktadır. Bunlar; kıyı ve tuzcul topluluklar, sulak alanlar, çalılık ve meralar, ormanlar, bataklıklar, kayalıklar ve tarımsal alanlar ve kültürel peyzajlardır (Oudheusden, 2005).

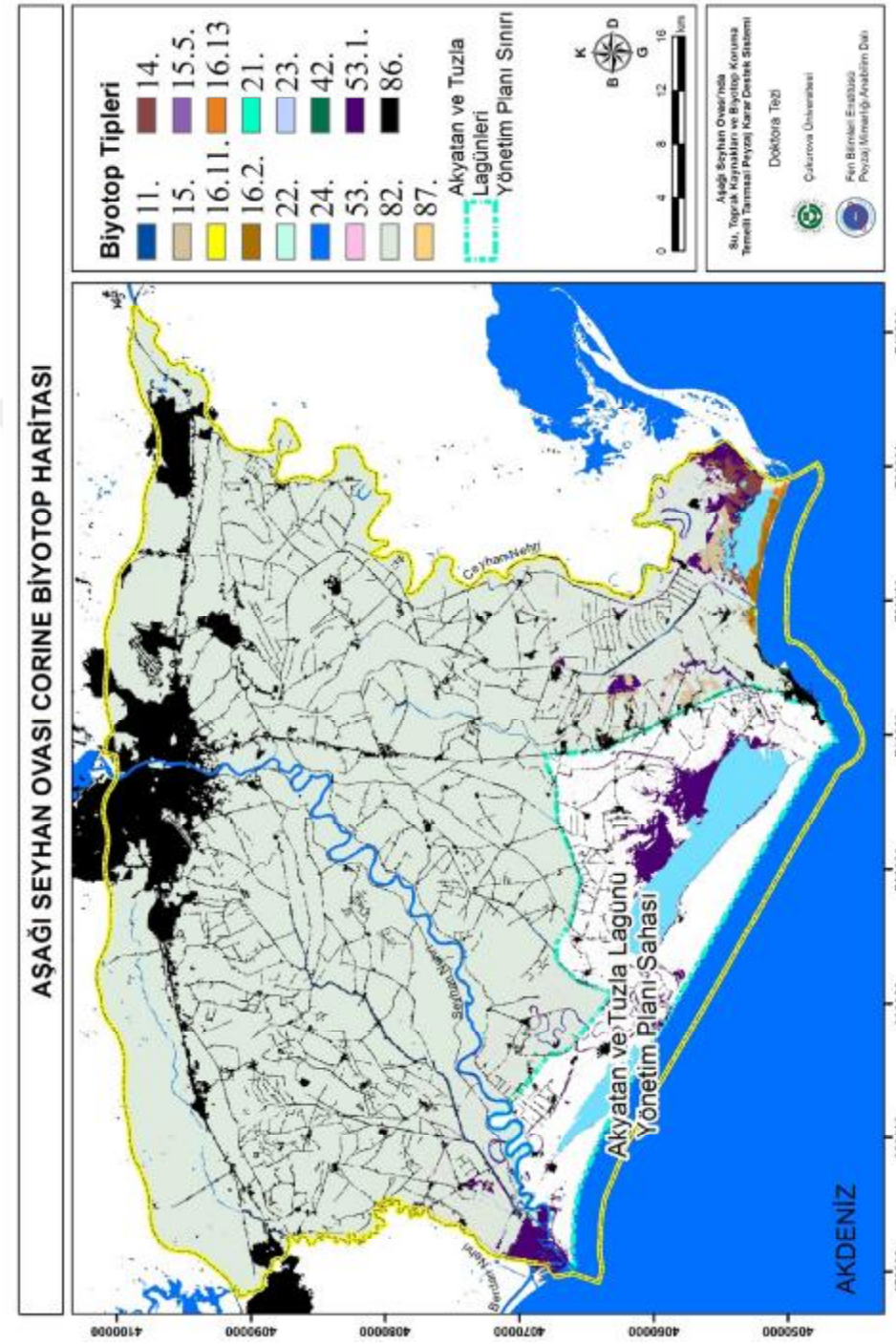
Kıyı bölgesinde yer alan koruma altındaki; Seyhan Deltası, Tuzla ile Akyatan Lagünleri ve çevresindeki alanlar, detaylı bir şekilde araştırılmış, gerek biyotopların, habitatların haritalanması gerekse yönetim planlamasına ilişkin bilimsel çalışmalar bu tez çalışmasından önce (1995-2011) tamamlanmıştır. Bu çalışmanın ASO sınırları dahilinde biyotop potansiyeline yapacağı özgün katkı; ovada tarımsal alanlarda sulama suyuyla beslenerek spontane oluşan sulak alan biyotoplarının belirlenerek haritalanması ve bu kapsamda yapılacak yönetim faaliyetlerinin belirlenmesi çerçevesindedir. Bu çerçevede Seyhan Nehri Deltası, Tuzla ve Akyatan Lagünlerini içine alan koruma statüsündeki alan için "Akyatan ve Tuzla Lagünleri Sulak Alan Yönetim Planı (2013-2017) T.C. Orman ve Su İşleri

Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü tarafından yaptırılmış ve yürürlüğe konulmuştur (T.C. ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI, 2013).

CORINE Biyotop Sınıflaması, 2.düzey sınıfında 11 farklı grup tespit edilen çalışma alanı için 5 farklı alt grup belirlenmiştir. Bunlar 15.5. Akdeniz tuzlu çayırlıkları, 16.11. Bitki örtüsüz kıyı kumulları, 16.13. Çok yıllık bitki örtülü kıyı kumulları, 16.2. Kum tepeleri ve 53.1531. Su Kıyısı Vejetasyonu- Kamış kodlu alt grup sınıflardır (Çizelge 4.2). Bu alanların belirlenmesinde 9 Haziran 2015 ve 19 Kasım 2015 tarihlerine ait yüksek çözünürlü SPOT 6 uydu verileri kullanılmıştır (Şekil 4.28). Bir buçuk m yersel çözünürlüğe sahip görüntü, küçük kum tepeleri, drenaj kenarı bitki örtüsünü tespit edebilecek bilgiyi içermektedir. Biyotop alanlarının belirlenmesinde Obje Tabanlı Sınıflama Yöntemi ile segmentlere ayrılan çalışma alanı, e-Cognition Developer 9 yazılımı çoklu çözünürlü segmentasyon ile anlamlı segmentler oluşturulmuştur. Bu segmentler için alanda belirlenen her bir biyotop sınıfını temsil edecek alanlardan örnek alınarak, en yakın komşuluk algoritmasına göre sınıflar atanmıştır (Şekil 4.29).




Şekil 4.28. Çalışma alanına ait yüksek çözünürlü 19.11.2015 tarihli SPOT 6 uydu görüntüsü




Şekil 4.29. CORINE biyotop sınıflamasına göre çalışma alanı biyotop haritası

CORINE biyotop sınıflaması dikkate alınarak çalışma alanını temsil eden kıyı ve tuzcul topluluklar, denizel olmayan sular, ormanlar, bataklıklar ile tarımsal alanlar ve kültürel peyzajlara ait alt düzey sınıflarını içeren 17 farklı biyotop tipleri belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Biyotoplar büyük oranda denize yakın bölgelerde yer alırken, tarımsal alanlar arasında sıkışmış önemli alanlar bulunmaktadır.

Hidromorfik topraklar üzerinde oluşmuş tuzcul topluluklar üzerinde tuzcul vejetasyonun bulunduğu, yüksek taban sulu kıyı alanlarıdır. Tipik bitki örtüsü ile kumullardan büyük farklılık gösteren bu alanlar halen özgün ekolojik yapısını korumaktadır (Uzun ve ark., 1995). Çalışma alanında mevcut olan halofitler yani tuzcul bitkiler genellikle lagünler etrafında yer almaktadır (Şekil 4.30). Baskın olarak alanda görülen türler ise *Arthrocnemum fruticosum, Arthrocnemum glaucum, Atriplex portulacoides, Salicornia europea* ve *Sueda prostrata'dır* (Berberoğlu, 1994).

Çizelge 4.2. CORINE biyotop sınıflamasına göre çalışma alanında tespit edilen sınıflar ve kapladıkları alanlar

| **1.Düzey Sınıflar** | **2.Düzey Sınıflar** | **Alt düzeyler** | **Alan (ha)** |
|---|---|---|---|
| 1-Kıyı ve Tuzcul Topluluklar | 11- Okyanuslar ve Denizler | | - |
| | 14- Çamur düzlükleri ve kum düzlükleri | | 223.1 |
| | 15- Tuzlu bataklıklar, Tuzlu Düzlükler | 15. Tuzlu bataklıklar ve düzlükler | 1777.6 |
| | | 15.5. Akdeniz tuzlu çayırlıkları | 102.6 |
| | 16- Kıyı Kumulları | 16.11 Bitki örtüsüz kıyı kumulları | 60.2 |
| | | 16.13 Çok yıllık bitki örtülü kıyı kumulları | 238.0 |
| | | 16.2 Kum tepeleri | 515.7 |
| 2- Denizel olmayan Sular | 21- Lagünler | | 7878.0 |
| | 22- Durgun tatlı sular | | 114.1 |
| | 23-Durgun acı ve tuzlu sular | | 52.4 |
| | 24- Akarsular | | - |
| 4-Ormanlar | 42-İbreli Ormanlar | | 125.0 |
| 5- Bataklıklar | 53- Su Kıyısı Vejetasyonu | | 850.8 |
| | | 53.1- Su Kıyısı Vejetasyonu – Sazlıklar | 2151.7 |
| 8 Tarımsal Alanlar ve Kültürel Peyzajlar | 82-Tarımsal ürünler | | - |
| | 86- Kasabalar, Köyler, Sanayi alanları | | - |
| | 87- Nadas alanlar, atık yerleri | | - |



Şekil 4.30. Tuzlu bataklık biyotopları (Tuzla Lagünü civarı)

Kumul alanlarında kıyı kenar çizgisi ardında veya toprak örtüsünün bulunduğu düz veya düze yakın kıyı zonunda oluşmuş bu biyotop tipi tuzlu çayırlar olarak adlandırılmıştır. Otsu türlerce zengin olan bu alanlarda, hayvan otlatması yapılmaktadır. Yoğun kullanım altındaki bu biyotoplar kırsal yerleşimler çevresinde çoğunlukla tarım alanları ile deniz etkisi altındaki kıyı arasında yer almaktadır (Şekil 4.32).



Şekil 4.31. Ön kumullar ve lagün kenarı sazlık alanlar



Şekil 4.32. Otlatma yapılan kumul alanlar

Akyatan Lagününün güneyinde bulunan 2414.6 ha alanı kapsayan orman biyotopları, kumul stabilizasyonu sağlamak amacıyla dikim yoluyla oluşturulmuş ve doğal bir meşcere görevini görmektedir (Şekil 4.33). Bu alanda *Pinus pinea,*

*Pinus brutia ve Pinus pineaster* var. *Maritima* başlıca ibreli türlerdendir. *Acacia cyanophylla* ve *Eucalyptus camaldulensis* türlerinin saf veya karışık meşcereler halinde bulunduğu bu alanlarda ağaç örtüsünün kapalılığına göre alt örtü farklılık göstermektedir. Kapalı örtüye sahip *Acacia cyanophylla* bulunan alanlarda alt örtü yok denecek düzeydedir. Çok düşük örtü derecesi ile *Inula viscosa* ve *Pancratium maritumum* bulunmaktadır. Alt örtü bitkileri olarak ise *Erica manipuliflora, Myrtus communis ile Thymelea hirsuta, Tamarix smyrnensis, Imperata cylindrica, Juncus acutus ve Schoenus nigrican*s gibi taban suyuna bağlı tipik türler yanında, özellikle kapalılığın azaldığı açık alanlarda, *Aegilops cylindrica, Bromus intermedius, Chrysopogon gryllus* gibi *Graminae* üyeleri ile *Gladiolus italicus, Ferula communis ve Trifolium campestre* görülmektedir (Uzun ve ark., 1995).



Şekil 4.33. Kumul stabilizasyonu sağlayan doğal meşcere

Nehir yatakları ve drenaj kanallarında bulunan sık kamış ve sazlıklarda baskın tür *Phragmites australis* dir (Şekil 4.34). Ayrıca içerisinde *Thypa latifolia, Schoenoplectus lacustris, Polypogon monspeliensis ve İris pseudocorus* yer

almaktadır (Uzun ve ark., 1995). Sazlıklar özellikle sığ iç sularda ve yakın çevresinde yayılan sık örtüye sahip biyotoplardır. Bitki tür çeşitliliği yönünden çeşitliliğe sahip olmayan bu alanlar, su kuşları için kuluçka ve barınma ortamları sağlamaktadırlar. Yöre halkı tarafından kamış elde edilmesi ve zaman zaman avcılar tarafından yakacak olarak kullanılması ile de ekonomik yönden fayda sağlarlar. Bölgemizde yoğun olarak lagünlere deşarj edilen drenaj kanalları ve lagün ağızlarındaki silt birikintilerinde geniş kitleler halinde bulunmaktadırlar. Ayrıca tarım alanlarından drenaj kanalları vasıtasıyla taşınan pestisit ve herbisitleri sulak alanlara taşınmasında filtreleme işlevi yaparak, sulak alanlardaki kirlenmenin önlenmesinde önemli rol oynamaktadırlar.



Şekil 4.34. Drenaj kanallarında bulunan kamış ve sazlık alanlar

Geçmişten günümüze topoğrafyanın ektisi ile yönünü sık sık değişerek menderesler oluşturan Seyhan ve Ceyhan nehir yatakları, zaman içerisinde yön değiştirerek yeni yataklar oluşturmuşlardır. Eski nehir yataklarında kalan bu alanlar ise yüksek taban suyu ve tarımsal sulamadan gelen drenaj suları ile sulak alanlar oluşturmuşlardır. Sık sazlık ve kamışlıklarla örtülü nehir yatakları hem karaya hem de suya bağlı fauna açısından oldukça zengindir (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. Tuzla ve Akyatan Lagünleri yaban hayatı

Akarsularla ilişkili olarak kıyı zonunda oluşmuş, denizle bağlantılı sulak alanlar lagünlerdir. Bu alanlar, bölgenin yağış rejimi, tuzlu deniz suyu akıntıları ve iç sulardan gelen tatlı suların deşarjı gibi etkenlere bağlı olarak tuz konsantrasyonu farklılık göstermektedir. Araştırma alanında batıdan doğuya doğru Dipsiz Gölü, Tuz Gölü, Akyatan, Ağyatan, lagünleri bulunmaktadır. Bu lagünlerin tümü, denizle bağlantılı olup, mevsimsel olarak su seviyesi değişmektedir. Bu değişim yaz boyunca sığ kesimlerde çamur düzlüklerin oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Kıyı kumullarına yakın bölgelerde yer alan çamur düzlükleri

Çalışma alanında tarımsal üretim amacıyla girişilen faaliyetler, değişik morfolojik yapıya sahip yaşam ortamlarının tahrip edilmesine neden olmuştur (Şekil 4.37). Nehir kıyıları, kumullar ve hatta yüksek taban sulu tuzlu düz alanlar bile tarımsal faaliyetler ile yer yer işgal edilmiştir (Şekil 4.38). Çoğu yerde tarım alanlarının kıyı kenar çizgisini geçerek kumul alanlarıa istila ettiği görülmektedir (Şekil 4.39).



Şekil 4.37. Kum tepelerinin tarım amaçlı kullanım için tahrip edilmesi

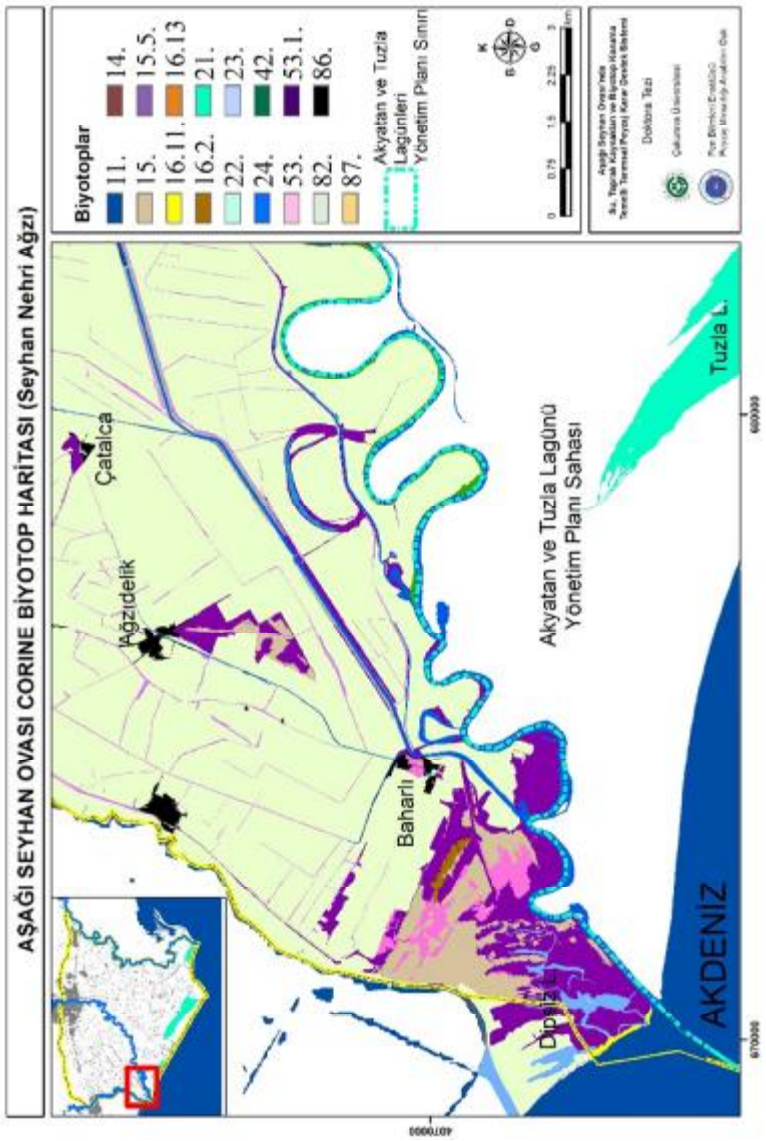


Şekil 4.38. Kıyı kenarında kum tepeleri arasındaki tarım alanları



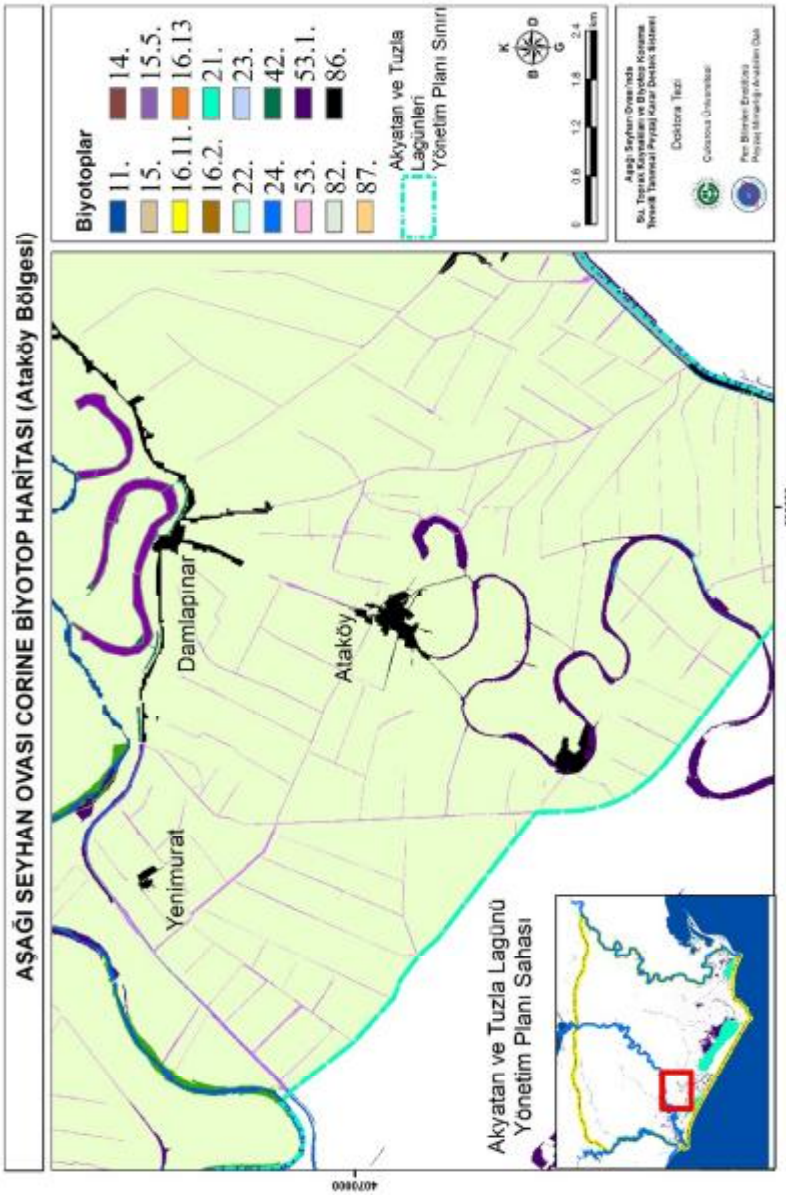
Şekil 4.39. Kumul alanlarda tarım uygulamaları

CORINE Biyotop Sınıflarına göre, Seyhan Nehri ağzında su kıyısı vejetasyonunun yoğun şekilde yer aldığı, Dipsiz Lagününün geçmişe göre küçüldüğü ve tarım alanlarının bu bölgelere kadar uzadığı görülmektedir. (Şekil 4.40).



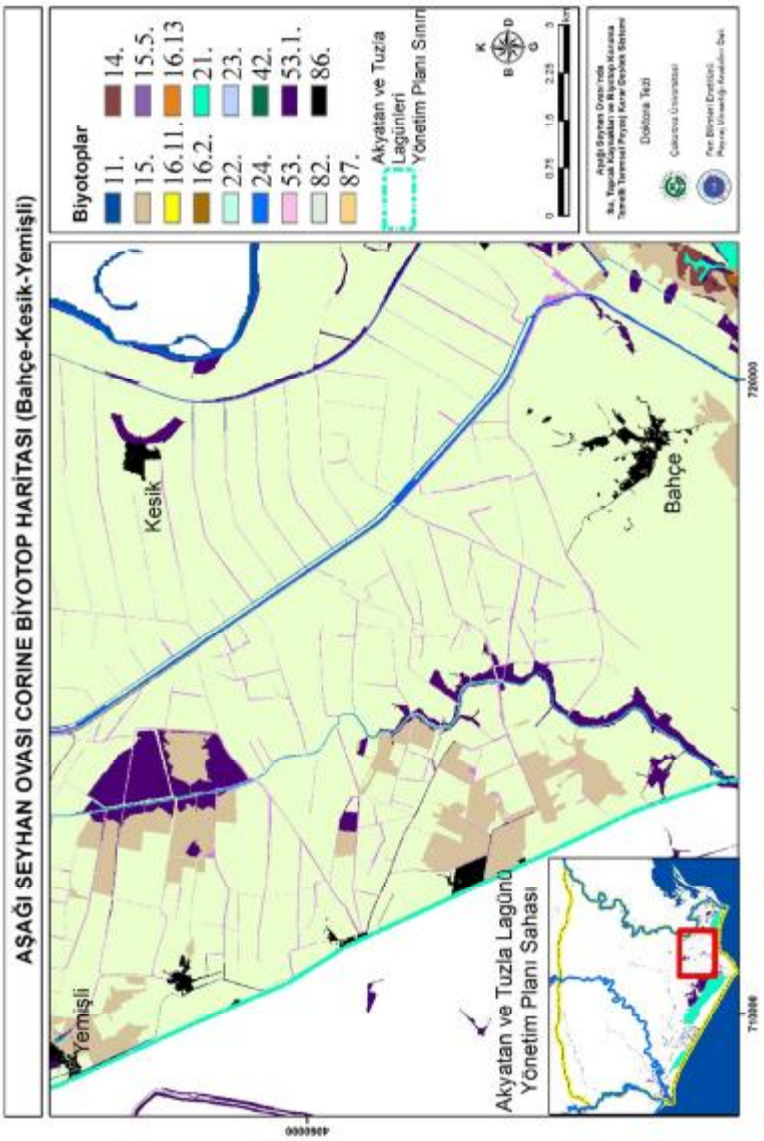

Şekil 4.40. ASO Seyhan Nehri ağzı biyotop haritası

Ataköy Bölgesi'nde eski nehir yatakları, sazlık ve su varlığı ile yaban hayatı için önem arz etmektedir (Şekil 4.41). Damlapınar yerleşimin kuzeyinde ise iki adet ekosistem bakımından önemli sulak alan biyotopları bulunmaktadır.



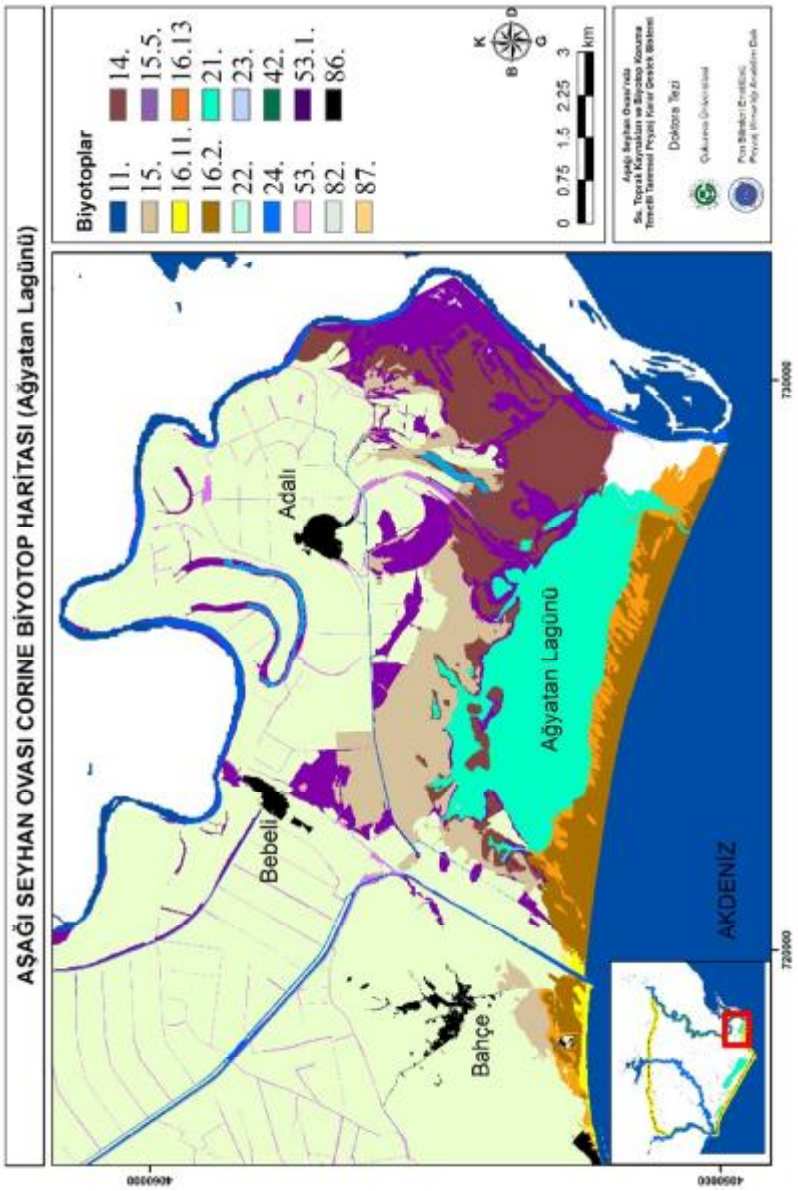

Şekil 4.41. ASO Ataköy Bölgesi biyotop haritası

Bahçe Bölgesi'nde bulunan sulak alanlar tarımsal drenajlardan beslenmektedir. Özellikle Yemişli ile Bahçe arasında kalan tarım alanlarının drenajları ile ekosistem açısından önemli sazlık alanları meydana gelmiştir (Şekil 4.42).



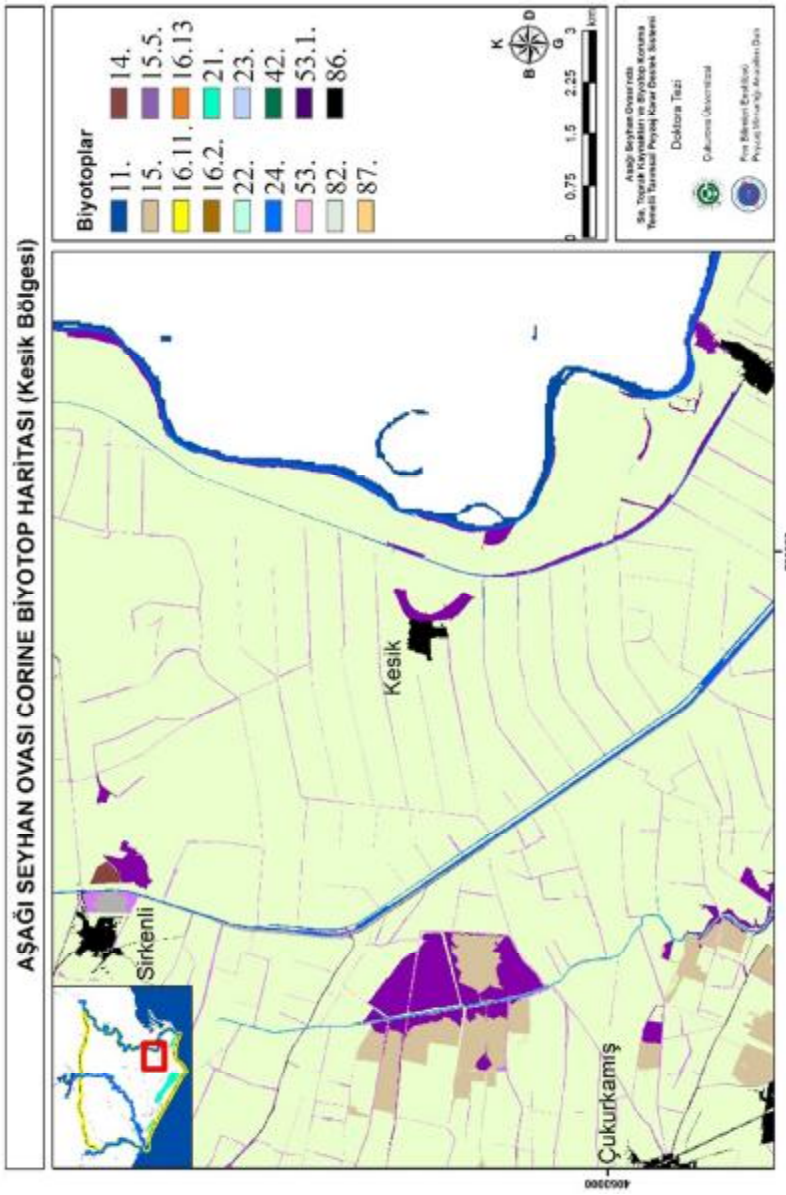

Şekil 4.42. ASO Bahçe Bölgesi biyotop haritası

Ağyatan Lagünü bölgesi, yoğun tarım faaliyeti etkilerinden Tuzla ve Akyatan lagünlerine göre daha az etkilenmekte ve güneyinde bulunan kumul alanlarının varlığını devam ettirdiği görülmektedir (Şekil 4.43).




Şekil 4.43. ASO Ağyatan Lagünü biyotop haritası

Kesik Bölgesi'nde tarım alanları arasında sıkışmış önemli biyotop alanları, drenaj kanalları kenarlarında ve drenajların eğim ile toplandığı bölgeler ile eski nehir yataklarında yer almaktadır (Şekil 4.44).




Şekil 4.44. Kesik Bölgesi Biyotop Haritası

### 4.4. CropSyst Modeli ile Ürün Gelişim Modellemesi

Aşağı Seyhan Ovası için 2010-2016 yılları arasında tarımsal ürünlerdeki bitki gelişimi, ürün rekolte tahmini ve tarımsal kirliliğin modellenmesi için CropSyst Ürün Gelişim Modeli uygulanmıştır. Model: i) veri tabanının oluşturulması; ii) model kalibrasyonu; iii) validasyonu ve iv) model sonuçları olmak üzere dört temel aşamadan oluşmaktadır.

#### 4.4.1. Model Veri Tabanının Oluşturulması

Model yönetim ve biyofiziksel olarak homojen bir arazi parçasını simüle etmektedir. Bu arazi parçaları için gerekli olan iklim, toprak, ürün ve yönetimi tanımlayan değişken dosyaları bulunmaktadır (Çizelge 4.3). Simülasyon dosyası ise, bu değişkenlerin birbiri ile ilişkilerini sağlamaktadır (Stöckle ve ark., 2003).

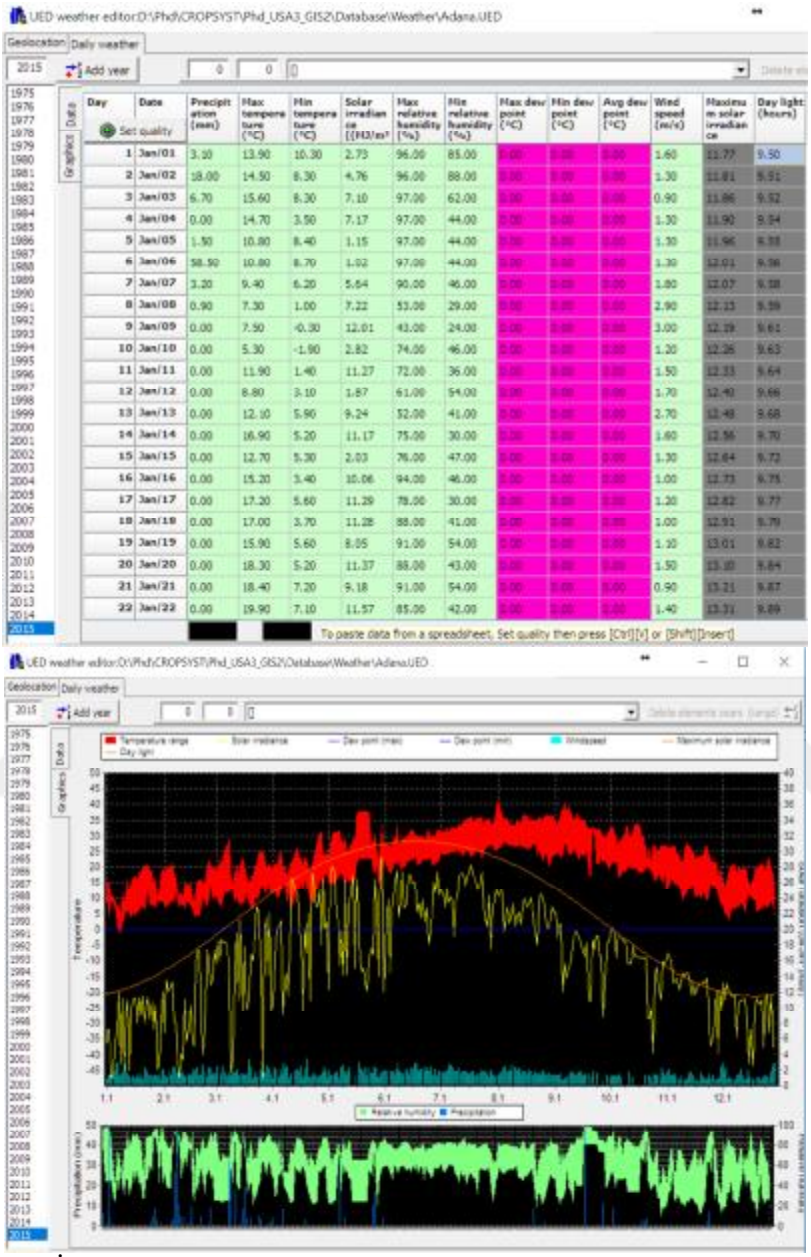
Çizelge 4.3. CropSyst modeli veri tabanı modülleri

| Modüller | Tanımlama | Ek fonksiyonlar |
|---|---|---|
| *İklim* | Evrensel Çevre Veri tabanı formatında günlük iklim verilerini içermektedir | UED yersel interpolasyonu ve ClimGen iklim verilerini girdi ve çıktı olarak yönetimi. |
| *Toprak* | Toprak değişkenlerini içermektedir | SOIL PAR 2 sisteminde dönüşüm sağlar. |
| *Ürün* | Tarımsal ürünlerin değişkenlerini içermektedir. | Genel, meyve ve baklagiller değişken dosyalarını üretir. |
| *Yönetim* | Ürün yönetimi ile ilgili olay ve zamanları içermektedir. | Farklı yönetim uygulamalarını üretir. |
| *Rotasyon* | Ürün rotasyonu ve yönetim takvimini içerir. | |
| *ArcCS-CBS Modülü* | CBS modülü ile toprak, ürün, iklim ve yönetim değişkenlerinin entegrasyonunu sağlamaktadır. | |

#### 4.4.1.1 İklim Veri tabanı

CropSyst modelinde iklim ile ilgili değişkenler istasyon ismi, enlem-boylamı ve günlük iklim verilerini içerir. Erozyon tahmini için yağış yoğunluğu parametresi, toprağın donabileceği yerler dondurucu iklim parametrelerini ve günlük solar radyasyon ile buhar basıncı açığı değerlerini içermektedir. MGM tarafından temin edilen 1975-2016 yılları arasında günlük bazlı maksimum-minimum sıcaklık, toplam yağış miktarı, solar radyasyon, rüzgâr hızı, maksimum-minimum nispi nem ölçümleri iklim veri tabanına girilmiştir.

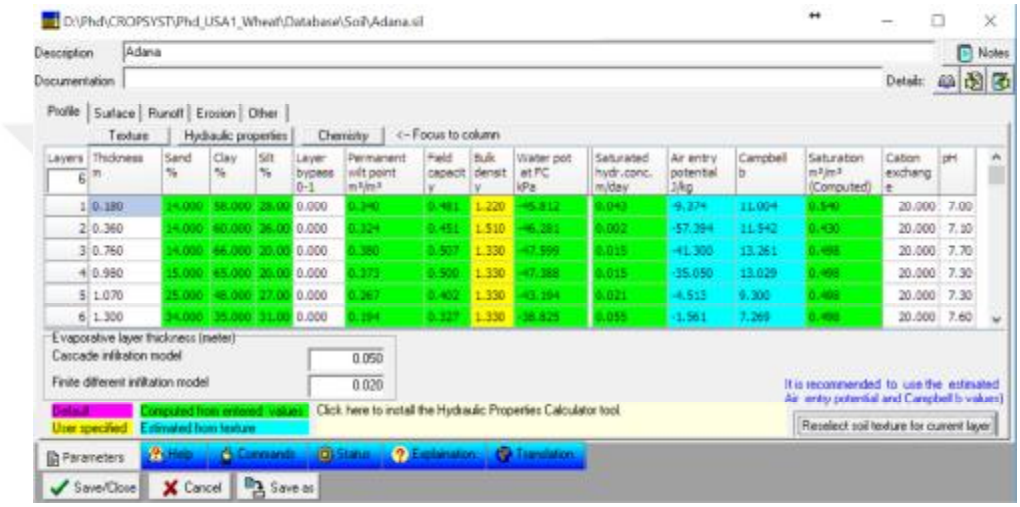
İklim modülü veri grafiğinde kırmızı renkli sıcaklık aralığını, turuncu renkli maksimum solar radyasyon eğrisini, sarı renkte ise solar radyasyon değerini göstermektedir. Açık mavi renk rüzgar hızını, yeşil renk nispi nemi ve koyu mavi renk yağış miktarını gösterir (Şekil 4.45).



