ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Onur ŞATIR

AŞAĞI SEYHAN OVASI'NDA UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ YARDIMIYLA TARIMSAL ALAN KULLANIM UYGUNLUĞUNUN BELİRLENMESİ

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

ADANA, 2013

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AŞAĞI SEYHAN OVASI' NDA UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ YARDIMIYLA TARIMSAL ALAN KULLANIM UYGUNLUĞUNUN BELİRLENMESİ

Onur ŞATIR

DOKTORA TEZİ

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

Bu Tez 20/09/2013 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

…….....	……...	……...
Prof. Dr. Süha BERBEROLU	Prof. Dr. Muzaffer YÜCEL	Prof. Dr. Hayriye İBRİKCİ
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

..…….....	……
Prof.Dr.M.Faruk ALTUNKASA	Doç.Dr. Şevket ALP
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 Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: ZF2009D42

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 UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ YARDIMIYLA TARIMSAL ALAN KULLANIM UYGUNLUĞUNUN BELİRLENMESİ

Onur ŞATIR

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
Yıl: 2013, Sayfa: 291
Jüri : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
: Prof. Dr. Muzaffer YÜCEL
: Prof. Dr. M. Faruk ALTUNKASA
: Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ
: Doç. Dr. Şevket ALP

Bu çalışmanın amacı Aşağı Seyhan Ovası'nda (ASO) tarımsal alan kullanım uygunluğunun uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri araçlarından yararlanılarak belirlenmesi üzerine bölgesel hassasiyetleri de dikkate alan çok yönlü bir model geliştirmektir. Bu doğrultuda, ASO içerisindeki ürün deseninin %85'ini oluşturan buğday, mısır, pamuk ve narenciye tarımı için, alan kullanım uygunlukları belirlenmiştir.

Buğday, mısır ve pamuk için ideal yetişme koşulları çalışma kapsamında tahmin edilen ürün verimlilikleri ve konumsal dağılımları dikkate alınarak hesaplanmıştır. Narenciye alanları içinse literatürdeki çalışmalardan faydalanılmıştır. Bu doğrultuda her bir ürün için ideal yetişme koşulları Objektif bir yaklaşım benimsenerek çok kriterli karar destek sistemleri yardımıyla haritalanmıştır. Daha sonrasında tamamen ekonomik kazancı dikkate alan, tamamen doğa merkezli ve sürdürülebilir senaryolar geliştirilerek tarımsal alan kullanım uygunlukları tanımlanmıştır.

Çalışma sonucunda üretilen uygunluk değerleri ve verimlilik analizi sonuçları, günümüzde kullanılan arazi kullanım kabiliyeti (AKK) sınıflarıyla karşılaştırılmış ve tarımsal alan kullanım kararlarında temel alınan sistemle, bu tez çalışmasında önerilen sistem arasındaki uyum ve çelişki, belirlenerek, öneri alan kullanım modeli geliştirilmiştir. Uygulanan her üç senaryoda da narenciye tarımı için uygun alanların diğerlerinden daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ekolojik senaryoda pamuk, ekonomik senaryoda ise mısır narenciyeden sonra önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal ürün verimliliği, Tarımsal modelleme, Alan kullanım uygunluğu, Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri

ABSTRACT

PhD THESIS

DETERMINING THE AGRICULTURAL LAND USE SUITABILITY USING REMOTE SENSING AND GIS IN LOWER SEYHAN PLANE

Onur ŞATIR

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

Supervisor : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
Yıl: 2013, Sayfa: 291
Jury : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
: Prof. Dr. Muzaffer YÜCEL
: Prof. Dr. M. Faruk ALTUNKASA
: Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ
: Assoc. Prof. Dr. Şevket ALP

Aim of this study was to build a model to determine the agricultural land use suitability using remote sensing and GIS considering regional sensitivities on crop production, economical income and ecological balances in Lower Seyhan Plane. In this frame, land use suitability of wheat, corn, cotton and citrus plantations, which cover 85% of the study area was determined spatially.

Agricultural land use suitability of wheat, corn and cotton was evaluated based on crop productivity and spatial distribution. Citrus land use suitability was determined using literature based on ideal crop growth condition. So, an objective multi-criteria weighting system was applied for each drop type. Agricultural land use suitability maps were developed based on the ecological and economic scenarios only.

The outcomes of the study were compared with agricultural land use ability scheme which has currently been used in Turkey. Similarities and conflicts between these two data sets were evaluated and as result of this, an appropriate agricultural land management model were developed. Citrus plantation was the dominant agricultural land use type for all three scenarios. Cotton and corn productions were proposed for ecological and economic scenarios after citrus respectively.

Keywords: Agricultural crop production, Agricultural modeling, Land use suitability, Remote sensing, Geographical information system.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, danışmanım Prof.Dr. Süha BERBEROĞLU, çalışma arkadaşlarım Yrd.Doç.Dr. Cenk DÖNMEZ, Öğr.Gör.Dr. Mehmet Akif ERDOĞAN, Yrd.Doç.Dr. Anıl AKIN, Merve ERSOY, Nurdan KARAHAN, Merve ŞAHİNGÖZ' e tez yazım ve araştırma aşamalarındaki desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Verilerin elde edilmesinde gösterdikleri katkılardan dolayı Rıfat KARABUCAK, Remziye KARABUCAK, Prof.Dr. Mahmut ÇETİN, Yrd.Doç.Dr. Ebru KARNEZ, Gazi sulama birliği müdürü Burak TİLKİCİ, TUİK uzmanı Mehmet Akif DAVARCI, Prof.Dr. Bülent ÖZEKİCİ, Adana Tarım İl Müdürlüğü Uzaktan Algılama Birimi Çalışanları ve Sn. Emin BİLGİLİ başta olmak üzere Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü çalışanlarına ve Adana DSİ Bölge Müdürlüğü Haritalama Birimi çalışanlarına teşekkür ederim.

Tez araştırma aşamamda yurt dışında Texas A&M Üniversitesi'nde beni destekleyen ve tez çalışmasına katkıda bulunan, Yrd.Doç.Dr. Müge AĞCA, Doç.Dr. Sorin POPESCU, Yrd.Doç.Dr. Jay ANGERER, Dr. William FOX ve ayrıca Wisconsin Üniversitesinde tez araştırmalarıma katkıda bulunan Yrd.Doç.Dr. Mutlu ÖZDOĞAN'a teşekkür ederim.

Tez izleme komitemde görev alan saygıdeğer öğretim üyeleri Prof.Dr. Hayriye İBRİKÇİ ve Prof.Dr. Muzaffer YÜCEL'e tavsiyeleri ve danışmanlıklarından dolayı teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve beni her daim mutlu, huzurlu ve neşeli tutan eşim ve kızıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ONUR ŞATIR

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER ..... ….IV
ÇİZELGELER DİZİNİ X
ŞEKİLLER DİZİNİ XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR XXII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 11
2.1. Yersel Karar Destek Sistemleri'nin Alan Kullanım Planlamasındaki Rolü CBS ve Çeşitli Modelleme Araçlarının Karar Sistemlerine Etkisi 11
2.2. Tarımsal Peyzajın Verimli Kullanımına Yönelik Çalışmalara, Girdi Verilerinin Üretilmesi ve Değerlendirilmesinde UA ve CBS Teknolojilerinin Önemi … 22
3. MATERYAL VE METOD 31
3.1. Materyal 31
3.1.1. Çalışma Alanı ve Genel Özellikleri 31
3.1.2. Uzaktan Algılanmış Veriler ve Özellikleri 36
3.1.2.1. CHRIS PROBA Hiperspektral Uydu Verisi ve Özellikleri 36
3.1.2.2. Landsat TM/ETM+ Verisi ve Özellikleri 40
3.1.2.3. Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS) Uydu Verisi ve Genel Özellikleri 43
3.1.2.4. Yüksek Yersel Çözünürlüklü Hava Fotoğrafları.. 45
3.1.3. Yersel Veriler 46
3.1.3.1. Tuzluluk Verileri 46
3.1.3.2. Toprak Verileri 50
3.1.3.3. Sayısal Yükseklik Modeli ve Drenaj Ağları Verileri 53
3.1.3.4. Yer Gerçeği Verileri 55
3.1.3.5. Narenci Bilgi Sistemi (NARBİS) Verileri ve Özellikleri 58

3.1.4. İklim Verileri 60
3.1.5. Tarımsal Ekonomi Verileri 62
3.1.6. Tarımsal Yönetim, Gübreleme ve Sulama Verileri 63
3.2. Yöntem 66
3.2.1. Uzaktan Algılama Verilerinin Ön İşleme Süreci 68
3.2.1.1. CHRIS PROBA Verisi Ön İşleme Süreci 68
3.2.1.2. Landsat TM/ETM Verilerinin Ön İşlemleri 69
3.2.1.3. MODIS LST (Land Surface Temperature) Termal Verilerinin Ön İşleme Süreci 70
3.2.2. Tarımsal Peyzajın Uygunluk Analizleri İçin Sistem Bileşenlerinin Hazırlanması 71
3.2.2.1. Arazi Örtüsü/Kullanımı ve Tarımsal Ürün Deseninin Belirlenmesi 71
3.2.2.2. Toprak Tuzluluğunun Belirlenmesi 74
3.2.2.3. Toprak Haritasının Düzenlenmesi ve Hazırlanması 77
3.2.2.4. Tarımsal Ürün Verimliliğinin Belirlenmesi 78
3.2.2.5. Don Risk Haritalaması Süreci 83
3.2.2.6. İklim Verilerinin Haritalanması 83
3.2.3. Drenajla Sistemden Çıkan Nitrat Azotu (NO3 - N) Miktarının ArcSWAT Ara yüzü Kullanılarak Modellenmesi 84
3.2.4. Çok Kriterli Analizler ve AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci) 88
3.2.5. Farklı Yönetim Senaryolarının Tanımlanması 92
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 93
4.1. Uydu Verilerinin Ön İşlemlerinin Yapılması 93
4.1.1. CHRIS PROBA Verisi Geometrik Noise Etkisinin Giderilmesi ve Atmosferik Düzeltmelerinin yapılması 93
4.1.2. MODIS Termal Verilerinin Yüzey Sıcaklığına Dönüştürülmesi 94
4.2. Tarımsal Ürün Deseninin Belirlenmesi ve Arazi Örtüsü/Kullanımlarının Haritalanması 95
4.2.1. Ürün Deseninin Haritalanması 95

4.2.1.1. Aşağı Seyhan Ovası 2010 Kışlık Ürün Deseni ve Arazi Örtüsünün Haritalanması ve Uygun Sınıflama Yaklaşımı 96
4.2.1.2. Aşağı Seyhan Ovası 2010 Yazlık Ürün Deseni ve Arazi Örtüsünün Haritalanması 103
4.2.1.3. Aşağı Seyhan Ovası 2011 Kışlık Ürün Deseninin ve Arazi Örtüsünün Haritalanması..... 106
4.2.1.4. Aşağı Seyhan Ovası 2011 Yazlık Ürün Deseninin ve Arazi Örtüsünün Haritalanması 108
4.2.1.5. Aşağı Seyhan Ovası 2010 ve 2011 Yılları Arasındaki Tarımsal Ürün ve Arazi Örtüsü Farklılıklarının Belirlenmesi 110
4.3. Toprak Tuzluluğunun Haritalanması..... 112
4.3.1. CHRIS PROBA Verisi ile Tuzluluğun Haritalanması 112
4.3.2. Aşağı Seyhan Ovası Maksimum Tuzluluk Haritasının Üretilmesi 117
4.4. Toprak Haritaları 121
4.5. ASO Bölgesi Buğday, Mısır ve Pamuk Ürün Verimliliklerinin Tahmini…… 127
4.5.1. Çalışma İçin İdeal Verim Tahmin Yönteminin Belirlenmesi 127
4.5.1.1. İstatistiksel Verim Tahmin Modellerinin Uygulanması 127
4.5.1.2. Net Birincil Üretim Tabanlı Mekanik Verim Tahmin Modelinin Uygulanması ve 2010 Yılı Buğday Veriminin Tahmini..... 134
4.5.2. ASO 2011 Yılı Buğday, Mısır ve Pamuk Ürün Verimliliklerinin Haritalanması 139
4.5.2.1. ASO 2011 Buğday Verimliliğinin Tahmin Edilmesi..... 139
4.5.2.2. ASO 2011 Yılı 1.Ürün Mısır Verimliliğinin Tahmini ve Haritalanması 144
4.5.2.3. ASO 2011 Yılı 1. Ürün Pamuk Verimliliği Tahmini ve Haritalanması 150

4.5.3. Don Risk Haritasının Oluşturulması 156
4.5.4. İklim Verilerinin Haritalanması 159
4.5.4.1. 2010 Yılı Buğday Gelişim Dönemi İklim Verilerinin Haritalanması 159
4.5.5. 2011 yılı Buğday, Mısır ve Pamuk Ürün Gelişme Dönemlerindeki Yağış, Maksimum Sıcaklık, Minimum Sıcaklık Verilerinin Haritalanması ve Gelişme Günleri Sıcaklıklarının Hesaplanması 163
4.5.5.1. 2010 – 2011 Yılı Buğday Gelişme Dönemleri İklim Verilerinin Haritalanması 163
4.5.5.2. Mısır Gelişme Dönemi İklim Verilerinin Haritalanması 169
4.5.5.3. 1. Ürün Pamuk Gelişme Dönemi İklim Verilerinin Haritalanması 173
4.5.5.4. Buğday, Mısır ve Pamuk Gelişme Günleri Sıcaklıklarının Haritalanması 177
4.6. Çok Kriterli Analiz Yöntemi ve AHS Yaklaşımıyla Ürün Temelli Tarımsal Alan Kullanım Uygunluğunun Haritalanması 181
4.6.1. Buğday Yetişme Koşulları ve Alan Kullanım Uygunluğunun Belirlenmesi 182
4.6.2. Mısır Yetişme Koşulları ve Alan Kullanım Uygunluğunun Belirlenmesi 201
4.6.3. Pamuk Yetişme Koşulları ve Alan Kullanım Uygunluğunun Belirlenmesi 219
4.6.4. Narenciye Yetişme Koşulları ve Alan Kullanım Uygunluğunun Belirlenmesi 237
4.7. ASO Bölgesinde Farklı Senaryolara Göre Öneri Baskın Tarımsal Ürün Deseninin Belirlenmesi 245
4.7.1. Ekonomik Senaryoya Göre Baskın Ürün Desenlerinin Belirlenmesi 245
4.7.2. Ekolojik Senaryoya Göre Baskın Ürün Desenlerinin Belirlenmesi 247

4.7.2.1. Dreneja Karışan NO_3 - N miktarının ArcSWAT Modeli Kullanılarak Modellenmesi 248
4.7.3. Sürdürülebilir Senaryoya Göre Baskın Ürün Desenlerinin Belirlenmesi 252
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 257
KAYNAKLAR 271
ÖZGEÇMİŞ 291

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 2.1. CBS – ÇKA konularında 4 veya daha fazla makale basılan dergiler listesi (1990 – 2004) 12
Çizelge 2.2. Konuyla ilgili yayınların kategorilere göre dağılımı 13
Çizelge 2.3. Çalışmada kullanılan ekosistem faydaları ve göstergeleri 16
Çizelge 3.1. CHRIS modları ve özellikleri 37
Çizelge 3.2. CHRIS PROBA mod 3 yansıma bandı özellikleri 38
Çizelge 3.3. Landsat TM/ETM+ Uydusu Algılayıcı Özellikleri 41
Çizelge 3.4. MODIS Uydusu Genel Özellikleri 44
Çizelge 3.5. Çalışma alanındaki toprak serilerinin genel özellikleri 52
Çizelge 3.6. 2011 yılı tarımsal ürün yetiştirme giderleri 63
Çizelge 3.7. Çalışmada kullanılan gübreleme verileri 64
Çizelge 3.8. Ana ürün tipleri ve toplam sulama miktarları 65
Çizelge 3.9. Hata matrisi doğruluk analizi örneği 73
Çizelge 3.10. Bitki toprak tuzluluğu töleransı genel aralıkları 75
Çizelge 4.1. DDA piksel tabanlı sınıflama sonucu doğrulukları 96
Çizelge 4.2. 2010 kışlık sınıflama detaylı hata matrisi 100
Çizelge 4.3. Obje tabanlı hibrit sınıflama doğrulukları ve DDA ile farkları 101
Çizelge 4.4. ASO 2010 yazlık Arazi örtüsü ve alan kullanımları (AÖAK) doğrulukları ve alansal miktarları 104
Çizelge 4.5. ASO 2011 Kışlık Arazi örtüsü ve alan kullanımları (AÖAK) doğrulukları ve alansal miktarları 106
Çizelge 4.6. ASO 2011 Kışlık Arazi örtüsü ve alan kullanımları (AÖAK) doğrulukları ve alansal miktarları 108
Çizelge 4.7. 2010 – 2011 yılları ASO AÖ/AK alansal farklılıkları 110
Çizelge 4.8. Uygulanan adımsal regresyon eşitlikleri ve korelasyonları 115
Çizelge 4.9. CHRIS verisi tuzluluk tahmin başarısı ve maksimum tahmin edilen tuzluluk miktarları 116
Çizelge 4.10. AR yöntemi model geçerliliği 130
Çizelge 4.11. ET eşitlik modeli geçerliliği 130

Çizelge 4.12. KEKR model geçerliliği 131
Çizelge 4.13. 2011 buğday verimliliği parsel temelinde doğrulama hata payı ve oranları. 143
Çizelge 4.14. Mısır verimliliği tahmin modeli geçerliliği..... 147
Çizelge 4.15. 2011 Birinci ürün mısır verimliliği ve parsel temelinde hata payları ve oranları 147
Çizelge 4.16. Pamuk verimliliği tahmin modeli geçerliliği 152
Çizelge 4.17. 2011 Birinci ürün pamuk verimliliği ve parsel temelinde hata payları ve oranları 153
Çizelge 4.18. Buğday, mısır ve pamuk uygunluk değerlendirmeleri için belirlenen kriterler..... 181
Çizelge 4.19. AHS buğday ikili değerlendirme ve ağırlıklandırma matrisi..... 199
Çizelge 4.20. AHS mısır yetişme uygunluğu ikili değerlendirme ve ağırlıklandırma matrisi 217
Çizelge 4.21. AHS pamuk yetişme uygunluğu ikili değerlendirme ve ağırlıklandırma matrisi 235
Çizelge 4.22. Ürün bazında ortalama karlılık ve hesaplanan ekonomik önem katsayıları 245
Çizelge 4.23. ArcSWAT Bitki N alımı ve Drenaj suyundaki ortalama NO_3 – N miktarı modelleme sonuçları ve ürün temelli ekolojik uygunluk katsayıları 248
Çizelge 4.24. Kışlık ve yazlık ekolojik ve ekonomik alan kullanım önerileri ve sürdürülebilir alan kullanım önerileri arasındaki ilişkiler..... 255
Çizelge 5.1. ASO ve Türkiye Buğday, mısır ve pamuk 2011 verimliliklerinin karşılaştırılması 258
Çizelge 5.2. ASO Tuzluluk düzeyleri ve toplam tarımsal alan dağılımları 262
Çizelge 5.3. ASO Tahmin edilen tuzluluk düzeylerine göre narenciye alansal dağılımları 262
Çizelge 5.4. ASO Bölgesi toprak tuzluluğu seviyeleri ve ürün verimlilikleri arasındaki ilişki 263

Çizelge 5.5. Tarımsal ürün yetişme koşulları uygunluğu kategorilerine göre alansal dağılımları 265
Çizelge 5.6. Verim – uygunluk derecesi ve AKK arasındaki ilişki 266

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 3.1. Çalışma Alanı Konumu 33
Şekil 3.2. Akarsu ve Yemişli pilot alanları konumu 34
Şekil 3.3. Doğa Koruma Alanları ve Statüleri YHKS 35
Şekil 3.4. PROBA platformu ve 5 farklı görüntüleme açısı 37
Şekil 3.5. CHRIS PROBA verisi Örneği 39
Şekil 3.6. Landsat Görevleri Zaman Çizelgesi 40
Şekil 3.7. Landsat TM/ETM verisi örneği 42
Şekil 3.8. Yüksek yersel çözünürlüklü hava fotoğrafı 45
Şekil 3.9. EM 38 Aletiyle ölçüm yapılan bir buğday tarlası 46
Şekil 3.10. Çalışma Alanında EM 38 aleti kullanılarak yapılan tuzluluk ölçümleri 48
Şekil 3.11. DSİ tarafından taban suyu ve tuzluluğu ölçümlerinin yapıldığı kuyular 49
Şekil 3.12. ASO Toprak Serileri Haritası 51
Şekil 3.13. Çalışma alanının SYM' si ve Düzenlenmiş Büyük Drenaj Ağları 54
Şekil 3.14. Ürün deseni haritalanması ve doğrulanmasında kullanılan verilerin dağılımı. 56
Şekil 3.15. Toplanan ürün verimliliği verilerinin dağılımları 57
Şekil 3.16. NARBİS öz nitelik tablosu örneği 58
Şekil 3.17. ASO içerisindeki narenciye alanları 59
Şekil 3.18. İklim istasyonlarının isim ve konumları 61
Şekil 3.19. Yöntem genel akış şeması 67
Şekil 3.20. Landsat 7 ETM verisi bozuk görüntü örneği 69
Şekil 3.21. Görüntü sınıflaması yöntem akış şeması 72
Şekil 3.22. Obje tabanlı sınıflama sistemi 74
Şekil 3.23. CHRIS PROBA verisi kullanılarak toprak tuzluluğunun belirlenmesi yöntem akış şeması 76
Şekil 3.24. AR Yöntemi Genel Akış Şeması 79
Şekil 3.25. ET Yöntemi Genel Akış Şeması 80

Şekil 3.26. KEKR Yöntemi Genel Akış Şeması 81
Şekil 3.27. NBÜ Tahmini CASA Yaklaşımı Veri Seti ve Tahmini 82
Şekil 3.28. SWAT genel akış şeması 87
Şekil 3.29. Orijinal karar verme matrisi (a*j* ve c*i* düzeni) ile her bir alternatifi kendi performansına göre kıyaslayabilmek için standardizasyon ve ağırlıklandırma 88
Şekil 3.30. Örnek bulanık mantıkla standardize edilmiş narenciye uygunluk tuzluluk değerleri grafiği 90
Şekil 4.1. Noise etkisi olan ve noise etkisi giderilmiş CHRIS verisi 93
Şekil 4.2. Görüntü pikselleri ile radyometre ölçümleri grafiği 94
Şekil 4.3. "A" C°' ye dönüştürülmüş, "B" DN olarak ifade edilen Yüzey sıcaklık verileri. 95
Şekil 4.4. DDA piksel tabanlı sınıflama sonuç görüntüsü 97
Şekil 4.5. Uzman sınıflandırmasında kullanılan yardımcı veriler 98
Şekil 4.6. Soğan, boştarım, açıkalan, kumul, yerleşim yansıma farklılıklar 99
Şekil 4.7. Uzman sınıflandırması karar ağacı soğan örneği 99
Şekil 4.8. Kışlık 2010 obje tabanlı arazi örtüsü ve alan kullanımları haritası 102
Şekil 4.9. ASO 2010 Yazlık ürün deseni ve arazi örtüsü haritası 105
Şekil 4.10. Kışlık 2011 Ürün deseni ve Arazi Örtüsü Haritası 107
Şekil 4.11. ASO 2011 Yazlık ürün deseni ve arazi örtüsü haritası 109
Şekil 4.12.ASO 2010 – 2011 yılları tarımsal alanlar 111
Şekil 4.13. Buğday yansıma değerleri ..... .113
Şekil 4.14. Pamuk yansıma değerleri 113
Şekil 4.15. Tuzluluk ölçümü yapılan alanlar 114
Şekil 4.16. Yemişli Bölgesi buğday zamanı (A) ve pamuk zamanı (B) maksimum tuzluluk haritaları 116
Şekil 4.17. Aynı bölgedeki taban suyu tuzluluğu ve toprak tuzluluğu arasındaki ilişki 117
Şekil 4.18. Toprak tuzluluğu haritası doğruluğu 119
Şekil 4.19 ASO maksimum toprak tuzluluğu haritası 120
Şekil 4.20. ASO toprak derinliği haritası 122

Şekil 4.21. ASO tarla kapasitesi haritası 123
Şekil 4.22. ASO toprak kil yüzdesi haritası 124
Şekil 4.23. ASO toprak silt yüzdesi haritası..... 125
Şekil 4.24. ASO toprak kum yüzdesi haritası 126
Şekil 4.25. Kullanılan vejetasyon indisleri..... 129
Şekil 4.26.AR, ET ve KEKR yöntemlerinin doğrulukları ve ortalama hataları…...132
Şekil 4.27. AR yöntemi 2010 yılı buğday verimi dağılımı haritası 133
Şekil 4.28. Buğday gelişim dönemi (Ekim 2009 – Haziran 2010) NDVI verileri ... 135
Şekil 4.29. Çukurova Bölgesi NDVI tabanlı buğday fenolojisi 136
Şekil 4.30. NBÜ tabanlı mekanik buğday ürün verimliliği doğruluk analizi..... 137
Şekil 4.31. 2009 – 2010 buğday gelişim dönemi NBÜ tabanlı tahmin edilen buğday verimi ve dağılımı 138
Şekil 4.32. 2011 buğday verimlilik analizinde kullanılan indisler..... 140
Şekil 4.33. ASO 2011 yılı buğday verim haritası..... 142
Şekil 4.34. 2011 yılı hasat tahmini ve gerçek değerleri arasındaki ilişki ve tanımlama katsayısı..... 143
Şekil 4.35. 2011 buğday verimliliği parsel bazlı hata yüzdesi oranları 144
Şekil 4.36. Çukurova Bölgesi'nde NDVI tabanlı 1. Ürün mısır gelişme fenolojisi. 145
Şekil 4.37. 2011 yılı 1. ürün mısır verim tahmini için üretilen indisler 146
Şekil 4.38. 2011 yılı 1. Ürün mısır verimi tahmini ve gerçek değerleri arasındaki ilişki ve tanımlama katsayısı 148
Şekil 4.39. 2011 1. Ürün mısır verimi parsel temelinde hata oranları 148
Şekil 4.40. 2011yılı ASO 1. Ürün mısır verimliliği ve dağılım haritası 149
Şekil 4.41. 2011 yılı 1.Ürün pamuk verim tahmini için üretilen indisler 151
Şekil 4.42.Çukurova Bölgesi'nde NDVI' ya bağlı 1. Ürün pamuk fenolojisi..... 152
Şekil 4.43. 2011 yılı 1. Ürün pamuk verimi tahmini ve gerçek değerleri arasındaki ilişki ve tanımlama katsayısı..... 153
Şekil 4.44. 2011 1. Ürün pamuk verimi parsel temelinde hata oranları..... 154
Şekil 4.45. ASO 2011 yılı 1. ürün pamuk verimliliği ve dağılım haritası..... 155
Şekil 4.46. Don zamanlarındaki gece TSİ 2.30'da ölçülen MODIS yüzey sıcaklığı ve gerçek hava sıcaklığı (2m'de ölçülen) arasındaki ilişki..... 156

Şekil 4.47. ASO don zamanları minimum sıcaklık haritası 158
Şekil 4.48. Haritalanmış solar radyasyon değerleri..... 160
Şekil 4.49. Haritalanmış ortalama sıcaklık değerleri 161
Şekil 4.50. Haritalanmış toplam yağış değerleri 162
Şekil 4.51. Çukurova Bölgesi buğday gelişme dönemleri 2010-2011 dönemi 164
Şekil 4.52. 2010 – 2011 Buğday gelişme dönemlerinde düşen toplam yağış miktarı 165
Şekil 4.53. 2010 – 2011 Buğday Gelişme Dönemi Toplam Yağış Dağılımı Haritası 166
Şekil 4.54. 2010 – 2011 buğday gelişme dönemi minimum sıcaklık haritaları 167
Şekil 4.55. 2010 – 2011 buğday gelişme dönemi maksimum sıcaklık haritaları..... 168
Şekil 4.56. Mısır gelişme dönemi aylık bazda toplam yağış haritası 169
Şekil 4.57. 2011 yılı Mısır gelişme dönemi toplam yağış haritası……170
Şekil 4.58.1. Ürün mısır gelişme dönemi aylık minimum sıcaklık haritası..... 171
Şekil 4.59. 2011 yılı 1. Ürün mısır gelişme dönemi aylık maksimum sıcaklık haritası 172
Şekil 4.60. 2011 1. Ürün pamuk gelişme dönemi aylık toplam yağış haritaları 173
Şekil 4.61. 2011 yılı 1. Ürün pamuk gelişim dönemi toplam yağış dağılımı haritası 174
Şekil 4.62. 1. Ürün pamuk gelişim dönemi aylık minimum sıcaklık haritaları 175
Şekil 4.63. 1. Ürün pamuk gelişim dönemi maksimum aylık sıcaklık haritaları 176
Şekil 4.64. 2011 yılı Buğday gelişme günleri sıcaklıkları dağılım..... 178
Şekil 4.65. 2011 yılı 1. Ürün Mısır gelişme günleri sıcaklıkları dağılımı..... 179
Şekil 4.66. 2011 yılı 1. Ürün pamuk gelişme günleri sıcaklıkları dağılımı 180
Şekil 4.67. Buğday verimi ve toprak kil miktarı arasındaki ilişki..... 182
Şekil 4.68. Buğday yetişme koşulları toprak kil miktarı uygunluğu bulanık standardizasyon haritası 183
Şekil 4.69. Buğday verimi toprak silt miktarı arasındaki ilişki..... 184
Şekil 4.70. Buğday yetişme koşulları toprak silt miktarı uygunluğu bulanık standardizasyon haritası 185
Şekil 4.71. Buğday verimi ve toprak kum miktarı arasındaki ilişki..... 186

Şekil 4.72. Buğday yetişme koşulları toprak kum miktarı uygunluğu bulanık standardizasyon haritası. 187
Şekil 4.73. Buğday verimi ve toprak derinliği arasındaki ilişki 188
Şekil 4.74. Buğday yetişme koşulları toprak derinliği uygunluğu bulanık standardizasyon haritası 189
Şekil 4.75. Su utma kapasitesi ve buğday verimi arasındaki ilişki 190
Şekil 4.76. Buğday yetişme koşulları su tutma kapasitesi uygunluğu bulanık standardizasyon haritası 191
Şekil 4.77. Buğday verimi ve toplam yağış arasındaki ilişki 192
Şekil 4.78. Dönemsel yağış verim ilişkisi 193
Şekil 4.79. Buğday yetişme koşulları toplam yağış uygunluğu bulanık standardizasyon haritası 194
Şekil 4.80. GGS ve buğday verimi arasındaki ilişki 195
Şekil 4.81. Buğday yetişme koşulları GGS uygunluğu bulanık standardizasyon haritası. 196
Şekil 4.82. Buğday verimi ve Toprak Tuzluluğu arasındaki ilişki 197
Şekil 4.83. Buğday yetişme koşulları toprak tuzluluğu uygunluğu bulanık standardizasyon haritası 198
Şekil 4.84. ASO buğday uygunluk dereceleri haritası 200
Şekil 4.85. Buğday yetişme koşulları kategorik uygunluk seviyeleri haritası 200
Şekil 4.86. Mısır verimi ve toprak kil miktarı arasındaki ilişki 201
Şekil 4.87. Mısır yetişme koşulları toprak kil miktarı uygunluğu bulanık standardizasyon haritası 202
Şekil 4.88. Toprak silt miktarı ve mısır verimi arasındaki ilişki 203
Şekil 4.89. Mısır yetişme koşulları toprak silt miktarı uygunluğu bulanık standardizasyon haritası 204
Şekil 4.90. Toprak kum miktarı ve mısır verimi arasındaki ilişki 205
Şekil 4.91. Mısır yetişme koşulları toprak kum miktarı uygunluğu bulanık standardizasyon haritası 206
Şekil 4.92. Toprak derinliği ve mısır verimi arasındaki ilişki 207

Şekil 4.93. Mısır yetişme koşulları toprak derinliği uygunluğu bulanık standardizasyon haritası 208
Şekil 4.94. Tarla kapasitesi ve mısır verimi arasındaki ilişki..... 209
Şekil 4.95. Mısır yetişme koşulları tarla kapasitesi uygunluğu bulanık standardizasyon haritası 210
Şekil 4.96. Yağış ve mısır verimi arasındaki ilişki..... 211
Şekil 4.97. Mısır yetişme koşulları toplam yağış uygunluğu bulanık standardizasyon görüntüsü..... 212
Şekil 4.98. GGS ve mısır verimi arasındaki ilişki..... 213
Şekil 4.99. Mısır yetişme koşulları GGS uygunluğu bulanık standardizasyon haritası..... 214
Şekil 4.100.Toprak tuzluluğu ve mısır verimi arasındaki ilişki..... 215
Şekil 4.101.Mısır yetişme koşulları uygunluğu toprak tuzluluğu bulanık standardizasyon haritası 216
Şekil 4.102.ASO mısır uygunluk dereceleri haritası..... 218
Şekil 4.103.Mısır yetişme koşulları kategorik uygunluk seviyeleri haritası..... 218
Şekil 4.104.Pamuk verimi ve kil toprak kil miktarı arasındaki ilişki..... 219
Şekil 4.105.Pamuk yetişme koşulları toprak kil uygunluğu bulanık standardizasyon haritası..... 220
Şekil 4.106.Toprak silt miktarı ve pamuk verimi arasındaki ilişki..... 221
Şekil 4.107.Pamuk yetişme koşulları toprak silt miktarı bulanık standardizasyon haritası 222
Şekil 4.108.Pamuk verimi ve toprak kum miktarı arasındaki ilişki..... 223
Şekil 4.109.Pamuk yetişme koşulları toprak kum miktarı uygunluğu bulanık standardizasyon haritası..... 224
Şekil 4.110.Pamuk verimi ve toprak derinliği arasındaki ilişki..... 225
Şekil 4.111.Pamuk yetişme koşulları toprak derinliği uygunluğu bulanık standardizasyon haritası..... 226
Şekil 4.112.Pamuk verimi ve tarla kapasitesi arasındaki ilişki..... 227
Şekil 4.113.Pamuk yetişme koşulları tarla kapasitesi uygunluğu bulanık standardizasyon haritası..... 228

Şekil 4.114. Pamuk verimi ve toplam yağış arasındaki ilişki 229
Şekil 4.115. Pamuk yetişme koşulları toplam yağış bulanık standardizasyon haritası..... 230
Şekil 4.116. Pamuk verimi ve GGS arasındaki ilişki..... 231
Şekil 4.117. Pamuk yetişme koşulları GGS uygunluğu bulanık standardizasyon haritası 232
Şekil 4.118. Pamuk verimi ve toprak tuzluluğu arasındaki ilişki 233
Şekil 4.119. Pamuk yetişme koşulları toprak tuzluluğu bulanık standardizayon haritası 234
Şekil 4.120. ASO pamuk uygunluk dereceleri haritası..... 236
Şekil 4.121. Pamuk yetişme koşulları kategorik uygunluk seviyeleri haritası 236
Şekil 4.122. Narenciye yetişme koşulları toprak kil miktarı bulanık standardizasyon haritası..... 238
Şekil 4.123. Narenciye yetişme koşulları toprak kum uygunluğu bulanık standardizasyon haritası..... 239
Şekil 4.124. Narenciye yetişme koşulları don riski bulanık standardizasyon haritası 241
Şekil 4.125. Narenciye yetişme koşulları toprak tuzluluğu bulanık standardizasyon haritası 242
Şekil 4.126. Narenciye yetişme koşulları uygunluğu bulanık haritası..... 244
Şekil 4.127. Narenciye uygunluk seviyeleri kategorik haritası..... 244
Şekil 4.128. Ekonomik senaryo kışlık öneri baskın ürün deseni haritası 246
Şekil 4.129. Ekonomik senaryo yazlık öneri baskın ürün deseni haritası..... 247
Şekil 4.130. Ekolojik senaryo kışlık öneri baskın ürün deseni haritası 251
Şekil 4.131. Ekolojik senaryo yazlık öneri baskın ürün deseni haritası..... 251
Şekil 4.132. Sürdürülebilir senaryo kışlık öneri ürün deseni haritası ve öneri mutlak organik tarım yapılması gerekli alanlar..... 254
Şekil 4.133. Sürdürülebilir senaryo yazlık öneri ürün deseni haritası ve öneri mutlak organik tarım yapılması gerekli alanlar..... 254

SİMGELER VE KISALTMALAR

AHS : Analitik Hiyerarşi Süreci
APAR : Absorbed Photosentetic Active Radiation
APEX : Agricultural Policy/Environmental eXtender
AR : Adımsal regresyon
ASO : Aşağı Seyhan Ovası
AKK : Arazi Kullanım Kabiliyeti
AÖ/AK : Arazi örtüsü/Alan Kullanımları
CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇKA : Çok Kriterli Analiz
DDA : Doğrusal Diskriminant Analizi
DMİ : Devlet Meteoroloji İşleri
DSSAT : Decision Support System for Agrotechnology Transfer
DVI : Difference Vegetation Index
EC : Electrical Conductivity
EPIC : Environmental Policy Integrated Climate
ESA : European Space Agency
ET : Eğri Tahmini
EVI : Enhsnged Vegetation Index
FAPAR : Fraction of Photosentetic Active Radiation
GGS : Gelişme Günleri Sıcaklıkları
GVI : Green Vegetation Index
HI : Hasat İndeksi
IKV : Işık Kullanım Verimliliği
KEKR : Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu
KGO : Kök Gövde Oranı
LST : Land Surface Temperature
MODIS : Moderate Resolution Imaging Spectrometer
NARBİS : Narenciye Bilgi Sistemi

NBÜ : Net Birincil Üretim
NDWI : Normalized Difference Water Index
OKÖ : Orta Kızıl Ötesi
PVI : Perpendecular Vegetation Index
RTF : Radyal Tabanlı Fonksiyon
SAVI : Soil Adjusted Vegetation Index
SR : Simple Ratio
SVAT : Soil Water Atmosphere Tool
SWAT : Soil Water Assesment Tools
SYM : Sayısal Yükseklik Modeli
TCI : Temperature Condution Index
TVI : Transformed Vegetation Index
UA : Uzaktan Algılama
ÜGM : Ürün Gelişim Modeli
USGS : United States Geological Survey
VCI : Vegetation Condution Index
VWSI : Vegetation Water Stress Index
WDVI : Weighted Difference Vegetation Index
WOE : Weight Of Evidence
YKÖ : Yakın Kızıl Ötesi
YKDS : Yersel Karar Destek Sistemleri
YSA : Yapay Sinir Ağları
C° : Santigrad derece
N : Azot
P : Fosfor

1. GİRİŞ

Sanayi devrimi ile başlayan kaynak ihtiyacı ve yeni kaynaklar arama süreci, günümüzde halen devam etmekte, dünya nüfusu arttıkça veya insanların tüketim alışkanlıkları radikal bir şekilde değişmedikçe de bu durumun devam edeceği öngörülmektedir. Bu süreç içerisinde, mevcut doğal kaynaklarını verimli kullanan ülkeler, kalkınma ve büyüme konusunda çok daha hızlı yol alacaklardır.

Dünyada insan yaşamı için en temel ve değerli kaynakların başında su ve toprak gelmektedir. İnsanlık tarihi boyunca, bu iki temel kaynak için birçok savaş yapılmıştır. Günümüzde, artık büyük savaşlarla geniş toprakların fethedilmesi anlayışı yerine, ekonomik olarak şirketler ya da organizasyonlar üzerinden kaynakların ortak kullanımı, satın alınması ya da kiralanması stratejileri daha gerçekçi ve kabul gören bir yaklaşımdır. Ekonomik altyapısını tamamlamış, 50 – 100 yıllık doğal kaynak stratejilerini ve planlarını geliştirmiş ülkeler bugün, gelecekteki ihtiyaçları doğrultusunda, ekonomik veya yönetim olarak güçlü olmayan ülkelerdeki doğal kaynakları belirli kanun ve kurallar çerçevesinde işletmektedir. Tarihsel sürece bakıldığında, insanlar verimli arazilerin olduğu bölgelerde, suya yakın iklimi uygun noktalarda büyük medeniyetler kurmuşlardır. Bugüne baktığımızda da durum çok farklı değildir. Verimli toprakların kullanımı ve planlaması artan dünya nüfusunu beslemek için, küresel bir politika haline dönüşmeye başlamıştır. Bu duruma örnek olarak, Doğu Afrika' da ki tarım alanlarının işletilmesi gösterilebilir.

İnsan aktivitelerinin yoğunlaşması, zaten sınırlı olan doğal kaynakların daha verimli kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede, mevcut arazilerimizin amacına uygun bir şekilde, doğru yaklaşımlar benimsenerek kullanılması, ülkemizin geleceği açısından bir gerekliliktir. Sürdürülebilir kalkınma yaklaşımları, ekonomik büyüme ve refah seviyesini yükseltme çabalarını, çevreyi ve yeryüzündeki tüm insanların yaşam kalitesini koruyarak gerçekleştirmeyi hedef alır. İnsan ve doğa arasındaki çatışmayı karşılıklı olarak faydaya dönüştürecek yaklaşımların benimsenmesi için, bilimsel çalışmalar ışığında çözümler üretilmesi, mevcut arazilerimizin sürdürülebilir kullanılması için bir temeldir.

Özellikle son yıllarda yapılan araştırmalar, küresel ısınma, erozyon, karasal bozulmalar ve su dengesinin bozulmasının gelecekte küresel bir kıtlığa yol açabileceğini vurgulamaktadır (Arnell, 1999; Parry ve ark., 1999). Bu kıtlıktan olabildiğince az etkilenmek için toprak ve su gibi doğal kaynakların optimum düzeyde kullanımını sağlayacak uygun yönetim planlarının yapılması gereklidir. İyi bir planlama için mevcut durumun doğru analiz edilmesi ve geleceğe yönelik senaryoların değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çerçevede, tarımsal ürün verimliliğinin izlenmesi ve önceden tahmin edilmesi, bazı önlemlerin erken alınması noktasında çok önemlidir. Bu yönde kırsal planların yapılması, hangi tarımsal ürünün nerede ve hangi koşullar altında iyi geliştiği konusunda da bize bilgi vermektedir. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri uygun tarımsal alan kullanımlarının belirlenmesinde ve geleceğe yönelik risklerin tahmininde önemli bir araç olarak kullanılabilmektedir.

Uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) bilimi, arazi örtüsü-alan kullanımları ve insan-doğa arasındaki etkileşimin belirlenmesinde, günümüzde hayati bir önem taşır (Şatır ve Berberoğlu, 2012). Uzaktan algılama teknolojileri özellikle, fiziki planlamada girdi verilerinin oluşturulmasında, zamandan, ekonomiden ve enerjiden tasarruf sağlamaktadır. CBS bilimi ise karar verme, yersel veri hazırlama, işleme ve depolama, coğrafi analizler, modellemeler ve haritaların oluşturulmasında büyük bir kolaylık sağlamaktadır.

UA ve CBS teknolojileri, günümüzde birçok peyzaj planlama çalışmasında kullanılmaktadır. Bu çalışmaların amacı, doğal bir çevre içerisinde yaşamak için geleceğe yönelik alan kullanım önerileri ve stratejileri geliştirerek, sürdürülebilir kalkınmayı desteklemektir (Bfn, 2002). UA verileri (uydu verileri, hava fotoğrafları, radar verileri vs.), farklı teknikler kullanılarak peyzaj planlama çalışmalarında, çok kriterli karar destek sistemlerine altlık veri sağlamaktadır. Yapılan peyzaj planının amacına göre, arazi örtüsü/kullanımları ve değişimleri (Berberoğlu ve Akın, 2009, Özyavuz ve ark., 2011), iklim bileşenleri ve bitki örtüsü ilişkileri (Dönmez ve ark., 2011), biyotop ve habitat kalitesinin değerlendirilmesi (Uuemaa ve ark., 2009), arazi örtüsü ve alan kullanımları arasındaki etkileşimlerin belirlenmesi (McGarigal ve ark.,

2002), hidrolojik ve jeolojik yapının analizi (Dönmez, 2012; Karaca ve ark., 2003), konularında uzaktan algılama aktif olarak kullanılmaktadır.

CBS uygulamaları, son 30 yıldan uzun süredir, doğal kaynak yönetimi, çevre kirliliği ve risk kontrolü, bölge planlama, kentsel planlama ve yönetimi konularını da içeren çeşitli alanlarda karar vericileri için gerekli bilgileri sağlamaktadır (Cowen, 1988). CBS' nin karar destek sistemlerine daha iyi bütünleştirilmesi için temelde halen uygulanmakta olan iki yaklaşım vardır. Bunlardan ilki, yersel karar destek sistemlerini (YKDS) analitik problemlerin çözümünde, merkez olarak görür. İkinci yaklaşımda ise, CBS ve özelleştirilmiş analitik modellerin bütünleştirilmesine dayalı olarak problemlerin çözümünü esas alır. Bir diğer ifadeyle, tek bir model yerine birden çok modeli bir arada ama her birini kendi içinde bağımsız olarak kullanır. İlk yaklaşıma göre, YKDS çıkarım yapmak, değerlendirmek, önermek ve sorun çözüm stratejilerinin doğruluğunu belirlemek için modelleme, optimizasyon ve simülasyon fonksiyonları sağlamalıdır. Tüm bu yetenekler, orta derecede ya da az bir bilgiye sahip olduğumuz bölgelerdeki sorunların çözümünde temel oluşturmaktadır. YKDS model tabanlı yaklaşımı, günümüz CBS yazılımlarındaki modüller sayesinde çeşitli alternatifler ve uzantılar sunmaktadır. Ayrıca, geometrik işlemler ve analizler, modelleme, optimizasyon ve dinamik simülasyon fonksiyonları konularında yeterli esnekliğe sahiptirler. Diğer yaklaşımda ise karar destek sistemlerinin geliştirilmesinde CBS' nin tanımlayıcı, kuralcı, ve tahmin edici yeteneklerinin, CBS yazılımları ve diğer genel kullanıcı dostu (istatistiksel analiz yazılımları vb…), çevresel ve sosyo-ekonomi gibi belirli konularda özelleşmiş analitik modellerin birbirleriyle bütünleştirilmesini esas alır (Goodchild, 1987; Nyerges, 1993; De la Rosa, ve ark., 2004).

Her iki yaklaşımında ortak amacı YKDS için daha iyi, kullanışlı ve verimli bir işlemler bütününü sağlamaktır. Bu çerçevede çok kriterli karar verme yöntemleri, yersel bir karar destek aracı olarak literatürde ön plana çıkmaktadır. Ayrıca bu yöntemlerin CBS ortamında, kullanıcı dostu yazılımlarla birlikte uygulanması da mümkündür (Janssen ve Reitveld, 1990; Carver, 1991; Eastman ve ark., 1993; Riveira ve ark., 2008; Zerger ve ark., 2011).

Çok kriterli analizlerin (ÇKA) genel amacı, birçok uygun alternatif içerisinden en idealinin bulunması için karar vericilere destek sağlamaktır. Ağırlıklandırılmış çakıştırma analizleri, ÇKA kullanılarak yapılan yersel modellemenin bir parçasıdır. Bu analiz ağırlıklandırma ile bazı kriterlerin diğerlerinden daha önemli olduğunu belirlemeye dayalıdır. Coğrafi olarak kriterlerin tanımlanması, sıradan ÇKA' lardan farklı olarak yersel değerlendirme olanağı sağlamaktadır (Girard ve ark., 2008).

Genel anlamda, CBS nin en önemli kullanım alanlarından birisi alan kullanım uygunluğu haritalaması ve analizleridir (Malczewski, 2004). Bir ÇKA tabanlı karar verme işlemini uygulamak için alternatiflerin belirlenmesi ve bu alternatiflerin etki değerlerine göre sıralanması gereklidir (Jansen ve Rietveld, 1990). Analitik tekniklerin CBS içerisinde ÇKA'larla bütünleştirilmesi, kullanıcılara daha fonksiyonel bir alt yapı sağlayabilmektedir (Carver, 1991).

Mendoza ve Macoun, (1999), ÇKA yöntemini, karar vericiler için öncelikli hale getiren faktörleri aşağıdaki gibi sıralamıştır:

- Birden çok kriter bir analiz içerisinde değerlendirilebilmektedir.
- Çok yoğun olmayan karmaşık verilerle birlikte analiz yapılabilmektedir.
- Uzmanların, ilgili kişilerin ve halkın katılımının doğrudan mümkün olduğu bir yöntemdir.
- Analiz yöntemleri, katılımcılar için net ve anlaşılabilirdir.
- ÇKA karar vericilerin tutarlı olmasını destekleyen, farklı mekanizmalara sahiptir.

Bir ÇKA analizinde en önemli sorular, kriterlerin önceliklerinin nasıl belirleneceği ve bunların nasıl ağırlıklandırılacağıdır. Bu kapsamda, literatürde farklı yaklaşımlara rastlanmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı, Analitik hiyerarşi süreci (AHS) yaklaşımıdır (Saaty, 1980, 2008). Uygulama kolaylığı ve şeffaf bir yaklaşım olduğu için çok tercih edilmektedir. AHİ yaklaşımına alternatif olarak; uyumluluk analizi, basit çakıştırmalı ağırlıklandırma ve karmaşık

matematiksel yaklaşımlar (karar ağacı gibi) da ÇKA yönteminin uygulanmasındaki sorunların çözümünde kullanılmaktadır (Marinoni ve ark., 2009).

ÇKA yöntemlerinin uygulanmasında bazı kısıtlayıcı faktörlerde vardır. Bunlar; kriterlerin önceliklerinin nasıl belirleneceği, kriterler arasındaki standardizasyonun nasıl sağlanacağı ve öncelik katsayılarının nasıl hesaplanacağıdır. Ağırlıklandırma ve önceliklerin belirlenmesi konusunda uzman görüşüne başvurulması ya da literatüre dayalı ağırlıklandırma yapılması gibi tam olarak objektif olmayan yöntemler çok sıkça kullanılmaktadır (Jaiswal ve ark., 2002; Walk ve ark., 2012). Bunun yanında, göstergelerin ağırlıklandırılması (WOE) (Dickson ve ark. 2006) ve yapay sinir ağlarına (YSA) dayalı ağırlıklandırma gibi ideal veriye dayalı olan, objektif ağırlıklandırma yöntemleri de CBS ile bütünleştirilerek ÇKA içerisinde ağırlıklandırma ve önceliklerin belirlenmesi sorunlarının çözümünde kullanılabilmektedir.

Sonuç olarak, ÇKA' ların CBS yazılımlarıyla birlikte ele alınması planlamacıların karar almadaki, analiz, sentez ve sonuç çıkarımı etkinliğini arttırmaktadır. Alan kullanım uygunluğunun belirlenmesinde, çok güçlü bir araç olarak kullanılabilir (Joerin ve ark., 2001).

Tarımsal peyzajın korunması ve geliştirilmesi, insanın temel ihtiyacı olan beslenmenin sürekliliği, yiyecek ham maddelerinin temini ve tarım sanayisinin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Dünyadaki mevcut tarım alanları her 5 yıllık süreçte yaklaşık %0.1 – 0.2 oranında azalmaktadır (WB, 2013). Buna karşın dünya nüfusu son 5 yıllık süreçte yaklaşık %6.2 oranında artış göstermiştir (UN, 2013). Ülkemizde ise son beş yılda tarım arazileri %3.2 azalmış, nüfus %5.4 artmıştır (TUIK, 2013). Tarım alanlarındaki daralmanın en önemli nedenleri;

- Sanayileşme ile birlikte, tarımsal ürünlerden ziyade mekanik ürünlerin yapımına yönelik işçi ihtiyacının doğması ve mevcut tarımsal iş gücünün giderek azalması sonucunda, tarım alanlarının terk edilmesi (Ozyavuz ve ark., 2011).

- Eğitimli kişilerin, kırsal alanlarda sosyal ve kültürel açılardan tatmin olamamaları ve kentlere göç etmelerinin bir sonucu olarak tarımdan uzaklaşmaları.
- Kent nüfusunun artması ve sanayinin gelişmesi sonucu, yeni yapılaşma alanlarına ihtiyaç duyulması ve tarım alanları üzerindeki baskının artması (Akın, 2006).
- Nitelikli tarım alanlarının kaybedilmesi sonucu, tek geçim kaynağı tarım olan üreticilerin yeni tarım alanları kazanmak için doğaya zarar vermeleri.

Mevcut tarımsal peyzajın korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilirliği, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ciddi bir sorun olmuştur. FAO, (2002) verilerine göre, Türkiye, halen ürettiği buğdayın iki katından fazlasını üretebilecek bir potansiyele sahiptir. Bu üretimin yapılamamasının nedenleri, tarım alanlarının bölünmesi, tarımsal maliyetlerin fazla olması ve çiftçiliğin giderek azalması gösterilebilir. Buna, tarım arazilerinin tarım dışı kullanılması sorununu da eklediğimizde tarımsal alan kullanımının planlanması konusunun önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Ellili yıllardan itibaren sanayileşme süreci ile birlikte ülkemizde hızlı bir yapılaşma başlamıştır. Yeni sanayi bölgeleri, yerleşim alanları, turistik tesisler ve maden alanlarının kurulabilmesi için tarım arazilerinin amacı dışında kullanılması zorunluluğu gündeme gelmiştir.

Bu amaçla, tarım arazilerinin tarım dışı kullanımının kısıtlanmasına ilişkin ilk yasal düzenleme, 19 Temmuz 1973 tarihli ve 14599 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren 1757 sayılı Toprak ve Tarım Reformu Kanunu'nun 31. Maddesi, 212'nci bendiyle yapılmıştır. Söz konusu madde ile ilk defa Toprak ve Tarım Reformu Bölgeleri'nde dağıtılan arazilerin tarım dışı amaçlarla kullanılmaması hususuna yer verilmiştir. Ancak, zorunlu olan hallerde on dekara kadar Toprak ve Tarım Reformu Müsteşarlığı'nın izni ile on dekarın üzerindeki araziler için ise Bakanlar Kurulu Kararı ile tarım dışı amaçlarla kullanıma imkan sağlanmıştır.

Ayrıca, bu yasa ile Toprak ve Tarım Reformu Bölgeleri dışında kalan yörelerdeki endüstri alanları, madencilik sahaları ve turistik yerlerin yanı sıra köy, kasaba ve şehirlerin yerleşim alanları ile kamu yatırımları için ihtiyaç duyulan yerlerin, öncelikle tarıma elverişli olmayan arazilerden karşılanması ve tarım arazilerine yönelik talepte bulunacak kurum veya kuruluşların tarıma en az elverişli arazilerden başlayarak projelerini hazırlamaları zorunluluğu getirilmiştir.

Bu yasa 10 Mayıs 1978 tarihinde Anayasa mahkemesi tarafından arazi taleplerine yönelik yatırımları geciktirmesi ve bürokratik işlemlerle karar verme sürecinin uzun olması gerekçeleriyle şekil yönünden iptal edilmiştir.

Daha sonra tarım arazilerinin korunmasını ve amacına uygun bir şekilde kullanılmasını sağlamak ve bu alanların hangi zorunlu hallerde tarım dışı amaçlarla kullanılabileceğine dair usul ve esasları belirlemek amacıyla 1989 yılında Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM) tarafından 11.03.1989 tarihinde, Tarım Arazilerinin Korunması ve Kullanılmasına Dair Yönetmelik çıkarılmıştır. Bu yönetmelikle, tarım arazilerinin korunması ile yerleşim birimlerinin kurulması, geliştirilmesi, askeri, sanayi, ulaştırma, eğitim, sağlık, turizm, depolar, antrepolar, haberleşme, sportif ve tarımsal tesisler ile diğer amaçlar için kullanılmasına ihtiyaç duyulan tarım arazilerinin, tarım dışı amaçlar için kullanılmasına izin verilmesiyle ilgili hususlar düzenlenmiştir. 2005 yılına kadar geçen süreç içerisinde söz konusu Yönetmelik'te bazı değişiklikler yapılmıştır. 28 Ocak 2005 tarihli ve 25710 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 5286 sayılı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünün Kaldırılması ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanunla KHGM'nin kapatılmasıyla birlikte, Tarım Arazilerinin Korunması ve Kullanılmasına Dair Yönetmelikle KHGM'ye verilen sorumluluk, uygulama ve yürütme görevi de ortadan kalkmıştır. 3083 sayılı Sulama Alanlarında Arazi Düzenlemesine Dair Tarım Reformu Kanunu, 3194 sayılı İmar Kanunu, 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu gibi tarım arazilerinin korunmasına yönelik birden fazla yasal düzenleme bulunmakta olup, bu Kanunlar'ın uygulanmasında yetkili ve sorumlu farklı kurum ve/veya kuruluşlar yer almaktadır. Diğer taraftan, uygulayıcı kuruluşların birbirinden bağımsız ve koordinasyon içinde çalışmamaları sonucunda, tarım arazilerinin tarım dışı kullanılması daha da artmaktadır (Topçu, 2012).

Ülkemizde, tarım arazilerinin tarım dışı kullanım talepleri değerlendirildiğinde, konut, sanayi, turizm, madencilik ve ulaştırma amaçlı kullanımlar ön plana çıkmaktadır. Bu kullanımların tamamı bir ülkenin ekonomik ve sosyal gelişimi için olmalıdır. Bununla beraber, bu kullanımların planlanması sürecinde tarım alanlarına ve ekosisteme en az zararın nasıl verilebileceği sorunu, halen çözüm için, farklı yaklaşımların denendiği ve uygulandığı bir sorundur.

Tarımsal alanların planlanması ve kullanımlarındaki yasal sorunların yanı sıra, bilimsel olarak uygulanan bazı yaklaşımların da yeterli olmadığı, özellikle uygulamada ve uygulama sonrasında beklenen faydanın alınamadığı görülmektedir.

Arazi kullanım planlaması yapan ve yöneten kişiler geleneksel FAO çerçevesini arazi değerlendirme için kullanırlar (FAO, 1976) ya da benzer yöntemler, alan kullanım uygunluğu elde etme aşamasında, tarımsal alan kullanım planlaması kararlarını vermek için FAO'yu temel alırlar. FAO ile ilişkili arazi değerlendirme teknikleri, ekonomik olarak uygun, sosyal olarak kabul edilebilir, ekolojik açıdan yeterli ve geliştirilebilir yani sürdürülebilirlik temelinde ele alınmaktadır (Pearce ve ark., 1990). Ancak FAO'nun arazi değerlendirme yöntemlerini temel alan tarımsal alan kullanım planlaması, Avusturalya'da sürdürülebilir tarımsal kullanım için yeterli olmamıştır. Bu kapsamda, Avustralya şeker endüstrisi FAO'ya dayalı bir planlama sistemi geliştirmiştir (Wilson ve Baker, 1990). Avustralya şeker endüstrisiyle ilgili günümüzdeki çevre otoritelerine göre; FAO değerlendirme sistemine göre yapılan planlama, su yönetimi, gübre yönetimi, arazi yönetimi, hassas habitatların korunması ve çevresel farkındalık konularında yetersiz kalmıştır (Gutteridge ve ark., 1996).