Şekil 4.45. İklim modülü veri tabanı ve grafik olarak görünüşü (2015 yılı Adana Meteoroloji İstasyonu)

### 4.4.1.2 Toprak Veri Tabanı

Çalışma alanında bulunan 20 adet toprak serisine ait toprak profilleri, profil derinliği, pH değerleri, organik madde miktarı, değişebilir katyon değerleri, kireç miktarı, tekstürü, hacmi ve toplam porozite miktarları model veri tabanına girilmiştir (Şekil 4.46).




Şekil 4.46. Toprak veri tabanından örnek görünüm (Adana Serisi)

Örnek olarak verilen Adana toprak serisi için her bir toprak profilindeki yüzde olarak kil, silt ve kum değerleri, tarla kapasitesi, hacim ağırlığı (gr/cm$^3$) ve pH değerleri modele tanımlanmıştır. Girilen verilere göre model hesaplama aracı model solma noktası (m$^3$/m$^3$), doymuş hidrolojik yoğunluğu (m/gün) gibi toprağın hidrolojik özelliklerini hesaplamaktadır. Ayrıca kuru ve ıslak yansıtma değerleri, hidrolojik grubu, erozyon modeli için arazi eğim uzunluğu ve dikliği gibi değerler tanımlanmıştır.

### 4.4.1.3 Ürün ve Yönetim Veri Tabanı

ASO'da ekilen önemli tarımsal ürünler (buğday, mısır, pamuk) için ürün ile ilgili parametreler, literatür, model kullanıcı kılavuzu (Stöckle ve Nelson, 2000)

ve daha önce yapılmış çalışmalardan temin edilmiştir. Ürün dosyası kullanıcılar için ortak bir parametre seti oluşturarak, farklı ürünlerin depolanmasını sağlar. Bu dosyada bitkiler için fenoloji (spesifik büyüme aşamaları için termal zaman ve soğuğa maruz bırakılma gereksinimleri), morfoloji (maksimum yaprak alan indeksi, kök derinliği, spesifik yaprak alanı ve kanopi ile kök karakteristiklerini belirleyen diğer parametreler), büyüme (buhar basıncı açıklığındaki terleme-kullanım verimliliği, ışık kullanım etkinliği, stres tepki parametreleri gibi), kalıntı (ayrışma), azot parametreleri (N talebi ve kök alımı), hasat indeksi (stressiz hasat indeksi, stres duyarlılık parametreleri) ve tuzluluk toleransı değişkenleri tanımlanır.

CropSyst yönetim modülü sulama, gübreleme, toprak işleme, kalıntı, hasat ve toprak koruma uygulamalarını içermektedir. Yönetim tabanında, otomatik ve planlı yönetim uygulamaları depolanır. Otomatik uygulamalarda (gübreleme ve sulama) maksimum büyüme için optimum yönetim sağlanmaktadır. Planlı uygulamalarda ise gerçek zaman, ekime göre göreceli zaman veya bitki fenolojisine göre (ör. çiçeklenmeden 3 gün sonra) gibi planlanabilmektedir. Planlı yönetim uygulamalarında sulama verileri (zaman, miktar, kimyasal veya tuz içeriği), azot gübrelemesi (zaman, miktarı, organik veya inorganik durumu), uygulama modu (serpme, birleşik, püskürtme) toprak işleme (birincil ve ikincil toprak sürümü) ve kalıntı yönetimi (otlatma, yakma, parçalama) uygulanmaktadır (Singh ve ark., 2008).

Bitki fenolojik evreleri (çıkış, kardeşlenme, çiçeklenme ve olgunlaşma) Çukurova bölgesinde daha önce yapılmış bilimsel çalışma denemelerinden (Müjdeci 2004; Maya, 2007; Gençel, 2009; Baydar 2010; Tekin 2011) alınarak büyüme gün-derece termal zamanına dönüştürülmüştür. Ayrıca model kalibrasyonu ve validasyonu için yaprak alan indeksi, biyokütle, verim ve yönetim uygulamaları kullanılmıştır. Modellenen tarımsal ürünler için ürün ve yönetim uygulamaları aşağıda verilmiştir.

· **Buğday**

Buğday ekimi ASO'da genellikle 15 Kasım-15 Aralık tarihleri dönemlerinde yapılmaktadır. Dekara 22-30 kg arasında tohum olarak hesaplanmakta ve $1m^2$ için 550-600 tohum olması önerilmektedir. Modelde kullanılan gübreleme ve sulama verileri son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalardan temin edilmiştir (Çizelge 4.4) (Karnez, 2010; Çetin ve ark. 2012; Şatır, 2013; Akgül, 2015).

Çizelge 4.4. Buğday bitkisi için gübreleme verileri (Karnez, 2010; Çetin ve ark. 2012; Şatır, 2013)

| Bitki türü | Uygulama zamanı | Uygulama miktarı (N/ha) | Gübre Çeşidi |
|---|---|---|---|
| Buğday | Ekim | 65 kg | 20.20.0 |
| | Kardeşlenme | 65 kg | $NH_4NO_3$ |
| | Sapa kalkma | 65 kg | $NH_4NO_3$ |
| | Toplam | 195 kg | |

· **Mısır**

Ülkemizde tahıllar içerisinde buğday ve arpadan sonra en geniş ekim alanına sahip olan mısır, ana ürün ve ikinci ürün olarak üretilmektedir. Mısır, ılıman ve tropik bölgelerde tarımı yapılan bir bitkidir. En uygun büyüme sıcaklığı 25–30 °C arasında olup, çimlenme için minimum 10°C sıcaklığa ihtiyaç duymaktadır. 90–120 gün arasında değişen vejetasyon sürecinde birinci ürün mısır için en uygun ekim zamanı Nisan-Mayıs dönemi, ikinci ürün için Haziran–Temmuz ortasına kadar olan dönemdir (Geçit ve ark., 2009). Mısırın fide dönemi, tepe püskülü öncesi, koçan püskülü çıkarma ve tane dolum (koçan dolum) dönemi olmak üzere 4 önemli sulama dönemi bulunmaktadır. Tane verimi açısından en kritik dönem, tepe püskülü çıkarma döneminden 2 hafta öncesi ile koçan püskülü çıkarma döneminden 2 hafta sonrasına denk gelen süredir (Çizelge 4.5). Mısır ekiminde dekara 7000-9000 adet tohum gelecek şekilde, sıra arası 65-70 cm, sıra üzeri 16-22 cm arasında olacak şekilde 5-9 cm derinliğe ekim yapılır.

Çizelge 4.5. Mısır bitkisi için gübreleme ve sulama verileri (Karnez, 2010; Çetin ve ark. 2012; Şatır, 2013)

| **Gübreleme Verileri** | | | |
|---|---|---|---|
| **Bitki türü** | **Uygulama zamanı** | **Uygulama miktarı (N/ha)** | **Gübre Çeşidi** |
| Mısır (1.ürün) | Ekim | 170 kg | 20.20.0 |
| | 7-8 yaprak | 170 kg | $NH_4NO_3$ |
| | Toplam | 340 kg | |
| Mısır (2.ürün) | Ekim | 162,5 kg | 20.20.0 |
| | 7-8 yaprak | 162,5 kg | $NH_4NO_3$ |
| | Toplam | 325 kg | |
| **Sulama Verileri** | | | |
| **Bitki türü** | **Uygulama zamanı** | **Uygulama miktarı (mm)** | |
| Mısır (1.ve 2. ürün) | Üst gübre sonrasında | 212.5 mm | |
| | Çiçeklenme döneminden bir hafta önce | 212.5 mm | |
| | Çiçeklenme döneminde | 212.5 mm | |
| | Çiçeklenmeden bir hafta sonra | 212.5 mm | |
| | Toplam | 850 mm | |

- **Pamuk**

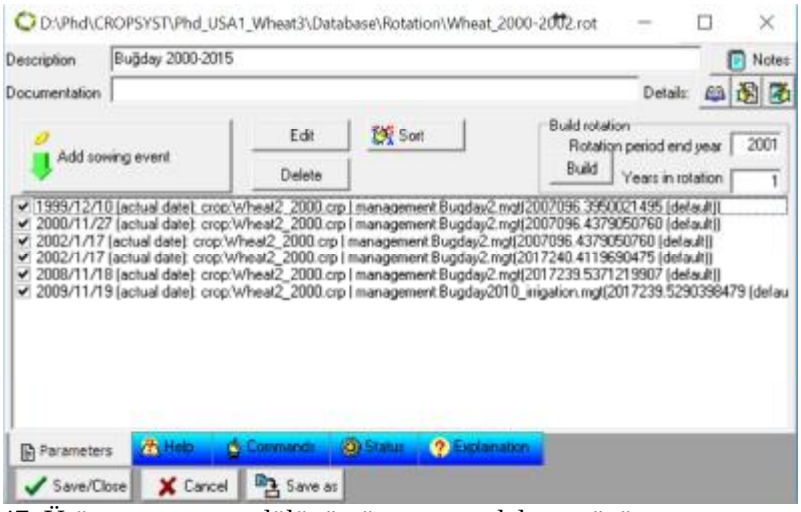
Her türlü toprakta yetişebilme yeteneğine sahip olan pamuk, derin profilli su tutma yeteneği ve geçirgenliğe sahip alüviyal topraklarda yüksek verim ve kaliteye ulaşmaktadır. Yıllık ortalama sıcaklığın 19ºC, yaz ayları sıcaklığı ise 25ºC olması gerekmektedir. Sıcaklık tarak oluşmasından önce 20ºC, çiçeklenme döneminde 25ºC, kozaların gelişme döneminde ise 30-32ºC olmalıdır. Ekim için sıcaklığın 15ºC'nin üzerinde olması gerekmektedir ve genellikle bölgemiz için 25 Mart-30 Nisan arasında ekim yapılmaktadır. Hasat döneminde kozaların iyi açılabilmesi için sıcaklığın azalması istenir ve Eylül ayının ortasında Çukurova Bölgesi için hasat yapılır. Ekim 3-4 cm derinliğe mibzerle sıra arası 70 cm, sıra üzeri 35-40 cm olacak şekilde, dekara 5-6 kg ve $1m^2$'ye 9 tohum olacak şekilde yapılmaktadır (Gürgen, 2004). Model için gübreleme ve sulama verileri Çizelge 4.7'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Pamuk bitkisi için gübreleme ve sulama verileri

| **Gübreleme Verileri** | | | |
|---|---|---|---|
| **Bitki türü** | **Uygulama zamanı** | **Uygulama miktarı (N/ha)** | **Gübre Çeşidi** |
| Pamuk | Ekimle | 116 kg | $NH_4SO_4$ |
| | Çiçeklenme | 116 kg | $NH_4NO_3$ |
| | Toplam | 232 kg | |
| **Sulama Verileri** | | | |
| **Bitki türü** | **Uygulama zamanı** | | **Uygulama miktarı (mm)** |
| Pamuk | 5-15 Haziran | | Tarla kapasitesi kadar |
| | Birinci sulamadan 20-25 gün sonra | | Tarla kapasitesi kadar |
| | İkinci sulamadan 17-20 gün sonra | | Tarla kapasitesi kadar |
| | Üçüncü sulamadan 14-18 gün sonra | | Tarla kapasitesi kadar |
| | Dördüncü sulamadan 13-15 gün sonra | | Tarla kapasitesi kadar |
| | Toplam | | 695 mm |

#### 4.4.1.4 Ürün Rotasyonu

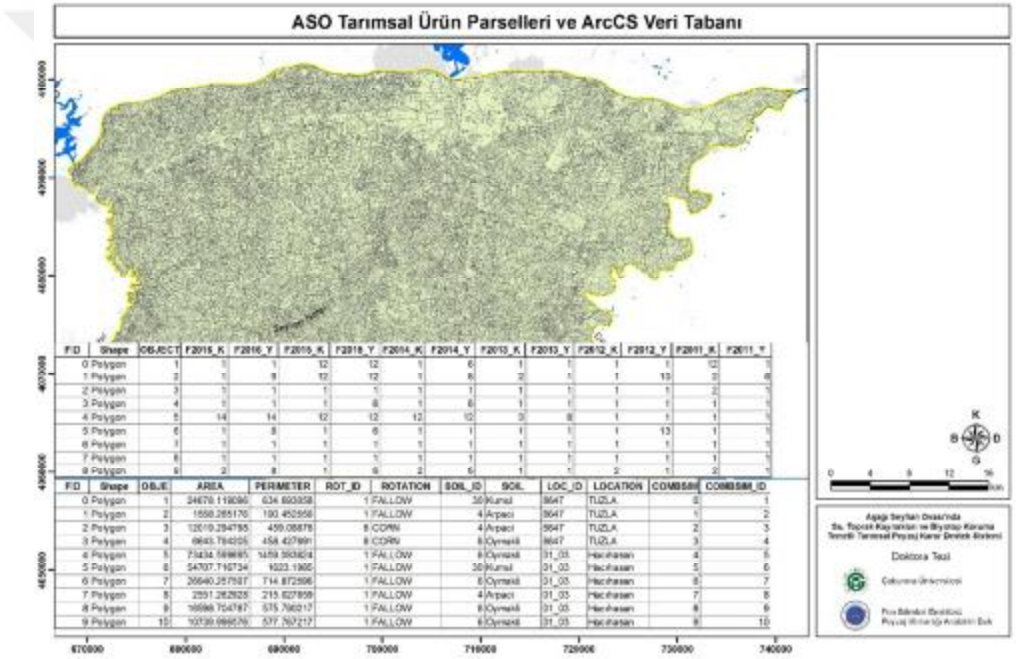
Rotasyon parametre dosyası parsel bazında ürün ve yönetim verilerini içermektedir. 2010-2016 yılları arasındaki sınıflama verileri kullanılarak sayısallaştırılan tarım parsellerine kışlık ve yazlık ürün deseni dikkate alınarak bütün farklı ürün rotasyonları veri tabanına aktarılmıştır. Rotasyon verilerinde yıl bazında bir veya birden fazla ürün ve yönetim uygulamaları tanımlanmaktadır (Şekil 4.47).




Şekil 4.47. Ürün rotasyon modülünü gösteren model ara yüzü

### 4.4.2. ArcCS (CBS Entegrasyon) Modülü

CropSyst modülünün CBS ortamında çalışması için gerekli olan modülde kullanılmak üzere, çalışma alanının sayısallaştırılan tarım parsellerine 2010-2016 yılları arasında sınıflanmış tarımsal arazi örtüsü (yazlık ve kışlık) verileri eklenmiştir. Bu parseller ile toprak ve en yakın iklim istasyon dağılımı haritaları çakıştırılarak, homojen tarım birimleri elde edilmiştir. Oluşan her bir homojen poligonlar, toprak, iklim ve rotasyon modülleri ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 4.48).




Şekil 4.48. Sayısallaştırılan tarım parselleri ve bu parseller için ArcCS veri tabanının oluşturulması

### 4.4.3. Model Simülasyonu ve Kalibrasyonu

CropSyst Modeli için tarımsal ürünlerin çalışma alanına uygun bitki fenolojisi ve yönetim uygulamalarının kalibrasyonunda bölgemizde daha önceden yapılmış arazi deneme verileri toplanmıştır (Müjdeci, 2004; Maya, 2007; Gençel, 2009; Baydar, 2010; Tekin 2011). Kalibrasyonda buğday, pamuk ve mısır için bitki

fenolojik evreleri, Yaprak Alan İndeksi (YAİ), biyokütle, verim verileri, sulama ve gübreleme uygulamaları kullanılmıştır. Modelde kullanılan parametreler, parsel deneme verileri ve model sonuçları her ürün için değerlendirilmiştir.

· **Buğday**

Buğday ürünü için kullanılan veriler Müjdeci (2004) tarafından yapılan "Toprak-Bitki-Atmosfer sisteminde Buğdayın (*Triticum aestivum L.)* Büyüme, Gelişme ve Veriminin Matematiksel Modellemesi" adlı doktora çalışması verileri kullanılmıştır. Ç.Ü. Z.F. Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında yapılan bu uygulama 2000, 2001 ve 2002 yılları buğday verilerini içermektedir. Müjdeci (2004), metrekareye 450 tohum gelecek şekilde ayak arası 15 cm olacak şekilde 8 m uzunluğunda parseller kullanmıştır. Ekimden önce toprağa 80 kg/ha $P_2O_5$ triple süper fosfat (42-44), ekim ile birlikte, kardeşlenme döneminde, sapa kalkma ve karınlama döneminde ise her seferinde 50 kg/ha olacak şekilde $NH_4NO_3$ (%33) azotlu gübre uygulamıştır. Uyguladığı üç yıl için kayıt edilen gelişme dönemleri tarihi ve gün-derece cinsinden sıcaklık toplamı değerleri kullanılarak buğday ürününün fenolojik özellikleri kalibre edilmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Buğday için yapılan deneme gözlem sonuçları (2000-2002)

| **Müjdeci (2004) Deneme Gözlemleri** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gelişme Dönemi | 1999-2000 | | 2000-2001 | | 2001-2002 | |
| | Tarih | Sıcaklık toplamı (°C) | Tarih | Sıcaklık toplamı (°C) | Tarih | Sıcaklık toplamı (°C) |
| Ekim | 10.12.1999 | 0 | 27.11.2000 | 0 | 17.01.2002 | 0 |
| Çıkış | 29.12.1999 | 248 | 15.12.2000 | 273 | 8.02.2002 | 239 |
| Kardeşlenme | 9.02.2000 | 580 | 2.01.2001 | 427 | 19.02.2002 | 375 |
| Sapa kalkma | 21.03.2000 | 994 | 30.01.2001 | 733 | 18.03.2002 | 773 |
| Bayrak yaprak | 9.04.2000 | 1290 | 10.03.2001 | 1215 | 5.04.2002 | 1007 |
| Başaklanma | 17.04.2000 | 1436 | 22.03.2001 | 1421 | 12.04.2002 | 1123 |
| Çiçeklenme | 18.04.2000 | 1462 | 4.04.2001 | 1656 | 27.04.2002 | 1374 |
| Fizyolojik olum | 17.05.2000 | 2009 | 25.04.2001 | 2025 | 18.05.2002 | 1795 |

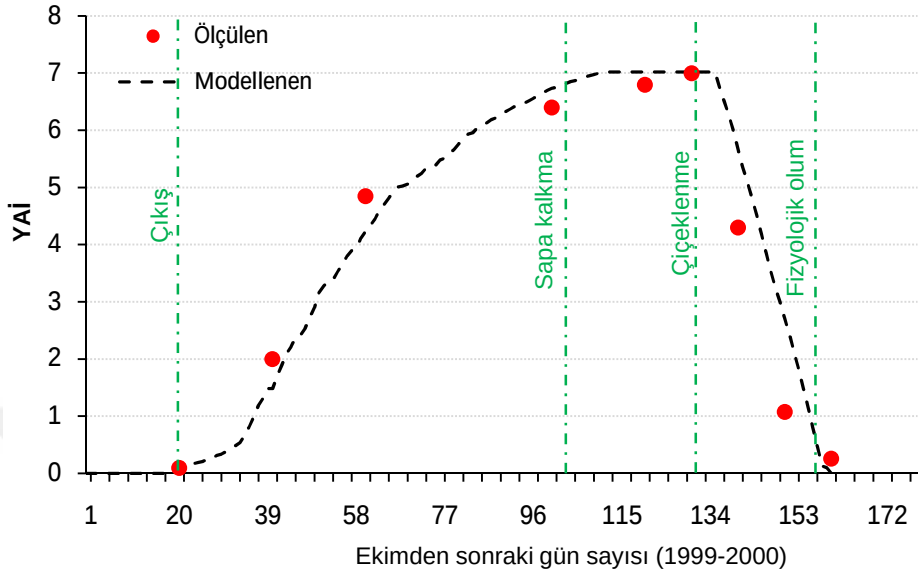
Buğday bitkisi için fenolojik gözlemlerin kalibrasyonundan sonra bitki büyümesi ve terleme parametreleri, YAİ ölçümleri kullanılarak kalibre edilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Müjdeci (2004) tarafından uygulanan buğday denemesinde YAİ gözlem sonuçları (2000, 2001 ve 2002 yılları)

| | | 1999-2000 | 2000-2001 | 2001-2002 |
|---|---|---|---|---|
| Ekimden sonraki gün sayısı ve YAİ | 20 | 0.1 | 0.15 | 0.2 |
| | 40 | 2 | 2 | 2 |
| | 60 | 4.85 | 3.3 | 6.39 |
| | 100 | 6.4 | 6.4 | 8 |
| | 110 | - | - | 5 |
| | 115 | - | - | 0.8 |
| | 120 | 6.8 | 6.9 | 0.1 |
| | 130 | 7 | 7.5 | - |
| | 140 | 4.3 | 3.5 | - |
| | 150 | 1.08 | 2.5 | - |
| | 160 | 0.26 | - | - |
| Biyokütle | kg/ha | 16630 | 11520 | 14160 |
| Hasat indeksi | % | 39 | 32 | 45 |
| Verim | kg/ha | 6490 | 3690 | 6370 |
| Mak. YAİ | - | 7 | 7.5 | 8 |

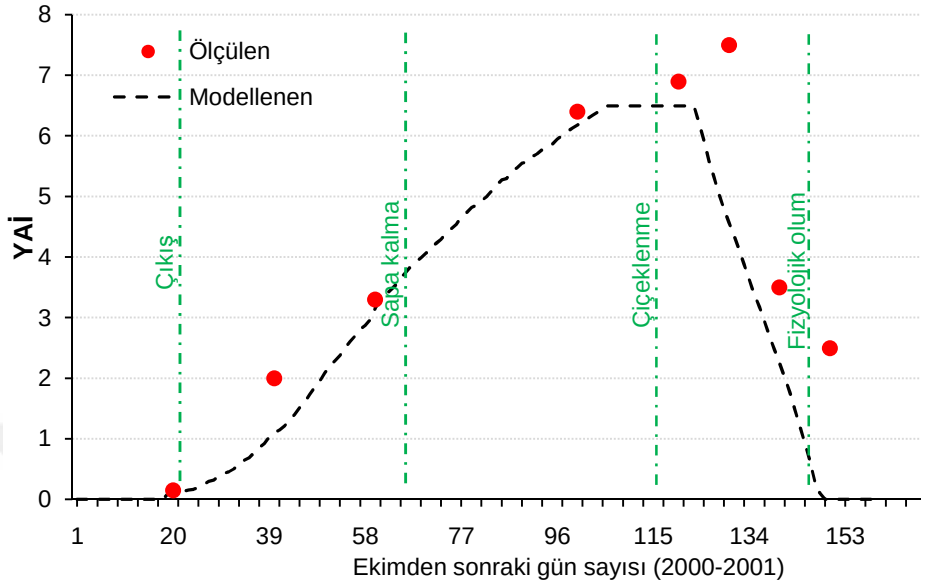
Ekimden itibaren dokuz farklı günde alınan YAİ ölçümleri, hasat indeksi değerleri ile model tarafından biyokütle ve verim değerleri tahmin edilmiştir. 1999-2000 yılı için kalibre edilen buğday ürünü sonrasında 2000-2001 ve 2001-2002 kış dönemi kışlık buğday verileri ile validasyon yapılmıştır.

1999-2000 kış döneminde buğday bitkisinde model ile simülasyon YAİ değerleri kalibrasyon edilerek benzer dağılım modellenmiştir. Bitki gelişim evrelerindeki çıkış, sapa kalkma, çiçeklenme ve fizyolojik olum gibi zamanların ölçüm verileri ile benzer olduğu görülmüştür. Ekimden sonra 20. günde kardeşlenme, 103. günde sapa kalkma, 129. günde çiçeklenme ve 158. günde fizyolojik olum dönemine ulaşılmıştır (Şekil 4.49).



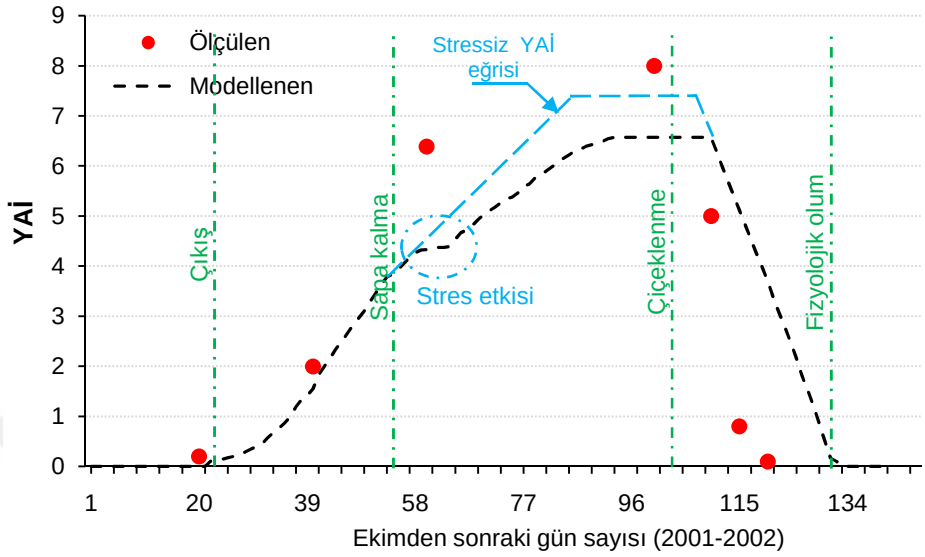

Şekil 4.49. Buğday bitkisinin 1999-2000 kış dönemindeki ölçüm ve modelleme sonuçları

Kalibre edilen değerler buğday bitkisi için 2000-2001 yılı için denemede belirtilen ekim zamanında modellenerek YAİ dağılımı test edilmiştir. Model sonucuna göre ekimden sonra 19. günde çıkış, 116. günde çiçeklenme ve 147. günde fizyolojik olgunluğa ulaşmıştır. 120. ve 130. günlerde ölçüm yapılan YAİ çıkmıştır bunun nedeni model tarafından çiçeklenme olayının erken gerçekleşmesidir. Çiçeklenme olayı buğday bitkisi için 1500 gün-derece sıcaklıkta oluşması gerekirken 2000-2001 yılında ekilen buğday denemesinde 1735 gün-derece sıcaklıkta gözlemlenmiştir. Bundan dolayı gerçek çiçeklenme ölçüm değerleri ile modelleme arasında 12 günlük fark ortaya çıkmaktadır. Ancak fizyolojik olum zamanlarında 2 günlük fark çıkmıştır (Şekil 4.50).




Şekil 4.50. Buğday bitkisinin 2000-2001 kış dönemindeki ölçüm ve modelleme

2001-2002 yılı kış döneminde 17.01.2002 tarihinde geç ekim yapılan buğday bitkisi modelle ve ölçüm verileri değerlendirilmiştir. İlk çıkış tarihleri ölçüm verileri ile aynı çıkarken, sapa kalma dönemi 18.03.2002 (773 gün-derece sıcaklık) de ölçülürken modelde 11.03.2002 (713 gün-derece sıcaklık) tarihindedir. Geç ekimden dolayı erken çimlenen buğday bitkisi model ve ölçümde de 27.04.2002 de çiçeklenme olayı meydana gelmiştir. Ayrıca fizyolojik olum sıcaklığı 1795 gün-derece sıcaklıkta (17.05.2002) ölçülürken, modelde 2068 gün derece-sıcaklıkta (27.05.2002) gözlemlenmiştir. Geç ekimden dolayı sapa kalma döneminde su ve sıcaklık stresinin etkisi ile YAİ belli bir süre duraklamamış ve tekrar artışa devam etmiştir.




Şekil 4.51. Buğday bitkisinin 1999-2000 kış dönemindeki ölçüm ve modelleme

2000-2002 yılları arasında ölçülen ve model sonuçlarına göre 2000-2001 kış döneminde ölçüm ile arasında 100 kg/ha farklılık olurken diğer yıllarda sonuçlar yakın olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Ölçülen ve modellenen verim sonuçları

| | Ölçülen verim (kg/ha) | Modellenen verim (kg/ha) |
|---|---|---|
| 1999-2000 | 6490 | 6479.51 |
| 2000-2001 | 3690 | 4644.733 |
| 2001-2002 | 6370 | 6348.838 |

Müjdeci (2004) tarafından uygulanan buğday denemeleri sonuçları kullanılarak kalibre edilen buğday ürünü Tekin (2011) tarafından "Tuzlu sulama sularının buğdayda verim ve kaliteye etkisi" adlı doktora çalışmasındaki buğday için YAİ, verim ve biyokütle model sonuçları değerlendirilmiştir. Ç.Ü. Z.F. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü araştırma alanında 2011 ve 2012 yıllarında yapmış olduğu denemede *Vorona-CN079/Kauz* buğday çeşidini kullanmıştır. İlk yıl ekiminde 13 cm sıra arası ile 5 cm derinlikte dekara 18 kg tohum düşecek

şekilde, ikinci yıl ise dekara 30 kg düşecek şekilde ekim yapmıştır. Gübre olarak her iki yıl için ekim ile birlikte 8.2 kg/da $P_2O_5$ ve 3.2 kg/da N (DAP, 18-46-0) gübresi, kardeşlenmeden önce ise 17 kg/da N (%33 $NH_4NO_3$) gübresi uygulamıştır. Araştırma denemesinde ölçülen YAİ ve kurutulmuş biyokütle değerleri Çizelge 4.10'te verilmiştir.

Çizelge 4.10. Tekin (2011)'in buğday bitkisi uygulama ölçüm sonuçları

| | YAİ ($m^2 m^{-2}$) | | | Biyokütle (kg/ha) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ekimden sonraki gün sayısı | 2008-2009 | 2009-2010 | Ekimden sonraki gün sayısı | 2008-2009 | 2009-2010 |
| Ekimden sonraki gün sayısı | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 20 | 0.7 | 0.8 | 15 | 300 | 100 |
| | 25 | 1.4 | 1.5 | 27 | 600 | 500 |
| | 40 | 3.1 | 3.5 | 37 | 650 | 680 |
| | 50 | 5 | 5.1 | 47 | 900 | 750 |
| | 60 | 5.5 | 6 | 57 | 1250 | 1000 |
| | 70 | 6 | - | 67 | 1350 | 1150 |
| | 75 | 6.5 | - | 74 | 1450 | 1200 |
| | 80 | 7 | 6.5 | 81 | 2000 | 1250 |
| | 90 | - | 7.3 | 94 | 2500 | 2250 |
| | 95 | 7.5 | - | 107 | 3250 | 3150 |
| | 100 | - | 8 | 117 | 4000 | 4000 |
| | 105 | 7.6 | - | 126 | 8000 | 8000 |
| | 110 | - | 8.1 | 134 | 11000 | 11000 |
| | 115 | 8.1 | - | 142 | 12500 | 12750 |
| | 120 | 7.1 | 8.2 | 154 | 17000 | 17500 |
| | 125 | 6.5 | 6.7 | 166 | 20000 | 20500 |
| | 130 | - | - | 177 | 22500 | 23250 |
| | 140 | 5.5 | 5 | 188 | 22000 | 23000 |
| | 150 | 4.2 | - | | | |
| | 165 | 1.2 | 1.3 | | | |
| | 180 | 0.4 | - | | | |

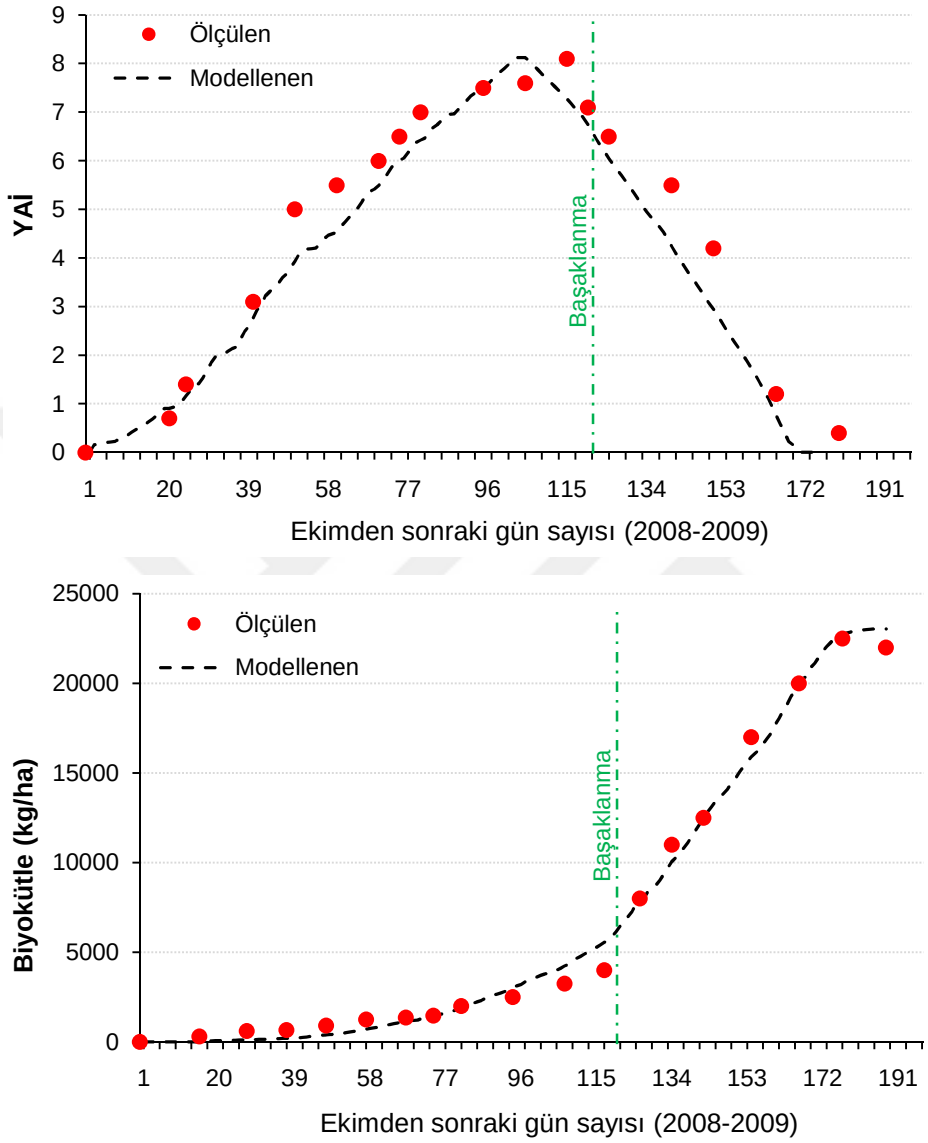
| | | | | Uygulama zamanı | Miktar (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| Ekim | 18.11.2008 | 19.11.2009 | Sulama* | | |
| Kardeşlenme | 8.03.2009 | 12.01.2010 | | 5.03.2010 | 28 |
| Başaklanma | | 18.03.2010 | | 4.04.2010 | 22.5 |
| Fizyolojik olgunluk | | 13.05.2010 | | 20.04.2010 | 10 |
| Hasat | 25.05.2009 | 25.05.2010 | | | |

* 2009 yılında aşırı yağıştan dolayı sulama yapılmamıştır.

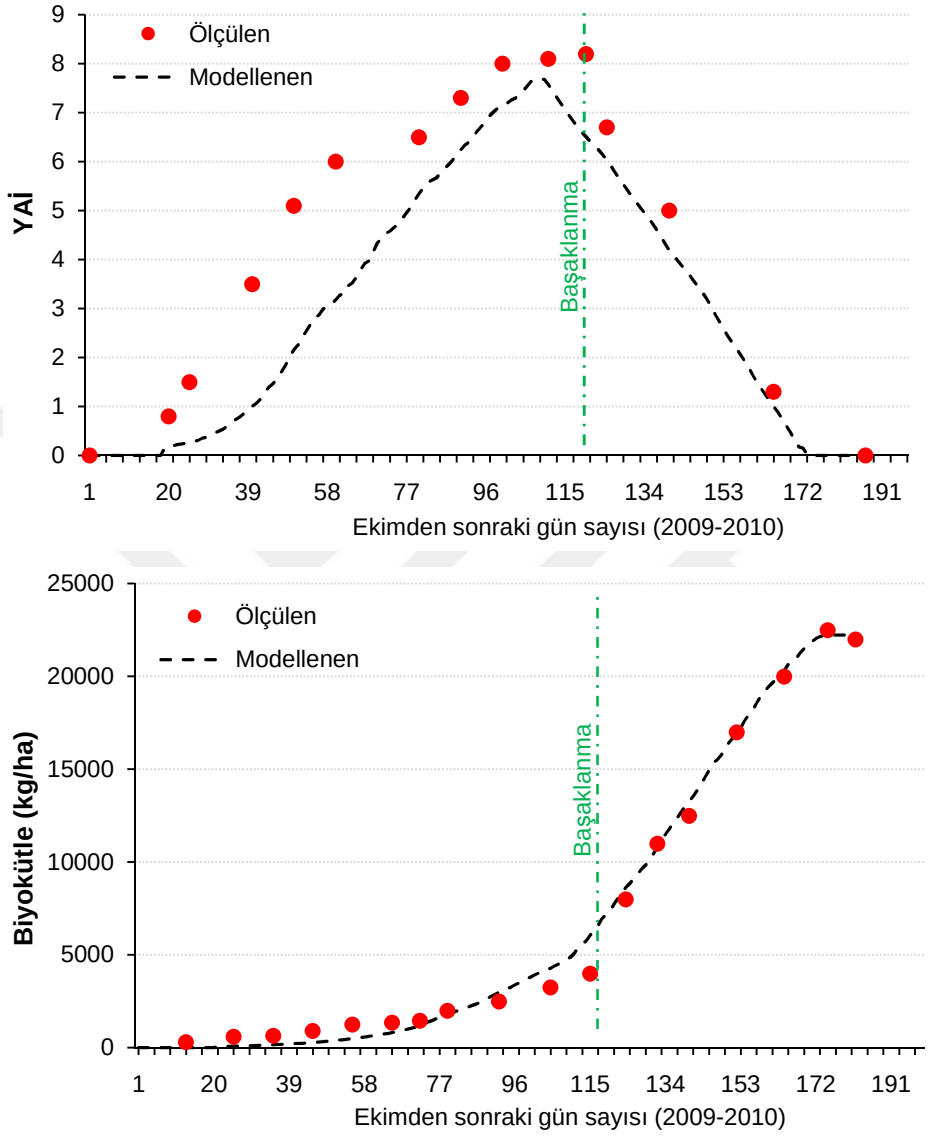
2008-2009 ve 2009-2010 yılları için buğday ürünü için modellenen YAİ ve biyokütle sonuçlarının ölçüm değerlerinin zamana bağlı değişimleri incelenmiştir. Başak gelişimi evresinde kuru madde birikimi başaktaki dane sayısını belirler ve çiçeklenme öncesi üretilen kuru madde miktarı dane dolumu açısından önemlidir. Biyokütle miktarı özellikle başaklanma sonrası hızlı artış şekillerde açıkca görülmektedir (Şekil 4.52, Şekil 4.53). 2009 ve 2010 yılları için kalibre edilmiş parametrelerin Tekin (2011) tarafından yapılan arazi denemeleri sonuçları ile yakın sonuçlar verdiği görülmüştür (Çizelge 4.11). 2009-2010 kış döneminde YAİ dağılımı ölçüm değerlerine göre düşük çıkmasına rağmen biyokütle miktarında benzer dağılım göstermektedir.

Çizelge 4.11. Ölçülen ve modellenen verim ve biyokütle miktarları sonuçları

| | **Ölçüm** | | **Modelleme** | |
|---|---|---|---|---|
| | **Verim (kg/ha)** | **Biyokütle (kg/ha)** | **Verim (kg/ha)** | **Biyokütle (kg/ha)** |
| 2008-2009 | 5590 | 21500 | 5761.7 | 23047 |
| 2009-2010 | 5830 | 23250 | 5558.7 | 22235 |




Şekil 4.52. Buğday bitkisinin 2008-2009 kış dönemi ölçüm ve modelleme sonuçları




Şekil 4.53. Buğday bitkisinin 2009-2010 kış dönemindeki ölçüm ve model sonuçları

· **Pamuk**

Pamuk bitkisi için Maya (2007) tarafından yapılan "Farklı su ve gübre sistemlerinde pamuk bitkisinde yaprak su potansiyelinin değişimi" adlı yüksek lisans tezi çalışmasında Ç.Ü. Z.F. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında 2005 yılı için yaptığı çalışma verileri kullanılmıştır. SG-125 pamuk çeşidini (erkenci ve sulamaya karşı duyarlı) kullanarak 70 cm sıra arası 20 cm sıra üzeri olacak şekilde dekara 6-7 kg tohum düşecek şekilde 5 cm derinlikte 9 m-50 m'lik 9 farklı deneme parselleri oluşturmuştur. Tam sulama (%100), hafif su stresi (%70) ve orta düzeyde su stresi (%50) konularını işlenen çalışmada bitki yüksekliği, biyokütle, YAİ ve kapalılık verileri model kalibrasyonunda kullanılmıştır.

Baydar (2010) tarafından yapılan "Seyhan Ovası koşullarında iklim değişiklerinin pamuk bitkisi üzerindeki olası etkilerinin incelenmesi" adlı yüksek lisans tezinde ise 2006 yılı için pamuk bitkisi verileri kullanılmıştır. Ç.Ü. Z.F. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında yürütülen DIMAS projesi kapsamındaki verileri kullanılan verilerden 2006 yılı pamuk bitkisinin gelişme dönemleri, bitki yüksekliği, biyokütle ve YAİ değerleri model kalibrasyonunda kullanılmıştır (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Pamuk denemelerinde gözlenen ekim, gelişme ve hasat zamanları

| Maya (2007), Baydar (2010) Deneme Gözlemleri | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2005 | | 2006 | |
| Gelişme Dönemi | Tarih | Sıcaklık toplamı (gün-derece) | Ekimden Sonraki gün sayısı | Sıcaklık toplamı (gün-derece) |
| Ekim tarihi | 13.05.2005 | 0 | 1.05.2006 | 0 |
| Çıkış | 21.05.2005 | 124 | 13.05.2006 | 150 |
| İlk tarak | 2.07.2005 | 786 | | |
| İlk çiçek | 18.07.2005 | 1080 | 6.07.2006 | 1011 |
| İlk elma | 20.07.2005 | 1114 | 17.07.2006 | 1211 |
| İlk açma | 24.08.2005 | 1741 | | |
| Hasat-1 | 22.09.2005 | 2224 | 5.09.2006 | 2095 |
| Hasat-2 | 13.10.2005 | 2534 | | |

Maya (2007) tarafından pamuk bitkisinde uygulanan 3 farklı sulama konusunu (tam sulama, %70 sulama, %50 sulama) içeren denemeler sonucunda pamuk ürün kalibrasyonu yapılmıştır. Her üç denemede de ilk üç sulama zamanında aynı çimlenme sağlanması için eşit miktarda su verilmiştir. Üç farklı sulama konularında da bu bölgeye kadar aynı sonuçlar verirken, sulamanın YAİ ve biyokütle miktarına üzerine etkileri ilk tarak oluşumundan sonra görülmüştür.

Çizelge 4.13. Maya (2007) tarafından uygulanan tam sulama deneme gözlem sonuçları

| | Bitki yük. | Biyokütle | YAİ | Kapalılık | Sulama | Gübreleme kg/da | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tarih | cm | kg/ha | $m^2 m^{-2}$ | % | mm | N | P | K |
| **Tam sulama** | | | | | | | | |
| 14.05.2005 | | | | | 18 | | | |
| 17.05.2005 | | | | | 18.2 | | | |
| 21.05.2005 | | | | | 8.7 | | | |
| 16.06.2005 | 24.4 | 178 | 0.13 | 29.3 | | | | |
| 28.06.2005 | 36.4 | 644 | 0.44 | 48.1 | | | | |
| 4.07.2005 | 46.8 | 828 | 0.71 | 51.1 | | | | |
| 6.07.2005 | | | | | 62.5 | 2.5 | 0.6 | 0.94 |
| 12.07.2005 | 58.8 | - | 1.06 | 65.2 | | | | |
| 18.07.2005 | 69.7 | 1931 | 1.33 | 78 | 98.8 | 3.95 | 1 | 1.48 |
| 21.07.2005 | | | | | | | | |
| 28.07.2005 | 88.1 | 3716 | 2.46 | 100 | 100 | 4 | 1 | 1.5 |
| 5.08.2005 | | | | | 47 | 1.88 | 0.5 | 0.71 |
| 11.08.2005 | | | | | 30 | 1.2 | 0.3 | 0.45 |
| 15.08.2005 | 127.8 | 7894 | 4.55 | 100 | | | | |
| 18.08.2005 | | | | | 35.7 | 1.43 | 0.4 | 0.54 |
| 25.08.2005 | | | | | 33.5 | 1.34 | 0.3 | 0.5 |
| 1.09.2005 | 136.1 | 11931 | 5.33 | 100 | 40.5 | 1.62 | 0.4 | 0.61 |
| 16.09.2005 | 144.2 | 18249 | 6.47 | 100 | | | | |
| 13.10.2005 | 144.2 | - | 4.43 | 100 | | | | |

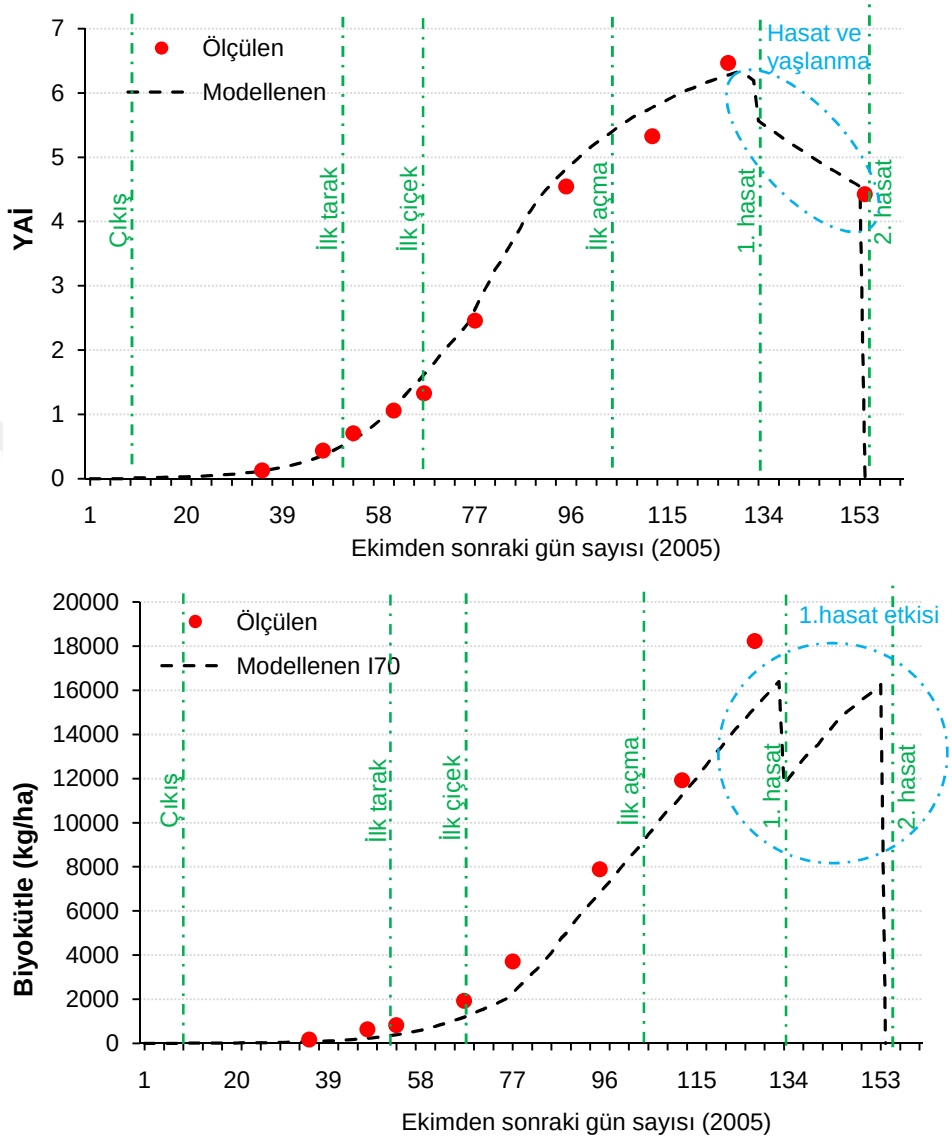
Tam sulama uygulamasında modellenen YAİ ve biyokütle miktarı pamuk bitkisi için kalibre edilmiştir ve bu değerler diğer farklı sulama senaryoları ve denemelerde aynı parametreler kullanılmıştır. Ürün çıkışından sonra artış gösteren YAİ ilk tarak ve ilk çiçek oluşumundan hızlı artış gösterirken, kozaların açımından

sonra yavaşlayarak artmıştır. Birinci hasat zamanına kadar artan YAİ ve biyokütle miktarları bir miktar düştükten sonra ikinci hasada kadar devam etmiştir. Modelde pamuk için el ile yapılan birinci hasat olayı tanımlanmadığı için modelde birinci hasat için biyokütlenin %30'u hasat edilecek şekilde tanımlanmıştır. Birinci hasat sonrası biyokütledeki azalış bundan kaynaklanmaktadır (Şekil 4.54).

Hafif su stresi yaratılarak uygulanan pamuk denemesindeki ölçümler Çizelge 4.14'de verilmiştir ve kalibre edilen değerler ile modele su stresinin tepkisi incelenmiştir.

Çizelge 4.14. Maya (2007) tarafından uygulanan hafif su stresi (%70) deneme gözlem sonuçları

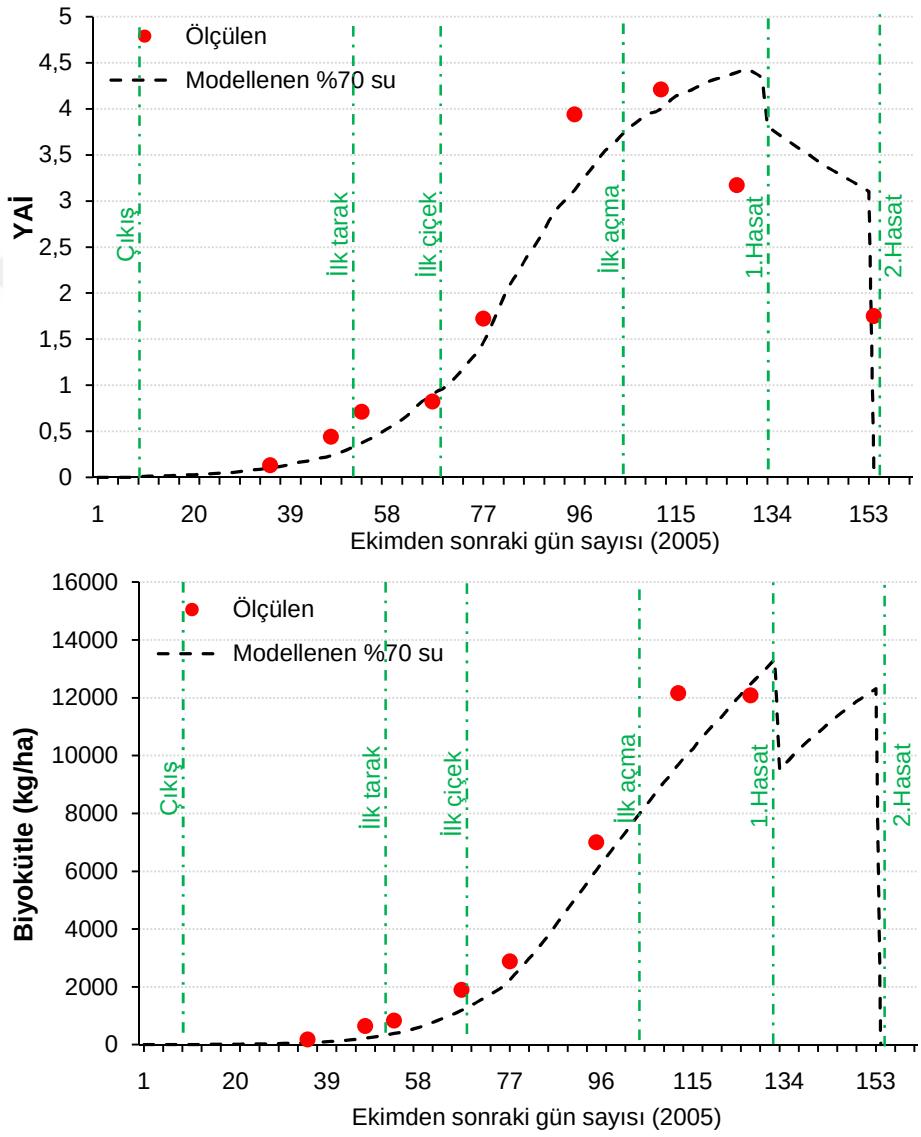
| | Bitki yük. | Biyokütle | YAİ | Kapalılık | Sulama | Gübreleme kg/da | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tarih | cm | kg/ha | $m^2 m^{-2}$ | % | mm | N | P | K |
| **Hafif su stresi (%70 sulama)** | | | | | | | | |
| 14.05.2005 | | | | | 18 | | | |
| 17.05.2005 | | | | | 18.2 | | | |
| 21.05.2005 | | | | | 8.7 | | | |
| 16.06.2005 | 24.4 | 178 | 0.13 | 29.3 | | | | |
| 28.06.2005 | 36.4 | 644 | 0.44 | 48.1 | | | | |
| 4.07.2005 | 46.8 | 828 | 0.71 | 51.1 | | | | |
| 6.07.2005 | | | | | | | | |
| 12.07.2005 | 57.7 | - | - | | 43.8 | 1.75 | 0.6 | 0.94 |
| 18.07.2005 | 70.5 | 1888 | 0.82 | 60.3 | | | | |
| 21.07.2005 | | | | | 69.1 | 2.77 | 1 | 1.48 |
| 28.07.2005 | 81.8 | 2883 | 1.72 | 74.2 | 55.3 | 2.21 | 1 | 1.5 |
| 5.08.2005 | | | | | 26 | 1.04 | 0.5 | 0.71 |
| 11.08.2005 | | | | | 16.6 | 0.66 | 0.3 | 0.45 |
| 15.08.2005 | 111.6 | 6995 | 3.94 | 86.4 | | | | |
| 18.08.2005 | | | | | 19.7 | 0.79 | 0.4 | 0.54 |
| 25.08.2005 | | | | | 18.5 | 0.74 | 0.3 | 0.5 |
| 1.09.2005 | 111.6 | 12156 | 4.21 | 100 | 22.4 | 0.9 | 0.4 | 0.61 |
| 16.09.2005 | 115.4 | 12079 | 3.17 | 100 | | | | |
| 13.10.2005 | 115.4 | - | 1.75 | 100 | | | | |




Şekil 4.54. 2005 yılı pamuk bitkisinin tam sulamada model YAİ ve biyokütle sonuçları

Tam sulama altında ölçüm ve model sonuçlarında YAİ maksimum 6.5'larda olurken %70 sulamada bu değer 4.4'lere kadar düşmüştür. Aynı şekilde biyokütle miktarı da maksimum 18000'lerden 13000'lere azalmıştır. Yeterli

sulamanın özellikle çiçeklenme öncesi ve sonrası dönemde verim üzerinde etkisi çok açık bir şekilde görülmektedir (Şekil 4.55).



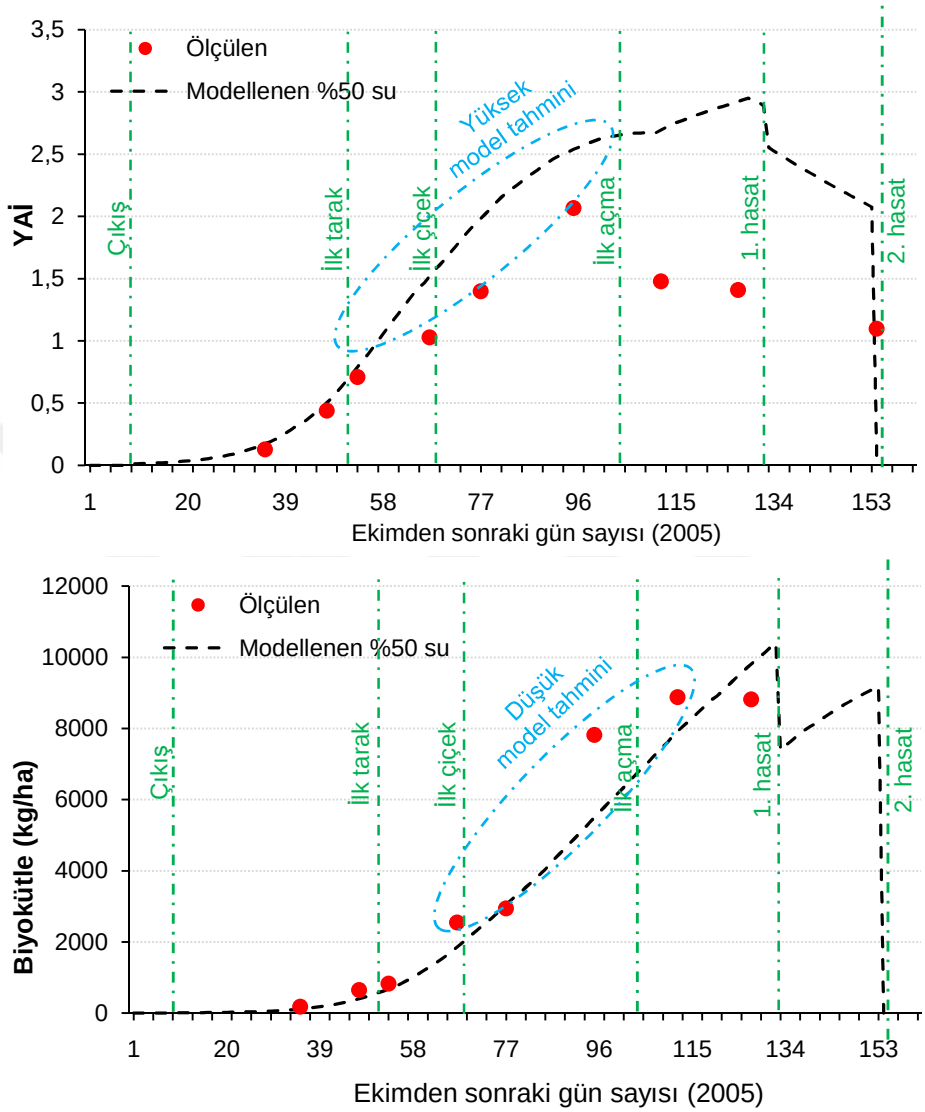

Şekil 4.55. 2005 yılı pamuk bitkisinin hafif su stresi (%70 sulama) altında model YAİ ve biyokütle sonuçları

Kalibre edilen pamuk bitkisi için YAİ ve biyokütle miktarı için 2005 yılında 3 farklı sulama uygulamasında gözlem değerleri Çizelge 4.15'da verilmiştir.

Çizelge 4.15. Maya (2007) tarafından uygulanan orta düzeyde su stresi (%50 sulama) denemesi gözlem sonuçları

| Tarih | Bitki yük. | Biyokütle | YAİ | Kapalılık | Sulama | Gübreleme kg/da | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | cm | kg/ha | $m^2 m^{-2}$ | % | mm | N | P | K |
| **Orta düzeyde su stresi (%50 sulama)** | | | | | | | | |
| 14.05.2005 | | | | | 18 | | | |
| 17.05.2005 | | | | | 18.2 | | | |
| 21.05.2005 | | | | | 8.7 | | | |
| 16.06.2005 | 24.4 | 178 | 0.13 | 29.3 | 18 | | | |
| 28.06.2005 | 36.4 | 644 | 0.44 | 48.1 | 18.2 | | | |
| 4.07.2005 | 46.8 | 828 | 0.71 | 51.1 | 8.7 | | | |
| 6.07.2005 | | | | | | | | |
| 12.07.2005 | 57.3 | - | - | - | | | | |
| 18.07.2005 | 62.1 | 2542 | 1.03 | 1.03 | 49.4 | 1.98 | 1 | 1.48 |
| 21.07.2005 | | | | | | | | |
| 28.07.2005 | 69.1 | 2943 | 1.4 | 1.4 | 24 | 0.96 | 1 | 1.5 |
| 5.08.2005 | | | | | 11.3 | 0.45 | 0.5 | 0.71 |
| 11.08.2005 | | | | | 7.2 | 0.29 | 0.3 | 0.45 |
| 15.08.2005 | 74.6 | 7812 | 2.07 | 2.07 | | | | |
| 18.08.2005 | | | | | 8.6 | 0.34 | 0.4 | 0.54 |
| 25.08.2005 | | | | | 8 | 0.32 | 0.3 | 0.5 |
| 1.09.2005 | 74.6 | 8875 | 1.48 | 1.48 | 9.7 | 0.39 | 0.4 | 0.61 |
| 16.09.2005 | 74.6 | 8817 | 1.41 | 1.41 | | | | |
| 13.10.2005 | 74.6 | - | 1.1 | 1.1 | | | | |

Ürün çıkışından sonra artış gösteren YAİ ilk tarak ve ilk açma arasında ölçüm değerlerinden yüksek tahmin etmesine rağmen, biyokütle miktarında daha düşük hesaplanmıştır. Ölçümlerde maksimum YAİ değeri 2 civarında iken, modelleme sonucunda maksimum 3 civarına ulaşmıştır. Orta derecede su stresi pamuk bitkisindeki biyokütle verimi tam sulamada biyokütlenin (mak.16000 kg/ha) yarısından az hesaplanmıştır (Şekil 4.56).




Şekil 4.56. Pamuk bitkisi 2005 yılı deneme ölçümü ve modelleme sonuçları (orta su stresi %50 sulama)

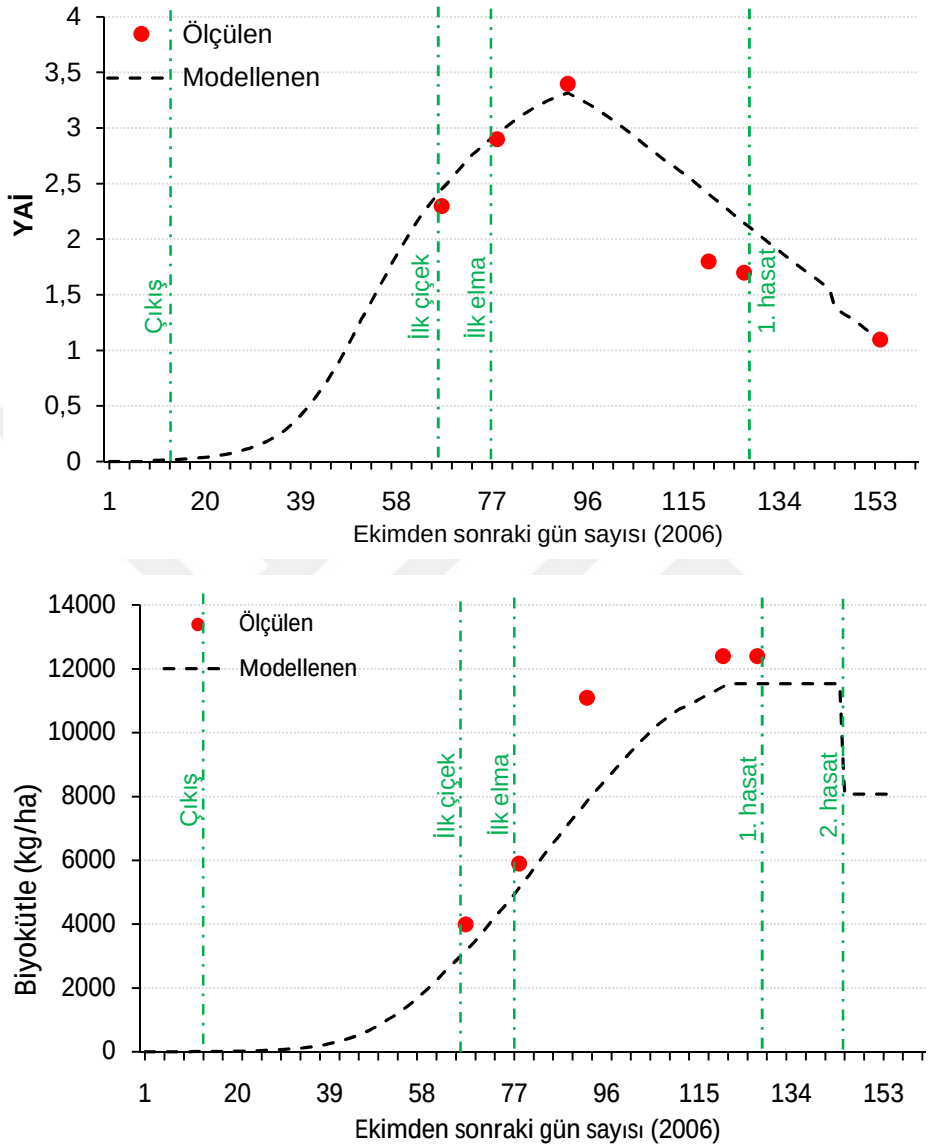
Çizelge 4.16. Baydar (2010) tarafından uygulanan 2006 yılı pamuk denemesi gözlem sonuçları

| | Bitki yük. | Biyokütle | YAİ |
|---|---|---|---|
| Tarih | cm | kg/ha | $m^2 m^{-2}$ |
| 06.07.2006 | 74 | 4000 | 2.3 |
| 17.07.2006 | 90 | 5900 | 2.9 |
| 31.07.2006 | 91 | 11100 | 3.4 |
| 14.08.2006 | 92 | 13000 | 2.4 |
| 28.08.2006 | 94 | 12400 | 1.8 |
| 04.09.2006 | 93.5 | 12400 | 1.7 |
| Verim (kg/ha) | | | 3798 |
| Hasat indeksi | | | 0.30 |

Kalibre edilen pamuk bitkisi için 2006 yılı için modelleme sonucuna göre YAİ dağılımının benzer sonuçlar gösterdiği görülmektedir. Bitki biyokütle artışında ilk elma oluşumdan sonra model bir miktar düşük değerler göstermesine rağmen hasat zamanında yakın biyokütleye ulaşmıştır (Şekil 4.57). Genel olarak pamuk bitkisi değerlendirildiğinde yüksek model kalibrasyonu sağlanmış ve yakın sonuçlar tahmin edilmiştir.

- **Mısır**

Mısır bitkisi Bocchiola ve ark. (203)'nın yapmış olduğu "İtalya Po vadisindeki mısır bitkisinde su ve verim üzerine iklim değişikliği senaryolarının etkileri" adlı çalışmasında kullanılan CropSyst model parametreleri ve CropSyst kullanıcı kılavuzunda yer alan parametreler, Çukurova bölgesi için Gençel (2009) tarafından yapılan "İkinci ürün mısır bitkisinde bitki su stresi indeksini kullanarak uygulanacak sulama suyu miktarının kestirimi" adlı doktora tezi denemesinde ölçülen 2005 ve 2006 yıllarındaki fizyolojik evreleri, yaprak alan indeksi ve biyokütle miktarı verileri ile kalibre edilmiştir (Çizelge 4.17).




Şekil 4.57. Pamuk bitkisi 2006 yılı deneme ölçümü ve modelleme sonuçları

Gençel (2009) Ç.Ü. Z.F. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında 09 Haziran 2005 ve 07 Haziran 2006 tarihlerinde Arma hibrit mısır çeşidi için toprak profilinin 100 cm derinliğindeki suyun %40 ve 60'ının tüketildiğinde sulama uygulamalarını işlemiştir. Gübreleme olarak ekim ile ilk yıl 7.5 kg N, 7.5

kg $P_2O_5$ ve 7.5 kg $K_2O$ (15-15-15 gübresi), ikinci yıl ise 4.8 kg N, 4.8 kg $P_2O_5$ ve 4.8 kg $K_2O$ gübrelerini uygulamıştır. Birinci yıl büyüme döneminde 01.07.2005 tarihinde üre formunda 10 kg/da, 28 Temmuz 2005 tarihinde 7 kg/da, ikinci yılda ise 03.07.2006'da amonyum nitrat formunda 10 kg/da ve 28 Temmuz 2006'da 10 kg/da saf azot uygulamıştır. Deneme sırasında bitki gelişimi ile ilgili gözlemler elde edilerek model doğrulamalarında kullanılmıştır.

Çizelge 4.17. İkinci ürün mısır deneme gözlemleri

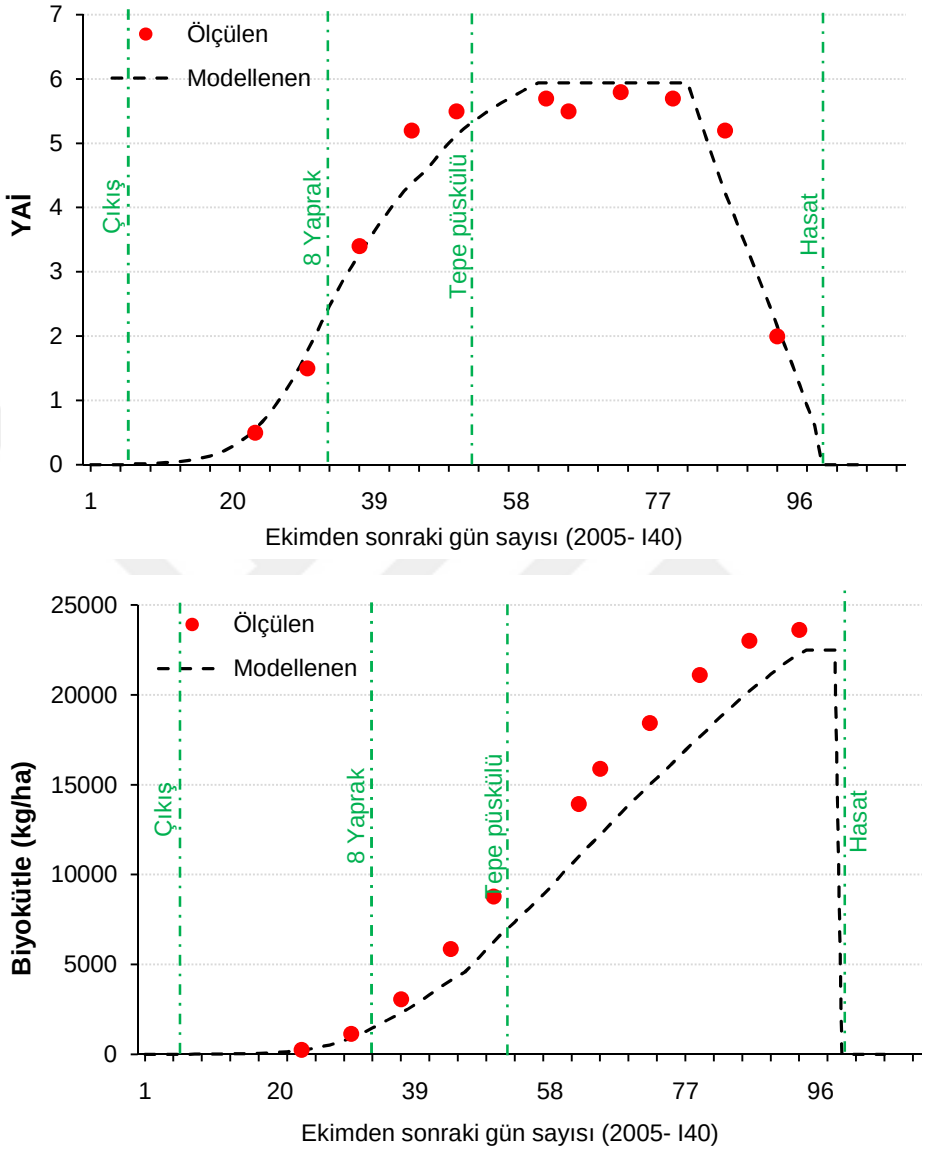
| Gençel (2009) Deneme Gözlemleri | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2005 | | 2006 | |
| Gelişme Dönemi | Tarih | Sıcaklık toplamı (°C) | Tarih | Sıcaklık toplamı (°C) |
| Ekim tarihi | 9.06.2005 | 0 | 7.06.2006 | 0 |
| Çıkış | 14.06.2005 | 112 | 13.06.2006 | 122 |
| 8 Yaprak | 11.07.2005 | 682 | 20.07.2006 | 907 |
| Tepe püskülü | 30.07.2005 | 1129 | 29.07.2006 | 1118 |
| Hasat | 9.09.2005 | 2070 | 14.09.2006 | 2172 |

Mısır parsellerinde bitkinin eşit bir şekilde çıkmasını sağlamak için her iki yıl içinde 4'er kez eşit sulama uygulaması yapan Gençel (2009)'in çalışması kullanılarak her üç sulama konusuna göre sulama miktarları, biyokütle ve YAİ verileri mısır ürünü kalibrasyonunda kullanılmıştır. Toprak profilinin 100 cm derinliğindeki suyun %40'ının tüketildiğindeki sulama uygulaması için ölçüm değerleri Çizelge 4.18'da verilmiştir.

Çizelge 4.18. Mısır bitkisi I40 sulama uygulaması ölçüm sonuçları

| I40 sulama uygulaması - 2005 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Tarih | Bitki yüksekliği | Biyokütle | YAİ | Sulama |
| | cm | kg/ha | $m^2 m^{-2}$ | mm |
| 10.06.2005 | | | | 54 |
| 23.06.2005 | | | | 18 |
| 26.06.2005 | | | | 30 |
| 1.07.2005 | 59 | 262 | 0.5 | 44 |
| 8.07.2005 | 101 | 1150 | 1.5 | |
| 11.07.2005 | | | | 69 |
| 15.07.2005 | 138 | 3074 | 3.4 | |
| 18.07.2005 | | | | 64 |
| 22.07.2005 | 190 | 5867 | 5.2 | |
| 28.07.2005 | 207 | 8783 | 5.5 | 69 |
| 9.08.2005 | 245 | 13935 | 5.7 | |
| 10.08.2005 | | | | 69 |
| 12.08.2005 | 254 | 15890 | 5.5 | |
| 19.08.2005 | 261 | 18450 | 5.8 | |
| 20.08.2005 | | | | 64 |
| 26.08.2005 | 267 | 21120 | 5.7 | |
| 29.08.2005 | | | | 69 |
| 2.09.2005 | 266 | 23013 | 5.2 | |
| 9.09.2005 | 266 | 23623 | 2 | |

Mısır ürünü için uygulanan yönetim verilerine göre model kalibre edilmiştir. Ekim tarihi, çıkış, 8 yaprak ve tepe püskülü zamanlarına göre fizyolojik değerler, YAİ ve biyokütle değerlerine göre bitki morfolojisi ve büyüme parametreleri tanımlanmıştır. Ölçülen değerler ile modellenen YAİ değerlerine göre yakın değerler tahmin edilmiştir. Ölçülen en yüksek YAİ değeri 19 Ağustos 2005 değerinde 5.8 iken modelleme sonucunda aynı tarihte 5.94 hesaplanmıştır. Bitki biyokütlesinde ölçüm ve modelleme sonuçlarında 8 yaprak oluşumundan sonra hızlı bir yükseliş olmaktadır (Şekil 4.58).



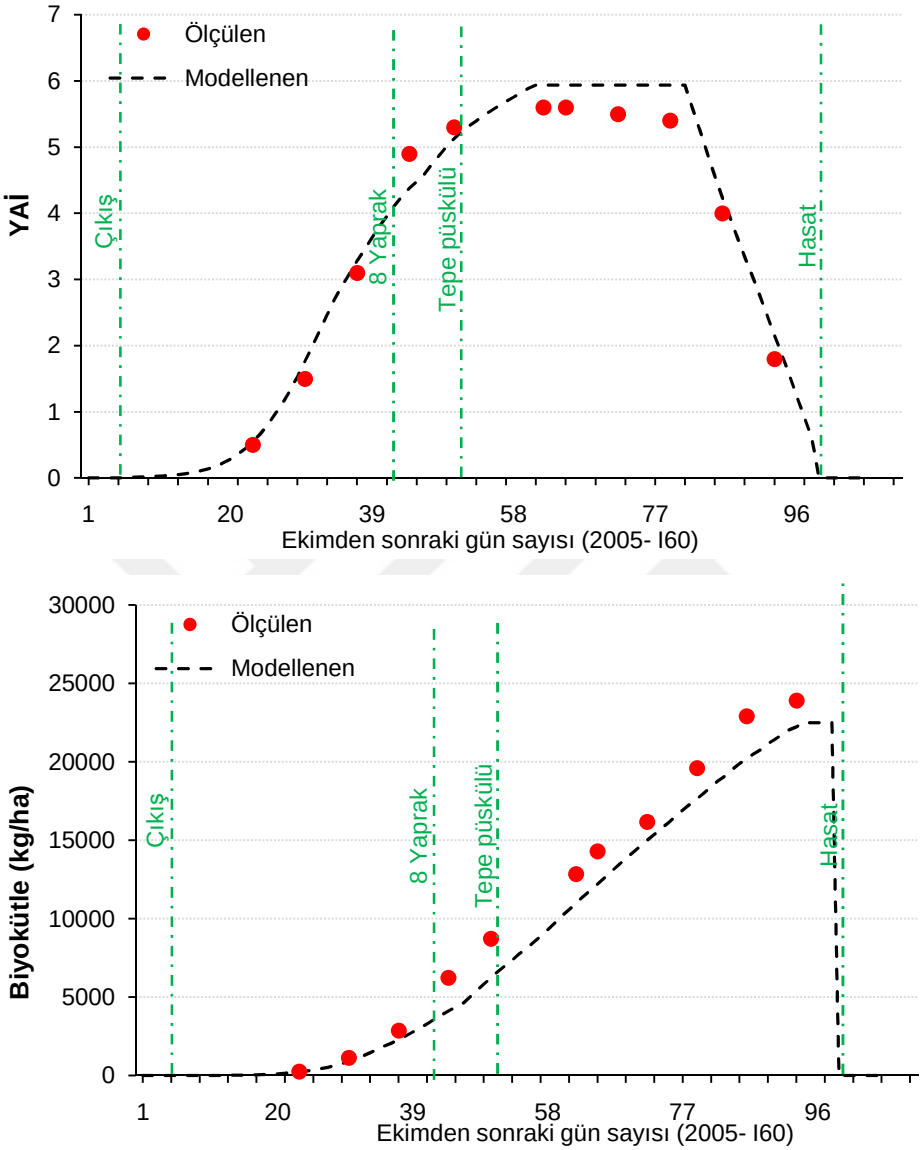

Şekil 4.58. İkinci ürün mısır bitkisinin I40 sulama senaryosuna göre ölçüm ve modellenen YAİ ve biyokütle grafiği (2005 yılı)

Toprak profilinin 100 cm derinliğindeki suyun %60'ının tüketildiğindeki sulama uygulaması için ölçüm değerleri kalibre edilen mısır bitkisinin doğrulaması için kullanılmıştır (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Mısır bitkisi I60 sulama uygulaması ölçüm sonuçları

| I60 uygulaması - 2005 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Tarih | Bitki yüksekliği | Biyokütle | YAİ | Sulama |
| | cm | kg/ha | $m^2 m^{-2}$ | mm |
| 10.06.2005 | | | | 54 |
| 23.06.2005 | | | | 18 |
| 26.06.2005 | | | | 30 |
| 1.07.2005 | 59 | 262 | 0.5 | 44 |
| 8.07.2005 | 101 | 1150 | 1.5 | |
| 13.07.2005 | | | | 95 |
| 15.07.2005 | 136 | 2878 | 3.1 | |
| 18.07.2005 | | | | |
| 22.07.2005 | 180 | 6235 | 4.9 | |
| 28.07.2005 | 206 | 8740 | 5.3 | 100 |
| 9.08.2005 | 237 | 12846 | 5.6 | |
| 12.08.2005 | 248 | 14300 | 5.6 | |
| 19.08.2005 | 256 | 16180 | 5.5 | |
| 20.08.2005 | | | | 108 |
| 26.08.2005 | 260 | 19616 | 5.4 | |
| 29.08.2005 | | | | 95 |
| 2.09.2005 | 259 | 22912 | 4 | |
| 9.09.2005 | 260 | 23919 | 1.8 | |

Modellenen I60 sulama senaryosuna göre YAİ değeri ölçümlere göre tepe püskülünden sonra yüksek çıkmasına rağmen biyokütle miktarı düşük hesaplanmıştır. Ancak model eğilimi olarak ölçüm değerleri ile birebir benzediği açıkça görülmektedir (Şekil 4.59).