Niçin uygulanan planlama kararları sürdürülebilirlik noktasında yeterli olmamıştır? Basit anlamda ele aldığımızda, günümüzde kullanılan arazi değerlendirme sistemleri bizlere, tarımsal alan kullanımıyla ilgili sürdürülebilir kararlar alma noktasında, yeterli bilgiyi verememektedir. Tarımsal üreticiler, arazi işletmecileri ve nihai karar vericiler, mevcut araziden en etkili nasıl yararlanabileceklerini gösteren verilere ve arazi yönetim seçeneklerine ihtiyaç duymaktadırlar. En iyi uygulamalar, arazi verimi ve çevresel uyumluluğu, ekonomik olarak uygun ve kolayca planlamaya dahil edebilen uygulamalardır. Bu kapsamda, toplanacak bilgi ve yapılacak değerlendirmeler, sürdürülebilir tarımsal alan

kullanımını sağlamak için planlama sistemine dahil edilmelidir (C.S.Smith ve ark., 2000).

Bu konuda, bilimsel bir yaklaşımı benimseyen, coğrafi analizlere izin veren, yersel ve çok yönlü analiz imkanı sağlayan, zamandan ve maliyetten tasarruf edilebilen, verim-maliyet-çevre dengesini de içeren yöntemlerin geliştirilmesi gereklidir.

Her bölge kendine özel dinamiklere ve kullanımlara sahiptir. Aşağı Seyhan Ovası (ASO), ülkemizin en verimli tarımsal üretim alanlarındandır. Çay ve fındık hariç, tüm tarım ürünleri bu bölgede yetiştirilebilmektedir. Yıl içerisinde, iki ve üç ürünlü tarım yapılabilmektedir. Çoğunlukla tarıma dayalı bir ekonomi vardır.

Bu tez çalışmasının amacı, bölgedeki tarımsal peyzajın en verimli şekilde kullanılmasını sağlamak için, UA ve CBS tabanlı bir model geliştirmektir. Tarımsal ürün verimliliğine dayalı, ürüne yönelik ekonomik getirileri değerlendirebilen, çeşitli senaryolar deneyerek bölgenin doğal özelliklerini de dikkate alan bir tarımsal alan kullanım planlaması modeli geliştirerek, alan kullanım uygunluğunu belirlemektir. Böylece, Çukurova gibi yüksek tarımsal verim alınabilen bölgelerde yapılması düşünülen yatırımların, tarımsal üretime ve ekosisteme en az şekilde etki ederek yapılmasını sağlamak için altlık verilerin ve plan kararlarının oluşturulması hedeflenmektedir. Bu çerçevede, bölgedeki, tarımsal üretimin %85'ini oluşturan buğday, mısır, pamuk ve narenciye için en ideal alanların, tamamen ekonomik, doğa merkezli ve her ikisini de dengede değerlendiren sürdürülebilirlik senaryoları dikkate alınarak analiz edilmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

CBS ve UA bilimi kullanılarak peyzajın çeşitli amaçlar için kullanımını değerlendiren birçok tekniğe literatürde rastlamak mümkündür. Tarım gibi belirli bir kullanıma yönelik, gerekli alan kullanım planlarının hazırlanması ve bu konudaki girdi verilerinin oluşturulması konularında literatürde farklı yaklaşımlar mevcuttur. Temelde, bu çalışmaları, iki başlık altında özetlenebilir.

i. Yersel karar destek sistemlerinin (YKDS) alan kullanım planlamasındaki rolü ve çeşitli modelleme araçlarının karar sistemine etkisi.
ii. Tarımsal peyzajın verimli kullanımına yönelik çalışmalarda, girdi verilerinin üretilmesi ve değerlendirilmesinde UA ve CBS teknolojilerinin önemi.

2.1. Yersel Karar Destek Sistemlerinin Alan Kullanım Planlamasındaki Rolü CBS ve Çeşitli Modelleme Araçlarının Karar Sistemlerine Etkisi

Genel anlamda literatüre bakıldığında CBS tabanlı karar destek sistemleri ve ÇKA'ların arazi kullanım planlamasının yanı sıra farklı konularda da kullanıldığı görülmektedir. Malczewski, (2006), 1990 yılından 2004 yılının sonuna kadar CBS içerisinde ÇKA analizlerinin kullanım alanlarını geniş bir çerçevede incelemiştir. Bu yöntemler kullanılarak yapılan bilimsel makalelerin, artma eğiliminde olduğu saptanmıştır. Literatürde en çok hangi bilimsel dergilerde konuyla ilgili yayınların olduğunu, yayın sayısına göre listelemiştir. Buna göre ilk üç sırada sırasıyla, Int. J. of GIS Science, Landscape and Urban Planning ve Environment and Planning dergilerinin bulunduğunu saptamıştır. Bu araştırmada, ilk 10 sıraya giren dergilerdeki yayınların %25'inin CBS tabanlı karar destek sistemleri ve çok kriterli analizler üzerine olduğunu saptanmıştır (Çizelge 2.1). Bu durum, CBS tabanlı sistemlerin, alan kullanım planlamasında yaygın bir şekilde kullanıldığını göstermektedir.

Çizelge 2.1. CBS – ÇKA konularında 4 veya daha fazla makale basılan dergiler listesi (1990 – 2004)

Sıra	Dergi adı	Yayın sayısı	%
1	International Journal of Geographical Information Systems/Science	21	6.6
2	Landscape and Urban Planning	14	4.4
3	Environment and Planning A/B	12	3.8
4	Journal of Geographic Information and Decision Analysis	11	3.4
5 – 6	Computers, Environment and Urban Systems	10	3.1
5 – 6	Journal of Environmental Management	10	3.1
7 – 8	Environmental Modelling and Software	7	2.2
7 – 8	Environmental Management	7	2.2
9	Transportation Research Record	6	1.9
10 – 16	Agricultural Systems	5	1.6
10 – 16	Annals of the Association of American Geographers	5	1.6
10 – 16	Ecological Modelling	5	1.6
10 – 16	Forest Ecology and Management	5	1.6
10 – 16	Journal of Environmental Engineering	5	1.6
10 – 16	Photogrammetric Engineering and Remote Sensing	5	1.6
10 – 16	Transportation Research: Part A/B/C/D	5	1.6
17 – 20	Conservation Biology	4	1.3
17 – 20	Decision Support Systems	4	1.3
17 – 20	European Journal of Operational Research	4	1.3
17 – 20	Transactions in GIS	4	1.3
	Diğer	170	53.3

Konu olarak değerlendirildiğinde, çevre ve ekoloji konusunda yapılan CBS tabanlı YKDS çalışmaları %17.2 ile ön plana çıkmaktadır, doğrudan tarımla ilgili olanlar ise %8.5'tir (Çizelge 2.2). ÇKA yönteminin kullanım alanları ve bu çalışmada uygulanan ÇKA yönteminin klasik yöntemlere göre farklılıklarını ortaya koymak ve çalışmanın bilimsel kapsamının daha iyi anlaşılabilmesi açısından bu bilgilere yer verilmiştir.

Çizelge 2.2. Konuyla ilgili yayınların kategorilere göre dağılımı

Uygulama Konusu	Karar/Değerlendirme Sorunu									
	AU	PSD	AS	KA	U	ED	Kİ	Çeşitli	Toplam	%
Çevre/Ekoloji	19	8	3	10	0	5	0	10	55	17.2
Ulaşım	3	2	0	0	13	2	0	9	34	10.7
Şehir/Bölge Planlama	4	8	5	10	1	0	3	6	32	10
Atık yönetimi	11	2	5	0	7	0	1	0	29	9.1
Hidroloji/Su kaynakları	4	11	4	2	0	1	0	6	28	8.8
Tarım	8	3	4	7	0	2	0	2	27	8.5
Ormancılık	12	2	8	3	3	0	0	2	26	8.2
Doğal riskler	9	4	0	0	1	0	0	1	15	4.7
Rekreasyon/ Turizm	3	2	6	0	0	0	0	3	14	4.4
Emlak	4	3	2	1	0	0	0	2	12	3.8
Jeoloji	3	0	0	0	0	1	0	5	9	2.8
Üretim	3	0	4	0	0	0	0	0	7	2.2
Haritacılık	0	0	0	0	0	0	0	5	5	1.6
Çeşitli	8	4	5	2	0	0	3	4	26	8.2
Toplam	91	49	46	35	25	11	7	55	319	100
%	28.5	15.4	14.5	11	7.8	3.4	2.2	17.2	100	

AU (Arazi uygunluğu), PSD (plan/senaryo değerlendirme), AS (alan seçimi), KA (kaynak analizi), U (Ulaşım), ED (etki değerlendirme), Kİ (konum ilişkilendirme).

Jankowski, (1995), CBS ve ÇKA yöntemlerinin bütünleştirilmesine yönelik çalışmasında, karar destek sistemlerinin alan kullanım uygunluğunun belirlenmesinde, seçeneklerin değerlendirilmesinde ve en iyi alternatifin seçilmesinde nasıl kullanılabileceğiyle ilgili çeşitli yaklaşımları değerlendirmiştir. Özellikle, girdi verilerinin önceliklerinin belirlenmesinde ve ağırlıklandırılmasında, iki temel yaklaşımın kullanıldığı görülmektedir. Bunlar; dengeleyici olan olmayan olarak tanımlanmaktadır. Dengeleyici yaklaşımlar, eklemeli ve ideal noktaya dayalı olarak kendi içerisinde ayrılmaktadır. Eklemeli teknikler; AHS, uyumluluk analizi ve ağırlıklandırılmış toplam analizleri olarak sıralanmaktadır. Bu tekniklerin ortak özellikleri, kriterlerin değerlendirilmesi sürecinde standardizasyon yapılması ve önceliklerin, farklı ikili karşılaştırma prensipleriyle değerlendirilmesidir. İdeal noktaya dayalı teknikleri ise girdilerin ideal çözüme dayalı sıralanması tekniği (TOPSIS) (Hwang ve Yoon, 1981), aspirasyon düzeyli interaktif metod (AIM) (Lotfi ve ark., 1992) ve çok boyutlu ölçeklendirme (MDS) (Voogd, 1983) yöntemleri olarak sıralanmaktadır. Bu yöntemler, uygun noktalara dayalı olarak, önceliklerin

belirlenmesi ve ağırlıklandırılması temeline dayalı olarak çalışmaktadır. Dengeleyici olmayan yaklaşımları ise kriterlerin aşamalı olarak birbirleriyle karşılaştırmalı elenmesi prensibine dayalı ele alır. Aşamalı elemenin, uygulanış şekline göre farklılıklar gösterdiği irdelenmiştir. Bu kapsamda; baskınlık tekniği, bağlayıcı yöntem, ayırıcı yöntem ve leksikografik (kriterin önem düzeyinin kişiye göre yorumlanarak belirlenmesi) yöntemlerinin, önceliklerin belirlenmesindeki rolü ele alınmıştır. Tüm bu yöntemlerin CBS araçlarına yazılımlar ya da yönteme özel ara yüzlerle bütünleştirilebileceği irdelenmiştir.

ÇKA ve CBS teknolojilerinin bütünleştirilerek kullanıldığı çalışmalarda, girdi verileri, planlama hedefleri göz önüne alınarak belirlenmelidir. Bu kapsamda eğer bir planlamanın amacı eko-turizme uygun alanların belirlenmesi ise biyoçeşitlilik, habitat kalitesi, duyarlılık gibi verilerin yanı sıra belirli turizm faaliyetlerini etkileyen yükseklik, eğim ve görsel değer gibi farklı girdilerinde bulunması gereklidir. Funk ve Wong, (2007), Hong Kong yakınlarında şehirden uzak bir bölgede eko-turizm olanaklarını CBS tabanlı, bulanık bir değerlendirme yöntemiyle incelemişlerdir. Bu kapsamda ekolojik verilerin yanı sıra alanın fiziki özelliklerini içeren veriler ve çeşitli eko-turizm potansiyeli olan alanlardan uzaklık verilerini, bir ÇKA sisteminde analiz etmiştir. IKONOS verileri kullanarak, arazi örtüsünü belirlemiş ve bu arazi örtüsünü eko-turizm aktivitelerine göre diğer girdilerle birlikte ağırlıklandırmıştır. IDRISI programının kullanıcı dostu ara yüzünü ÇKA analizlerinde kullanmıştır. En uygun eko-turizm alanlarını koruma öncelikli, dengeli ve rekreasyon öncelikli senaryolar olarak 3 farklı senaryoda değerlendirmiştir.

Belirli bir amaca yönelik yapılan bir diğer CBS destekli çalışmaya da kuzey İtalya'da rastlamak mümkündür. Bölge özellikle çetin kış koşulları, bozulmamış doğası ve dağlık yapısıyla ön plana çıkmaktadır. Patrono, (1998), bölgeye yapılması planlanan bir yol projesi kapsamında, bölgenin fiziksel koşullarının yanı sıra, belirli habitatların yaşam ortamlarını da değerlendiren, eğim, bakı, yükseklik, sıcaklık ve yağış düzeyi gibi veriler kullanılmıştır. Bu kriterler yardımıyla belirli yaban hayatı türlerinin habitatları belirlenmiş ve bölgenin fiziki yapısı da dikkate alınarak farklı alternatifler belirlenmiştir. Bu kapsamda doğrusal ağırlıklandırmaya dayalı ÇKA tekniği kullanılmıştır. Farklı alternatiflerin yaban hayatı üzerine etkileri

değerlendirilmiş ve en uygun çözümler üretilmiştir. Böylece, yaban hayatına en az zararı verecek ve en az maliyet yükü getirecek bir planlama örneği sunmuştur.

Habitat uygunluk modellemelerinde de CBS ve ÇKA analizlerinin önemli bir yer tuttuğu görülmektedir. Store ve Kangas, (2001), yaptıkları bir çalışmada literatür yardımıyla girdi verileri ve önceliklerinin belirlenmesine yönelik uzman değerlendirmesine dayalı bir ÇKA sistemi tasarlamışlardır. Finlandiya'da yaptıkları çalışmada, habitat uygunluk kriterlerini, vejetasyon ve toprak karakterleri olarak 2 temel başlıkta değerlendirmişlerdir. Vejetasyon başlığı altında, ağaç kapalılığı, yaşı, genişliği ve sıklığı olarak 4 farklı kriter belirlemişlerdir. Toprak karakterlerinde ise, gübreleme, eğim-bakı ve toprak nemini temel girdiler olarak kullanmışlardır. Önceki yapılan çalışmalar ışığında, ideal habitat alanlarını seçerek, mevcut girdilerin, bu ideal alanlara göre önceliklerini belirlenmiş ve ağırlıklandırılmıştır. Habitat uygunluğu belirlendikten sonra, ağırlıkları değiştirerek kurulan YKDS'nin hassasiyeti test edilmiş ve hangi kriterlerin etkisinin fazla olduğunu tespit edilmiş, belirlenen öncelik değerlerinin tutarlılığı sorgulanmıştır. Uygunluk haritalarının oluşturulmasında, ağırlıklandırılmış çakıştırma analizi kullanılmıştır.

Koschke ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada Almanya'nın Regklam Bölgesi'nde mevcut alan kullanımlarının, ekosistem verimliliği üzerine etkileri ve sağladıkları faydaları, geniş bir çerçevede ele alınmışlardır. ÇKA yöntemleri ve AHS tekniği kullanılmıştır. Bu çerçevede, birçok konu ile ilgili kişiye farklı anketler yapılmış ve alan kullanımlarının, çalışma ekibi tarafından belirlenen ekosistem faydaları ve ekonomik getirilere olan etkisi değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, her bir ekosistem faydasına ait bir gösterge değer üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Bu çalışmanın diğer çalışmalardan farkı, doğrudan veriye yönelik bir kriter yerine gösterge değerleri temel alınarak değerlendirme yapılmasıdır. Bu çeşit değerlendirme yöntemleri, çok geniş alanlarda doğrudan ulaşılamayan veriler için kullanılabilir. Çalışma için belirlenen ekosistem faydaları ve göstergeleri Çizelge 2,3'de detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Çalışmada kullanılan ekosistem faydaları ve göstergeleri

Ekosistem faydaları	**Göstergeler**
Yiyecek miktarı	Ürün Rekolte değerleri
Kereste miktarı	Kereste rekoltesi
Temiz hava temini	Bitki yeşil aksanı (kütle/alan)
Lokal iklimsel döngü	Temiz hava üretimi
Küresel iklimsel döngü	Bitki karbon içeriği
Su dengesi	Yüzey değişkenliği (Mannings "n")
Temiz su temini	N-taşınımı
Toprak erozyonu koruması	Yüzey akış katsayısı
Rekreasyon ve turizm	Dış mekan rekreasyonuna uygunluk
Estetik	Görsel güzellik ve kalite
Biyoçeşitlilik	Doğal bitki çeşitliliği

Bu gösterge değerlerine göre, çalışma alnının 2006 yılı CORINE arazi örtüsü haritası temel alınarak, her bir alan kullanımı / arazi örtüsü göstergelere göre ayrı değerlendirilip, AHS tekniği yardımıyla ağırlıklandırılmıştır. Sonrasında en iyi faydayı getiren bölgeler belirlenmiştir. Bu sayede, arazi kullanım planlarına altlık veri sağlamak amaçlanmıştır.

Yang ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada, kentsel gelişim alanlarının uygunluklarını belirlemeye çalışmışlardır. AHS tekniğine dayalı ÇKA yöntemini kullanmış ve uzman değerlendirmelerine göre ağırlıklandırma yaparak kentsel gelişime uygun alanları ekolojik açıdan irdelemişlerdir. Çalışma kapsamında, Landsat TM verisi yardımıyla arazi örtüsü ve kullanımları belirlenmiştir. Bu kullanımlara dayalı kentsel yoğunluk ve peyzaj değeri girdileri bu veriden elde edilmiştir. Bunlara ek olarak toprak, biyolojik yapı ve hidrolojik yapıya ait bazı verilerde analize dahil edilmiştir.

Tüm bu çalışmalara değerlendirildiğinde farklı amaçlar için kullanılıyor olsalar da, genel anlamda yöntem ve teknik olarak benzerdirler. Tekniklerin güçlü yönü, her alanda, arazi kullanım planlaması konularında çok geniş bir uygulama alanı olmasıdır. Zayıf yanı ise uzmana ya da literatüre dayalı bir sübjektif

ağırlıklandırma sürecinin olmasıdır. Bu tür değerlendirmelerde uzmanların güvenilirliklerinin ve sorulan sorulardaki çelişkilerin güvenilirlik analizleri ya da farklı hassasiyet analizi teknikleri kullanılarak doğrulanması gereklidir. İdeal alan kullanımlarının nasıl olduğunu net gösteren bir gösterge verisi olmadan kesin bir doğrulama yapmak hiçbir alan kullanım uygunluğu tekniği için mümkün değildir.

Göstergelerin ağırlıklandırılması (WOE) gibi bazı yöntemler, alan kullanım planlamasına çok daha gerçekçi ve objektif bir bakış açısı getirmektedir. Bu yöntem temelde, ilgili kullanıma yönelik veya risk analizine yönelik daha önceden benzer niteliklerde yaşanmış bazı deneyimleri esas alarak ağırlıklandırma yapar. Bu çerçevede, Tapa ve Murayama, (2011), kentsel gelişimin Nepal Kadmandu' da modellenmesine yönelik bir çalışmada WOE tekniğini kullanmışlardır. Ortalama 10'ar yıllık zaman aralıklarında uydu verileri yardımıyla kentsel gelişim izlenmiştir. Geçmiş yıllardaki kent gelişim alanlarını ve bunu etkileyen fiziki yapıya ait girdileri WOE yöntemi kullanarak ilişkilendirmişler ve gerçek kent gelişiminin her bir kriterle olan ilişkisine göre kentsel gelişim kriterlerini ağırlıklandırmışlardır. Bu ağırlıklandırma sonucunda oluşan katsayılar güncel yapıya hücresel öz işleme yöntemi kullanılarak uygulanmış ve 2020 yılındaki kentsel yayılım modellenmiştir. Aynı teknik toprak kayması (Regmi ve ark. 2010) ve orman yangın risk alanlarının (Dickson ve ark., 2006) tespit edilmesinde de kullanılabilmektedir.

WOE tekniği birçok ağırlıklandırma yöntemine göre daha gerçekçi bir yaklaşım sunmaktadır. Ancak, bu yöntemde ağırlıklandırılacak kriterlerin kategorik olarak ele alınması gereklidir. Bu noktada, bir verinin kategorilere ayrılması aşamasında hangi kritere göre yapılmaktadır ve kategori sayısı, yöntemin sübjektif yanını oluşturur. Örneğin; toprak tuzluluğu haritası bir sürekli veri olması durumunda tarım alanlarının uygunluğu için kategoride sayısı net değildir. Bu konuda literatürde bazı çalışmalar olsa da bölgeye özgü çeşitlilikler literatürlerdeki sonuçlarla çelişen bazı noktalar oluşabilmektedir. Ayrıca, kategorik verilerde geçiş noktalarını tanımlamak mümkün değildir. Bu da çalışma doğruluğunu düşüren etkenler arasındadır.

Peyzajın değerlendirilmesinde bazı modeller, mevcut verilerle farklı fiziksel, hidrolojik, vejetatif, ekonomik ve biyolojik verilerin üretilmesinde aktif olarak

kullanılabilmektedir. Bu modeller, istatistiksel (deneysel), mekanik (sabitlere dayalı) veya işlem tabanlı (döngüsel kalibrasyona dayalı) modeller olabilir. Modellemenin temel mantığı, belirli konularda yapılmış ve kabul görmüş tekniklerin, belirli bir sistem içerisinde, değişik alanlarda uygulanarak konuyla ilgili çıktıların tahmin edilmesi prensibine dayanır. Modellerdeki en önemli etken girdi verileridir. Tahminlerin tutarlılığı veri kalitesine ve doğruluğuna bağlıdır.

Alan kullanım planlamasında, literatürde, ağırlıkla fiziksel ve biyolojik yapıyı temel alan modellerin çıktılarının bağlayıcı olduğu görülmektedir. Çilek, (2013), yaptığı yüksek lisans çalışmasında Türkiye Erozyon Risk Alanları' nı PESERA (Pan-European Soil Erosion Risk Assesment) modelini kullanarak belirlemiştir. Bu çerçevede, erozyon riskinin çok olduğu alanları yersel olarak tespit etmiştir. Böylece, Türkiye'de ağaçlandırmada öncelikli alanları belirlemiş ve hazırlanacak alan kullanım planlarına altlık veri oluşturmuştur.

İklim değişikliğinin mevcut karbon döngüsü ve alan kullanımlarına yönelik etkilerini de günümüzde çeşitli modeller kullanarak tahmin etmek mümkündür. Dönmez ve ark. (2011), Seyhan Havzası'ında net birincil ekosistem üretimininin günce ve geleceğe yönelik tahminini, iklim tahmin senaryoları bağlamında CASA (The Carnegie, Ames, Stanford Approach) yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirme sonucunda, vejetatif üretkenliğin arttığı ve azaldığı bölgeler tespit edilmiştir. Geleceğe yönelik yapılan bu çalışma, ormanlarımızın zaman içerisinde nerelerde verimliliğinin kaybolacağını veya artacağını ve bu verim değişikliklerinin miktarını göstermesi açısından önemlidir. Bu durumun nedenlerinin belirlenip, alan kullanımlarının ve arazi örtüsünün şekillendirilmesine dayalı önlemlerin alınmasında altlık veri olarak kullanılabilmektedir.

Tanrıöver, (2011), yaptığı çalışmada Adana İli'nin geçmişten günümüze kentsel gelişimini değerlendirerek, 2023 yılında nasıl bir yayılım gösterebileceğini, istatistiksel, işlem tabanlı ve parametrik olmayan modellerle tahmin etmiştir. Olası kentsel büyümenin oransal dağılımı modellenerek, buna uygun alan kullanım alternatiflerinin geliştirilmesine olanak sağlanmıştır.

Birçok konuda model tahminleri ve arazi yapısı ile ilgili çalışmaya rastlamak mümkündür. Tarımsal peyzajın değerlendirilmesine altlık oluşturan modeller ise genellikle hidroloji ve ürün gelişimi temelinde ele alınmaktadır. Çoğu model hidrolojik bileşenleri ve sonrasında, ürün yapısı ve toprak yapısıyla ilgili peyzaj bileşenlerini modellemeye yöneliktir. Bu modeller, karar vericilere, farklı senaryolar karşısında, nasıl sonuçlar oluşabileceği konusunda fikir verir.

Tarımsal modeller iklim değişikliğinin etkisi gibi küresel konulardan, toprak kalitesinin değişmesi ve ürün döngü stratejilerinin belirlenmesi gibi yerel çalışmalara kadar birçok konuda uygulanmaktadır. 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 senaryolarının 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.

Thorton ve ark., (1997) Burkina Faso'da yaptıkları çalışmada, Uydu verileri ve yer ölçümüne dayalı verileri kullanarak, ürün gelişim modelleriyle, kıtlık sonucu oluşabilecek mısır üretimindeki kaybı, erken tahmin etmişlerdir. Böylece, bu konudaki ilgili otoritelere erken önlemler alınması konusunda bilgiler vererek olası bir kıtlığın önüne geçebilmişlerdir.

Tarımsal peyzajın geliştirilmesi konusunda yapılan bazı önemli karar alma süreçleri, kaynak yönetimi, alan kullanım planlaması ve doğa korumayı da içermektedir. Tarım teknolojileri transferi uluslararası kriter ağı (IBSNAT) tarafından geliştirilen Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) modeli, bu gibi konularda çözümler üretilmesi için yardımcı olmaktadır. Bu model, kullanıcılarına, toprak özelliklerini, ürün yapısını, arazi örtüsünü ve iklim verilerini değiştirerek bir bölgede olası tepkileri tahmin edebilmektedir (IBSNAT, 1988; Jones, 1993; Tsuji ve ark., 1994).

Ürün gelişim Modelleri (ÜGM) kullanılarak yapılan birçok parsel ölçeğinde çalışmalar vardır. Bunlar; ürün ve ürün sistemi seçimi toprak işleme zamanı, ekim

zamanı, gübreleme zamanı, ilaçlama zamanı, sulama miktarı, sulama süreleri zamanı gibi birçok konuyu içerir. Böylece çiftçilerin ihtiyaç duyduğu birçok konuda yardımcı olabilecek çözümleri üretmek mümkündür. Bu nedenle modeller bir veya daha fazla seçeneği, çok farklı senaryolar altında değerlendirmeye izin veren araçlar olarak tanımlanabilir.

Kiniry ve Bockholt, (1998), tahıl verimliliğini farklı toprak tiplerinde ve yağış rejimlerinde tahmin etmişler ve gelecek sezonlardaki verim artışını veya kaybını hesaplayabilmişlerdir. Ayrıca, farklı gübreleme uygulamaları altında, ürünün vereceği tepkiler önceden tespit edilmiş ve bir gübreleme stratejisi oluşturulmuştur. Bu çeşit uygulamalar özellikle çevresel kirliliğin azaltılması, ekonomik olarak çiftçinin zararının önlenmesi ve sağlıklı ürün alınması açısından önemlidir.

Claudio ve ark. (2003), CropSyst adı verilen bir ürün sistem simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Bu model, çok yıllık, çok ürünlü ve günlük olarak tarımsal dinamikleri modelleyebilen bir yaklaşımla, iklim değişikliğinin, toprak dinamiklerinin, ürün sistem verimliliği yönetiminin ve çevresel etkilerin tahmin edilmesi için tasarlanmıştır. CropSyst, toprak-su azot bütçesini, ürün gelişimini, ürün verimliliğini, toprak erozyonu ve tuzluluğunu modellemektedir. Bu ve benzeri birçok model içerisinde daha önceden geliştirilmiş farklı tahmin modellerini barındırmaktadır. CropSyst iklim verilerinin günlük olarak üretilmesi ve tahmini konularında Climgen adı verilen bir başka iklim modeli kullanılır. Ayrıca birçok benzer model, nokta tabanlı olarak çalışmaktadır. Çıktıların geniş alanlara yayılması ve yersel olarak modellenmesi yersel istatistik yöntemleriyle ayrıca yapılmaktadır.

CropSyst gibi modeller zaman içerisinde ArcGIS veya ArcView gibi CBS programlarıyla bütünleşik olarak kullanılabilir bir hale getirilmiştir. Bunun için, CBS yazılımlarına eklenebilen ArcCS gibi ara yüzler geliştirilmiştir. Bu sayede, yapılan analizler geniş alanlara yaygınlaştırılabilir olmuştur.

Bazı tarım-ekosistem modelleri, noktasal ölçekten, büyük havza ölçeğine kadar birbiri içerisine geçmiş ve bütünleştirilmiş olarak kullanılmaktadır. EPIC (Environmental Policy Integrated Climate) bu konuda birçok modelin temelini oluşmaktadır. İklim değişikliği ve etkileri konularında yerel ölçekte (Easterling ve ark., 1993 (ABD); Toure ve ark., 1995 (Kanada); Dhakhwa ve ark., 1997 (ABD);

Bernardos ve ark., 2001 (Arjantin); Thomson ve ark., 2006 (Çin)), ülkesel ölçekte (Brown ve Rosenberg, 1999 (ABD); Priya ve Shibasaki, 2001 (Hindistan)) ve küresel ölçekte (Tan ve Shibasaki, 2003; Liu ve ark., 2007), ve ürün adaptasyon çalışmalarında (Easterling ve ark., 2003) çok kapsamlı olarak kullanılmıştır. Ancak bu model nokta tabanlı olarak çalıştığından ve havza genelindeki uygulamalarda yersel tabanlı analizlere gereksinim olduğundan belirli geniş alanlardaki uygulamaları sınırlı olmuştur.

Havza ölçeğinde EPIC modelini uygulamak ve daha detaylı bilgiye ulaşmak için APEX (Agricultural Policy/Environmental eXtender) modeli geliştirilmiştir. APEX EPIC modelinin yaygınlaştırılmış ve genişletilmiş halidir (Williams, 1990; Izaurralde ve ark. 2006).

Wang ve ark. (2008), yaptıkları bir çalışmada, toprak yönetim uygulamalarının yüzey akışı, sediment birikimi, mısır verimliliği ve toprak organik karbonundaki değişim dinamiklerini modellemek için APEX kullanmışlardır. 1976 – 1995 yılları arasında, ABD' de bulunan 2 farklı havzada APEX modeli denenmiş ve yukarıdaki faktörler, yer ölçümleriyle kalibre edilerek havza alt alanları bazında modellenmiştir. Çalışma ayrıca APEX modelinin bazı parametrelerinin geliştirilmesinde de yardımcı olmuştur.

Bir diğer ekosistem modeli ise SWAT' dır. Bu model, temelde su döngüsü, erozyon ve toprak-su kirliliği konularında kullanılmaktadır. Çok büyük havzalarda ve ülkesel ölçekteki uygulamalarda doğrudan kullanımı mümkündür. Oeurng ve ark. (2011), Fransa'nın güney batısındaki bir havzada, sediment taşınımını, hidrolojik döngüyü ve organik karbon miktarını SWAT modeli kullanarak değerlendirilmiştir. Bu çerçevede 1999-2009 yılları arasındaki 10 yıllık zaman dilimindeki değişimler ve eğilimler hesaplanmıştır. Havzadaki toplam su miktarı, organik karbon ve sediment birikimi çok düşük hata oranlarıyla tespit edilmiştir. SWAT kullanılarak yapılan bir diğer örnek çalışma ise toprak ve taban suyundaki nitrat birikiminin belirlenmesi üzerinedir. Akhavan ve ark. (2010), İran'nın Hamadan Bahar Havzası'ndaki tarımsal uygulamalar sonucunda taban suyu ve toprakta biriken azotu tahmin etmiştir. Yapılan çalışmada, havza içerisinde bulunan ölçüm istasyonlarıyla SWAT modeli sonuçları doğrulanmıştır. Ayrıca bazı model parametreleri bu istasyon sonuçlarına

göre kalibre edilmiştir. Bu çalışmalarda azot birikimi konusunda %70'in üzerinde bir tanımlama katsayısıyla tahminler yapılmıştır.

EPIC, ArcAPEX ve ArcSWAT modellerinin temelini oluşturmaktadır. Zaman içerisinde küçük tarımsal havzalar için APEX büyük genel kullanımların olduğu havzalar için ise SWAT modelleri geliştirilmiştir. ArcSWAT topraktaki, taban suyundaki, drenaj sistemindeki, bitkinin aldığı azot, toplam buharlaşma, toprak nemi, su bütçesi gibi birçok çıktıyı APEX içerisinde de yüklü olan bitki gelişim parametrelerini kullanarak belirler. Ayrıca her bir model kendi içerisinde farklı alt tahmin modellerine sahiptir. Örneğin; APEX modeli toprak organik karbon döngüsünü analiz ederken CENTURY alt modelini kullanmaktadır.

2.2. Tarımsal Peyzajın Verimli Kullanımına Yönelik Çalışmalara, Girdi Verilerinin Üretilmesi ve Değerlendirilmesinde UA ve CBS Teknolojilerinin Önemi.

UA ve CBS teknolojileri doğrudan tarımsal alanlarla ilgili birçok çalışmada özellikle son 20 yıllık süreçte etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmaların temel ortak noktaları, belirli bir bölgede yapılmış arazi ölçümlerine dayalı üretilen tahmin yöntemlerinin, daha geniş alanlara uygulanmasıdır. Bu çalışmalar temelde, tarımsal peyzajın değerlendirilmesinde ürün veriminin tespiti, toprak fiziki özelliklerinin ve materyal özelliklerinin belirlenmesi, arazi örtüsü ve alan kullanımlarının belirlenmesi, değişim ve eğilimlerin saptanması, toprak uygunluğunun belirlenmesi, iklim verilerinin yaygınlaştırılması, yüzey sıcaklığı ve toprak nemi gibi iklime, toprak ve yüzey örtüsüne bağlı verilerin elde edilmesi, tarımsal ürünlerin uygun yetişme ortamlarının haritalanması gibi konuları kapsamaktadır.

Ürün verimliliğinin ve fenolojisinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda ağırlıkla optik uzaktan algılama sistemlerinden elde edilen verilerden üretilen vejetasyon indislerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu indislerin bir kısmı doğrudan deneysel modeller yardımıyla bir kısmı ise mekanik veya işlem tabanlı modellerde altlık olarak kullanılmıştır. Lobell ve ark. (2003), Meksika'nın Yakui

havzasındaki buğday alanlarının verimini ve ürün ekim ve hasat zamanlarını uydu algılayıcıları verisine bağlı metrikler ve yer ölçümlerine bağlı vejetasyon verileri yardımıyla tahmin etmişlerdir. Net Birincil Üretim (NBÜ) tabanlı bir verim tahmin modeli uygulamışlar ve gerekli altlık FAPAR (absorbed photosentetic active radiation) verisini Landsat ve NOAA verilerinden üretilen SR (simple ratio) ve NDVI (normelized difference vegetation index) verilerinden üretmişlerdir. Yersel ölçümler sonucunda belirlenen PAR (photosentetic active radiation) verileri yardımıyla buğday verimliliğini %4'lük bir hata oranıyla tespit etmişlerdir. Ayrıca çok zamanlı Landsat verileri yardımıyla ürün deseni tespit edilmiş ve CBS ortamında ürün desenlerine göre alt alanlar belirlenmiştir. Ürün zamanlarını %50'lik bir hata oranıyla tespit edilmiştir. Lobell ve ark. (2002) bir başka çalışmada ise NASA-CASA modelini kullanarak mısır ve buğday verimliliğini, ABD ölçeğinde tahmin etmişler ve farklı IKV (ışık kullanım verimliliği) koşullarında ve farklı IKV tahmin tekniklerine dayalı olarak NBÜ tabanlı bir verim tahmin modeli yardımıyla ürün verimini haritalamışlardır. Bu haritalama aşamasında NOAA AVHRR uydu verisinden üretilen zamansal NDVI değerleri kullanılarak yapılmıştır.

Salazar ve ark. (2008), vejetasyon sağlık durumunu belirten indisler yardımıyla kısmi en küçük kareler regresyon (KEKR) yöntemini kullanarak, Kanada'da yaptıkları çalışmada mısır verimliliğini tahmin etmiştir. Çalışmada yine kaba yersel çözünürlükteki (~1km) NOAA AVHRR verisi kullanılmıştır. Ürün gelişim dönemlerini kapsayan zamansal bir uydu veri setini kullanan yaklaşımda, vegetation condution index (VCI) ve temperature condution index (TCI) NOAA verisinden üretilmiştir. VCI zamansal NDVI verisinden üretilmiş, TCI ise termal veri yardımıyla üretilmiştir. Uygulanan yöntemin hata oranı %6 olarak saptanmıştır. Ancak bu çalışma çok geniş alanlarda mısır tarımı yapılan bölgelerde uygulandığından dolayı hata oranı düşüktür.

Singh ve ark. (2001), Hindistan'da yaptıkları buğday ürün verimliliğinin vejetasyon indisleri kullanılarak tahmin edilmesi çalışmasında NDVI, difference vegetation index (DVI), tranformed vegetation index (TVI), perpendecular vegetation index (PVI) ve green vegetation index (GVI) verilerini kullanmışlardır. Her bir vejetasyon indeksini ayrı olarak doğrusal regresyonla analiz etmişler ve hata

oranlarıyla R^2 değerlerini tespit etmişlerdir. Böylece, indislerin verim tahminindeki başarı durumu belirlenmiştir. GVI (0.91) korelasyon katsayısıyla en iyi sonucu vermiş bunu sırasıyla DVI (0.89), NDVI, RVI, ve TVI (0.82 ve 0.85 aralığında) son olarak da PVI (0.74) ile izlemiştir. Çalışmada Hindistan yer gözlem uydusu IRS kullanılmıştır. Bu uydu verisi Landsat TM verisine benzer nitelikler göstermektedir.

Verim tahmininde vejetasyon indisleri ve iklim göstergeleriyle, toprak nemi gibi verilerin birlikte kullanıldığı çalışmalar da görülmektedir. Vicente ve ark. (2006) da yaptıkları çalışmada uydu verilerinden üretilen NDVI ve iklim istasyonlarından alınan yağış-buharlaşma verileri yardımıyla üretilen standardized precipitation index (SPI) kuraklık indeksini kullanarak buğday ve arpa verimliliğini tahmin etmişlerdir. Böylece kuraklık sonucunda ileride yaşanabilecek ürün kayıplarını erken tespit edebilen bir modeli İspanya'da geliştirmişlerdir. Bir başka vejetasyon indisi-iklim ilişkisi üzerinden verim tahmin çalışmasında ise Prasad ve ark. (2007), NOAA AVHRR' den üretilen 10 'ar günlük kompozit NDVI verileri, NOAA tarafından üretilen toprak nemi verileri, NOAA termal algılayıcısından üretilen yüzey sıcaklığı verileri ve meteoroloji istasyonlarından alınan yağış verilerini kullanarak tüm Hindistan'daki pirinç ve buğday verimini tahmin etmişleridir.

Vejetasyon indisleri ayrıca bitkinin içerdiği su, klorofil ve azot miktarıyla da ilişkilendirilebilmektedir. Ghulam ve ark. (2008), araştırmalarında Landsat ETM verisini kullanarak vegetation water stress index (VWSI) adı verilen, bitki su stresini belirleyen bir indeks geliştirmişlerdir. Böylece hassas tarım çalışmalarında bitki su stresinin izlenmesi ve buna bağlı sulama yapılması konusunda meteorolojik veriye ya da her hangi bir ek veriye dayanmayan bir yöntem geliştirmişlerdir. Yöntemin tutarlılığı test edilmiş ve hassas bir güven aralığında $R^2 = 0.65$ olarak saptanmıştır. Bir diğer bitki su içeriğiyle ilişkili vejetasyon indeksi NDWI'dır. NDWI bitki su içeriğine göre -1 ve 1 aralığında değişmektedir. Gao, (1996), bu indeksi bitki su içeriğiyle karşılaştırmalı olarak incelemiştir. VWSI kadar iyi bir tahmin üretilmese de, NDWI özellikle vektörel bazı katsayılar gerektirmediği ve doğrudan uydu verisinden elde edilebildiği için daha kolay uygulanabilmektedir. VWSI'da uydu verisi analiz edilirken, SWIR-NIR karşılaştırma grafikleri sonucunda kurak minimum-maksimum ve ıslak minimum-maksimum katsayıları, ayrıca vektörel eğim

ve sabit göz önüne alınarak hesaplanır. NDWI'da standart bir yansıma oranlaması yeterli olmaktadır.

Bitki klorofil içeriği ve fotosentez kapasiteleriyle ilgili çalışmalarda da doğrudan uydu verilerinden üretilen vejetasyon indislerinin kullanılabildiği görülmektedir. Dash ve Curran, (2004), orta yersel çözünürlüklü MERIS verisi kullanarak yaptıkları çalışmada, MTCI (Meris Terrestrial Chlorophyll Index) geliştirmişlerdir. Yer ölçümleri ve MERIS uydu verisinin yansıma aralıklarını ilişkilendirmişler ve yeni bir klorofil indeksi geliştirmişlerdir. Orman ağaçlarında yapılan analizler sonucunda yer verileri ve MTCI sonuçlarının, türe göre $R^2 = 0.63 – 0.77$ arasında değiştiği görülmektedir.

Kruse, (2004), Bitki nem, Azot ve Fosfor stresini UA teknolojilerini ve çeşitli istatistiksel teknikleri kullanarak tespit etmeye çalışmıştır. Öncelikle arazi tipi bir spektroradyometre yardımıyla farklı tipteki çayırlardan örnekleme yapmış ve bunlara pararlel olarak bitkinin klorofil, nem, azot ve fosfor içeriğini analiz etmiştir. Yansıma değerleriyle aralarındaki çoklu korelasyonlara bakarak regresyon tabanlı bir tahmin yöntemi geliştirmiştir. Toplam bitki fosfor içeriği $R^2 = 0.73$, klorofil içeriği, $R^2 = 0.47$ ve bitki biyokütlesini $R^2 = 0.46$ oranında geçerlilikle tahmin edilmiştir. Bazı çayırlardaki çim türlerinde N miktarını $R^2 = 0.90$ oranında tahmin edilmiştir.

Ürün verimliliği çalışmalarının dışında toprak özelliklerinin ve materyal yapısının ele alındığı UA çalışmalarını da literatürde görmek mümkündür. Toprak özellikleriyle ilgili ilk UA çalışmaları ABD' de hava fotoğraflarıyla toprak serilerinin sınırlarının belirlenmesine yöneliktir (Bushhell, 1932). Alan çalışmaları hava fotoğraflarından çizilen toprak sınırlarına göre yapılmıştır. Bu teknik 1950'li yılların sonlarına kadar kullanılmıştır. Toprak özelliklerinin doğrudan tahminine yönelik çalışmaların çoğu 0.3 – 2.8 µm arasındaki yansıma bölgesine dikkat çekmektedir. Birkaç materyal ise termal ve mikrodalga yansıma aralıklarında daha iyi tespit edilebilmektedir ancak bu aralıklardaki çalışmalar sınırlıdır. Yansıma özellikleriyle ilişkilendirilebilen organik madde miktarı, demir içeriği ve toprak tekstürü (Stonner ve Baumgardner, 1981) ile ilgili çalışmaların yanı sıra, toprak nemi, toplam azot miktarı ve diğer kimyasal özelliklerinin yasımaya dayalı tanımlanmasıyla ilgili

çalışmalara da rastlamak mümkündür (Baumgardner ve ark., 1985; Dallal ve Henry, 1986; Shonk ve ark., 1991; Sudduth ve Hummel, 1993; Ben-Dor ve Banin, 1994).

Hosseini ve Saradjan, (2011), Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS) uydu verisini kullanarak toprak yüzey nemliliğini (%) cinsinden tespit etmişlerdir. Çalışmada, vejetasyon yoğunluğunu temsil eden NDVI ve enhanced vegetation index (EVI), bitki su içeriğini tanımlayan normalized difference water index (NDWI) ve MODIS termal verisinden üretilen yüzey sıcaklığı verileri kullanılmıştır. Her üç indisi de kullanan model toprak nemini en iyi tahmin eden model olmuştur. Doğrusal regresyon tekniğiyle karşılaştırmalar yapılmıştır ve farklı girdilere dayalı çeşitli toprak nemi tahmin seçenekleri denenmiştir. Çalışma sonunda MODIS verilerinin deneysel modeller yardımıyla toprak nemi tahmininde kullanılabileceği belirtilmiştir. Vejetasyon ve toprak nemi arasındaki ilişkiyi uzaktan algılama ve Soil vegetation atmosphere transfer (SVAT) gibi modeller yardımıyla ilişkilendiren bir diğer çalışma ise Gillies ve Carlson, (1995) tarafından yapılmıştır. NOAA termal verileri ve NDVI verisinin yanı sıra doğrulama ve kalibrasyon amacıyla çalışma alanı içerisinden belirli bölgelerden Landsat TM verileri'de kullanılarak örneklemeler yapılmış ve küçük ölçekten büyük ölçeğe yapılan çalışma değerlendirilmiştir.

UA ve CBS teknolojileri kullanılarak toprak özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalardan bazıları da toprak tuzluluğunu tespit etmeyi amaçlamıştır. Uzaktan algılanmış veriler, CBS ve simülasyon modelleri konumsal ve zamansal olarak toprak tuzluluğunun değerlendirilmesi için uygun imkanlar sağlamaktadır. Görünür (G), yakın kızılötesi (YKÖ) ve orta kızıl ötesi (OKÖ) (400 – 2500nm) toprak yansımaları, toprak özelliklerinin sayısal analizine olanak sağlamaktadır (Ben-Dor ve ark., 1999, 2002). Uzaktan algılama teknolojisinin toprak tuzluluğuyla ilgili çalışmalarda kullanılması, teknolojik gelişmelere paralel olarak birçok avantajı da beraberinde getirmiştir. Son 20 yıl içinde bir çok bilimsel çalışma, toprak tuzluluğunun haritalanması ve risk yönetimi için uzaktan algılamanın faydalarını tanımlamıştır (Metternicht, 1996; Farifteh ve ark., 2006). Algılayıcıların yansıma ve konumsal çözünürlükleri, toprak tuzluluğunun tespit edilmesinde ve izlenmesinde önemli rol oynar. Çalışmaların büyük bir çoğunluğu, toprak

tuzluluğunu tanımlamak için konumsal ve yansıma çözünürlüğü orta düzeyde olan (Landsat TM/ETM, ASTER, SPOT) uydu algılayıcılarına odaklanmaktadır. Ancak, son zamanlardaki hiperspectral çalışmalar, toprak tuzluluğu ve topraktan veya bitkiden yansıyan elektromanyetik enerjinin arasındaki ilişkiyi ispatlamaktadır. Çok yüksek çözünürlükteki optik hiperspektral algılayıcılar, çok sayıda yansıma aralığını kaydedebildiği için toprak yüzeyinin özelliklerinin belirlenmesinde multispektral algılayıcılardan daha etkilidir. Farklı görüntüleme tekniklerinden elde edilen hiperspektral veriler kurak ve yarı kurak bölgelerde, toprak tuzluluğunun haritalanması ve analizi de dahil olmak üzere bir çok çalışmada başarıyla kullanılmaktadır (Chabrillat ve ark., 2002; Ben-Dor ve ark., 2006). Tuzluluk çalışmaları genellikle AVIRIS (Crowley, 1993; Whiting ve Ustin, 1999), DIAS 7915 (Schmid, 2005) ve HyMap (Koch ve ark., 2006) gibi hiperspektral hava fotoğraflarıyla gerçekleştirilmiştir.

Günümüzde, hiperspectral uydu teknolojisinin halen deneme aşamasında olması bu konulardaki çalışmalarda sınırlayıcıdır. Şatır ve ark., (2010), yaptıkları bir çalışmada CHRIS PROBA hiperspektral verisini kullanarak, uydu geçişiyle aynı zamanlarda yer çalışmaları sonucunda toplanan tuzluluk değerlerini tarımsal ürünlerin yansımalarıyla karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada, özellikle pamuk bitkisinin tuzlu ve tuzsuz topraklardaki yansımalarının toprak tuzluluğunun belirlenmesinde bir gösterge olarak kullanılabileceğini saptamışlardır. Abdelfattah (2010), tuz minerallerinin yansıma özelliklerini kullanarak, CHRIS verisi yardımıyla doğrudan topraktan tuzluluk sorunu olan alanları haritalamıştır. Çalışmasında yersel veri kullanılmamış ve tuzluluk etkisi belirli bir birim üzerinden tespit edilememiş ancak yoğunluk olarak tespit edebilmiştir.

UA ve CBS biliminin, tarımsal peyzaja yönelik doğrudan faydalarından birisi de mevcut tarım arazilerinin fiziksel niteliklerinin (büyüklük, ürün, yükseklik, eğim) değerlendirilebilmesidir. Beberoğlu ve Akın, (2009), Aşağı Seyhan Ovası ve Yumurtalık Bölgesini'de kapsayacak şekilde Akdeniz Kıyı Bölgesi'nde yaptıkları bir çalışmada sınıflama öncesi değişim analizi tekniklerini kullanarak, 1985 – 1993 – 2005 yılları arasındaki arazi örtüsü ve alan kullanımları değişimlerini Landsat TM veri seti kullanarak tespit etmişlerdir. Değişim analizleri sonucunda, tarım alanlarının

1985-2005 arasında yaklaşık 7000 ha arttığını saptamışlardır. Özellikle tarım alanlarının bölgedeki doğa koruma alanları üzerinde baskı oluşturduğu tespit edilmiştir.

Bir diğer değişim tespit çalışmasında ise ABD'de Minesota'da Twin Cities Metropolitan Alanı içerisinde yapılan çalışmada, nüfusu artmakta ve gelişmekte olan bir şehrin, yakın çevresindeki arazi örtüsü ve alan kullanımlarına olan zamansal etkisi Landsat TM/ETM veri seti kullanılarak saptanmıştır. Sınıflama sonrası değişim analizi yöntemi kullanılmıştır. Kentsel yapının 1986 – 2002 yılları arasında %9 kadar arttığı, buna karşın tarım, orman ve sulak alanların %9.1 oranında azaldığı oraya konmuştur. Özellikle, kentleşmenin tarım alanlarına diğer kullanımlardan çok daha fazla etkisi olduğu saptanmıştır (Yuan ve ark., 2005).

Tarımsal peyzajın genel olarak değişim ve eğilimlerinin belirlenmesinin dışında, özelde ürün çeşitliliği ve dağılımı açısından da belirlenmesi ülkelerin genel tarımsal alan kullanım ve temel tarım ekonomisi yönetimi stratejilerinin oluşturulmasında gereklidir. Bu kapsamda, Hindistan'da Haryana Bölgesi'nde 2007 – 2008 yılları arası ürün deseni, farklı iklim koşullarındaki bölgelerden ürün gelişim dönemlerinin ve ürün tiplerinin zamansal dağılımına göre alınmış çok zamanlı IRS-P6 verisi kullanılarak tespit edilmiştir (Sharma ve ark., 2011). Bu çalışmanın ürün deseninin belirlenmesi aşamasındaki en önemli sonuçlarından birisi, eğer bir bölgede tarımsal ürün deseni sınıflanmak isteniyorsa, ürün gelişme ve hasat zamanlarını içeren çok zamanlı bir veri setinin mutlaka olması gerekmektedir. Bu sayede özellikle sezon içerisinde 2-3 ürünlü tarım yapılan alanlardaki ürün deseni de haritalanmıştır. Ayrıca, aynı havzada farklı iklimsel özelliklerdeki bölgeler belirlenip, bu yapıya göre zamansal uydu verileri alınmıştır. Benzer çalışmalarda izlenebilecek yöntem ve uygulama açısından örnek bir çalışmadır.

Tarımsal girdi verilerinin elde edilmesinde ve veri madenciliği konularında, mevcut tarımsal peyzajın toprak fiziki yapısı, ürün tipleri ve fonolojileri, verim, arazi örtüsü gibi birçok veriyi bir arada barındıran ve CBS tabanlı konumsal bilgi sistemleri üzerine yapılmış çalışmalar da vardır. Çetinkaya, (2010), Aşağı Seyhan Ovası sahasında narenciye bilgi sistemi oluşturulması isimli yüksek lisans tez çalışmasında, ovanın Yüreğir Bölgesi'ndeki narenciye alanlarını hava fotoğrafları,

yer verileri ve uydu verileri yardımıyla belirlemiş, bunların tür, çeşit, sulama tipi, don riski, yaş ve ağaç sayısı olarak CBS tabanlı bir bilgi sistemine aktarmıştır. Böylece, bölgedeki üreticilere, sulama birliklerine ve araştırmacılara farklı konulardaki çalışmalarında kullanılabilecek bir veri tabanı oluşturulmuştur. Benzer çalışmalar, geçmişten günümüze ürün deseni, sağlık durumu, tarımsal verimlilik, toprak organik karbon, azot, fosfor ve nem içeriklerini vb. birçok tarımsal değişkeni de içerecek şekilde kullanım parselleri ölçeğinde yapılabilir.

CBS tabanlı yapılan yersel uygunluk analizlerinde doğrudan tarıma yönelik uygulamalar da mevcuttur. Bu uygulamalar, genel olarak tarımsal uygunluğun yanı sıra, belirli bir ürüne yönelik olarak yersel uygunluk veya farklı senaryolar altında yapılan tarımsal alan kullanım uygunluğu çalışmalarıdır.

Riveira ve ark. (2008), yaptıkları bir çalışmada, CBS tabanlı bir karar destek sisteminin, arazi kullanımını politikalarına bütünleştirilmesi konusunda çalışmışlardır. RULES (RUral Land use Exploration System) adı verilen bir yapı geliştirmişlerdir. Bu yapı arazi değerlendirme, alan optimizasyonu ve yersel bütünleştirme adı verilen 3 farklı modülden oluşmaktadır. Doğrusal ağırlıklandırma, ideal nokta analizi gibi teknikleri alan kullanım uygunluğu analizlerinde kullanmaktadır. Bu çerçevede İspanya'da tarımsal kullanımın yoğun olduğu alanlarda 3 farklı senaryoda 3 farklı arazi kullanım önerisi geliştirmişlerdir. Ekonomik senaryo, sosyal senaryo ve çevresel senaryolar oluşturularak ideal alan kullanımları tarım ürünleri ve orman alanları için tespit edilmiştir. Her bir senaryo için baskın alan kullanımları farklı ağırlıklandırılmıştır. Örneğin; meyve alanlarının ekonomik senaryodaki ağırlığı 0.0083, sosyal senaryodaki ağırlığı, 0.27, çevresel senaryodaki ağırlığı ise 0.01 olarak tespit edilmiştir.

Tarımsal sürdürülebilirlik ve alan kullanım uygunluğu ile ilgili bir diğer çalışma da, Zerger ve ark. (2011), tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, geçmişe ait ürün rekoltesi kayıtları kullanılarak, ekonomik fayda maliyet analizleri yapılmış ve çok kriterli analiz yöntemleriyle, bölgesel koruma planlaması için tarım alanları ölçeğindeki politikalar belirlenmiştir. Araştırmada sadece tarımsal aktiviteler değil orman alanlarının da sürdürülebilir kullanımı belirlenmiştir. Batı Avusturalya'da yapılan çalışmada, ÇKA teknikleri kullanılmış, ağırlıklandırmalar yeniden yarı doğal

vejetasyon alanı olarak değerlendirilebilecek bölgelerin, tarımsal hassasiyetler göz önüne alınarak saptanmasına yönelik yapılmıştır.

Walke ve ark. (2012), pamuk bitkisinin yetiştiği alanları toprak uygunluk kriterlerine göre Orta Hindistan Bölgesi'nde, CBS tabanlı ÇKA yöntemlerini kullanarak değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada, pamuk için iklimsel ve toprak uygunluk kriterleri literatürdeki çalışmalar yardımıyla belirlenmiştir. 5 farklı uygunluk kategorisinde, her bir kriterin uygunluk aralıkları tanımlanmıştır. Kriterler temelde; iklim (ürün gelişim zamanındaki yağış, sıcaklık, nem), alan özellikleri (eğim, erozyon, drenaj, sulama, taşlılık), toprak özelikleri (tekstür, derinlik, tuzluluk, alkalinite) ve gübreleme girdilerinin ağırlıklandırılmasıyla yapılmıştır. Her bir toprak serisi önceden belirlenen uygunluk aralıklarına göre pamuk uygunluğu için değerlendirilmiştir.

Tarımsal peyzajın CBS tabanlı değerlendirildiği bir başka çalışmada ise, tarım alanlarını etkileyen risk oluşumlarına göre tarımsal uygunluk belirlenmiştir. Smith ve ark. (2000), yaptıkları çalışmada tehdit tanımlama modeli adında bir model geliştirmişler ve alan kullanım uygunluğunu sürdürülebilir tarımı tehdit edebilecek risk faktörleri temelinde ele almışlardır. Bu kapsamda, toprak tuzluluğu, asit-baz dengesi, ağır metal oranı, drenaj, taban suyu seviyesi ve kirliliği, habitat kaybı, iklimsel bozulmalar, sel riski, erozyon riski gibi bir çok risk göz önüne alınarak tarım alanlarının sürdürülebilirliği konusunda alansal öneriler getirilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

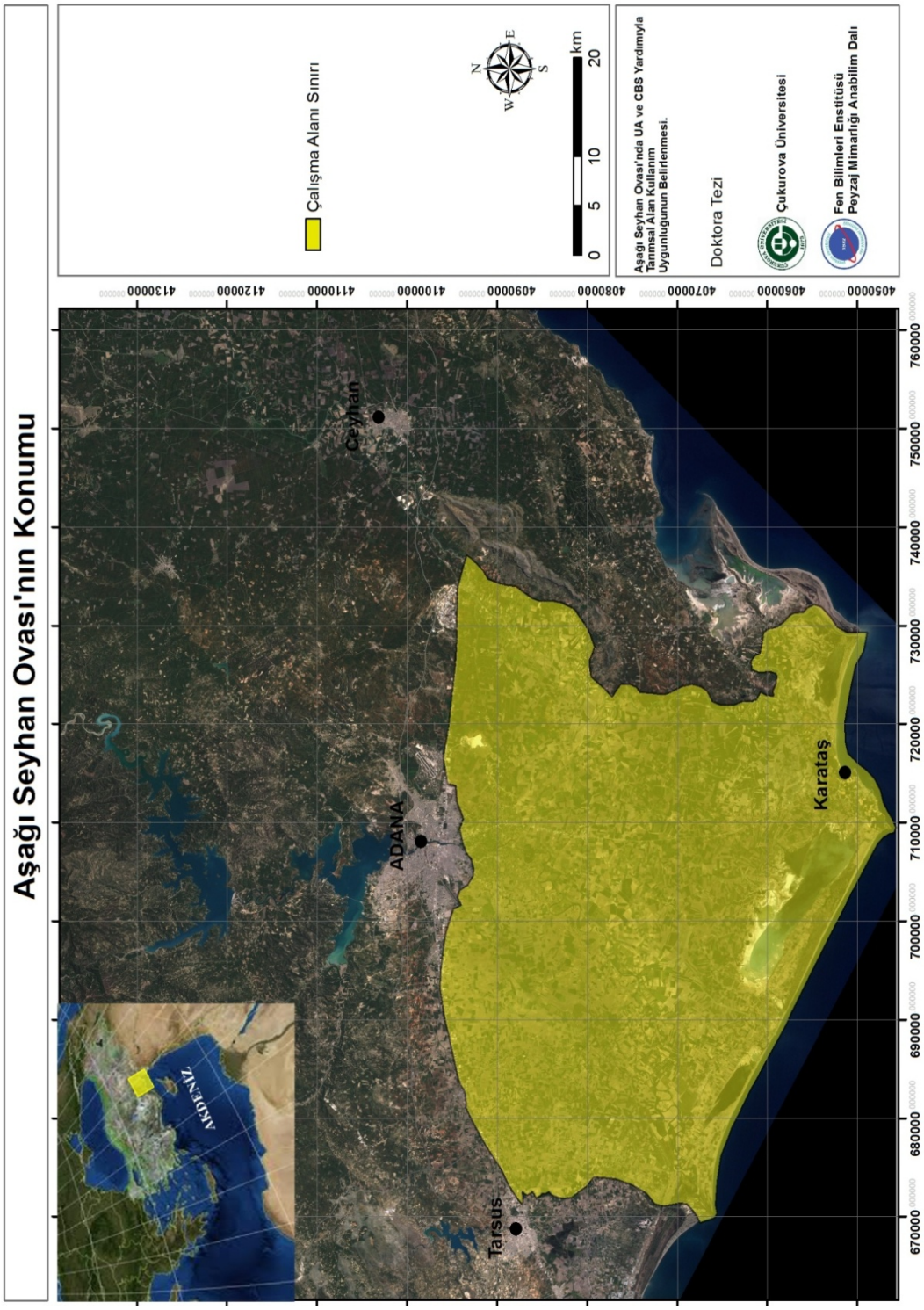
3. 1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı ve Genel Özellikleri

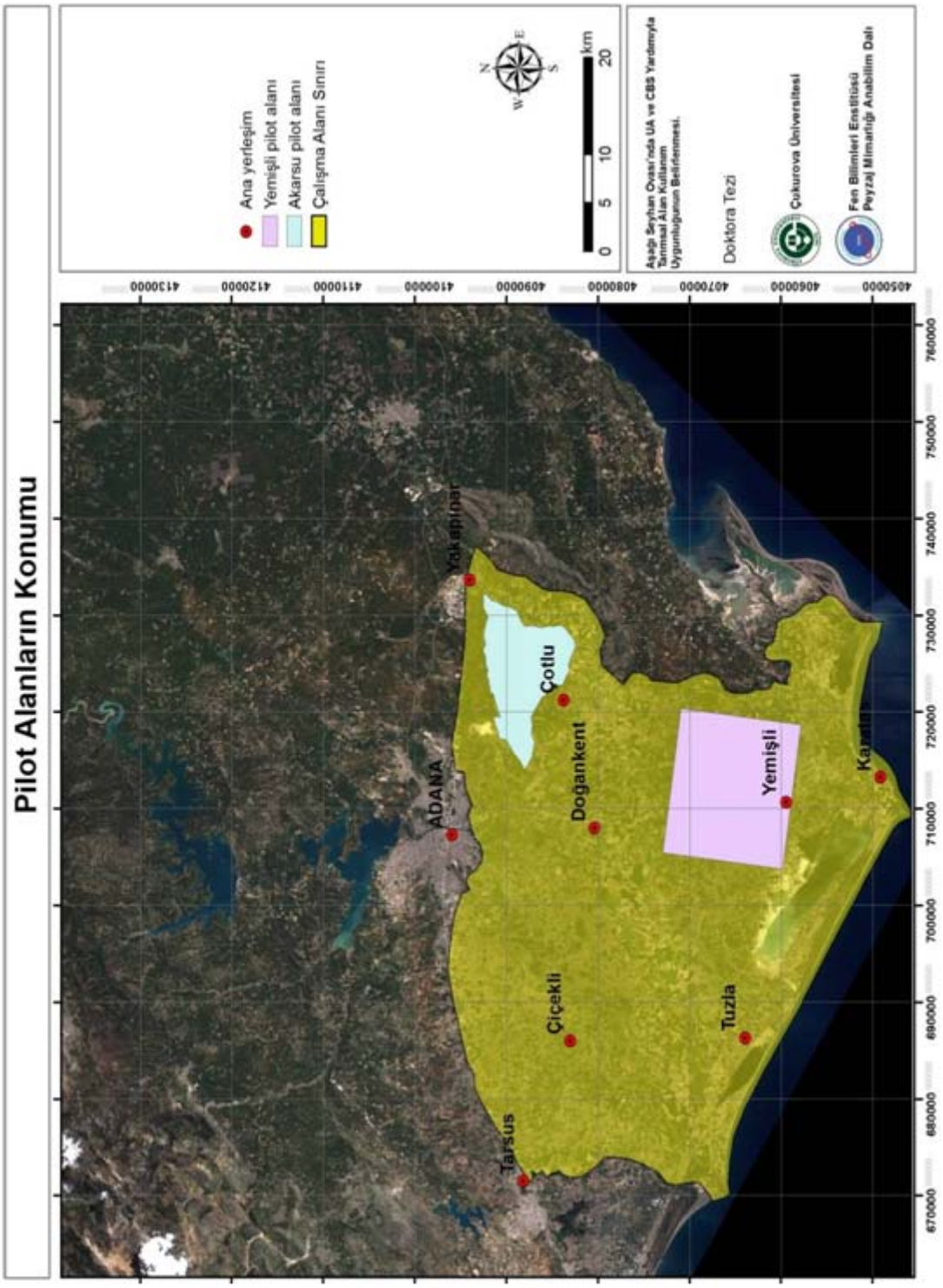
Çalışma alanının, kuzey sınırını Adana Kenti ve Tarsus – Gaziantep Otoyolu, doğu sınırını Ceyhan Nehri, batı sınırını Berdan Nehri, güney sınırını ise Akdeniz oluşturmaktadır (Şekil 3.1). Toplamda yaklaşık 213000 ha'lık bir alanı kapsamaktadır. 174088 ha alan sulamaya uygun ve Akdeniz iklim bölgesidir. Bunun yanında alüvyal toprak yapısı, eğimin az olması, sulanabilir tarım arazilerinin geniş oluşu, bölgeyi tarım için Türkiye'nin önemli yerlerinden birisi yapmaktadır. Kışın ağırlıklı olarak buğday, soğan, patates ve yer yer marul, yazın ise pamuk ve mısır başta olmak üzere, soya, yer fıstığı, bostan ve susam tarımı yapılmaktadır. Bunun yanı sıra Türkiye'nin en önemli narenciye (portakal, mandalina, limon, altıntop) üretim alanlarından birisidir. Bu ürünleri işleyecek endüstriyel tesisler ve ulaşım ağları yeterlidir. Çalışma alanının büyük bir bölümü ekilebilir tarım arazisidir. Türkiye'deki tarım ürününün %10'nunu karşılamaktadır. Ekilebilir tarım arazilerinin günümüzde yaklaşık %70-80'i kanallar yardımıyla sulanabilmektedir (DSİ, 2012).

Çalışma alanı içerisinde, alanın genelini temsil edebilecek iki adet pilot alan belirlenmiştir. Bunlar Akarsu sulama havzası ve Yemişli Bölgeleridir (Şekil 3.2). Akarsu sulama havzası, alanın kuzeyinde toprak tuzluluğu sorununun olmadığı, ASO'daki hemen her ürününün tarımının yapıldığı ve çeşitli çalışmalara altlık sağlayacak birçok araştırmanın daha önce yapıldığı ve tamamı kanal sistemiyle sulanabilen bir sahadır. Yemişli Bölgesi ise, toprak tuzluluğu sorunun en yoğun olduğu, kanal sistemiyle sulanan ve sulanamayan sahaların birlikte olduğu, drenaj sisteminin genelde zayıf olduğu, killi ağır bünyeli toprakları da içeren sahaların bulunduğu, ürün veriminin tuzluluğa bağlı olarak düşük olduğu bölgeleri içeren bir sahadır. Toprak tuzluluğu, ürün verimliliği ve ürün deseninin belirlenmesi ile ilgili çalışmalarda, bu iki pilot alandaki detaylı arazi çalışmaları, uygulanacak yöntemlerin belirlenmesinde temel alınmıştır.

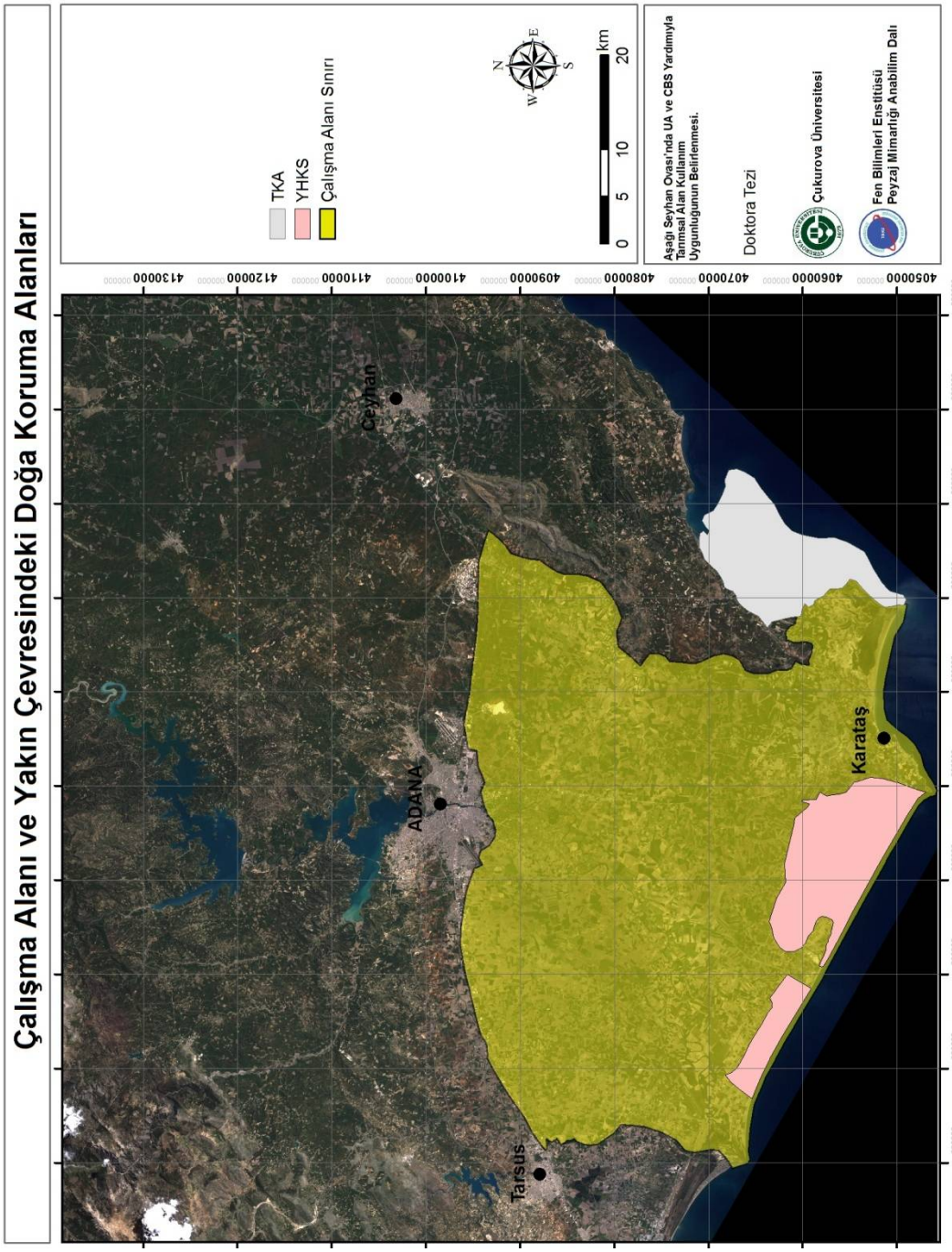
Alanın güneyinde 3 adet önemli kıyı sulak alanı bulunmaktadır. Bunlar Tuzla Lagünü, Akyatan Lagünü ve Ağyatan Lagünüdür. Bu lagünlerden, Tuzla ve Akyatan aynı zamanda barındırdığı su kuşları ve deniz kaplumbağaları için uygun üreme sahası olması nedeniyle Orman ve Su İşleri Bakanlığı'na bağlı yaban hayatı koruma sahasıdır. Saha içerisindeki arazilerin büyük bir kısmı ise hazineye aittir (Şekil 3.3). Alanın hemen doğusunda bulunan Yumurtalık Lagünleri 1994 yılında 16.430 hektarlık bir 'Tabiatı Koruma Alanı' ilan edilmiştir. Bir dönem 6.12.2008 tarih ve 27076 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan, 2873 sayılı Milli Parklar Kanunu'nun 3. maddesi uyarınca Yumurtalık Lagünü'nün tabiatı koruma alanı statüsünün kaldırılmasına ve yeni statüsünün milli park olarak belirlenmesine karar verilmiştir. Turizm faaliyetlerine öncelik verilerek halkın kullanımına açılmak istenmiştir. Ancak, bu karar, 2009 yılında sivil toplum kuruluşlarının baskısıyla, yürütmeyi durdurma kararı çıkarılarak iptal edilmiş ve tekrar tabiatı koruma alanı statüsü kazanmıştır. Böylece turizm faaliyetlerine ciddi kısıtlamalar getirilmiş ve sadece bilimsel amaçlı çalışmalar ve bireysel çapta sınırlı ekoturizm (kuş gözlemciliği, doğa fotoğrafçılığı) uygulamalarına açıktır. Yumurtalık Lagünleri aynı zamanda önemli su kuşları ve habitatları barındırmasından ötürü uluslararası sözleşmelerce RAMSAR koruma alanı statüsüne de sahiptir. Ayrıca ülkemizdeki tek doğal halep çamlığı (*Pinus halepensis)* bu bölgede bulunmaktadır.



Şekil 3.1. Çalışma alanı konumu



Şekil 3.2. Akarsu ve Yemişli pilot alanları konumu



Şekil 3.3. Doğa Koruma Alanları ve Statüleri Yaban Hayatı Koruma Sahası (YHKS), Tabiatı Koruma Alanı (TKA).

3.1.2. Uzaktan Algılanmış Veriler ve Özellikleri

Çalışma alanına ait uzaktan algılama verileri beş temel amaç için kullanılmıştır. Bunlar; toprak tuzluluğu dinamiklerinin belirlenmesi, ürün deseninin haritalanması, ürün verimliliğinin tespiti, narenciye için don risk alanlarının saptanması ve tarımsal kullanım parsellerinin sayısallaştırılmasıdır.

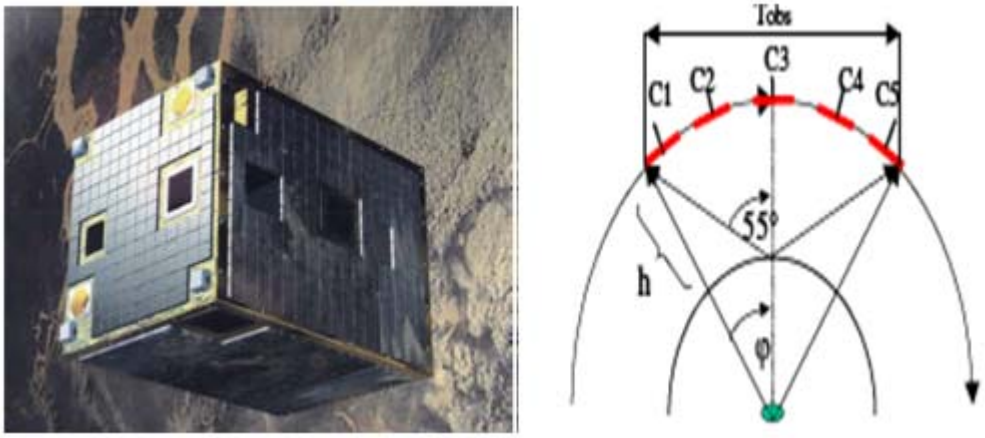
Toprak tuzluluğu ile ilgili çalışmalarda CHRIS PROBA hiperspektral verisi, ürün deseni ve verimlilik çalışmalarında Landsat TM/ETM veri seti, don risk alanlarının belirlenmesi çalışmalarında, MODIS LST (land surface temperature) termal verisi ve tarımsal kullanım parsellerinin belirlenmesinde ise Yüksek yersek çözünürlüklü hava fotoğrafları kullanılmıştır.

3.1.2.1. CHRIS PROBA Hiperspektral Uydu Verisi ve Özellikleri

Hiperspektral uydular son 15 yıldır dünya genelinde kullanılmaktadır. İlk gerçek anlamda hiperspektral uydu ABD' nin Hyperion' dur. 400 – 2500nm aralığında 220 adet yansıma bandına sahiptir. 30m yersel çözünürlükte ve 7.7km X 185km tarama genişliğinde, 16 bit'lik radyometrik çözünürlükte veri temin edebilmektedir. NASA (Ulusal havacılık ve uzay ajansı ABD) tarafından geliştirilen uydu, 2000 yılında göreve başlamıştır ve halen devam etmektedir. Çok bantlı uydu verilerine göre yüzey bileşenlerini, mineral ve materyalleri, arazi örtüsü ve kullanımlarını çok daha hassas ve doğru tespit edebilmektedir (Dutkiewicz, 2006).

CHRIS PROBA hiperspektral uydusuyla algılama ESA tarafından 22 Eylül 2001'de başlatılmıştır. Yüksek çözünürlü görüntü algılayıcısı CHRIS, PROBA platformu üzerine monte edilmiş bir sistemdir. CHRIS, çapraz ve düz tarama yapabilen bir uydudur. Aynı zamanda, tek bir geçişte 5 farklı açıdan görüntü alabilmektedir (Barnsley ve ark., 2004). Bu 5 görüntü arasındaki zaman farklılığı yaklaşık 3 dakikadır. 400 nm ve 1050 nm arasında (görünür ve kızıl ötesi) 1.25 – 11nm hassasiyetle farklı modlarda ölçüm yapabilmektedir. Yine ölçüm modlarına göre 18 – 62 adet elektromanyetik yansıma bandı kaydedebilir ve bu bantların yersel çözünürlüğü 17 ve 34 m'dir (Schmid ve ark., 2007). Tarama genişliği 15X15 km' dir

(Şekil 3.4), (Çizelge 3.1). Bu tez çalışması kapsamında CHRIS kara modu (mod 3) verisi kullanılmıştır. Bu veri 17m yersel çözünürlükte 18 adet yansıma bandına sahiptir (Çizelge 3.2).



Şekil 3.4. PROBA platformu ve 5 farklı görüntüleme açısı (-55°, -36°, 0°, 36°, 55°).

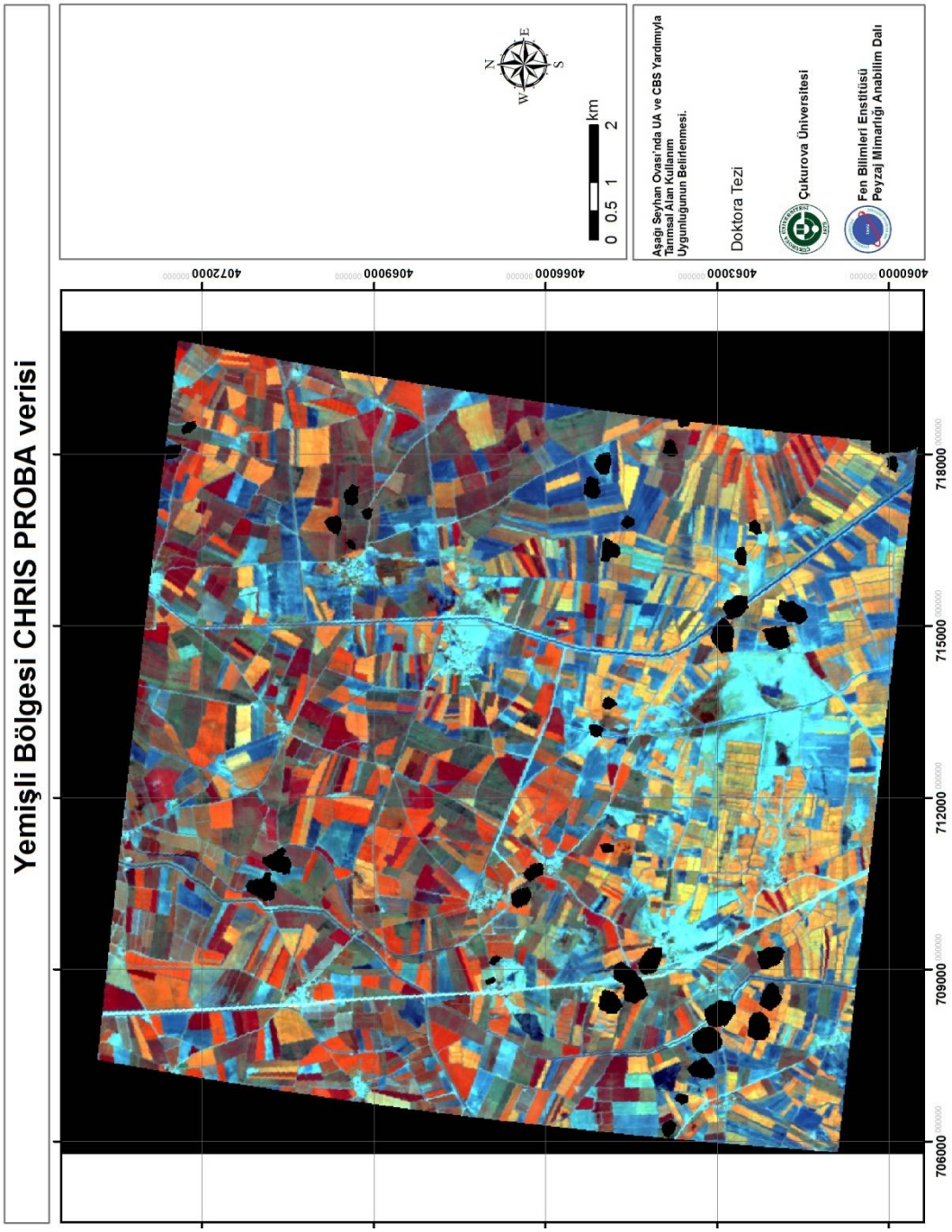
Çizelge 3.1. CHRIS modları ve özellikleri (ESA, 2012).

Mod	**Açıklama**	**Algılama Aralığı**	**Yersel Çözünürlük**	**Band Sayısı**	**Tarama Genişliği**
Mod 1	Genel mod	406 – 1003nm	34m	62	15X15 km
Mod 2	Su Modu	406 – 1036nm	17m	18	15X15 km
Mod 3	Kara modu	438 – 1035nm	17m	18	15X15 km
Mod 3A	Kara modu 2	420 – 910nm	17m	18	15X15 km
Mod 4	Vejetasyon modu	496 – 796 nm	17m	18	15X15 km
Mod 5	Kara modu 3	439 – 1036 nm	17m	37	7.5X7.5 km

Çizelge 3.2. CHRIS PROBA mod 3 yansıma bandı özellikleri (ESA, 2012).

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

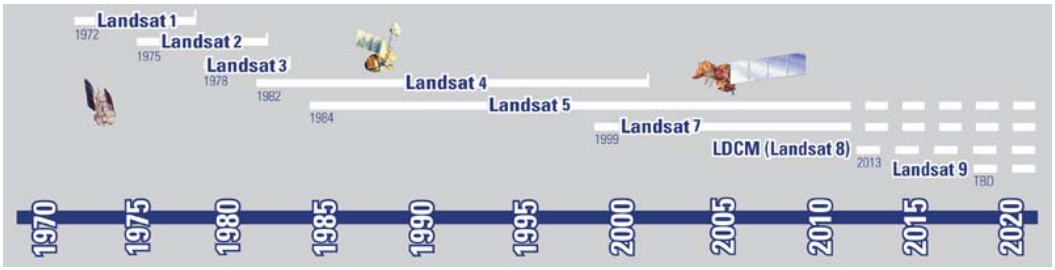
CHRIS PROBA verileri Yemişli bölgesinden 2008 – 2010 tarihleri arasında belirli zamanlarda alınmıştır 26 Mayıs, 15 Temmuz, 29 Ağustos, 11 Ekim, 3 Aralık 2008, 22 Nisan 2009 ve 16 Ağustos, 16 Ekim 2010 tarihlerinde bulutsuz CHRIS PROBA verileri bölgedeki tuzluluk dinamiklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. CHRIS PROBA verisi Örneği (13-11-5 bant kombinasyonu)

3.1.2.2. Landsat TM/ETM+ Verisi ve Özellikleri

Günümüze kadar literatürde en çok kullanılan uydu verisidir. Landsat ilk olarak NASA tarafından 1972 yılında Landsat 1 uydu algılayıcısıyla başlatılmıştır. Yer gözlem uyduları teknolojisinde bilimsel amaçlarla kullanılan ilk verimli uydudur. Günümüze kadar, sırasıyla (Landsat 1 - 2 – 3 – 4 – 5 – 7 – 8) uyduları fırlatılmıştır. Landsat 7 (ETM) halen görüntü alınabilen ve çalışan bir veridir. Landsat ETM verisi 2003 yılından sonra sinyal algılayıcılarındaki bozulma nedeniyle tam verimle çalışmamakla birlikte, bazı düzeltmeleri yapılarak kısmen kullanılabilmektedir. Landsat 8 ise Şubat 2013 yılında fırlatılmış olup, haziran 2013 yılı itibariyle ilk görüntüler alınmaya başlanmıştır (Şekil 3.6).



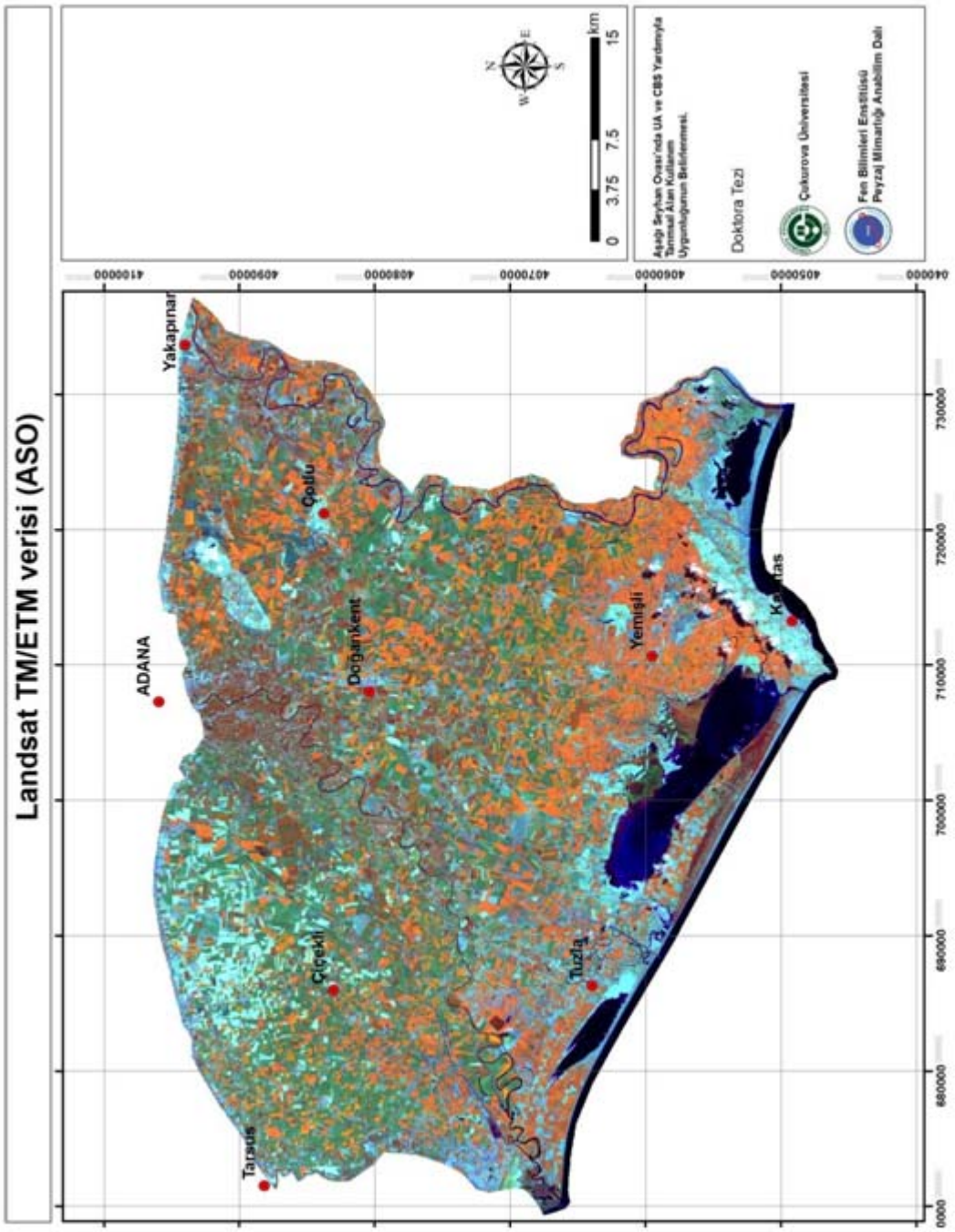
Şekil 3.6. Landsat Görevleri Zaman Çizelgesi (USGSa, 2013)

Otuz yıldan fazla bir süredir hizmet veren Landsat uyduları geniş arşiv olanağına sahip olması ve çok bantlı görüntü alabilme özelliğinden dolayı, birçok uzaktan algılama çalışmasında kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan Landsat TM/ETM+ uyduları güneşle uyumlu yakın kutupsal yörüngede yerleştirilmiştir. Deniz seviyesinden 705km yükseklikte, 16 günlük zamansal çözünürlükte, yeryüzünden yansıyan elektromanyetik enerjiyi farklı tipte algılayıcılarıyla kaydeder. Tarama genişliği 185x172 km'dir (Çizelge 3.3), (Şatır, 2006).

Çizelge 3.3. Landsat TM/ETM+ Uydusu Algılayıcı Özellikleri (Şatır, 2006).

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

Landsat TM ve ETM uyduları ASO Bölgesi' nden yaklaşık 10'ar günlük zamansal aralıklarla kayıt yapmaktadırlar. Çalışma alanının bulunduğu bölgenin %80'i tek bir görüntüde alınabilmektedir. Ancak, kıyı bölgesinde kalan %20'lik kısmı için ikinci bir görüntü gerekmektedir. Her iki görüntüde aynı tarihte ve birkaç dakika arayla çekilmiştir (Şekil 3.7). Bu kayıtların en bulutsuz olan zamanları, ürün gelişim dönemleri dikkate alınarak kullanılmıştır. 2010 ve 2011 yıllarındaki ürün desenleri kışlık ve yazlık zamanlar olarak iki dönemde sınıflanmıştır. Bu kapsamda, kışlık sınıflama için ocak, mart, nisan ve buğday hasat zamanı olan Haziran görüntüleri, yazlık zaman içinse, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarındaki Landsat görüntüleri kullanılmıştır.



Şekil 3.7. Landsat TM verisi örneği (4 – 5 – 3 bant kombinasyonu).

3.1.2.3. Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS) Uydu Verisi ve Genel Özellikleri

MODIS uydusu 2001 yılından bu yana düzenli olarak hizmet veren, karasal ve su ekosistemleriyle, iklimsel çalışmalarda özellikle küresel ve bölgesel ölçekte sıkça kullanılmaktadır. Terra ve Aqua olmak üzere iki platformda hizmet vermekte ve toplamda 36 yansıma aralığında, 3 farklı yersel çözünürlükte 1-2 günlük zamansal dönemlerde, 12bit radyometrik çözünürlükte kayıt yapabilmektedir (Çizelge 3.4). Bu verinin 2330 km'lik tarama genişliği, ve bütünleştirilmiş (kompozit) veri seçenekleri, günlük veri sağlamanın yanı sıra, 8 gün, 16 gün ve 1 aylık kompozit veri formatları sayesinde bulutlukluk etkisi giderilmiş olarak kullanılabilmektedir. Ayrıca, radyometrik olarak düzeltilmiş ve ücretsiz temin etmek mümkündür USGS, 2013).

MODIS verilerinin günlük periotlar halinde yüzey sıcaklığını gece ve gündüz ölçmesi, özellikle iklimsel çalışmalarda çok geniş bir kullanım olanağı sunmaktadır. Bu çalışmada, MODIS LST (land surface temperature) yüzey sıcaklığı verileri MOD11A1 gece görüntüleri narenciye alanlarının don risk haritalarının üretilmesinde kullanılmıştır. Bu çerçevede, özellikle kış aylarında, MODIS tarafından saat 2.30' da kaydedilen gece yüzey sıcaklıkları, aynı dönemlerde alınan saatlik hava sıcaklıklarıyla ilişkilendirilerek, çok zamanlı bir don risk haritası oluşturulmasında kullanılmıştır. Böylece narenciye tarımına uygun alanların belirlenmesinde temel bir altlık veri olarak, yüksek yersel çözünürlükte (1km) üretilmesi ve kullanılması hedeflenmiştir.

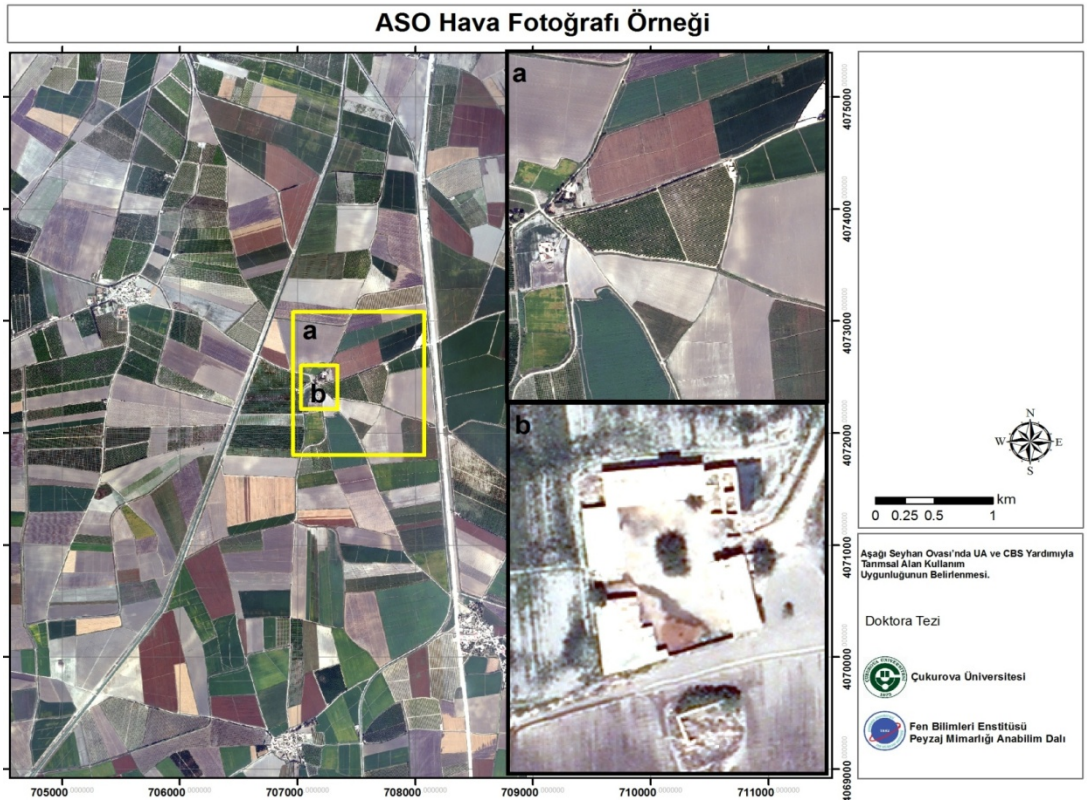
Çizelge 3.4. MODIS Uydusu genel özellikleri (USGS, 2013)

MODIS UYDUSU GENEL ÖZELLİKLERİ			
Yükseklik: 705 km Tarama Genişliği 2330km Tekrarlanma süresi: 1 – 2gün			
Kullanım Alanı	Bant	Bant genişliği(µm)	Yersel çözünürlük
Arazi/Bulut sınırları	1	0.620 – 0.670	250 m
	2	0.841 – 0.876	
Arazi/Bulut Özellikleri	3	0.459 – 0.479	500 m
	4	0.545 – 0.565	
	5	1.230 – 1.250	
	6	1.628 – 1.652	
	7	2.105 – 2.155	
Okyanus rengi Fitoplankton Biojeokimya	8	0.405 – 0.420	1000 m
	9	0.438 – 0.448	
	10	0.483 – 0.493	
	11	0.526 – 0.536	
	12	0.546 – 0.556	
	13	0.662 – 0.672	
	14	0.673 – 0.683	
	15	0.743 – 0.753	
	16	0.862 – 0.887	
Atmosferik su buharı	17	0.890 – 0.920	
	18	0.931 – 0.941	
	19	0.915 – 0.965	
Yüzey/Bulut Sıcaklığı	20	3.660 – 3.840	
	21	3.929 – 3.989	
	22	3.929 – 3.989	
	23	4.020 – 4.080	
Atmosferik sıcaklık	24	4.433 – 4.598	
	25	4.482 – 4.549	
Saçak bulutlar	26	1.360 – 1.390	
Su Buharı	27	6.535 – 6.895	
	28	7.175 – 7.475	
	29	8.400 – 8.700	
Ozon	30	9.580 – 9.880	
Yüzey/Bulut Sıcaklığı	31	10.780 – 11.280	
	32	11.770 – 12.270	
Bulut Yüksekliği	33	13.185 – 13.485	
	34	13.485 – 13.785	
	35	13.785 – 14.085	
	36	14.85 – 14.385	

3.1.2.4. Yüksek Yersel Çözünürlüklü Hava Fotoğrafları

Çalışma alanına ait hava fotoğrafları 2009 yılında Harita Genel Komutanlığı tarafından uçak üzerine bütünleşik kamera yardımıyla çekilmiştir. Mavi, yeşil ve kırmızı (görünür), yansıma aralıklarında kayıt yapılmıştır. 0.45 m yersel çözünürlüğe sahiptirler ve %30 ve %60 çakışmalı olarak bütünleştirilebilmektedir (Şekil 3.8).

Çalışma alanındaki verim bilgilerinin ve arazi örtüsü bilgilerinin çiftçilerden ve ilgili kurumlardan (sulama birlikleri, tarım il müdürlüğü) alınmasında, tarım alanlarının kesin yer ve koordinatlarıyla belirlenmesinin yanı sıra, ASO Bölgesi'nde bulunan tüm tarım alanlarının parsellerinin sayısallaştırılmasında kullanılmıştır. Böylece, obje tabanlı tarımsal alan kullanım sınıflarının belirlenmesinde kullanılarak, yapılan sınıflamanın doğruluğu arttırılmıştır.



Şekil 3.8. Yüksek yersel çözünürlüklü hava fotoğrafı (0.45 m).

3.1.3. Yersel Veriler

Çalışmada kullanılan koordinatlandırılmış haritalar ve yer verilerini içerir. Arazi çalışmaları sonucunda ve Devlet Su İşleri' nden (DSİ) alınan taban suyu tuzluluk verileri (DSİ, 2012), bölgenin toprak serileri haritası, yer gerçeği verileri, topografya verisi ve Narenciye Bilgi Sistemi (NARBIS) verileri yersel verileri olarak tanımlanmaktadır.

3.1.3.1. Tuzluluk Verileri

Çalışma alanından elde edilen en önemli veri setlerinden birisini oluşturmaktadır. Çalışmada, iki tür tuzluluk verisi kullanılmıştır, bunlar: Arazi ölçümleri yapılarak elde edilen tuzluluk sonuçları ve DSİ üzerinden alınan taban suyu tuzluluk ölçümleri sonuçlarıdır (DSİ, 2012).

Çalışma alanındaki tuzluluk ölçümleri, CHRIS PROBA uydu verisinin geçişiyle eş zamanlı olarak yapılmıştır. Yemişli Bölgesi ve Akarsu Bölgesi içerisinde 2008 – 2009 – 2010 yıllarında detaylı ölçümler, , Eletriksel iletkenlik (EC) ölçen EM 38 aleti yardımıyla yapılmıştır (Şekil 3.9).

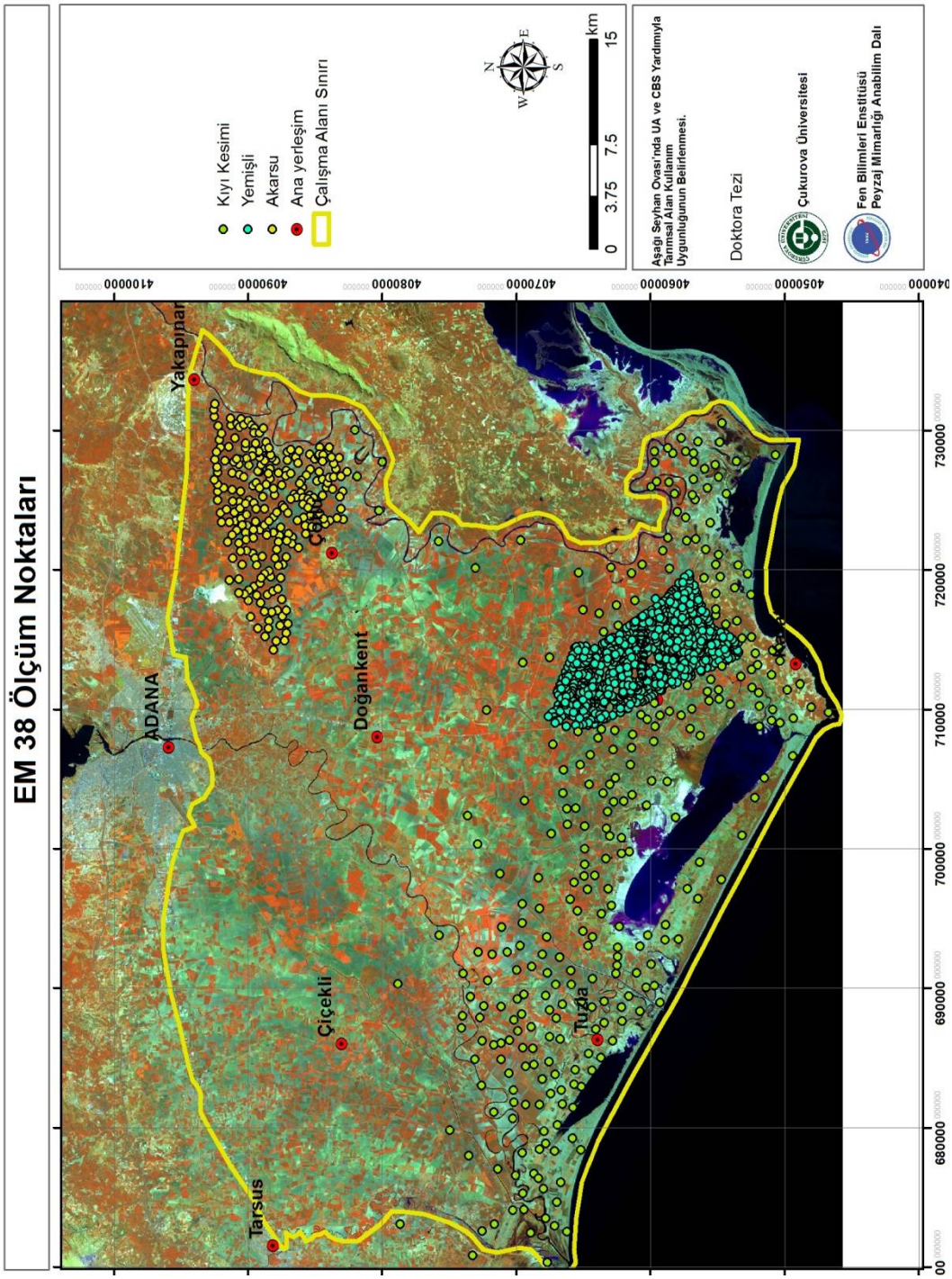


Şekil 3.9. EM 38 Aletiyle ölçüm yapılan bir buğday tarlası

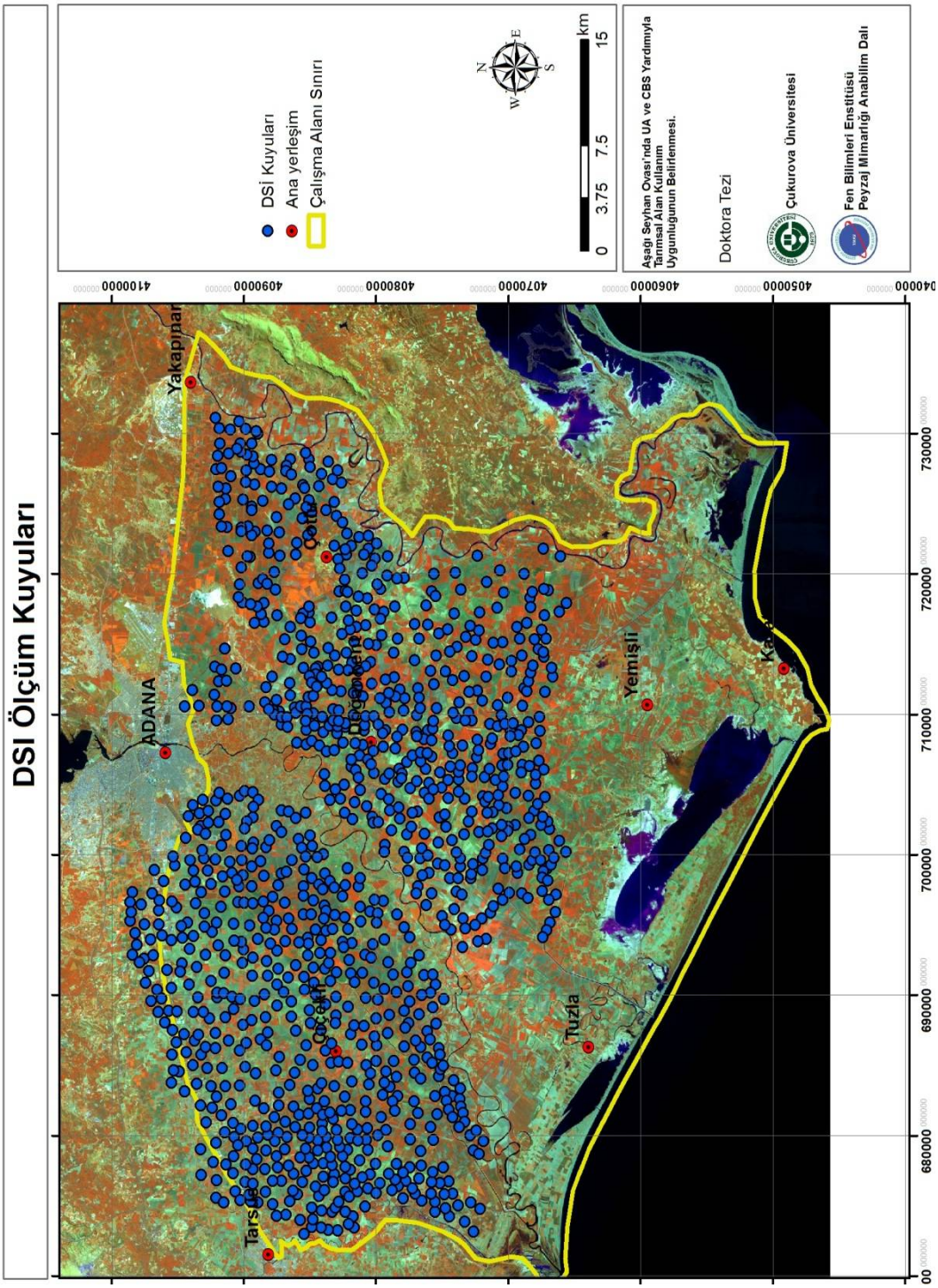
Alet ölçümleri Çetin ve ark. (2012a, 2012b) izlenen yöntemler bütünü takip edilerek yapılmıştır. Bu kapsamda, EM 38 ölçümleriyle aynı anda GPS koordinatları alınmış ve sabah ölçümleriyle akşam ölçümleri için ayrı zamanlarda, ölçüm yapılan toprak profilini örnekleyen toprak sıcaklığı ölçümü yapılmıştır.

Akarsu ve Yemişli pilot alanları dışında, çalışma alanının kıyıya yakın bölgelerinde de toprak haritasındaki tuzluluk fazlarına göre EM okumaları yapılmış ve her toprak tuzluluk fazını niteleyecek şekilde alandaki poligonlara göre dağıtılmıştır. Böylece alanın genelini ifade eden bir tuzluluk haritası üretilmesi hedeflenmiştir. Akarsu Bölgesi'nden 200, Yemişli Bölgesi'nden 700 ve kıyı kesimine yakın bölgelerden de 300 EM ölçümü yapılmıştır (Şekil 3.10).

Diğer bir tuzluluk veri seti de taban suyu tuzluluklarının ölçüldüğü DSİ' den alınan verilerdir (DSİ, 2012). DSİ her yıl düzenli olarak alanın genelinde bulunan kuyulardan aylık olarak taban suyu seviyesi ölçümleri, yıllık olarak ise en kurak mevsimde (20 Temmuz – 10 Ağustos) taban suyu tuzluluğu ölçümleri yapmaktadır. Taban suyu ölçümlerinin yapıldığı bazı kuyularla aynı bölgede ve zamanda EM ölçümleri yapılmış ve taban suyu tuzluluğu değerleri yüzey tuzluluğu (ilk 2m'lik toprak profilindeki ortalama tuzluluk) değerine dönüştürülmesinde kullanılmıştır. Tüm alan boyunca sağ sahil (Seyhan Nehri ve Ceyhan Nehri arası) ve sol sahil (Seyhan Nehri ve Berdan Nehirleri arası) bölgelerinde toplamda 1080 kadar kuyudan alınan ölçüm değerleri noktasal bazda koordinatlandırılıp, CBS ortamına yersel veri olarak entegre edilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.10. Çalışma Alanında EM 38 aleti kullanılarak yapılan tuzluluk ölçümleri



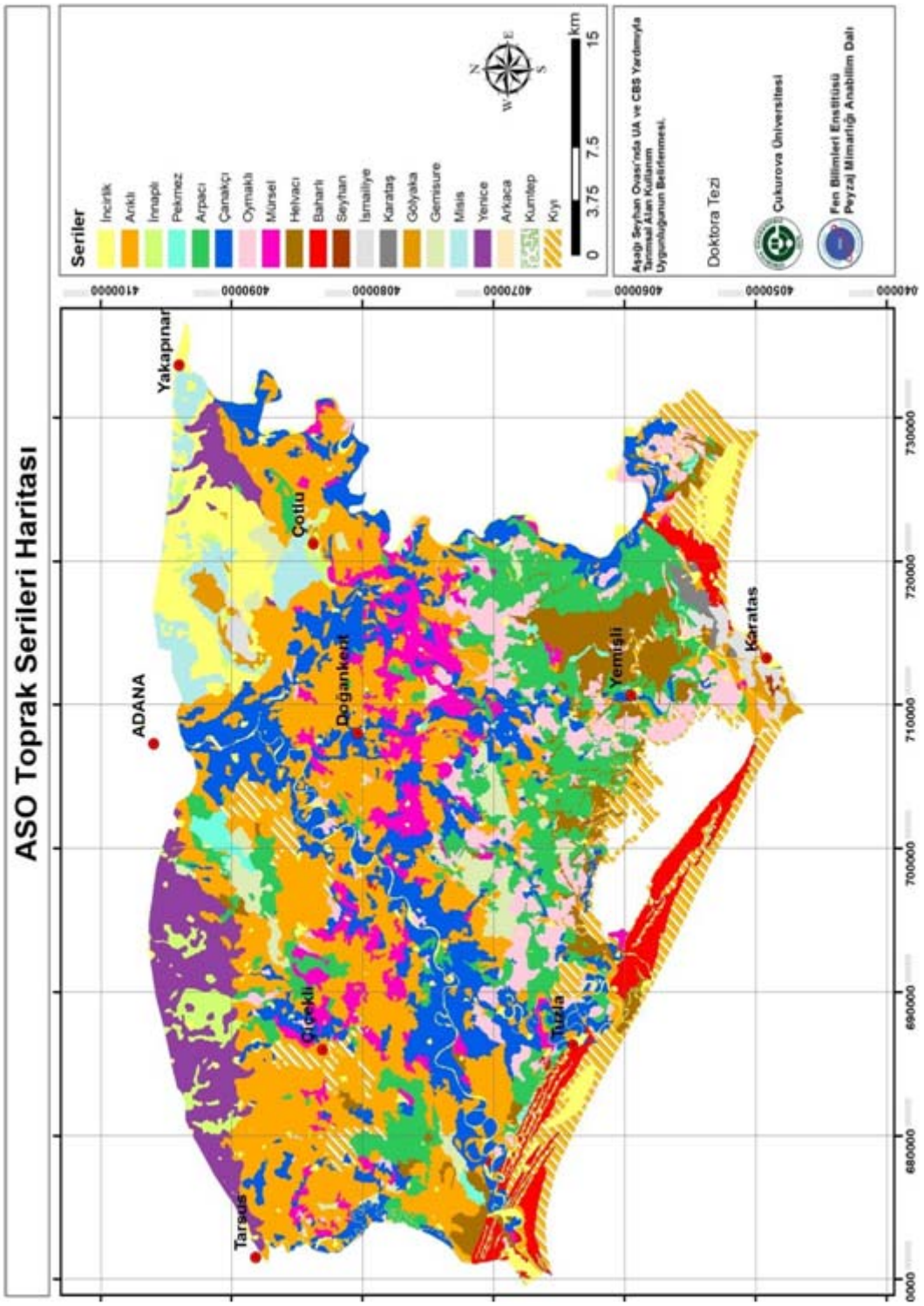
Şekil 3.11. DSİ tarafından taban suyu ve tuzluluğu ölçümlerinin yapıldığı kuyular (DSİ, 2012)

3.1.3.2. Toprak Verileri

Yeryüzünde toprak oluşturan faktörler arasında farklı iklimler, pek çok canlı organizmalar, çeşitli ana materyaller, topografyalar ve farklı yaşlardaki araziler yer almaktadır. Anılan faktörlerin aynı olduğu yerlerde, topraklarda birbirlerine benzerlik göstermektedir. Toprakların gösterdiği benzerlik ve farklılıkların bilinmesi, bitki yetiştiriciliği açısından büyük değer taşımakta ve bu nedenle topraklar çeşitli düzeylerdeki benzerlik özelliklerine göre sınıflara ayrılarak haritalar üzerinde gösterilmekte suretiyle kullanıcıların yararına sunulmaktadır (Dinç, 1981). Bu toprak haritaları en üst kategori olan ordolardan en alt kategoride olan serilere gidildikçe daha detaylı ve kapsamlı olarak tanımlanır (Soil Survey Staff, 1975; Young, 1976).

Çukurova Bölgesi için Dinç ve ark. (1990), yaptıkları çalışmada, ASO ve Tarsus-Mersin hattındaki toprakları en alt ve detaylı toprak sınıflama birimi olan toprak serileri temelinde haritalamışlardır. Bu bölgede toplamda, 20 adet toprak serisi belirtilmiştir (Şekil 3.12). Her bir seriye ait toprak profilleri, her profilin derinlikleri, Ph değerleri, organik madde miktarı, değişebilir katyon değerleri, kireç miktarı, tekstürü, hacmi ve toplam porozite detaylı olarak ele alınmıştır.

Bu çalışmada, verimlilik analizlerinde, topraktaki kil, silt, kum miktarları, toprak derinliği ve toplam porozite verileri kullanılmıştır. Bunlara ek olarak ArcSWAT modelinin çalıştırılması için gerekli olan pH, profil derinlikleri, toprak hacimleri ve organik madde miktarı verileri de, azot bütçesinin belirlenmesi analizlerinde kullanılmıştır. Her bir seriye ait olan ortalama değerler, toplam toprak derinlikleri ve toplam alanları Çizelge 3.5’ de detaylı olarak verilmiştir. ArcSWAT kapsamında bir girdi olarak kullanılan organik madde miktarı değişken bir veridir. Zaman içerisinde farklılıklar gösterebilir ancak bu bölgede yapılan en kapsamlı çalışma seriler bazında Dinç ve ark. (1990)’da yapıldığı için bu veri temel alınmıştır. Diğer analizlerde, toprakta zaman içerisinde ciddi değişkenlik göstermeyen toprak tekstürü, derinliği, hacmi, toplam porozite verileri kullanılmıştır.