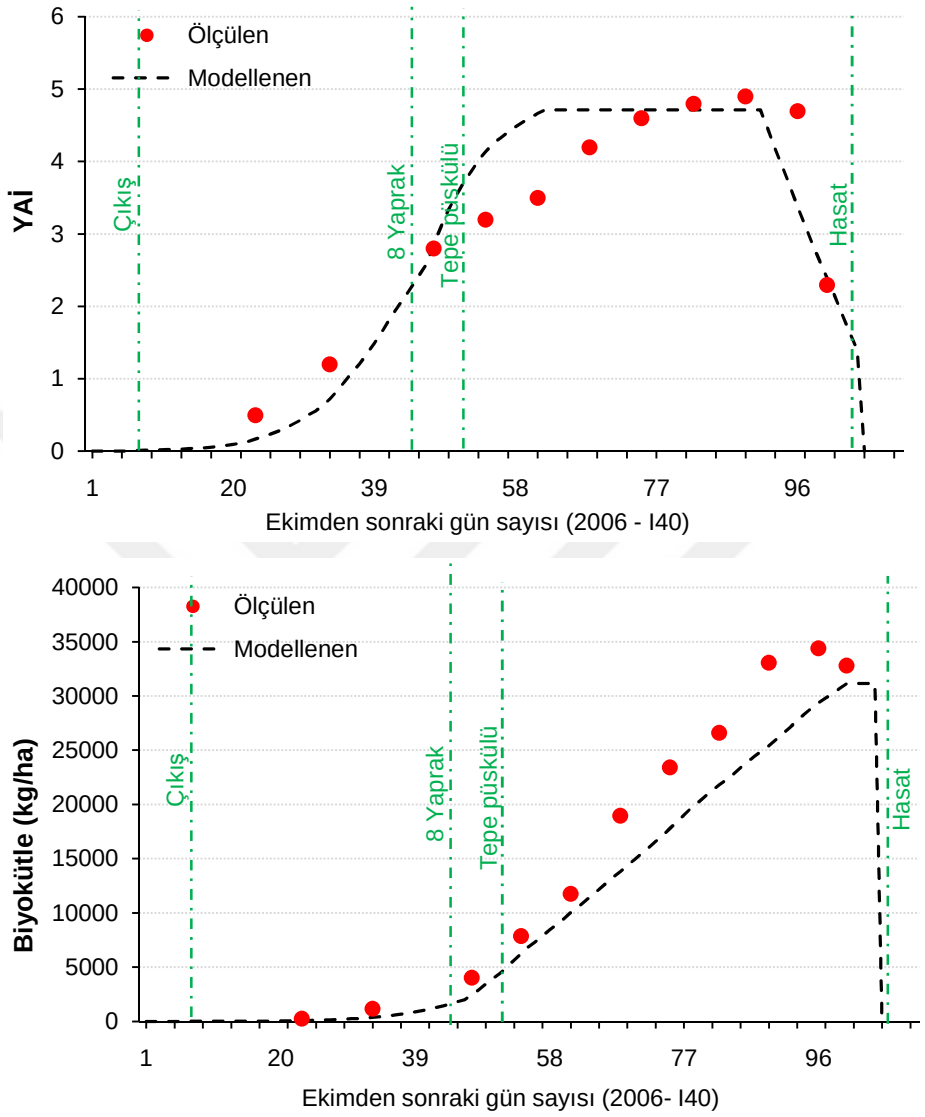

Şekil 4.59. Mısır bitkisi 2005 yılı I60 sulama senaryosu model sonuçları

Mısır bitkisi için kalibre edilen parametreler ve sulama miktarları kullanılarak 2006 yılı için CropSyst modeli uygulanmıştır. Model sonuçlarının karşılaştırılması için gerekli yersel ölçüm verileri Gençel (2009) tarafından toplanmıştır (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Mısır bitkisi 2006 yılı I40 sulama uygulaması ölçüm sonuçları

| I40 sulama uygulaması - 2006 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Tarih | Bitki yüksekliği | Biyokütle | YAİ | Sulama |
| | cm | kg/ha | $m^2 m^{-2}$ | mm |
| 09.06.2006 | | | | 50 |
| 21.06.2006 | | | | 22 |
| 28.06.2006 | | | | 33 |
| 29.06.2006 | 32 | 244 | 0.5 | |
| 04.07.2006 | | | | 41 |
| 09.07.2006 | 88 | 1160 | 1.2 | |
| 20.07.2006 | | | | 64 |
| 23.07.2006 | 128 | 4016 | 2.8 | |
| 29.07.2006 | | | | 64 |
| 30.07.2006 | 176 | 7863 | 3.2 | |
| 06.08.2006 | 246 | 11753 | 3.5 | |
| 07.08.2006 | | | | 67 |
| 13.08.2006 | 256 | 18935 | 4.2 | |
| 17.08.2006 | | | | 64 |
| 20.08.2006 | 264 | 23404 | 4.6 | |
| 24.08.2006 | | | | 62 |
| 27.08.2006 | 268 | 26591 | 4.8 | |
| 01.09.2006 | | | | 65 |
| 03.09.2006 | 275 | 33043 | 4.9 | |
| 10.09.2006 | 275 | 34381 | 4.7 | |
| 14.09.2006 | 272 | 32786 | 2.3 | |

Arazide ölçülen ve modellenen değerleri karşılaştırdığımızda tepe püskülü oluşumdan maksimum YAİ değerine kadar model tahmini ölçüm değerlerinden düşük çıkarken biyokütle miktarı bakımından aynı dönemlerde düşük çıkmaktadır. Ancak, hasat zamanı tahmin edilen bitki biyokütle miktarı ölçülen değer ile çok yakın çıkmıştır (Şekil 4.60).



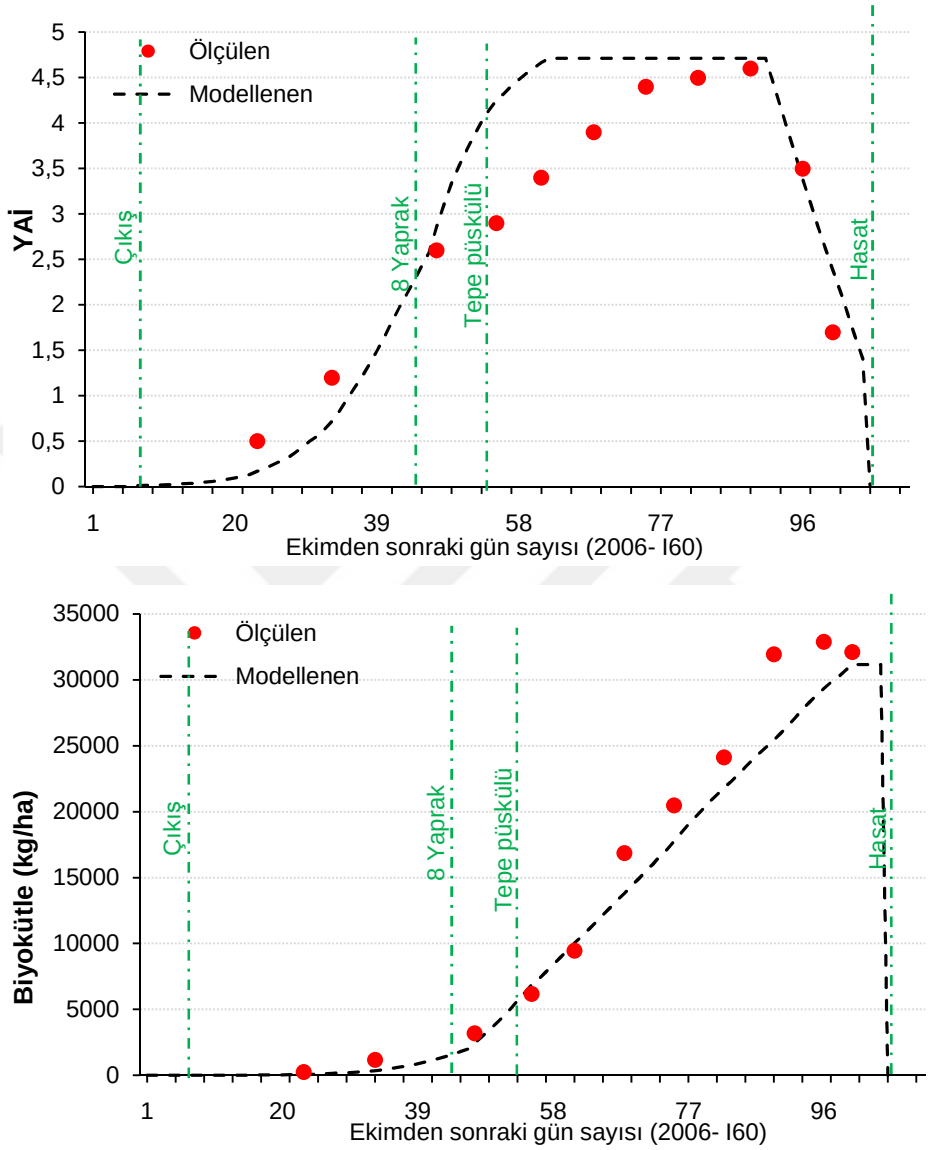

Şekil 4.60. Mısır bitkisi 2006 yılı I40 sulama senaryosu model sonuçları

İkinci ürün için 2006 yılı I60 sulama senaryosunda Gençel (2009) tarafından toplanan ölçüm değerleri (Çizelge 4.22) CropSyst modeline aktarılarak YAİ ve biyokütle miktarları tahmin edilmiştir. (Şekil 4.61).

Çizelge 4.21. Mısır bitkisi 2006 yılı I60 sulama uygulaması ölçüm sonuçları

| I60 sulama uygulaması- 2006 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Tarih | Bitki yüksekliği | Biyokütle | YAİ | Sulama |
| | cm | kg/ha | $m^2 m^{-2}$ | mm |
| 09.06.2006 | | | | 50 |
| 21.06.2006 | | | | 22 |
| 28.06.2006 | | | | 33 |
| 29.06.2006 | 32 | 244 | 0.5 | |
| 04.07.2006 | | | | 41 |
| 09.07.2006 | 86 | 1160 | 1.2 | |
| 23.07.2006 | 122 | 3174 | 2.6 | 88 |
| 30.07.2006 | 173 | 6175 | 2.9 | |
| 06.08.2006 | 238 | 9440 | 3.4 | |
| 07.08.2006 | | | | 100 |
| 13.08.2006 | 244 | 16846 | 3.9 | |
| 20.08.2006 | 252 | 20470 | 4.4 | 91 |
| 27.08.2006 | 257 | 24100 | 4.5 | |
| 01.09.2006 | | | | 92 |
| 03.09.2006 | 258 | 31919 | 4.6 | |
| 10.09.2006 | 260 | 32871 | 3.5 | |
| 14.09.2006 | 260 | 32089 | 1.7 | |

Kalibre edilen mısır bitkisinde 8 yaprak oluşumdan sonra biyokütle artışı hızlanmaktadır ve hasat zamanına kadar devam etmektedir. Ölçüm ve modelleme verilerine baktığımızda yüksek oranda benzerlik görülmektedir. YAİ değerlerine göre bitki fizyolojisinin yakın olarak tahmin edildiği görülmektedir (Şekil 4.61).




Şekil 4.61. İkinci ürün mısır bitkisinin I60 sulama senaryosuna göre ölçüm ve modellenen YAİ ve biyokütle grafiği (2006 yılı)

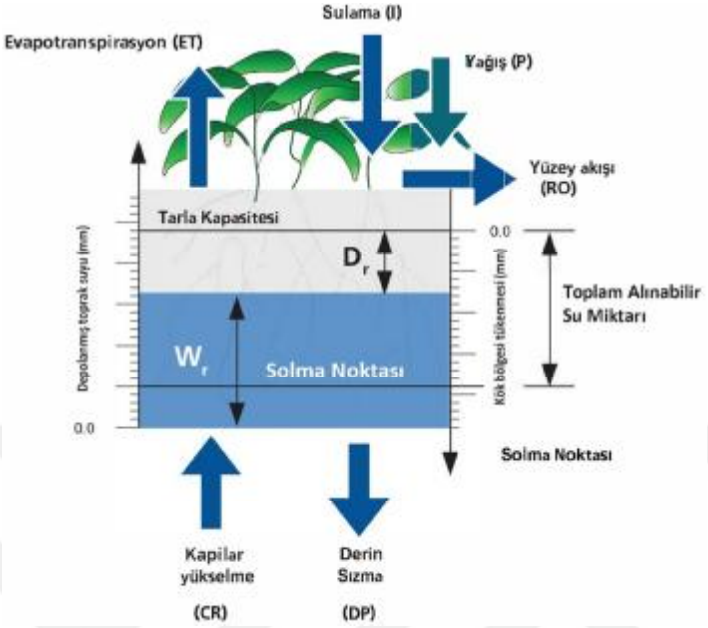
### 4.4.4. Farklı Toprak Serilerinde Cropsyst Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Model kalibrasyon ve doğrulama aşamalarından sonra, çalışma alanında farklı toprak serileri için aynı iklim ve yönetim uygulamaları olacak şekilde buğday, pamuk, 1.ürün ve 2.ürün mısır bitkisi verimleri için model sonuçları değerlendirilmiştir.

Buğday için 2010-2015 yılları arası için Adana iklim istasyonu verileri kullanılmıştır. Model sonuçlarına göre potansiyel evapotranspirasyon, gerçek evapotranspirasyon, yağış miktarı ile model su bütçesi verilmiştir (Çizelge 4.22). Buğday bitkisi için bölgemizde sulama yapılmadığı için modele giren su miktarı sadece yağış verisidir. Bu su miktarı bitkiler tarafından tutulma, yüzey akışı ve toprağa sızma şeklinde olmaktadır.

Kök bölgesi, eşdeğer su derinliği (Wr) ve kök bölgesi sınırı toprak-su dengesini oluşturmaktadır (Şekil 4.62). Kök bölgesinin sınırları içerisindeki gelen (yağış, sulama ve kılcal yükselme) ve giden (yüzey akışı, evapotranspirasyon ve derin sızdırma) suyun ve kök bölgesinde tuz akışkanlarını hesaplayarak sezonun herhangi bir zamanında bu ölçümler model tarafından hesaplanmaktadır.

Toprak-su bütçesi hesaplanırken, kök bölgesinde depolanan su miktarı, eşdeğer bir su derinliği (Wr) veya bitki kökleri tarafından alınan su miktarı (Dr) olarak ifade edilir. Toplam yarayışlı su miktarı (TAW), tarla kapasitesi ile solma noktası arasındaki kök bölgesinde tutulan suyun miktarıdır. Tarla kapasitesinde köklerin su alımı maksimum iken solma noktasında toplam yarayışlı su miktarı sıfıra eşittir (Steduto, P. ve Raes D. 2012).




Şekil 4.62. Kök bölgesinde toprak su bütçe unsurlarının dağılımı (Steduto ve Raes, 2012)

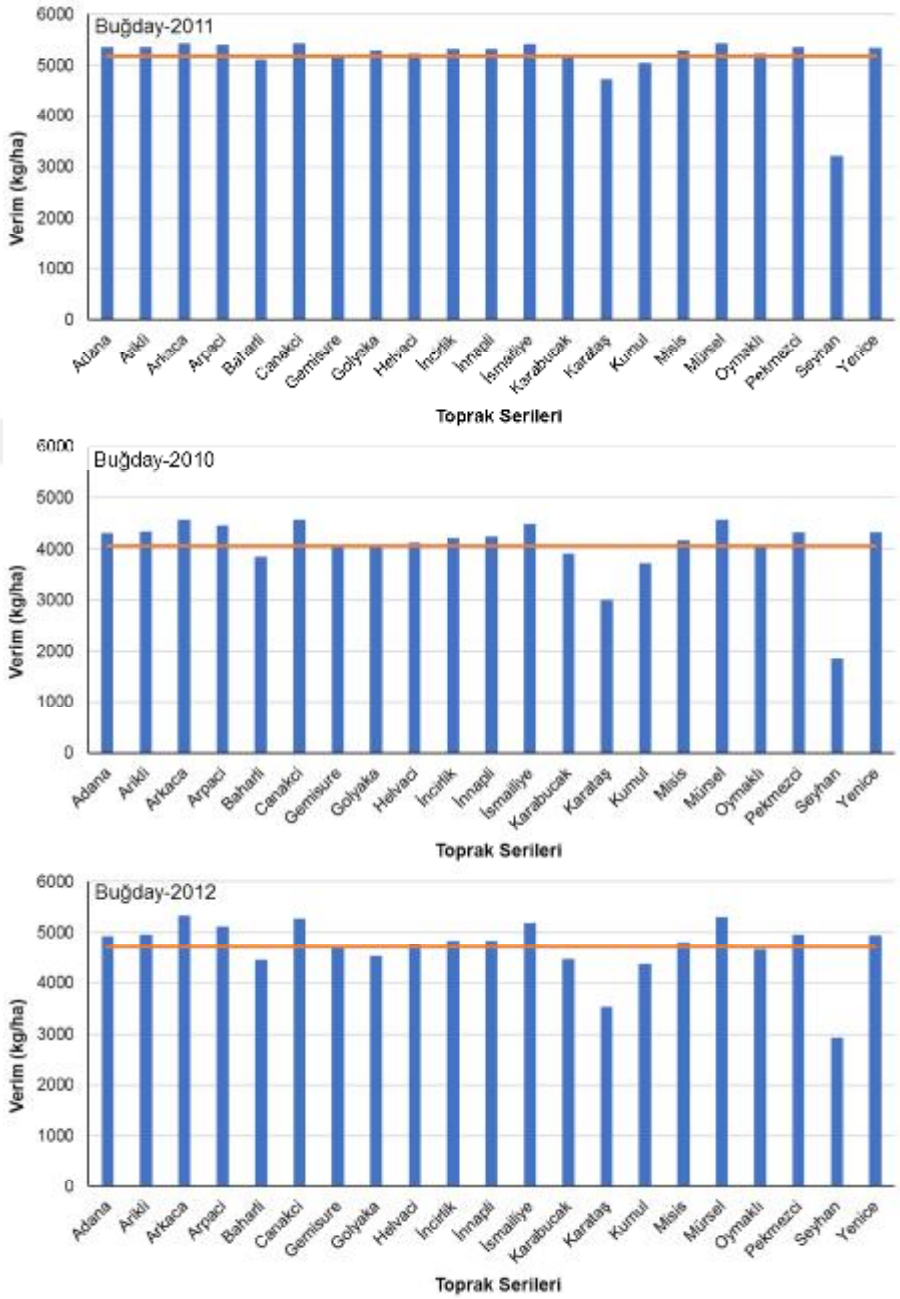
Çizelge 4.22. Buğday bitkisi Adana Toprak Serisi Model sonuçları

| | Ekim tarihi | Pot. ET | Gerçek ET | Sulama | Yağış | Su birikimi | Yüzey akışı | Toprağa giren su miktarı |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) |
| Buğday | 2010 | 304.63 | 241.31 | 0.00 | 372.60 | 31.89 | 1.93 | 338.78 |
| | 2011 | 354.28 | 288.14 | 0.00 | 512.80 | 30.38 | 18.35 | 464.06 |
| | 2012 | 456.69 | 354.52 | 0.00 | 669.90 | 41.33 | 25.75 | 602.82 |
| | 2013 | 377.32 | 294.63 | 0.00 | 506.50 | 35.41 | 36.91 | 434.17 |
| | 2014 | 400.64 | 227.51 | 0.00 | 153.70 | 21.01 | 0.00 | 132.69 |
| | 2015 | 375.35 | 327.42 | 0.00 | 552.40 | 45.09 | 22.49 | 484.82 |

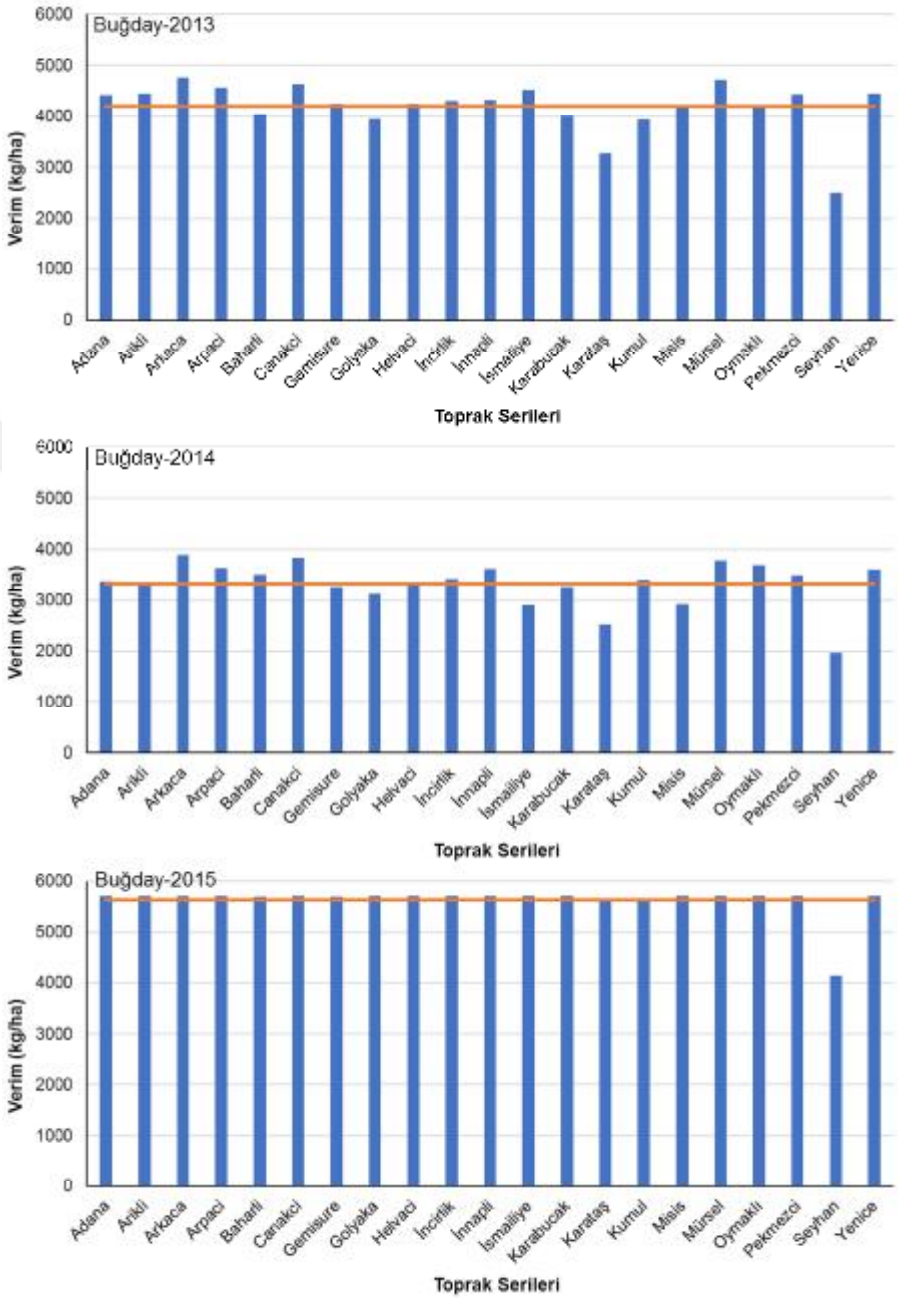
Erken büyüme dönemlerinde buğdayda günlük su kullanımı Akdeniz koşullarında yüksek nem, düşük sıcaklıktan dolayı oldukça düşük (<2 mm/gün) olmaktadır. Ayrıca, gelişmemiş kanopi büyüklüğünden dolayı bitkide terleme düşüktür. Verimin buğday için su stresine en duyarlı gelişim evresini belirleme çalışmaları tutarsız sonuçlar vermiştir. Aşırı su, vejetatif büyüme sırasında suyun toprak tarafından alınmasına engel olabilir ve verimi büyük ölçüde düşürebilir.

Toprak oksijeninin üç gün kadar kısa bir sürede azalması köklere zarar verebilir, besin alımını azaltabilir ve sürgün sayılarında azalma gösterebilir. Tahıl dolumu sırasında bazı bölgelerde 34 °C sıcaklığın üzerinde olması bitkide yaşlanmayı hızlandırır ve tane boyutunu düşürerek verimi düşürmektedir. Bu sıcaklığın etkilerini azaltmak için birçok buğday çeşidi geliştirilmiştir (Steduto ve Raes 2012).

Sonuç olarak tüm toprak serilerinde ortalama verim en yüksek (5627 kg/ha) 2015 yılında en düşük (3336 kg/ha) ise 2014 yılında olduğu tahmin edilmiştir. Bu verilere göre ise tüm toprak serilerine göre altı yıllık ortalama verim 4519 kg/ha olarak hesaplanmıştır. 2010-2016 yılları arasındaki seri bazında buğday verimleri grafikleri verilmiştir.

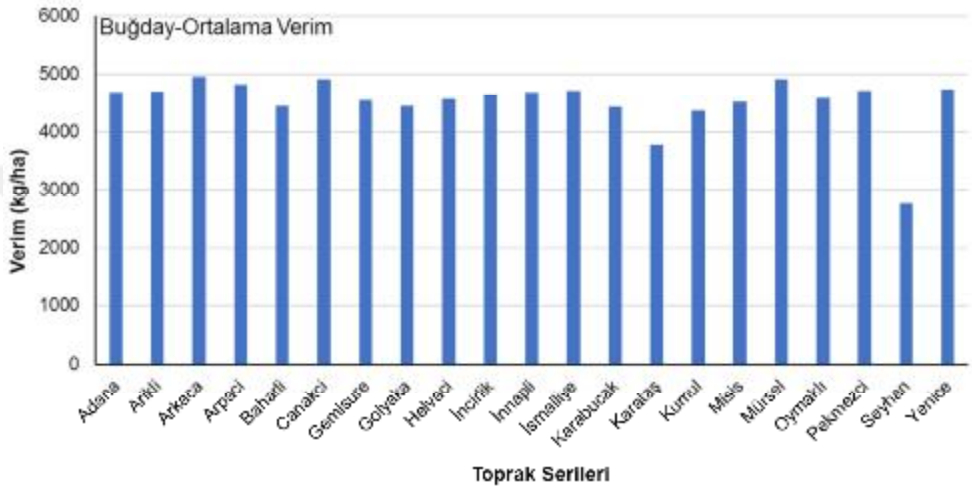



Şekil 4.63. Toprak serileri bazında 2010-2011-2012 yılları buğday verimleri




Şekil 4.64. Toprak serileri bazında 2013-2014-2015 yılları buğday verimleri

Toprak serilerindeki buğday verimleri en yüksek Arkaca (4953 kg/ha), Mürsel (4921 kg/ha) ve Çanakçı (4912 kg/ha) serilerinde, en düşük ise Seyhan (2768 kg/ha), Karataş (3777 kg/ha) ve Kumul (4360 kg/ha) serilerinde olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 4.65).



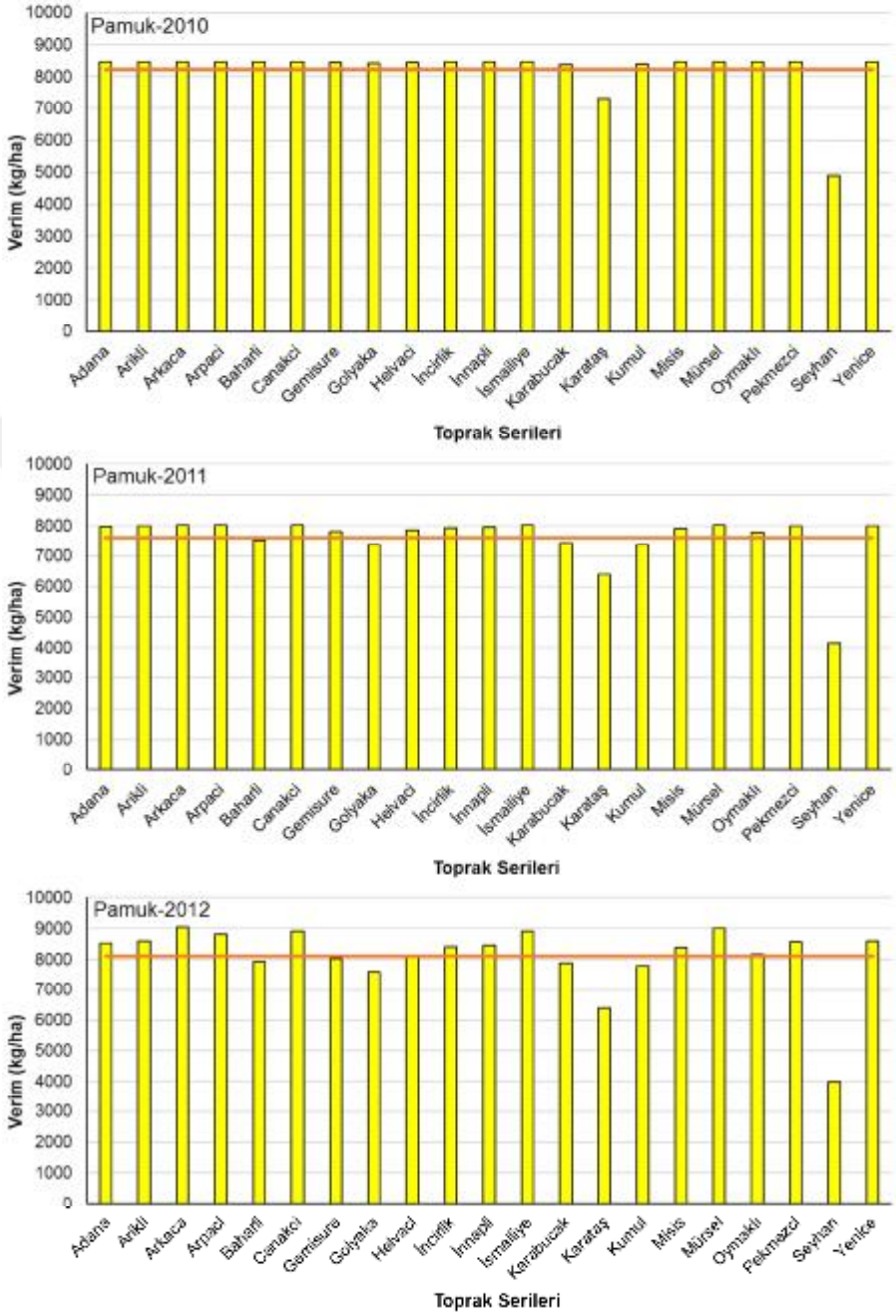

Şekil 4.65. Toprak serileri bazında ortalama buğday verimleri

2010-2015 yılları arası için pamuk bitkisinin veriminin modellenmesi için Adana iklim istasyonu verileri ve aynı sulama yönetimi kullanılmıştır. Model sonuçlarına göre potansiyel evapotranspirasyon, gerçek evapotranspirasyon, yağış miktarı ile model su çıktı verileri verilmiştir (Çizelge 4.23). Pamuk bitkisi için sezonluk toplam 528.6 mm su verilmiştir.

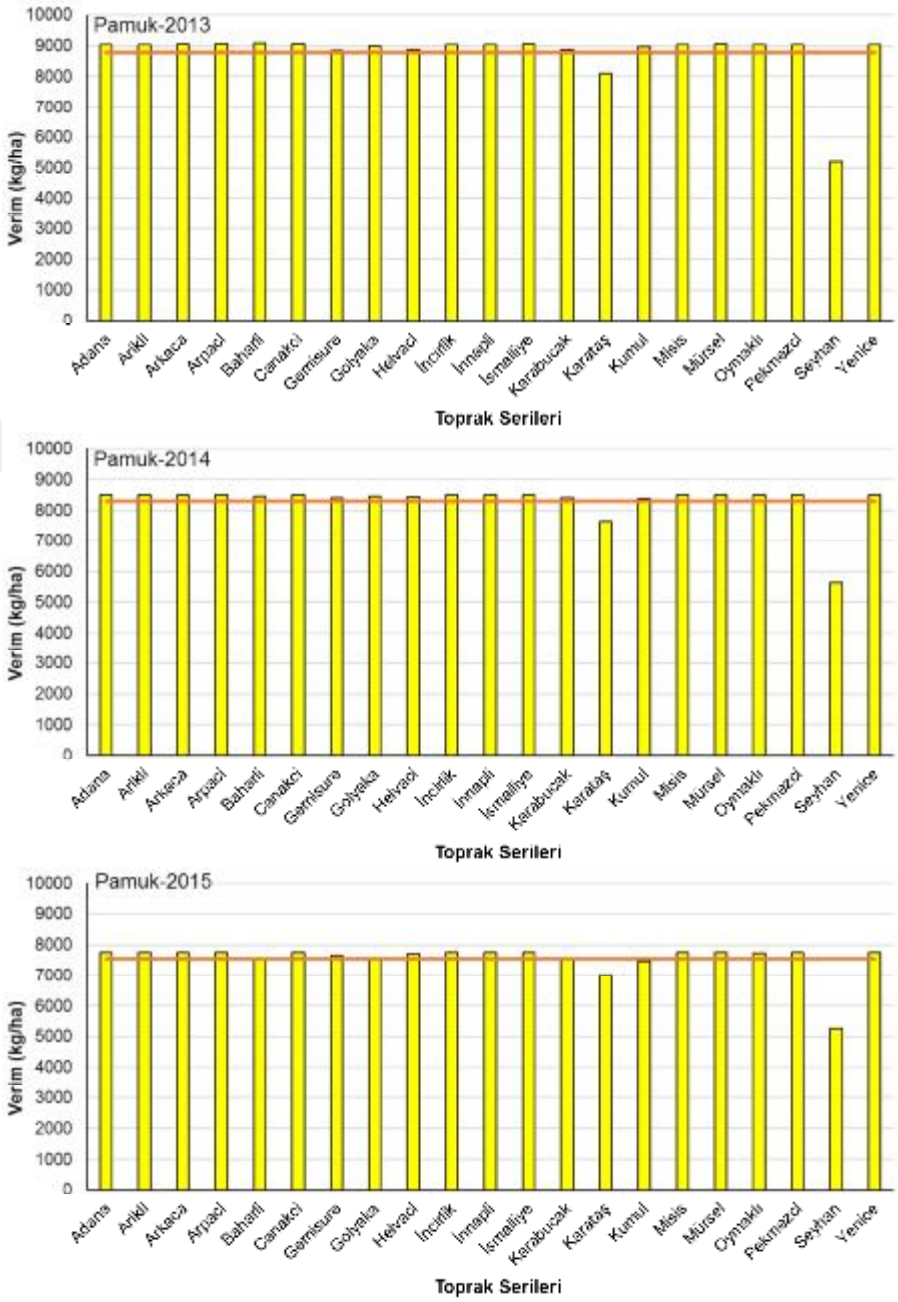
Çizelge 4.23. Pamuk bitkisi Adana Toprak Serisi Model sonuçları

| | Ekim tarihi | Pot. ET | Gerçek ET | Sulama | Yağış | Su birikimi | Yüzey akışı | Toprağa giren su miktarı |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) |
| Pamuk | 2010 | 758.15 | 483.83 | 528.60 | 33.60 | 5.98 | 0.00 | 556.22 |
| | 2011 | 828.11 | 567.47 | 528.60 | 74.10 | 3.29 | 4.38 | 595.03 |
| | 2012 | 926.62 | 610.97 | 528.60 | 87.50 | 5.75 | 0.05 | 610.31 |
| | 2013 | 889.95 | 609.76 | 528.60 | 73.60 | 7.05 | 0.00 | 595.15 |
| | 2014 | 830.44 | 613.70 | 528.60 | 212.30 | 7.69 | 17.08 | 716.13 |
| | 2015 | 848.07 | 619.57 | 528.60 | 198.70 | 6.40 | 38.71 | 682.19 |

Sonuç olarak tüm toprak serilerinde ortalama verim en yüksek (8790 kg/ha) 2013 yılında en düşük (7543 kg/ha) ise 2015 yılında olduğu tahmin edilmiştir. Bu verilere göre ise tüm toprak serilerine göre altı yıllık ortalama verim 8092 kg/ha olarak hesaplanmıştır. 2010-2015 yılları arasındaki seri bazında pamuk verimleri grafikleri verilmiştir.

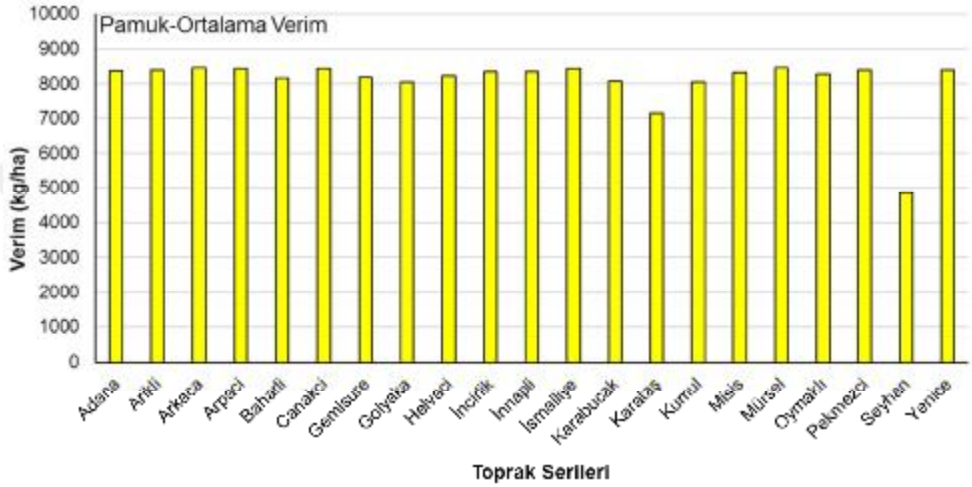



Şekil 4.66. Toprak serileri bazında 2010-2011-2012 yılları pamuk verimleri




Şekil 4.67. Toprak serileri bazında 2013-2014-2015 yılları pamuk verimleri

Toprak serilerindeki pamuk verimleri en yüksek Arkaca (8476 kg/ha), Mürsel (8467 kg/ha) ve Çanakçı (8453 kg/ha) serilerinde, en düşük ise Seyhan (4854 kg/ha), Karataş (7140 kg/ha) ve Gölyaka (8060 kg/ha) serilerinde olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 4.68).