Şekil 3.12. ASO Toprak Serileri Haritası (Dinç ve ark. 1990)

Çizelge 3.5. Çalışma alanındaki toprak serilerinin genel özellikleri (Dinç ve ark. 1990)

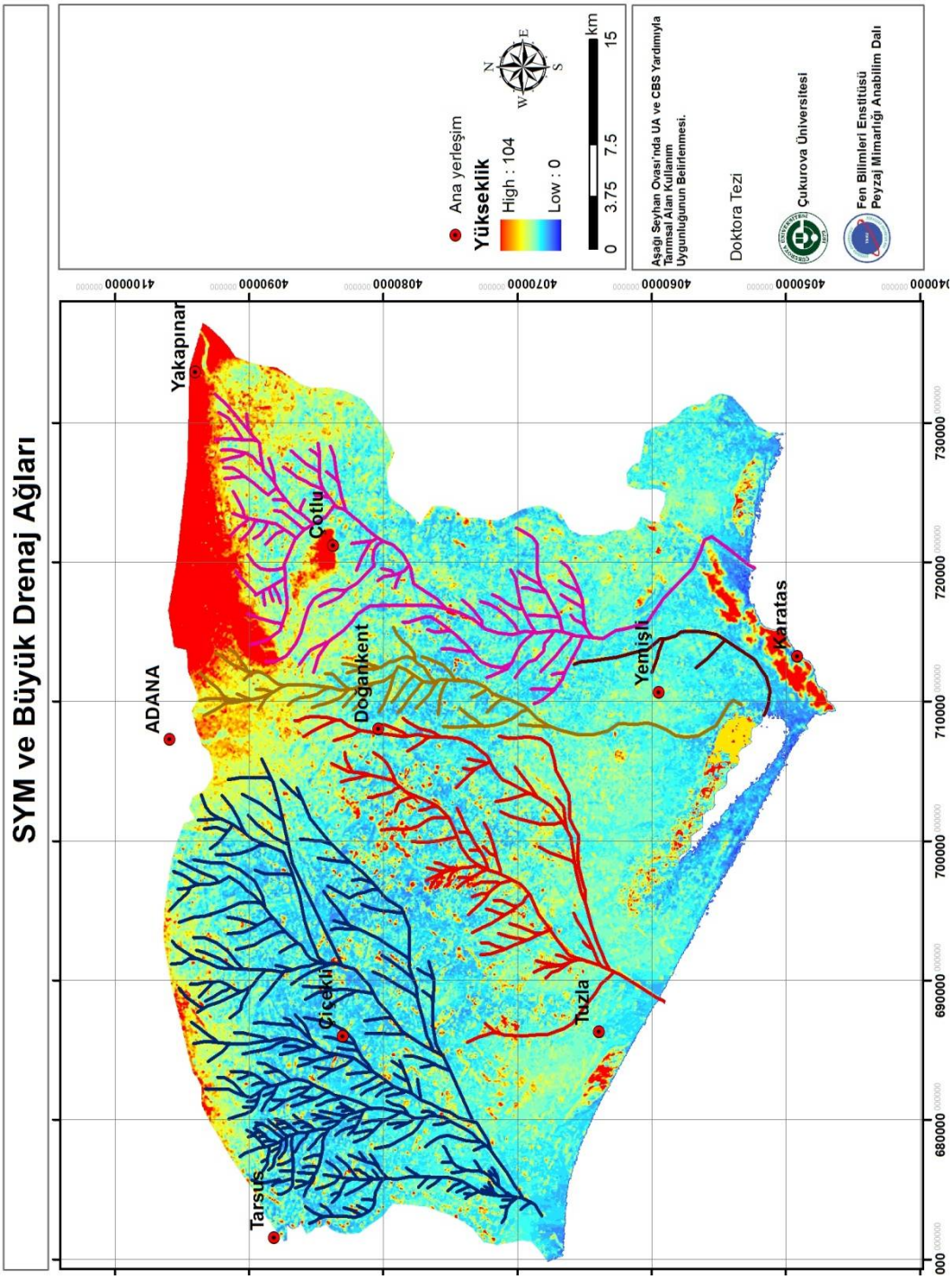
Seri Adı	Kum	Silt	Kil	Toplam porozite	Hacim	pH	Toplam Derinlik	Toplam Alan
	%				gr/cm^3		mm	ha
İncirlik	61	25	14	42	1.52	7.6	1500	15046
Arıklı	6	32	62	48	1.36	7.6	1500	52157
İnnaplı	23	23	54	43	1.44	7.3	1400	2844
Pekmez	7	38	55	40	1.53	7.9	1200	1418
Arpacı	9	38	53	43	1.46	7.7	1100	22965
Çanakçı	25	47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

3.1.3.3. Sayısal Yükseklik Modeli ve Drenaj Ağları Verileri

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, sterio görüntü alabilen (en az %60 çakışmalı) uzaktan algılama araçları kullanılarak veya radar görüntülerinden doğrudan grid formatında temin edilebilir.

Bu çalışma kapsamında kullanılan SYM, sterio görüntü alabilen ASTER uydu verisinden elde edilmiştir. Bu veri 30m yersel çözünürlüğe sahiptir. Çalışma alanındaki, drenaj miktarı ve akış yönlerinin saptanmasında ArcSWAT ara yüzünde girdi verisi olarak kullanılmıştır (Şekil 3.13).

ArcSWAT modelinin kullanılması için bir diğer girdi verisi ise drenaj ağları verisidir. Bu drenaj sistemlerinin, modelin düzgün çalışması için arazi topografyasıyla uyumlu olması istenir. Eğer uyumlu değilse, bazı drenaj hatları uyumlaştırılarak kullanılır. Bu veri ICCAP, (2007)'den alınmıştır. Sadece, alandaki mevcut ana drenaj hatları ve büyük kollarını içermektedir. Küçük drenaj kanallarını içermemektedir. Bu drenaj sistemlerine göre alandaki fazla su 5 farklı noktadan tahliye edilmektedir. Bu noktaların 2'si doğrudan Akdeniz'e, 2'si Akyatan Lagünü'ne ve 1 tanesi de Akdeniz'e yakın bir yerde Seyhan Nehrine bağlanmaktadır (Şekil 3.13).

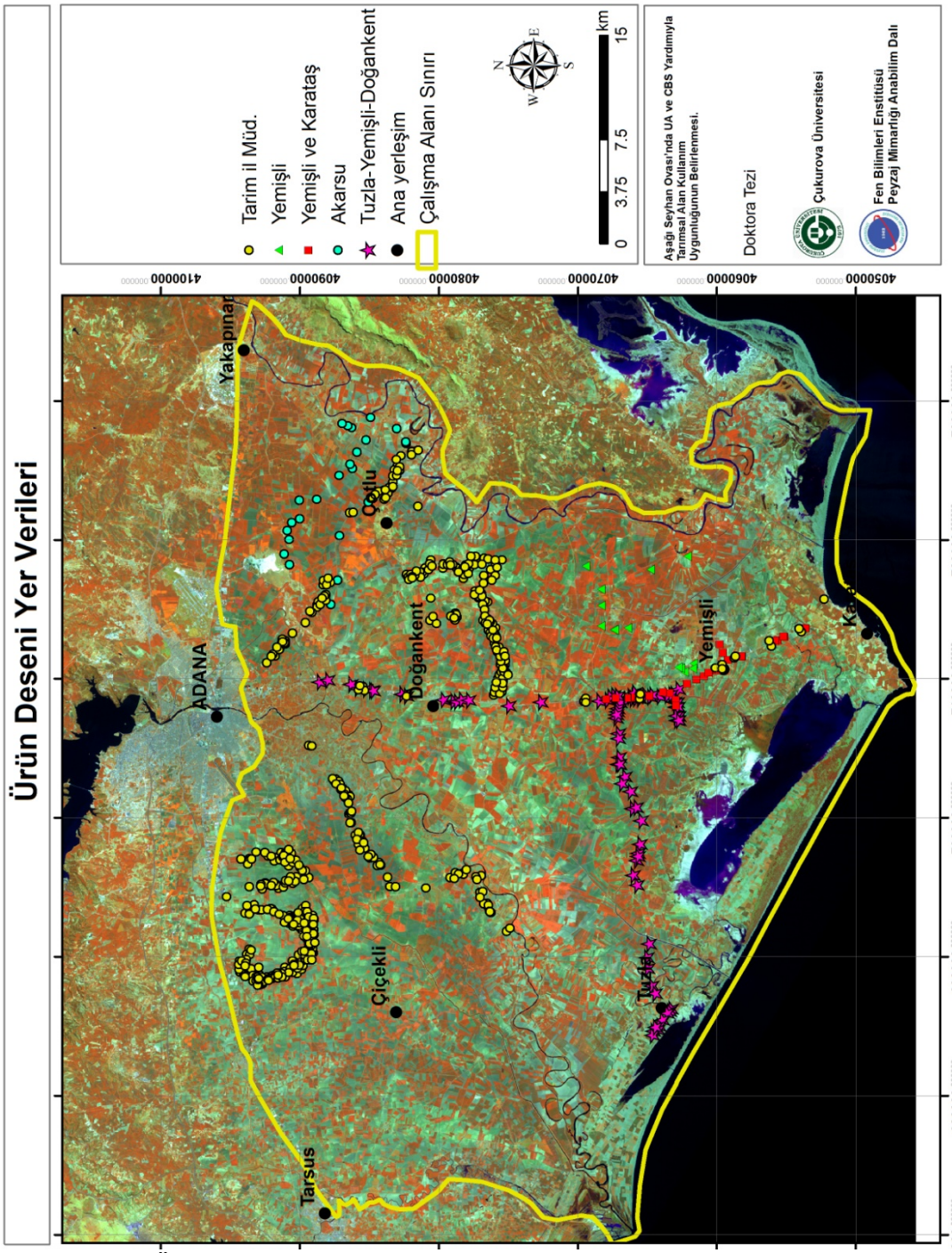


Şekil 3.13. Çalışma alanının SYM' si ve Düzenlenmiş Büyük Drenaj Ağları (ICCAP 2007).

3.1.3.4. Yer Gerçeği Verileri

Yer gerçeği verileri iki kategoride toplanmıştır. Bunlardan ilki, parsel tabanlı ürün deseninin haritalanması ve doğruluk analizlerinin yapılmasında, diğeri ise buğday, mısır ve pamuk hasat verilerinin çiftçi mülakatları yapılarak parsel tabanlı toplanması ve yapılan hasat tahmin modellerinin geliştirilmesi ve doğrulanmasında kullanılmıştır.

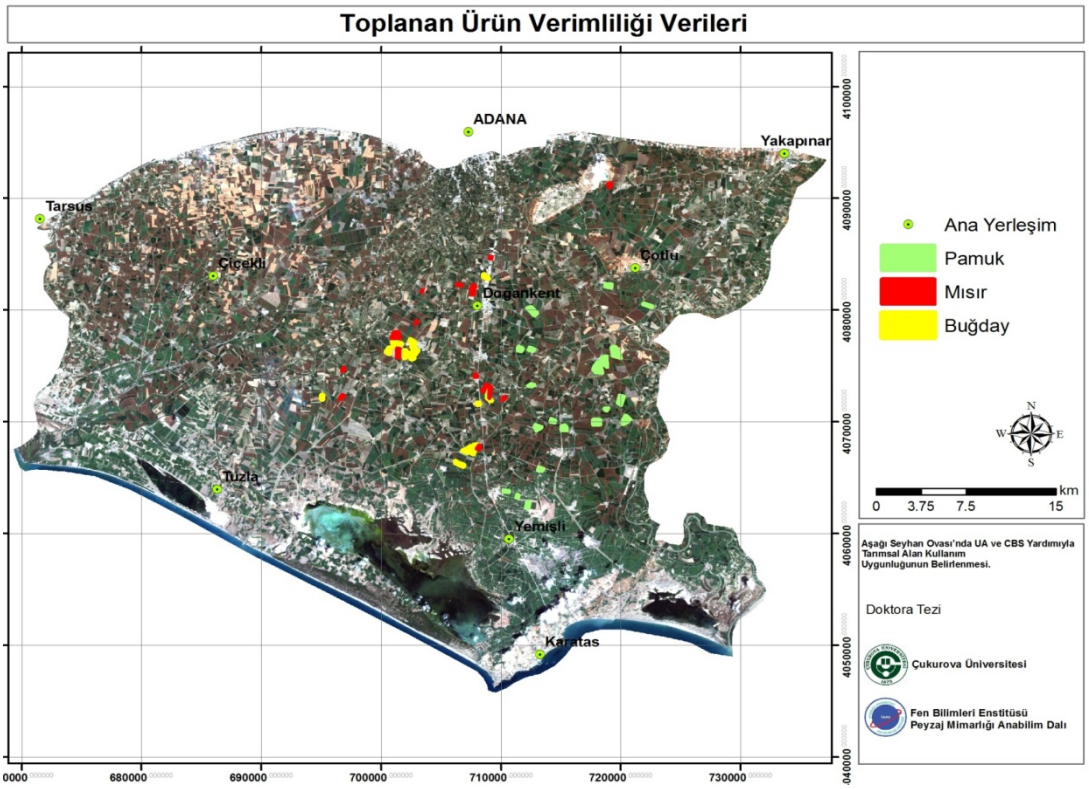
Ürün deseni verileri: ASO'ındaki ürün deseni verileri 2010 ve 2011 yılları için düzenli olarak yazlık ve kışlık ürün zamanları dikkate alınarak toplanmıştır (Şatır, 2012). Bu kapsamda yazlık ürün deseninin tahmini ve doğruluğu için haziran ve ağustos aylarında, özellikle mısır, pamuk, soya, yer fıstığı ve karpuz verileri, kışlık ürün deseni için ise mart-nisan aylarında, buğday, patates ve soğan verilerinin toplanması için çalışmalar yapılmıştır. Arazide GPS yardımıyla toplanan nokta verilerinin yanı sıra Tarım İl Müdürlüğü' nden de tarımsal teşviklerin verilmesinde kullanılan ürün deseni verilerinin bir kısmı alınmıştır. Çalışma alanındaki ürün deseninin dağılımına uygun olarak tüm çalışma boyunca yıllık ortalama 700 parselden veri toplanmıştır. Bu verilerin dağılımı, toplandığı bölgeler ve Tarım İl Müdürlüğü'nden alınan veriler Şekil 3.14'de detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 3.14. Ürün deseni haritalanması ve doğrulanmasında kullanılan verilerin dağılımı.

Hasat Verileri ve Özellikleri: Tez çalışması süresince, 2010 ve 2011 yıllarında tarımsal ürün verimliliğinin belirlenmesine yönelik veri toplanmıştır. 2010 yılı içerisinde, farklı yöntemlerin ürün verimliliğinin tespit edilmesindeki başarı oranlarını belirlemek için sadece buğday ürünü temel alınarak verimlilik tahminleri yapılmıştır. 2011 yılında ise 2010 yılında belirlenen en başarılı yöntem, ASO bölgesindeki 3 baskın ürüne yaygınlaştırılmıştır. Bu kapsamda, buğday, mısır ve pamuk verimlilikleri, doğrudan tarla sahipleriyle yapılan mülakatlar sonucunda, yüksek yersel çözünürlüklü hava fotoğrafları üzerinde belirlenerek, sayısallaştırılmıştır.

2010 yılı içerisinde toplamda 35 buğday parselinden verim verisi alınırken, 2011 yılında 32 buğday, 32 mısır ve 45 pamuk parselinden verim bilgisi alınmıştır (Şekil 3.15). Bu veriler kg/da cinsinden parsel tabanlı olarak elde edilmiştir. Veriler toplanırken düşük ve yüksek verim alınan bölgelerden homojen olarak veri alınmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 3.15. Toplanan ürün verimliliği verilerinin dağılımları

3.1.3.5. Narenci Bilgi Sistemi (NARBİS) Verileri ve Özellikleri

Aşağı Seyhan Ovası'nda gerçekleştirilen 2 farklı proje sonucunda, tüm ovaya ait narenciye alanları, türleri, cinsleri, yaşları, ağaç sayıları, don risk düzeyleri belirlenerek CBS tabanlı bir bilgi sistemi içerisinde toplanmıştır (Çetinkaya, 2010, ÇKA, 2011).

NARBİS yapısı içerisinde çalışma alanındaki birçok narenciye alanını görmek mümkündür. Bu sistem en son 2012 yılında güncellenmiş ve bu tez çalışmasında kullanılan son halini almıştır (Şekil 3.16).

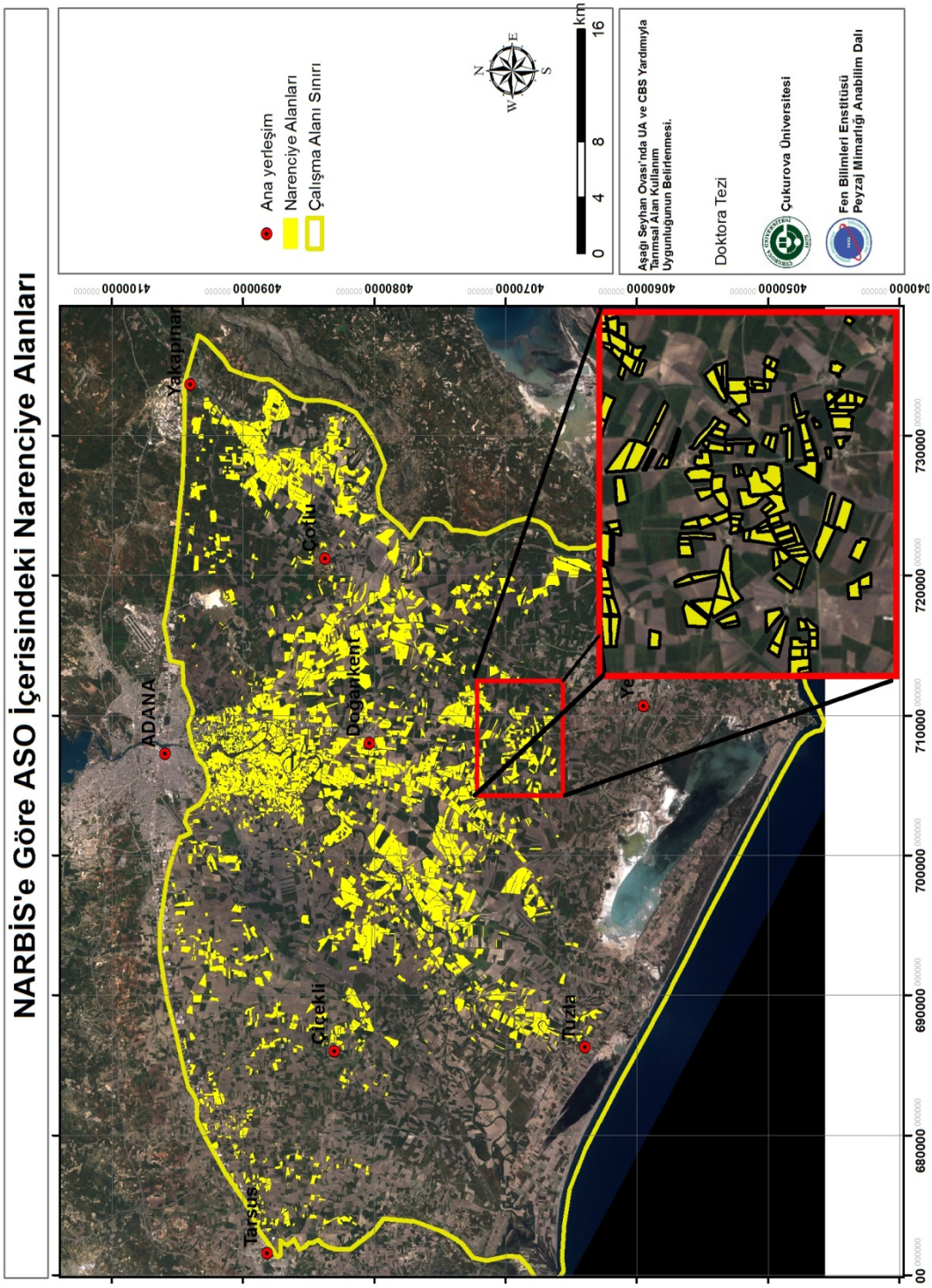
Çalışma alanındaki narenciyelerin belirlenmesi, diğer tarım ürünleri, yol kenarı ağaçları, ormanlık alanlar ve diğer dikili meyve ağaçlarıyla karışmaktadır. Bölgedeki baskın tarım ürünlerinden biriside narenciye üretimi olduğundan, çeşit bazında verilerin olduğu bilgi sistemi, özellikle ekonomik girdilerin hesaplanmasında ve tarımsal ürün seçiminde önceliklerin belirlenmesinde önemlidir (Şekil 3.17).

Attributes of doktoraalan

FID	Shape *	Tur1	Tur2	Tur3	Tur4	Tur	Tu	Yas	Anac	Sulama	Aciklama	icerik	Alan	Cins1	oC	dikim	ID	agac
0	Polygon	Washington						35	Turunc	Salma		Saf	4.84017	Portakal	-1.8272		0	0
1	Polygon	Washington	Satsuma	Klemantin				35	Turunc	Salma		Karisik	2.31099	Portakal-Mandarin	-1.4639		1	0
2	Polygon	Washington	Klemantin	Okitsu				35	Turunc	Salma		Karisik	3.18976	Portakal-Mandarin	-1.4639		2	0
3	Polygon	Washington						35	Turunc	Salma	30-40 yaş	Saf	1.42729	Portakal	-2.1386		3	250
4	Polygon	Washington						35	Turunc	Salma		Karisik	0.255734	Portakal-Mandarin	-1.4639		4	100
5	Polygon	Washington	Seftali					8	Turunc	Salma		Karisik	0.505824	Portakal	-2.6749		5	100
6	Polygon	Washington	Seftali					8	Turunc	Salma		Karisik	0.485378	Portakal	-2.6749		6	80
7	Polygon	Washington						18	Turunc	Salma		Saf	1.9935	Portakal	-2.5711	6,5*7	7	430
8	Polygon	Washington						15	Turunc	Salma		Saf	1.93245	Portakal	-2.5711	6,5*7	8	600
9	Polygon	Washington	Seftali					19	Turunc	Salma		Karisik	0.514727	Portakal	-2.45	3*3,5	9	0
10	Polygon	Washington						25	Turunc	Salma		Saf	4.20466	Portakal	-2.45	7*7	10	800
11	Polygon	Washington	Seftali					25	Turunc	Salma		Karisik	2.55455	Portakal	-2.45	4,5*6	11	0
12	Polygon	Washington	Seftali					20	Turunc	Salma		Karisik	2.05121	Portakal	-2.45	4,5*5	12	300
13	Polygon	Washington						20	Turunc	Salma		Saf	1.90254	Portakal	-2.45	6,5*7	13	400
14	Polygon	Washington	Star ruby					20	Turunc	Salma		Karisik	3.54349	Portakal-Altintop	-2.45	6,5*7	14	700
15	Polygon	Washington						22	Turunc	Salma		Saf	2.6044	Portakal	-2.5711	6*6	19	700
16	Polygon	Washington						22	Turunc	Salma		Karisik	0.632875	Portakal-Mandarin	-2.5711	6*6	20	100
17	Polygon	Washington						20	Turunc	Salma		Saf	0.764499	Portakal	-2.5711	5,5*6	21	200
18	Polygon	Washington						22	Turunc	Salma		Saf	4.01186	Portakal	-2.5711	7*7,5	22	1000
19	Polygon	Washington						22	Turunc	Salma		Saf	0.558551	Portakal	-2.6749	3,5*6	23	60
20	Polygon	Washington						25	Turunc	Salma		Saf	1.10137	Portakal	-2.6749	6*7	24	170
21	Polygon	Okitsu						6	Turunc	Salma	Seftali 800 adet	Saf	4.23743	Mandarin	-2.6749	5,5*6,5	25	800
22	Polygon	Washington						25	Turunc	Salma		Saf	1.35417	Portakal	-2.6749	7*7	26	150
23	Polygon	Washington						20	Turunc	Salma		Saf	2.33696	Portakal	-2.5711	7*7	27	300
24	Polygon	Washington						15	Turunc	Salma		Saf	1.05838	Portakal	-2.5711	6*7	28	200
25	Polygon	Washington						20	Turunc	Salma		Saf	2.11867	Portakal	-2.5711	7*7	29	300
26	Polygon	Washington						18	Turunc	Salma		Saf	1.86242	Portakal	-2.5711	4,5*7	30	250
27	Polygon	Washington						12	Turunc	Salma		Saf	3.09903	Portakal	-2.5711	5,5*6	31	650
28	Polygon	Washington						25	Turunc	Salma		Saf	1.09829	Portakal	-2.5711	6*7	32	150

Record: 1 Show: All Selected Records (0 out of 20203 Selected) Options

Şekil 3.16. NARBİS öz nitelik tablosu örneği.



Şekil 3.17. ASO içerisindeki narenciye alanları

3.1.4. İklim Verileri

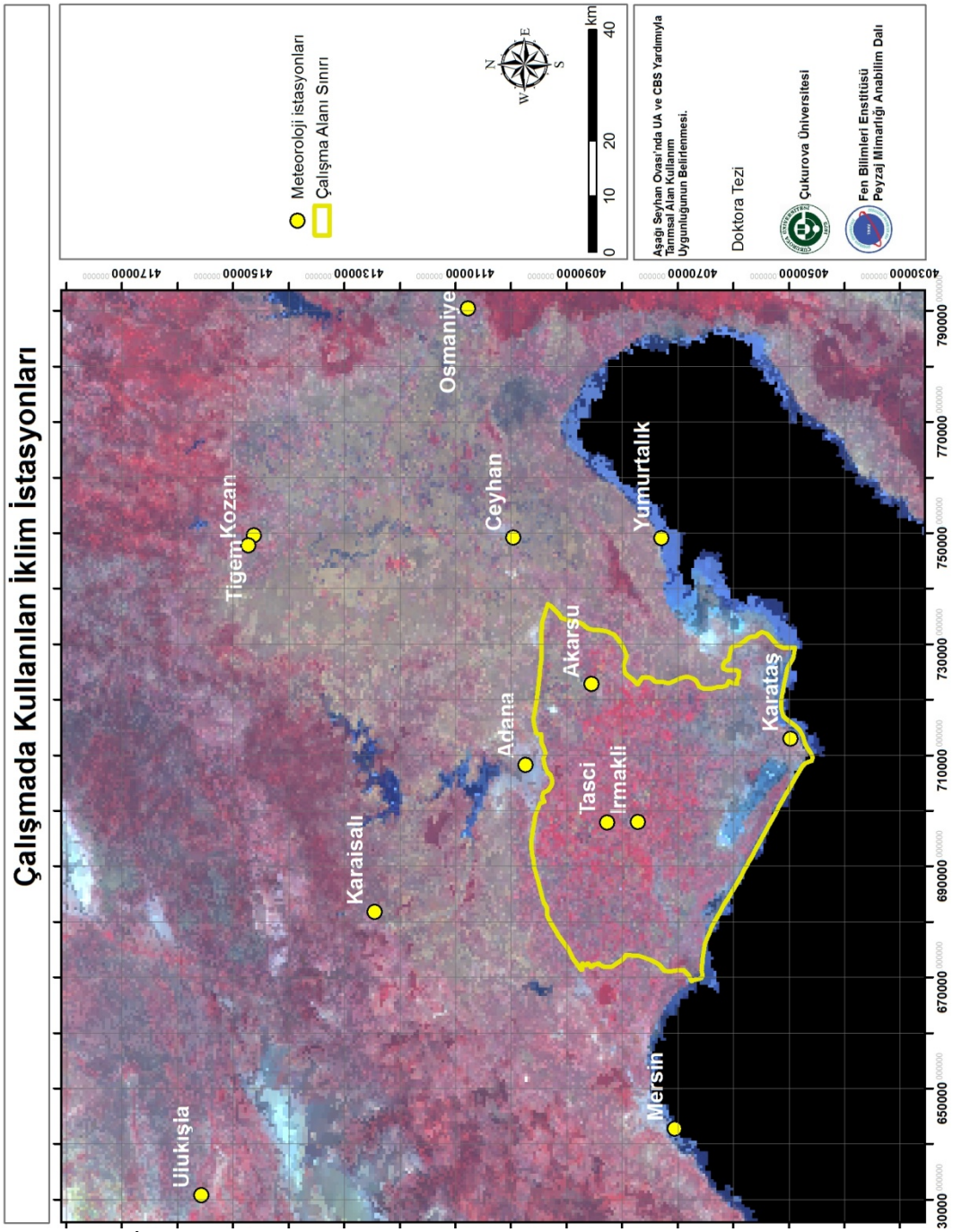
Çalışma alanı ve çevresinde bulunan 13 adet iklim istasyonundan alınan veriler iki temel amaç için kullanılmıştır. Bunlar, iklimsel değişkenlerin ürün verimliliği üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ve verimlilik tahminidir. Diğeri ise ArcSWAT arayüzü yardımıyla drenaja karışan $NO_3 - N$ miktarının belirlenmesidir.

Kullanılan 13 istasyonun 10 tanesi Devlet Meteoroloji İşlerine (DMİ), 2 tanesi Gazi Sulama Birliği üyesi çiftçilere ve 1 tanesi de Akarsu Bölgesi'nde tamamlanan Qualiwater ve TÜBİTAK projelerine aittir (Qualiwater projesi sonuç raporu, 2010; Çetin ve ark., 2012a) aittir (Şekil 3.18).

Aylık maksimum sıcaklık ortalamaları, aylık minimum sıcaklık ortalamaları, aylık toplam yağış miktarları, aylık toplam solar radyasyon ve aylık ortalama sıcaklık değerleri ürün verimliliğinin tespiti ve iklim veriyle olan ilişkilerinin saptanmasında kullanılmak için ilgili tarımsal ürünlerin yetiştirildiği dönemler dikkate alınarak geo-istatistiksel intepolasyon yöntemleriyle haritalanmıştır.

ArcSWAT arayüzüne girdi verisi olarak kullanılan iklim verileri ise çalışma alanının içerisine düşen iklim istasyonlarından elde edilmiştir ve günlük veri formatında kullanılmıştır. Bunlar, günlük toplam yağış, günlük maksimum sıcaklık, günlük minimum sıcaklık, günlük toplam yağışın standart sapması, yağışlı gün sayısı, yağışlı gün sonrası kurak gün sayısı, kurak gün sonrası yağışlı gün sayısı, günlük rüzgar hızı, günlük oransal nem miktarı verileridir. Bu veriler özellikle ovadaki hidrolojik değişkenlere dayalı olarak farklılaşan azot döngüsünü hesaplamakta kullanılmıştır.

Bölgede bulunan ve güncel kayıt yapabilen tüm iklim istasyonları kullanılmıştır. Yakın çevresindeki iklim istasyonlarının dağılımları belirlenirken farklı yüksekliklerdeki istasyonlar olmasına dikkat edilmiştir. Bunun nedeni geo-istatisksel analizlerle haritaların oluşturulmasında yükseklik etkisinin doğru hesaplanmasını sağlamaktır. İstasyonların isimleri ve dağılımları Şekil 3.18'de detaylı olarak görülmektedir.



Şekil 3.18. İklim istasyonlarının isim ve konumları.

3.1.5. Tarımsal Ekonomi Verileri

Çalışma alanındaki tarımsal ekonomik girdilerin analiz edilmesi ve çiftçilerin tarım eğilimlerinin belirlenmesi için fayda-maliyet analizlerinin yapılması gereklidir. Bu kapsamda, her bir tarım ürününe ait 2011 yılı tarım maliyetleri, TAGEM Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü'nden Adana Bölgesi için elde edilmiştir. Tez kapsamında, havzanın %85'ini oluşturan buğday, mısır, pamuk ve narenciye ürünlerinin, enstitünün yıllık olarak yaptığı çiftçi araştırmalarıyla belirlediği dönüm başına ortalama maliyetleri, Çukurova Bölgesi için kullanılmıştır.

Hazırlanan maliyet-gelir çizelgelerinde, devletin verdiği ekim ve teşvik gelirleri hariçtir. Bu gelirler, ayrıca 24 Şubat 2011 tarihli ve 27856 sayılı resmi gazetede yayınlanan 2011 yılında yapılacak tarımsal desteklere ilişkin karar kapsamında hesaplanmıştır.

Toplam maliyetler hesaplanırken, ortalama maliyet değerleri temel alınmaktadır. Bu kapsamda, maliyet başlıklarını 9 farklı kategori altında toplamak mümkündür. Bunlar; toprak hazırlığı, ekim, gübreleme, ilaçlama, sulama, bakım, hasat ve pazarlama, diğer değişen masraflar ve toplam sabit masraflardır.

Toprak hazırlığı: Bütün toprak işleme masraflarını, gübreleme işçiliği, sulama işçiliği varsa ilaçlama işçiliği masraflarını içerir.

Ekim masrafları: Tohum bedeli, ekim işçiliği ve taban gübresi masraflarını içerir.

Gübreleme: Ekim sonrası yapılan gübreleme işçiliği ve gübre masraflarını içerir.

İlaçlama: Ekim sonrası ilaçlama masrafları ve işçiliğini içerir.

Sulama: Sulama hazırlığı, sulama işçiliği, su ücreti, elektrik ve mazot masraflarını içerir.

Bakım: Çapalama, boğaz doldurma, seyreltme, ot temizliği gibi bakım işleriyle ilgili masrafları içerir.

Hasat ve pazarlama: Hasat ve harman, ambara taşıma, pazarlama ve pazara taşıma masraflarını içerir.

Diğer değişen masraflar: Alet ve makine tamir bakımı (traktör yağ değişimleri vb…), bekçi ve sermaye faizi masraflarını içerir.

Toplam sabit masraflar: Tarla kirası, genel idari giderler ve ürün sigortası masraflarını içerir. 2011 yılı Adana ili için maliyet çizelgeleri buğday, mısır, pamuk ve narenciye cinsleri için aşağıdaki Çizelge 3.6'de detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 3.6. 2011 yılı tarımsal ürün yetiştirme giderleri (da/TL) (TAGEM 2011).

İşlemler	**Buğday**	**Mısır**	**Pamuk**	**Limon**	**Mandarin**	**Portakal**	**Altıntop**
Toprak hazırlığı	59.78	109.95	111.06				
Ekim	43.59	53.25	27.02				
Gübreleme	45.85	46.55	70.8	148.64	134.4	133.7	172.05
İlaçlama	20.91	21.1	67.45	154.68	176.48	162.15	195.38
Sulama	2	68.16	57.05	105.45	106.8	93.1	97.95
Bakım		10.45	55.09	147	128.5	130.5	115.7
Hasat ve pazarlama	16.45	30.23	79.4		10		
Diğer değişen masraflar	17	29	40.74	81.01	66.95	96.5	71.8
Sabit masraflar	73	178.06	177.25	574.04	633.69	610.97	615.83
Toplam	278.58	546.75	685.86	1210	1256.82	1226.92	1268.71

Bu tez çalışmasında, maliyet verileri, tarımsal alan kullanım uygunluğunun hesaplanmasında, ürünlerin uygunluk derecelerine göre yetişme bölgeleri belirlenirken, ekonomik ve sürdürülebilir senaryolar altındaki uygulamalarda ürün önceliklerinin belirlenmesi için kullanılmıştır.

3.1.6. Tarımsal Yönetim, Gübreleme ve Sulama Verileri

Tarımsal yönetim verileri; ürün zamanları, sulama ve gübreleme işlemleri ve zamanları, ürün döngüsü, hasat zamanı ürün nem miktarı, hasat zamanı kök/gövde oranı ve hasat indeksi verilerinden oluşmaktadır.

Çalışma alanındaki dönemsel tarım ürünlerinin ekim ve hasat zamanları, verimlilik analizlerinde, tarımsal ürün deseninin haritalanmasında ve tarımsal ürüne yönelik uygun alanların seçilmesinde belirleyicidir. Bu veriler, doğrudan arazi

çalışmalarından, hasat verilerinin toplandığı alanlarda çiftçilerle yapılan mülakatlardan elde edilmiştir.

Gübreleme ve sulama verileri ise bölgede yapılan, yakın tarihli çalışmalardan elde edilmiştir. Gübreleme verileri Karnez, (2010) ve Çetin ve ark. (2012a)'den tez alanı içerisindeki Akarsu Bölgesi'nde yapılan çalışmalardan alınmıştır (Çizelge 3.7.).

Çizelge 3.7. Çalışmada kullanılan gübreleme verileri (Karnez, 2010; Çetin ve ark. 2012a).

Bitki Türü	**Uygulanan Gübre Miktarı***	**Uygulama Zamanı***	**Gübre Çeşidi***
	kg N/ha		
Buğday	65	Ekimle	18.46
			20.20.0**
			15.15.15
	65	Kardeşlenme	NH_4NO_3**
			Üre
	65	Sapa kalkma	NH_4NO_3**
Toplam	195		
1.ürün mısır	170	Ekimle	18.46
			20.20.0**
			15.15.15
	170	7-8 yaprak	NH_4NO_3**
			Üre
Toplam	340		
2.ürün mısır	162.5	Ekimle	18.46
			20.20.0**
			15.15.15
	162.5	7-8 yaprak	NH_4NO_3**
			Üre
Toplam	325		
Bostan	43.3	Ekimle	NH_4SO_4
			20.20.0**
			18.46
	43.3	Kol atma	NH_4SO_4**
			20.20.0
			18.46
	43.3	Meyve Büyüme	NH_4SO_4
			20.20.0**
			18.46
Toplam	129.9		
Pamuk	116	Ekimle	NH_4SO_4**
			20.20.0

Çizelge 3.7. Devamı

			18.46
	116	Çiçeklenme	NH_4NO_3**
Toplam	232		
Sebzeler	55.5	Ekimle	NH_4SO_4
			20.20.0**
			18.46
	55.5	Çiçeklenme	NH_4NO_3
Toplam	110		
Narenciye	180	Damla sulama ile beraber	NH_4NO_3**
			Üre
			NH_4SO_4
Toplam	180		
Diğerleri	33.3	Ekimle	NH_4SO_4
			20.20.0**
			18.46
	33.3	1. ay sonunda	NH_4SO_4**
			20.20.0
			18.46
	33.3	Baş oluşturma	NH_4SO_4
			20.20.0**
			18.46
Toplam	100		

* Uygulanan gübre miktarı ve gübre çeşitleri çiftçilerle yapılan anketler sonucunda elde edilmiştir.
** ArcSWAT modelinde ana gübreleme değişkeni olarak girilmiştir.

Tez çalışmasında kullanılan sulama verileri, Cavero ve ark. (2011)'de yapılan ve Akarsu Bölgesi'ndeki çalışmada kullanılan toplam sulama verilerinden elde edilmiştir (Çizelge 3.8). Bu kapsamda, narenci alanlarının tamamının damla sulama ile sulandığı varsayılmıştır.

Çizelge 3.8. Ana ürün tipleri ve toplam sulama miktarları (Cavero ve ark. 2011)

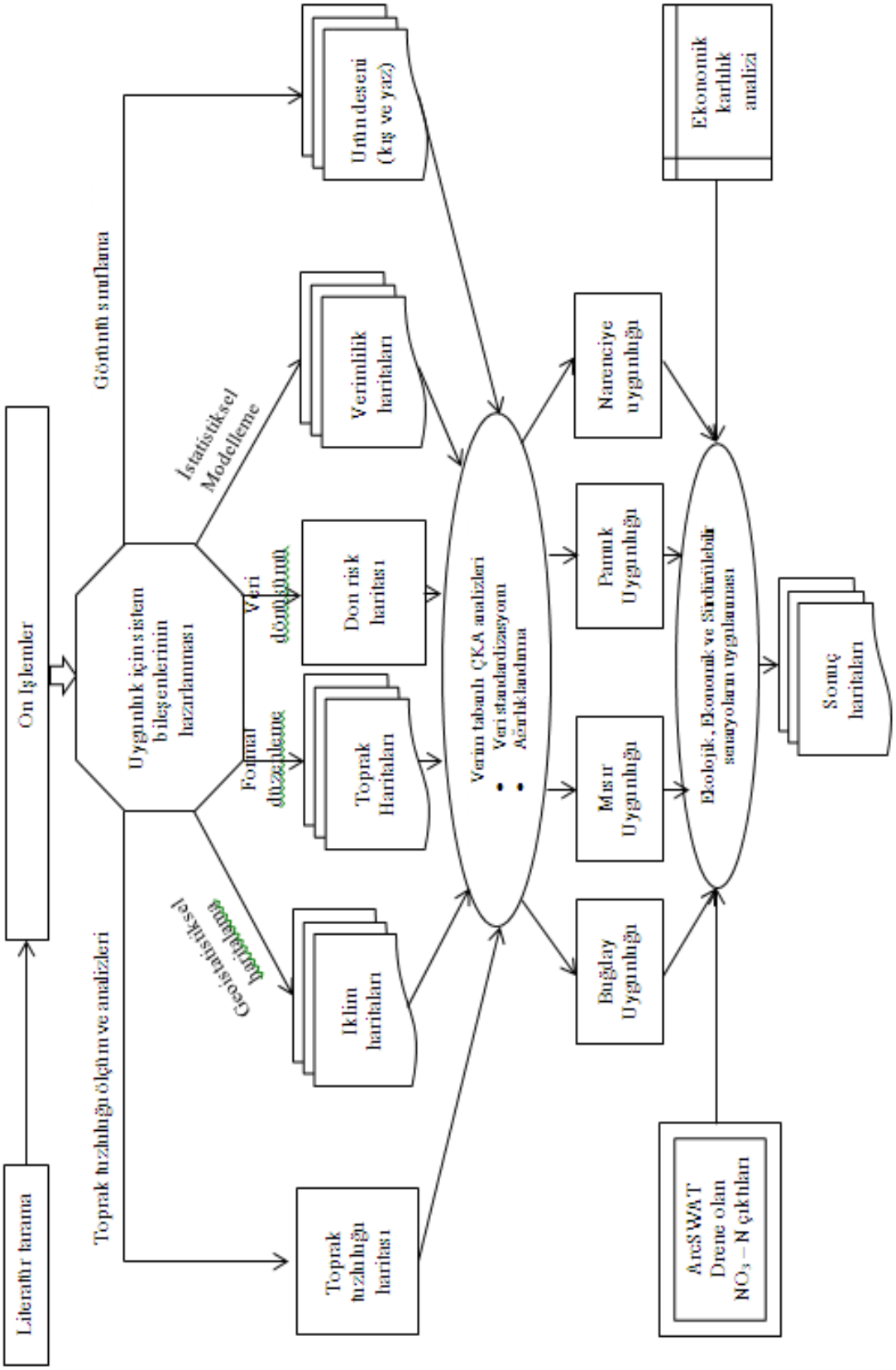
Ürün	Sulama miktarı (mm)
Narenciye	Damla sulama ile ideal oranda
Mısır	870
Bostan	760
Pamuk	695
2. ürün mısır	460
Buğday	0

3.2. Yöntem

Çalışma 5 temel aşamadan oluşmaktadır. Bu süreçlerin her birisinde farklı yöntemler ve analizler vardır. Bunlar: i) Uzaktan algılanmış verilerin ön işlemleri, ii) Tarımsal peyzajın uygunluk analizleri için sistem bileşenlerinin hazırlanması, iii) Drenaj yoluyla toprak ekosisteminden su ekosistemine karışan NO_3 – N miktarının belirlenmesi iv) Çok kriterli analiz yönteminin uygulanması ve Analitik hiyerarşi süreci, v) farklı yönetim senaryolarının tanımlanması ve uygulanmasıdır.

Bu kapsamda, ön işlemlerden geçirilen uzaktan algılanmış veriler, tarımsal ürün deseninin belirlenmesi, verimin tahmini, tuzluluk tahmini, yüzey sıcaklığının belirlenmesi gibi birçok analizde kullanılmıştır. Bu analizlere ek olarak, iklim verileri, toprak verileri ve yönetsel veriler, geo-istatistiksel yöntemlerle elde edilen haritalar ve gübreleme miktarı, sulama miktarı, ürün zamanları gibi veriler, ürün yetişme koşullarına göre, uygun alanların belirlenmesinde kullanılmıştır.

Çalışma alanının %85'ini kapsayan ve verime dayalı uygun yetişme koşulları tespit edilen buğday, mısır, pamuk ve narenciye ürünlerinin, ekonomik kar-zarar hesaplamaları, ekonomik senaryonun geliştirilmesinde kullanılmıştır. ArcSWAT tarafından modellenen drene olan NO_3 – N miktarı, gübreleme sonucunda kirleticilerin belirlenmesinde gösterge olarak doğa koruma temelli (ekolojik) senaryonun oluşturulmasında kullanılmıştır. Ülkesel mevcut tarım sistemi, ekonomi ve ekosistem dengeleri göz önüne alınarak da sürdürülebilir tarımsal uygunluk senaryoları geliştirilmiştir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Yöntem genel akış şeması (ArcSWAT akış sistemi dahil edilmemiştir)

3.2.1. Uzaktan Algılama Verilerinin Ön İşleme Süreci

Uydu verilerinin ön işlemleri temelde, geometrik düzeltme, atmosferik düzeltme ve radyometrik düzeltme işlemlerini içerir. Bunlara ek olarak, topografik düzeltme ve noise (kirlilik) etkisinin giderilmesi de gerekli durumlarda uygulanmaktadır. Tez çalışması kapsamında, CHRIS, Landsat ve MODIS LST verileri, kullanım amaçları doğrultusunda ön işlemlerden geçirilmiştir.

3.2.1.1. CHRIS PROBA Verisi Ön İşleme Süreci

CHRIS hiperspektral uydu verileri alındıktan sonra bir kısım ön işlemlerden geçirilmeden kullanılamamaktadır. Bu kapsamda, 3 farklı ön işlem gerektirmektedir. Öncelikle, noise etkisinin giderilmesi gerekmektedir. Noise etkisi uydunun algılayıcısından kaynaklanan ve her uydu verisinde farklılık gösteren bir görüntü bozulmasıdır. Hyperspektral verilerde bu etki sıkça rastlanan bir sorundur. Bu sorunu gidermek için CHRIS verisine özel bir algoritma Gomez ve ark. (2008), tarafından geliştirilen algoritma kullanılmıştır. Böylece noise etkisi azaltılmıştır.

Noise etkisinin giderilmesinin ardından atmosferik düzeltme işleminin yapılması gerekmektedir. Atmosferik etki, havada bulanan toz partikülleri, sis bulutluluk ve atmosferin yoğunluğundan kaynaklanan, ışığı yansıtma ve dağıtma etkisinden dolayı görüntüdeki bozulmalardır. Bu bozuklukları gidermek için deneysel yöntemlerin yanında sabit algoritmalara dayalı yöntemlerde vardır. Atmosferik etkiler, uydudan uyduya değişim göstermez, bu sebepten bu algoritmalar her uydu verisi için belirli parametreler değişmekle birlikte aynı uygulanır. CHRIS hiperspektral verisi için Guanter ve ark. (2006), tarafından geliştirilen atmosferik düzeltme algoritması kullanılmıştır.

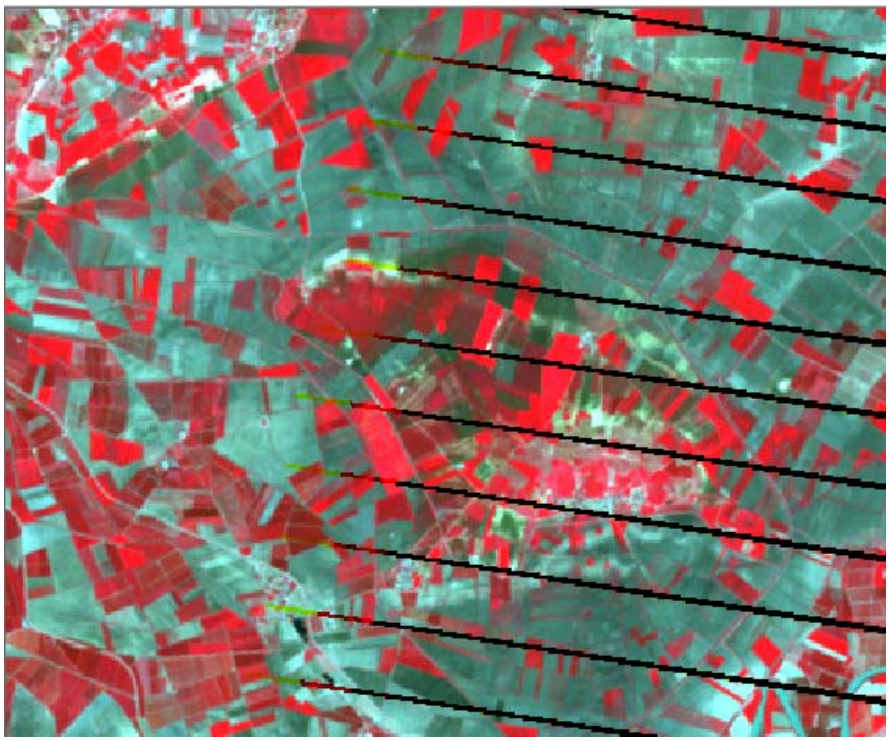
Son aşamada ise CHRIS verileri araziden alınan referans noktalarına göre geometrik olarak düzeltilmiştir. Standart mod 3 CHRIS verileri geometrik düzeltilmesi yapılmadan alınmaktadır. Bu nedenle koordinat girişi haricen

yapılmıştır. Tüm veriler UTM, WGS 84 zon 36 projeksiyon sistemine göre düzeltilmiştir.

3.2.1.2. Landsat TM/ETM Verilerinin Ön İşlemleri

Çalışmada aynı alana ait çok zamanlı Landsat veri seti kullanılmıştır. Her dönem ve her işlem kendi içerisinde bağımsız olduğundan atmosferik düzeltme yapılmamıştır. Ancak verilerin birbirleriyle örtüşmesi için geometrik düzeltme işlemleri yapılmıştır. Tüm veriler, 1 pikselden az sapma ile düzeltilmiştir.

Landsat ETM verileri 2003 yılından sonra bozulmalara uğramıştır ve verinin bir kısmında kayıt alınamamaktadır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Landsat 7 ETM'e ait bozuk görüntü örneği

Bir Landsat 7 görüntüsünün görüntü merkezine olan uzaklıkla doğru orantılı olarak bozulma artmaktadır. Merkez ve yakın çevresinde ise her hangi bir bozulma yoktur yada fark edilmeyecek düzeyde azdır.

Tez çalışmasındaki bütün Landsat veri analizleri (sınıflamalar ve verim tahminleri) parsel tabanlı yapıldığı için mevcut görüntüyü düzeltmede focal analiz yöntemi kullanılmıştır (USGS, 2012). Bu yöntem kullanıcı tarafından belirlenen kernel pencereleri kullanarak, bozuk yerlere en yakın piksellerin ortalamalarını alarak boşlukları kapatmaktadır. Bu yöntemle, çalışma alanında maksimum 3 piksel olan bozulma kısmen giderilmiştir.

3.2.1.3. MODIS LST (Land Surface Temperature) Termal Verilerinin Ön İşleme Süreci

MODIS termal verileri radyometrik ve geometrik olarak düzeltilmiştir. 2 farklı ön işlemden geçirilmesi gerekmektedir. İlk işlem, harita projeksiyonunun mevcut çalışma alanına ve diğer altlık haritalara uygun hale getirilmesidir.

Ham MODIS verilerinin bulunduğu ve ISIN (Integerized Sinusoidal) projeksiyon sistemi, sadece MODIS'e özgü bir sistemdir. Verilerin birbirleriyle koordinat uyumunu sağlamak için EOS tarafından geliştirilen bir yazılım aracılığı ile projeksiyon sistemi dönüşümü yapılmıştır. MRT (MODIS projeksiyonu yenileme aracı, Reprojection Tool) yazılımı, MODIS ile yapılacak çalışmalarda, kullanıcıya MODIS projeksiyonunu genel olarak kabul görmüş projeksiyon sistemlerine çevirmede yardımcı olması amacı ile geliştirilmiştir. Yazılım HDF (Hiyerarşik veri formatı, Hierarchical Data Format) olarak depolanan MODIS verilerini, ham-ikilik sisteme (raw-binary) veya GEOTIFF (yersel konumlandırılmış tiff görüntüsü) formatına çevirebilmektedir. Ayrıca, eğer kullanıcı arzu ederse, bu görüntülerin belirli bir bölümünü ve/veya belirli bant kombinasyonlarını seçebilmektedir.

İkinci işlem ise, orijinal MODIS termal verilerini celsius sıcaklık birimine dönüştürmektir. Mevcut orijinal veriler ölçeklendirilmiş olarak kaydedilmektedir. Bu verileri celsiusa çevirmek için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Hutchinson 2006).

$$LSTg = (LSTö * 0.02) - 273.15 \quad (3.1)$$

LSTg: Gerçek yüzey sıcaklığı C°

LSTö: Ölçeklendirilmiş yüzey sıcaklığı (orijinal veri)

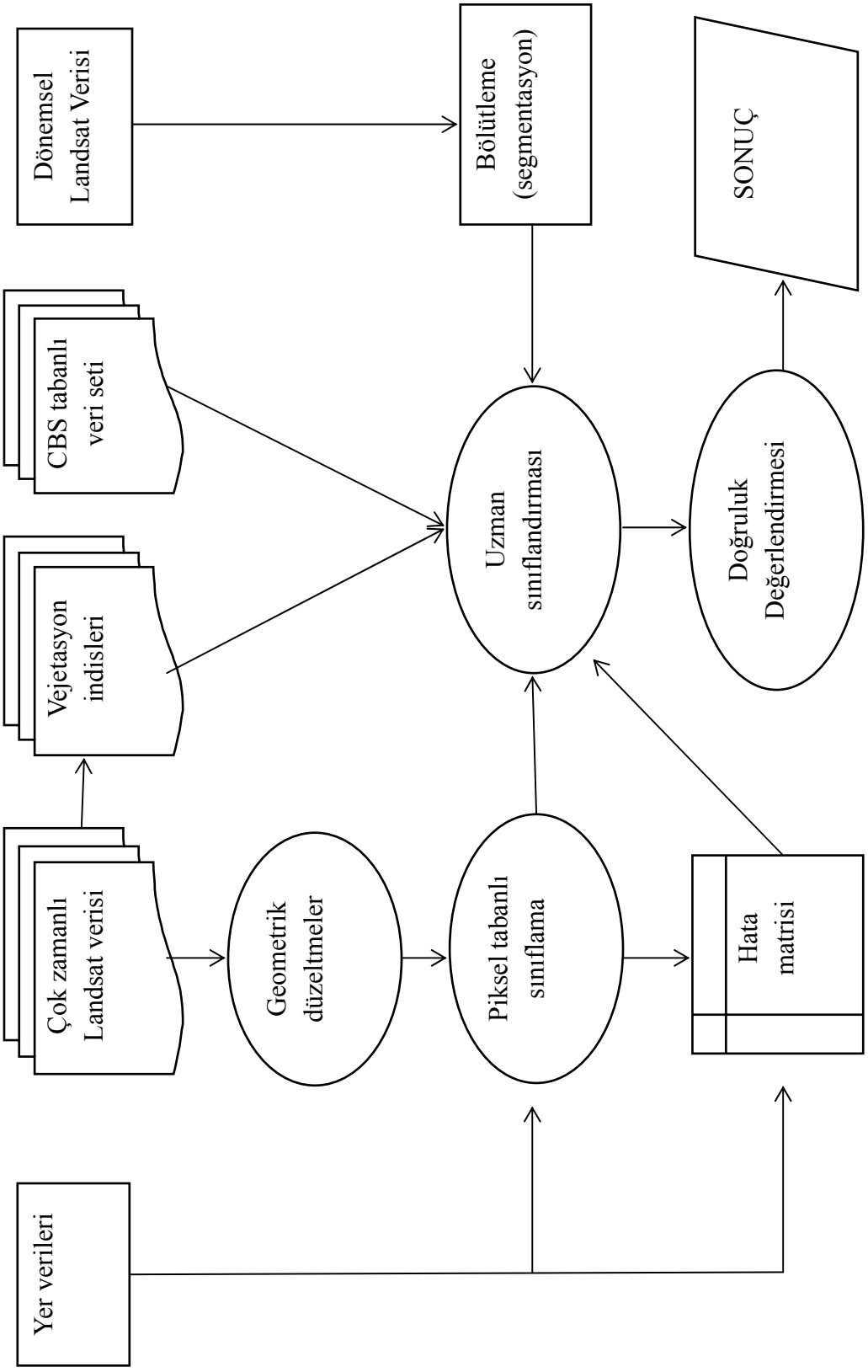
3.2.2. Tarımsal Peyzajın Uygunluk Analizleri İçin Sistem Bileşenlerinin Hazırlanması

Tarımsal alan kullanım uygunluğunun belirlenmesinde, ürün verimliliğine bağlı olarak uygunluk analizlerinin yapılabilmesi için, fiziki peyzaj etmenleri (toprak tekstürü, toprak derinliği, toprak porozitesi, topografya) bölgesel olarak tarıma etkisi olabilecek risk etkenleri (toprak tuzluluğu, don riski) ve iklimsel etkiler (sıcaklık, yağış vb…) göz önüne alınmak zorundadır. Bu kapsamda, uygun yetişme ortamı koşullarının doğru bir şekilde belirlenmiş ve birbirlerine göre ağırlıklandırılmıştır.

Tarımsal ürün deseninin ve kullanımların belirlenmesi, tarımsal ürünlerin yetişmesine doğrudan etkisi olan toprak fiziki koşullarının tanımlanması, tarımsal ürünlerin yetişmesi için kısıtlayıcılar ve toprak tuzluluğu gibi risk faktörlerinin belirlenmesi, tarımsal ürün verimliliğinin saptanması ve iklimsel yapının alansal olarak analiz edilmesi önemlidir.

3.2.2.1. Arazi Örtüsü/Kullanımı ve Tarımsal Ürün Deseninin Belirlenmesi

Arazi örtüsü ve alan kullanımlarının belirlenmesinde kontrollü sınıflama yöntemleri kullanılmıştır. Eğitim veri seti hazırlandıktan sonra, yazlık ve kışlık olarak 2010 ve 2011 yıllarına ait çok zamanlı Landsat TM/ETM verileri dönemsel olarak sınıflanmıştır. Bu sınıflamalarda, Doğrusal diskriminant analizi (DDA), uzman sınıflandırması ve obje tabanlı sınıflandırma yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Sınıflama doğruluğu uzman sınıflandırması aşamasında vejetasyon indisleri, yardımcı veri olarak kullanılarak arttırılmıştır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Görüntü sınıflaması yöntem akış şeması

İlk aşamada piksel tabanlı DDA sınıflandırıcısıyla sınıflanan veriler sonrasında hata matrisiyle karşılaştırmalı doğruluk analizleri yapılmış ve doğruluk oranları üretilmiştir. İlk kez 1936 yılında Ronald A Fisher tarafından tanımlanan DDA özellikle sınıflandırma ve diğer bir çok istatistiksel araştırmada yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Albayrak, 2006).

DDA sınıflandırıcısı doğrusal diskriminant analizi tabanlı bir görüntü sınıflama algoritmasıdır. Eğitim veri setini kullanarak her bir sınıf için destek derecesini ifade eden bir dizi doğrusal kombinasyon oluşturur. Her piksel için atanmış sınıf, tüm doğrusal kombinasyonlar denendikten sonra en fazla desteği alan sınıftır. Bu işlemde bağımsız değişkenler görüntü yansıma bantları, bağımlı değişkenler ise destek ölçüsüdür. Bu denklemler sınıflar arasındaki farkları en üst seviyeye çıkartan ve sınıfların kendi içerisindeki varyansı en aza indiren ve sınıf ayrımını keskinleştiren bir algoritmadır (Şatır, 2012).

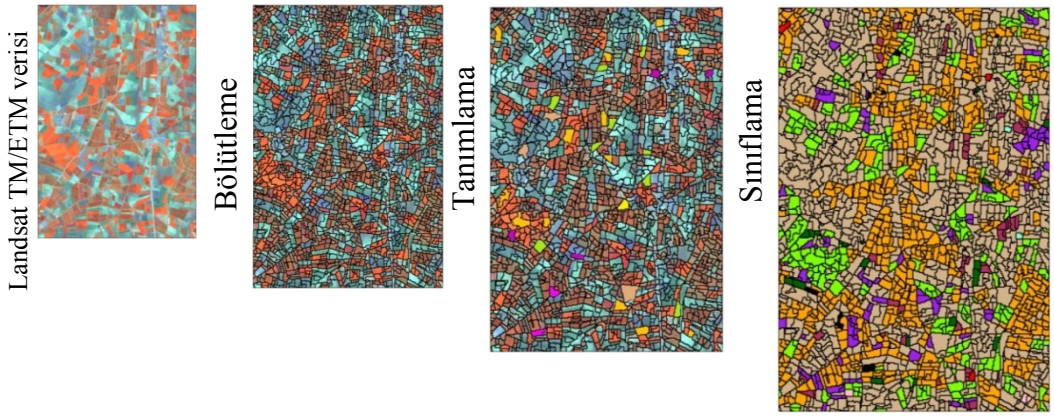
İkinci aşamada, hata oranı yüksek olan sınıflar ve karışım dağılımları belirlenerek, bunların düzeltilmesi için tanımlama dosyalarının histogramları üretilerek, birbirleriyle çok karışan sınıflar ve karışım düzeyleri ikili hata matrisi yardımıyla belirlenmiştir ve her karışan sınıfları ayırmak için uzman sınıflandırması yardımıyla hata matrisine göre eşik değerler belirlenmiştir. Karışan sınıflar uzman sınıflandırmasıyla birbirlerinden ayrılarak hatalı sınıflanan arazi kullanımları ve örtü tiplerinin doğrulukları arttırılmıştır.