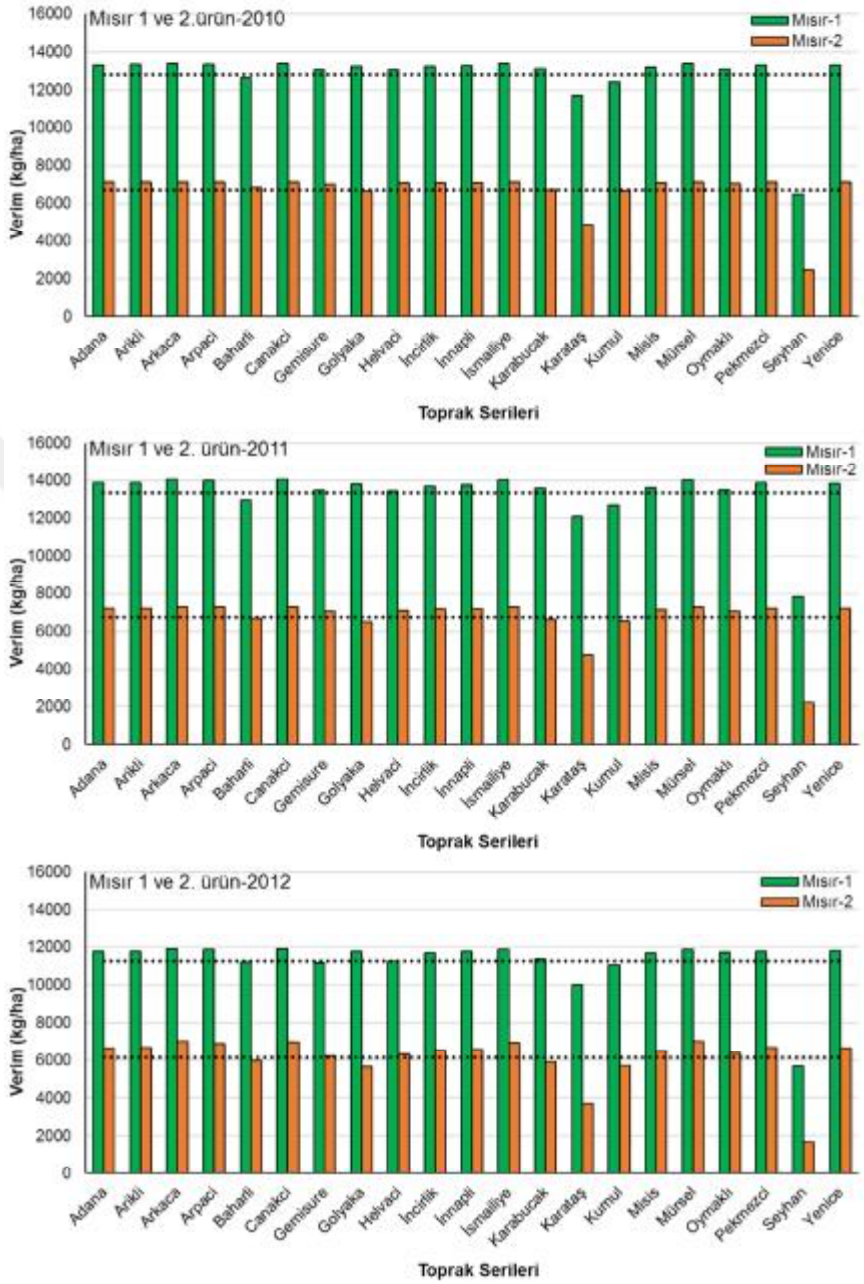

Şekil 4.68. Toprak serileri bazında ortalama pamuk verimleri

2010-2015 yılları arası için 1. Ürün mısır bitkisinin veriminin modellenmesi için Adana iklim istasyonu verileri ve tarla kapasitesinin %50'nin altına düştüğünde tarla kapasitesi kadar otomatik sulama yönetimi kullanılmıştır. İkinci ürün mısır için ise Gençel (2009) tarafından uygulanan sulama rejimi uygulanmıştır. Model sonuçlarına göre 1.ürün mısır için 5 yıllık ortalama sezonluk 220 mm su verilmiştir. 2. Ürün mısırda yağış miktarı çok az düzeyde olduğu için sulama miktarı birinci ürüne göre yaklaşık iki kat daha fazladır. Ayrıca yüzey akışı miktarında da ikinci ürün zamanında kurak mevsim olduğu için farklılıklar bulunmaktadır (Çizelge 4.24).

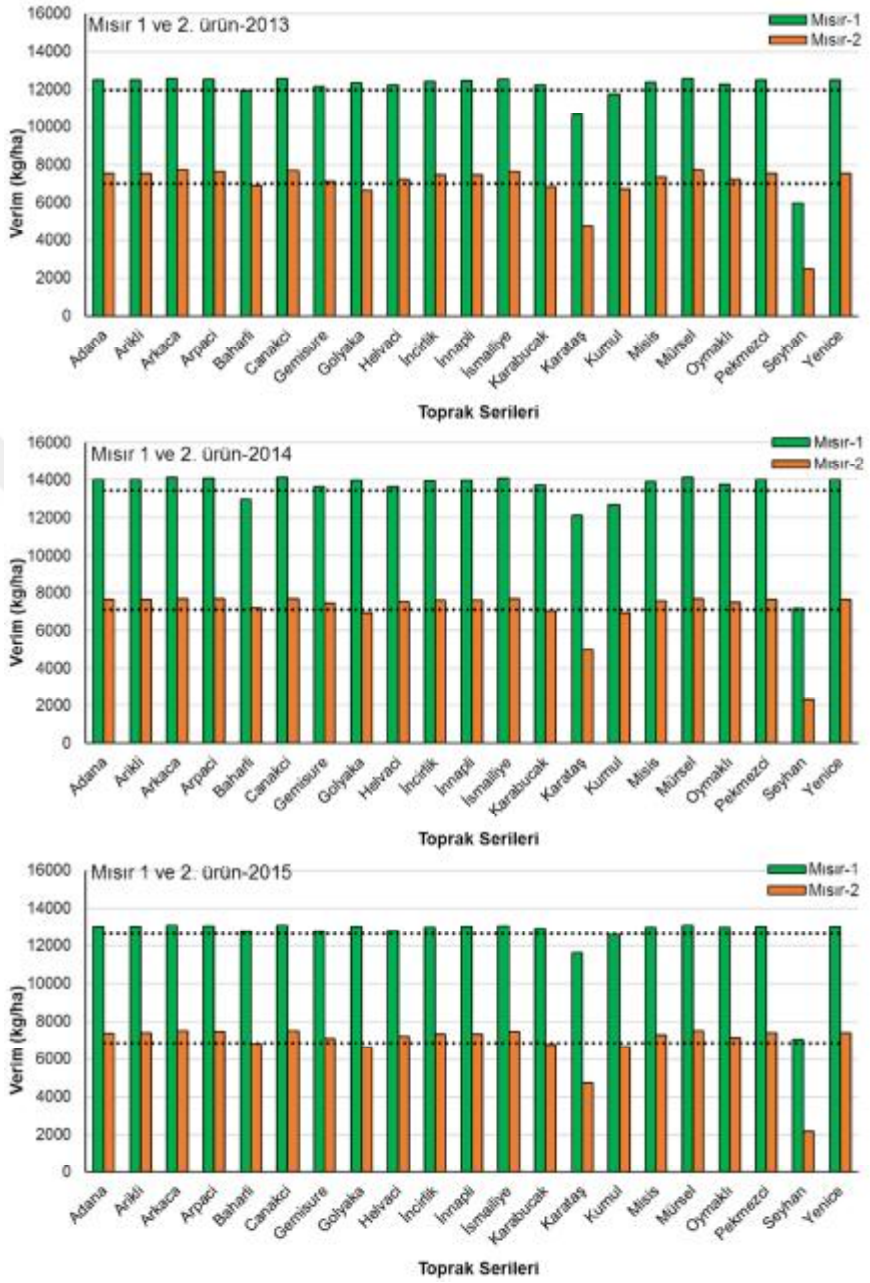
Çizelge 4.24. 1.ve 2. Ürün Mısır bitkisi Adana Toprak Serisi Model sonuçları

| | Ekim tarihi | Pot. ET | Gerçek ET | Sulama | Yağış | Su birikimi | Yüzey akışı | Toprağa giren su miktarı |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) |
| Mısır-1 | 2010 | 389.09 | 300.81 | 231.79 | 103.20 | 1.60 | 11.59 | 321.80 |
| | 2011 | 416.14 | 347.78 | 197.89 | 190.90 | 7.86 | 21.43 | 359.49 |
| | 2012 | 433.29 | 327.25 | 236.02 | 105.70 | 4.47 | 3.61 | 333.64 |
| | 2013 | 433.11 | 320.78 | 236.59 | 111.80 | 1.97 | 6.35 | 340.07 |
| | 2014 | 429.49 | 327.78 | 221.44 | 140.60 | 5.62 | 11.15 | 345.27 |
| | 2015 | 419.97 | 298.00 | 202.19 | 75.00 | 4.48 | 1.31 | 271.41 |
| Mısır-2 | 2010 | 511.26 | 423.31 | 488.00 | 2.40 | 1.66 | 0.00 | 488.74 |
| | 2011 | 565.47 | 488.15 | 488.00 | 47.80 | 0.08 | 4.49 | 531.23 |
| | 2012 | 641.18 | 512.03 | 488.00 | 31.20 | 1.23 | 0.00 | 517.97 |
| | 2013 | 622.67 | 490.65 | 488.00 | 20.00 | 1.16 | 0.00 | 506.84 |
| | 2014 | 568.30 | 457.71 | 488.00 | 3.70 | 1.16 | 0.00 | 490.54 |
| | 2015 | 573.98 | 469.82 | 488.00 | 12.00 | 2.41 | 0.00 | 497.59 |

Sonuç olarak tüm toprak serilerinde birinci ürün mısır için ortalama verim en yüksek (13423 kg/ha) 2014 yılında, en düşük (11273 kg/ha) ise 2012 yılında olduğu tahmin edilmiştir. İkinci ürün mısır için ortalama verim en yüksek (7113 kg/ha) 2014 yılında, en düşük (6127 kg/ha) ise 2012 yılında olduğu görülmüştür. Bütün toprak serilerine göre altı yıllık ortalama verim birinci üründe 12574 kg/ha, ikinci üründe 6754 kg/ha olarak hesaplanmıştır. Seri bazında mısır ürünleri için 2010-2015 yılları arasındaki mısır verimi grafikleri verilmiştir (Şekil 4.69, Şekil 4.70).

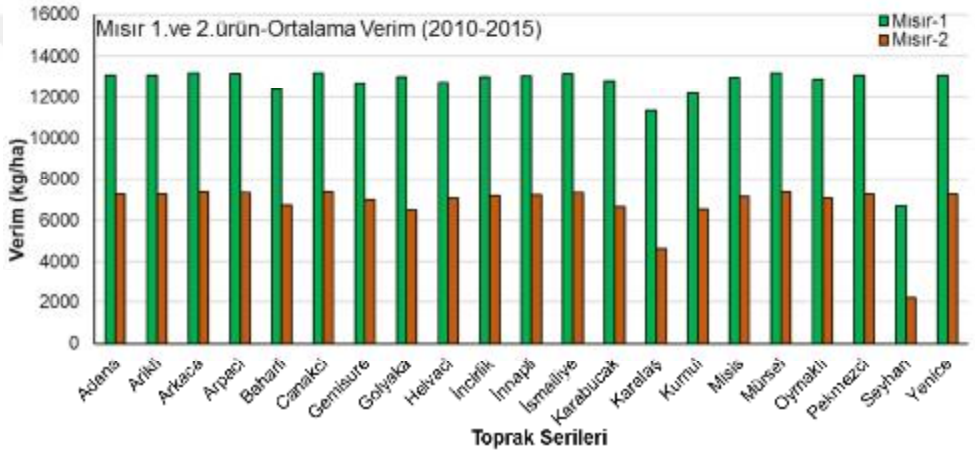



Şekil 4.69. Toprak serileri bazında 2010-2011-2012 yılları 1 ve 2. ürün mısır verimleri




Şekil 4.70. Toprak serileri bazında 2013-2014-2015 yılları 1 ve 2. ürün mısır verimleri

Toprak serilerine göre birinci ürün mısır verimleri en yüksek Çanakçı (13186 kg/ha), Arkaca (13183 kg/ha) ve Mürsel (13180 kg/ha) serilerinde, en düşük ise Seyhan (6706 kg/ha), Karataş (11370 kg/ha) ve Baharlı (12412 kg/ha) serilerinde olduğu tahmin edilmiştir. İkinci ürün mısırda ortalama verim en yüksek Arkaca (7388 kg/ha), Mürsel (7383 kg/ha) ve Çanakçı (7373 kg/ha) toprak serilerinde, en düşük ise Seyhan (2218 kg/ha), Karataş (4626 kg/ha) ve Gölyaka (6497 kg/ha) toprak serilerinde görülmektedir (Şekil 4.71).



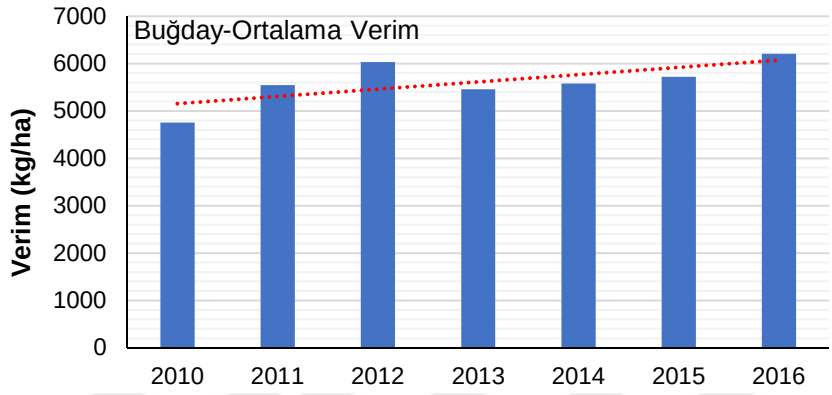

Şekil 4.71. Toprak serileri bazında ortalama 1 ve 2. ürün mısır verimleri

### 4.4.5. CropSyst Modeli ile ASO'da Verimliliğin Modellenmesi

Buğday, Mısır ve Pamuk ürünlerinin ASO'da verimliliğini hesaplamak için CropSyst modeli uygulanmıştır. Sınıflanmış 2010-2016 yılları arasındaki tarımsal ürün deseni, toprak bilgileri ve iklim verileri sayısallaştırılan tarım parsellerine işlenerek her bir parsel için ArcCS veri tabanı oluşturulmuştur. 118348 farklı homojen tarım parseli için model uygulanarak tarımsal ürün verimleri elde edilmiştir.

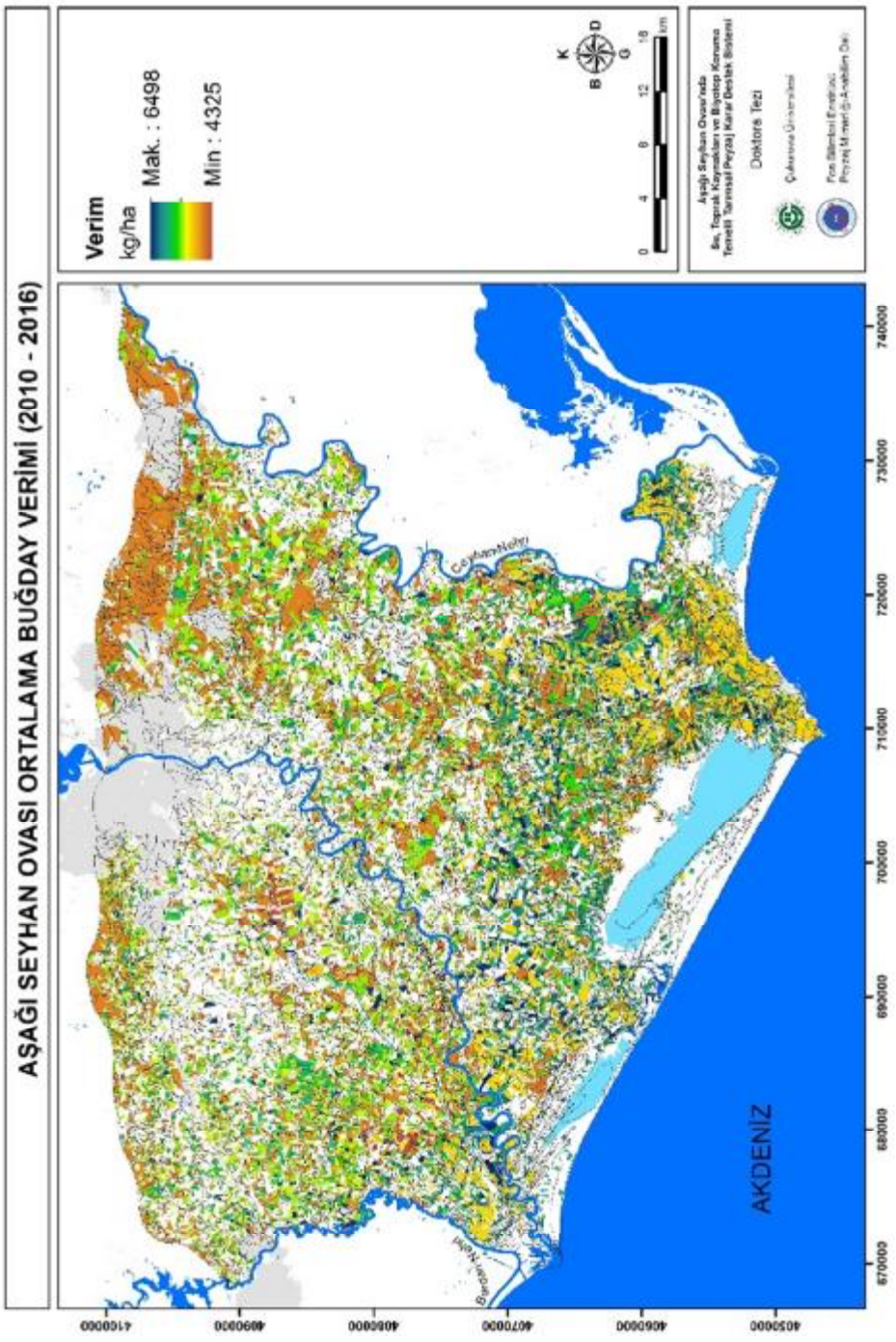
Buğday veriminde 2013 yılında bir düşüş olmasına rağmen her yıl giderek artış görülmektedir. Ova genelinde ortalama en yüksek verim 2016 yılında (6206

kg/ha) ortalama en düşük verim ise 2010 yılında (4751 kg/ha) olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 4.72).



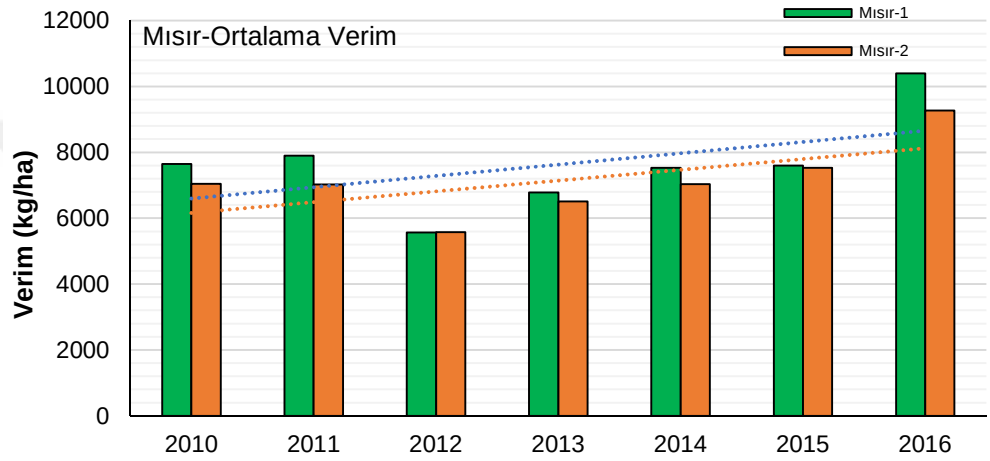

Şekil 4.72. Ortalama buğday veriminin yıllara göre model sonuçları

Konumsal olarak buğday verimliliği ovanın güney bölgelerindeki koyu mavi ve yeşil renkli alanlarda yüksek olmaktadır. Kuzey bölgelerde turuncu renkli alanlarda ise daha düşük verim alınmaktadır. Çalışma alanında yedi yıl içerisinde ortalama 36905 ha ekili alan ekilmiş ve 20515.78 ton/yıl buğday üretimi yapılmıştır. Yıllık ortalama buğday verimi 5514.6 kg/ha olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.73).



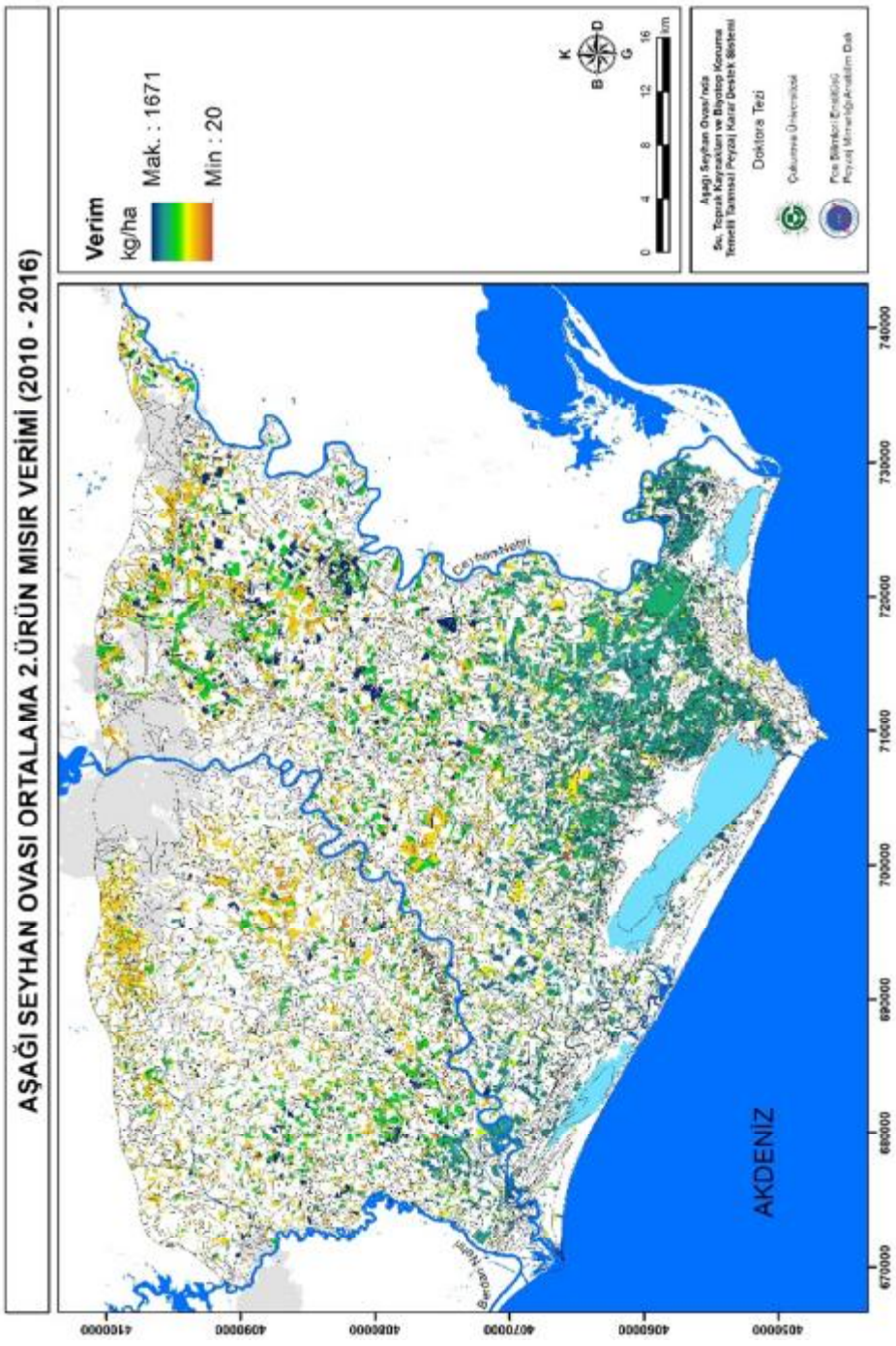

Şekil 4.73. ASO 2010-2016 yılları ortalama buğday verimi dağılımı

Mısır veriminde 2012 yılında ciddi bir düşüş görülürken 2016 yılı itibariyle son 6 yıldaki en yüksek verime ulaşmıştır. Ova genelinde ortalama en yüksek verim 2016 yılında (10392 (Mısır-1), 9270 (Mısır-2) kg/ha) ortalama en düşük verim ise 2012 yılında (5570 (Mısır-1), 5571 (Mısır-2) kg/ha) olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 4.74).



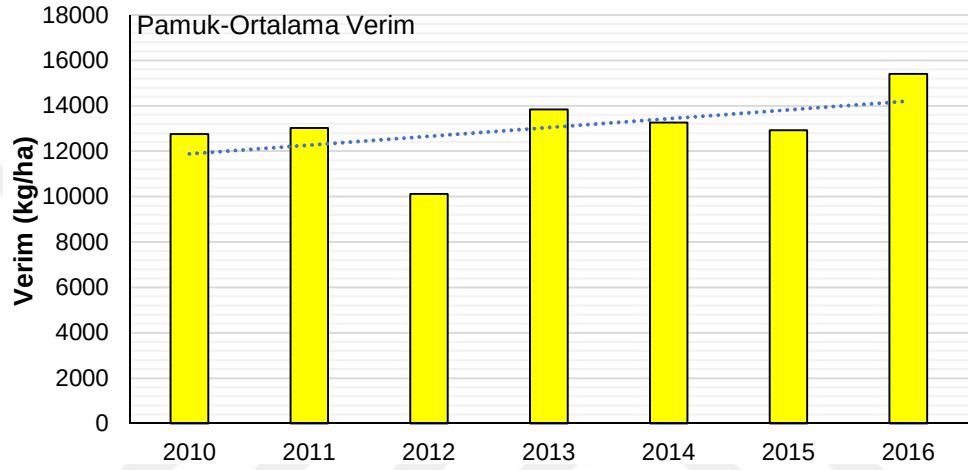

Şekil 4.74. Ortalama 1. ve 2. ürün mısır veriminin yıllara göre model sonuçları

İkinci ürün mısırda en yüksek verim koyu yeşil alanlar ile alanın kuzey doğusunda bulunan parsellerde olduğu hesaplanmıştır. Yeşil renkli alanın güney bölgelerinde verim ise bu alanlardan sonra yüksek verim hesaplanmaktadır. Alanın kuzey batı kısmında ise 2.ürün mısır düşük verim vermektedir. Yedi yıl için ortalama 6337.9 ha alan ekili olup 45297 ton/yıl ikinci ürün mısır üretimi gerçekleşmiştir. Yıllık ortalama ikinci ürün mısır verimi ise 7146.9 kg/ha olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.65).



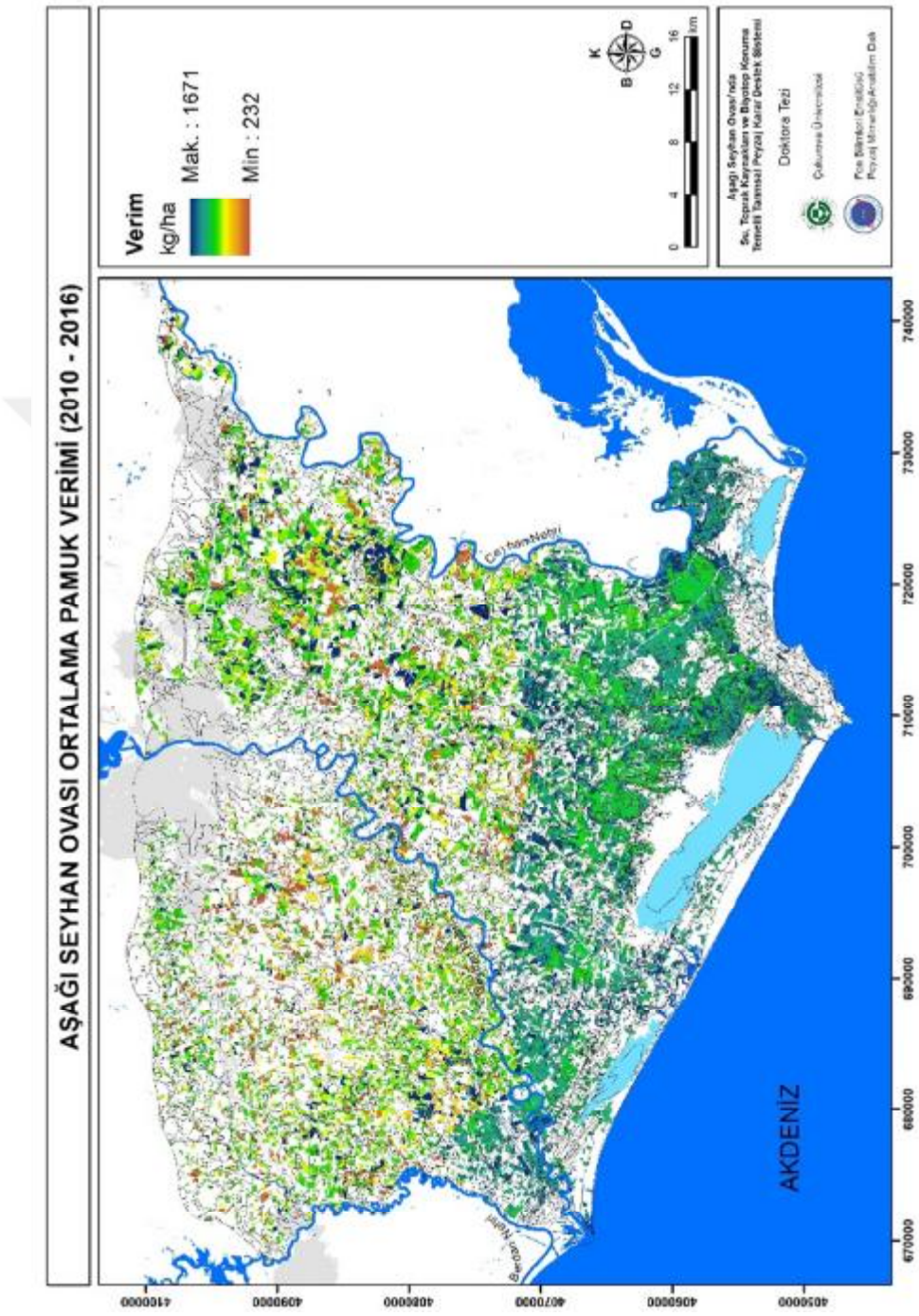

Şekil 4.75. ASO 2010-2016 yılları ortalama 2.ürün mısır verimi dağılımı

Pamuk veriminde mısır gibi 2012 yılında bir düşüş olmasına rağmen, 2016 yılına kadar bir artış göstermektedir. Ova genelinde ortalama en yüksek verim, 2016 yılında (15399 kg/ha), ortalama en düşük verim ise, 2012 yılında (10111 kg/ha) olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 4.76).




Şekil 4.76. Ortalama pamuk veriminin yıllara göre model sonuçları

Pamuk için en yüksek verim verimli bölge alanın kuzey doğusunda bulunan parsellerde ve denize yakın daha sıcak bölgelerde olduğu hesaplanmıştır. Son yedi yıl için ortalama 20515.8 ha alan ekilmiş ve 272193 ton/yıl pamuk üretimi gerçekleşmiştir. Yıllık ortalama pamuk verimi ise 13267.5 kg/ha olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.65).



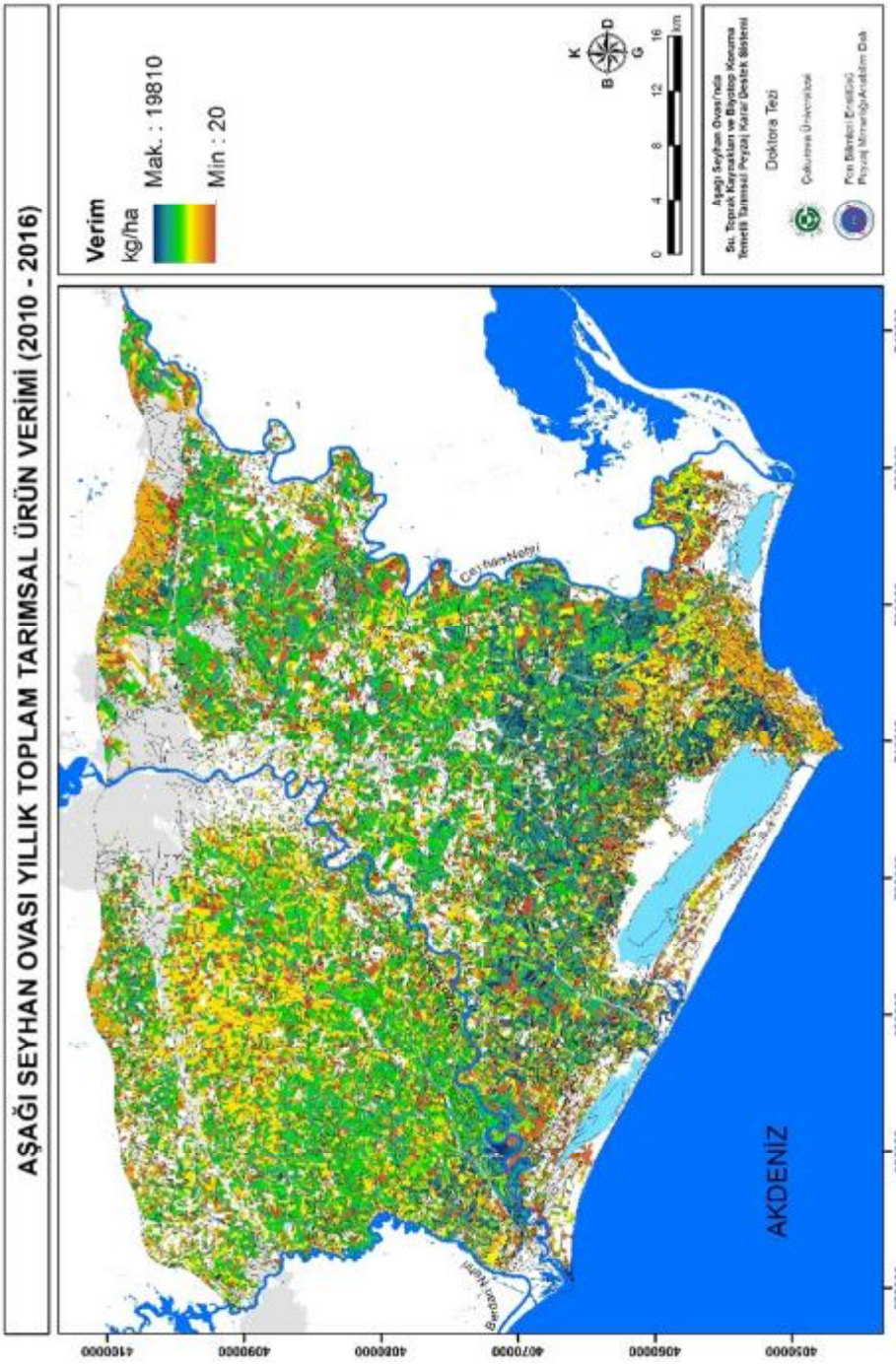

Şekil 4.77. ASO 2010-2016 yılları ortalama pamuk verimi dağılımı

Modelleme sonucuna göre Aşağı Seyhan Ovasında 2010-2016 yılları arasında toplam 1424625 ton buğday üretimi, 1905351 ton pamuk üretimi hesaplanmıştır (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. Tarımsal ürünlerin model verimlilik sonuçları

| | **Buğday** | | | **Pamuk** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ekili alan (ha) | Üretim (ton) | Verim (kg/ha) | Ekili alan (ha) | Üretim (ton) | Verim (kg/ha) |
| 2010 | 55707.24 | 264709 | 4751.8 | 26686.98 | 340474 | 12758.0 |
| 2011 | 35908.70 | 199059 | 5543.5 | 20698.09 | 269437 | 13017.5 |
| 2012 | 40423.25 | 243867 | 6032.8 | 10613.20 | 107313 | 10111.3 |
| 2013 | 38316.87 | 209020 | 5455.0 | 42170.02 | 583435 | 13835.3 |
| 2014 | 37685.83 | 210140 | 5576.1 | 16708.52 | 221667 | 13266.7 |
| 2015 | 29587.29 | 169300 | 5722.0 | 11572.50 | 149548 | 12922.7 |
| 2016 | 20708.54 | 128531 | 6206.7 | 15161.16 | 233478 | 15399.7 |
| **Ort** | **36905.39** | **203518** | **5514.6** | **20515.78** | **272193** | **13267.5** |
| **Toplam** | | **1424625** | | | **1905351** | |
| | **Mısır-1** | | | **Mısır-2** | | |
| | Ekili alan (ha) | Üretim (ton) | Verim (kg/ha) | Ekili alan (ha) | Üretim (ton) | Verim (kg/ha) |
| 2010 | 60999.39 | 466182 | 7642.41 | 13478.23 | 94902 | 7041.10 |
| 2011 | 48090.58 | 379646 | 7894.39 | 11715.84 | 82288 | 7023.67 |
| 2012 | 40506.42 | 225638 | 5570.42 | 1258.59 | 7012 | 5571.19 |
| 2013 | 54522.52 | 369475 | 6776.56 | 2075.81 | 13515 | 6510.76 |
| 2014 | 73560.74 | 553729 | 7527.50 | 9540.79 | 67152 | 7038.39 |
| 2015 | 66931.22 | 508576 | 7598.49 | 3536.44 | 26622 | 7527.97 |
| 2016 | 66935.64 | 695660 | 10392.97 | 2759.97 | 25585 | 9270.02 |
| **Ort** | **58792.36** | **456987** | **7772.89** | **6337.95** | **45297** | **7146.87** |
| **Toplam** | | **3198906** | | | **317076** | |

Ova genelinde yüksek miktarda ürün alımı daha sıcak bölgeler olan güney kısımların olduğu görülmektedir. En az verim alınan ise yıl boyunca sadece buğday ekimi yapılan yüksek topografyaya sahip alanlardır (Şekil 4.78).