İkili hata matrisi çok yaygın olarak kullanılan bir doğrulama yöntemidir (Çizelge 3.9). Hatalı ve doğru sınıflanan referans noktalarını ve hangi sınıflarla karıştığını detaylı olarak görmeye imkan tanımaktadır (Foody, 2002).

Çizelge 3.9. Hata matrisi doğruluk analizi örneği (Şatır, 2012)

Hata matrisi	Tarım	Orman	Su	Toplam sınıflanmış piksel	**Kullanıcı doğruluğu**
Tarım	**32**	7	1	40	32 / 40 = 80%
Orman	5	**34**	1	40	34 / 40 = 85%
Su	2	2	**36**	40	36 / 40 = 90%
Toplam kontrol noktası	39	43	38	**120**	
Üretici Doğruluğu	32 / 39 82%	34 / 43 79%	36 / 38 95%		
Genel doğruluk				Doğru pikseller / Toplam piksel = 32+34+36 / 120 = **85%**	

Üçüncü ve son aşamada ise obje tabanlı sınıflama sistemi uygulanmıştır. Çalışmada ihtiyaç duyulan ürün desenini gösteren arazi örtüsü haritaları obje tabanlı yöntem ile oluşturulmuştur. Obje tabanlı sınıflama, arazinin formunu - şeklini, yansıma özelliklerini ve tekstürü dikkate alarak komşu pikselleri anlamlı bölgeler halinde gruplandırma ve gruplandırılmış bu bölgeleri en küçük sınıflama birimine dönüştürme prensibine dayalı olan bir yöntemdir (Berberoğlu ve ark., 2000). Böylece sınıflama piksel tabanlı değil parsel tabanlı olarak gerçekleştirilmektedir. Segmentasyon işlemi (bölütleme) olarak isimlendirilen bu uygulamada istenirse çalışma için uygun olan bantlar diğer bantlara göre ağırlıklandırılabilir. Segmentasyon işlemi obje tabanlı sınıflamanın ilk ve en önemli aşamasıdır. Sınıflama aşamasında ise piksel tabanlı yöntemlerde olduğu gibi en yakın komşu yöntemi (nearest neighbour) ve diğer algoritmalar (örneğin, maksimum olabilirlik, YSA) kullanılabilmektedir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Obje tabanlı sınıflama sistemi

3.2.2.2. Toprak Tuzluluğunun Belirlenmesi

Toprak tuzluluğu ASO Bölgesi'nde bir kısıtlayıcı ve risk faktörü olarak ortaya çıkmaktadır. Belirli ürünler tuzluluğu yüksek yerlerde yetişememektedir. Richards, (1954), 25 C° hava sıcaklığında kaydedilen elektriksel iletkenlik (EC) değerlerine toprak tuzluluğuna bağlı bitki yetişme koşullarını Çizelge 3.10'deki gibi tanımlamaktadır.

Çizelge 3.10. Bitki toprak tuzluluğu töleransı genel aralıkları

Tuzluluk dS/m^2	Bitki tepkisi
0 - 2	Çoğunlukla ihmal eder
2 – 4	Bazı hassas bitkiler için kısıtlayıcıdır.
4 – 8	Birçok bitkinin gelişimi için kısıtlayıcıdır.
8 – 16	Sadece töleranslı bitkiler uygun gelişebilir
16 <	Sadece birkaç çok töleranslı bitki yetişebilir.

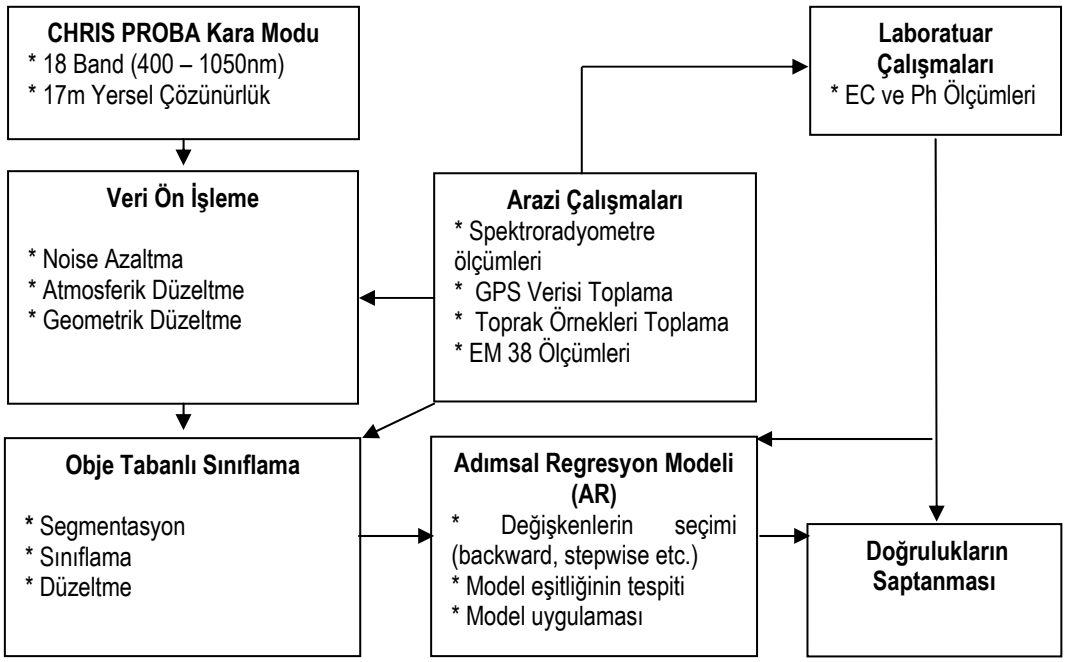
Toprak tuzluluğu dinamik bir değişkendir ve mevsimsel olarak değişebilir. Bu nedenle, bölgedeki dönemsel toprak tuzluluğunun tespit edilmesi güçtür. Sürekli bir arazi ve laboratuvar çalışmasını gerektirmektedir. Bu durum maliyetleri arttırdığı gibi zaman ve insan gücü açısında da sorunlara neden olmaktadır.

Bu sorunların giderilmesi amacıyla, tuzluluk sorunu olan ve olmayan alanları bir arada içeren Yemişli pilot alanında, 2008 - 2010 dönemleri arasında kışlık ve yazlık dönemlerde belirlenen zamanlarda CHRIS PROBA uydu verisinin geçişiyle eş zamanlı olarak arazi çalışmaları yapılmış ve alandaki toprak tuzluluğu eğilimleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda, alanda ölçülen maksimum tuzluluk zamanlarına bağlı olarak, tüm çalışma alanını kapsayacak şekilde 2010 yılında gerekli bölgelerden tuzluluk EC okumaları yapılmıştır. Böylece, alandaki maksimum tuzluluk uygun geoistatistiksel tekniklerle tespit edilmeye çalışılmıştır.

Tuzluluk okumaları EM 38 aletiyle yapılmıştır. Alet ölçümleri (ECa) sonrasında Çetin ve ark., (2012b)'de tanımlanan kalibrasyon eşitliğiyle (Eşitlik 3.2) standart toprak elektriksel iletkenliğine (ECe)'ye dönüştürülmüştür.

$$ECe_{0\text{-}1m} = 0.1965 * (ECa)^2_{t\,0\text{-}1m} + 1.0323 * ECa_{t\,0\text{-}1m} \quad (3.2)$$

Bu çerçevede, çalışma temelde 2 farklı yöntemler bütününü içermektedir. İlk yöntemde, pilot alanlardaki toprak tuzluluğu uydu geçişiyle eş zamanlı toplanan EC ölçümleriyle haritalanmıştır. Bu aşamada CHRIS PROBA hiperspekral uydu verisi kullanılmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. CHRIS PROBA verisi kullanılarak toprak tuzluluğunun belirlenmesi yöntem akış şeması

En yüksek tuzluluk oranının olduğu dönem ilk aşamada belirlendikten sonra, ikinci aşamada tüm arazi genelinde ölçümler yapılmış ve DSİ tarafından yapılan taban suyu tuzluluk ölçümleri temin edilerek yersel EC ölçümleriyle ilişkilendirilmiştir. Aradaki doğrusal ilişkiye bağlı olarak, taban suyu tuzluluk verileri toprak tuzluluğuna dönüştürülmüş ve eksik noktalardan toplanan tuzluluk verileriyle birlikte RTF (radyal tabanlı fonksiyon) kullanılarak haritalanmıştır.

Radial tabanlı fonksiyon dağılış modeli geoistatistiksel bir interpolasyon modelidir. Yersel olarak tanımlanmış bilinen nokta değerlerinden bilinmeyen değerleri üretmek için kullanılan bir dizi matematiksel fonksiyonu içerir (Barton ve ark., 1999; Açıkgöz, 2002).

Temelde öklit mesafesine dayalı bir doğrusal sistem içerisinde ifade edilir ancak, kullanılan fonksiyonun tipine göre gaussian, quadratik veya kübik olarak da tahmin eğrisi belirlenebilir. Bu çalışmada gaussian, fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyonun avantajı, ölçüm yapılan noktalarındaki veri setinin maksimum ve minimum değerlerini sınır olarak almayıp, en yakın noktalara olan uzaklık ve nokta değerlerine bağlı olarak tahmin edilen bölgeleri gerektiğinde verinin maksimumundan yukarı veya minimumundan aşağı değerleri tahmin edebilmesidir.

Böylece, tahmin aralığı daha dinamik bir yapıda olduğu için doğruluk oranı da yüksek olmaktadır.

RTF kullanılarak yapılan tuzluluk haritası için kullanılan 2262 nokta verisinin 414'ü doğrulamak amacıyla, alansal dağılımı göz önüne alınarak ayrılmıştır. Böylece tuzluluk haritasındaki hata kareleri karekökü ortalaması saptanmış ve oluşturulan tuzluluk haritası yersel ölçümlerle doğrulanmıştır.

3.2.2.3. Toprak Haritasının Düzenlenmesi ve Hazırlanması

ASO toprak haritası hali hazırda vektör formatında toprak serileri ölçeğinde temin edildikten sonra uygunluk analizlerinde kullanılmak üzere bir dizi işlemden geçirilmiştir. Bu işlemler: i) Mevcut sayısallaştırılmış toprak haritasındaki eksik bazı parçaların en yakın seriye atanması, ii) Vektör formatındaki toprak özelliklerinin her birinin raster formatına dönüştürülüp, diğer verilerin koordinat sistemleriyle uyumlu hale getirilmesi için projeksiyonlarının tanımlanması, iii) seriler arasındaki geçişlerin yumuşatılması.

i. Mevcut sayısal haritanın yaklaşık %10'luk kısmında tarım alanları olmasına rağmen her hangi bir seriye atanmamış bölgeler bulunmaktadır. Bu bölgelerin tanımlanması için her bir poligona ait ilgili toprak özelliği (kil, silt, kum miktarı, toplam porozite, toprak derinliği), ayrı olarak kriging yöntemiyle tahmin edilmiştir. Kriging bir yersel istatistiksel tahmin tekniğidir. Bilinen nokta değerlerinden bilinmeyen noktaların tahminine dayanır. Doğrusal bir kombinasyonla bilinmeyen nokta değerleri, ağırlıklandırılmış ortalama değerler dikkate alınarak tahmin edilir. (Deutsch ve. ark., 1992; Bayraktar ve ark., 2005).
ii. Toprak serilerinin özellikleri vektör formatında işlenmiş olarak temin edilmiştir. Bu haritaların uygunluk analizlerinde kullanılması için harita grid sistemli bir harita formatına getirilmesi gereklidir. Tüm toprak verileri ayrı olarak bu kapsamda grid formatına dönüştürülmüş ve WGS 84 UTM zon 36 projeksiyonuna göre işlenmiştir.

iii. Her bir toprak serisinin kesin sınırları vardır ancak doğadaki gerçek sınırlar çok net olarak çizilemezler. Bu nedenle, kernel penceresi tekniği kullanılarak her bir toprak özelliği için seriler arasındaki net sınırlar 150m'lik bir geçiş bölgesi içerisinde yumuşatılmıştır. Böylece ara değerlerinde uygunluk analizlerine katılması sağlanmıştır.

3.2.2.4. Tarımsal Ürün Verimliliğinin Belirlenmesi

Bölgede en çok tarımı yapılan tarla bitkileri olan Buğday, Mısır ve Pamuk için tarımsal verimliliğin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, 2010 ve 2011 yıllarında, doğru tekniğin belirlenmesi ve ürün verimliliklerinin saptanması konularında çalışmalar yapılmıştır.

Buğday bitkisi, uygun yöntemin seçilmesi aşamasında pilot bitki olarak kullanılmıştır. Bunun nedeni sulama olmaması ve iklimsel koşullara bağlı analizlerinde uygulanabilmesi ve literatürde çok fazla sayıda çalışma olmasıdır.

2010 yılında uygun yöntemin seçilmesi için buğday bitkisinde çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda, 2 farklı yaklaşım verim tahmin yönteminin belirlenmesi için test edilmiştir.

Birinci yaklaşım tamamen parametrik bir yaklaşımdır ve istatistiğe bağlı geliştirilen tahmin modellerinin uygulanması sonucunda ortaya çıkar. Üç farklı regresyona dayalı tahmin yöntemi denenmiştir. Bunlar; Adımsal regresyon (AR), Eğri tahmini (ET) ve Kısmi en küçük kareler regresyon (KEKR) yöntemleridir.

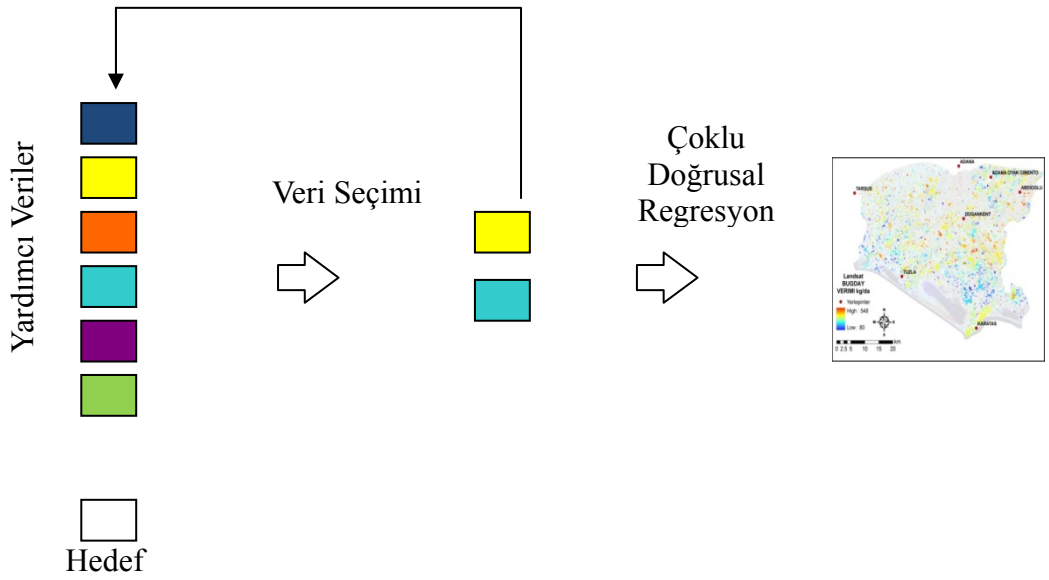
İkinci yaklaşım ise mekanik bir verim tahmin modeline dayalı, bitkinin iklim koşulları altındaki fenolojisine bağlı olarak verim tahmini yapan, belirli parametrelere ve değişkenlere dayalı Net Birincil Üretim (NBÜ) tabanlı bir modeldir.

Parametrik Verim Tahmin Modelleri: Tarımsal ürün verimliliğinin belirlenmesinde istatistiğe dayalı parametrik modeller regresyon temelli üretilmiştir. Regresyon temelli modeller, bir bağımlı değişken olan Y ve tahmin edici bağımsız değişkenler olan xi den oluşmaktadır (Chatterjee ve Price, 1991):

$$Y = b_0 + b_1.x_1 + b_2.x_2 + \ldots + b_p.x_p \quad (3.3)$$

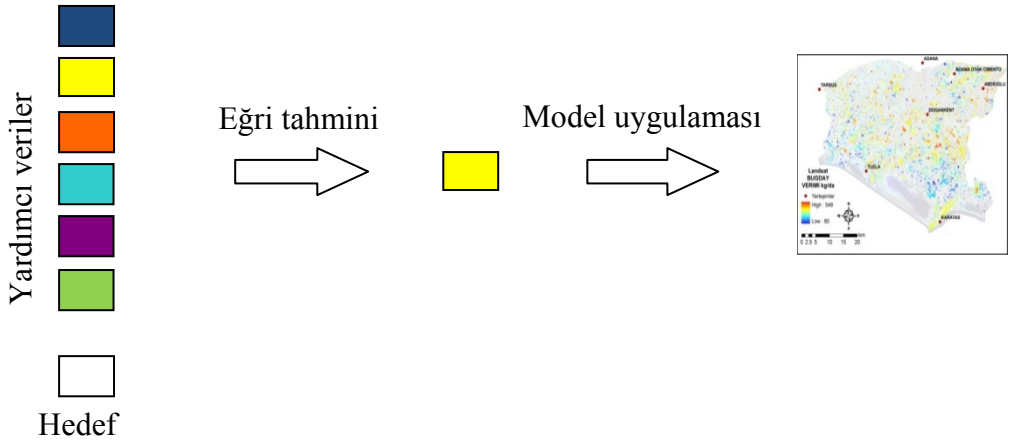
b_0 sabit değeri ve b_1 de x_1 (yansıma bandı ve indisler)'in katsayısını ifade etmektedir. Doğrusal regresyonun en önemli avantajı kolay uygulanabilir olmasıdır. Çoklu regresyon yöntemi, uygulanabilir ve güvenilir bir yöntem olmasına karşın tüm tahmin değişkenlerinin birlikte kullanılması sonucu olumsuz etkileyebilmektedir (Berberoglu ve ark., 2009). Bu nedenle bazı değişkenler adımsal regresyon yöntemleri kullanılarak filtrelenmiştir.

AR yöntemi mevcut girdiler ve bağımlı değişken arasındaki korelasyona bakarak, girdi veri setindeki gereksiz verileri eler ve tahmin modelini sadeleştirir. Ayrıca, tahmin modelinin doğruluğunu da (sapmaları azaltarak) arttırmaktadır (Şekil 3.24).



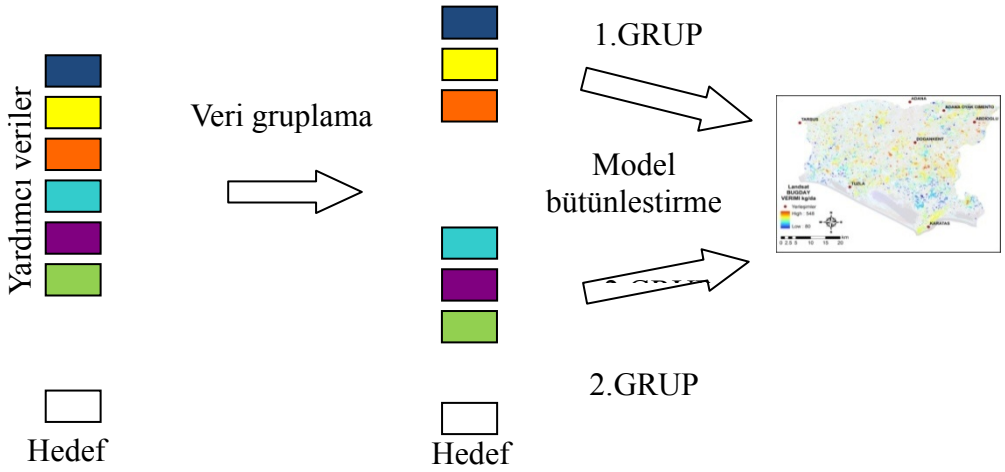
Şekil 3.24. AR Yöntemi Genel Akış Şeması

Doğrusal regresyon yanında doğrusal olmayan regresyon yöntemlerinden ET yöntemi ve kısmi kareler regresyon modellerinin de kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Eğri tahmininde, tek değişkenle geçerli bir tahmin yapmak mümkündür. Az değişkenli ve yüksek doğruluktaki modeller en başarılı modeller olduğundan, farklı yaklaşımların da başarı oranlarına bakılması açısından önemlidir. Temel olarak, her bir bağımsız değişken (bu çalışmada vejetasyon indisleridir), bağımlı değişkenle (hasat verileriyle) ayrı olarak ilişkilendirilerek en uygun model bulunur ve uygulanır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. ET Yöntemi Genel Akış Şeması

Kısmi kareler regresyon modelinde ise modeli oluşturmada toplanan hasat verileri, tahmin edici girdi verilerinden daha az ise kullanılabilen bir yöntemdir. Özellikle hiperspektral algılayıcılar gibi çok bantlı algılayıcılarla çalışıldığında ortaya çıkan bir sorundur. Bu gibi durumlarda, veri seti tek parça yerine birden çok parça halinde ayrı ayrı doğrusal eğriler uluşturacak şekilde ele alınır. Her ne kadar böyle bir durum bu çalışmada söz konusu olmasa da tahmin çalışmalarında etkili bir yöntem olması nedeniyle uygulanabilirliği mevcut verilerle test edilmiştir (Şekil 3.26).



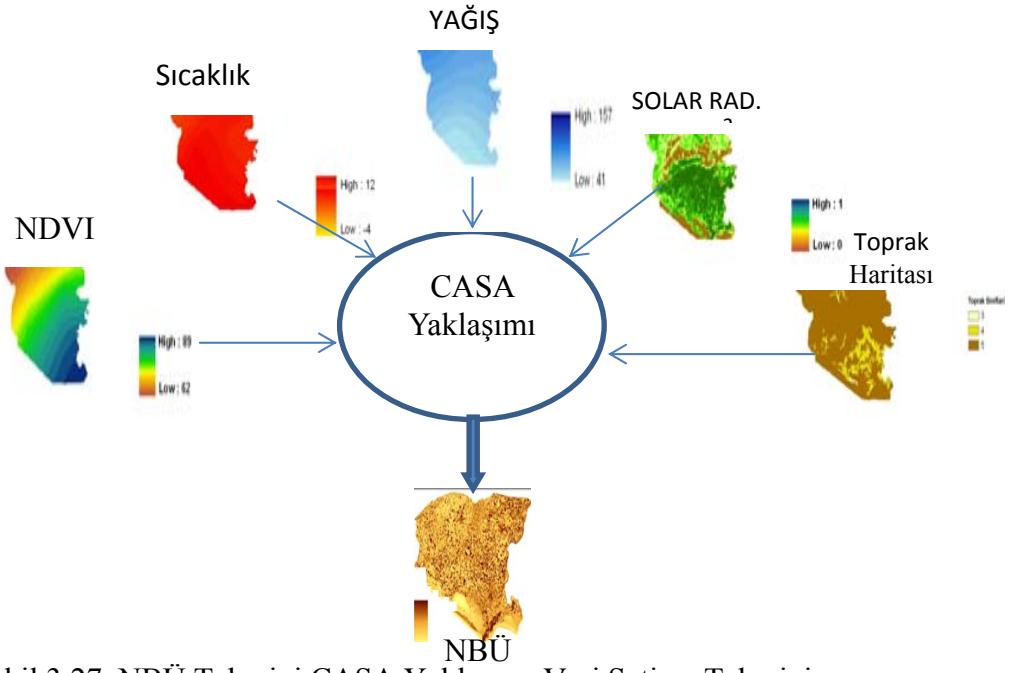
Şekil 3.26. KEKR Yöntemi Genel Akış Şeması

Mekanik Modelleme (NBÜ) Tabanlı Verim Tahmin Modeli: Bir bitkinin fotosentez sonucunda ürettiği toplam kütleye (glikoz ve türevleri) Brüt Birincil Üretim, brüt üretilen değerden solunum sonucunca enerji üretmek için kaybettiği kütle çıkarıldığında kalan üretime ise NBÜ denir. NBÜ bir ekosistemdeki karbon döngüsünü ve ekosistemin genel performansını anlamak için en önemli göstergelerden birisidir (Lobell ve ark., 2002; Donmez ve ark., 2011). NBÜ tabanlı verim tahmin modelinin uygulanmasında, uydu verilerini baz alarak çalışabilen Carnegie, Ames, Stanford Approach (CASA) (Potter ve ark., 2003, 2004) yaklaşımı uygulanmıştır. Buna göre:

$$NBÜ = f(NDVI) * PAR * \varepsilon * T * W \quad (3.4)$$

"f(NDVI)" Aktif fotosentetik radyasyonun (APAR) hesaplanmasında kullanılan çok zamanlı NDVI veri setini ifade etmektedir. Los ve ark., (2000)'e göre hesaplanmıştır. PAR değeri Escobedo ve ark., (2011)'e göre solar radyasyon verisinden hesaplanmıştır. "T" sıcaklık faktörünü temsil eder ve her bir ürün için farklı olarak (0 – 1) arasında ölçeklendirilir. "1" fotosentez için en ideal sıcaklığı, "0" fotosentez yapılmayan sıcaklıkları ifade eder. "W" fotosentez için gerekli olan toprak su içeriğini ifade eder. Toprak doygunluğu iyi ise "1" fotosenteze etki edecek düzeyde kötü ise giderek düşer. "ε" ışık kullanım etkinliği, sabit bir değerle ifade edilir.

Buğday için sıcaklık faktörü Tansı ve ark., (1998)'e göre belirlenmiştir. Çeşitli anonim kaynaklarda da bu konuda referans değerlere yer verilmiştir. NBÜ değerleri buğday hasat verisine çeşitli sabitler yardımıyla dönüştürülür. Bu sabitler, buğday tane nem miktarı (mm), hasat indeksi (tane / sap oranı) ve kök – gövde ağırlıkları oranıdır. Bu değerler, Çukurova bölgesi şartlarında yetiştirilen buğdaylar için çiftçi ile yapılan görüşmeler ve bölge ideal değerleri temel alınarak tespit edilmiştir (Şekil 3.27). NBÜ buğdayın sadece bir dönemdeki karbon emilimini verir. Bunu tane verimine dönüştürmek için eşitlik 3.5 uygulanmıştır (Lobell ve ark., 2002).



Şekil 3.27. NBÜ Tahmini CASA Yaklaşımı Veri Seti ve Tahmini

$$Verim = NBÜ*HI*KGO / ((1 – NO)*0.45) \quad (3.5)$$

"HI" hasat indeksi (tane ağırlığı/toplam ağırlık) bu oran buğdayda ortama 0.4'tür.
"KGO" kök/gövde oranı, bu oran çalışma alanında ortalama 0.4 – 0.5 arasındadır.
"NO" bitki nem oranı (hasat zamanındaki), bu oran ortalama 0.125'dir (ideal oran temel alınmıştır). (Tutar, 2010).

3.2.2.5. Don Risk Haritalaması Süreci

MODIS Yüzey sıcaklığı verileri don risk haritalarının oluşturulmasında kullanılmıştır. 22 meteoroloji istasyonundan alınan saatlik hava sıcaklığı verileri 2002 ve 2012 yılları arasındaki ASO Bölgesi'ndeki don zamanlarının belirlenmesinde kullanılmıştır.

MODIS verilerinin ön işlemleri tamamlandıktan sonra yüzey sıcaklığı verileri ve don zamanlarındaki hava sıcaklığı verilerinin korelasyonuna kullanılarak, yüzey sıcaklığı hava sıcaklığına dönüştürülmüştür. 1km çözünürlükte, don zamanlarında elde edilen hava sıcaklığı verilerinin minimumları alınarak her bir grid için 10 yıl içerisindeki minimum kaydedilen sıcaklık belirlenmiştir.

$$DR = Min \{T_1,T_2,T_3,\ldots,Tn) \quad (3.6)$$

DR: Don riski
Tn = Don riskinin olduğu günkü hava sıcaklığı

3.2.2.6. İklim Verilerinin Haritalanması

ASO Bölgesi'ndeki iklim verileri (solar radyasyon, yağış, sıcaklık) tarımsal ürünlerin gelişme dönemlerine göre haritalanmıştır. 2010 yılındaki buğday verimliliğinin tahmini için, NBÜ tabanlı modelde kullanılan solar radyasyon, ortalama sıcaklık ve toplam yağış verileriyle birlikte, 2011 yılında buğday, mısır ve pamuk verimleriyle, bölgenin iklimsel değişkenlerinin ilişkilendirilip tarımsal uygunluğun belirlenmesinde ve GGS (gelişme günleri sıcaklıkları)'nın

hesaplanmasında maksimum, minimum sıcaklıkların yanı sıra toplam yağış da haritalanmıştır. Regresyona dayalı bir interpolasyon yöntemi kullanılmıştır.

Verilerinin haritalanmasında Hutchinson, (1995) tarafından geliştirilen ince yüzey yumuşatma şeritleri algoritmasını kullanarak çalışmaktadır (Hutchinson, 2004). Bu yöntemin farklı uygulama şekilleri vardır. Bu kapsamda en az hatayı veren 3 bağımsız değişkenli kombinasyonu içeren SplineB sistemi kullanılmıştır (New ve ark., 1999, 2002). Bu kapsamda enlem, boylam ve yükseklik verilerine dayalı olarak regresyon tabanlı haritalama işlemi yapılmıştır.

3.2.3. Drenajla Sistemden Çıkan Nitrat Azotu (NO_3 - N) Miktarının ArcSWAT Ara yüzü Kullanılarak Modellenmesi

Soil Water, Atmosphere, Transfer (SWAT) modeli, su kalitesini ve miktarını geniş havzalarda tahmin etmeye yarayan bir modeldir. Bununla birlikte SWAT, topografya, toprak, arazi kullanımları, farklı yönetim işlemleri ve iklimsel koşulların, bitki besin elementleri (azot ve fosfor) döngüsüne, tarımsal kimyasalların miktarına ve su döngüsüne olan etkilerini belirlemede de kullanılmaktadır. Buna göre SWAT modelini oluşturan kritereler (Kiniry ve ark., 2002):

1. Kalibrasyon gerekmemektedir (eğer akım ölçümleri yoksa çalışabilir).
2. Geniş alanlarda kullanılabilen hazır bir veri girdi setini içerir (bitki gelişim parametreleri standart olarak kullanılabilir).
3. Günlük zaman diliminde birçok alt havzayı ve alanı aynı anda modelleyebilir.
4. Uzun zamanlı etkileri değerlendirmek için yüzlerce yıllık bir zaman dilimini tek seferde sürekli bir model döngüsü içerisinde analiz edebilir.

Her bir alt havza ve ürün için drenaja karışan NO_3 – N miktarının modellenmesinde, drenajla hassas ekosistemlere sızan NO_3 – N miktarının tespit edilmesinde kullanılmıştır.

Modelleme sürecinde, Akarsu sulama birliği pilot alanının 2009 yılı ürün desenleri, toprak özellikleri, aylık iklim verileri kullanılarak alt alan bazında N

dinamikleri modellenmiş ve Çetin ve ark., (2012a) kapsamında alınan sonuçlara göre gübreleme ve sulama parametrelerinin ASO Bölgesi'ne kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Sonrasında ise drenaj suyuna karışan NO_3 – N miktarı modellenmiştir.

NO_3 – N miktarının her bir ürün ve toprak serisinde ayrı olarak modellenmesinin nedeni, gübrelemenin kirletici etken olarak N temelli bir gösterge yardımıyla tarımsal uygunluk analizleriyle bütünleştirilmesini sağlamak içindir. Bu kapsamda, alınan model sonuçları, ekolojik ve sürdürülebilir tarımsal alan kullanım uygunluklarının belirlenmesi senaryolarında kullanılmıştır.

ArcSWAT işlem mekanizmaları ve genel sistemini aşağıdaki genel akış şemasında görmek mümkündür (Şekil 3.28). ArcSWAT SWAT modelini ArcGIS paket programıyla bütünleştirilerek uygulanmasını sağlayan, kullanıcı dostu bir ara yüzdür. SWAT modeli birçok alt modelin kombinasyonundan oluşmaktadır. Bu konuyla ilgili detaylı bilgi, alt model tanımları ve modelleme eşitlikleri Neitsch ve ark., (2009)' da çok kapsamlı olarak açıklanmıştır.

ArcSWAT modeli temelde hidroloji tabanlı bir model olmasına karşın zaman içerisinde topraktaki N ve P bütçesinin yanı sıra, biyokütle, verimlilik ve ağır metal kirliliği gibi bir çok konuda farklı alt modellerle desteklenmiştir. Bitki gelişim modeli ALMANAC (Agricultural Land Management Alternatives with Numerical Assesment Criteria) (Kiniry ve ark., 1992). Modelinden doğrudan alınmış ve hesaplamalarda bu alt model kullanılmıştır.

Bu kapsamda, model bitkinin topraktan aldığı mineral N miktarını, toplam drenaja karışan NO_3 – N miktarını modelleyebilmektedir. Bütün modellemeler her bir toprak serisindeki her bir ürün için ayrı olarak yapılmıştır.

Modelleme sürecini tanımlarken girdiler ve çıktılar olarak 2 aşamaya ayırmak gereklidir.

Model girdileri:

- Topografya (yükseklik)
- Drenaj ağları
- Ürün deseni ve arazi örtüsü

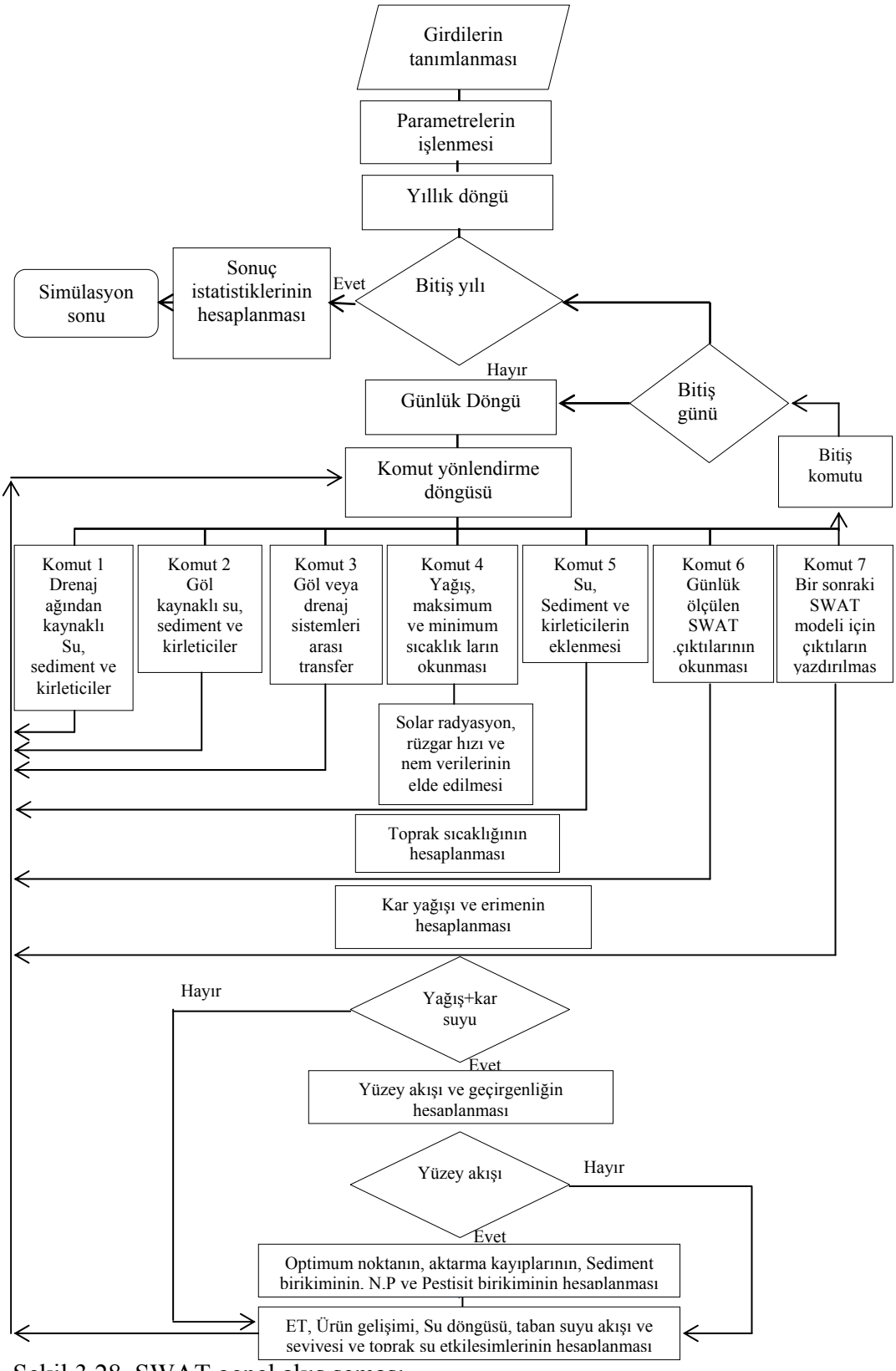
- Toprak özellikleri (toprak katmanı sayısı her bir katmanın tekstür özellikleri, toprak hacmi, Ph değeri, toplam porozite, toprak profil derinlikleri ve eğer varsa aşınabilirlik faktörü, toprak albedo katsayısı, toprak sızdırma faktörü ve organik madde miktarı).
- İklim özellikleri (günlük yağış, ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık, oransal nem, rüzgar hızı ve solar radyasyon).
- N hesaplamalarında kalibrasyon için ortalama verim bilgisi de opsiyonel olarak girilebilir.
- Yönetim verileri (gübreleme, sulama, ve eğer varsa toprak işleme ve ilaçlama verileridir).

Bu verilerin tamamı ArcSWAT modeline uygun formata getirilerek modele dahil edilmiştir.

Model çıktıları:

- Hidrolojik çıktılar: Varsa toplam kar yağışı, toplam eriyen kar miktarı, hidrolojik tepki birimleri, her bir birim için ortalama yağış, gerçek buharlaşma, yüzey akışı miktarı, taban suyuna sızan su miktarı.
- Bitki gelişimi çıktıları: Eğer bitki gelişim modülü açıksa, toplam biyokütle, ortalama hasat miktarı.
- Gübreleme çıktıları: Bitkinin aldığı toplam N miktarı, taban suyuna karışan toplam NO_3 - N miktarı, drenaja karışan toplam NO_3 - N miktarı, toprak katmanları arasında buharlaşma sonucu üst katmanlara çıkan N miktarı, nitrifikasyon ve buharlarlaşma ile havaya karışan N miktarları. Bitkinin aldığı P miktarı, toprakta kalan P miktarı.

ArcSWAT modeli çıktılarından sadece drenaj suyundaki NO_3 - N miktarı ekolojik uygunluk analizlerinde her bir ürünün ağırlıklandırılmasında gösterge olarak kullanılmıştır. Bu nedenle, girdi verileri sadece drenaj sistemine karışan NO_3 - N modellenmesine yönelik minimum girdiler olarak sisteme girilmiştir.



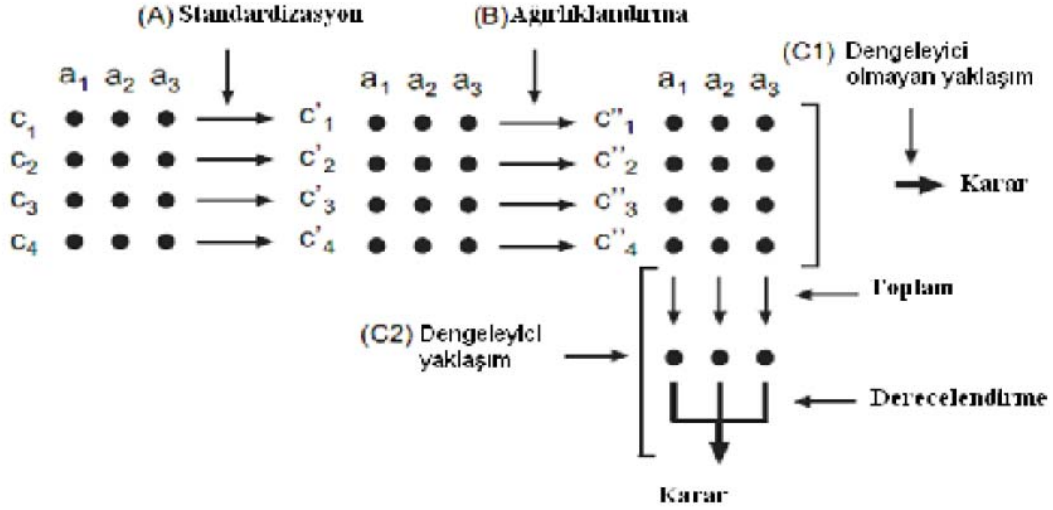
Şekil 3.28. SWAT genel akış şeması

3.2.4. Çok Kriterli Analizler ve AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci)

Çok kriterli analizlerde dört temel aşama vardır:

a) Kriterlerin belirlenmesi
b) Standardizasyon
c) Ağırlıklandırma
d) Sonuç haritalarının oluşturulması

Farklı alternatiflerin oluşturulması oldukça geniş bir yelpazede olabilmektedir. Örnekler daha çok farklı stratejiler veya bunların kombinasyonu şeklinde olmaktadır. Örneğin, tarımsal alan kullanım uygunluğu baz alındığında (a*j*), tuzluluk sorununu (c1), maliyetin oluşturulması (c2), toprak derinliği faktörünü (c3) ve ekolojik etkiyi (c4) göstermektedir (Saaty, 1980) (Şekil 3.29). İlk sıranın kolon değerleri *j*=1,…,3 için a*j* alternatiflerini, satır değerleri *i*=1 için c*i* kriterini, *ci*' standardize edilmiş kriteri ve *ci*'' ağırlıklandırma sonucu temsil etmektedir.

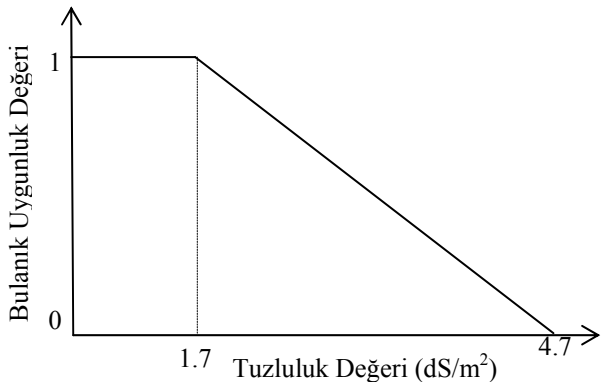


Şekil 3.29. Orijinal karar verme matrisi (a*j* ve c*i* düzeni) ile her bir alternatifi kendi performansına göre kıyaslayabilmek için standardizasyon ve ağırlıklandırma (Saaty, 1980).

Kriterlerin belirlenmesi ve kısıtlayıcılar: Her bir uygunluk analizi için farklı kriterler belirlenmektedir. Örneğin bu çalışmada 4 farklı ürün için toprak, iklim ve tuzluluk temelli kriterler belirlenmiştir. Buğday, mısır ve pamuk için belirlenen kriterler, toprak değişmez faktörleri (kum, kil, silt yüzdeleri, su tutma kapasitesi, toprak derinliği), iklimsel faktörler (GGS, toplam yağış) ve bölgesel risk faktörü olarak da toprak tuzluluğu verileridir. Narenciye uygunluğunda ise, kum, kil yüzdeleri ve tuzluluğun yanı sıra don riski de bir kriter olarak değerlendirmeye alınmıştır.

Ayrıca uygunluk analizlerinde bazı kısıtlayıcılar mevcuttur. Bunlar belirlenen uygunluk tipine ve senaryolara göre değişkenlik gösterebilir. Örneğin mısır uygunluğu belirlenirken, tuzluluk seviyesinin çok yüksek olduğu yerler bir kısıtlayıcıdır ve bu alanlar kesinlikle uygun değildir veya su yüzeyleri, mevcut yerleşim alanları, yollar ve kanal sistemleri tarımsal alan kullanım uygunluğu analizleri dışında bırakıldığından bu alanlar tarım alanı olarak değerlendirilemeyeceğinden dolayı kısıtlayıcıdır.

Standardizasyon: Standardizasyon işlemi her uygunluk analizi için gereklidir. Girdi verilerinin değer aralıkları birbirlerinden farklıdır. Bu nedenle, ağırlıklandırma sonrası belirlenen katsayılarla çarpılması ve değerlendirmeye alınabilmesi için tüm girdi verilerin aynı değer aralığına standardize edilmesi gereklidir. Bu konuda farklı yaklaşımlar olsa da en ideal geçerli yaklaşım bulanık mantık yöntemiyle yapılan standardizasyon işlemidir. Bu çalışmada da bulanık mantık yaklaşımı kullanılmıştır. Buna göre, her bir kriter kendi içerisinde ideal ve ideal olmayan değerlere göre 0 – 1 arasında ölçeklendirilir. Buna göre 1 en ideal alanları 0 ise uygun olmayan alanları ifade eder. Bulanık mantık yaklaşımında 1 ve 0 arasındaki uygunluk değerleri de uygulanan bulanık üyelik fonksiyonuna göre 0.1, 0.15 gibi ara değerler de alır. Bu yaklaşım, kriterin etkisine göre doğrusal, gausian, j şeklinde, polinomal yada kullanıcı tarafından belirlenen bir fonksiyon ile yapılabilir. Örneğin, toprak tuzluluğu ve narenciye uygunluğu dikkate alındığında Şekil 3.30'daki gibi doğrusal bir sistemle toprak tuzluluk verisi standardize edilmektedir.



Şekil 3.30. Örnek bulanık mantıkla standardize edilmiş narenciye uygunluk tuzluluk değerleri grafiği

Grafiğe göre, tuzluluk seviyesi 1.7 dS/m^2'ye kadar narenciye alanlarının uygunluğunda her hangi bir değişme olmamaktadır. Tüm alanlar uygun olarak nitelenmektedir. Ancak, 1.7'den sonra 4.7'ye kadar tuzluluk arttıkça ters orantılı olarak narenciye uygunluğu azalmaktadır. 4.7'den sonra ise tüm alanlar tuzluluk açısından değerlendirildiğinde uygun değildir. Bu bölgelerde, narenciye tarımı yapılamaz anlamına gelmektedir.

Ağırlıklandırma: Kriterlerin ağırlıklandırılması en zor aşamadır. Her bir girdinin hangi kriterlere göre ağırlıklandırılacağı bütün ÇKA analizlerinde sorun olmuştur. Önceki çalışmalarda, farklı ağırlıklandırma yöntemlerine değinilmiştir ancak bu yöntemlerde en önemli sorun sübjektif değerlendirmelerdir. Genellikle uzmanlara sorularak kriterler değerlendirilmektedir ancak, uzman görüşleri aynı konuda birbirlerine zıt olabilmektedir. Böyle durumlarda güvenilirlik analizleri yapılsa da bazen çelişkili durumları gidermek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmasında ideal yetişme koşulları buğday, mısır ve pamuk için verim tabanlı değerlendirilmiştir. Her bir ürünün verimlilikleri her bir kriterle ayrı olarak ilişkilendirilmiş ve tanımlama katsayılarına göre AHS içerisindeki ikili değerlendirme matrisi oluşturulmuştur. Böylece sübjektivite giderilmiştir. Narenciyede ise yetişme koşulları bir çok çalışmada detaylı olarak değerlendirilmiştir. Bunun nedeni çok yıllık bir bitki olması ve birçok kısıtlayıcı faktörün olmasıdır. Narenciye de literatüre dayalı detaylı çalışmalar dikkate alınarak her bir girdi kriteri ağırlıklandırılmıştır.

Sonuç Haritalarının Oluşturulması: Her bir standardize edilmiş ve ağırlıklandırılmış kriter belirlenen senaryolar doğrultusunda değerlendirilmektedir. Eşitlik 3.7, Saaty, (1980)'den modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu kapsamda, bütün yetişme koşulları uygunluğu haritalarının belirlenmesinde risk faktörü olarak ele alınan toprak tuzluluğu, uygunluk analizlerine çarpım durumunda eklenmiş ve tuzluluğun ilgili ürün için yüksek olduğu yerlerde, bitki gelişiminin mümkün olamayacağı ve yetiştirilemeyeceği tanımlanmıştır. Aksi takdirde, tuzluluk çok yüksek olsa da diğer bitki gelişme koşulları uygun olması halinde, normalde bitki gelişiminin imkansız olması gerekirken, mümkün olabileceği sonucu çıkmaktadır.

$$(1/Kn) * (K_1 * W_1 + K_2 * W_2 + K_3 * W_3 \ldots\ldots Kn * Wn) * Rf = Un \qquad (3.7)$$

K: her bir kriteri
W: her bir kriter için ağırlık katsayısını
Rf: standardize edilmiş bölgesel risk faktörünü
Un: Her bir kullanım için uygunluk sonucunu ifade etmektedir.

Uygunluk haritaları, Eşitlik 3.7'daki gibi risk faktörünün ayrıca sisteme dahil edildiği bir eşitlikle her bir grid için sürekli veri formatında haritalanmıştır.

Farklı senaryolara göre uygun tarımsal ürün deseni ise yetişme koşullarına göre yukarıdaki eşitliğe bağlı olarak üretilen uygunluk haritalarının, ilgili senaryolara bağlı olarak ağırlıklandırılması sonucunda oluşturulmuştur. Buna göre; tamamen ekonomik faydaya bağlı olan senaryoda, net karlılık durumuna göre ikili karşılaştırma yapılarak ürün önem düzeyi katsayıları belirlenerek ağırlıklandırma yapılmıştır. Bu senaryonun tam tersi olarak, tamamen ekolojik yaklaşımda drenaj sistemine her bir toprak serisindeki baskın ürünün tarımından dolayı karışan N miktarına göre bir ağırlıklandırma yapılmıştır. Sürdürülebilir senaryoda ise her iki faktörün dikkate alınmasının yanı sıra, bölgede bulunan koruma alanları ve statülerine göre de bazı öneriler getirilerek, en uygun ürün desenleri yazlık ve kışlık olarak belirlenmiştir.

3.2.5. Farklı Yönetim Senaryolarının Tanımlanması

Alan kullanım planlaması yapılırken farklı alternatiflerin net görülebilmesi için değişik senaryolar üretilerek farklı alan kullanım önerileri geliştirilmiştir. Bu senaryolar benzer nitelikte yapılan bir çalışma olan Riveira ve ark., (2008)'deki yöntem, çalışma alanına ve tez amacına göre revize edilerek belirlenmiştir. Çalışma kapsamında 3 farklı alan kullanım senaryosu belirlenmiştir. i) Ekonomik karlılık temelli bir yaklaşım olarak ekonomik senaryo, ii) Doğa koruma temelli bir yaklaşım olarak ekolojik senaryo, iii) her iki senaryonun bir sentezi ve çiftçi eğilimleri dikkate alınarak sürdürülebilir veya bir başka deyişle uygulanabilir senaryo olarak tanımlanmıştır.

Ekonomik senaryo: Tarımsal ürünün maliyetleri be gelirleri dikkate alınarak hesaplanan karlılık durumuna göre her bir baskın ürün ağırlıklandırılmıştır. Bu senaryoda bölgede bulunan hassas ekosistemlerin korunması düşünülmemiştir.

Ekolojik (doğa koruma temelli) senaryo: Bölgedeki tarımsal aktivitelerin doğal yapıya verdikleri zarar dikkate alınarak, her hangi bir ekonomik fayda beklemeksizin benimsenen senaryodur. Bu kapsamda, tarımsal faaliyetler sonucunda drenaja karışan toplam NO_3 – N miktarı ArcSWAT modeli kullanılarak ürün temelinde belirlenmiş ve tarımsal kirleticilere gösterge olarak kullanılmıştır. Drenaja karışan NO_3 – N miktarının gösterge olarak seçilmesindeki en önemli nedenler, konuyla ilgili literatürde kullanılabilen bir çok model bulunması (Claudio ve ark., 2003; Akhavan ve ark., 2010; Çetin, 2012a) ve çalışma alanıyla aynı bölge içerisinde konuyla ilgili yapılmış çalışmalar bulunmasıdır (Ibrikci ve ark., 2010; Cavero ve ark., 2011; Çetin ve ark., 2012a; Ibrikci ve ark., 2012).

Sürdürülebilir senaryo: Ekonomik ve ekolojik senaryoların bir sentezi olarak sürdürülebilir senaryoda, her iki senaryoda da kullanılan katsayıların yanı sıra, Çetin ve ark., (2012a)'da belirlenen sosyal durum ve yıllık tarımsal ürün paterninin değişim nedenleri de temel alınarak her bir tarımsal ürün ağırlıklandırılmıştır.

Üç senaryoda kışlık ve yazlık olarak uygulanmış ve baskın ürünler temelinde öneri tarımsal alan kullanımları geliştirilmiştir.

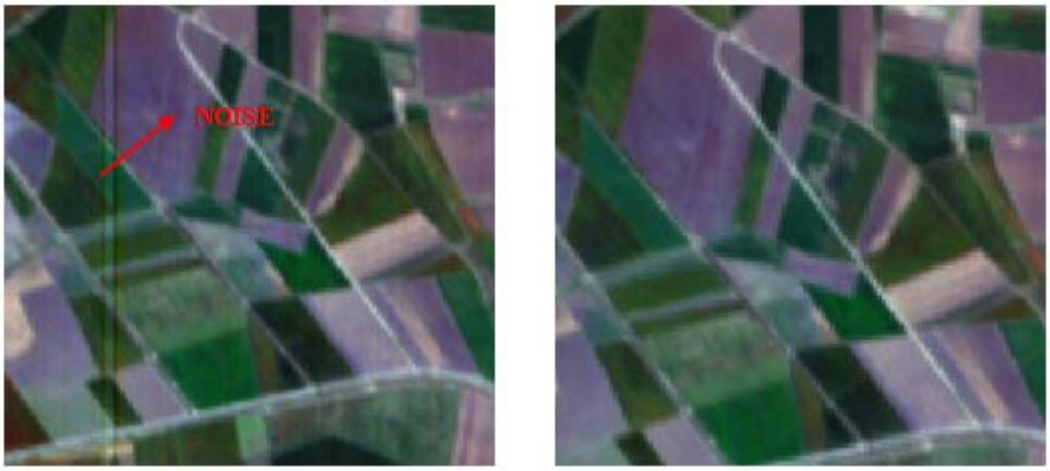
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Uydu Verilerinin Ön İşlemlerinin Yapılması

4.1.1. CHRIS PROBA Verisi Geometrik Noise Etkisinin Giderilmesi ve Atmosferik Düzeltmelerinin yapılması

Görüntüler Universal Transverse Mercator (UTM) referans sistemine göre geometrik olarak düzeltilmiştir. En az 17 yer noktası kullanılmış ve 0.2 – 0.5 piksel arasında değişen bir hatayla düzeltilmiştir.

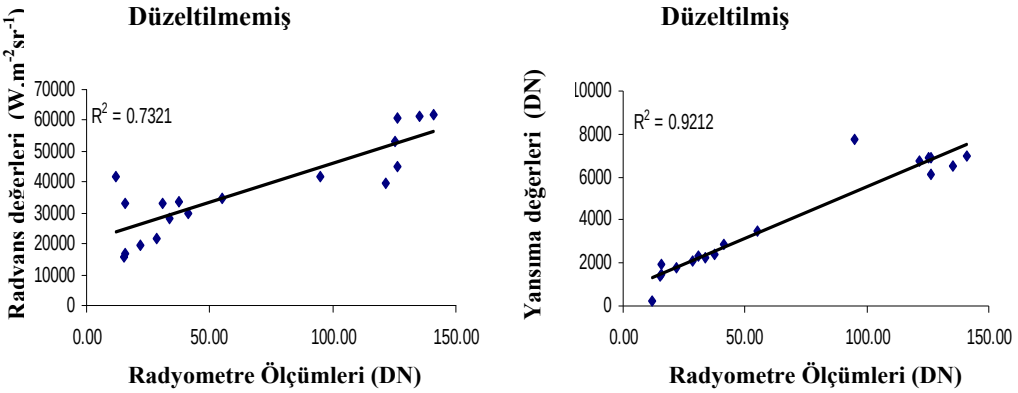
Noise etkisinin giderilmesi ve atmosferik düzeltmelerin yapılabilmesi için BEAM yazılımından faydalanılmıştır. Noise etkisinden kaynaklanan iki tür algılayıcı hatası mevcuttur. Birincisi, yeryüzünden yansıdan sinyallerin kayıt sırasında algılayıcının iyi kayıt yapamamasından kaynaklıdır. Diğeri ise görüntü içerisinde hiç kayıt yapılamayan boşlukların oluşmasına neden olur. Her iki etkide algılayıcının tipine göre farklı algoritmalarla düzeltilebilir. İki türlü noise etkisi de giderilerek bu çalışmada CHRIS verileri kullanılmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Noise etkisi olan ve noise etkisi giderilmiş CHRIS verisi.

Atmosferik düzeltme yöntemleri her bölgede aynı doğrulukla sonuç vermemektedir. Bu nedenle çalışmanın daha sağlıklı yapılabilmesi için uygulanan algoritma test edilmiştir. MS 720 spektroradyometre kullanılarak yapılan yersel

yansıma ölçümleri ve aynı alanlara karşılık gelen CHRIS uydu verileri düzeltme öncesi ve sonrası olarak karşılaştırılmıştır (Şekil 4.2).

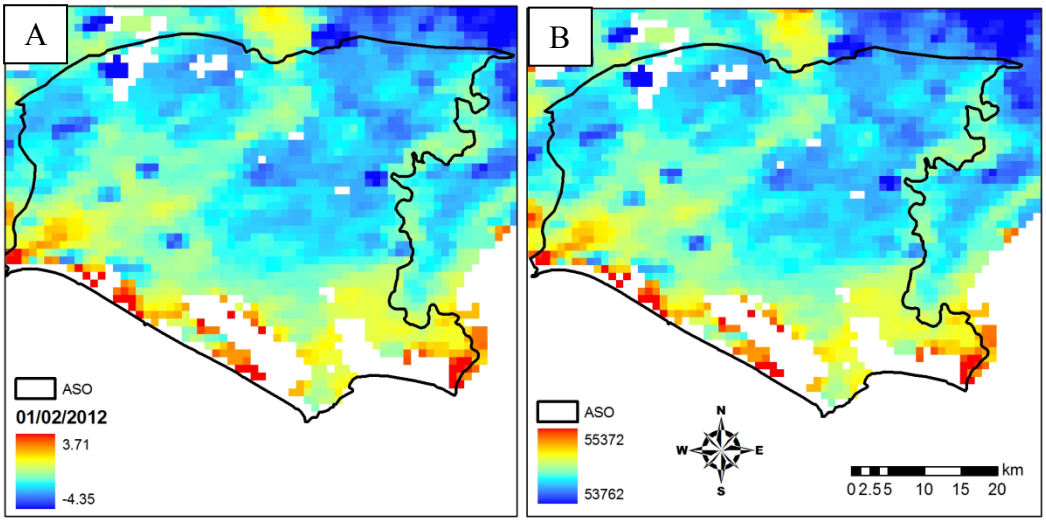


Şekil 4.2. Görüntü pikselleri ile radyometre ölçümleri grafiği (P<0.01)

Gözlemlerden anlaşıldığı üzere, atmosferik düzeltme sonrasında yer verileri ve uydu görüntüsü arasındaki ilişki çok daha yakın olmaktadır. Atmosferik etkinin, kullanılan düzeltme algoritması sonucu azaldığı R^2 değerlerinden anlaşılmaktadır. Düzeltilmemiş veri için R^2 değeri 0.73'den düzeltme sonrası 0.92'ye çıkmıştır.