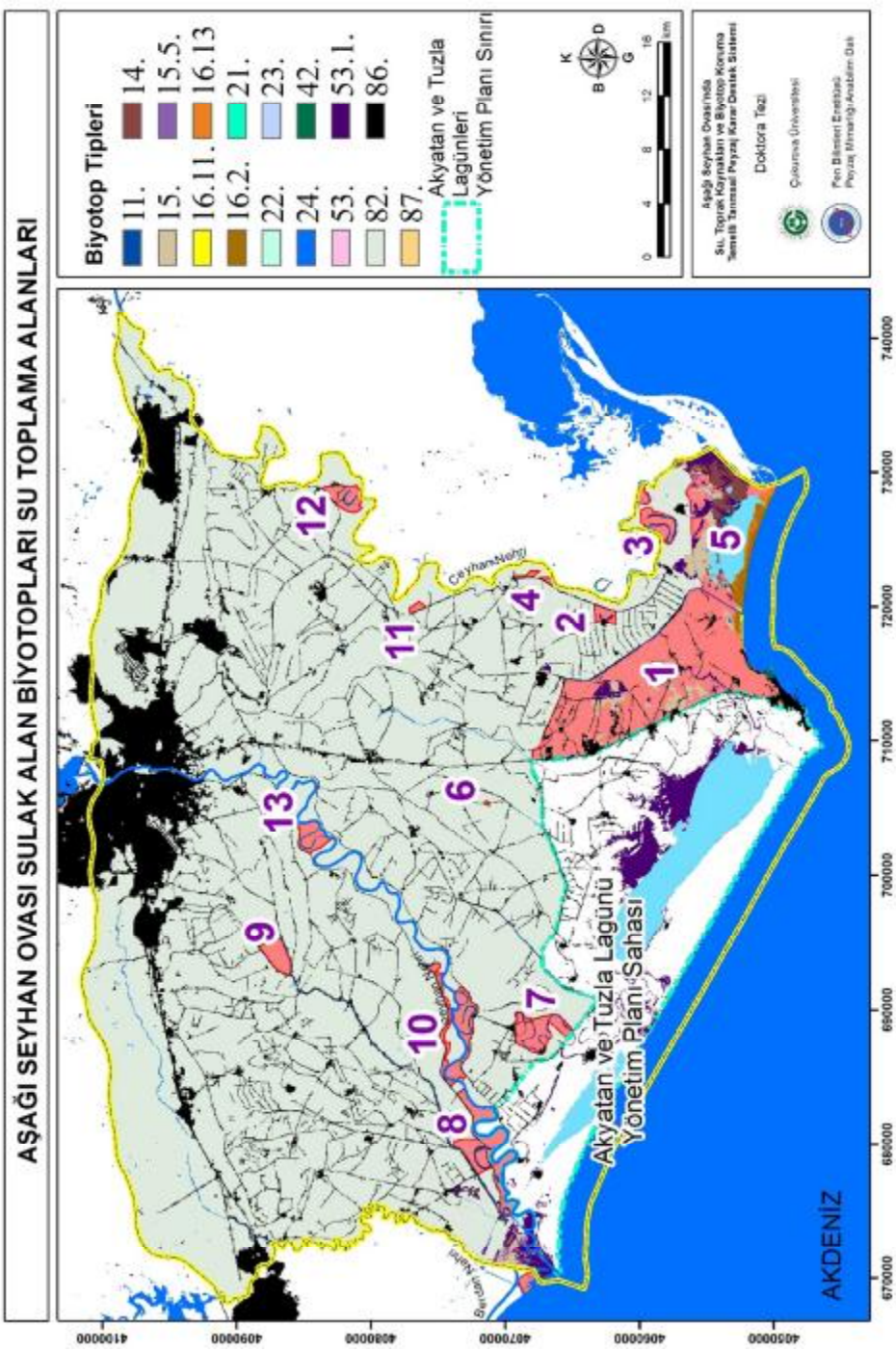



Şekil 4.78. ASO Yıllık toplam tarımsal ürün verimi (2010-2016)

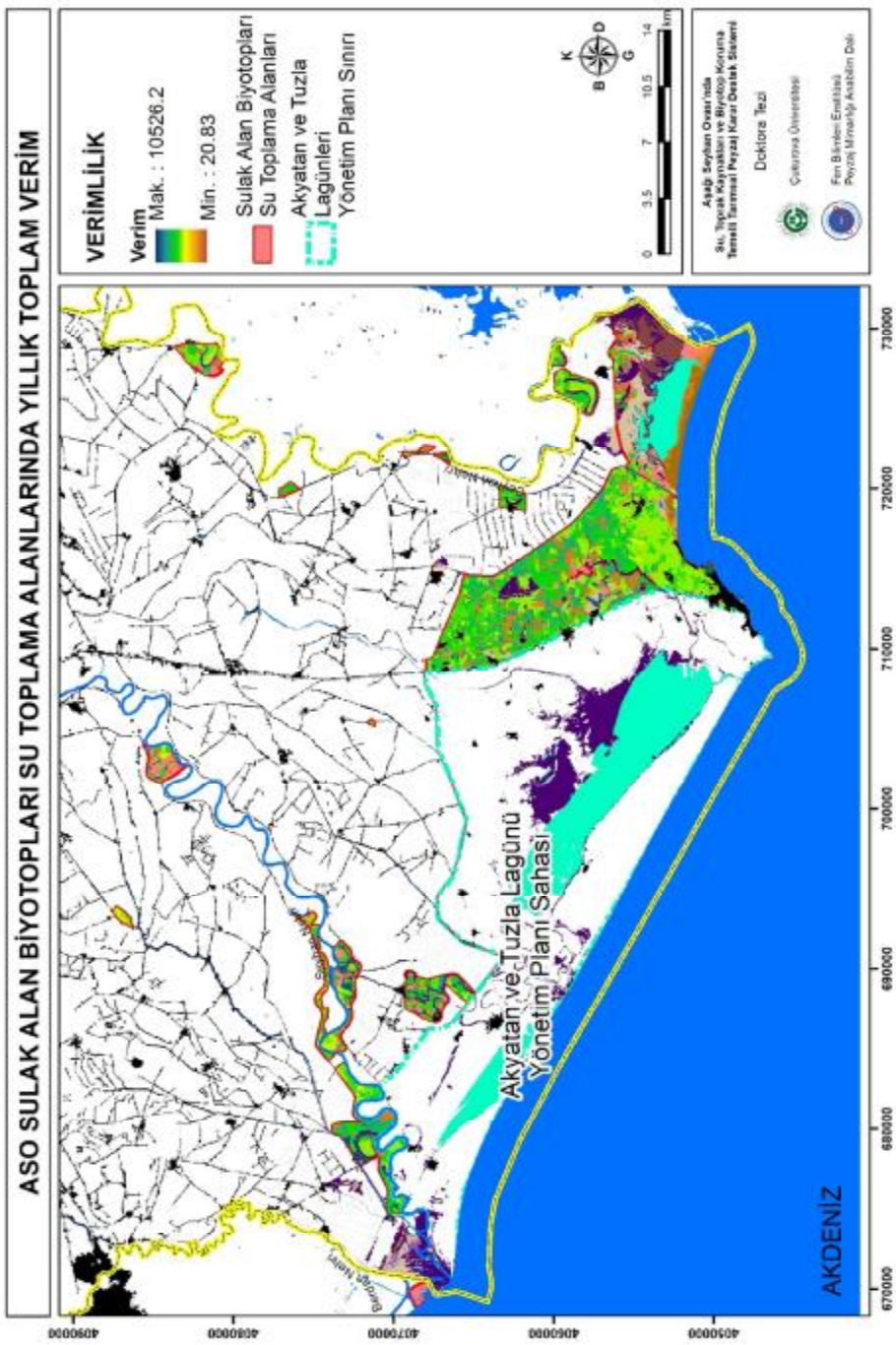
### 4.5. Sulak Alan Biyotopları Su Toplama Alanlarının Belirlenmesi

ASO'da ekosistem açısından önem taşıyan sulak alan biyotopları birinci dereceden besleyen tarımsal drenaj ağları dikkate alınarak su toplama alanları belirlenmiştir (Şekil 4.79). Yüksek çözünürlü uydu görüntüsü, sulama ve drenaj hatları, yollar gibi sınırlayıcı faktörler dikkate alınarak belirlenen bu alanlar için CropSyst modeli sonuçları değerlendirilmiştir.

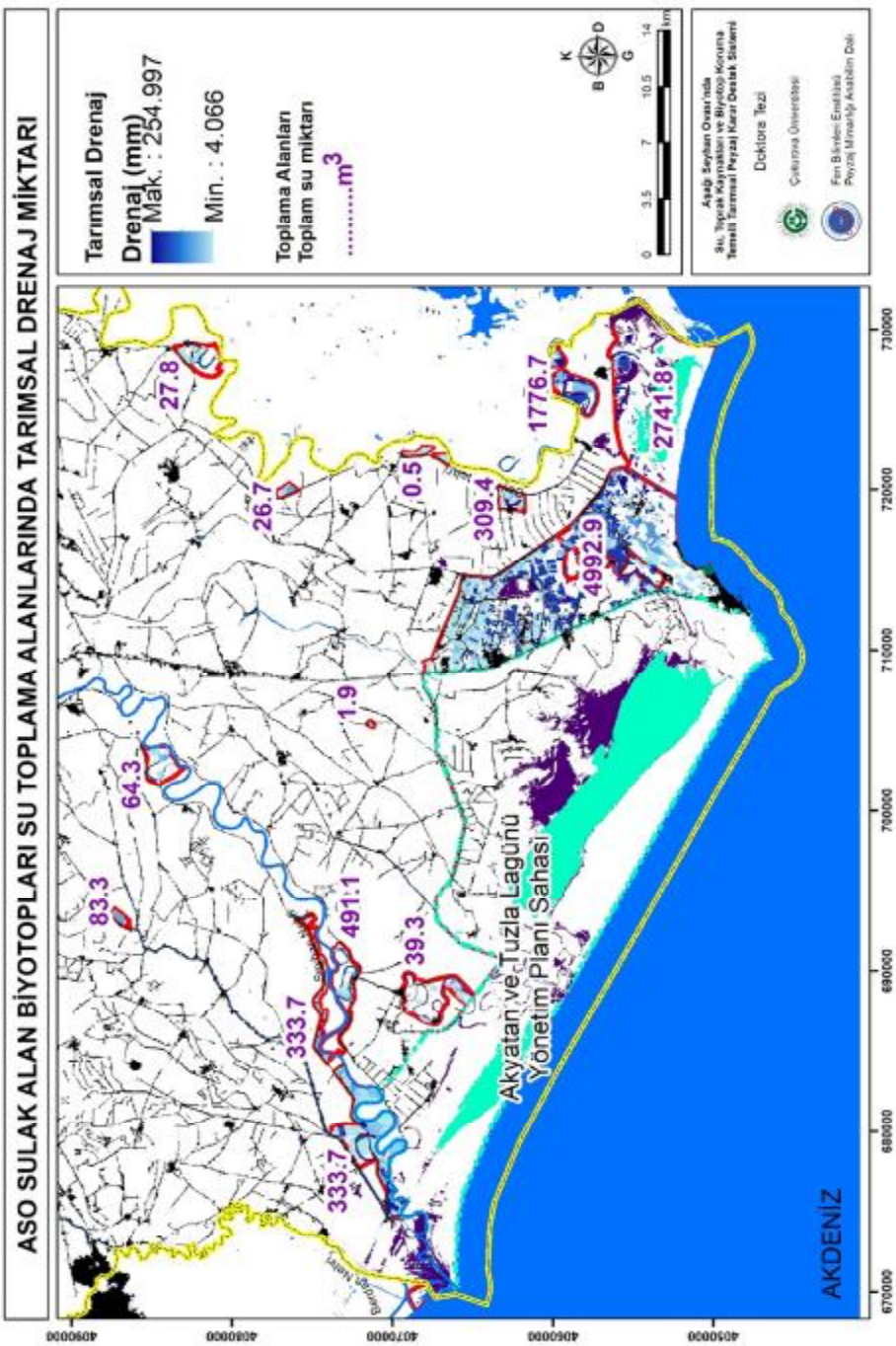
Bu alanlardan alınan 2010-2016 yılları arasında ortalama tarımsal verim 161548 ton/yıldır. Sulak alan biyotopları su toplama alanlarında ekili tarım parsellerden 20.83 kg/ha ile 10526.2 kg/ha arasında tarımsal ürün alınmaktadır (Şekil 4.80). Bu ekili tarım parsellerinden yıllık toplam 4 ile 254 mm arasında drenaj sulak alanlara taşınmaktadır (Şekil 4.81).




Şekil 4.79. Sulak Alan Biyotopları su toplama alanlarının belirlenmesi




Şekil 4.80. Sulak Alan Biyotopları su toplama alanlarında tarımsal verimlilik durumu




Şekil 4.81. 2016 yılında Sulak Alan Biyotopları su toplama alanlarından sulak alanlara drenaj ile giden su miktarı

Bahçe Bölgesi Sulak Alan Biyotopları su toplama alanlarında 2016 yılında tarımsal drenajlardan 4992.9 $m^3$ tarımsal su gelmektedir. Ataköy Sulak Alanı Bölgesi'ne 39.3 $m^3$, Ağyatan lagününe ise 2741.8 $m^3$ su girmektedir. Sulak Alan Biyotopları su toplama alanlarında ürün bazında drenaj ve verim açısından incelenerek sulak alanlara katkısı değerlendirilmiştir (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26. Sulak Alan Biyotopları su toplama alanlarında CropSyst modeli drenaj sonuçları (2016 yılı)

| | **1- Bahçe** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Mısır-1** | **Pamuk** | **Buğday** | **Mısır-2** |
| Drenaj ($m^3$) | 142.40 | 4003.15 | 796.69 | 50.71 |
| Drenaj (mm) | 0.01 | 0.21 | 0.05 | 0.11 |
| Üretim (ton) | 1159.4 | 2851.9 | 996.1 | 43.9 |
| Ekili alan (ha) | 1147.50 | 1942.42 | 1720.69 | 47.65 |
| Verim (kg/ha) | 1010.4 | 1468.2 | 578.9 | 921.2 |
| | **2- Kesik** | | | |
| | **Mısır-1** | **Pamuk** | **Buğday** | **Mısır-2** |
| Drenaj ($m^3$) | 10.67 | 11.05 | 12.77 | - |
| Drenaj (mm) | 0.012 | 0.23 | 0.05 | - |
| Üretim (ton) | 87.7 | 7.1 | 14.1 | - |
| Ekili alan (ha) | 86.01 | 4.72 | 24.22 | - |
| Verim (kg/ha) | 1019.7 | 1497.2 | 581.9 | - |
| | **3- Adalı** | | | |
| | **Mısır-1** | **Pamuk** | **Buğday** | **Mısır-2** |
| Drenaj ($m^3$) | 0.06 | 317.70 | 84.87 | - |
| Drenaj (mm) | 0.01 | 0.22 | 0.05 | - |
| Üretim (ton) | 0.5 | 218.4 | 91.1 | - |
| Ekili alan (ha) | 0.50 | 143.32 | 156.01 | - |
| Verim (kg/ha) | 1026.4 | 1524.0 | 583.8 | - |
| | **4- Kızıltahta** | | | |
| | **Mısır-1** | **Pamuk** | **Buğday** | **Mısır-2** |
| Drenaj ($m^3$) | 7.34 | - | - | - |
| Drenaj (mm) | 0.01 | - | - | - |
| Üretim (ton) | 59.5 | - | - | - |
| Ekili alan (ha) | 59.14 | - | - | - |
| Verim (kg/ha) | 1005.8 | - | - | - |

Çizelge 4.26. devamı

| | 5-Ağyatan | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Mısır-1** | **Pamuk** | **Buğday** | **Mısır-2** |
| Drenaj ($m^3$) | - | 406.67 | 24.12 | - |
| Drenaj (mm) | - | 0.21 | 0.05 | - |
| Üretim (ton) | - | 292.2 | 30.9 | - |
| Ekili alan (ha) | - | 193.32 | 52.96 | - |
| Verim (kg/ha) | - | 1511.4 | 582.9 | - |
| | **6-Çağırkanlı** | | | |
| | **Mısır-1** | **Pamuk** | **Buğday** | **Mısır-2** |
| Drenaj ($m^3$) | 0.90 | - | - | - |
| Drenaj (mm) | 0.02 | - | - | - |
| Üretim (ton) | 5.7 | - | - | - |
| Ekili alan (ha) | 5.45 | - | - | - |
| Verim (kg/ha) | 1052.5 | - | - | - |
| | **7-Ataköy** | | | |
| | **Mısır-1** | **Pamuk** | **Buğday** | **Mısır-2** |
| Drenaj ($m^3$) | 17.26 | 4.98 | 5.88 | 11.20 |
| Drenaj (mm) | 0.012 | 0.23 | 0.06 | 0.09 |
| Üretim (ton) | 141.8 | 3.3 | 6.0 | 12.6 |
| Ekili alan (ha) | 139.29 | 2.20 | 10.28 | 12.54 |
| Verim (kg/ha) | 1018.3 | 1523.3 | 583.7 | 1002.9 |
| | **8-Kefeli** | | | |
| | **Mısır-1** | **Pamuk** | **Buğday** | **Mısır-2** |
| Drenaj ($m^3$) | 86.71 | 288.81 | 158.66 | 5.11 |
| Drenaj (mm) | 0.01 | 0.23 | 0.06 | 0.12 |
| Üretim (ton) | 656.1 | 194.7 | 169.5 | 3.9 |
| Ekili alan (ha) | 634.27 | 126.77 | 281.75 | 4.24 |
| Verim (kg/ha) | 1034.5 | 1535.5 | 601.6 | 926.0 |
| | **9-Karayusuflu** | | | |
| | **Mısır-1** | **Pamuk** | **Buğday** | **Mısır-2** |
| Drenaj ($m^3$) | 24.12 | 27.54 | 92.80 | 1.02 |
| Drenaj (mm) | 0.02 | 0.17 | 0.07 | 0.10 |
| Üretim (ton) | 153.4 | 23.2 | 89.6 | 0.9 |
| Ekili alan (ha) | 145.83 | 16.29 | 138.87 | 0.97 |
| Verim (kg/ha) | 1052.2 | 1422.8 | 644.9 | 926.0 |

Çizelge 4.26. devamı

| | 10-Yenimurat | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Mısır-1** | **Pamuk** | **Buğday** | **Mısır-2** |
| Drenaj ($m^3$) | 7.78 | 12.74 | 17.41 | 3.22 |
| Drenaj (mm) | 0.01 | 0.18 | 0.06 | 0.09 |
| Üretim (ton) | 62.6 | 11.8 | 17.1 | 3.5 |
| Ekili alan (ha) | 60.82 | 7.09 | 28.75 | 3.49 |
| Verim (kg/ha) | 1029.0 | 1662.5 | 595.7 | 1001.9 |
| | **11-Akdam** | | | |
| | **Mısır-1** | **Pamuk** | **Buğday** | **Mısır-2** |
| Drenaj ($m^3$) | 3.04 | - | 18.65 | - |
| Drenaj (mm) | 0.02 | - | 0.06 | - |
| Üretim (ton) | 19.4 | - | 18.7 | - |
| Ekili alan (ha) | 18.41 | - | 29.07 | - |
| Verim (kg/ha) | 1052.1 | - | 642.3 | - |
| | **12-Herekli** | | | |
| | **Mısır-1** | **Pamuk** | **Buğday** | **Mısır-2** |
| Drenaj ($m^3$) | 16.51 | 0.01 | - | - |
| Drenaj (mm) | 0.02 | 0.16 | - | - |
| Üretim (ton) | 105.2 | 0.0 | - | - |
| Ekili alan (ha) | 99.94 | 0.00 | - | - |
| Verim (kg/ha) | 1052.6 | 1670.9 | - | - |
| | **13-Koyuncu** | | | |
| | **Mısır-1** | **Pamuk** | **Buğday** | **Mısır-2** |
| Drenaj ($m^3$) | 9.51 | - | 15.28 | 1.33 |
| Drenaj (mm) | 0.02 | - | 0.07 | 0.12 |
| Üretim (ton) | 60.6 | - | 15.0 | 1.0 |
| Ekili alan (ha) | 57.56 | - | 23.20 | 1.10 |
| Verim (kg/ha) | 1052.6 | - | 644.9 | 926.0 |

2016 yılına göre Sulak Alan Biyotopları su toplama alanlarında yapılan tarım uygulamaları sonucunda sulak alanlara drene edilen tarımsal parseller incelenmiştir. Genel olarak bakıldığında drenaj suları en yüksek pamuk bitkisinden, en düşük ise 1.ürün mısır bitkisinden geldiği hesaplanmıştır. Verim bakımından ise en yüksek verimden en düşük verime sırasıyla pamuk, 1.ürün mısır, 2.ürün mısır ve buğday ürünü gelmektedir.

Karnez (2010) tarafından yapılan çalışmada buğday ve mısırda azot girdi ve çıktılarının irdelenmiştir ASO için buğdayda 195 kgN/ha, 1.ürün mısırda 340 kgN/ha, 2.ürün mısırda 325 kgN/ha ve pamukta 232 kgN/ha gübre uygulandığı tespit edilmiştir. Bitki N alımını incelediğinde buğday bitkisinde 185 kgN/h, 1.ürün mısırda 307 kgN/ha ve 2.ürün mısırda 162 kgN/ha bitkiler tarafından alınmıştır. Sonuçta buğdaydan tarlalardan kaldırılan 185 kgN/ha değeri (10 kg N/ha sistemde kalmıştır) toprak ve su kaynakları için çok uygun bir değer olduğu görülmektedir. Toprakta kalan bu değerin de denitrifikasyonla kayıp olduğu öngörülmüştür. İkinci ürün mısırda kaldırılan azotun düşük olmasının en büyük nedeni hem toprak üstü biyokütlenin hem de tane veriminin düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

13 farklı Sulak Alan Biyotopları su toplama alanı için ekili ürünler ve bu ürünlere uygulanan toplam azotlu gübre miktarları ve tahmini suya karışan N miktarları değerlendirilmiştir. Alansal büyüklükle orantılı olarak en fazla Bahçe, Ağyatan ve Kefeli bölgesinde, en düşük ise Çağırkanlı, Akdam, Kızıltahta'da hesaplanmıştır. (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. Sulak Alan Biyotopları su toplama alanlarında azotlu gübre kullanımları

| | Ürünler | Gübre uygulama miktarı (kgN/ha) | Ekili alan (ha) | Uygulanan toplam azotlu gübre kg/N | Uygulanan toplam azotlu gübrenin %'lik dilimi | Bitkiler tarafından alınan N miktarı* (kgN/ha) (Karnez, 2010) | Tahmini suya karışan N miktarı | Tahmini suya karışan N miktarı % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-Bahçe | Buğday | 195 | 1720.7 | 335535 | 28.0 | 185 | 17207 | 5.1 |
| | Mısır-1 | 340 | 1147.5 | 390149 | 32.6 | 307 | 37867 | 9.7 |
| | Mısır-2 | 325 | 47.6 | 15485 | 1.3 | 162 | 7766 | 50.2 |
| | Pamuk | 235 | 1942.4 | 456468 | 38.1 | - | - | - |
| | **Toplam** | **1095** | **4858.3** | **1197637** | **100** | | **62841** | |
| 2-Kesik | Buğday | 195 | 24.2 | 4723 | 8.7 | 185 | 242 | 5.1 |
| | Mısır-1 | 340 | 86.0 | 29244 | 54.0 | 307 | 2838 | 9.7 |
| | Mısır-2 | 325 | 0.0 | 0 | 0.0 | 162 | 0 | - |
| | Pamuk | 235 | 86.0 | 20213 | 37.3 | - | - | - |
| | **Toplam** | **1095** | **196.2** | **54180.87** | **100.0** | | | |

Çizelge 4.27.devamı

| | Ürünler | Gübre uygulama miktarı (kgN/ha) | Ekili alan (ha) | Uygulanan toplam azotlu gübre kg/N | Uygulanan toplam azotlu gübrenin %'lik dilimi | Bitkiler tarafından alınan N miktarı* (kgN/ha) (Karnez, 2010) | Tahmini suya karışan N miktarı | Tahmini suya karışan N miktarı % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3-Adalı | Buğday | 195 | 156.0 | 30423 | 47.3 | 185 | 1560 | 5.1 |
| | Mısır-1 | 340 | 0.5 | 170 | 0.3 | 307 | 16 | 9.7 |
| | Mısır-2 | 325 | 0.0 | 0 | 0.0 | 162 | 0 | - |
| | Pamuk | 235 | 143.3 | 33681 | 52.4 | - | - | - |
| | **Toplam** | **1095** | **299.8** | **64274.08** | **100.0** | | | |
| 4-Kızıltahta | Buğday | 195 | 0.0 | 0 | 0.0 | 185 | 0 | - |
| | Mısır-1 | 340 | 59.1 | 20108 | 100.0 | 307 | 1952 | 9.7 |
| | Mısır-2 | 325 | 0.0 | 0 | 0.0 | 162 | 0 | - |
| | Pamuk | 235 | 0.0 | 0 | 0.0 | - | - | - |
| | **Toplam** | **1095** | **59.1** | **20108.44** | **100.0** | | | |
| 5-Ağyatan | Buğday | 195 | 53.0 | 10327 | 1.8 | 185 | 530 | 5.1 |
| | Mısır-1 | 340 | 0.0 | 0 | 0.0 | 307 | 0 | - |
| | Mısır-2 | 325 | 0.0 | 0 | 0.0 | 162 | 0 | - |
| | Pamuk | 235 | 2406.9 | 565616 | 98.2 | - | - | - |
| | **Toplam** | **1095** | **2459.8** | **575942.5** | **100.0** | | | |
| 6-Çağırkanlı | Buğday | 195 | 0.0 | 0 | 0.0 | 185 | 0 | - |
| | Mısır-1 | 340 | 5.4 | 1852 | 100.0 | 307 | 180 | 9.7 |
| | Mısır-2 | 325 | 0.0 | 0 | 0.0 | 162 | 0 | - |
| | Pamuk | 235 | 0.0 | 0 | 0.0 | - | - | - |
| | **Toplam** | **1095** | **5.4** | **1852.055** | **100.0** | | | |
| 7-Ataköy | Buğday | 195 | 76.7 | 14956 | 7.5 | 185 | 767 | 5.1 |
| | Mısır-1 | 340 | 497.3 | 169071 | 84.8 | 307 | 16410 | 9.7 |
| | Mısır-2 | 325 | 26.6 | 8632 | 4.3 | 162 | 4329 | 50.2 |
| | Pamuk | 235 | 28.4 | 6666 | 3.3 | - | - | - |
| | **Toplam** | **1095** | **628.9** | **199325** | **100.0** | | **21506** | |
| 8-Kefeli | Buğday | 195 | 281.7 | 54941 | 18.2 | 185 | 2817 | 5.1 |
| | Mısır-1 | 340 | 634.3 | 215652 | 71.5 | 307 | 20931 | 9.7 |
| | Mısır-2 | 325 | 4.2 | 1379 | 0.5 | 162 | 692 | 50.2 |
| | Pamuk | 235 | 126.8 | 29791 | 9.9 | - | - | - |
| | **Toplam** | **1095** | **1047.0** | **301763.1** | **100.0** | | | |
| 9-Karayusuflu | Buğday | 195 | 138.9 | 27079 | 33.5 | 185 | 1389 | 5.1 |
| | Mısır-1 | 340 | 145.8 | 49583 | 61.4 | 307 | 4812 | 9.7 |
| | Mısır-2 | 325 | 1.0 | 316 | 0.4 | 162 | 159 | 50.2 |
| | Pamuk | 235 | 16.3 | 3828 | 4.7 | - | - | - |
| | **Toplam** | **1095** | **302.0** | **80806** | **100.0** | | | |

Çizelge 4.27.devamı

| | Ürünler | Gübre uygulama miktarı (kgN/ha) | Ekili alan (ha) | Uygulanan toplam azotlu gübre kg/N | Uygulanan toplam azotlu gübrenin %'lik dilimi | Bitkiler tarafından alınan N miktarı* (kgN/ha) (Karnez, 2010) | Tahmini suya karışan N miktarı | Tahmini suya karışan N miktarı % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **10-Yenimurat** | Buğday | 195 | 28.8 | 5606 | 19.3 | 185 | 288 | 5.1 |
| | Mısır-1 | 340 | 60.8 | 20677 | 71.1 | 307 | 2007 | 9.7 |
| | Mısır-2 | 325 | 3.5 | 1133 | 3.9 | 162 | 568 | 50.2 |
| | Pamuk | 235 | 7.1 | 1667 | 5.7 | - | - | - |
| | **Toplam** | **1095** | **100.1** | **29083.72** | **100.0** | | | |
| **11-Akdam** | Buğday | 195 | 29.1 | 5669 | 47.5 | 185 | 291 | 5.1 |
| | Mısır-1 | 340 | 18.4 | 6261 | 52.5 | 307 | 608 | 9.7 |
| | Mısır-2 | 325 | 0.0 | 0 | 0.0 | 162 | 0 | - |
| | Pamuk | 235 | 0.0 | 0 | 0.0 | - | - | - |
| | **Toplam** | **1095** | **47.5** | **11930.09** | **100.0** | | | |
| **12-Herekli** | Buğday | 195 | 0.0 | 0 | 0.0 | 185 | 0 | - |
| | Mısır-1 | 340 | 99.9 | 33978 | 100.0 | 307 | 3298 | 9.7 |
| | Mısır-2 | 325 | 0.0 | 0 | 0.0 | 162 | 0 | - |
| | Pamuk | 235 | 0.0 | 1 | 0.0 | - | - | - |
| | **Toplam** | **1095** | **99.9** | **33979.05** | **100.0** | | | |
| **13-Koyuncu** | Buğday | 195 | 23.2 | 4524 | 18.5 | 185 | 232 | 5.1 |
| | Mısır-1 | 340 | 57.6 | 19572 | 80.0 | 307 | 1900 | 9.7 |
| | Mısır-2 | 325 | 1.1 | 358 | 1.5 | 162 | 180 | 50.2 |
| | Pamuk | 235 | 0.0 | 0 | 0.0 | - | - | - |
| | **Toplam** | **1095** | 81.9 | **24453.9** | **100.0** | | | |

***** Karnez (2010) tarafından hesaplanan değerler kullanılmıştır.

# 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Özellikle yüksek risk alanların korunmasına yönelik ortaya çıkan hassas koruma terimi peyzajın yönetimi ve korunması için mekânsal bilgileri kavramsallaştırarak kullanılmasını hedeflemektedir. Bu mekânsal bilgiler uzun yıllardan beri koruma, araştırma ve uygulamanın temelini oluşturmaktadır. Doğal ve tarımsal alanlar için mekânsal ve zamansal değişkenliği dikkate alan doğa koruma yönetim uygulamalarını yerine getirmek için Küresel konumlama sistemleri (GPS), UA, CBS gibi konumsal bilgi teknolojilerinin entegrasyonu ile konumsal ilişkilerin analizi kullanıma girmiştir. Belirtilen hassas koruma terimi, çevresel etkileri, bölgesel kirleticileri ve su kirliliğini azaltmak için birbiri ile coğrafi olarak ilişkili tarımsal alanları ve çevredeki fiziksel özellikleri, doğal koşulları ve sistem etkilerini kapsamaktadır.

Tarımsal alanların sürdürülebilir tarım politikaları doğrultusunda yönetilmesinin yanı sıra, tarımsal peyzajın korunması ve geliştirilmesi bölgedeki biyotop varlığının devamlılığı ve tarımsal ekosistemin korunması açısından önem arz etmektedir. Bu yüzden çalışmada, tarımsal peyzajın uygunluğunun saptanması için günümüz şartları göz önünde bulundurularak, ASO için tarımsal ürün deseni değişimi ile önemli biyotop alanlarını etkileyen tarımsal alanlar için doğa koruma stratejileri geliştirilmiştir. Böylece, bir tarımsal alanın, üretilen tarımsal ürün temelinde, üretkenliğine dayalı olarak ve bölgesel risk faktörleri değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak çalışma alanında yoğun tarım faaliyetlerinin etkilediği bölgeler tespit edilerek çevrenin sürdürülebilirliğine yönelik altlık bir veri oluşturabilmek için modelleme, haritalama ve analizler yapılmış, bu alanlarda uygulanabilecek tarımsal faaliyetler için öneriler geliştirilmiştir.

Çalışma alanı olarak belirlenen ASO, Türkiye'deki en verimli tarım alanlarını ve canlılar için önemli doğal alanları barındırmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre ülkemizde tarım, ülke ekonomisinin büyük bir kısmını

oluşturmaktadır. Bu tarımsal ekonomiye yılda en az iki ürün veren Çukurova bölgesinin tarımda önemini göstermektedir. Aşağı Seyhan Ovası'nda alınan başlıca ürünlere bakıldığında mısır, pamuk, soya ve turunçgillerin %10 ve fazlasının çalışma alanından elde edildiği görülmüştür. Soyada Türkiye üretiminin yaklaşık %40'lık bölümünü, Turunçgiller %27'lik bölümünü ve yerfıstığının %16'lık bölümü bu bölgeden sağlanmaktadır. Güneydoğu Anadolu Projesi kapsamında sulu tarımın yaygınlaşması ile Harran Ovasında pamuk üretimindeki artış bölgemizdeki pamuk ekiminde azalmaya neden olmuştur, ancak son yıllarda bu ürüne geri dönüş yaşanmıştır.

Çizelge 5.1. Çukurova Bölgesinin Türkiye tarımındaki durumu

| ÜRÜN | TÜRKİYE 2010-2016 | | | Aşağı Seyhan Ovası 2010-2016 | | | Türkiye'de Toplam Üretimde payı (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ekili alan (ha) | Üretim (Ton) | Verim (kg/ha) | Ekili alan (ha) | Üretim(Ton) | Verim (kg/ha) | |
| Buğday | 7836867 | 21110000 | 2694 | 36905 | 203518 | 5515 | 1 |
| Mısır | 643684 | 5410000 | 8405 | 65130 | 502284 | 7712 | 9 |
| Pamuk | 476709 | 2310000 | 4846 | 20515 | 272193 | 13268 | 12 |
| Soya | 34466 | 143075 | 4151 | 13426 | 55731* | 4151* | 39 |
| Yerfıstığı | 35358 | 129464 | 3662 | 5696 | 20856* | 3662* | 16 |
| Turunçgil | 113061 | 302694 | 2677 | 30893 | 82701* | 2677* | 27 |

* Türkiye ortalama verimi dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Bu çalışma kapsamında konumsal bilgi sistemleri yardımıyla tarımsal ürün deseni ve CORINE biyotop sınıflaması haritalanmıştır. Yazlık ve kışlık olmak üzere sınıflanan tarımsal ürün deseninde temel olarak buğday, kavun-karpuz, mısır, pamuk, soya, yer fıstığı ve turunçgil ürünleri tespit edilmiştir. Biyotop haritalama kapsamında CORINE biyotop sınıflaması kullanılmış ve 17 farklı biyotop tipleri tespit edilmiştir. Kıyı ve tuzcul topluluklar (7382 ha), denizel olmayan sular, (8283.5 ha) ormanlar (2414.6 ha), bataklıklar (7033.6 ha) ile tarımsal alanlar ve kültürel peyzajları içerecek şekilde üçüncü düzey sınıf temelinde sınıflanmıştır.

ASO'da tarımsal verimliliğin tahmininde CropSyst modeli her tarım parseli için 2010-2016 yılları arasında günlük olarak simüle edilmiştir. Obje tabanlı sınıflama yöntemi ile Landsat ve Sentinel-2 uydu verilerinde yüksek doğrulukla kışlık ve yazlık ürün deseni üretilmiştir. Ayrıca yüksek çözünürlü SPOT-6 uydu verisinden sayısallaştırılan 67907 adet tarım parseli verilerine toprak, iklim, ürün rotasyonu verileri işlenerek parsel bazında veri tabanı oluşturulmuştur. Bölgenin tarım ürünlerinden büyük çoğunluğunu kapsayan buğday, pamuk ve mısır ürünlerine uygulanan model ile tarımsal ürün verimliliğinde konumsal bilgi sistemlerin entegrasyonu sağlanmıştır.

Çalışmada kullanılan CropSyst ürün gelişim modeli günlük olarak çok yıllı ve çoklu ürün simülasyon modelidir. Ürün verimi tahmini tarımda politika ve karar alma süreçlerini desteklemesi nedeniyle karar vericilere önemli veri sağlamaktadır. Bitki gelişiminde önemli rol oynayan iklimin, verimlilik üzerindeki etkilerinin tahmini planlamada erken uyarı sistemi oluşturmaya yararlı olacaktır.

Bitki gelişiminde önemli rol oynayan bir diğer faktörler olan toprak, özelliklerinden dolayı dinamik yapıya sahiptir. Ürün verimliliği için CropSyst modeli uygulanmış ve tüm havzadaki toprak serileri bazında test edilmiştir. En yüksek verim alınan bölgeler Arkaca, Çanakçı ve Mürsel toprak serilerinde olduğu, en düşük verim ise Seyhan, Karataş ve Baharlı toprak serilerinde olduğu modellenmiştir (Çizelge 5.2).

Çalışma alanının dörtte birinden fazlası alüvyal topraklara (%76.5) sahip olduğu için genel olarak toprak serilerinde verimlilik yüksek çıkmıştır. Seyhan (26 cm) ve Karataş (55 cm) serilerinde toprak derinliğinin düşük olması ve %40'ın üzerinde kum oranın bulunması verimliliği %50 oranında düşürmektedir. Bu toprak serilerinde bulunan tarım alanları için buğday veya pamuk ekilmesi verimlilik ve sulak alanlara drene edilecek su miktarı bakımından önemlidir.

Çizelge 5.2. Toprak serileri bazında CropSyst Modeli verim sonuçları

| | Verim (kg/ha) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Buğday | Pamuk | Mısır-1 | Mısır-2 |
| Adana | 4685 | 8378 | 13083 | 7249 |
| Arikli | 4697 | 8390 | 13089 | 7264 |
| Arkaca | 4953 | 8476 | 13184 | 7388 |
| Arpaci | 4817 | 8435 | 13151 | 7340 |
| Baharli | 4445 | 8169 | 12412 | 6737 |
| Canakci | 4912 | 8453 | 13186 | 7374 |
| Gemisure | 4546 | 8193 | 12714 | 6996 |
| Golyaka | 4447 | 8060 | 13018 | 6498 |
| Helvaci | 4573 | 8229 | 12736 | 7083 |
| İncirlik | 4635 | 8348 | 12995 | 7192 |
| İnnapli | 4676 | 8358 | 13033 | 7211 |
| İsmailiye | 4707 | 8450 | 13159 | 7359 |
| Karabucak | 4431 | 8073 | 12820 | 6648 |
| Karataş | 3777 | 7140 | 11370 | 4626 |
| Kumul | 4361 | 8062 | 12198 | 6542 |
| Misis | 4517 | 8337 | 12967 | 7161 |
| Mürsel | 4921 | 8467 | 13181 | 7383 |
| Oymaklı | 4592 | 8280 | 12887 | 7061 |
| Pekmezci | 4713 | 8389 | 13086 | 7262 |
| Seyhan | 2768 | 4854 | 6707 | 2218 |
| Yenice | 4731 | 8391 | 13080 | 7256 |

Ovada genelinde buğday ekili alanlar 2010 yılından 2016 yılına %67 oranında azalırken, alınan verim %31 oranında artarak 6206 kg/ha olmuştur. Mısırda 2010 yılından 2016 yılına ekili alan %13 azalırken, verim artışı %36 olmuştur. Pamuk verimliliğinde ise 2010'da 2016 yılına %21'lik artış saptanmıştır. Toplam üretimin %21'i buğdaydan %28'i pamuktan %47'si 1.ürün mısır ve %4'lük kısmı 2.ürün mısırdan karşılanmaktadır.

Kıyı ovalarının verimli, iklimin uygun, su kaynaklarının bulunması tarımsal uygulamaların kıyı bölgelerinde yoğunlaşmasını sağlamaktadır. Kıyı alanları çok yönlü nitelikleri nedeni ile insanların her zaman ilgisini çekmiştir. Kıyılarda iklimin, karasal kesimlere göre daha uygun oluşu, yerleşim ve dinlence için tercih edilmelerine neden olurken, birçok ekonomik faaliyetlere de olanak sağlamıştır. Deltanın kıyı bölgesi yöre halkı tarafından rekreasyon amaçlı

kullanmakta ve yer yer ikinci konut yapılaşması bu bölgelere doğru kaymaktadır. Ayrıca kıyı kumullarında yapılan tarımsal uygulamalar hem kumulları tahrip etmekte hem de yer altı sularını kirletmektedir.

Kumullar; akarsu deltaları, lagün, haliç ve tuzlaların varlığı için gereklidir; deniz kaplumbağaları, fok balıkları, pek çok kuş türü gibi yalnız kıyı şeridinde bulunan nadir ve nesli tükenme tehlikesi altındaki bitki ve hayvan türünün korunması açısından yaşamsal önem taşımaktadırlar. Kıyı şeridinin gerisine dek uzanarak oluşan kumul sırtları sürekli değişim geçirirler; jeomorfolojik ve ekolojik özellikleriyle çeşitli sulak ve kurak alan ortamları meydana getirirler. Doğal sistemler diğer sistemler gibi birbirini tamamlayan işlevlere sahip oldukları için ekosistem dengelerinin bozulması verimliliği de etkilemektedir.

Böylece doğadaki türlerin ve biyotopların korunması önem kazanmaktadır. Buna göre; doğal ve kültürel peyzajın türler için yarattığı yaşam alanlarının biyotop haritalamasıyla tespit edilmesi, koruma alanlarının tesisi, fonksiyonel planlanması ve yönetiminin sağlanmasında ekolojik altlık oluşturarak biyolojik çeşitliliğin yerinde korunmasında önemli bir yere sahiptir. Bu yaklaşıma uygun olarak biyotop tiplerinin sınıflandırılması ve haritalanmasıyla koruma statüsü bulunmayan ekosistemlerin de araştırılarak, potansiyel ekolojik değerlerinin belirlenerek korunan alanlar için getirilecek kullanım sınırlamalarının bu alanlara da uygulanması sağlanacaktır.