4.1.2. MODIS Termal Verilerinin Yüzey Sıcaklığına Dönüştürülmesi

MODIS günlük yüzey sıcaklığı verileri ham görüntüleri DN (dijital numara) olarak kaydedilmektedir. Bu verileri, gerçek yüzey sıcaklığına dönüştürmek ve bu şekilde kullanmak için bir dizi işlemden geçirilmiştir. MODIS verileri don riskinin saptanmasında kullanılmıştır. Temiz olarak günlük gece kayıt yapılan 5 adet MODIS termal verisi C°' ye dönüştürülmüştür (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. "A" C°' ye dönüştürülmüş, "B" DN olarak ifade edilen Yüzey sıcaklık verileri.

4.2. Tarımsal Ürün Deseninin Belirlenmesi ve Arazi Örtüsü/Kullanımlarının Haritalanması

Tarımsal ürün deseni ve arazi örtüsü 2010 ve 2011 yılları için tüm çalışma alanında kışlık ve yazlık olarak sınıflanmıştır. Bu sınıflamalar; bölgede yetiştirilen baskın ürünlerin ve dağılımlarının belirlenmesi, baskın ürünlerin verimliliklerinin tahmin edilmesi ve ArcSWAT modeli yardımıyla drenaja karışan NO_3 – N miktarının modellenmesinde kullanılmıştır.

4.2.1. Ürün Deseninin Haritalanması

Alandaki tarımsal ürünler yazlık ve kışlık zamanlarda farklılık göstermektedir. Bu nedenle öncelikle kışlık ürün arazi örtüsü ve sonrasında yazlık arazi örtüsü ayrı olarak ele alınmıştır 2010 ve 2011 yılları ayrı olarak sınıflanmış ve doğrulanmıştır.

2010 yılında kaydedilen görüntüler ile uygun sınıflama yaklaşımı belirlenmeye çalışılmıştır. 2011 yılında ise bu yöntem uygulanmış ve buğdayın yanı sıra mısır ve pamuk ürünlerinin de verimliliklerinin hesaplanmasında ve taban

suyuna karışan NO_3 – N miktarının belirlenmesinde ArcSWAT modeli içerisinde kullanılmıştır.

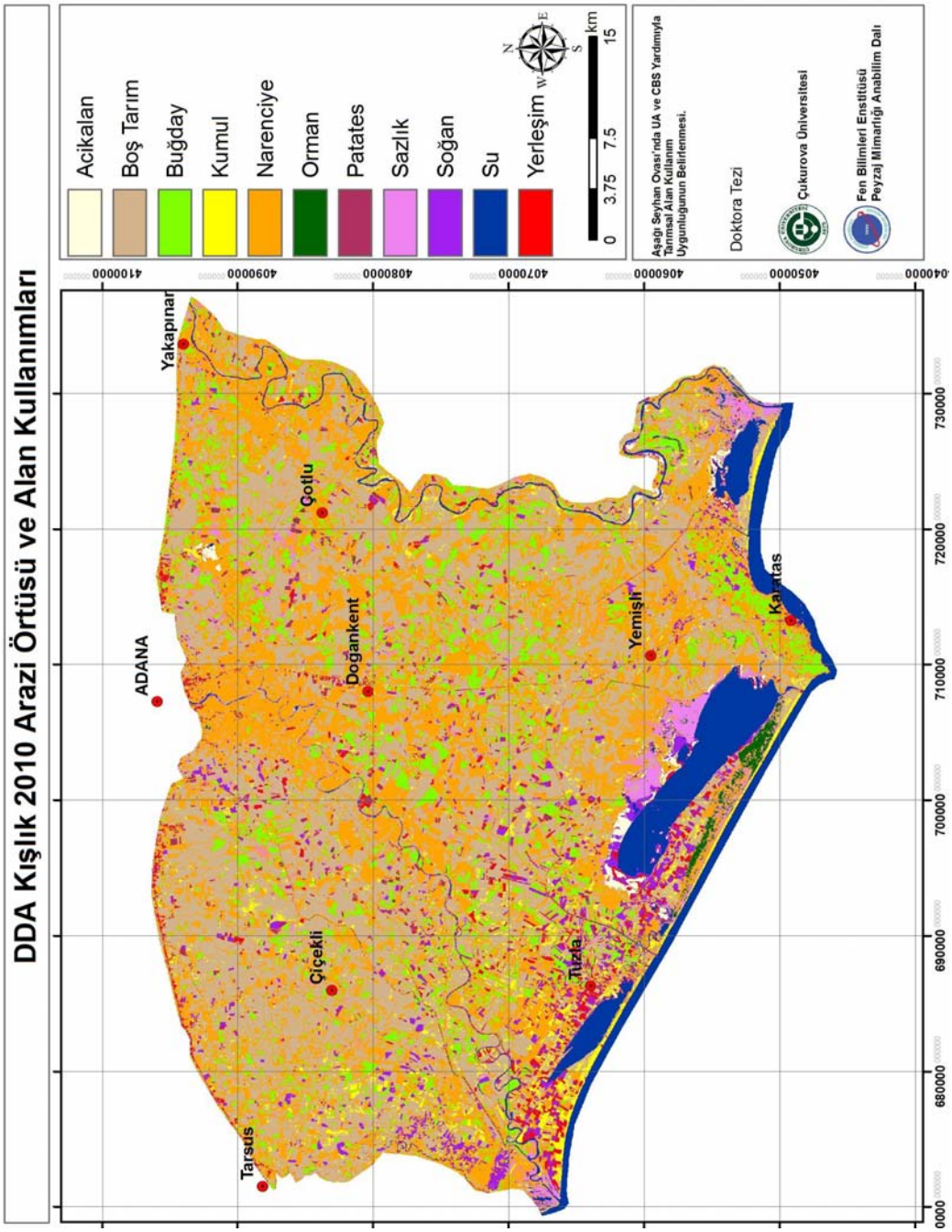
4.2.1.1. ASO 2010 Kışlık Ürün Deseni ve Arazi Örtüsünün Haritalanması ve Uygun Sınıflama Yaklaşımının Belirlenmesi

Kışlık arazi örtüsünün belirlenmesinde çok zamanlı Landsat TM/ETM verileri kullanılmıştır. Kontrollü sınıflama tekniği kullanılmıştır. Arazi ile ilgili yer verileri, düzenli yapılan arazi çalışmaları ve detaylı olarak CHRIS PROBA verileri ile yapılan sınıflandırma sonuçlarından elde edilmiştir. Arazi örtüsünün sınıflandırılması 3 aşamada tamamlanmıştır.

İlk aşamada, klasik piksel tabanlı sınıflandırma teknikleri uygulanmıştır. Bu kapsamda, Maksimum olabilirlik (MO), Doğrusal Diskriminant Analizi (DDA), ve Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler içerisinden, doğruluklarına göre en doğru olan DDA yöntemi kışlık ürün deseninin sınıflandırılmasında kullanılmıştır. Toplamda 300 tesadüfi nokta, her bir arazi örtüsüne en az 20 nokta gelecek şekilde belirlenmiş ve her bir nokta araziden toplanan yer verileriyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.1, Şekil 4.4).

Çizelge 4.1. DDA piksel tabanlı sınıflama sonucu doğrulukları

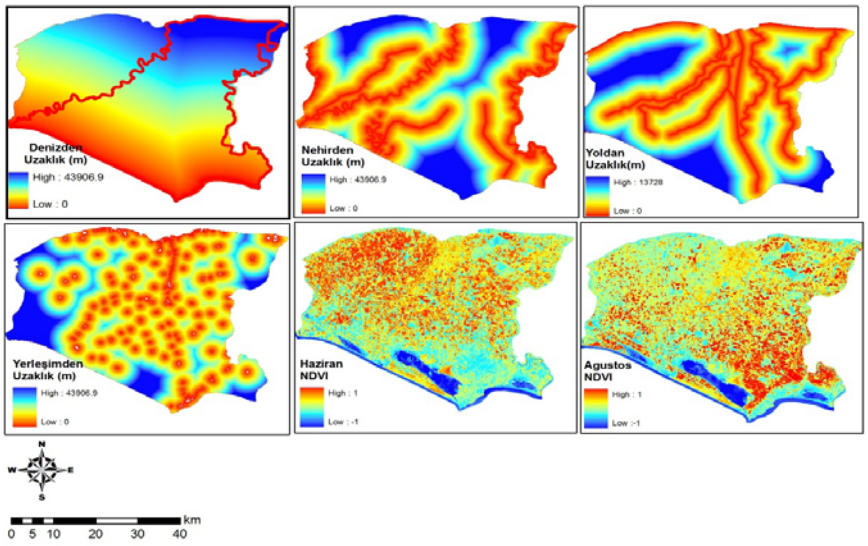
Sınıflar	Üretici doğruluğu	Kullanıcı doğruluğu	**Kappa doğruluğu**
Buğday	%72	%100	**1**
Soğan	%36	%19	**0.15**
Patates	%94	%85	**0.84**
Narenciye	%90	%26	**0.23**
Su	%92	%100	**1**
Boştarım	%48	%97	**0.96**
Açıkalan	%72	%90	**0.89**
Sazlık	%53	%38	**0.34**
Orman	%60	%90	**0.88**
Kumul	%90	%43	**0.4**
Yerleşim	%64	%33	**0.3**
Genel doğruluk	**%66**		**0.62**



Şekil 4.4. DDA piksel tabanlı sınıflama sonuç görüntüsü.

İkinci aşamada ilk aşamada, sınıflama doğruluğu yeterli görülmeyen ve doğruluk oranları çok düşük olan alanların tekrar uzman sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırılması hedeflenmiştir. Soğan, narenciye, sazlık, kumul, orman alanlarının en çok hangi sınıflarla karıştıkları hata matrisi oluşturularak tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

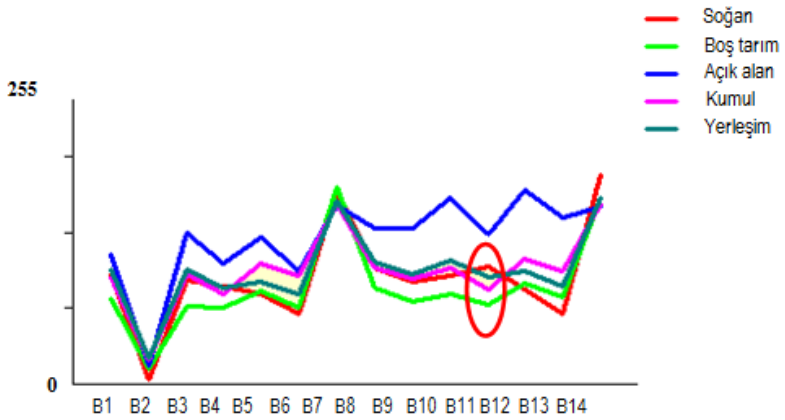
Mart – nisan görüntüleri dışında, alandaki arazi örtüsünü etkileyen diğer faktörler (Nehirden uzaklık, yoldan uzaklık, yerleşimden uzaklık, denizden uzaklık, Haziran – Ağustos NDVI) değerleri de kullanılarak, uzman sınıflandırmasıyla sınıflanmıştır (Şekil 4.5).



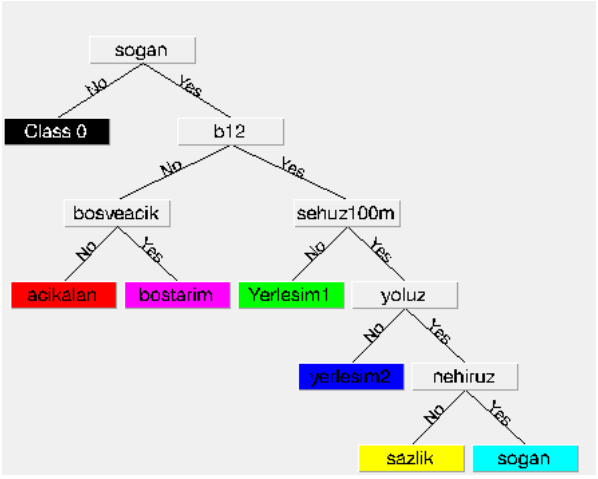
Şekil 4.5. Uzman sınıflandırmasında kullanılan yardımcı veriler

DDA sınıflamasının, soğan alanlarının belirlenmesinde %15 gibi oldukça düşük bir doğruluğa sahip olduğu görülmektedir. Soğan alanlarının başta boş tarım olmak üzere yerleşim, kumul ve açık alanlar ile karıştığı saptanmıştır. Soğan alanlarının ve diğer karışan alanların yansıma özellikleri ve konumsal özellikleri karşılaştırılarak, ayırt edici kurallar belirlenmiştir. Şekil 4.6' da görüldüğü gibi B11 (band11, Landsat TM 6 Nisan yakın kızıl ötesi) ve B12 (band12, Landsat TM 6 Nisan orta kızıl ötesi), yansımalarda soğan alanlarını kumul, boş tarım ve yerleşimden ayıran bir özellik saptanmıştır. Buna göre:

Eğer (b11 > b12) ve (b11 > b10) ise = Soğan, kuralı yanlış sınıflanan soğan alanlarını düzeltmek için uzman sınıflandırmasında uygulanmıştır. Buna rağmen, soğan alanlarıyla bazı yerleşim alanlarının karıştığı gözlenmiştir. Uzman sınıflandırması için hazırlanan, yerleşimden uzaklık verisi ve yoldan uzaklık verileri kullanılarak yerleşim alanları soğan alanlarından ayrılmaya çalışılmıştır. Ayrıca nehir kenarlarındaki sazlıklarla soğan alanlarının kısmen karıştığı gözlemlenmiş ve bunun içinde nehirden uzaklık verisi kullanılarak soğan olmayan nehir kenarındaki alanlar ayırt edilmiştir (Şekil 4.7, Çizelge 4.3).



Şekil 4.6. Soğan, boştarım, açıkalan, kumul, yerleşim yansıma farklılıkları *(b1 – b6 Landsat 24 Mart, b7 Landsat 24 Mart NDVI, b8 – b13 Landsat 6 Nisan, b14 6 Nisan NDVI).*



Şekil 4.7. Uzman sınıflandırması karar ağacı soğan örneği

Çizelge 4.2. 2010 kışlık sınıflama hata matrisi

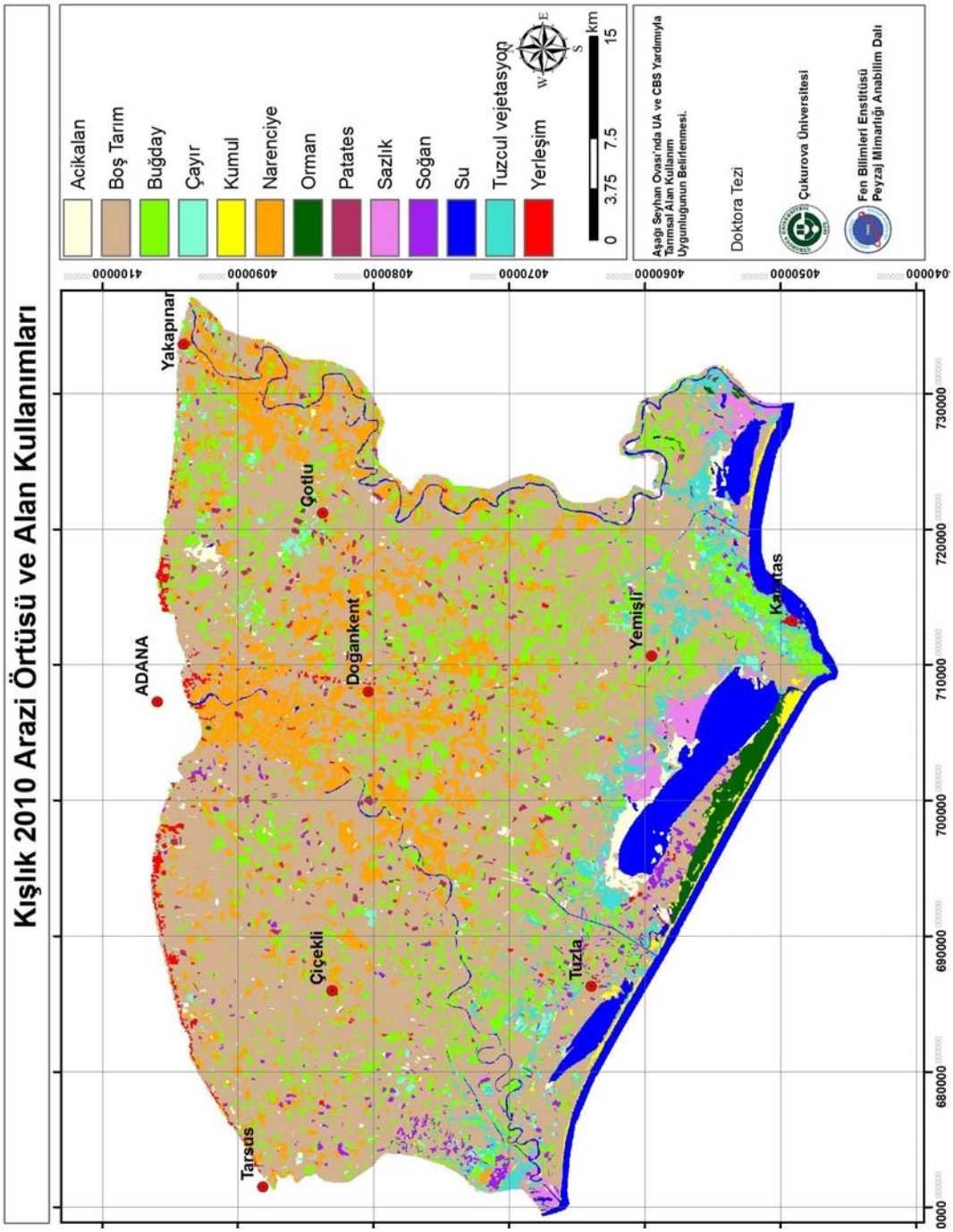
Sınıflar	Buğday	Soğan	Patates	Narenciye	Su	Boştarım	Açıkalan	Sazlık	Orman	Kumul	Yerleşim	Üretici doğruluğu	Kullanıcı doğruluğu	Kappa doğruluğu
Buğday	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	%72	%100	%100
Soğan	1	4	-	-	-	11	5	-	-	-	-	%36	%19	%15
Patates	-	-	17	1	-	-	-	2	-	-	-	%84	%85	%84
Narenciye	3	-	-	9	-	3	-	4	9	-	1	%90	%23	%23
Su	-	-	-	-	23	-	-	-	-	-	-	%92	%100	%100
Boştarım	-	-	-	-	-	35	-	1	-	-	-	%48	%97	%96
Açıkalan	-	-	-	-	-	2	18	-	-	-	-	%72	%90	%89
Sazlık	-	7	-	-	1	1	1	3	3	-	-	%53	%38	%34
Orman	-	-	1	-	1	-	-	-	18	-	-	%80	%80	%88
Kumul	-	-	-	-	-	9	-	-	-	9	3	%80	%43	%40
Yerleşim	-	-	-	-	-	12	1	-	-	1	7	%64	%33	%30
Genel doğruluk												%66		%62

iii) Bu sınıflama aşamasında bölütleme yapılmıştır ve her bölüte ait arazi örtüsünün belirlenmesi gerçekleitirilmiştir. Bölütleme işlemi ile, uydu verisindeki arazi örtüsü şekil, büyüklük, tekstür, homojenite, renk ve yansıma farklılıklarına bağlı olarak parsellere ayrılmıştır. DDA ve uzman hibrit sınıflandırmaları sonucunda elde edilen arazi örtüsü verisi her bir bölüte en yoğun arazi örtüsü atanacak şekilde obje tabanlı olarak sınıflanmıştır. Böylece, piksel tabanlı sınıflamadaki hatalı pikseller, aynı bölüt içerisindeki doğru sınıflanan çok sayıdaki pikselle aynı kategoriye atanmışlar ve sınıflama doğruluğunu yükseltmişlerdir (Çizelge 4.3, Şekil 4.8).

Çizelge 4.3. Obje tabanlı hibrit sınıflama doğrulukları ve DDA ile farkları

Sınıflar	Hibrit sınıflama Üretici doğruluğu	Hibrit sınıflama Kullanıcı doğruluğu	**Hibrit sınıflama Kappa doğruluğu**	**DDA kappa**	**Fark**
Buğday	%86	%100	**1**	**1**	**-**
Soğan	%100	%50	**0.48**	**0.15**	**0.33**
Patates	%100	%85	**0.84**	**0.84**	**-**
Narenciye	%86	%96	**0.95**	**0.23**	**0.72**
Su	%96	%100	**1**	**1**	**-**
Boştarım	%80	%96	**0.96**	**0.96**	**-**
Açıkalan	%95	%86	**0.85**	**0.89**	**0.04**
Sazlık	%90	%95	**0.95**	**0.34**	**0.61**
Orman	%100	%100	**1**	**0.88**	**0.12**
Kumul	%100	%100	**1**	**0.4**	**0.6**
Yerleşim	%95	%95	**0.95**	**0.3**	**0.65**
Cayir	%94	%75	**0.74**	**-**	**-**
Tuzculvej	%91	%95	**0.95**	**-**	**-**
Genel doğruluk	**%91**		**0.90**	**0.62**	**0.28**

Tarımsal ürün deseninin sınıflanmasında, çok zamanlı verilerin kullanılması her zaman avantaj sağlamaktadır. Ayrıca çok zamanlı görüntü kullanımı çalışma alanı gibi çok değişken ürün deseni yapısına sahip yerlerde önerilmektedir (Rajak ve ark., 2002; Murphy ve ark., 2003).



Şekil 4.8. Kışlık 2010 obje tabanlı arazi örtüsü ve alan kullanımları haritası

4.2.1.2. Aşağı Seyhan Ovası (ASO) 2010 Yazlık Ürün Deseni ve Arazi Örtüsünün Haritalanması

ASO 2010 yazlık ürün deseni bölgesel tarım alanlarındaki tarımsal ürün yetiştirme eğilimlerinin yıllık bazda değişimlerinin belirlenmesi için sınıflanmıştır. Bu kapsamda kışlık ürün deseninin sınıflanmasındaki benzer prosedür yazlık sınıflama içinde uygulanmıştır. Ancak, 1. ve 2. Tarımsal ürünlerin birbirlerinden ayrılması için kışlık yapılan sınıflamada ürün bulunan parsellerde, uzman sınıflandırması sürecinde, yazlık sınıflamada ürün bulunması halinde 2. Ürün olarak sisteme dahil edilmiştir. Böylece 1. ve 2. ürünler sorunsuz şekilde birbirlerinden ayrılmıştır.

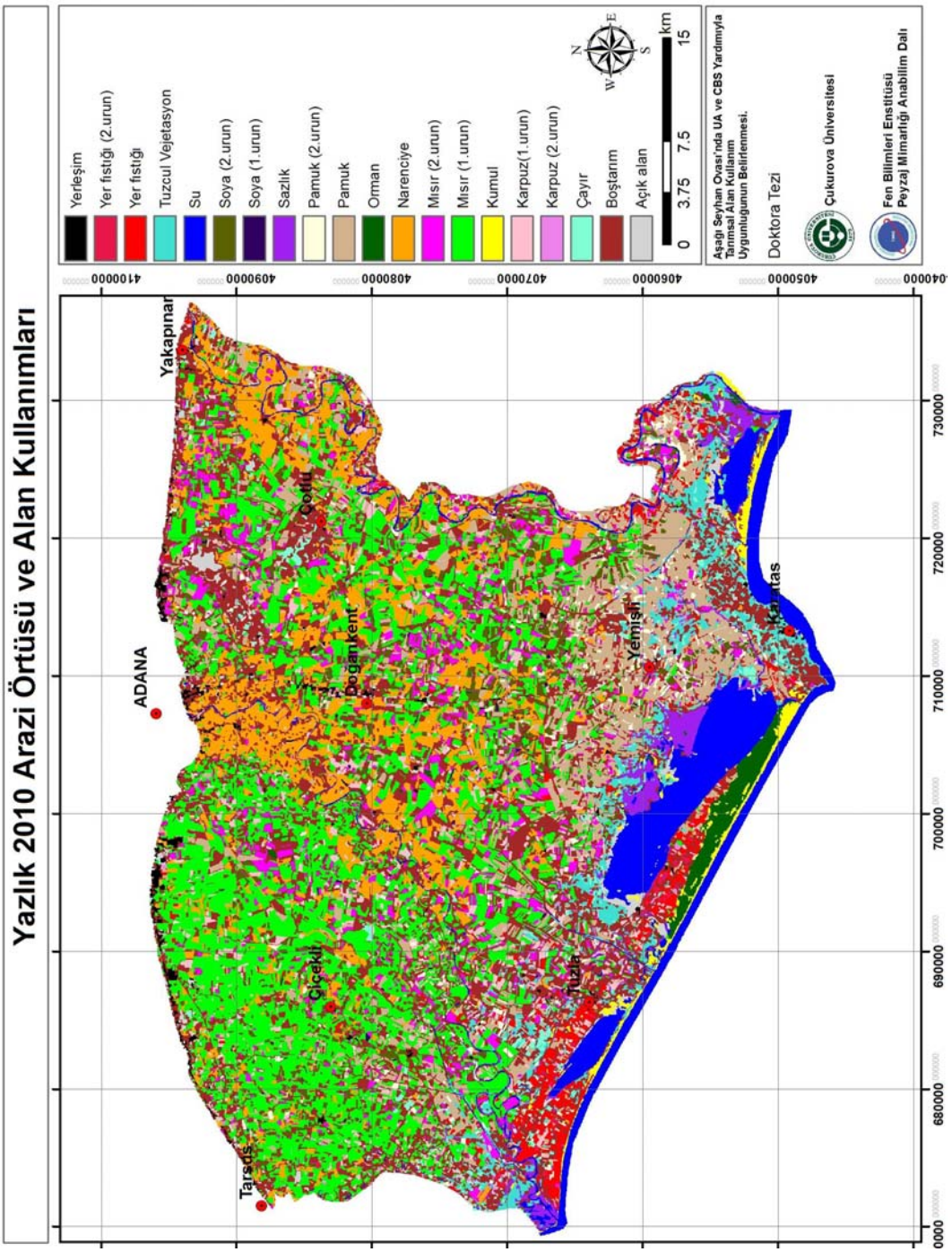
Yazlık ürün deseninin sınıflanmasında Landsat TM 20 Haziran ve NDVI verisi, 20 Ağustos ve NDVI verisi ve 24 Mart NDVI verileri doğrudan piksel tabanlı sınıflamada kullanılmıştır. Uzman sınıflandırması sürecinde ise Eylül NDVI ve Temmuz NDVI verileri de sınıfların ayırt edilmesinde kullanılmıştır. Eylül ve Temmuz verileri bulutlu veriler olduğundan, sınıflamaya doğrudan dahil edilmemiştir. Yer fıstığı tarımı yapılan bölgeler kısmen bulutsuz alanlar olduğundan dolayı, bu noktaların tahmininde uzman sınıflandırmasına dahil edilmiştir.

Temmuz verisi ise özellikle birinci ve ikinci ürün pamuk alanlarıyla mısır alanlarının ayrımlarında, yanlış sınıflama yapılan bazı alanların uzman sınıflandırmasında düzeltilmesinde kullanılmıştır.

2010 yazlık ASO arazi örtüsü / kullanımları genel sınıflama doğruluğu %92 olarak sınıflanmıştır (Çizelge 4.4, Şekil 4.9).

Çizelge 4.4. ASO 2010 yazlık Arazi örtüsü ve alan kullanımları (AÖAK) doğrulukları ve alansal miktarları

AÖ/AK	**ALAN (ha)**	**DOĞRULUK**
Mısır 1.ürün	51908	%98
Mısır 2.ürün	10219	%97
Soya 1.ürün	511	%100
Soya 2.ürün	7480	%100
Yer fıstığı 1.ürün	5398	%86
Yer fıstığı 2. Ürün	579	%83
Karpuz 1. Ürün	6869	%92
Karpuz 2. Ürün	375	%94
Pamuk 1. Ürün	24103	%100
Pamuk 2. Ürün	3614	%98
Boş tarım	49962	%100
Narenciye	24388	%95
Sazlık	3321	%93
Su	15446	%100
Orman	2313	%100
Kumul	2084	%100
Çayır	2308	%71
Tuzcul vejetasyon	7378	%97
Yerleşim	1536	%99
Açık alan	3850	%91
Genel doğruluk		**%92**



Şekil 4.9. ASO 2010 Yazlık ürün deseni ve arazi örtüsü haritası

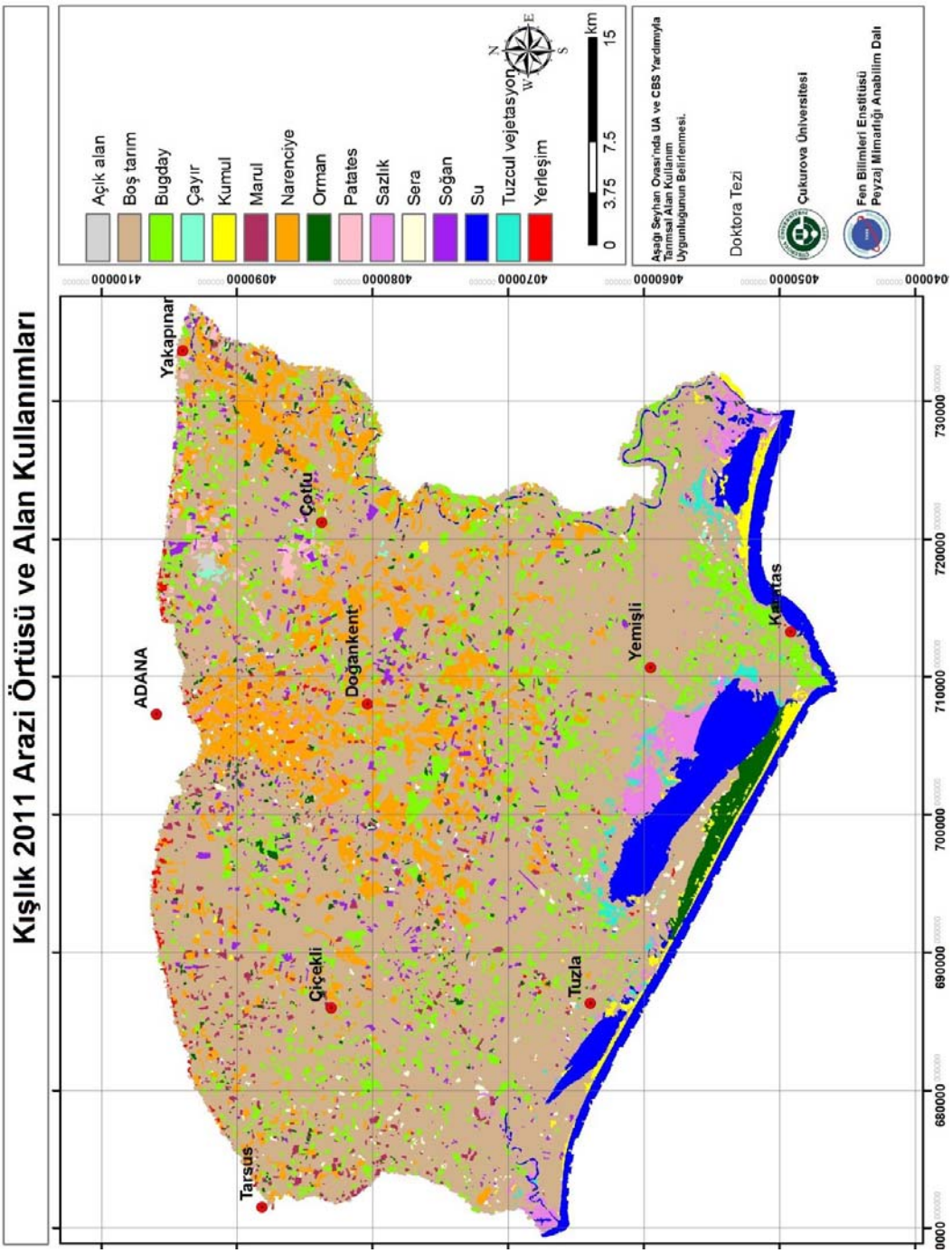
4.2.1.3. ASO 2011 Kışlık Ürün Deseninin ve Arazi Örtüsünün Haritalanması

2011 yılı kışlık ürün deseninin belirlenmesi için 2010 yılında da yapılan arazi çalışmaları ve transektleri izlenmiştir. Ayrıca Adana Tarım İl Müdürlüğü'nden de tarımsal ürün desenine ait veriler alınmıştır. Bu veriler sınıflama ve doğrulama amacıyla kullanılmıştır.

Bölgedeki tarımsal ürün deseni yazlık ve kışlık olarak değiştiği için 2011 yılı iki farklı zaman dilimine göre sınıflanmıştır. Kışlık sınıflamada Ocak 2011 ve Mart 2011 Landsat TM/ETM verileri kullanılmıştır. Tarımsal kullanımlar olarak, buğday, soğan, patates, marul, narenciye ve boş tarım alanları belirlenmiştir. Arazi örtüsü ve alan kullanımları bakımından, yerleşim, sazlıklar, kumullar, orman alanları, su yüzeyleri, açık alanlar, meralar ve tuzcul vejetasyon içeren bataklık ve çayırlar olarak belirlenmiştir (Şekil 4.10). Buğday ve narenciye boş tarım alanları dahil edilmediğinde tarım yapılan bölgenin %85'ini kaplamaktadır. Kışlık ürün deseni ve arazi örtüsü %87 genel doğruluk oranıyla 2011 yılı için belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. ASO 2011 Kışlık Arazi örtüsü ve alan kullanımları (AÖAK) doğrulukları ve alansal miktarları

AÖ/AK	**ALAN (ha)**	**DOĞRULUK**
Buğday	18222	%97
Narenciye	25600	%90
Patates	1231	%95
Soğan	3395	%91
Marul	3726	%100
Su	14311	%100
Açık alan	268	%100
Boş tarım	137849	%77
Çayır	2440	%76
Tuzcul vejetasyon	7050	%78
Kumul	2188	%100
Orman	3628	%90
Sazlık	3790	%92
Yerleşim	1850	%79
Sera	668	%93
Genel Doğruluk		**%87**



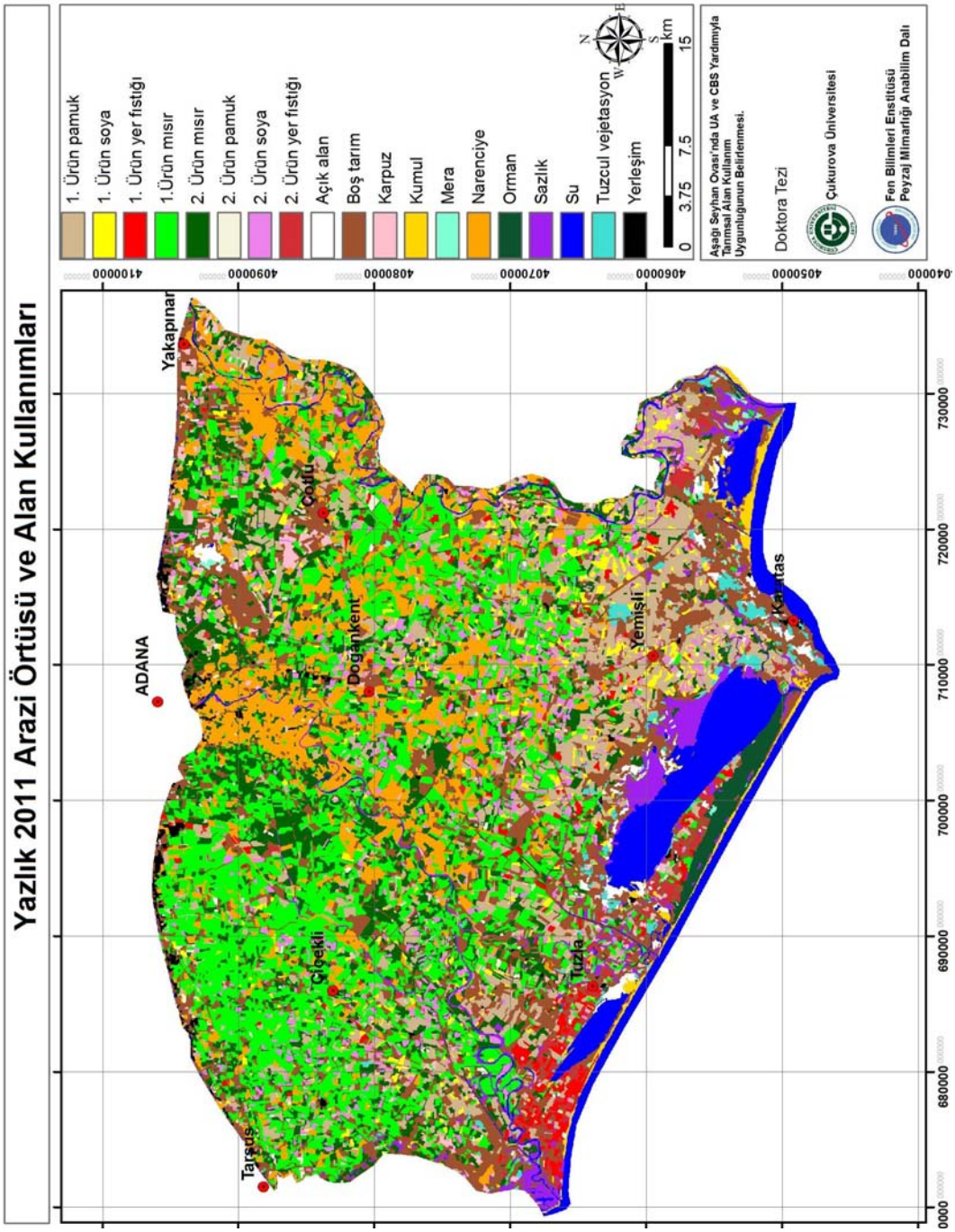
Şekil 4.10. Kışlık 2011 Ürün deseni ve Arazi Örtüsü Haritası

4.2.1.4. ASO 2011 Yazlık Ürün Deseninin ve Arazi Örtüsünün Haritalanması

Yazlık ürün deseninin sınıflanmasında 20 Haziran, 23 Agustos, 16 Eylül ve 2. Ürünlerin belirlenmesinde 24 Mart 2011 Landsat TM/ETM verileri kullanılmıştır. haziran verisi 1. Ürün mısır, ağustos verisi ise, pamuk, 2. ürün mısır, soya, eylül verisi ise özellikle yer fıstığının belirlenmesinde kullanılmıştır. Yazlık ürün deseninde, 1. ve 2. ürün mısır, 1. ve 2. ürün pamuk, 1. ve 2. Ürün soya, 1. ve 2. ürün yer fıstığı, karpuz ve narenciye ürünlerinin çalışma alanındaki yerleri ve dağılımları belirlenmiştir (Şekil 4.11). Toplamda 267 referans verisi ile yapılan doğrulamada %92 genel doğrulukla 2011 yılı yazlık ürün deseni ve arazi örtüsü sınıflanmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. ASO 2011 Kışlık Arazi örtüsü ve alan kullanımları (AÖAK) doğrulukları ve alansal miktarları

AÖ/AK	**ALAN (ha)**	**DOĞRULUK**
Mısır 1.ürün	45827	%96
Mısır 2.ürün	28912	%98
Soya 1.ürün	6131	%100
Soya 2.ürün	9155	%97
Yer fıstığı 1.ürün	3478	%89
Yer fıstığı 2. Ürün	2854	%81
Karpuz 1. Ürün	3068	%96
Karpuz 2. Ürün	215	%92
Pamuk 1. Ürün	24022	%100
Pamuk 2. Ürün	815	%91
Boş tarım	34684	%100
Narenciye	25649	%98
Sazlık	5635	%90
Su	14563	%100
Orman	3628	%100
Kumul	1723	%100
Çayır	2865	%73
Tuzcul vejetasyon	8329	%94
Yerleşim	1851	%96
Açık alan	1481	%90
Genel Doğruluk		**%92**



Şekil 4.11. ASO 2011 Yazlık ürün deseni ve arazi örtüsü haritası

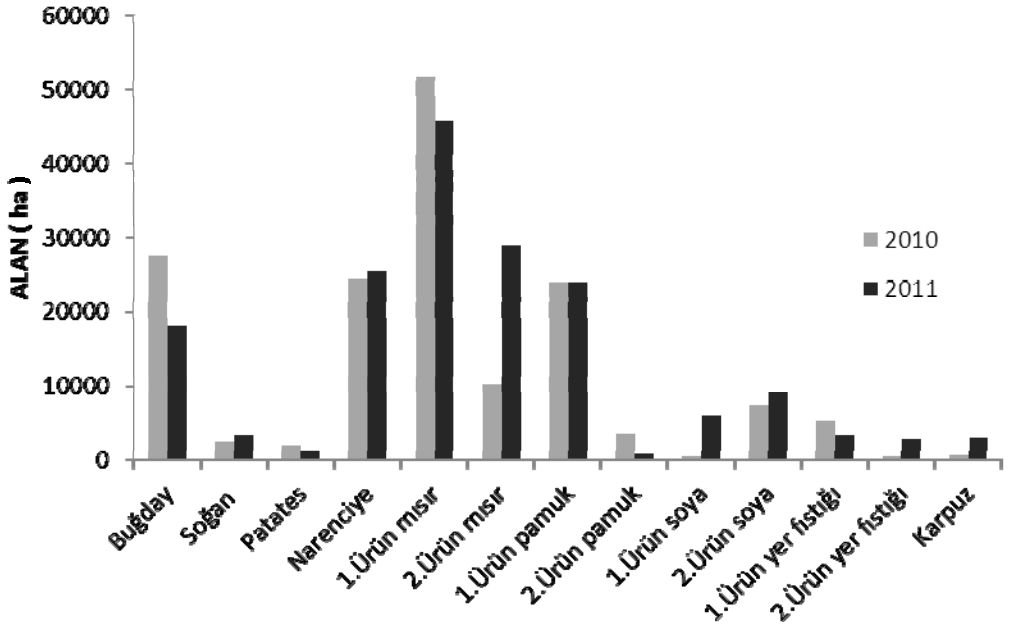
4.2.1.5. ASO 2010 ve 2011 Yılları Arasındaki Tarımsal Ürün ve Arazi Örtüsü Farklılıklarının Belirlenmesi

ASO bölgesindeki çiftçilerin tarımsal ürün yetiştirme konusundaki eğilimlerini ve değişkenlikleri belirlemek amacıyla, 2 yıllık ürün deseni ve arazi örtüsü karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. 2010 – 2011 yılları ASO AÖ/AK alansal farklılıkları

AÖ/AK	Kış (ha)			Yaz (ha)		
	2010	2011	Fark	2010	2011	Fark
Açık alan	3533	268	-3265	3850	1481	-2369
Boş tarım	131781	137849	6068	49962	34689	-15273
Buğday	27729	18222	-9507	-	-	0
Mera	2578	2440	-138	2308	2865	557
Kumul	2000	2188	188	2084	1723	-361
Narenciye	24388	25600	1212	24388	25649	1261
Orman	2900	3628	728	2900	3628	728
Patates	2075	1231	-844	-	-	0
Sazlık	2914	3790	876	3321	5635	2314
Soğan	2570	3395	825	-	-	0
Marul	-	3726	3726	-	-	0
Su	14152	14311	159	15446	14563	-883
Tuzcul vejetasyon	7078	7050	-28	7378	8329	951
Yerleşim	1850	1850	0	1851	1851	0
1. Ürün Mısır	-	-		51908	45827	-6081
2. Ürün mısır	-	-		10219	28912	18693
1. Ürün pamuk	-	-		24103	24022	-81
2. Ürün pamuk	-	-		3614	815	-2799
1. Ürün yer fıstığı	-	-		5398	3478	-1920
2. Ürün yer fıstığı	-	-		579	2854	2275
Karpuz	-	-		7130	3068	-4062
1. Ürün soya	-	-		511	6131	5620
2. Ürün soya	-	-		7480	9155	1675

Genel ürün tercihleriyle ilgili 2010 – 2011 yılları dikkate alındığında, eğilimlerde çok büyük değişiklikler görülmemesine rağmen, birinci ve ikinci ürün olarak tercihlerde farklılıklar dikkati çekmektedir. 2010 ve 2011 yılları arasında ikinci ürün mısırda %171 oranında artış olduğu belirlenmiştir. İkinci ürün pamukta ise %324 oranında düşüş olmuştur. Kışlık boş tarım alanları artarken, yazlık boş bırakılan tarım alanlarında azalma olmuştur. Birinci ürün soya yetiştiriciliği 2011 yılı içerisinde verilen teşviklerin bir sonucu olarak yaklaşık 12 kat artmıştır. İkinci ürün soyada da bir miktar artma olmuştur. Buğday tarımında ise %34'lük bir azalma olmuştur. Narenciye alanları bölgede her yıl artma eğilimdedir. Bu artış 2010 – 2011 yılları arasında %5.17 oranındadır. Birinci ürün mısır üretimi ise yaklaşık 6000 ha azalmıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. ASO 2010 – 2011 yılları tarımsal alanlar

Çalışma alanındaki tarımsal ürün yapısında 2010 – 2011 yılları arasında tespit edilen eğilimlere benzer olarak Çetin ve ark., (2012a) yaptıkları çalışmada, çalışma alanının bir bölümünü kapsayan Akarsu sulama havzası' ndaki buğday yetiştiriciliğinin 2009 – 2010 yılları arasında da azaldığını tespit etmişlerdir. Birinci ürün soya tarımının 2009 yılında neredeyse hiç yapılmadığını, ancak 2010 ve özellikle 2011 yılında artış gösterdiğini saptamışlardır. Sonuçlar bu çalışmadaki

bulguları destekler niteliktedir ve teşviklerin bölgedeki tarıma etkin bir şekilde yön verdiğini göstermektedir.

4.3. Toprak Tuzluluğunun Haritalanması

Toprak tuzluluğu ASO Bölgesindeki en önemli tarımsal risk faktörüdür. Bu riskin tanımlanması ve uygunluk analizlerine dahil edilmesi, sürdürülebilir ve doğru planlama için gereklidir. Çalışma alanı dışındaki diğer tarım alanlarında da bölgeye özel riskler olabilir. Örneğin, engebeli tarım arazilerinde erozyon, ormanlık alanlara yakın tarım arazilerinde de anız sonucu yangın riskleri, ağır sanayi veya termik santral yakınlarında ise toprakta ve bitkide biriken ağır metaller bir risk faktörü olarak tanımlanıp, planlamalar yapılmalıdır.

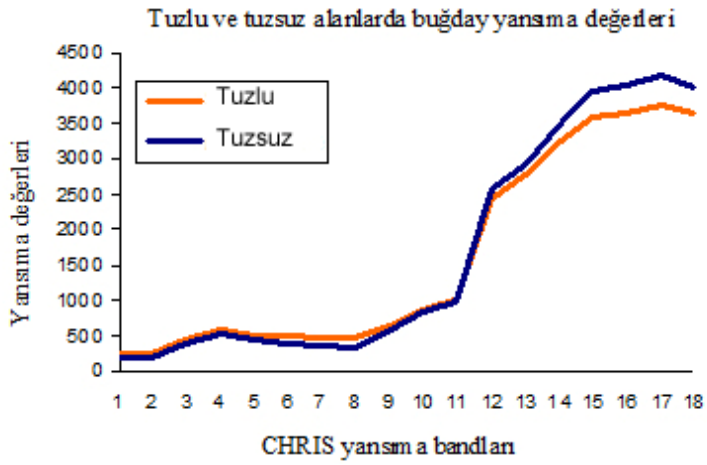
Bölgedeki tuzluluğun haritalanması iki aşamada yapılmıştır. İlk aşamada CHRIS verileri ve indikatör bitkiler yardımıyla toprak tuzluluğu zamansal olarak saptanmış ve en yüksek tuzluluk ölçümlerinin alındığı zaman aralığı tespit edilmiştir. Bunun yapılmasının iki nedeni vardır. Öncelikle toprak tuzluluğu dinamik bir değişkendir. Dönemsel olarak farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar çok marjinal olmasa da narenciye tarımına uygun alanların belirlenmesi gibi durumlarda uygunluk analizlerindeki hataları arttırabilmektedir. İkinci nedeni ise çalışma alnının zamansal olarak tamamını gezmek ve ölçüm yapmak oldukça ciddi bir maliyet, zaman ve insan gücü gerektirmektedir. Bu nedenle, sadece tuzluluğun en yüksek olduğu dönemdeki tuzluluk haritalanmıştır.

4.3.1. CHRIS PROBA Verisi ile Tuzluluğun Haritalanması

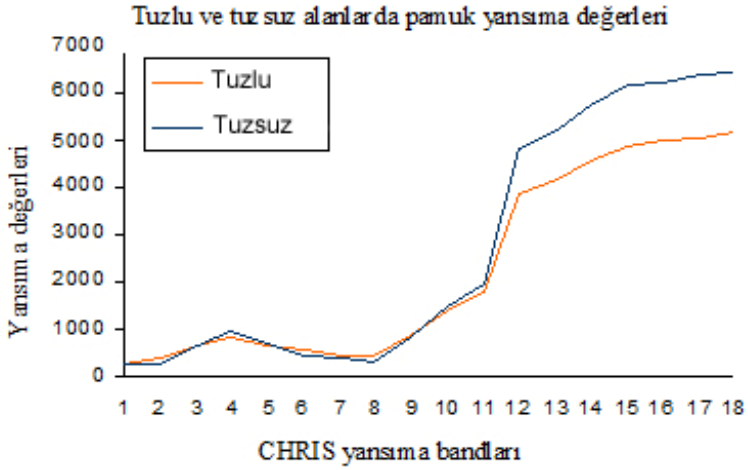
Toprak tuzluluğu Yemişli pilot alanında CHRIS PROBA verisi kullanılarak ESA (European Space Agency) category 1 projesi kapsamında uydu verilerinin ücretsiz olarak temini karşılığında haritalanmıştır. Bu alanın seçilmesinin nedeni sulanabilen ve sulanamayan arazileri birlikte içermesinin yanı sıra tuzluluk sorununun en çok yaşandığı bölgelerin burada olması ve aynı saha içerisinde tuzluluk sorunu yaşanmayan bölgeleri de bulundurmasıdır. 2008 – 2009 yılları boyunca

Mayıs 2008, Temmuz 2008, Ağustos 2008, Aralık 2008, Nisan 2009, Ağustos 2010 ve Ekim 2010 zamanlarında bulutsuz veya az bulutlu CHRIS PROBA uydu verileri temin edilmiştir.

Tuzluluk ölçümleri EM 38 aleti yardımıyla yapılmış ve CHRIS verisindeki buğday, mısır ve pamuk yansımalarıyla karşılaştırılarak alandaki tuzluluk saptanmaya çalışılmıştır. Spektroradiometre ve CHRIS algılayıcılarıyla yapılan çalışmada özellikle buğday ve pamuk ürünlerinin tuzlu ve tuzsuz alanlarda kızılötesi yansıma aralıklarında farklılık gösterdiği saptanmıştır. Kızılötesi yansıma aralığı, bir bitkideki klorofil miktarı ve yaprak alan indeksiyle doğru orantılıdır (Şekil 4.13 - 4.14).

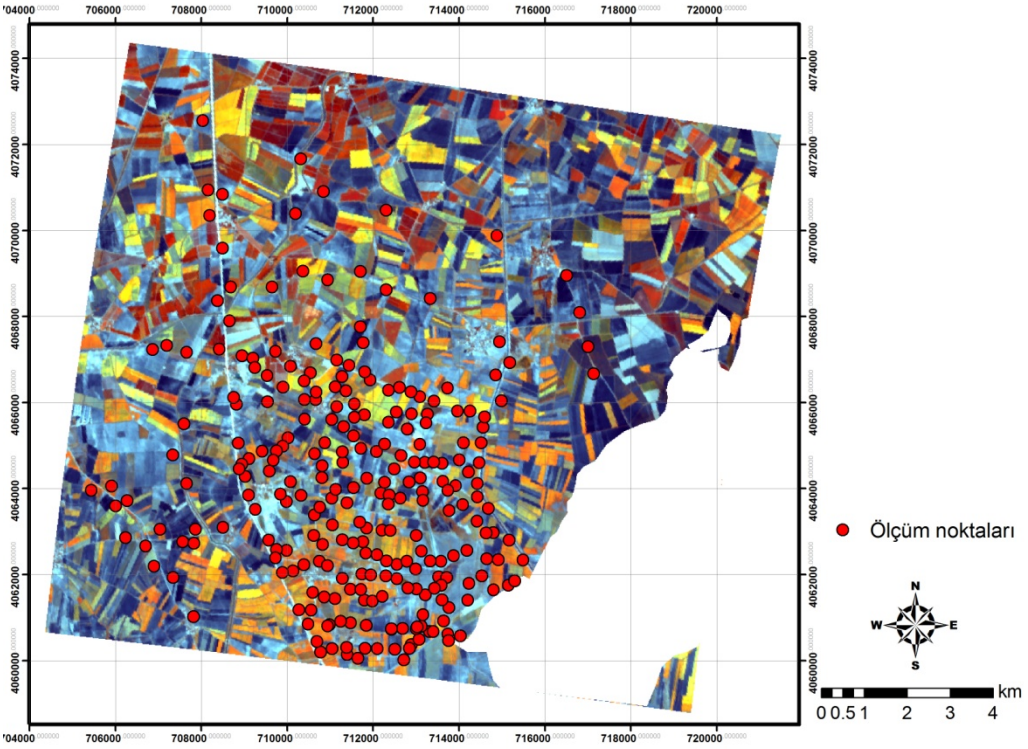


Şekil 4.13. Buğday yansıma değerleri (DN)



Şekil 4.14. Pamuk yansıma değerleri (DN)

Nisan (buğday yetişme zamanı), Mayıs, Ağustos, Ekim (pamuk yetişme zamanı) aylarında yapılan çalışmalarda nisan ayında modellemede kullanılabilir durumda buğday alanlarından 60, Ekim ayında ise toplam 270 örnek toplanmış ancak bunların 82 tanesi pamuk alanlarından alınmış ve modellemede kullanılmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Tuzluluk ölçümü yapılan alanlar (Yemişli pilot alanı CHRIS verisi 13-11-8 bant kombinasyonu) bulutlu alanlar maskelenmiştir.

Örnekleme yapılan bölgeler alanın genel özelliklerini yansıtan yerlerdir ve tuzluluk sorunu yaşanan noktalarla, bu sorunun az olduğu bölgelerden alınmıştır. 2008 – 2009 – 2010 yıllarında tuzluluk ölçümleri uydu geçişiyle eş zamanlı olarak yapılmıştır.

Yapılan EC (elektrik iletkenliği) ölçümleri sonucunda toplanan tuzluluk verileri CHRIS yansıma bantlarıyla eşleştirilmiştir. Bu kapsamda, adımsal regresyon yöntemleri kullanılarak tuzluluk tahmininde kullanılabilecek en iyi bant kombinasyonları belirlenmiştir.

Tuzluluk tahmini yapılırken en iyi gösterge ürünler olarak belirlenen buğday ve pamuk tarımsal ürünlerinin yansıma özellikleri kullanılmıştır. Tuzlu ve tuzsuz toprakta yansıma özellikleri farklı olan bu ürünlerin yansımalarıyla aynı noktalarda ölçülen EC değerleri karşılaştırılarak, bir regresyon modeli üretilmiştir. İki modelde de farklı değişkenler kullanılmıştır. Bu değişkenleri ve model geçerliliklerini, Çizelge 4.8' de görmek mümkündür.

Çizelge 4.8. Uygulanan adımsal regresyon eşitlikleri ve korelasyonları

Dönem	R	Model Eşitliği
26 Mayıs 2008	0.98	EC = - 2.62 + 0.0311 b1 – 0.00829 b3 – 0.0163 b4 – 0.00621 b8 + 0.0133 b11 +0.00913 b12 – 0.00750 b13 + 0.0134 b14 – 0.00940 b17 + 0.00925 b18
15 Temmuz 2008	0.88	EC = -0.005 b2 + 0.00614 b9 – 0.000485 b18
29 Ağustos 2008	0.95	EC = - 0.0173 b1+ 0.0085 b3 – 0.066 b6 + 0.0182 b8 – 0.0037 b13 + 0.0029 b18
11 Ekim 2008	0.95	EC = - 0.0127 b3 + 0.00946 b5 + 0.0047 b8 – 0.00375 b11 + 0.00486 b14 – 0.003 b17
03 Aralık 2008	0.86	EC = 0.0020 b1 + 0.00154 b8 – 0.00136 b9 + 0.000112 b17
22 Nisan 2009	0.95	EC = -0.014 b2 – 0.017 b4 + 0.03 b5 + 0.019 b6 – 0.019 b9 + 0.001 b14
16 Ağustos 2010	0.98	EC = 0.006 b8 + 0.009 b1
16 Ekim 2010	0.82	EC = -0.012 b1 – 0.041 b2 + 0.041 b3 + 0.018 b4 – 0.03 b5 + 0.045 b6 – 0.011 b8 – 0.006 b10 + 0.0004 b13 + 0.00002 b17 – 0.001 b18

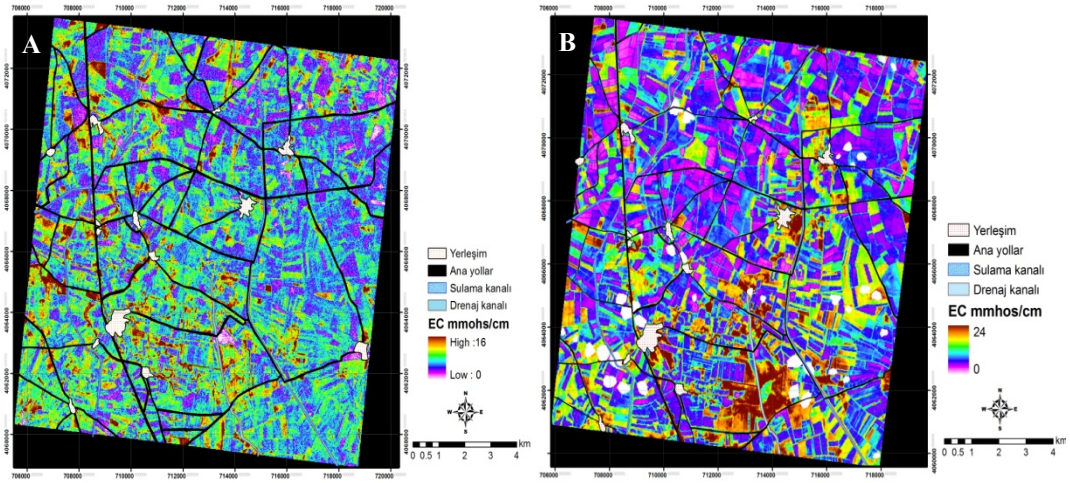
Model geçerlilikleri tek başlarına uygulanan modelin doğruluğunu vermemektedir. Bu nedenle, en az 8 nokta kullanılarak doğruluk analizleri yapılmıştır. R ve R^2 değerleri yüksek çıkmıştır ancak bu durum tahminin doğruluğunu kesinleştirmemektedir. Bunun nedeni, tuzluluğun rakamsal olarak tahmininde bazı kısıtlamalar olmasıdır. Buğday ve pamuk mevsimlerinden, bu ürünlerin yetişmediği yerlerdeki tuzluluğun tahmininde özellikle yüksek tuzluluk sorunu yaşanan yerlerde kesin rakamsal tahmin yapmak mümkün değildir. Ancak, eğilim olarak tahmin değerleri yüksek doğrulukla çıkmaktadır (Çizelge 4.9). En yüksek tuzluluk miktarı Ağustos aylarındaki ölçüm ve tahminlerde gözlemlenmiştir. Bu tarihlerde, yağışın olmaması toprağın yıkanamamasına ve mevsim sıcaklıklarının ortalama 35 C° civarında olması, özellikle salma sulama yapılan alanlarda

buharlaşmanın artmasına neden olmaktadır. Bunun bir sonucu olarak da tuzluluk seviyelerini arttırmaktadır. Yapılan analizler sonucunda buğday zamanı ve pamuk zamanında Yemişli pilot alanının maksimum tuzluluk haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.16).