Sulak alanlar için hidrolojik şartlar sağlanamadığında ekosistemler olumsuz yönde etkilenmektedir. Dolayısıyla su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi hizmetleri ile lagünlerin yönetim planlarının birlikte yürütülmesi ve uygulanması gerekmektedir. Çukurova'da; su, toprak kaynaklarının geliştirilmesi hizmetleri kapsamında yapılan Seyhan Barajı, Aslantaş Barajı, Çatalan Barajı, Seyhan ve Ceyhan Nehri seddeleri, sulama ve drenaj şebekeleri uygulanarak mevcut hidrolik koşullar değiştirilmiştir. Çukurova sulak alanları doğal olarak oluştuğu için yapılan su ve toprak kaynakları geliştirme yatırımlarından etkilenmiştir. Ekolojik dengenin sağlanması ve biyolojik çeşitliliğin korunmasında

büyük öneme sahip olan Aşağı Seyhan Ovası lagünlerinden Tuzla Lagünü'nün mevcut beslenme havzası yetersiz; Akyatan Lagününde drenaj kanallarından tatlı su beslemesi mevcut fakat lagün içi su sirkülasyonu yetersizdir. Ağyatan Lagünü ise Ceyhan nehrinden bir kanalla mevcut bir beslenme havzasına sahiptir.

Sulak alanlar su ihtiyacını tarımdan gelen drenaj sularıyla sağlamaktadır. Çalışmada birinci dereceden sulak alanları besleyen bu tarım alanları sulak alan biyotoplarının su toplama alanları olarak tanımlanmıştır. Bu alanların iklim bakımından daha sıcak bölgelerde olması ayrıca tarımsal verimliliği de artırmaktadır. Sulak alanlar için belirlenen on üç farklı su toplama alanlarında en fazla üretim Bahçe (1 nolu), en düşük Çağırkanlı (6 nolu) alanından karşılanmaktadır. Verimlilik açısından ise Ağyatan (1311.7 kg/ha) ve Çağırkanlı bölgesi (1052.5 kg/ha) en yüksek, Akdam (801.2 kg/ha) ve Karayusuflu (884.5 kg/ha) bölgeleri en düşük verime sahiptir.

Çizelge 5.3. Sulak Alan Biyotoplarının su toplama alanlarında CropSyst Modeli üretim ve drenaj miktarları

| No | İsim | Sulak alan yüzeyi (ha) | Etki alanı (ha) | Ekili tarım alanı (ha) | Üretim (ton) | Toplam Verim (kg/ha) | Drenaj (m3) | Drenaj (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **Bahçe** | 6267.2 | 13588.2 | 4858.3 | 5051.3 | 1039.7 | 4992.9 | 0.10 |
| 2 | **Kesik** | 19.6 | 172.3 | 115.0 | 108.9 | 947.1 | 34.5 | 0.03 |
| 3 | **Adalı** | 100.7 | 546.6 | 299.8 | 310.0 | 1033.9 | 402.6 | 0.13 |
| 4 | **Kızıltahta** | 8.7 | 73.6 | 59.1 | 59.5 | 1005.8 | 7.3 | 0.01 |
| 5 | **Ağyatan** | 1140.0 | 5052.7 | 246.3 | 323.0 | 1311.7 | 430.8 | 0.17 |
| 6 | **Çağırkanlı** | 1.8 | 8.5 | 5.4 | 5.7 | 1052.5 | 0.9 | 0.02 |
| 7 | **Ataköy** | 1473.9 | 893.2 | 628.9 | 622.3 | 989.4 | 183.4 | 0.03 |
| 8 | **Kefeli** | 144.6 | 1539.0 | 1047.0 | 1024.2 | 978.2 | 539.3 | 0.05 |
| 9 | **Karayusuflu** | 60.3 | 358.7 | 302.0 | 267.1 | 884.5 | 145.5 | 0.05 |
| 10 | **Yenimurat** | 86.7 | 638.2 | 100.1 | 95.0 | 948.6 | 41.1 | 0.04 |
| 11 | **Akdam** | 4.1 | 54.7 | 47.5 | 38.0 | 801.2 | 21.7 | 0.05 |
| 12 | **Herekli** | 30.4 | 396.5 | 99.9 | 105.2 | 1052.6 | 16.5 | 0.02 |
| 13 | **Koyuncu** | 36.9 | 392.6 | 81.9 | 76.6 | 935.4 | 26.1 | 0.03 |
| | **TOPLAM** | **9374.9** | **23714.8** | **7891.2** | **8086.8** | **1024.8** | **6842.8** | **0.09** |

Tarımsal sulama ile drenaja karışan su miktarları buğday, pamuk ve mısır ürünleri bazında değerlendirilerek sulak alan biyotoplarının su toplama alanları için

toplam su yükleri belirlenmiştir. En büyük su toplama alanını içeren Bahçe, 2016 yılında 11617.8 $m^3$, Ataköy Bölgesi Sulak Alanına 183.4 $m^3$, Ağyatan lagününe ise 430.8 $m^3$ su girişi sağlanmaktadır. Tarımdan gelen birim başına drenaj miktarı en yüksek Ağyatan (0.17 mm), Adalı (0.13 mm) ve Bahçe (0.09 mm) sulak alan biyotopları su toplama alanlarında meydana gelmiştir. Bu bölgelerde yüksek oranda pamuk ve buğday ekilmesi tarımsal drenajın yüksek miktarda olmasını sağlamıştır. En düşük drenaj miktarda ise Kızıltahta (0.01 mm), Herekli (0.02 mm), Ataköy, Koyuncu ve Kesik (0.03 mm) bölgelerinde meydana gelmesi tarımsal drenajı düşük olan 1.ürün mısırın ekilmesinden kaynaklanmıştır. Özellikle bu bölgelerde bulunan sulak alanların sürdürülebilirliği için pamuk veya buğday-ikinci ürün mısır rotasyonunun uygulanması desteklenmelidir. Ayrıca Ataköy ve Tuzla gibi yaban hayatı bakımından büyük öneme sahip sulak alanlara tarımsal drenaja ek olarak sulama kanalları veya Seyhan Nehrinden ek su sağlanması gerekmektedir.

Tarımdan gelen ortalama drenaj miktarı su toplama alanlarından en yüksek Ağyatan'da (0.17 mm) olması mısır gibi yüksek su tüketen ürünler yerine pamuk ve buğday ürünlerinin uygulanmasının sonucudur. Ayrıca Ağyatan Lagününe Ceyhan Nehrinden ek su girişi sağlanması ile lagün su ihtiyacı desteklenmektedir. Bahçe Bölgesi'ndeki sulak alanlara drenaj suları en yüksek pamuk bitkisinden (0.21 mm) en düşük ise 1.ürün mısır bitkisinden (0.01) geldiği hesaplanmıştır. Ataköy Bölgesi'nde ise pamukta 0.23 mm, 2.ürün mısırda 0.9 mm, buğdayda 0.6 ve 1.ürün mısırda 0.01 mm su drene edilmektedir (Çizelge 5.4). Bu alanlarda ürün verimliliği pamuktan 1.ürün mısır, 2.ürün mısır ve buğday ürününe doğru azalmaktadır.

Çizelge 5.4. Bahçe, Ağyatan Lagünü ve Ataköy Sulak Alanlarına drene edilen su miktarları

| | 1- Bahçe | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Mısır-1** | **Pamuk** | **Buğday** | **Mısır-2** |
| Drenaj ($m^3$) | 142.40 | 4003.15 | 796.69 | 50.71 |
| Drenaj (mm) | 0.01 | 0.21 | 0.05 | 0.11 |
| Üretim (ton) | 1159.39 | 2851.92 | 996.12 | 43.89 |
| Ekili alan (ha) | 1147.50 | 1942.42 | 1720.69 | 47.65 |
| Verim (kg/ha) | 1010.37 | 1468.23 | 578.91 | 921.18 |
| | **5- Ağyatan L.** | | | |
| | **Mısır-1** | **Pamuk** | **Buğday** | **Mısır-2** |
| Drenaj ($m^3$) | | 2696.95 | 44.87 | |
| Drenaj (mm) | | 0.99 | 0.07 | |
| Üretim (ton) | | 4112.36 | 393.90 | |
| Ekili alan (ha) | | 272.32 | 67.56 | |
| Verim (kg/ha) | | 1510.13 | 583.05 | |
| | **7- Ataköy** | | | |
| | **Mısır-1** | **Pamuk** | **Buğday** | **Mısır-2** |
| Drenaj ($m^3$) | 17.26 | 4.98 | 5.88 | 11.20 |
| Drenaj (mm) | 0.012 | 0.23 | 0.06 | 0.09 |
| Üretim (ton) | 141.84 | 3.35 | 6.00 | 12.58 |
| Ekili alan (ha) | 139.29 | 2.20 | 10.28 | 12.54 |
| Verim (kg/ha) | 1018.32 | 1523.26 | 583.75 | 1002.88 |

Model sonucunda en yüksek Pamuk ve 2.ürün mısırdan tarımsal drenaja su sağlanırken, buğday ve 1.ürün mısırdan az miktarda drenaj suları gelmektedir. Bu veriler özellikle yaz aylarında kuruyan veya kuruma seviyesine ulaşan sulak alanların drenaj ile su sağlanması için 1.ürün mısır yerine pamuk ekiminin desteklenmesinin önemini açıkça göstermektedir.

Tarımda uygulanan azotlu gübrelerle sisteme giren N, çalışmada sistemdeki toplam bütçe olarak öngörülmüştür. Gübrelemede N değerlendirilmiş olup diğer gübrelerin ve ilaçlamaların etkisi hariç tutulmuştur. Bahçe Sulak Alan Biyotoplarının su toplama alanlarında tarımda uygulanan toplam azotlu gübre miktarının %38.1'i pamuka, %32.6'sı 1.ürün mısır, %28.0'i buğday ve %1.3'ü 2.ürün mısıra uygulanmıştır. Uygulanan bu gübreler buğdayda %94.9'u, birinci ürün mısırda ise %90.3'ü bitki tarafından kullanılmaktadır. Ancak ikinci ürün mısır

uygulanmış bu gübrenin sadece %49.8'ini kullanmaktadır. İkinci ürün mısırda sistemde kalan bu %50.2'lik azotlu gübreler yıkanma sonucunda kolaylıkla su kaynaklarına karışabileceği sonucunu göstermektedir (Çizelge 5.5). Pamuk bitkisinde bölgemiz için bitkilerde alınan N miktarı değeri bulunamadığı için hesaplama yapılmamıştır. Ancak uygulanan güre miktarının mısıra göre az olması ve gübrenin pamuk bitkisi üzerinde yüksek etkisinin bilinmesi suya karışacak N miktarının ikinci ürün mısıra göre düşük olacağını göstermektedir.

Tarımsal gübrelerden yıkanarak gelen azot, nitrat formunu alarak sulak alanları, lagünleri ve denizi tehdit etmektedir, özellikle lagünlerdeki sığlaşma bu etkiyi daha da artırmaktadır. Azotlu gübrelerin suda çözünürlüklerinin fazla olduğu dikkate alınırsa, uygulanan bu yüksek dozların yıkanma sonucunda kolaylıkla su kaynaklarına karışabileceği görülmektedir. Azot uygulamasının bölge halkı tarafından benzerlik göstermesi ve tarla mülkiyetinin fazla olması nedeniyle uygulanan gübre miktarlarının tüm ovada benzer olmasına neden olmaktadır. Bölgesel düzeyde yapılan az sayıdaki toprak ve bitki analiz laboratuvar sonuçlarına göre çiftçilere verilen gübre kredi desteği çiftçilerin çoğunluğunun aynı miktarda uygulamasını sonuçlandırmaktadır. Böylece gübre uygulamaları toprak özelliklerine ve yıllara göre değişiklik göstermemektedir.

Çizelge 5.5. Bahçe, Ağyatan ve Ataköy Lagünlerine drene edilen tarımda azotlu gübre kullanım verileri

| | Ürün deseni | Gübre uygulama miktarı (kgN/ha) | Ekili alan (ha) | Uygulanan toplam azotlu gübre kg/N | Uygulanan toplam azotlu gübrenin %'lik dilimi | Bitkiler tarafından alınan N miktarı * (kgN/ha) (Karnez, 2010) | Tahmini suya karışan N miktarı | Tahmini suya karışan N miktarı % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-Bahçe | Buğday | 195 | 1721 | 335535 | 28.0 | 185 | 17207 | 5.1 |
| | Mısır-1 | 340 | 1147 | 390149 | 32.6 | 307 | 37867 | 9.7 |
| | Mısır-2 | 325 | 48 | 15485 | 1.3 | 162 | 7766 | 50.2 |
| | Pamuk | 235 | 1942 | 456468 | 38.1 | - | - | - |
| | **Toplam** | **1095** | **4858.25** | **1197637** | **100** | | | |
| 5-Ağyatan | Buğday | 195 | 53 | 10327 | 2.8 | 185 | 530 | 5.1 |
| | Pamuk | 235 | 1511 | 355169 | 97.2 | - | - | - |
| | **Toplam** | **1095** | **2459.8** | **575943** | **100.0** | | | |
| 7-Ataköy | Buğday | 195 | 10 | 2004 | 3.7 | 185 | 103 | 5.1 |
| | Mısır-1 | 340 | 139 | 47358 | 87.8 | 307 | 4596 | 9.7 |
| | Mısır-2 | 325 | 13 | 4077 | 7.6 | 162 | 2045 | 50.2 |
| | Pamuk | 235 | 2 | 517 | 1.0 | - | - | - |
| | **Toplam** | **1095** | **164.31** | **53956** | **100.0** | | | |

***** Karnez (2010) tarafından hesaplanan değerler kullanılmıştır.

Özellikle sulak alan biyotoplarının su toplama alanlarında olmak üzere tüm ova için bitki ve toprak özelliklerine göre azotlu gübre kullanılması, buğdayda %5, 1.ürün mısırda %10 ve 2.ürün mısırda %50 oranında azaltılması azot kullanım etkinliğinin maksimum oranda olmasını sağlayacaktır (Çizelge 5.6). Bu oranlarda gübre kullanımı azaltıldığında tarımsal drenaj suyu bakımından öncelik sırasına göre pamuk, 2.ürün mısır, buğday ve 1.ürün mısır ürünlerinin ekilmesi daha uygun görünmektedir. Gübre kullanım etkinliğinin artması ile azotlu gübrelerin drenaj sularına karışması azalarak kirlilik risk potansiyeli düşecektir. Sonuç olarak sulak alan biyotoplarının su toplama alanlarında yapılacak doğru tarım uygulamaları ile yöre halkının gelirini etkilemeden, birçok kuş türünün üreme habitatlarını oluşturan sulak alan ekosistemi korunacaktır.

Çizelge 5.6. Sulak alan biyotoplarının su toplama alanlarında azotlu gübre kullanımı

| Ürünler | Gübre uygulama miktarı (kgN/ha) | Ekili alan (ha) | Uygulanan toplam azotlu gübre kg/N | Uygulanan toplam azotlu gübrenin %'lik dilimi | Bitkiler tarafından alınan N miktarı (kgN/ha) (Karnez, 2010) | Tahmini suya karışan N miktarı | Tahmini suya karışan N miktarı % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Buğday | 195 | 4079.2 | 795452 | 16.5 | 185 | 40792 | 5.1 |
| Mısır-1 | 340 | 6589.4 | 2240397 | 46.4 | 307 | 217450 | 9.7 |
| Mısır-2 | 325 | 125.9 | 40915 | 0.8 | 162 | 20520 | 50.2 |
| Pamuk | 235 | 7436.8 | 1747640 | 36.2 | - | | |
| **Toplam** | **1095** | **18231.3** | **4824404** | **100** | | | |

Tarımsal kullanım analizlerinin çeşitli süreçlerinde planlanması gereken hususlar:

- Doğal habitatları ve sulak alan ekosistemini tarım ile bütüncül değerlendiren yönetim yaklaşımları, yürürlükteki sulak alan yönetim planlarına entegre edilmelidir.
- Sulak alanlar gerek ekolojik dengenin sağlanmasında gerekse biyolojik çeşitliliğin korunmasında büyük önem taşımalarının yanı sıra, yöre ve ülke ekonomisine önemli katkıları olan ekosistemlerdir. Gelecekte yaşanabilecek büyük su krizlerinin sadece su kaynakları üzerinde değil sulak alanlar üzerinde de yoğunlaşacağı kaçınılmaz olup bu alanların sürekliliğinin sağlanmasında tarımsal sistemlerle birlikte değerlendirilmesi önem taşımaktadır.
- Koruma statüsü bulunmayan ekosistemler öncelikli olarak değerlendirilmeli, potansiyel ekolojik değerlerinin belirlenmesi ile korunan alanlar için getirilecek kullanım sınırlamalarının bu alanlara da uygulanması önerilmektedir.

- Beyana dayalı tarımsal verilerin yanı sıra, konumsal modellerin kullanılması üretim raporlarının erken ve doğru hesaplanmasını sağlayacaktır.
- Planlama yapılan bölgedeki doğa koruma alanları veya potansiyel koruma alanlarının statüleri belirlenmeli ve bu alanların zarar görmemesi için uygun bir tarımsal planlama sistemi geliştirilmelidir.
- Bölgedeki halkın görüşlerini de dikkate alan, ekonomik ve ekolojik kaygıları birlikte gözeten sürdürülebilir bir alan kullanım uygunluğunun önerilmesi önemlidir.
- Bölgesel alan kullanım kabiliyetleri ve ülke ihtiyaçları doğrultusunda, tarımsal teşviklerin bir yıl yerine birkaç yıllık olarak ve merkezden havza bazında bir sistemden ziyade bölgesel olarak yönetilen ve bu tez çalışmasında olduğu gibi parsel tabanlı bir sisteme oturtulması, üretim – koruma – kullanım ve ekonomik getiri açısından daha verimli olması beklenir. Ayrıca, verim tabanlı sistemlerde, tarım dışı arazi kullanımlarının tarıma vereceği zarar çok daha doğru hesaplanırken, yapılacak olan tarım dışı kullanımın ekonomiye ve ekosisteme vereceği uzun vadedeki zarar durumu da somut olarak ortaya konabilir. Tarımsal alanların ekosistem servisleri bağlamında düşünüldüğünde, ekosisteme sağladığı ekonomik değer katkısı da net olarak hesaplanabilir.

Çalışmanın olası sonuçları hedef gruplarına göre çeşitlenmekte ve özelleşmektedir.

**Devlet Kurum ve Kuruluşları**: Bölgedeki ürün deseni ve rekoltenin periyodik olarak tahmini ile bölge ve ülkemiz stratejik planlamalarında, tarım politikalarının geliştirilmesinde, kalkınma planlarının oluşturulmasında, doğru ürün seçiminin desteklenmesinde ve uluslararası rekabette avantajlı duruma geçilmesinde daha etkin sonuçlar alınmasına faydalı olmaktadır.

**Tarıma bağlı sanayi**: Bölgedeki tarımsal ekim alanları ve verimi, tarımsal sanayinin (paketleme, işleme vb.) gelişim ve üretim stratejilerini daha doğru belirlemesine destek olacaktır. Yeni kurulacak işletme türü ve yerinin doğru tespit edilmesine yardımcı olunması, tarımsal ürün bazlı işletmelerin yıllık hammadde planlamasına (temin, fiyat vb.) bilgi sağlaması, tarımsal uygulamaya yönelik malzeme üreten işletmeler için üretim planlamalarının daha etkin yapılmasını destekleme, tarımsal üretimdeki zamansal değişim, eğilim ve özelleşmelerin tespit edilmesine katkı vermek.

**Sulama Birlikleri:** Sulama birliklerinin, sınırları dahilindeki ürünlerin parsel bazında tespiti ile daha ekonomik ve doğru fiyatlandırma ve tahsilat yapabilmelerinin sağlanması, üretici ve ihracatçı birliklerinin, hedef ürünler bazında bölgedeki ekim/dikim alanlarının ve miktarlarının tahmin edilmesiyle mevcut ve gelecek planlama kararlarını daha doğru verebilmelerinin desteklenmesi, bölgedeki ürünlerin üretim alanları ve miktarlarının net olarak ortaya konmasıyla üretici, tüccar ve ihracat sektörlerinin uzlaşmalarının daha hızlı ve kalıcı olmasının sağlamak.

**Tarımsal ticaret ve pazarlama sektörü**: Ticari kapsamda ilgilenilen tarımsal ürün ve alan bazında çiftçiler için konulan hedefler bu sektör için de geçerli olmaktadır. Bu kapsamda mevcut konular dahilinde üretilen bilgiler ışığında bu sektörün fiyat belirlemede daha kesin ve doğru kararlar üretebilmelerinin sağlanmasına destek olmak.

**Çiftçiler**: Alanın yükseklik, eğim, bakı gibi topografik özelliklerin tespiti ile daha uygun ürün seçimi, sorunlu alanların tespiti ve önlemlerin öngörülmesi, alanın iklim koşullarının tespiti ile olumsuz koşullar için önlemlerin geliştirilebilmesi, toprağın bileşenleri, su bütçesi ve tektürü gibi yapısal özelliklerinin takibi ile gübreleme ve sulama gibi tarımsal uygulamaların daha net planlanması ve ürün rekoltesinin hasattan önce tahmin edilmesi ile pazarlama stratejilerinin daha doğru yönlendirilmesinde etkin olması hedeflenmektedir.

## KAYNAKLAR


Abi Saab, M.T., Todorovic, M., Albrizio, R., 2015. Comparing AquaCrop and cropSyst models in simulating barley growth and yield under different water and nitrogen regimes: Does calibration year influence the performance of crop growth models? Agric. Water Manag. 147, 21–33.

Acutis, M., Donatelli, M., 2003. SOILPAR 2.00: software to estimate soil hydrological parameters and functions. Eur. J. Agron.,18: 373-377.

Acutis, M., Donatelli, M., Stöckle, C.O., 1998. Comparing the performance of three weather generators. Proceedings of the C.O. Stöckle et al. Europ. J. Agronomy 18:289-307 303 Fifth European Society for Agronomy Congress, Nitra, Slovak Republic, 28 June-2 July, vol. II, 117-118.

Acutis, M., Donatelli, M., Stökle, C.O., 1999. Performance of two weather generators as a function of the number of available years of measured climatic data. Proceedings First International Symposium Modelling Cropping Systems, Lleida, Spain, 21-23 June, 129-130.

ADANA İL ÇEVRE VE ORMAN MÜDÜRLÜĞÜ, 2009. İl Çevre Durum Raporu, Adana İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Adana.

Adekalu, K.O., Fapohunda, H.O., 2006. A numerical model to predict crop yield from soil–water deficit. Biosyst. Eng. 94: 359–372.

Aggarwal, P.K. 1993. Agro-acological zoning using crop grawth simulation models: characterization of wheat environments in India. In systems approaches for sustainable agricultural development, F.W.T Penning de Vries Ed. Kluwer Academic Publishers, Dorsrect, Nederlands, 97-109.

Aggarwal, P.K. ve MALL, R.K., 2002. Climate Change and Rice Yields in Diverse Agro-Environments of India. II. Effect of Uncertainties in Scenarios and Crop Models on Impact Assessment. Climatic Change, 52(3):331–343.

Akgül, M.A., 2015. Aşağı Seyhan Ovası Sol Sahil Sulaması, Su ve Nitrat Bütçesinin Modellenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve CBS Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 97s.

Akın T., Yıldırım C., Çakan H., 2014. Tarım ve Hayvancılıkta Bilişim Tabanlı Karar Destek Sistemleri, XVI. AKADEMİK BİLİŞİM - AB 2014 Konferansı, Mersin, 5-7 Şubat 2014. http://ab.org.tr/ab14/bildiri/27.pdf

Aksoy, H., ve A. Sarıyev., 1997. Çukurova bölgesinde Arık ve Menzilat toprak serilerinde Cropsyst modeli aracılığıyla Diyarbakır-81 buğday çeşidinde potansiyel verimliliğin hesaplanması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi (8):151-158. Adana.

Alexadrov, V. ve Eitzinger, J., 2002. Potential Climate Change Impact On Winter Wheat and Spring Barley in Austria. Global Change Biol., 84: 372–389.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Irr. Drain. Paper 56. UN-FAO, Rome.

Alphan, H., 1998. Yumurtalık Dalyan Çamlıgı Tabiatı Koruma Alanının Yönetim Planlaması için Bir Veri Bankasının Olusturulması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı ,Yüksek Lisans Tezi no.1414, ADANA.

Arıoğlu H., 2013. Soya Tarımı, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü. 12s.

Arkin, G.F., Vanderlip, R.L., Ritchie, J.T., 1976. A dynamic grain sorghum growth model. Trans. ASAE 19, 622-626,630.

Artar, M., 2002, Çukurova Deltasında Tuzla ile Yumurtalık Tabiatı Koruma Alanı Arasındaki Kıyı Seridinde Önemli Biyotopların Haritalanması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlıgı Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

Arthur, A., and Jagtap, 1995. Application of models and geographic information system based decision support system in analysing the effect of rainfall on maize yield stability Sustain Africa, 3:2-15.

Arthur, A.A., 2005. Aggarwal, P. K. ve Mall, R. K., 2002. 'Climate Change and Rice Yields in Diverse Agro-Environments of India. II. Effect of Uncertainties in Scenarios and Crop Models On Impact Assessment'. Climatic Change, 52(3): 331–343.

Asseng, S., Jamieson, P. D., Kimball, B., Pinter, P., Sayre, K., Bowden, J. W., Howden, S. M., 2004. Simulated Wheat Growth Affected by Rising Temperature, İncreased Water Deficit and Elevated Atmospheric CO2. Field Crops Research 85:85–102.

Atik, M., 1997, Adana Kentinde Biyotopların Haritalanması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

Atik, M., 1999. Enviromental Problems of Coastal Wetlands in the case of Çukurova Delta. Fourth International Training Programme on Beach Management in the Mediterranean and the Black sea, 13-17 July 1999, Valletta-Malta.

Attri, S. D. ve Rathore, L. S., 2003. Simulation of Impact of Projected Climate Change On Wheat In India, Int. Journal Of Climatology 23: 693-705.

Başar Z., 2016. Çatalca ilçesinin (İstanbul) biyotoplarının floristik ve ekolojik özellikleri, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı.

Başıbüyük, M., 1992. Göksu Deltası Su Kirlilik Düzeyi ve Su Kalitesinin Belirlenmesi. ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Adana.

Baydar, A., 2010. Seyhan Ovası Koşullarında İklim Değişikliklerinin Pamuk Bitkisi Üzerindeki Olası Etkilerinin İncelenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 57s.

Bayraktar S., 2013. Zekeriyaköy vadisi biyotopları üzerine araştırmalar. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi, 122s.

Bechini L., De Palma R., Romani M., Bocchi S., 2000. Calibration and validation of the simulation model CropSyst for the growth of Italian rye grass (*Lolium multiflorum Lam.*).3rd International Crop Science Conference, 36. Hamburg, Germany, 17-22 August.

Bechini, L., Bocchi, S., Maggiore, T., Confalonieri, R., 2006. Parameterization of a cropgrowth and development simulation model at sub-model components level. Anexample for winter wheat (*Triticum aestivum L.*). Environ. Modell. Softw., 21:1042–1054.

Belgiu, M., Dragut, L., 2014. Comparing supervised and unsupervised multiresolution segmentation approaches for extracting buildings from very high-resolution imagery. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 96: 67-75.

Bellocchi G., Ashman M., Shevtsova L., Donatelli M., Smith P., Romanenkov V., Smith J., Dailey G., 2000.Using CropSyst and SUNDIAL to simulate soil organic matter dynamics at two sites in Eastern Europe. 3rd International Crop Science Conference, 44. Hamburg, Germany, 17-22 August.

Benton, T.G., Vickery, J., Wilson, D., 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? Trends Ecol. Evol. 18:182–188.

Berberoğlu, S., 1994. Türkiye'nin Doğu Akdeniz Kıyılarında Yapılan Kumul Ağaçlandırma Çalışmalarının Kumul Ekosistemi Üzerine Bir Araştırma. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim dalı, Yüksek Lisans Tezi. Adana.

Berberoglu, S., Lloyd, C.D., Atkinson, P.M., Curran, P.J., 2000. The integration of spectral & texture information using neural networks for land cover mapping in the Mediterranean. Computers and Geosciences. 26: 385-396.

Bergez, J.E., Colbach, N., Crespo, O., Garcia, F., Jeuffroy, M.H., Justes, E., Loyce, C., Munier-Jolain, N., Sadok, W., 2010. Designing crop management systems by simulation. Eur. J. Agron. 32: 3–9.

Bindi, M., Donatelli, M., Fibbi, L., Stockle, C.O., 1999. Estimating the effect of climate change on cropping systems at four European sites. Proceedings First International Symposium Modelling Cropping Systems, Lleida, Spain, 21-23 June, pp. 147-148.

Blaes, X., Vanhalle, L., ve Defourny, P., 2005. Efficiency of crop identification based on optical and SAR image time series. Remote Sensing of Environment, 96: 352-365.

Bolca, M., Kurucu, Y., Altınbaş, Ü., 2003. Batı Anadolu Bölgesi 2002 Yılı Pamuk Ekili Alanların ve Ürün Rekoltesinin Uzaktan Algılama Tekniği Kullanılarak Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Ege Ünv. Zir. Fak. Dergisi cilt: 40 Sayı: 2.

Boote, K. J., Jones. W. J., and N. B. Pickering. 1996. Potential Uses and Limitations of Crop Models. Agron. J. 88:704-716. doi:10.2134/agronj1996.00021962008800050005x

Bouman, B.A.M., 1996. The school of de wit crop growth simulation models: a pedigree and historical overview, Agric. Syst., 52:171-198.

Bouniols, A., Cabelguenne, M., Jones, C.A., Chalamet, A., Charpenteau, J.L., Marty, J.R., 1991. Simulation of soy- bean nitrogen nutrition for a silty clay soil in southern France. Field Crop Res. 26: 19-34.

Bozkurt, S.G., 2016. Gürün (Sivas) İlçe Merkezi Biyotoplarının Özellikleri ve Haritalanması Üzerine Araştırmalar. İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 345s.

Buring, P.H.D.J., Heemst, V., Staring, G., 1979. Potantial World food production. In MOIRA, model of international relations in agriculture, Contributions to economic annals, Vol. 124, H Linnemann, Ed. North Holland Publising Company, Amsterdam, New York, 19-74.

Burrough, P. A. & McDonnell, R. A., 1998. Principles of geographic information systems. Oxford University Press: New York.

Çakan, H., 2001. Çukurova Deltası'nın Tehlike Altındaki Endemik ve Nadir Türleri. Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları III. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 01 Konferansı Bildiriler Kitabı. 26-29 Haziran 2001, İstanbul.

Çakan, H., Düzenli, A. ve Karaömerlioğlu, D., 2003. Çukurova Deltası (Yumurtalık Lagünü, Akyatan, Ağyatan ve Tuz Gölü) Vejetasyonun Araştırılması, TÜBİTAK Proje No: TBAG-1793 (199T022), Adana.

Çakan, H., Yilmaz, K.T., Alphan, H., Ünlükaplan, Y., 2011. The Classification And Assessment Of Vegetation For Monitoring Coastal Sand Dune Succession: The Case Of Tuzla İn Adana, Turkey. Turk J Bot 35:697–711. doi:10.3906/bot-1001-300

Çakmak, B., Aküzüm, T., 2008. Türkiye'de tarımda su yönetimi, sorunlar ve çözüm önerileri. TMMOB Su Politikaları Kongresi, 349-360.

Campbell, G.S., 1985. Soil Physics with Basic. Elsevier, Amsterdam.

Castellvi, F., Stöckle, C.O., 2002. Comparing the performance of WGEN and ClimGen in the generation of temperature and solar radiation. Trans. ASAE 44: 1683-1687.

Castellvi, F., Stöckle, C.O., Ibanez, M., 2002. Comparing a locally calibrated versus a generalized temperature generation process. Trans. ASAE 44: 1143-1148.

Çelik, M. A., Kızılelma, Y., Denizdurduran, M. &Gülersoy A.E., 2013. Farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak Aşağı Seyhan Ovası güneyindeki sulak alanlarda meydana gelen değişimin incelenmesi (1990-2010). Turkish Studies, 8(12): 263-284.

Çepel, N., 1982. Ekoloji Terimleri Sözlüğü (Almanca-İngilizce-Türkçe). Ġ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No.: 324, İstanbul, 357s.

Çepel, N., 1995. Orman Ekolojisi Der. Kitabı. İ.Ü Yayınları. Orman Fakültesi Yayın No: 423.

Çetin, M., İbrikçi, H., Berberoğlu, S., Gültekin, U., Karnez, E., Selek, B., 2012. Yarı Kurak İklimli Akdeniz Bölgesi Tarım Alanlarında Tuzluluk Etkisini Azaltmak İçin Sulama Randımanlarının Analiz ve Optimizasyonu (Medsalin), TÜBİTAK proje sonuç raporu, proje no:108O582.

Chatterjee, A., 1998. Simulating the Impact Of İncrease In Temperature and $CO_2$ On Growth and Yield of Maize and Sorghum, M.Sc. Thesis (Unpublished), Indian Agricultural Research Institute, New Delhi.

Chavez Jr, P.S., 1988. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction for multispectral data. Remote Sensing of Environment 24: 459-479.

Çiçek, B.A., 2006. K.K.T.C. Kıyısal alanı biyolojik çeşitliliğinin araştırılması. Hacettepe Üniversitesi, FBE Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora tezi,354s.

Çölkesen, İ., 2009. Uzaktan algılamada ileri sınıflandırma tekniklerinin karşılaştırılması ve analizi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Müh. ve Fen Bilimleri Ens., Yüksek Lisans Tezi, 153s.

Confalonieri, R., Bocchi, S., 2005. Evaluation of CropSyst for simulating the yield of flooded rice in northern Italy. European Journal of Agronomy, 23: 315-326.

Cousins, S.A.O., Ihse, M., 1998. A methodological study for biotope and landscape mapping based on CIR aerial photographs. Landscape Urban Planning 41:183–192.

Cowen, D. J., 1988. GIS versus CAD versus DBMS: What are the differences? Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54:1551-1554.

Crisci, A., Moonen, C., Ercoli, L., Bindi, M., 2001. Study of the impact of climate change on wheat using an historical weather dataset and a crop simulation model. Proceedings Second International Symposium Modelling Cropping Systems, 18 July, pp. 119-120, Florence, Italy, 16.

Darıcı, C., Everest, A., 1992. Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesindeki Bazı Habitatların Fitoekolojik Açıdan İncelenmesi. Tabiat ve İnsan Dergisi, Yıl: 26, Sayı: 2, Ankara.

de Wit, C.T., 1965. Photosynthesis of Leaf Canopies. Agricultural Research Report 663, pp. 1-57. Wageningen, The Netherlands.

de Wit, C.T., 1967. Photosynthesis: its relationship to overpopulation. p. 315-320. In Harvesting the sun. Academic Press, New York.

de Wit, C.T., Brouwer, R., Penning de Vries, F.W.T., 1970. The simulation of photosynthetic systems. In: Setlik, I. (Ed.), Prediction and measurement of photosynthetic productivity. Proceeding IBP/PP Technical Meeting Trebon 1969. Pudoc, Wageningen, The Netherlands, pp. 47-50.

Demir, A., 2008. Akyatan Lagününde Tuzluluk ve Bazı Kirlilik Düzeylerinin Saptanarak Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Dağılımlarının Belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 207 s., Adana.

Densham. P. J., M. F. Goodchild., 1989. Spatial Decision Support Systems: A Research Agenda. Pp 707-716 in Proceedings GIS/LIS'89, Orlando, FL. Bethesda, MD: ASPRS.

Dinç, U., Sarı, M., Şenol, S., Kapur, S., Sayın, M., Derici, M.R., Çavuşgil, V., Gök, M., Aydın, M., Ekinci, H., Ağca, N., Nschlichting, E., 1990. Çukurova Bölgesi Toprakları. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yardımcı Ders Kitabı, no.26, Adana.

Dinçer, A., 2007. Aşağı Seyhan Ovası (ASO)'nda Su kaynaklarının Geliştirilmesi ile Lagünlerin İlişkisi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, 72s.

DKMP (DOĞA KORUMA ve MİLLİ PARKLAR GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), 2013. http://www.milliparklar.gov.tr. (Erişim Tarihi: 06.06.2013).

Donald, P.F., Green, R.E., Heath, M.F., 2001. Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. Proc. Roy. Soc. Lond. B. Biol. 268:25–29.

Donatelli M., Peruch U., Poggiolini S., Barbanti L., Amaducci S., 2000. Approaching modelling of sugar beet quality. 3rd International Crop Science Conference, 187. Hamburg, Germany, 17-22 August.

Donatelli M., Spallacci P., Marchetti R., Papini R., 1996. Evaluation of CropSyst simulations of growth of maize and of water balance and soil nitrate content following organic and mineral fertilization applied to maize. 4th European Society for Agronomy Congress, 342-343. Veldhoven-Wageningen, The Netherlands, 7-11 July.

Donatelli M., Stöckle C.O., 2000. Simulation-based rules to schedule nitrogen fertilization of field crops.3rd International Crop Science Conference, 187. Hamburg, Germany, 17- 22 August.

Donatelli M., Stöckle C.O., Ceotto E., Rinaldi M., 1997. Evaluation of CropSyst for cropping systems at two locations of northern and southern Italy. European Journal of Agrononomy, (6) 35-45.

Donatelli, M., Acutis, M., Fila, G., Bellocchi, G., 2002. A method to quantify time mismatch of model estimates. Seventh Congress of the European Society for Agronomy, 15-18, 269-270. Cordoba, Spain, July 15.

Donatelli, M., Bellocchi, G., Fontana, F., 2003. RadEst3.00: Software to estimate daily radiation data from commonly available meteorological variables. Eur. J. Agron., 18: 363-367.

Donatelli, M., Stöckle, C.O., Nelson, R.L., Bellocchi, G., 2002. ET_CSDLL: a DLL for the computation of reference and crop evapotranspiration. Agron. J.,

Dubrovsky, M., Trnka, M., Zalud, Z., Semeradova, D., 2004. Estimating the Crop Yield Potential of the Czech Republic in Present and Changed Climates. In Proceedings of the 5th European Conference on Applied Climatology, Nice, France, Sept 27-30, 2004; pp. 315.

Dugan, P.J., 1990. Sulak Alanların Korunması, Güncel Konular ve Gerekli Çalışmalar Üzerine Bir İnceleme, Türkçe Çevirisi: DHKD, Bebek-İstanbul.

Durak, M., Şaylan, L., 1997. Ekstrem Sıcaklıkların Bitkisel Üretime Etkilerinin CRPSM Modeli ile Analizi. Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler Sempozyumu, Ankara, 390-399.

Durak, M., Şaylan, L., 1998. İklim Değişiminin Tarımsal Meteorolojik Etkilerinin Modellerle Belirlenmesi. Tarım man Meteorolojisi'98 Semp., İstanbul Teknik Üniv., 92-295.

Düzenli, A., Çakan, H., Türkmen, N., 1996. Göksu Deltası'nın (Silifke, İçel) Florası. TÜBİTAK, Journal of Botany, sayfa 173-191.

Eastman, R., 2003. Idrisi Kilimanjaro Manual and Tutorial. Clark Labs, Clark University, Worchester.

Eitzinger, J., Trnka, M., Hösch, J., Z. Zalud., Dubrovsky, M., 2004. Comparison Of CERES, WOFOST And SWAP Models in Simulating Soil Water Content During Growing Season Under Different Soil Conditions, Ecological Modelling 171:223–246.

Ekici, B., 2012, Kurucaşile (Bartın) Kıyı Şeridi ve Yakın Çevresinin Biyotoplarının Haritalanması, Bartın Üniversitesi, Doktora Tezi, Bartın.

Environmental Atlas, 2009, Berlin Digital Environmental Atlas /Biotope Types, Berlin-de Senate Department for Urban Development, Berlin. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas.