Çizelge 4.9. CHRIS verisi tuzluluk tahmin başarısı ve maksimum tahmin edilen tuzluluk miktarları

Dönemler	**R**	**R^2**	**Maksimum EC (dS/m^2)**	**P**
26 Mayıs 2008	0.93	0.86	14	***
15 Temmuz 2008	0.91	0.83	21	***
29 Ağustos 2008	0.77	0.60	24	*
11 Ekim 2008	0.84	0.71	20	**
03 Aralık 2008	0.83	0.69	16	**
22 Nisan 2009	0.87	0.75	16	**
16 Ağustos 2010	0.91	0.83	24	***
16 Ekim 2010	0.92	0.85	22	***

(* ** *** önem düzeyi P < 0,05 - 0,01 - 0,001)

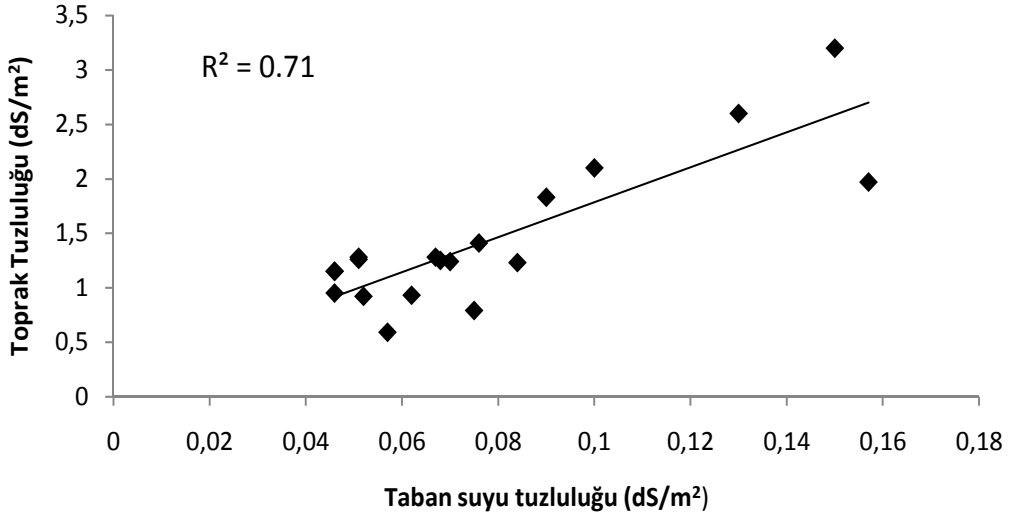


Şekil 4.16. Yemişli Bölgesi buğday zamanı (A) ve pamuk zamanı (B) maksimum tuzluluk haritaları.

4.3.2. ASO Maksimum Tuzluluk Haritasının Üretilmesi

Toprak tuzluluğunun haritalanması için 2 farklı veri türü kullanılmıştır. İlk veri araziden doğrudan toplanan ve EM 38 aletiyle ölçülen verilerdir. EM 38 aleti toprak elektriksel iletkenliğini ölçerek, Araguez ve ark. (2011) ve Çetin ve ark., (2012b)' de belirtilen bir dönüştürme formülleriyle dS/m^2 cinsinden toprak tuzluluk değerini vermektedir. Temmuz ve Ağustos 2010 arasında 3 farklı pilot alanda doğrudan ölçüm yapılmıştır. Bunlar Akarsu, Yemişli ve Kıyı bölgeleri olarak tanımlanmıştır. Bu dönemde tuzluluk verisinin toplanmasının nedeni, CHRIS uydu verisiyle 2008 – 2009 – 2010 yıllarında yapılan ölçümlerde, en yüksek tuzluluk değerlerinin Temmuz sonu Ağustos ortası kaydedilmesidir.

İkinci tip veri ise DSİ (Devlet Su İşleri)' nin yaptığı taban suyu tuzluluğu ölçümlerinden elde edilmiştir. DSİ çalışma alanındaki yaklaşık 1026 kuyudan taban suyu seviyesi ve Temmuz – Ağustos dönemlerinde taban suyu tuzluluğu ölçümleri yapmıştır. Bu ölçüm sonuçları, kuyuların hemen yakınındaki alanlardan, EM 38 yardımıyla ölçülen toprak tuzluluğu verileriyle ilişkilendirilmiştir. Aradaki ilişkiye bağlı olarak, taban suyu tuzluluk ölçümleri yüksek korelasyonla (Şekil 4.17) toprak tuzluluğuna dönüştürülmüştür.



Şekil 4.17. Ölçülen taban suyu tuzluluğu ve toprak tuzluluğu arasındaki ilişki ($P<0.01$).

Taban suyu tuzluluğu ve toprak tuzluluğu arasında doğrusal ve iyi bir tanımlama ilişkisi vardır. Taban suyu tuzluluğuna göre toprak tuzluluğunu tanımlayacak olursak:

$$Tt = 16.054 * Tb + 0.1791 \quad (4.1)$$

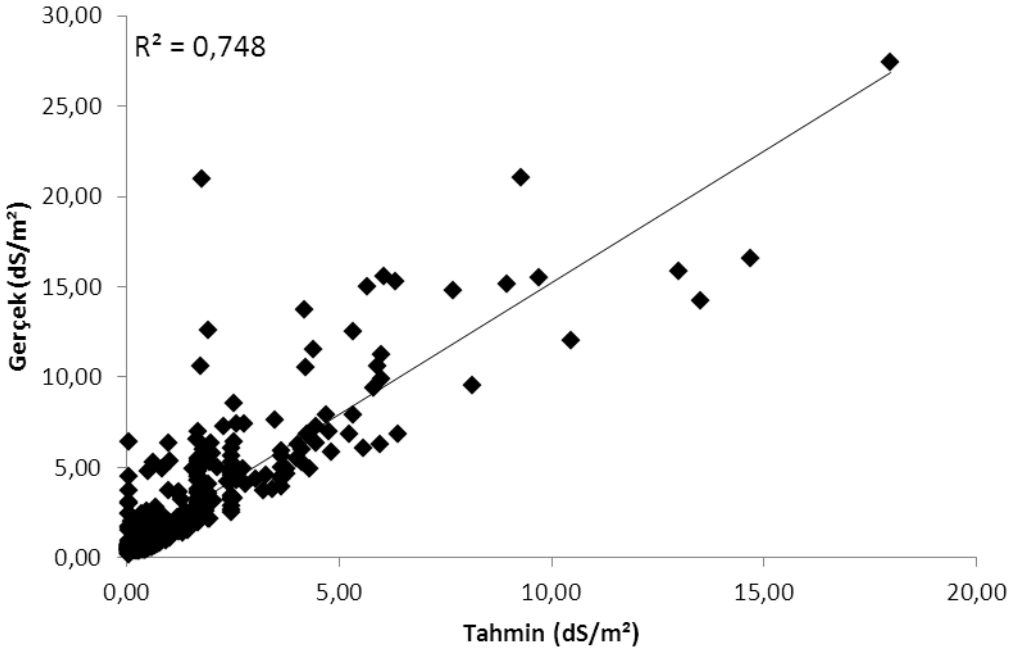
Tt: Toprak tuzluluğu

Tb: Taban suyu tuzluluğu

Çalışma alanında yapılan 1236 EM ölçümü ve 1026 toprak tuzluluğuna dönüştürülmüş taban suyu tuzluluk ölçümü, Radyal tabanlı fonksiyon (RTF) kullanılarak haritalanmıştır. Bu yaklaşım, polinomal derecelendirme sistemi ve doğrusal ağırlıklandırma mantığı kullanarak, bilinen noktalardan bilinmeyen noktaların tahminini sağlamaktadır. Yöntemin avantajı, tahmin için kullanılan veri setinin maksimum ve minimum değerlerinin dışında kalan bölgelerde de veri dağılımına uygun bir polinom uydurabilmesine olanak sağlamasıdır.

Toplamda 2262 noktanın 414'ü yapılan haritalama ve tahminin doğrulaması için geri kalan noktalar ise haritalama için kullanılmıştır.

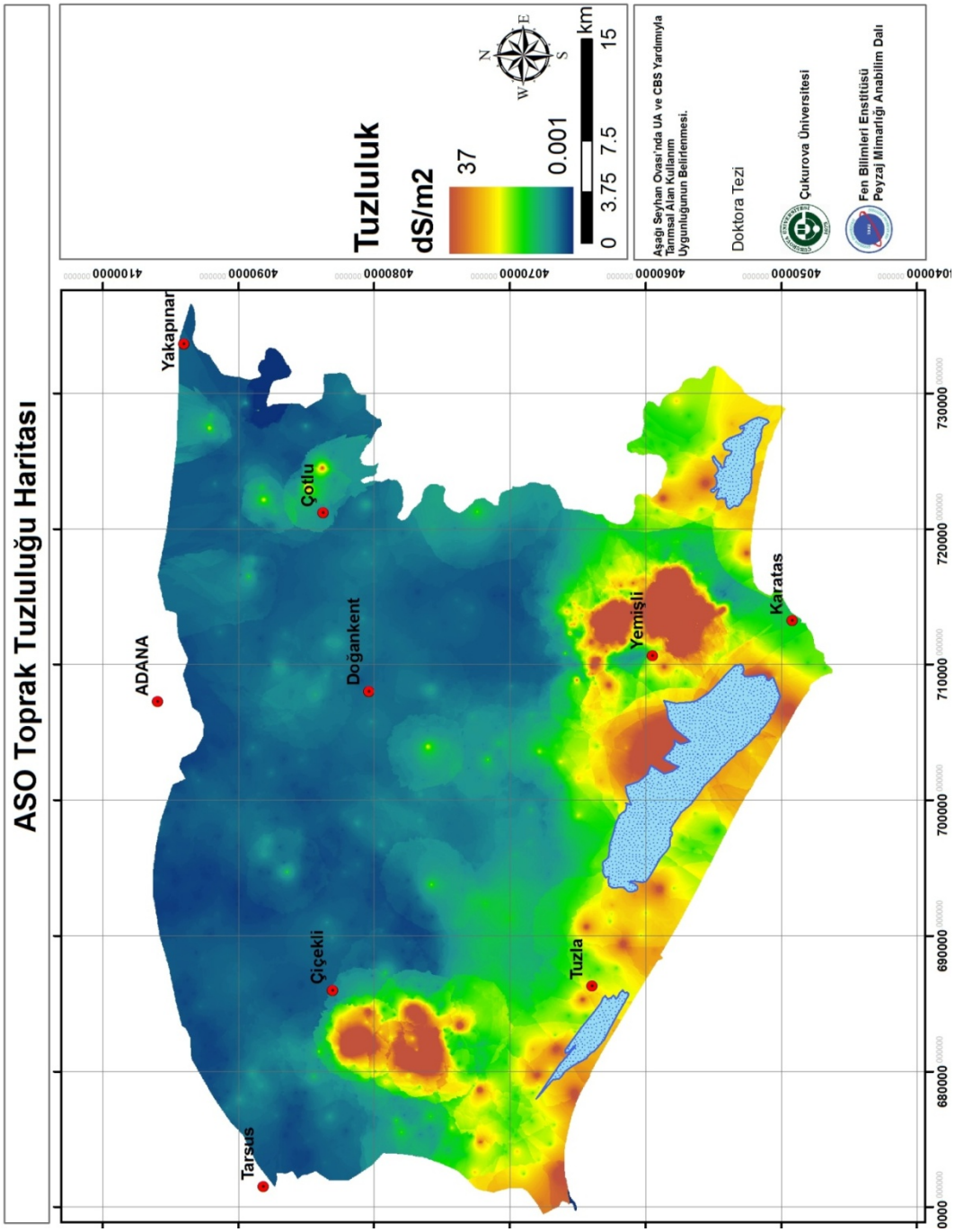
ASO bölgesinin maksimum toprak tuzluluğu haritası 1.32 dS/m^2 ortalama hata payıyla ve $R^2 = 0.75$ tanımlama katsayısıyla haritalanmıştır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Toprak tuzluluğu haritası doğruluğu (P<0.01)

Toprak tuzluluğu haritası kabul edilebilir doğruluk aralıklarında bütün ASO için üretilmiştir (Şekil 4.19). Üretilen bu harita, alanın tarımsal kullanım uygunluğu için risk faktörlerinin değerlendirilmesi kapsamında çok kriterli analiz yöntemine, ürün verimliliği temel alınarak yapılan standardizasyon işleminden sonra dahil edilmiştir.

Bu bölgede, özellikle yemişli alanında yapılan ölçümlerde 30 dS/m^2'den yüksek değerler ölçülmüştür. Bununla birlikte Araguez ve ark., (2011) Akarsu Sulama Havzası içerisinde yaptıkları çalışmada 0 – 0.54 dS/m^2 arasında değerlerin değişkenlik gösterdiğini saptamışlardır. Bu çalışmada da benzer bulgular elde edilmiş Akarsu Sulama Havzası içerisindeki en yüksek tuzluluk 0.7 dS/m^2 en düşük ise 0 dS/m^2 olarak saptanmıştır.



Şekil 4.19. ASO maksimum toprak tuzluluğu haritası

4.4. Toprak Haritaları

Doğrudan uygunluk analizlerinde kullanılmak üzere, vektör formatındaki değişmeyen toprak özelliklerinin her birisi toprak serileri temel alınarak, ayrı olarak raster haritalara dönüştürülmüştür. Bu dönüştürme sırasında, harita projeksiyonu olarak UTM WGS 84, 36. Kuzey zonu formatında veri dönüştürülmüş ve yersel çözünürlük, diğer uydu verileriyle uyumlu olması açısından 30m'ye ayarlanmıştır.

Beş temel değişmeyen toprak verisi bu kapsamda düzenlenmiştir. Toprak derinliği, toplam porozite, kil, silt ve kum yüzdeleri ayrı olarak harita formatına dönüştürülmüştür.

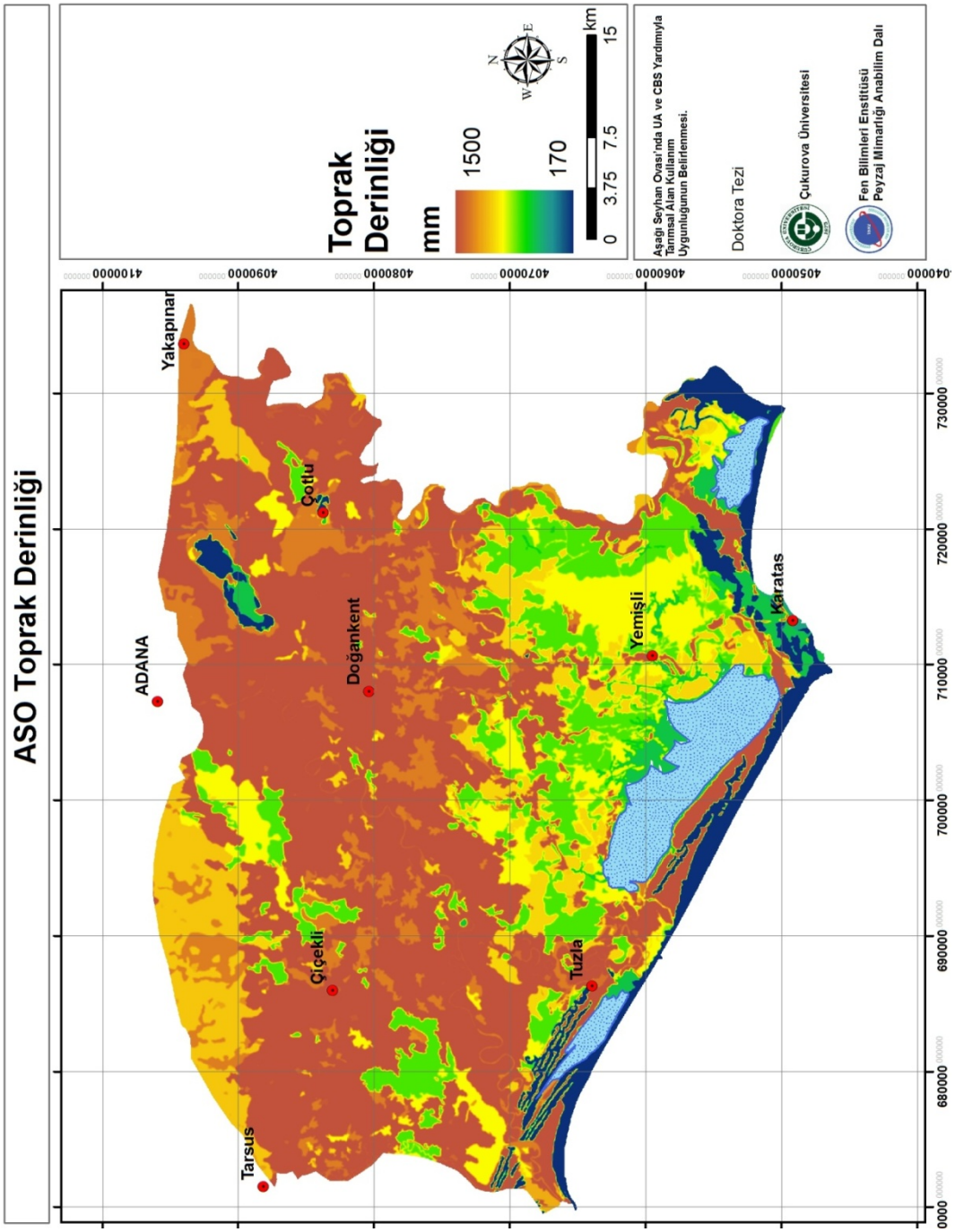
Toprak derinliği mm cinsinden verilip, her bir seride farklıdır. Çalışma alanında, en derin toprak 1500 mm en sığ toprak ise 170 mm olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.20). Bitki köklerinin yeterli miktarda gelişebilmesi ve bitki su alımı açısından önemli bir veridir.

Toplam porozite yüzde olarak belirtilmektedir. Toprağın içerisinde yer alan boşluk ve parçacık yapısına göre, toplam su tutabilme kapasitesini belirler. Porozite değerleri içerisindeki makro boşluklar hava boşluklarını, mikro boşluklar ise tarla kapasitesini belirler. Toprağın suyu tutma kapasitesi toprak nemi ve fotosentez sürekliliği açısından önemlidir (Yeşilsoy, 1992), (Şekil 4.21).

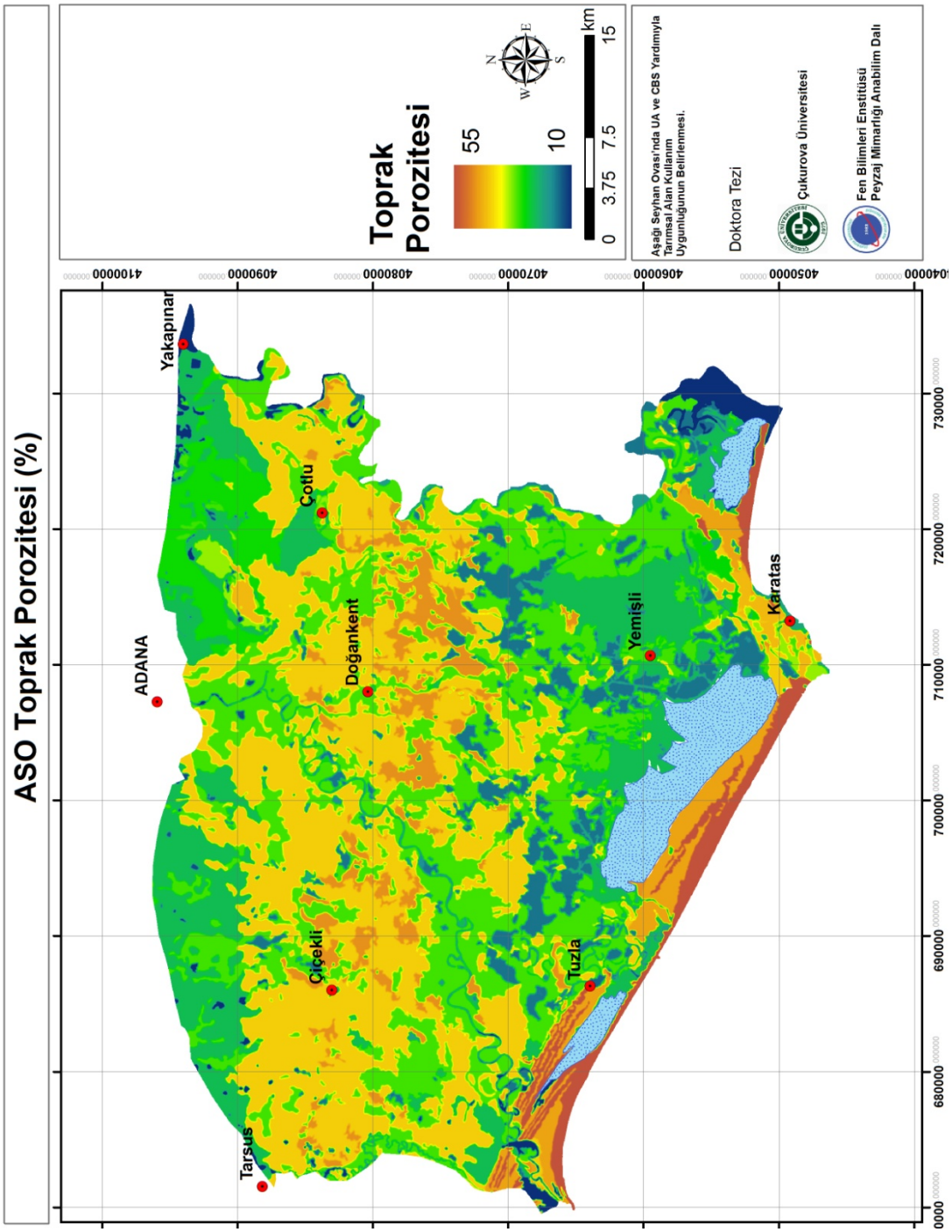
Toprak kil miktarı, toprak bünyesinin ağır yada hafif olmasını etkileyen en önemli mineral etkenlerdendir. Özellikle, toprak drenaj kabiliyeti, bitki kök gelişim oranı ve tuzlulaşma gibi etkenlerle doğrudan ilişkilidir (Şekil 4.22).

Toprak silt miktarı, yüzde olarak ifade edilir. Parçacık tutunumu kil kadar fazla değildir ancak hemen dağılmaz. 0.2 – 0.5 µ arasındaki genişliğe sahip toprak parçacıklığını ifade eder (Şekil 4.23).

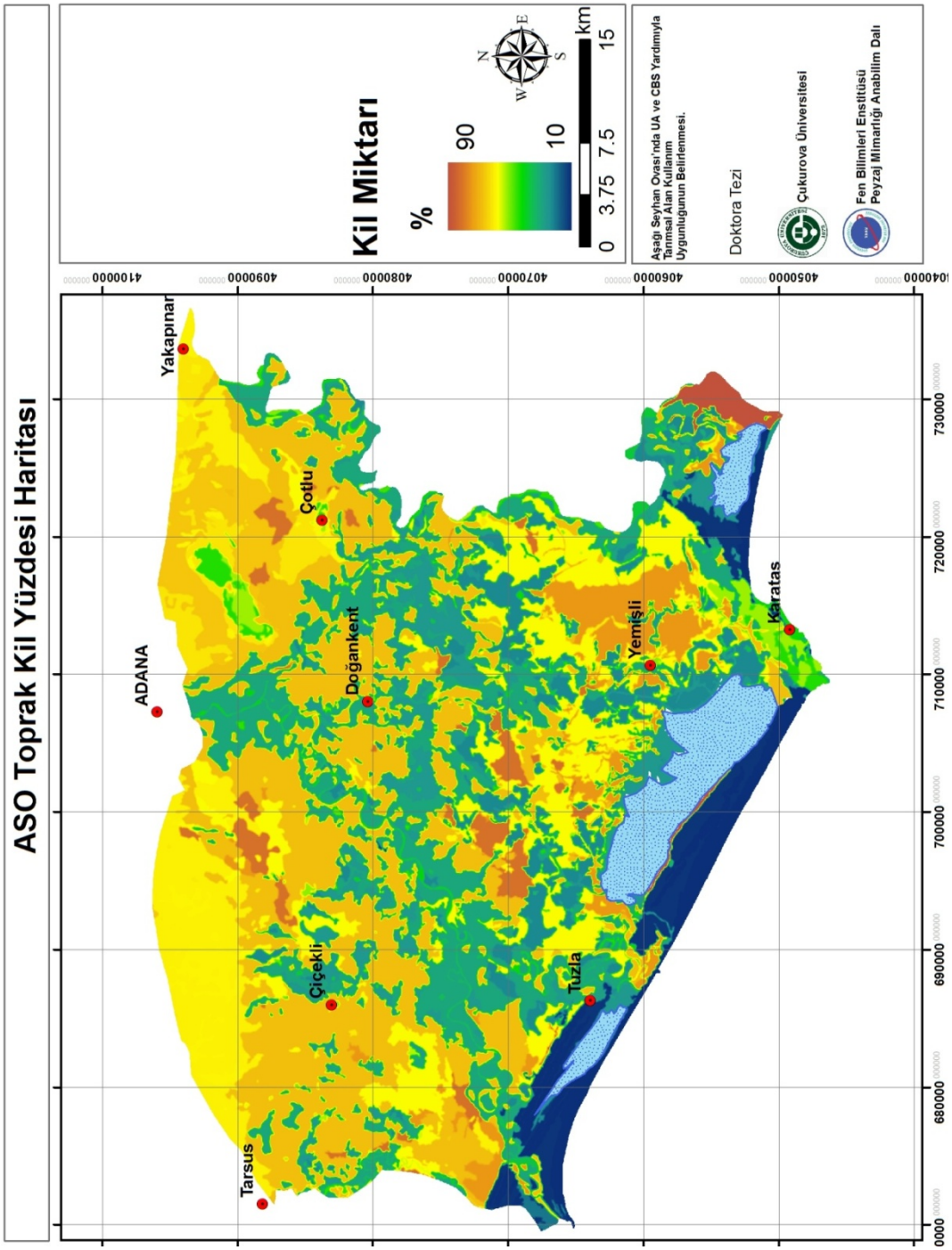
Toprak kum miktarı, kil ve silt gibi yüzde olarak ifade edilir. Kumlu toprakların su tutma yetenekleri azdır. Gevşek topraklar olduğu için kök gelişimi iyi gibi görünse de, su hızlı drene olduğundan, aşırı kumlu topraklar tarım için elverişli değildir (Şekil 4.24).



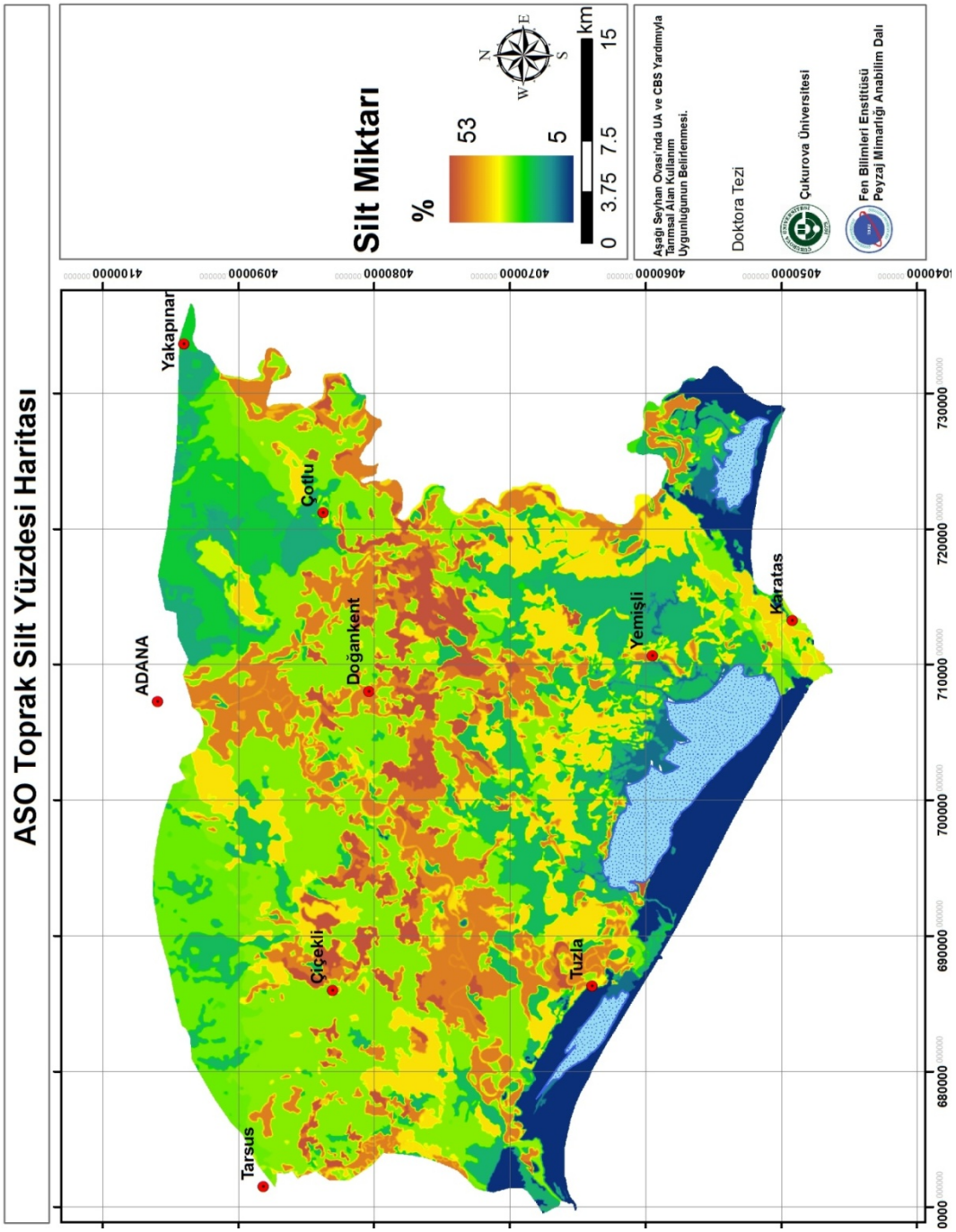
Şekil 4.20. ASO toprak derinliği haritası (Dinç ve ark. 1990'dan düzenlenmiştir).



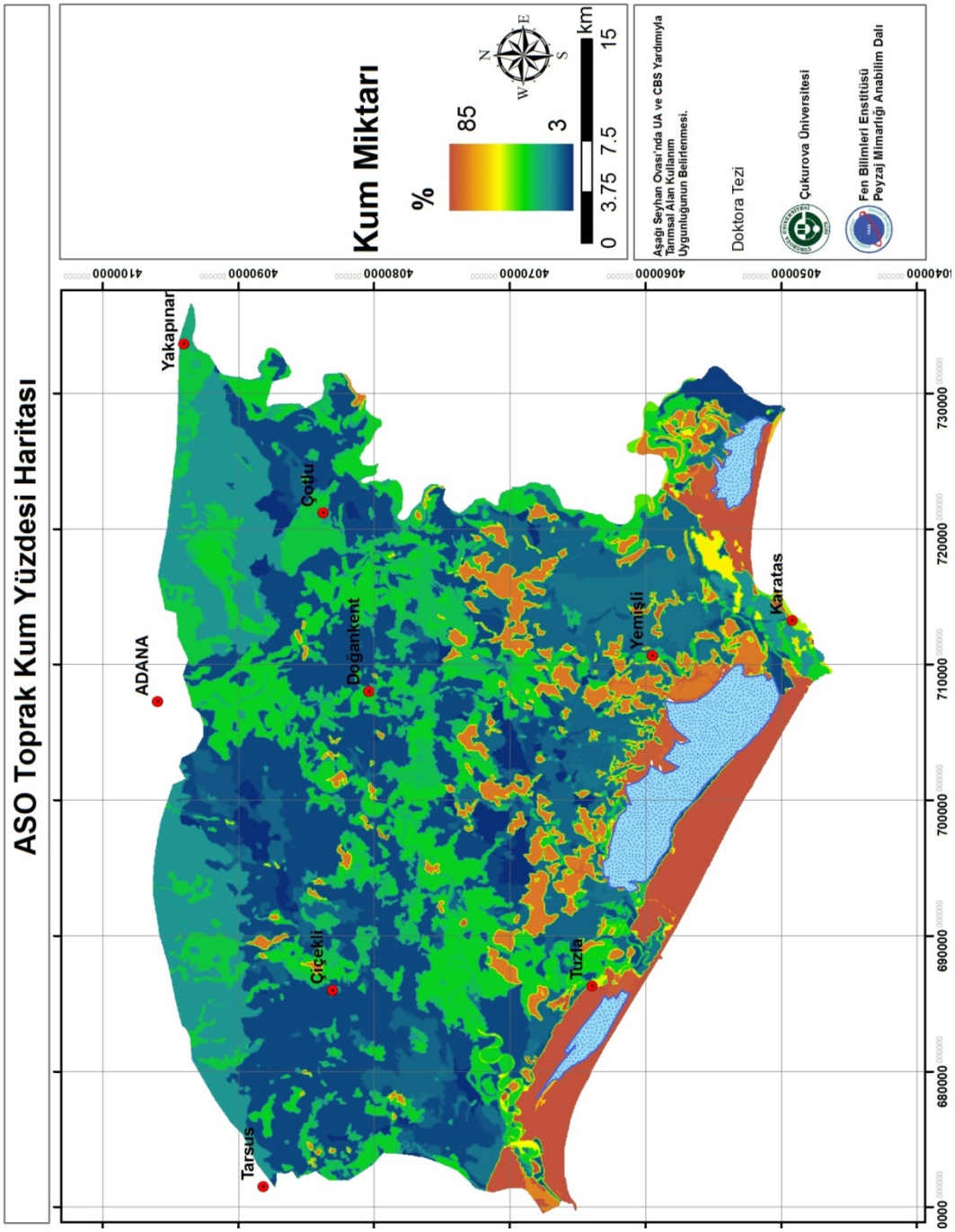
Şekil 4.21. ASO toplam porozite haritası (Dinç ve ark. 1990'dan düzenlenmiştir)



Şekil 4.22. ASO toprak kil yüzdesi haritası (Dinç ve ark. 1990'dan düzenlenmiştir)



Şekil 4.23. ASO toprak silt yüzdesi haritası (Dinç ve ark. 1990'dan düzenlenmiştir)



Şekil 4.24. ASO toprak kum yüzdesi haritası (Dinç ve ark. 1990'dan düzenlenmiştir)

4.5. ASO Bölgesi Buğday, Mısır ve Pamuk Ürün Verimliliklerinin Tahmini

Tarımsal ürün verimliliğinin tahmin edilmesine yönelik bir çok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerin her birisi farklı koşullarda yada farklı veri setleri kullanılarak uygulandığında diğerinden daha başarılı veya başarısız olabilirler.

Tarımsal ürün verimliliği, uzaktan algılama yöntemleriyle saptamak için çeşitli mekanik modeller (DSSAT, APEX, NASA-CASA), istatistiksel modeller ya da işlem tabanlı modeller (PROMET-V) kullanılabilir (Bach ve Mauser, 2002).

4.5.1. Çalışma İçin İdeal Verim Tahmin Yönteminin Belirlenmesi

Bu modeller içerisinden en iyisini seçmek için öncelikle en kolay uygulanabilen ve çok kapsamlı veri istemeyen istatistiksel modeller üzerinde durulmuştur. Sonrasında ise kolay uygulanabilir mekanik bir model olan NBÜ tabanlı verim tahmin modeli denenmiştir. Bir çok işlem tabanlı modelin de, temel algoritmalarını oluşturan NBÜ tabanlı ürün gelişim modeli ve istatistiksel modeller, buğday bitkisinde denenmiştir.

Buğdayın seçilmesinin nedeni kolay çalışılabilir olması ve Çukurova Bölgesi'nde sulama yapılmadan tamamen yağışa bağlı bir tarım ürünü olması ve verim hesaplamalarını saptırabilecek nitelikte bir sulama yapılmamasıdır.

4.5.1.1. İstatistiksel Verim Tahmin Modellerinin Uygulanması

Buğday 2010 ürün verimliliğinin tahmin edilmesi için üç farklı istatistiksel model, alandan toplanan buğday hasat verilerine göre üretilmiştir. Bu çerçevede, buğday yeşil aksanının en iyi olduğu 24 Mart tarihine ait Landsat ETM verisinden üretilen vejetasyon ve toprak indeksleri, araziden toplanan hasat verileriyle karşılaştırılmıştır.

Vejetasyon indislerinin üretilmesinin nedeni, atmosferik etkilerin en aza indirilmesi, daha sonraki yıllara da uygulanabilir bir standart sistem geliştirilmesi ve

literatürdeki indislerin, bitkinin veya toprağın farklı özelliklerini niteleyebilecek özelliklere sahip olmasıdır.

Yedi farklı indeks tahmin edici değişken olarak Landsat verisinden üretilmiştir (Şekil 4.25). Bunlar:

NDVI: Normalize edilmiş fark vejetasyon indeksi, bitkideki klorofil (a) miktarıyla doğru orantılıdır. Bitkinin sağlık durumunu gösteren bir indikatördür.

PVI: Perpendicular (dikey) vejetasyon indeksi NDVI dan farklı olarak kırmızı ve kızılötesi bandlardaki toprak yansımalarının aralarındaki doğrusal ilişkiye göre, her bir pikselin bu doğruya olan dikey mesafesini baz alarak hesaplanır. Pozitif değerler vejetasyon olan yerleri ifade eder sıfıra yakın değerler ve negatif değerler ise su alanlarını ifade eder.

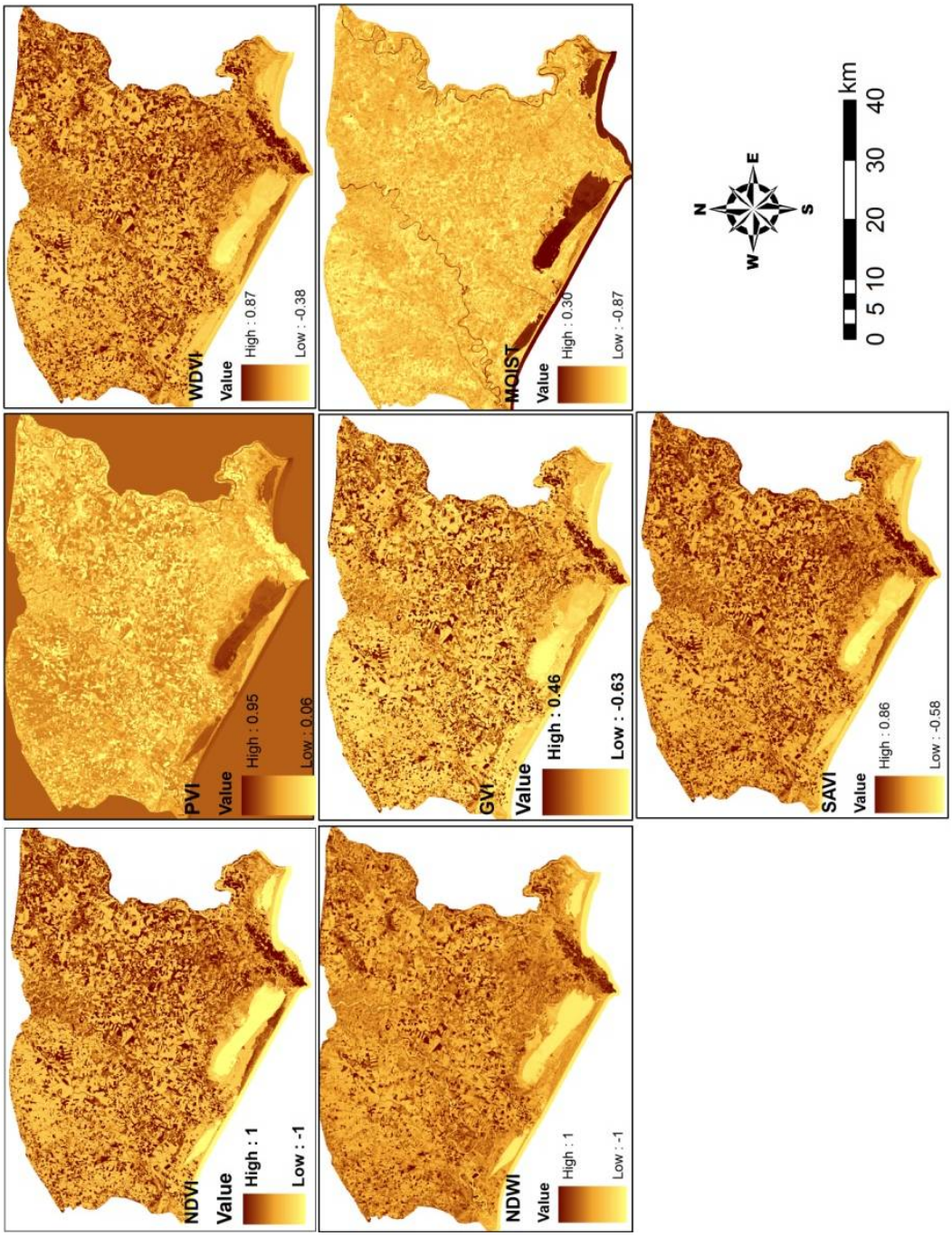
WDVI: Ağırlıklandırılmış vejetasyon fark indeksi vejetasyon olan yerlerle olmayan yerlerin ayırımının kolaylaşması açısından DVI indeksinin yeniden ağırlıklandırılmasıyla elde edilmektedir.

NDWI: Normalize edilmiş fark su indeksi bitkinin içerdiği su miktarıyla doğru orantılıdır. Değer arttıkça su miktarı fazla, düştükçe azdır.

GVI: Yeşil vejetasyon indeksi veya tasselled cap yeşil aksan indeksi bitkilerdeki yeşil aksanı ve sarı aksanı ayırt etmede kullanılmaktadır.

MOIST: Tasseled cap nem indeksi toprak yüzey nemiyle doğru orantılıdır.

SAVI: Toprak parlaklık faktörü dikkate alınarak hesaplanmış vejetasyon indeksidir. NDVI' a benzer ancak vejetasyon arasındaki toprak yansımalarından kaynaklanan sapmaları, belirlenen sabit bir etki katsayısıyla azaltır. Böylece, NDVI dan farklı olarak toprakların verdiği yansımada dikkate alınarak bir hesaplama yapılır.



Şekil 4.25. Kullanılan vejetasyon indisleri

İlk kullanılan istatistiksel model AR (Adımsal regresyon) modelidir. Bu modelde araziden toplanan hasat verileri ve oluşturulan 7 indeks verisi arasındaki ilişkiye bakılmıştır. Bu çerçevede, hasat verilerini tahmin etmede en başarılı indeksler belirlenmiştir. Bu yönteme göre:

$$Verim = 166.277+30.128 * \boldsymbol{NDWI} + 631.257 * \boldsymbol{NDVI} + 903.214 * \boldsymbol{MOIST} \quad (4.2)$$

Regresyon formülü ortaya çıkmıştır. Buradaki verilere bakıldığında, toprak nemi, bitkinin su içeriği ve klorofil içeriğiyle, verimliliğin çok yüksek oranda ilişkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Diğer indeksler AR yönteminde gerekli görülmediğinden elenmiştir.

Çizelge 4.10. Adımsal regresyon yöntemi model geçerliliği

Yöntem	**R**	**R^2**	**RMSE**	**F**	**P**
AR	0.815	0.665	54.84	7.941	0.003

* 0.01 güven aralığında test edilmiştir.

Bir diğer istatistiksel model için ET (Eğri tahmini) yöntemi kullanılmış ve verimle en iyi uyuşan veri NDVI olarak belirlenmiştir. Model geçerliliği 0.01 güven aralığında test edilmiştir. Sonuçlara göre, uygulanabilir modeller arasında olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.11). Buna göre:

$$Verim = 731.59 * \boldsymbol{NDVI}^{0.8782} \quad (4.3)$$

Çizelge 4.11**.** Eğri tahmini eşitlik modeli geçerliliği

Yöntem	**R**	**R^2**	**RMSE**	**F**	**P**
ET	0.862	0.742	62	40.352	0.00001

* 0.01 güven aralığında test edilmiştir.

Son kullanılan istatistiksel model ise KEKR (kısmi en küçük kareler regresyon) modelidir. Bu model, diğer iki modelden farklı olarak, arazide yapılan ölçüm sayısı toplam tahmin edici değişken sayısından fazla olmasa bile kullanılabilen bir regresyona dayalı tahmin yöntemidir. Standart regresyondan farklı olarak, katsayılar belirlenirken korelasyon eğrisi eğimine göre gruplandırılır ve her bir grup kendi içerisinde ayrı olarak değerlendirilip, korelasyon eğrisine yakınlaştırılır. Böylece, standart regresyona göre hata payı düşer. Bu yönteme göre;

Eşitlik 4.4. belirlenmiştir. Bu eşitlikte tüm değişkenler kullanılmıştır. Model geçerliliği test edilmiştir (Çizelge 4.12).

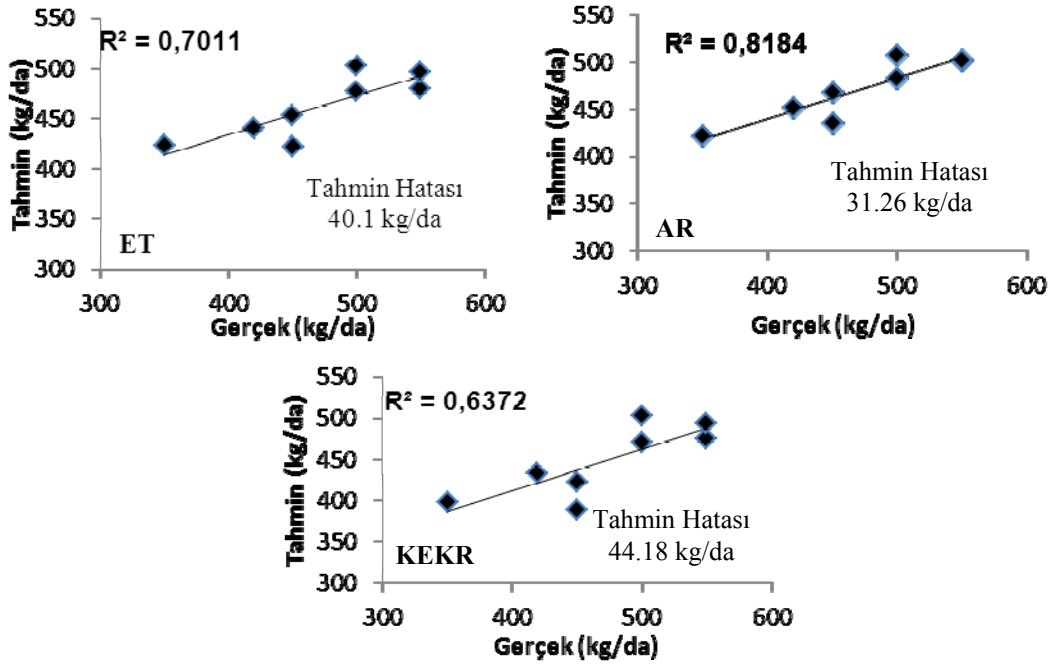
$$\text{Verim} = 300.389 * 101.197 * \text{WDVI} + 124.108 * \text{SAVI} - 135.467 * \text{PVI} + 54.139 * \text{NDWI} + 123.285 * \text{NDVI} + 395.968 * \text{MOIST} + 145.638 * \text{GVI} \quad (4.4)$$

Çizelge 4.12. Kısmi en küçük kareler model geçerliliği

Yöntem	R	R^2	RMSE	F	P
KEKR	0.70	0.48	46.87	21.54	0.00001

* 0.01 güven aralığında test edilmiştir.

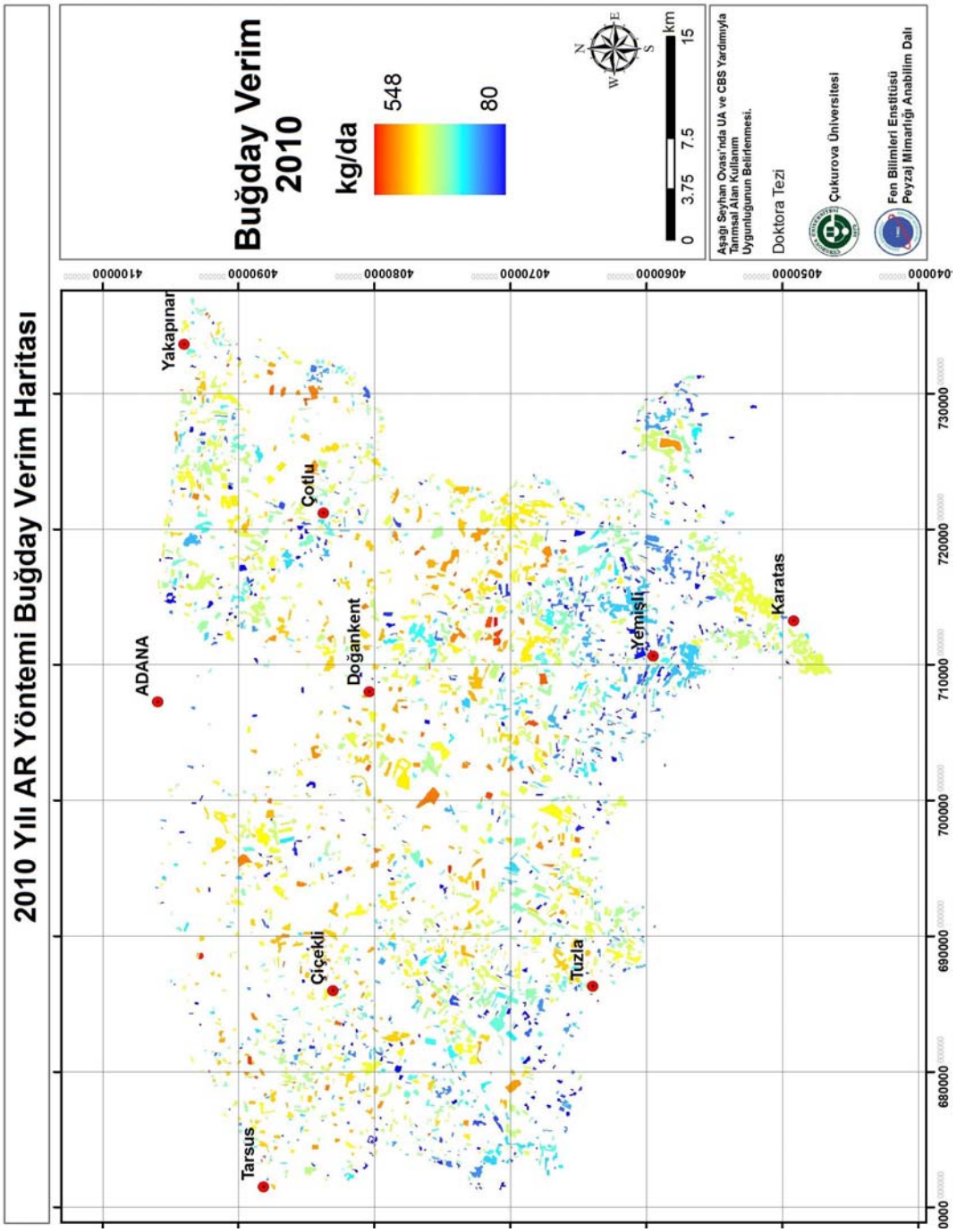
Doğruluk Oranları ve Buğday Verim Haritası: Uygulanan 3 istatistiksel modelin her birisi modelleme için kullanılmayan ve doğrulama için ayrılan 8 buğday parseli kullanılarak test edilmiştir. Yöntemler içerisinde en iyi sonuç vereni 31.26 kg/da hata payıyla AR yöntemi olmuştur. Onu sırasıyla, 40.1 kg/da ve 44.18 kg/da'lık hata paylarıyla ET ve KEKR teknikleri izlemiştir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. AR, ET ve KEKR yöntemlerinin doğrulukları ve ortalama hataları (P<0.01)

Doğruluk analizleri sonucunda, en doğru yöntem olarak belirlenen AR yöntemi kullanılarak buğday verimliliği haritalanmıştır (Şekil 4.27). 2010 yılı çalışma alanındaki buğday verimi 116632.5 ton olarak hesaplanmıştır. Ortalama 409 kg/da üretim yapılmıştır. Ortalama verim tahmin hata yüzdesi, %7.6'dır.

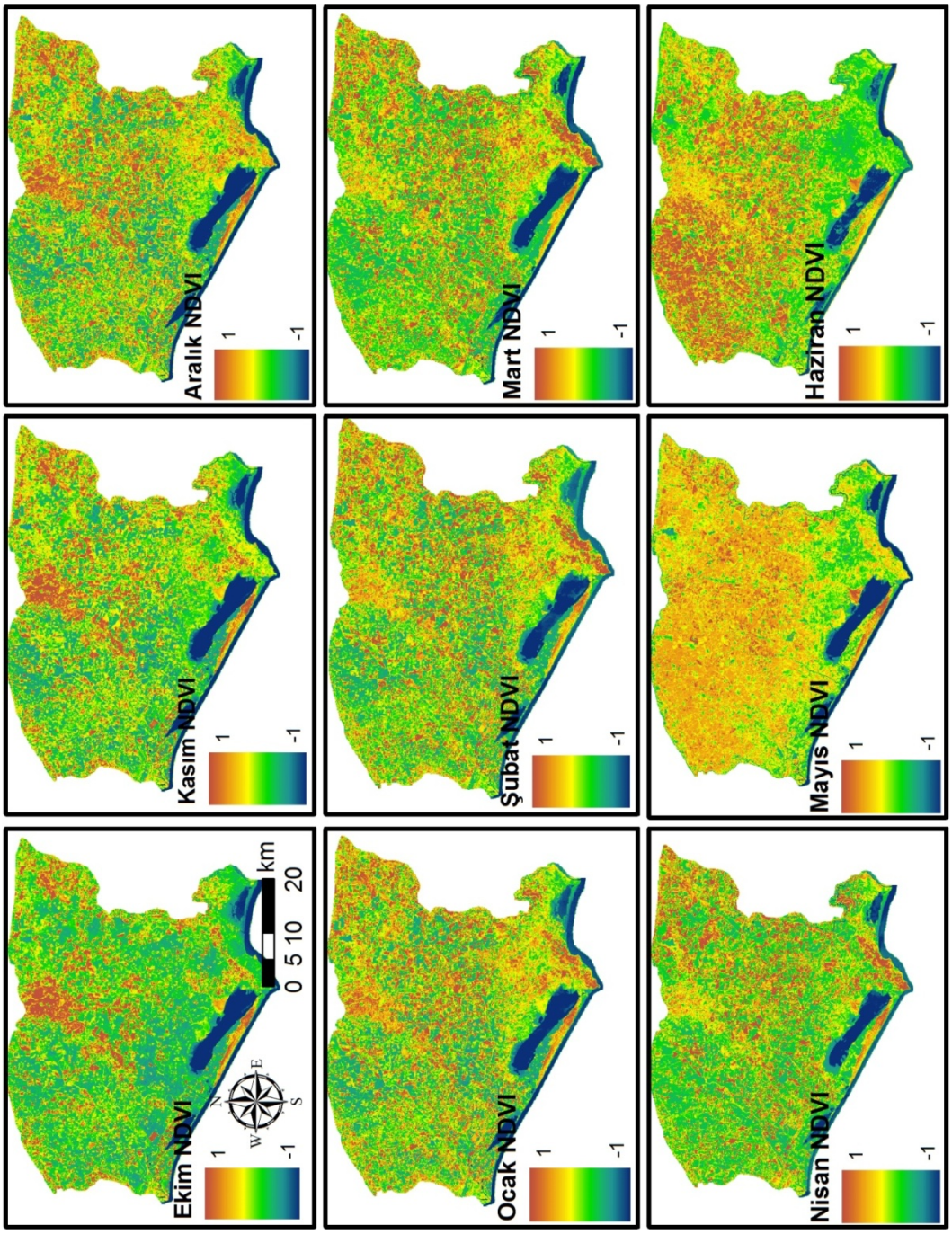
Ortalama verim bölge koşullarına göre düşük çıkmıştır. Bunun nedeni 2010 yılında yağışların 2011 yılına göre toplamda yaklaşık olarak 100 mm düşük olması ve yağış rejiminin düzensiz olmasıdır. Müjdeci ve ark. (2002), Çukurova Bölgesi'ndeki buğday veriminin 350 – 650 kg/da arasında değişkenlikler gösterdiğini ve yağışlarla yüksek oranda ilişkili olduğunu belirtmiştir.