Erdoğan, M.A., Berberoğlu, S., Dönmez, C., Şatır O., Tanriöver, A.A., 2016. Konumsal Bilgi Sistemleri Tabanlı Çukurova Tarımsal Karar Destek Sistemi, TÜBİTAK Projesi (113Y194), Adana

Ersoy, E., 2008, "Uydu görüntüsü kullanımıyla Aliağa (İzmir) kıyı bölgesinde ekolojik açıdan önemli biyotopların haritalanması", Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

European Communities, 1991, "Habitats of the European Community CORINE biotopes manuel", Volume 2, Commission of the European Communities L-2920, Luxemburg, 92-826-3211-3, http://biodiversity-chm.eea.europa.eu/information/document.

Evans, D., 2012. Building the European Union's Natura 2000 network. Nature Conservation 1: 11–26. doi:10.3897/natureconservation.1.1808

Ewert, F., van Ittersum, M.K., Bezlepkina, I., Therond, O., Andersen, E., Belhouchette, H., Bockstaller, C., Brouwer, F., Heckelei, T., Janssen, S., Knapen, R., Kuiper, M., Louhichi, K., Olsson, J.A., Turpin, N., Wery, J., Wien, J.E., Wolf, J., 2009. A methodology for enhanced flexibility of integrated assessment in agriculture. Environ. Sci. Policy 12, 546–561. doi:10.1016/j.envsci.2009.02.005

Ferrer-Alegre F., Villar J.M., Carrasco I., Stöckle C.O., 1999a. Developing management decision tools from yield experiments with the aid of a simulation model: an st example with N fertilization in corn. Proccedings of 1st Modelling Cropping System International Symposium, 179-180. Lleida, Spain, 21-23 June.

Ferrer-Alegre F., Villar J.M., Castellvi F., Ballesta A., Stöckle C.O., 1999b. Contribution of simulation techniques to the evaluation of alternative cropping systems in Andorra. Proccedings of 1st Modelling Cropping System International Symposium, 179-180. Lleida, Spain, 21-23 June.

Fidan, H.P., 2006,"Antakya Samandağı kıyı şeridindeki önemli biyotopların haritalanması", Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antakya.

Fila, G., Bellocchi, G., Acutis, M., Donatelli, M., 2003. IRENE: a software to evaluate model performance. Eur. J. Agron., 18:369-372.

Francaviglia R., Bartolini D., 1997. Calibrazione del modello CropSyst su una rotazione mais da granella-frumento tenero nella bassa Pianura Padana. Agricoltura Ricerca, 171:73-80.

Francaviglia R., Marchetti D., 1999. Comparison of cropping systems models in the simulation of crop biomass and green leaf area index development. Procedings of 1st Modelling Cropping System International Symposium, 181-182. Lleida, Spain, 21-23 June.

Gangadhar Rao, D., Katyal, J. C., Sinha, S. K. ve Srinivas, K., 1995. Impacts Of Climate Change On Sorghum Productivity In India: Simulation Study, American Society Of Agronomy, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA, Climate Change And Agriculture: Analysis Of Potential International Impacts. ASA Spacial Publ. No. 59. Pp. 325–337.

Gary, C., Jones, J.W., Tchamitchian, M., 1998. Crop modelling in horticulture: stateof the art. Sci. Hortic. 74: 3–20.

Geçit, H.H., Çiftçi, C.Y., Emeklier, Y., İkincikarakaya, S., Adak, M.S., Kolsarıcı, Ö., Ekiz, H., Altınok,S., Sancak, C., Sevimay, C.S., ve Kendir, H., 2009. Tarla Bitkileri. A.Ü.Z.F Yayınları. Yayın No:1569, Ders Kitabı: 521, Ankara.

Geerts, S. and Raes, D., 2009. Deficit Irrigation as an On-Farm Strategy to Maximize Crop Water Productivity in Dry Areas. Agriultural Water Management, 96: 1275-1284. http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2009.04.009

Gençel, B. 2009. İkinci Ürün Mısır Bitkisinde Bitki Su Stresi İndeksini (CWSI) Kullanarak Uygulanacak Sulama Suyu Miktarının Kestirimi. Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 86s.

Gençoğlan, C., 1996. Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri, Kök Dağılımları ile Bitki Su Stresi İndeksinin Belirlenmesi ve Ceres-Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreye Uygunluğunun İrdelenmesi. Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.

Giannakopoulos, C., Bindi, M., Moriondo, M., Tin, T. 2005. Climate change impacts in the Mediterranean from a 2°C global temperature raise. A report for WWF. July 2005. Avaiable at http://assets.panda.org/downloads/medreportfinal8july05.pdf.

Giardini, L., Berti, A., Morari, F., 1998. Simulation of two cropping systems with EPIC and CropSyst models. Italian Journal of Agronomy, 1:29-38.

Godwin, D.C., Jones, C.A., 1991. Nitrogen dynamics in soil plant systems. In: Hanks, J., Ritchie, J.T. (Eds.), Modeling plant and soil systems, Amer. Soc. of Agronomy, No. 31, pp. 297-302.

Göney, S., 1976. Adana Ovaları I, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

Gövrek, A., 1997, Çukurova Üniversitesi Kampüsü Dogal Potansiyelinin Belirlenmesi ve Biyotopların Haritalanması Üzerinde Bir Arastırma, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Adana.

Grant, R. F., Jackson, B. S., Kiniry, J. R. ve Arkın, G. F., 1989. Water Deficit Timing Effects on Yield Components in Maize. Agron. J. 81:61–65.

Greenwood, D.J., Lemaire, G., Gosse, G., Cruz, P., Draycott, A., Neeteson, J.J., 1990. Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. Ann. Bot. 66: 425-436.

Gülçin, D., Yılmaz, K.T., 2017. the Assessment of Landscape Fragmentation in an Agricultural Environment Degradation or Contribution To Ecosystem Services?, Fresenius Environmental Bulletin, 26:7941–7950

Güney, B., 2014. Havza Yönetim Planları içerisinde sulak alanların yeri, kuş ve habitat direktifleriyle olan ilişkisi. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık tezi, Ankara,166 s.

Gürgen, Y., 2004. Pamuk Yetiştiriciliği. Çiftçi Broşürü. http://tyhm.cu.edu.tr/Tr/detay.aspx?pageId=1527 Son Erişim Tarihi: 03/12/2017

Güzelordu, T., 2008. Avrupa Birliği'nde Nitrat direktifi uygulamaları ve Türkiye'de uygulanabilirliği. T.C. Tarım ve Köyişleri bakanlığı, Dış İlişkiler ve Avrupa Birliği Koordinasyon Dairesi Başkanlığı. AB Uzmanlık Tezi, Ankara, 98s.

Hammer, G., Muchow, R. C., 1994. Assessing climatic risk to sorghum production in water-limited subtropical environments I. Development and testing of a simulation model. Field Crops Res. 36: 221–234. 10.1016/0378-4290(94)90114-7.

Hammer, G.L., Sinclair, T.R., Boote, K.J., Wright, G.C., Meinke, H. and Bell, M.J., 1995. A peanut simulation model. 1. Model development and testing. Agron. J. 87: 1085-1093.

Hansen, J., Fung, I., Rınd, D., Lebedeff, S., Ruedy, R., Russel, G., 1988. Global Climate Changes as Forecast by The Goddard Institute For Space Studies Three-Dimensional Model. J. Geophys. Res. 93 (D8): 9341–9364.

Harmancı, D.S., 2005. Kıyı kumullarında sürdürülen tarımsal etkinliklerin kaynak kullanım planlaması yönünden incelenmesi: Kapıköy örneği. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi, 86s.

Hatfield, J.L., Kanemasu, E.T., Asrar, G., Jackson, R.D., Pinter, P.J., Jr., Reginato, R.J., Idso, S.B. 1985. Leafarea estimation from spectral measurements over various planting dates of wheat. Int. J. Remote Sensing, 6(1):167-175.

Hoogenboom, G., J. W. White, J. W. Jones, and K. J. Boote., 1994. BEANGRO: a process-oriented dry bean model with a versatile user interface. Agronomy Journal 86:182–190.

Idso, S. B., Hatfield, J. L., Reginato, R. J. ve Jackson, R. D., 1978. Wheat yield estimation by albedo measurement. Remote Sensing of Environment, 6: 1135-1152.

Jackson, R.D., 1982. Canopy temperature and crop water stress. Adv. Irrig. 1: 43-85.

Jallas Eric, Crétenet Michel, Martin Pierre, Turner Sammy, Sequeira Ronaldo. 1999. In: Proceedings of the IV ESA congress, Lleida, España, 21-23 of June 1999. 1-5s.

Jame Y.M. ve Cutforth, H.M., 1996. Crop growth models for decision support systems. Canadian Journal of Plant Science, 76:9-19.

Jame, Y.W., 1992. Modelling soil moisture for agricultural water management. Pages 69-88. in F. J. Eley, R. Granger and L. Martin eds. Soil moisture modelling. Environment Canada, Ottawa, ON.

Jara, J., Stöckle, C.O., 1999. Simulation of corn water uptake using models with different levels of process detail. Agron. J. 91:256-265.

Jensen, J. R., 2005. Digital Image Processing: A remote Sensing Perspective. Second edition. Prentice-Hall: Upper Saddle River, N.J.

Johnsson, H., Larsson, M., Martensson, K., Hoffmann, M., 2002. SOILNDB: a decision support tool for assessing nitrogen leaching losses from arable land. Environ.Modell. Softw. 17:505–517.

Jones, J.W., 1993. Decision support systems for agricultural development. In: Penning de Vries, F., Teng, P., Metselaar, K. (Eds.), Systems Approaches for Agricultural Development. Kluwer Academic Press, Boston, pp. 459-471.

Jones, J.W., Keating, B.A., Porter, C.H., 2001. Approaches to modular model development. Agric. Syst. 70: 421-443.

Jones, J.W., Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Hunt, L.A., Thornton, P.K., Wilkens, P.W., Imamura, D.T., Bowen, W.T., Singh, U., 1998. Decision support system for agrotechnology transfer DSSAT v3. In: Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Thornton, P.K. (Eds.), Understanding Op- tions for Agricultural Production. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 157.

Kalkan, K., 2011. Kentsel Gelişim İçin Potansiyel Açık Alanların Belirlenmesinde Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yöntemi İle Transfer Edilebilir Kural Dizisi Oluşturulması. İTÜ, FBE, Geomatik Mühendisliği, Yüksek Lisans tezi, 85s.

Kalkan, K., Maktav, D., 2010. Nesne tabanlı ve piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerinin karşılaştırılması (IKONOS örneği). UZALCBS 2010. Gebze, Kocaeli. 11-13 Ekim 2010.

Karabacak, G. 2016. Beylikdüzü ilçesinin (İstanbul) biyotoplarının floristik ve ekolojik özellikleri, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı. Yüksek Lisans tezi.

Karnez, E., 2010. Aşağı Seyhan Ovasında Buğday ve Mısır Üretim Alanlarında Azot Bütçesine İlişkin Girdi ve Çıktıların İrdelenmesi. Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 137s.

Kavzoğlu, T., Çölkesen, İ. ve Kutluğ Şahin, E., 2015. Obje Tabanlı Yaklaşımda Makine Öğrenme Algoritmalarının Sınıflandırma Performansının Analizi, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Sempozyumu (TUFUAB VIII), 21–23 Mayıs 2015, Konya.

Kaya, U.E., Yılmaz, K.T. 2012. Saroz Körfezi Kıyı alanında habitat sınıflaması. Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 28(5):49-61.

Kelkit, A., Çelik, S., Özel, A.E., The Investigation of Urban Planting in terms of Urban Ecology. A Case Study of Çanakkale City, Proceeding of the X European Ecological Congress, Kuşadası, Turkey, Nov 8-13:245.

Kiniry, J.R., Jones, C.A., O'Toole, J.C., Blanchet, R., Cabelguenne, M., Spanel, D.A., 1989. Radiation-use efficiency in biomass accumulation prior to grain filling for five grain crop species. Field Crop Res. 20: 51-64.

Köksal, H., 1995. Çukurova Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisi Su-Üretim Fonksiyonları ve Farklı Büyüme Modellerinin Yöreye Uygunluğunun Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Ç.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 199 s.

Köseoğlu, M., 1981. Peyzaj Ekolojisi Çalışmaları ve Ege Bölgesinde Ekolojik Yönden Önemli Biyotopların Haritalanması Üzerine Bir Araştırma. Ege Ü., Ofset Atölyesi, İzmir.

Köseoğlu, M., 1983. Bornova Yerleşim Merkezinde Ekolojik Yönden Önemli Biyotoplar Üzerine Araştırmalar. Ege Ü., Ziraat Fakültesi Yayınları.

Kumar R., Chaturevdi S., 2009. Crop Modeling: A Tool for Agricultural Research. Agropedia.

Lal, M., Singh, K. K., Srinivasan, G., Rathore, L. S. ve Saseendran, A. S., 1998. Vulnerability of Rice and Wheat Yields In NW-India To Future Change In Climate, Agric. Forest Meteorology 89:101–114.

Lal, M., Singh, K. K., Srinivasan, G., Rathore, L. S., Naidu, D. ve Tripathi, C. N., 1999. Growth and Yield Response of Soybean in Madhya Pradesh, India to Climate Variability and Change, Agr. And Forest Meteorology, 93:53–70.

Liira, J., Aavik, T., Parrest, O., Zobel, M., 2008. Agricultural sector, rural environment and biodiversity in the central and eastern European EU member states. AGD Landscape & Environment 2(1):46-64.

Lillesand, T. M. ve Kiefer, R. W., 1994. Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons Inc.: New York.

Lindemann, E.R., Stöckle, C.O., Redell, D., 1987. Field testing a computer-assisted on-farm irrigation scheduling program. ASAE Paper No. 87-2560, St. Joseph, MI.

Linnemann, H., De Hoogh, J., Keyzer, M. A. and Van Heemst, H. D. J., 1979 MOIRA - Model of International Relations in Agriculture (Amsterdam: North-Holland).

Loomis, R., Connors, D., 1992. Crop Ecology: Productivity and Management in Agricultural Systems. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Mall, R.K., Lal, M., Bhatia, V.S., Rathore, L.S., Singh, R., 2004. Mitigating Climate Change İmpact On Soybean Productivity in India: A Simulation Study, Agricultural And Forest Meteorology, 121 (1–2), pp. 113–125.

Manabe, S., Weatherland, R. B., 1987. The Effects of Doubling the $CO_2$ Concentration on The Climate Of A General Circulation Model. J. Atmos. Sci. 44: 1211–1235.

Mandal, N., 1998. Simulating the Impact of Climatic Variability And Climate Change On Growth And Yield Of Chickpea And Pigenonpea Crops, (Basılmamış yüksek lisans tezi), Indian Agricultural Research Institute, New Delhi.

Mansuroğlu, S., Ortaçeşme, V., Karagüzel, O., 2006. Biotope mapping in an urban environment and its implications for urban management in Turkey. Journal of Environmental Management, Vol. 81, S. 175-187.

Mansuroğlu, S., Ortaçeşme, V., Karagüzel, O., Yıldırım, E., Baytekin, C., 2003. Antalya Kentinde Ekolojik Açıdan Önemli Biyotopların Haritalanması Üzerinde Bir Araştırma. Akdeniz Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi ,Proje No 21.04.0104.12, Antalya.

Matthews, R.B., 1995. Modeling the impacts of climatic change on rice production in Asia, CAB International, Wallingford, UK.

Mckinion, J.M., Baker, D.N., Whisler, F.D. ve Lambert, J.R., 1989. Application of the GOSSYM/COMAX system to cotton crop management. Agric Sys., 31:55-65.

McKinion, J.M., Baker, D.N., Whisler, F.D., Lambert, J.R., 1988. Application of the GOSSYM/COMAX system to cotton crop management. ASAE Paper No. 88-7532, St. Joseph, MI.

Meriç, T., Çağırankaya, S., 2013. Sulak Alanlar. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Ankara, 160s. url:http://www.turkiyesulakalanlari.com/wp-content/uploads/sulak-alanlar-kitab%C4%B1-bask%C4%B1-onay%C4%B1-i%C3%A7in.pdf Son erişim Tarihi: 30.11.2017

Metinn, S., 1995. A Comparison of Three Different Approaches Used in The Supervised Classification of Agricultural Areas. 50th ISI95 Sempozyumu, Pekin, Çin.

Meydan, H.S.T., Berberoğlu, S., 2008. Yukarı Seyhan Havzası'nda Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Arazi Örtüsünün Sınıflandırılması Ve Bazı Orman Meşcerelerinde Verimliliğin Modellenmesi. Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü ,18-1:140-150.

MGM, 2016. Meteorolojik veriler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İstatistik ve Yayın Şube Müdürlüğü, Ankara.

Mohandass, S., Kareem, A. A., Ranganathan, T. B. ve Jeyaraman, S., 1995. Rice Production in India Under Current and Future Climates, In Matthews R. B., Kropff M. J, Bachelet D. and Laar Van H. H.(Eds.), Modeling The Impact Of Climate Change on Rice Production in Asia, CAB International, U.K., Pp. 165–181.

Molden, D., 1997. Accounting for water use and productivity. SWIM Paper, Vol. 1. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka, 16 pp.

Monteith, J.L., 1965. Evaporation and environment. 19th Symposia of the Society for Experimental Biology, vol. 19. University Press, Cambridge, pp. 205-234.

Monteith, J.L., 1977. Climate and crop efficiency of crop production in Britain. Phil. Trans. Res. Soc. Lond. Ser. B 281, 277-329.

Morgan, C.L.S. 2003. Quantifying soil morphological properties for landscape management applications. Soil science. University of Wisconsin, Madison.

Moss, D., Wyatt, B.K. ,1994. The CORINE biotopes project: a database for conservation of nature and wildlife in the European community. Applied Geography 14: 327–349.

Mühür, A., 2013. İstanbul'un Anadolu Yakası'ndaki bazı biyotop tiplerinin edafik özelliklerinin karşılaştırılması. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı.

Müjdeci, M., 2004. Toprak-Bitki-Atmosfer Sisteminde Buğdayın (*Triricum aestivum* L.) Büyüme, Gelişme ve Veriminin Matematiksel Modellenmesi. Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 148s.

Münıer, B., Nygaard, B., Ejrnaes, R. and Bruun, H.G., 2001, A biotope landscape model for prediction of semi-natural vegetation in Denmark, Ecological Modeling, 139:221-233.

Murty, C.S., Raju, P.V. ve Badrinath, K.V.S. 2003. Classification of wheat crop with multi-temporal images: performance of maximum likelihood and artificial neural networks. International Journal of Remote Sensing, 24(23): 4871 – 4890.

Myint, S. W., Gober, P., Brazel, A., Grossman-Clarke, S., Weng, Q. H., 2011. Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. Remote Sensing of Environment, 115(5):1145-1161.

NASA, 2013. Landsat 8 Satellite Begins Watch. NASA. 2013-05-30.

NASA, 2013b. Landsat 8 the newest bird in the sky. url= http://all-things-spatial.blogspot.com.tr/2013/02/landsat-8-newest-bird-in-sky.html. Son Erişim tarihi 05/12/2017

NCGIA., 1990. Research Initiative 6: Spatial Decision Support Systems. NCGIA Technical Paper 90-5. University of California, Santa Barbara, September 1990.

NCGIA., 1996. Report from the specialist meeting on collaborative spatial decision making, Initiative 17. National Center for Geographic Information Analysis, University of California, Santa Barbara, September 1995.

Norris, K., 2008. Agriculture and biodiversity conservation: opportunity knocks. Conservation Letters 1: 2–11.

Örmeci, C., Alganci, U. ve Sertel, E., 2010. Identification of Crop Areas Using SPOT-5 Data, Proceedings of the FIG Congress 2010, Facing the Challenges – Building the Capacity, 11-16 April, Sydney, Australia.

Oteng-Darko, P., Kyei-Baffour, N., Ofori, E., 2012. Simulating rice yields under climate change scenarios using the CERES-Rice model. African Crop Science Journal 20: 401-408.

Oudheusden, R., 2005, The Corine biotopes project, Department of Science, Technology and Society, Utrecht University.

Özatlı, D., 2009. Balıkesir ilinin kentsel ekolojik özellikleri. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 208s.

Pala M., Stöckle, C.O., Harris H.C., 1996. Simulation of durum wheat (Triticum durum) growth under differential water and nitrogen. Agricultural Systems, 51: 147-163.

Pamuk, G., 2003. II. Ürün Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri ve Ceres-Maize Bitki Büyüme Modelinin Bölge koşullarına Uygunluğunun İrdelenmesi Üzerine Bir Araştırma, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.

Pannkuk, C.D., Stöckle, C.O., Papendick, R.I., 1998. Validation of CropSyst for winter and spring wheat under different tillage and residue management practices in a wheatfallow region. Agricultural Systems, 57: 121-134.

Passioura, J.B., 1973. Sense and nonsense in crop simulation. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 39:181-183.

Peña-Barragán, J.M., Ngugi, M.K., Plant, R.E. ve Six J., 2011. Object-based crop identification using multiple vegetation indices, textural features and crop phenology. Remote Sensing of Environment, 115: 1301 – 1316.

Penning De Vries, F.W.T., Jansen, D.M., Ten Berge, H.F.M., Bakema, A., 1989. Simulation of Ecophysiological Processes Of Growth In Several Annual Crops 29. Simulation Monographs, 29. Pudoc/IRRI, Wageningen/Los Banos, P. 271.

Penning De Vries, F.W.T., Keulen, H. and Rabbige, R.,1995. Natural resources and limits of food production in 2040. In Eco-Regional Approachse for Sustainable Land Use and Food Production, J. Bouma Ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Nederlands, 65- 87.

Perfecto, I., Vandermeer, J., 2008. Biodiversity conservation in tropical agroecosys- tems a new conservation paradigm. Annals of the New York Academy of Sciences 1134:173–200.

Philipson, W. R., Teng, W. L., 1988. Operational interpretation of AVHRR vegetation indices for world crop information. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54, 55-59.

Plachter, H., 1987. Arten- und Biotopschutzprogramme als umfassende Zielkonzepte des Naturschutzes. Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege, Heft 39, S. 106-127.

Plachter, H., 1991. Naturschutz. UTB für Wissenschaft 1561, Gustav-Fischer Verlag, Stuttgart, 463 S.

Pott, R., 1996. Biotoptypen: schützenswerte Lebensräume Deutschlands und angrenzender Regionen. Verlag Ulmer, Stuttgart, 448 S.

Priestley, C.H.B., Taylor, R.J., 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large scale para- meters. Mon. Weath. Rev. 100, 81-92.

Rathore, L. S., Singh, K. K. Saseendran., S. A. ve Baxla, A. K., 2001. Modelling The İmpact Of Climate Change on Rice Production in India, Mausam 52(1).

Reddy, K. R., Domap, R., Mearnsl, O., Hodges, H. F., Richardson, A. G., Boone, M. Y. L., Kakani, V. G., 2002. Simulating the Impacts of Climate Change on Cotton Production In The Mississippi Delta. Clim. Res. 22:271–281.

Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C., 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). US Dept Agric., Agriculture Research Service. Agriculture Handbook No. 703, pp. 384.

Richardson, C.W., Wright, D.A., 1984. WGEN: A model for generating daily weather variables. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-8, pp. 83.

Richter, G.M., Agostini, F., Donatelli, M., Smith, P., Smith, J., 1999. Modelling the Ndynamics of a wheat-sugarbeet rotation at different complexity. Proceedings of 1st International Symposium Modelling Cropping Systems, Lleida, Spain, 21-23 June, 239-240.

Rinaldi, M., Ventrella D.,1997. Uso dei modelli EPIC e CropSyst in sistemi colturali del Sud Italia. Agricoltura Ricerca, (171) 47-58.

Ritchie, J.T., NeSmith, D.S., 1991. Temperature and crop development. In: Hanks J., Ritchie J.T., (Eds.), Modeling Plant and Soil Systems, Agronomy Monograph No.31, ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, pp. 5-29.

Rosenzweig, C., Parry, M. L., 1994. Potential Impact of Climate Change on World Food Supply. Nature 367, 133–138.

Ross, P.J., Bristow, K.L., 1990. Simulating water movement in layered and gradational soils using the Kirchhoff transform. Soil Sci. Soc. Am. J. 54, 1519-1524.

S.C. Clifford, I.M. Stronach, A.D. Mohamed, S.N. Azam-Ali, N.M.J. CroutThe effects of elevated atmospheric carbon dioxide and water stress on light interception, dry matter production and yield in stands of groundnut (*Arachis hypogaea L.*) J. Exp. Bot., 44 (1993), pp. 1763-1770.

Sadler, E.J., Russell, G., 1997. Modeling Crop Yield for Site-Specific Management. The state of site specific management for agriculture. (Ed. F.J. Pierce ve E.J.Sadler), American Society of Agronomy,Inc., 69-79s.

Şahin, G., 2016. Türkiye'de Gübre Kullanım Durumu ve Gübreleme Konusunda Yaşanan Problemler. Tarım Ekonomisi Dergisi, 22-1:19-32.

Sarı Nayim, Y., 2010. Amasra - İnkum (Bartın) Arasında Yer Alan Önemli Biyotopların Haritalanması.İstanbul Üniversitesi, Doktora Tezi, İstanbul.

Sarıyev, L.A., ve Gülüt, K., 1995. Agroekosistemde bitki gelişiminin matematiksel modelleri ve bunların temel prensipleri. Ç.Ü., Ziraat fakültesi Dergisi, 10(4):61-66.

Saseendran, A. S., K., Singh, K. K., Rathore, L. S., Singh, S. V. ve Sinha, S. K., 2000. 'Effects of Climate Change On Rice Production In The Tropical Humid Climate Of Karala, India', Climatic Change 44, 495–514.

Şatır, O., 2013. Aşağı Seyhan Ovası'nda Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Tarımsal Alan Kullanım Uygunluğunun Belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora tezi, 291s.

Şatır, O., Berberoğlu, S., 2012. Land Use/Cover Classification Techniques Using Optical Remotely Sensed Data in Landscape Planning, Landscape Planning, Dr. Murat Ozyavuz (Ed.), ISBN: 978-953-51-0654-8, InTech, Crotia.

Saxton, K.E., Rawls, W.J., Romberger, J.S., Papendick, R.I., 1986. Estimating generalized soil_/water characteristics from texture. Soil Sci. Soc. Amer. J. 50:1031-1036.

Şaylan, L. ve U. Özen., 1997. Çevresel Değişimin Tarımsal Meteorolojik Etkilerinin Tahmini. Trakya'da Sanayileşme ve Çevre II. Sempozyumu, 1997, Kırklareli. 365-37.

Şaylan, L., K. Sönmez ve J. Eitzinger., 1994. Bitki-İklim Modelleri Tarımsal Kuraklığın Analizine Bir Çözüm Olabilir Mi? I. Hidrometeoroloji Sempozyumu, 1994, İstanbul Teknik Üniv. 72.

Şaylan, L., O. Şen ve S. İncecik., 1995. Küresel Isınmanın Bitki Gelişimine Etkisinin Bitki-İklim Modeli ile Analizi. II. Hava Kirliliği ve Modellemesi Semp., 1995, İstanbul Teknik Üniv. 269-27,

Scaramuzza, P., Micijevic, E., Chander, G. 2004. SLC Gap-Filled Products Phase One Methodology. https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/SLC_Gap_Fill_Methodology.pdf, Son Erişim tarih: 3.12.2017

Seçmen, Ö., E. Leblebici., 1997. Türkiye Sulak Alanları ve Bitki Örtüsü. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları No: 158. Bornova, İzmir.

Şen, A., 2016. Bayrampaşa İlçesi'nin (İstanbul) biyotoplarının floristik ve ekolojik özellikleri, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi.

Şen, B., 2009. Bölgesel İklim Modelleri Kullanılarak Çukurova Yöresi'nde İklim Değişikliğinin 1. ve 2. Ürün Mısır Verimine Olası Etkilerinin Belirlenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora tezi, 308s.

Seyran, Z., 2009. Aşağı Seyhan Ovasının Geçmişten Günümüze Arazi Kullanımındaki Değişiminin, Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Uzaktan Algılama İle Belirlenmesi, Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Arkeometri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 114s.

Sezen, M., 2000. Çukurova ve Harran Ovası Koşullarında Buğdayda Azot-Su-Verim İlişkilerinin Belirlenmesi ve Ceres-Wheat V.3 Modelinin Test Edilmesi, Çukurova Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.

Sezen, S. M., 1993. Çukurova Koşullarında Buğdayda Su-Verim İlişkilerinin Belirlenmesi ve CERES-Wheat Bitki Büyüme Modelinin Test edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Sezen, S.M., Yazar, A., Kanber, R., Koç. M., 1998. CERES-Wheat V3 Bitki Büyüme Modelinin Çukurova Koşullarında Değerlendirilmesi. Tarım ve Orman Meteorolojisi'98 Sempozyumu, 21-23 Ekim 1998, İstanbul, s. 301-309.

Simon, H. A., 1977. The New Science of Management Decision. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.

Singh, A. K., Tripathy, R., Chopra, U. K., 2008. Evaluation of CERES-Wheat and CropSyst models for water–nitrogen interactions in wheat crop. Agric. Water Manage. 95: 776–786. 10.1016/j.agwat.2008.02.006

Smith, H.G., Öckinger, E., Rundlöf, M., 2010. Biodiversity and the landscape ecology of agri-environment schemes. Aspects of Applied Biology 100:225–232.

Smith, M., 2000. The application of climatic data for planning and management of sustainable rainfed and irrigated crop production. Agric. Forest Meteorol. 103:99–108.

Sonka, ST., Bauer, M.E., Cherrry, E.T., Heimlich, R.E., Joseph,D.A. ve ark. 1997. Precision agriculture in the 21st century: geospatial and information technologies in crop management / Committee on Assessing Crop Yield—Site-Specific Farming, Information Systems, and Research Opportunities, Board on Agriculture, National Research Council.149s. ISBN 978-0-309-05893-3

SPOT, 2017. SPOT-7 Satellite Sensor. (http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/spot-7/).

Steduto, P. ve Raes D., 2012. Yield response to water of herbaceous crops: the AquaCrop simulation model. In Crop yield response to water. (Editör: Steduto, P. Hsiao T.C., Fereres E. ve Raes D) ISSN 0254-5284)

Stöckle, C.O., Bellocchi, G., Nelson, R.L., 1998. Evaluation of the weather generator ClimGen for several world locations. Proceedings Seventh International Congress for Computer Technology in Agriculture, Florence, Italy, 15-18 November 1998, pp. 34- 41.

Stöckle, C.O., Cabelguenne, M., Debaeke, P., 1997. Comparison of CropSyst performance for water management in southwestern France using submodels of different levels of complexity. European Journal of Agronomy, 7:89-98.

Stöckle, C.O., Campbell, G.S., 1989. Simulation of crop response to water and nitrogen: an application example using spring wheat. Trans. ASAE 32:66-74.

Stöckle, C.O., Debaeke, P., 1997. Modelling crop nitrogen requirements: a critical analysis. European Journal of Agronomy, 7:161-169.

Stöckle, C.O., Donatelli, M., Nelson, R., 2003. CropSyst, a cropping systems simulation model. Eur. J. Agron. 18: 289–307.

Stöckle, C.O., James, L. G., Bassett, D. L., Saxton, K. E., 1991. Effect of Evapotranspiration Underprediction on İrrigation Scheduling and Yield Of Corn: A Simulation Study Agricultural Water Management, Volume 19, Issue 2: March, 1991. Pages:167-179.

Stöckle, C.O., Jara, J., 1998. Modeling transpiration and soil water content from from a corn field: 20 min vs. daytime integration step. Agric. For. Meteorol. 92:119-130.

Stöckle, C.O., Martin, S.A., Campbell, G.S., 1994. CropSyst, a Cropping systems simulation model: water/nitrogen budgets and crop yield. Agricultural Systems, 46 (3):335–359.

Stöckle, C.O., Nelson, R.L., 2000. Cropsyst User's manual (Version 3.0). Biological Systems Engineering Dept., Washington State University, Pullman, WA.

Stöckle, C.O., Williams, J.R., Rosenberg, N.J., Jones, C.A., 1992. A method for estimating the direct and climatic effects of rising atmospheric carbon dioxide on growth and yield of crops: Part I/modification of the EPIC model for climate change analysis. Agric. Syst. 38: 225-238.

Sukopp, H., S. Weiller, 1988, "Biotope mapping and nature conservation strategies in urban areas of the Federal Republic of Germany", Landscape and Urban Planning, Vol.15, (1-2), 39-58.

Sümbül, H., Göktürk, R.S., 1997. Flora açısından Antalya Kıyılarının Bugünü ve Gelecegi. Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları 1. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları'97 Konferansı Bildiriler Kitabı, Ankara.

Swaney, D.P., Jones, J.W., Boggess, W.G., Wilkerson, C.G., Mishoe, J.W., 1983. Real-time irrigation decision analysis using simulation. Trans. ASAE 26: 562_568.

T.C. ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI, 2013. Akyatan ve Tuzla Lagünleri Sulak Alan Yönetim Planı Projesi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Ankara, 171s.

Tanner, C.B., Sinclair, T.R., 1983. Efficient water use in crop production: research or re-search? In: Taylor, H.M., Jordan, W.R., Sinclair, T.R. (Eds.), Limitations to efficient water use in crop production. Amer. Soc. Agron, Madison, WI.

Tekin, S., 2011. Tuzlu Sulama Sularının Buğdayda Verim Ve Kaliteye Etkisi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 123s.

Tomlin, D., 1990. Geographic information systems and cartographic modeling. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

Townshend, J.R.G., 1981. The spatial resolving power of Earth resources satellites. Progress in Physical Geography, 5: 32-55.

Trnka, M., Dubrovsky, M., Semeradova, D., Zalud, Z., 2004. Projections of Uncertainties in Climate Change Scenarios into Expected Winter Wheat Yields. Theoretical and Applied Climatology, 30 Mart 2004. 77:229–249.

Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. Ecology Letter 8: 857–874.

Tubiello, F., Donatelli, M., Rozenweig, C., Stockle, C.O., 2000. Effects of climate change and elevated CO2 on cropping systems: model predictions at two Italian locations. European Journal of Agronomy (2-3) 179-189.

TUİK, 2017. Türkiye İstatistik Kurumu, Son Erişim Tarihi:01.09.2017.

Türker, M. ve Arıkan, M., 2005. Sequential masking classification of multi-temporal Landsat7 ETM+ images for field-based crop mapping in Karacabey, Turkey. International Journal of Remote Sensing, 26 (17): 3813-3830.

Ünlükaplan, Y., Yılmaz, K.T., 2009. Bitki Örtüsü ve Yetişme Ortamı İlişkilerinin Yorumlanmasında Atama ve Sınıflandırma Yöntemlerinin Kullanımı: Çukurova Deltaları Örneği. Ekoloji 19:10–20.

US Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 1972. National Engineering Handbook, 4. Hydrology. Washington, DC, pp. 548.

Uzun, G., Yücel, M., Yılmaz, T., ve Berberoğlu, S., 1995. Çukurova Deltası Örneğinde Kıyı Ekosistemlerinin İçerdiği Biyotopların Haritalanması. TÜBİTAK Proje No: TBAG-1164.

Van Keulen, H., Seligman, N.G., 1987. Simulation of water use, nitrogen nutrition and growth of a spring wheat crop, Pudoc, Wageningen.

Weier, J., Herring, D., 2000. Measuring Vegetation (NDVI&EVI). NASA Earth Observatory Yayınları (Son Erişim tarihi: 3/12/2017), url: https://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/

Wiegand, C.L., Shibayama, M., Yamagata, Y. ve Akiyama, T. (1989). Spectral observations for estimating the growth and yield of rice. Japanese Journal of Crop Science, 58: 673-683.

Wilkerson, G.G., Mishoe, J.W., Jones, J.W., Boggess, W.G., Swaney, D.P., 1983. Within-season decision making for pest control in soybeans. ASAE Paper No. 83_/4044, St. Joseph, MI.

Wolf, J., 1993. Effects of climate change on wheat production potantial in the European Community, Eur. J. Agron., 2:281-292.

Wolf, J., Van Diepen, C. A., 1995. Effects of Climate Change on Grain Maize Yield Potential in The European Community, Clim. Change 29: 299–331.

Yalçınalp, E., 2010. Uzungöl Özel Çevre Koruma Bölgesinin Biyotop Haritalaması ve Ekoturizm Açısından Değerlendirilmesi. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj mimarlığı Bölümü, Doktora tezi. 172s.

Yarcı, C., Serin, M., Altay V., 2005. Ecological Characteristics of some Biotopes in Istanbul, Proceeding of the X. European Ecological Congress, Kusadası, Turkey, Nov. 8-13.

Yıldırım, H.B. ve Demir S., 2012. Implementation of The EU Nitrates Directive In Turkey. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Derim Dergisi, 2012, 29 (1):48-58.

Yıldız, H., Mermer, A., Ünal, E., Akbaş, F., 2012. Türkiye Bitki Örtüsünün NDVI Verileri ile Zamansal ve Mekansal Analizi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi. 21 (2): 50-56.

Yılmaz, H., 2001. Bartın kenti ve yakın çevresinde biyotopların haritalanması, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

Yılmaz, K.T., 1986, İzmir Buca yerleşim merkezinde ekoloji yönünden önemli biyotopların haritalanması, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

Yılmaz, K.T., 1997. Ecological diversity of the Eastern Mediterranean region of Turkey and its conservation. Biodivers. Conserv. 7:87–96. doi:10.1023/A:1008811829956

Yılmaz, K.T., 2002. Evaluation of the phytosociological data as a tool for indicating coastal dune degradation. Isr. J. Plant Sci. 50:229–238. doi:10.1560/LEJ1-NJXE-PKU6-H90Y

Yılmaz, K.T., 2011. Doğa Korumaya Peyzaj Yönetimi Açısından Bakış: Kırsal ve Kentsel Peyzajların Bütüncül Korunması. Koruma ve Peyzaj Mimarlığı Sempozyumu, Ankara.

Yılmaz, K.T., Berberoğlu, S., Çakan H., Alphan, H., İzcankurtaran Y., 2006. Kazanlı Kıyı Kumullarında Koruma Öncelikli Alan Kullanım Planlaması ve Eğitim Programı Uygulaması. TÜBİTAK Projesi Sonuç Raporu. (Proje No: 101Y138), Ankara

Yılmaz, K.T., Kosztolanyi A., Alphan H., Akça E., Çevik C., Çakan H., Ünlükaplan, Y., Kapur, S. 2011a. Short Term Monitoring of Tuz Gölü Lagoon and Adjacent Coastal Habitat Complex for Wetland Management / Mediterranean Coast of Turkey, MEDECOS XII Linking Science to Resource Management, The International Mediterranean Ecosystems Conference, Los Angeles, California, ABD, 6-9 Eylül 2011, 1:183-183

Yılmaz, K.T., Kosztolanyi, A., Alphan, H., Çevik, C., Çakan, H., Kapur, S., 2011b. Tuz Gölü Lagünü ve Bağlantılı Sulak Alan Ekosisteminde Kıyı Habitatlarının Kısa Dönemli İzlenmesi. TÜBİTAK Projesi Sonuç Raporu. (Proje No: 108Y329), Ankara

Yılmaz, K.T., Kutlu, Ö., Berberoğlu, S., Szekely T., 2004. Çukurova Deltası Sulak Alan Sisteminde Habitat Sınıflaması Yardımıyla Kuş Populasyonlarının Saptanması. TÜBİTAK Projesi Sonuç Raporu. (Proje No: YDABAG-100Y091), Ankara

## ÖZGEÇMİŞ

24/08/1987 yılında Samsun'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Sivas'ın Şarkışla ilçesinde tamamladı. 2005 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü'nden 2009 yılında mezun oldu. 2010 yılında Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı ve Ocak 2013'de yüksek lisansını tamamladı. 2013 yılında Araştırma Görevlisi olarak atandı ve Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı ABD'de doktora eğitimine başladı. Doktora tez aşamasında TÜBİTAK 2214-A Doktora Sırası Yurt Dışı Araştırma Bursu ile ABD'nin Teksas Eyaletinde United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Aerial Application Technology Research Biriminde (USDA-ARS) 6 ay araştırma faaliyetlerinde bulundu. 2013 yılında başladığı doktora eğitimini Aralık 2017 yılında tamamlamıştır.