Şekil 4.27. AR yöntemi 2010 yılı buğday verimi dağılımı haritası

4.5.1.2. Net Birincil Üretim Tabanlı Mekanik Verim Tahmin Modelinin Uygulanması ve 2010 Yılı Buğday Verim Tahmini

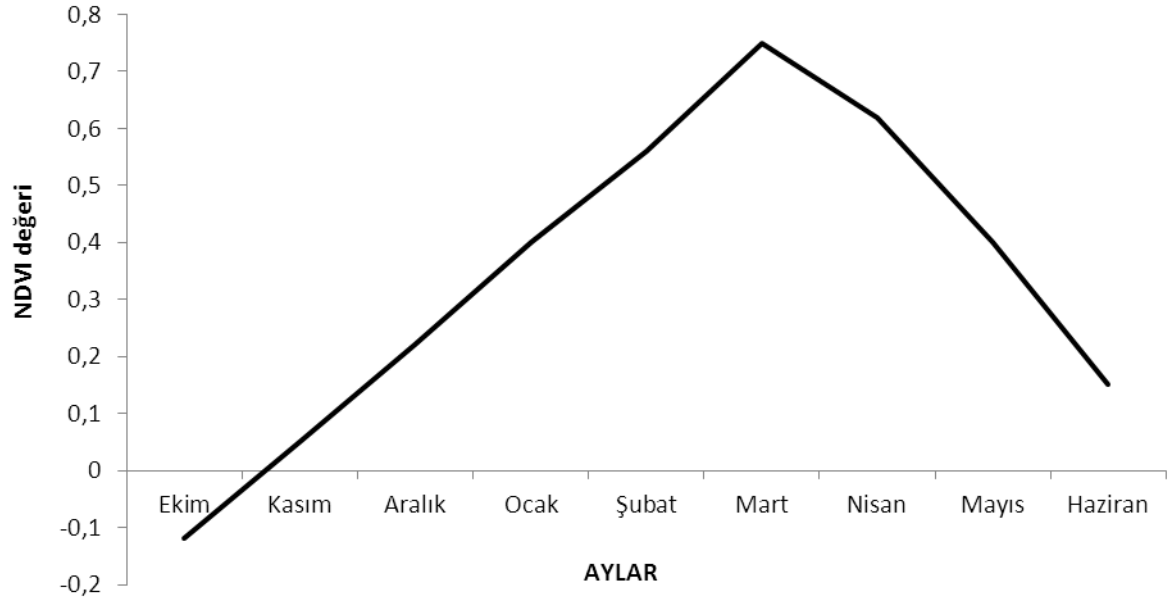
NBÜ tabanlı verim tahmin modeli iklim verileri (ortalama sıcaklık, toplam yağış, solar radyasyon), toprak verileri (toprak su tutma kapasitesi) ve NDVI verilerinin girdi olarak kullanıldığı CASA yaklaşımıyla tahmin edilmiştir. Gerekli iklim verileri, mevcut iklim istasyonlarından buğday gelişme dönemlerine göre aylık olarak interpolasyon ile haritalanmıştır. NDVI (normalize edilmiş fark vejetasyon indeksi) verileri ise buğday gelişim dönemini kapsayan aylık Landsat görüntülerinden üretilmiştir. Bu yöntemin, önemli girdi verilerinden birisi düzenli NDVI verisidir. Bazı Landsat verileri çok bulutlu olduğundan kullanılamamıştır. Bu veriler Kasım 2009, Şubat 2010 ve Mayıs 2010 verileridir. Eksiklerin giderilmesi için önceki ve sonraki verilerin NDVI ortalamaları alınmıştır (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Buğday gelişim dönemi (Ekim 2009 – Haziran 2010) NDVI verileri

Bir buğday bitkisinin NDVI değeri, bitki klorofil içeriğiyle doğru orantılı olarak değişir. Gelişim dönemi içerisindeki fotosentez miktarı, bitkinin biyokütlesini ve verimliliğini doğrudan etkiler. NBÜ tabanlı mekanik verim tahmin modeli, NDVI verisini, fotosentez miktarını hesaplamada kullanır. Buğday'ın fenolojisine bakıldığında, Mart ayında en iyi yeşil aksamına sahip olduğunu, Ekim sezonundan

Mart ayına kadarki süreçte geliştiğini ve Mart ayından hasat zamanına kadar (Haziran'a kadar) olgunlaştığını ve sarardığını söylemek mümkündür. (Şekil 4.29).



Şekil 4.29. Çukurova Bölgesi NDVI tabanlı buğday fenolojisi.

Toprak nem faktörünün hesaplanmasında gerekli olan toprak su tutma kapasitesi ise bölgenin toprak haritasından elde edilmiştir. NBÜ tabanlı buğday verim tahmin modelinde ışık kullanım etkinliğinin analiz edilmesi en önemli aşamalardan birisidir. IKE (Işık kullanım etkinliği):

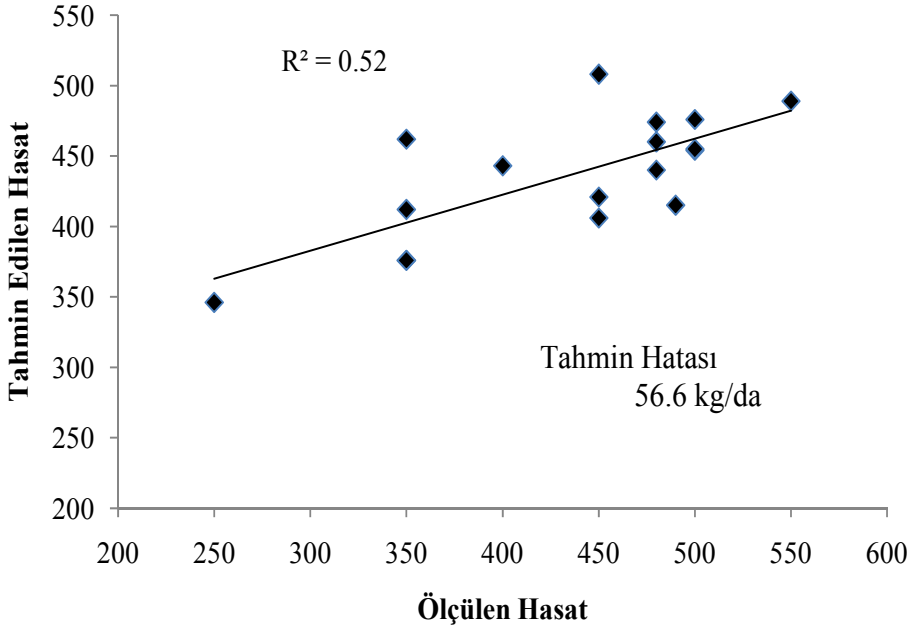
$$IKE = T * W * IKEmax \quad (4.5)$$

"*T*" Sıcaklık faktörü, bitkinin fotosentez yapmaya başladığı sıcaklık, optimum fotosentez sıcaklığı ve en yüksek fotosentez sıcaklıkları temel alınarak 0 – 1 arasında ağırlıklandırılır.

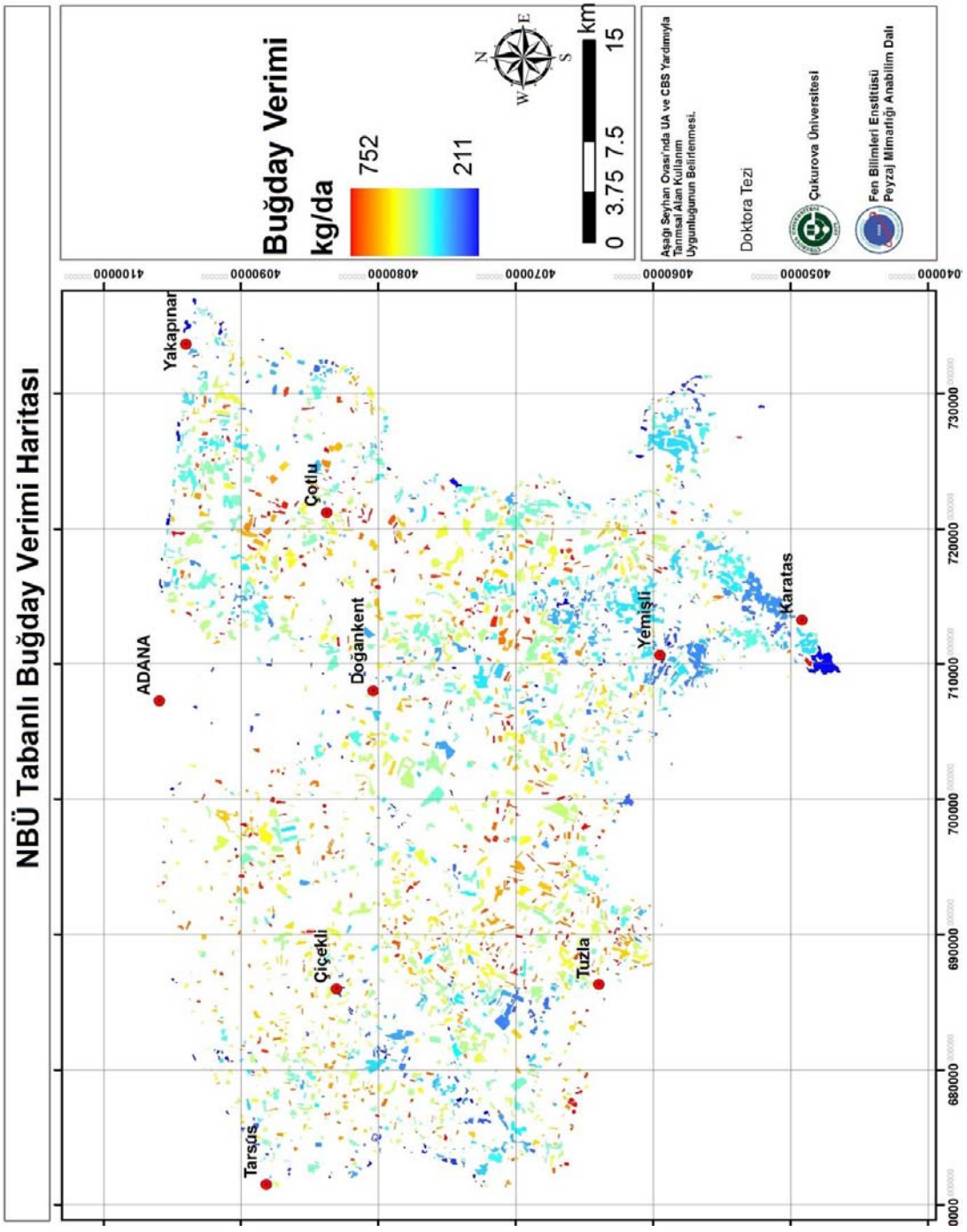
"*W*" Toprak nem faktörü, fotosentez için gerekli olan toprak su içeriğine göre 0 – 1 arasında ağırlıklandırılır.

"IKEmax" Küresel ışık kullanım etkinliği en yüksek değeridir. Bu değer sabittir ve 1.5 gC/MJ/APAR olarak kabul edilir.

NBÜ tabanlı buğday veriminin tahmini sonucunda, Çukurova Bölgesi buğday verimi ortalama 56.6 kg/da'lık hata ile tespit edilmiştir. Hata oranı %13.6'dır. Tanımlama katsayısı R^2 0.56 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.30,4.31).



Şekil 4.30. NBÜ tabanlı mekanik buğday ürün verimliliği doğruluk analizi (P<0.01)



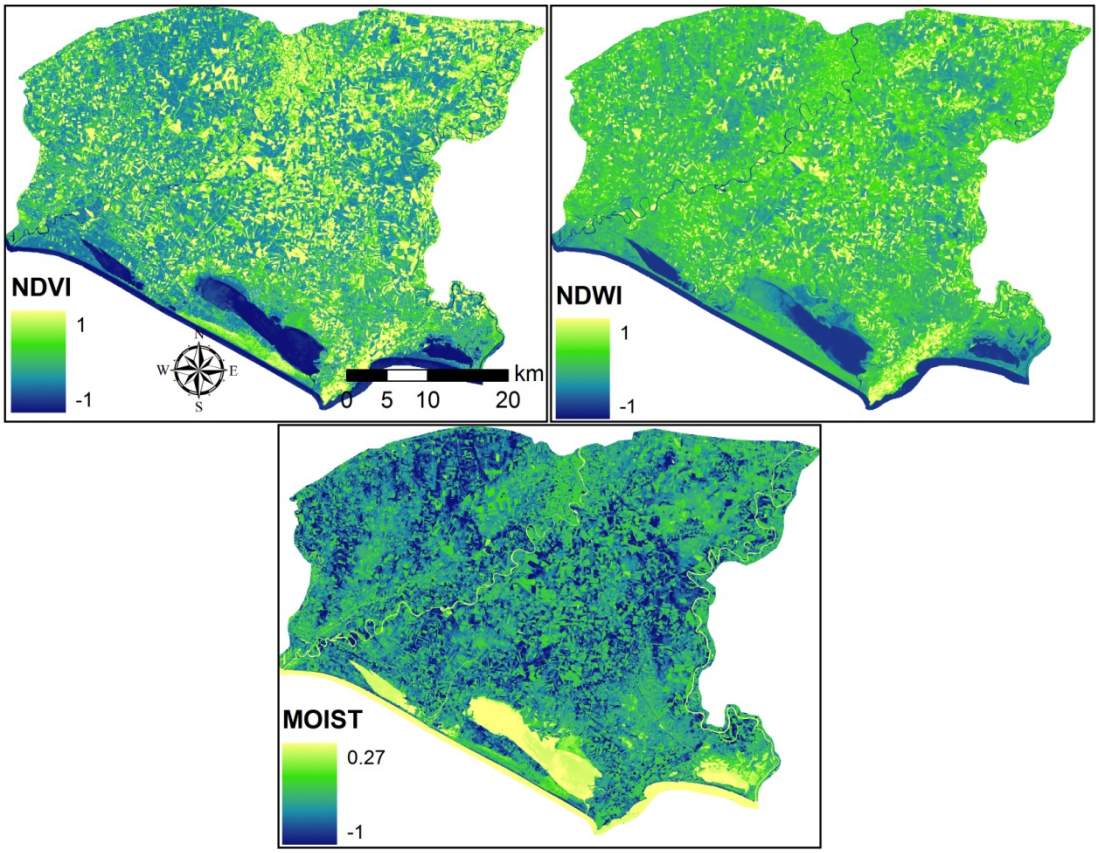
Şekil 4.31. 2009 – 2010 buğday gelişim dönemi NBÜ tabanlı tahmin edilen buğday verimi ve dağılımı

4.5.2. Aşağı Seyhan Ovası 2011 Yılı Buğday, Mısır ve Pamuk Ürün Verimliliklerinin Haritalanması

2010 yılında ASO buğday verimliliği haritası oluşturulurken AR (adımsal regresyon) yönteminin en etkin yöntem olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte değinilen NBÜ (net birincil üretim) tabanlı model ise hata yüzdesi olarak yaklaşık %5 daha kötü bir tahmin yapmıştır. Ayrıca NBÜ tabanlı model, çok fazla girdi verisi içermekte ve NDVI (normalize edilmiş fark vejetasyon indeksi) gibi verilerin düzenli olarak elde edilmesinde sıkıntılar olması nedeniyle de tercih edilmemiştir. Buğday ürününde denenen istatistiksel ve NBÜ tabanlı mekanik verim tahmin modellerinin en iyisi AR modeli 2011 yılındaki buğday, mısır ve pamuk veriminin belirlenmesinde ana yöntem olarak kullanılmıştır.

4.5.2.1. Aşağı Seyhan Ovası 2011 Buğday Verimliliğinin Tahmin Edilmesi

2011 yılı buğday verimliliği hesaplanırken 2010 yılında belirlenen AR verim tahmin formülü aynı şekilde kullanılmıştır. Bu modelin uygulanabilmesi için gerekli olan NDVI, NDWI (normalize edilmiş vejetasyon su indeksi) ve MOIST (tasselled cap yüzey nem indeksi) 2011 yılı 24 Mart tarihli Landsat TM verisinden elde edilmiştir (Şekil 4.32). Mart ayının son haftaları buğdayın en yeşil olduğu dönem olmasından dolayı bu tarihteki Landsat verisi seçilmiştir. Buğday fenolojisi belirlenirken, en yüksek NDVI değeri Mart'ın son haftası içerisinde kaydedilmiştir.



Şekil 4.32. 2011 buğday verimlilik analizinde kullanılan indisler.

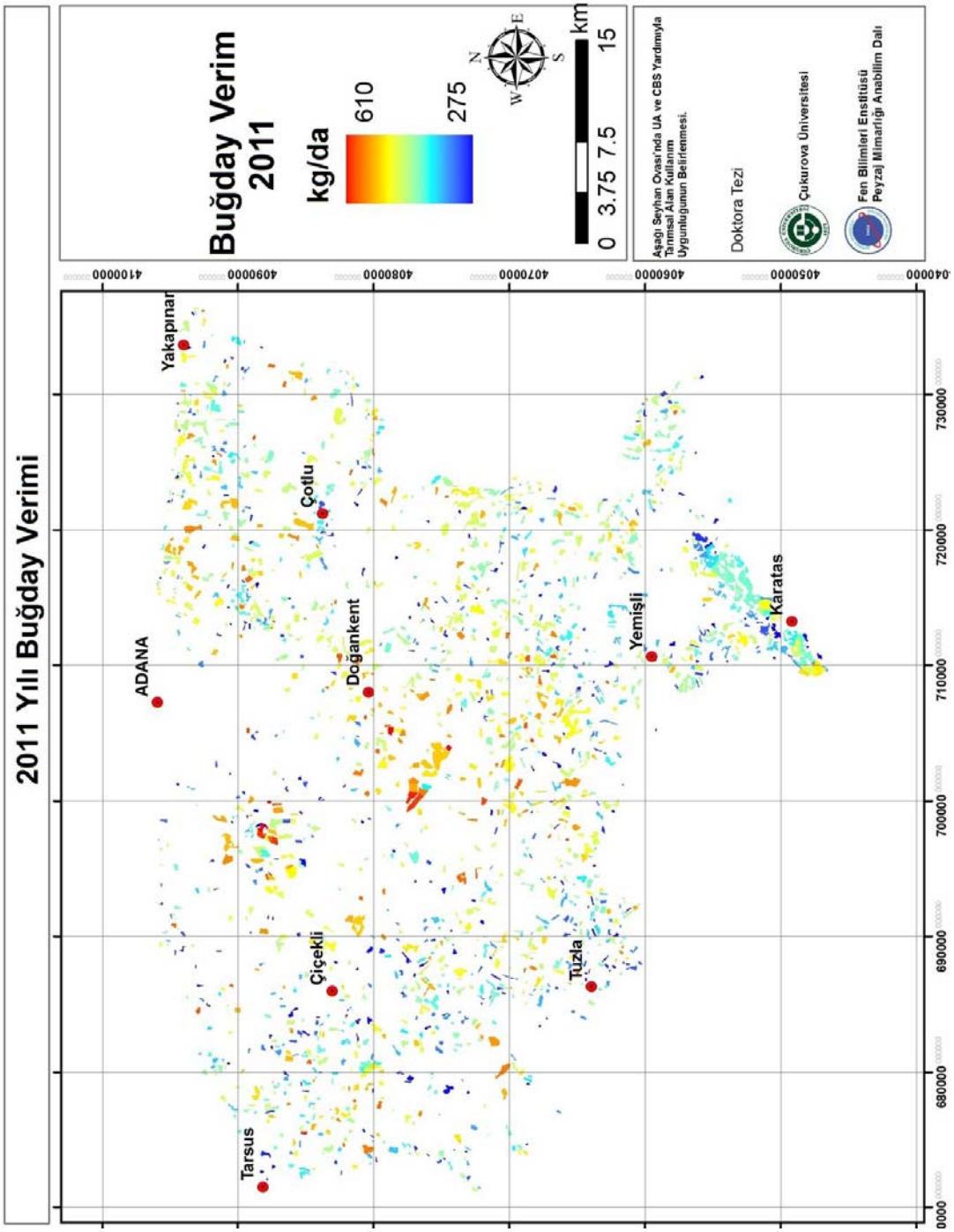
Tahmin modeli geliştirilirken 7 farklı indisten 3 tanesi en iyi tahmin edici indisler olarak belirlenmiştir. Bunlar NDVI, bitki klorofil içeriğiyle doğru orantılıdır. NDWI, bitki su içeriğiyle doğru orantılıdır ve MOIST, yüzey nem oranıyla doğru orantılıdır. Bu 3 indiste bir bitkinin gelişmesi ve fotosentez yapabilmesi için temel öğeleri ifade edebilmektedirler.

Bir modelin geçerliliği ve doğruluğu farklı olarak ölçülür. Geçerlilik, modelin oluşturulmasında kullanılan verilerin gerçek değerlerden sapma oranına göre hesaplanır. Bu orana 2010 yılındaki model hesaplamalarında değinilmiştir. Model doğruluğu ise, belirlenen modelin uygulanmasından sonra, modelin oluşturulmasında kullanılamayan bir test veri setiyle elde edilir.

Buğday 2011 verimliliği tüm çalışma alanında haritalanmıştır (Şekil 4.33). Toplamda 18222 ha'lık buğday alanından 94058 ton buğday üretimi yapılmıştır. Ortalama buğday verimi 516 kg/da olarak hesaplanmıştır. Bu rakam bir önceki yıla göre 110 kg/da fazladır. Bunun nedeni, bir önceki yıla göre ideal yağış ve sıcaklık

koşullarının oluşmasının yanında bölgede buğday tarımının özellikle tuzluluk sorunu olmayan alanlarda yoğunlaşması olarak gösterilebilir.

Bir önceki yıla göre kıyaslandığında en fazla verim 2010 yılında 550 kg/da iken 2011 yılında 610 kg/da olarak tahmin edilmiştir. Gerçek verimlere bakıldığında, 2010 yılında 570 kg/da iken 2011 yılında 690kg/da verim alınan yerler olduğu tespit edilmiştir.

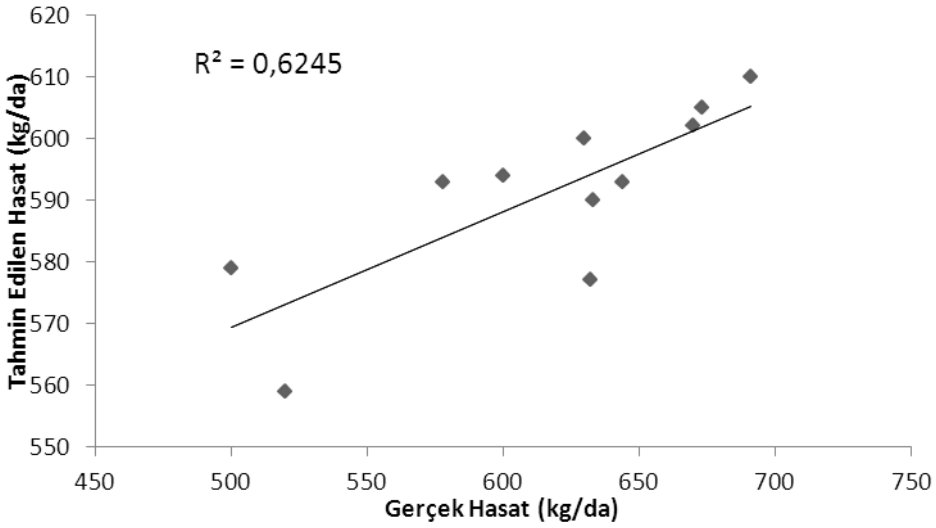


Şekil 4.33. ASO 2011 yılı buğday verim haritası

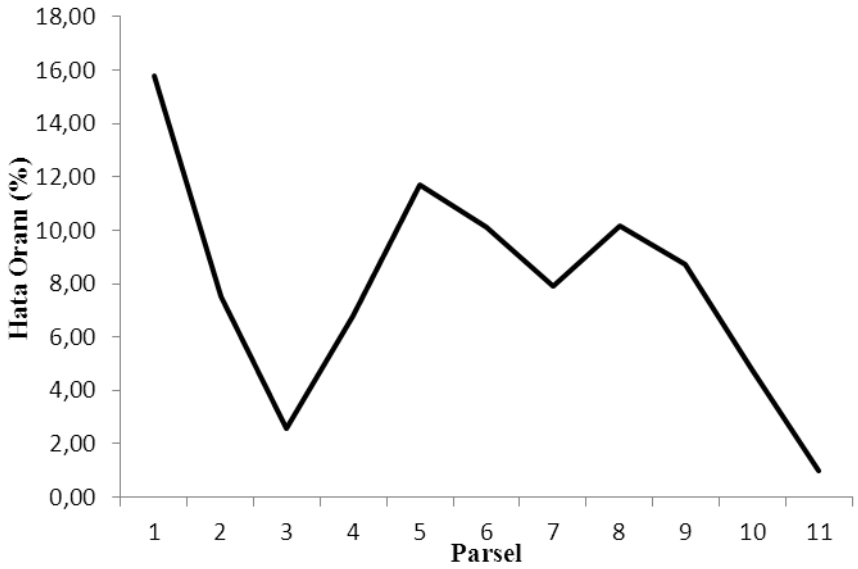
Buğday verimlilik sonuçları toplamda 11 parselde doğrulanmıştır (Çizelge 4.13). Doğrulama sonucunda, hata kareleri karekökü ortalaması (RMSE) 48.63 kg/da, ortalama hata yüzdesi (MPE) ise %7.9 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.34, 4.35).

Çizelge 4.13. 2011 buğday verimliliği parsel temelinde doğrulama hata payı ve oranları.

Parsel	Gerçek Hasat	Tahmin Edilen	Hata	Hata Yüzdesi	RMSE	MPE
	kg/da			%	kg/da	%
1	500	579	79	15.80		
2	520	559	39	7.50		
3	578	593	15	2.60		
4	633	590	43	6.79		
5	691	610	81	11.72		
6	673	605	68	10.10	48.63	7.9
7	644	593	51	7.92		
8	670	602	68	10.15		
9	632	577	55	8.70		
10	630	600	30	4.76		
11	600	594	6	1.00		



Şekil 4.34. 2011 yılı hasat tahmini ve gerçek değerleri arasındaki ilişki ve tanımlama katsayısı (P<0.01).



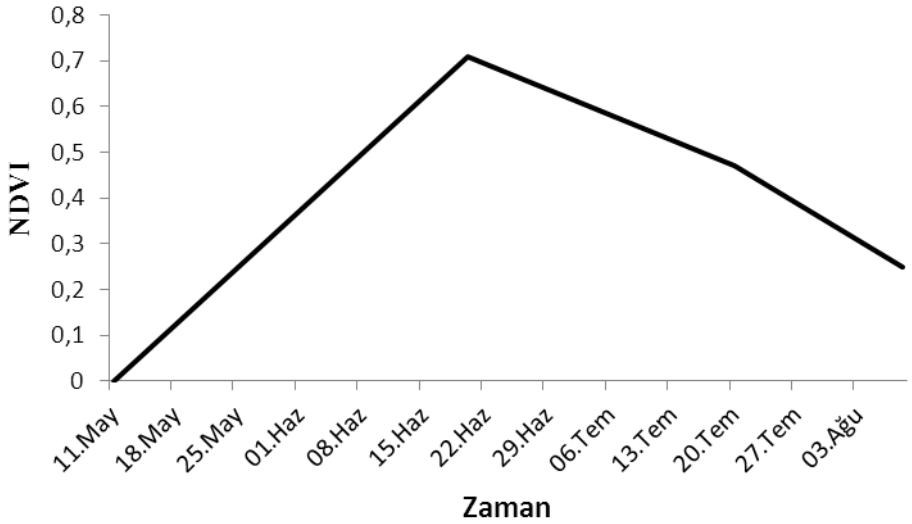
Şekil 4.35. 2011 buğday verimliliği parsel bazlı hata yüzdesi oranları

4.5.2.2. Aşağı Seyhan Ovası 2011 Yılı 1.Ürün Mısır Verimliliğinin Tahmini ve Haritalanması

Sulanabilir tarım arazileri mısır ve pamuk tarımında çok önemlidir. Yetişme sıcaklıkları bakımından mısır ve pamuk sıcak koşullara uygundur, ancak bu dönemlerde Akdeniz ikliminde, bitki gelişimi açısından yağış sorunu olduğundan, sulama yapılması kaçınılmazdır.

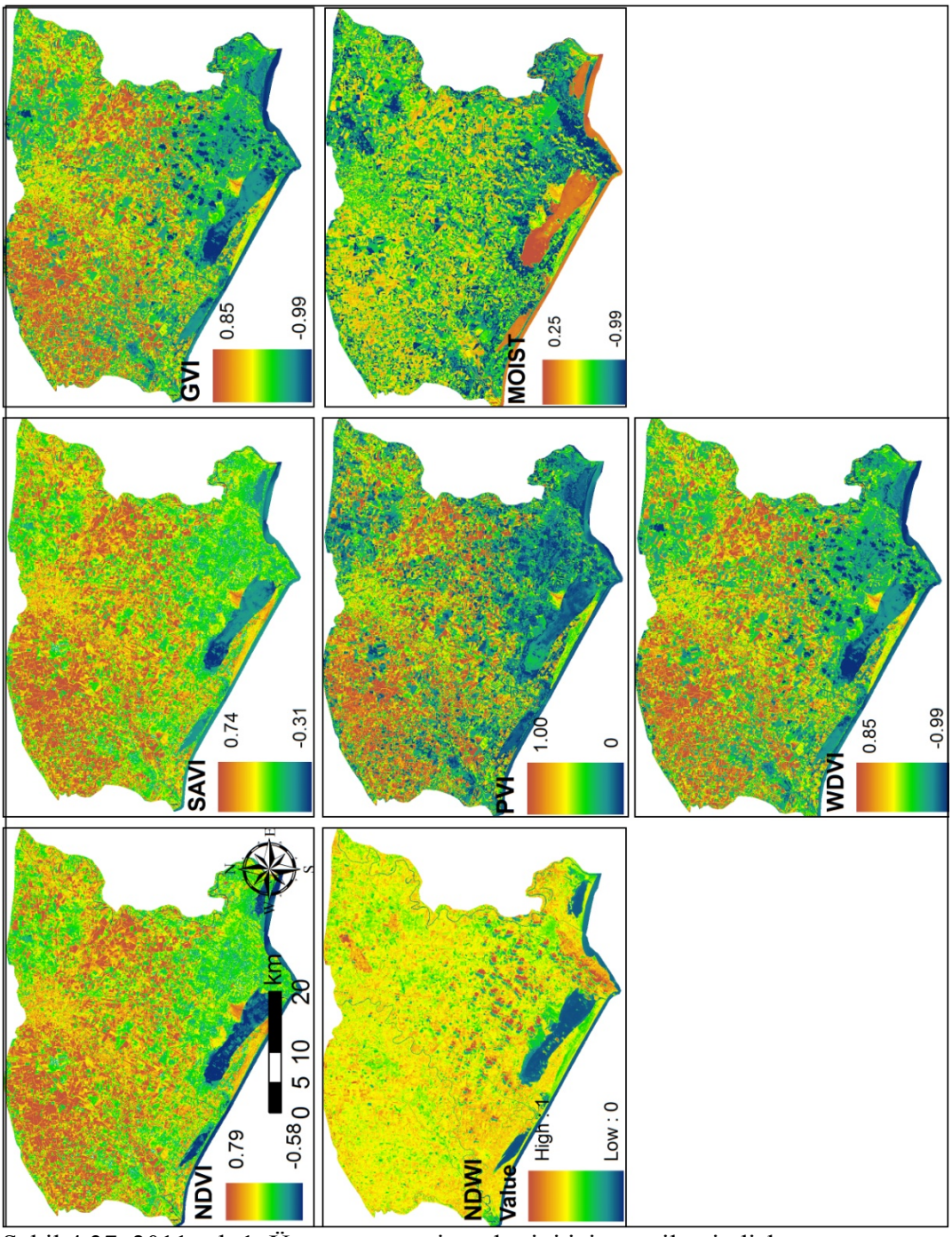
Çukurova Bölgesi iklimsel özellikleri ve sulanabilir tarım toprakları açısından bakıldığında 1. ve 2. ürün mısır ve pamuk tarımına uygun, ülkemizdeki birkaç bölgeden birisidir.

AR yöntemi mısır verimliliğinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Mısır bitkisinin gelişme dönemlerinde, Landsat veri setinden elde edilen mısır fenolojisi analizlerine göre Çukurova Bölgesi'nde, 1. Ürün mısırda en yeşil ve yaprak alanının en yüksek olduğu dönem Haziran dönemi olarak belirlenmiştir (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Çukurova Bölgesi'nde NDVI tabanlı 1. Ürün mısır gelişme fenolojisi

Birinci ürün mısır gelişiminin en iyi olduğu 20 Haziran 2011 tarihli Landsat TM/ETM verisi, 7 adet indisin üretilmesinde kullanılmıştır. Bunlar sırasıyla, NDVI, NDWI, yeşil vejetasyon indeksi (GVI), dikey vejetasyon indeksi (PVI), ağırlıklandırılmış vejetasyon indeksi (WDVI), toprak etkisi azaltılmış vejetasyon indeksi (SAVI) ve Landsat tasseled cap nem indeksi (MOIST) (Şekil 4.37).



Şekil 4.37. 2011 yılı 1. Ürün mısır verim tahmini için üretilen indisler

AR yönteminin uygulanmasıyla verim tahmininde kullanılan indis sayısı 4'e düşmüştür. Bu indisler, MOIST, NDWI, PVI ve SAVI'dir. Toprak nem içeriği, bitki su içeriği, atmosferik ve toprak etkilerinin azaltıldığı vejetasyon indisleri, hesaplamada ön plana çıkmıştır. Bu kapsamda, uygulanan verim modeli ve model geçerliliği aşağıdaki gibidir (Çizelge 4.14).

$$\text{Mısır verimi} = 9868.7 - 34103.3 * NDWI + 28243.4\ PVI - 21363.7\ SAVI - 11488.7\ MOIST \quad (4.6)$$

Çizelge 4.14. Mısır verimliliği tahmin modeli geçerliliği

Yöntem	**R**	**R^2**	**RMSE**	**F**	**P**
AR	0.63	0.4	153	8.2	0.05*

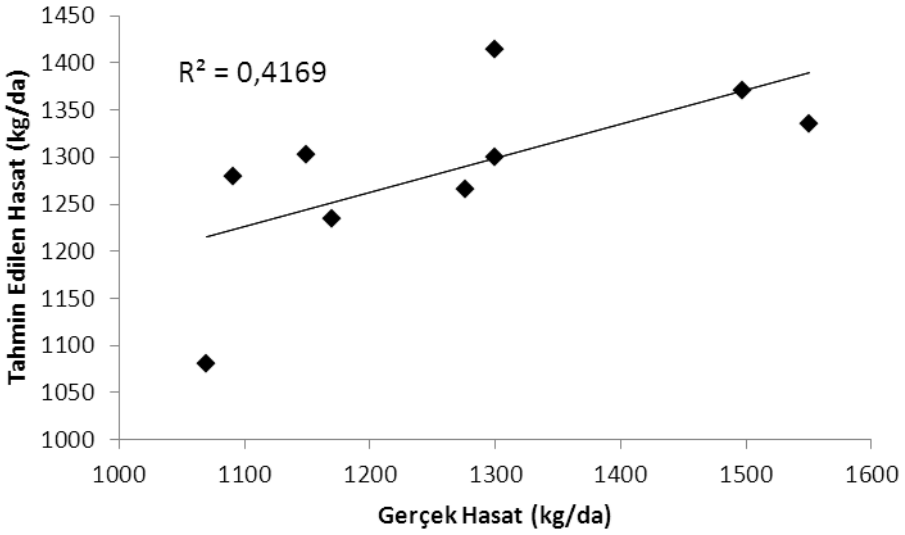
*0.10 güven aralığında test edilmiştir.

Mısır verimlilik sonuçları toplamda 8 parselde doğrulanmıştır (Çizelge 4.15). Doğrulama sonucunda, RMSE (hata kareleri karekökü ortalaması) 101.1 kg/da, MPE (ortalama hata yüzdesi) ise %8.8 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.38, 4.39).

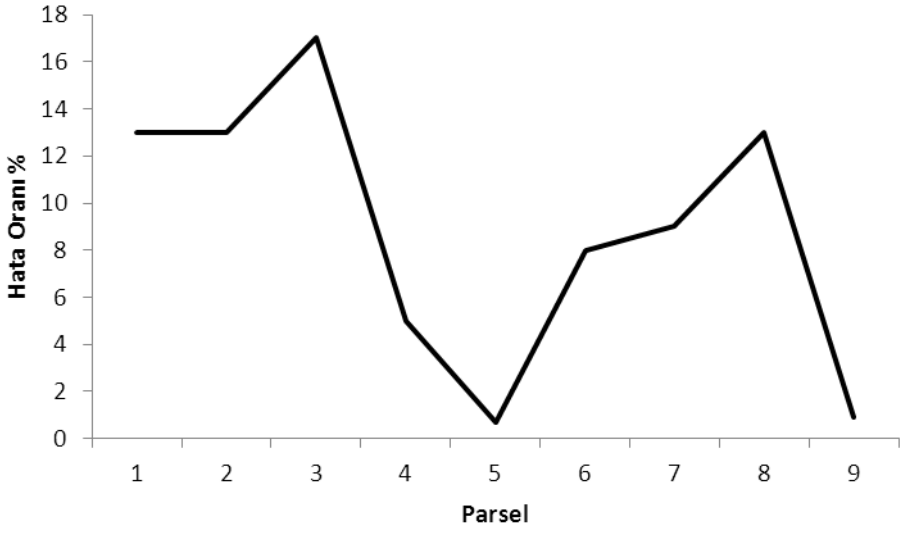
Birinci ürün mısır 2011 verimliliği 4.6'daki eşitliğe göre tüm çalışma alanında haritalanmıştır (Şekil 4.40).

Çizelge 4.15. 2011 Birinci ürün mısır verimliliği ve parsel temelinde hata payları ve oranları

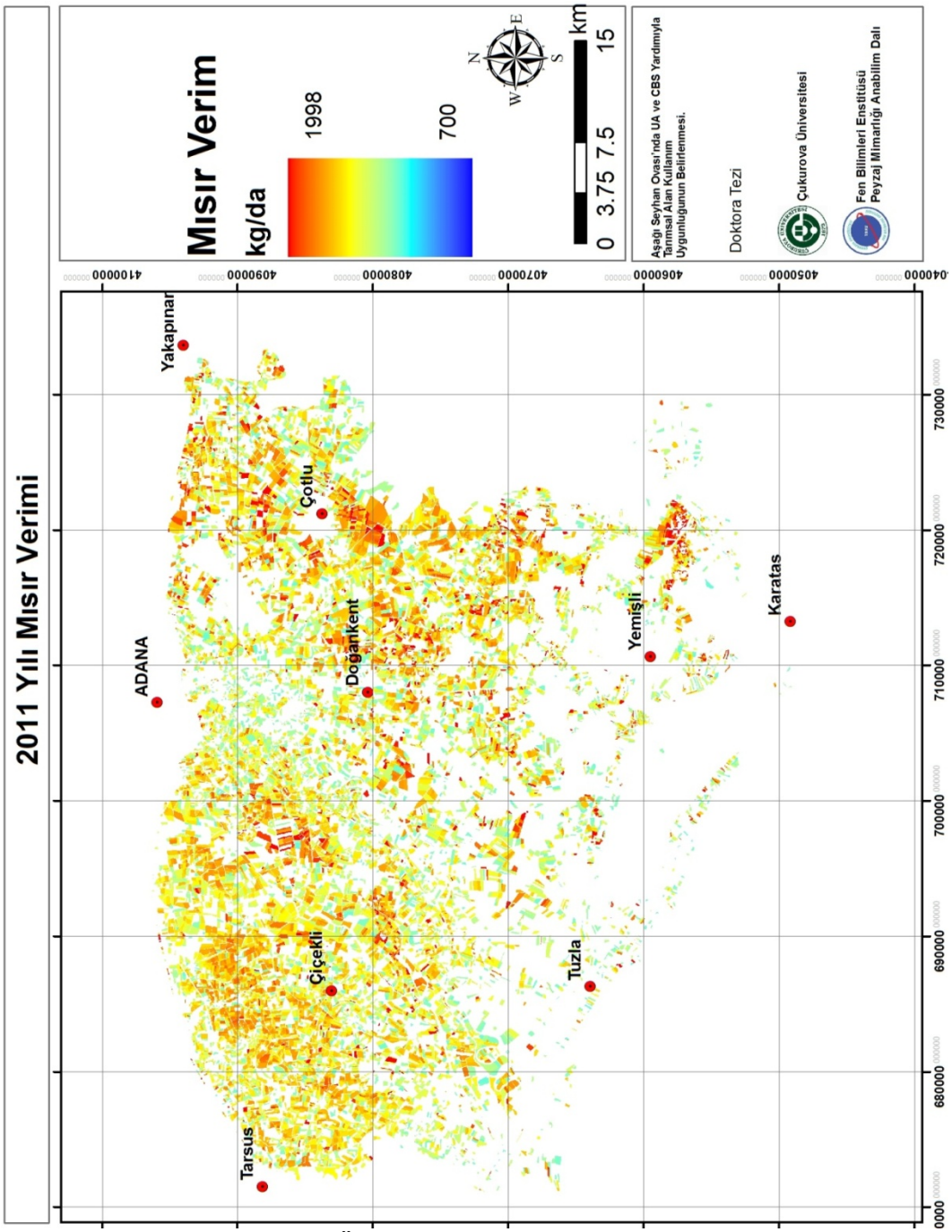
Parsel	Gerçek Hasat	Tahmin edilen	Hata	Hata Yüzdesi	RMSE	MPE
	kg/da			%	kg/da	%
1	1550	1335	-215	13	101	8.8
2	1300	1330	30	13		
3	1091	1279	188	17		
4	1170	1234	64	5		
5	1276	1266	-10	0.7		
6	1497	1371	-126	8		
7	1300	1414	114	9		
8	1150	1303	153	13		
9	1070	1080	10	0.9		



Şekil 4.38. 2011 yılı 1. Ürün mısır verimi tahmini ve gerçek değerleri arasındaki ilişki ve tanımlama katsayısı



Şekil 4.39. 2011 1. Ürün mısır verimi parsel temelinde hata oranları



Şekil 4.40. 2011 yılı ASO 1. Ürün mısır verimliliği ve dağılım haritası

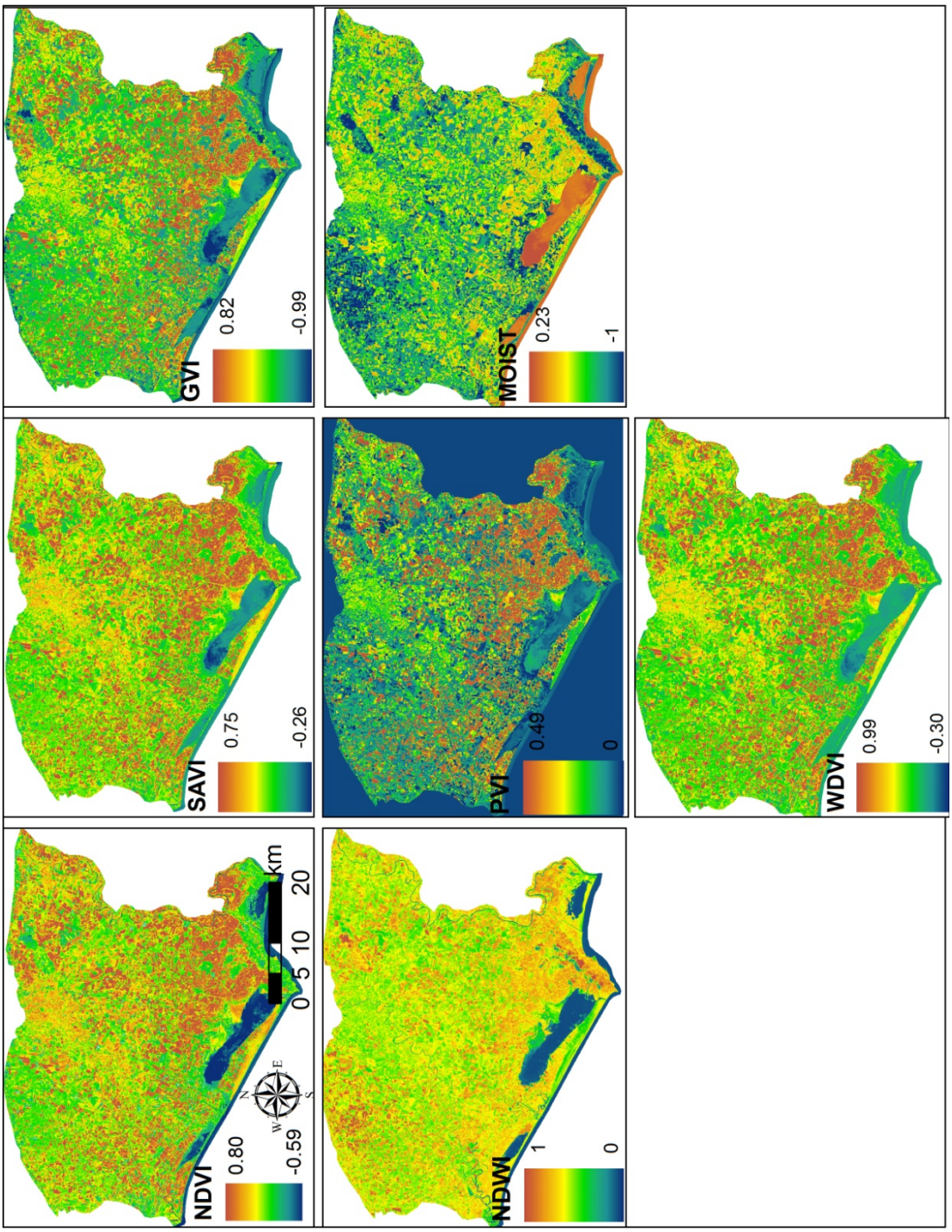
4.5.2.3. Aşağı Seyhan Ovası 2011 Yılı 1. Ürün Pamuk Verimliliği Tahmini ve Haritalanması

Aşağı Seyhan Ovası'nda pamuk tarımı özellikle Harran Ovası'nın sulamaya açılmasıyla birlikte azalmaya başlamıştır. Ancak tarımsal teşviklerin, artması ve bölgenin iklim ve toprak özelliklerinin pamuk tarımına uygun olması, halen mısır ve narenciyeden sonra bölgenin en çok tarımı yapılan ürünlerinden birisi olmasını sağlamaktadır.

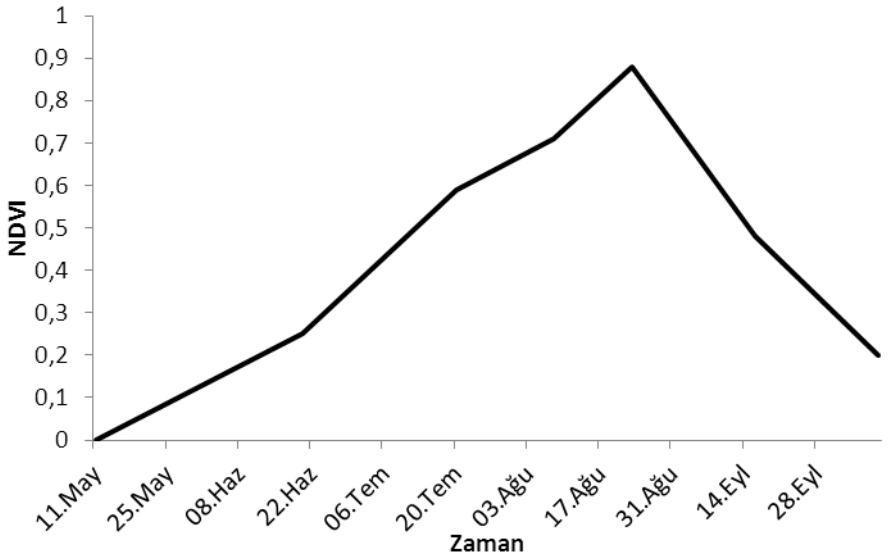
Bölge genelinde daha çok tuzluluk açısından sorunlu arazilerde, tuzluluğa karşı dirençli olması nedeniyle tercih edildiği görülmektedir. Bu arazilerde, pamuk verimi çok düşmezken, mısır tarımı yapılması halinde verimde %50'lere varan bir kayıp söz konusudur. Farklı bir alternatif olmaması da pamuk tarımının yapılmasında etkilidir.

AR yöntemi pamuk bitkisi'nin NDVI değerinin en yüksek olduğu dönemde alınan Landsat TM/ETM uydu verisinden üretilen 7 adet indise uygulanmıştır (Şekil 4.41). Toplamda 45 farklı parselden pamuk hasat verileri toplanmıştır. 29 parsel model oluşturmada, 16 parsel ise uygulanan modelin doğrulanmasında kullanılmıştır. Toplanan veriler doğrudan, pamuk çiftçileriyle yapılan mülakatlar sonucu elde edilmiştir.

Birinci ürün pamuk alanlarının en yeşil ve yaprak alanlarının en fazla olduğu dönem zamansal NDVI verilerine göre 23 Ağustos olarak belirlenmiştir. Mayıs ayı itibariyle yapılan NDVI analizleri, çalışma alanındaki pamuk fenolojisini Şekil 4.42' de detaylı olarak göstermektedir. Eylül ayıyla birlikte 1. Ürün pamuk kurumaya ve yapraklarını dökmeye başlamaktadır. Ekim Ayı başlarında son hasatlarla birlikte tarlalarda bir sonraki yıl için ekim hazırlıkları başlamaktadır.



Şekil 4.41. 2011 yılı 1.Ürün pamuk verim tahmini için üretilen indisler



Şekil 4.42. Çukurova Bölgesi'nde NDVI' ya bağlı 1. Ürün pamuk fenolojisi

AR yönteminin uygulanmasıyla verim tahmininde kullanılan indis sayısı 6'ya düşmüştür. Bu indisler, WDVI (ağırlıklandırılmış fark vejetasyon indeksi) dışında kalan tüm indisler kullanılmıştır. Bu kapsamda, uygulanan pamuk verim modeli ve model geçerliliği aşağıdaki gibidir (Çizelge 4.16).

$$\text{Pamuk verimi} = 3523.96 - 11477*NDVI + 4490.37*NDWI + 16991.1*SAVI - 31611.5*PVI - 2654.3*MOIST + 9010*GVI \quad (4.7)$$

Çizelge 4.16. Pamuk verimliliği tahmin modeli geçerliliği

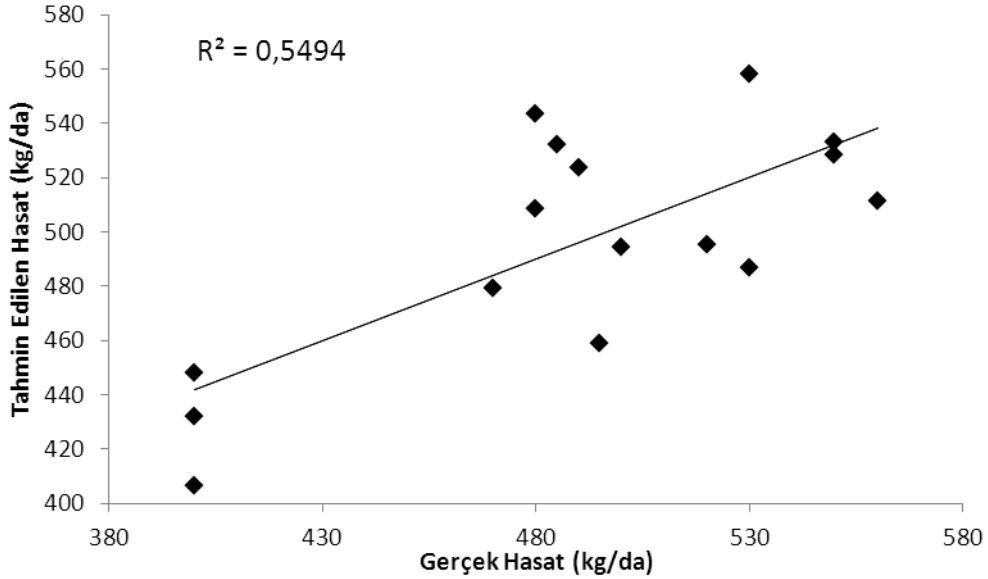
Yöntem	R	R^2	RMSE	F	P
AR	0.83	0.69	29.7	4.9	0.008*

* 0.01 güven aralığında test edilmiştir

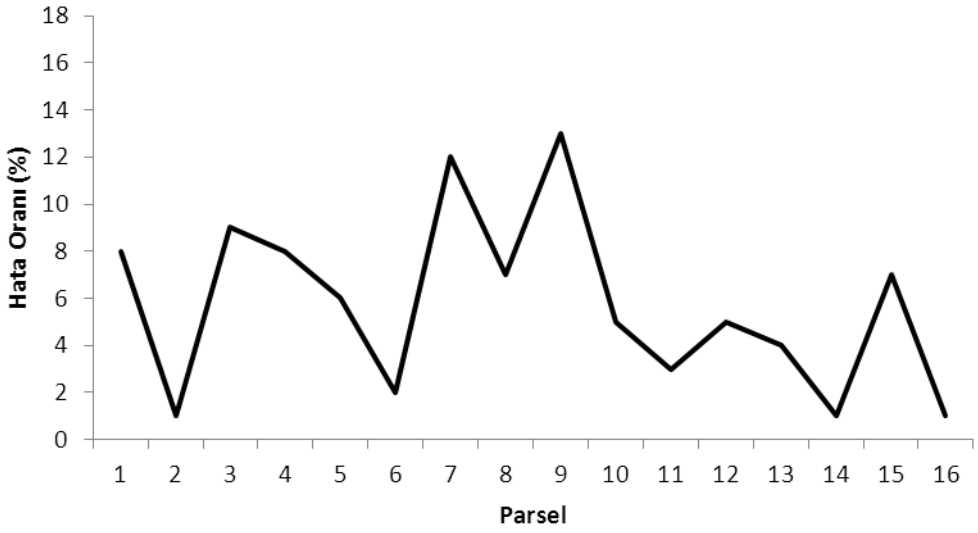
Pamuk verimlilik sonuçları toplamda 16 parselde doğrulanmıştır (Çizelge 4.17). Doğrulama sonucunda, RMSE (hata kareleri karekökü ortalaması) 30.85 kg/da, MPE (ortalama hata yüzdesi) ise %6.3 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.43, 4.44). Birinci ürün pamuk 2011 verimliliği 4.7' deki eşitliğe göre tüm çalışma alanında haritalanmıştır (Şekil 4.45).

Çizelge 4.17. 2011 Birinci ürün pamuk verimliliği ve parsel temelinde hata payları ve oranları

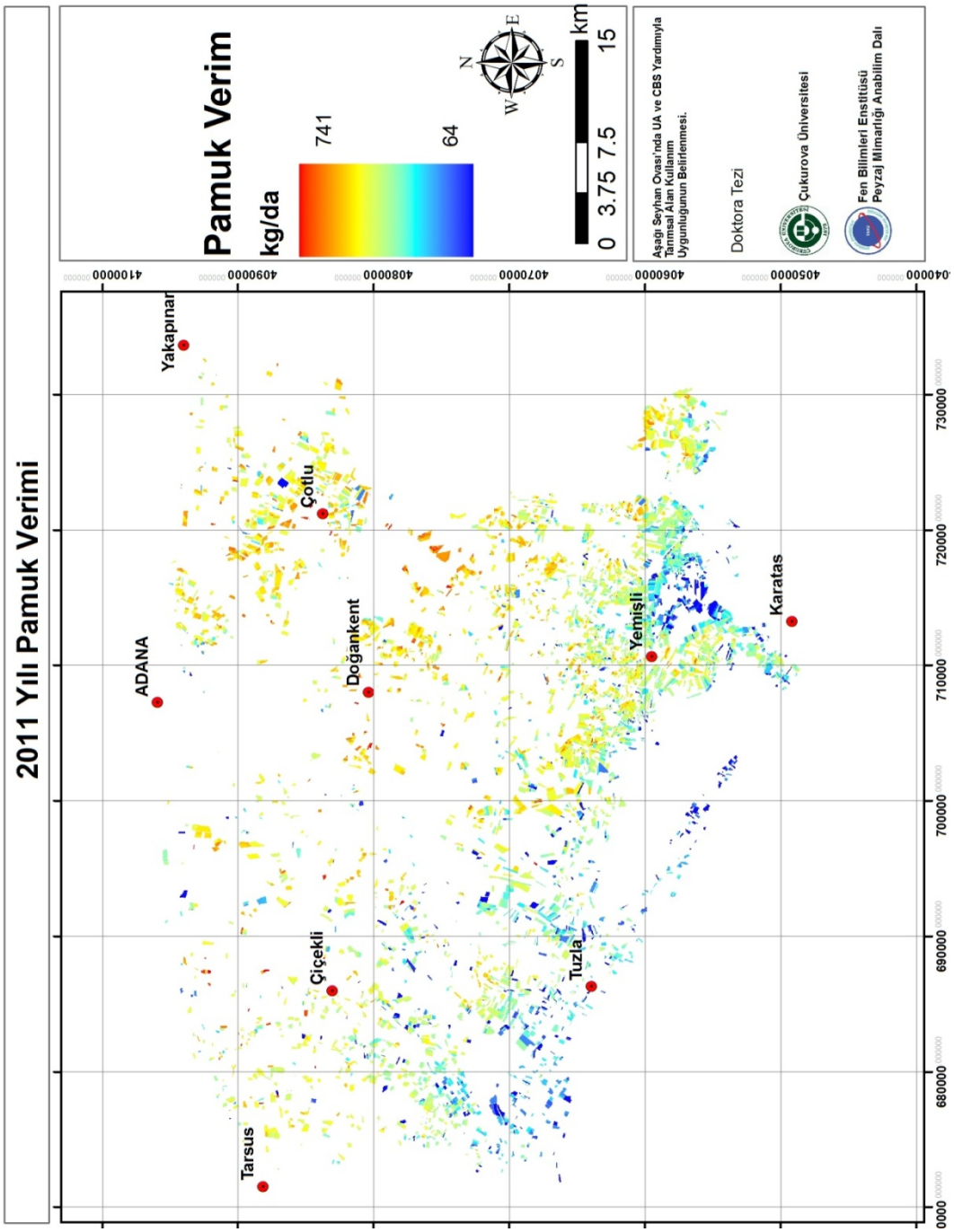
Parsel	Gerçek Hasat	Tahmin Edilen	Hata	Hata Yüzdesi	RMSE	MPE
	kg/da			%	kg/da	%
1	530	486.58	43.42	0.08	30.85	6.3
2	500	494.44	5.56	0.01		
3	560	511.37	48.63	0.09		
4	400	431.83	31.83	0.08		
5	480	508.34	28.34	0.06		
6	470	479.24	9.24	0.02		
7	400	448.21	48.21	0.12		
8	490	523.47	33.47	0.07		
9	480	543.6	63.6	0.13		
10	520	495.14	24.86	0.05		
11	550	533.3	16.7	0.03		
12	530	558.25	28.25	0.05		
13	550	528.33	21.67	0.04		
14	485	532.21	47.21	0.1		
15	495	458.87	36.13	0.07		
16	400	406.53	6.53	0.01		



Şekil 4.43. 2011 yılı 1. Ürün pamuk verimi tahmini ve gerçek değerleri arasındaki ilişki ve tanımlama katsayısı (P<0.01)



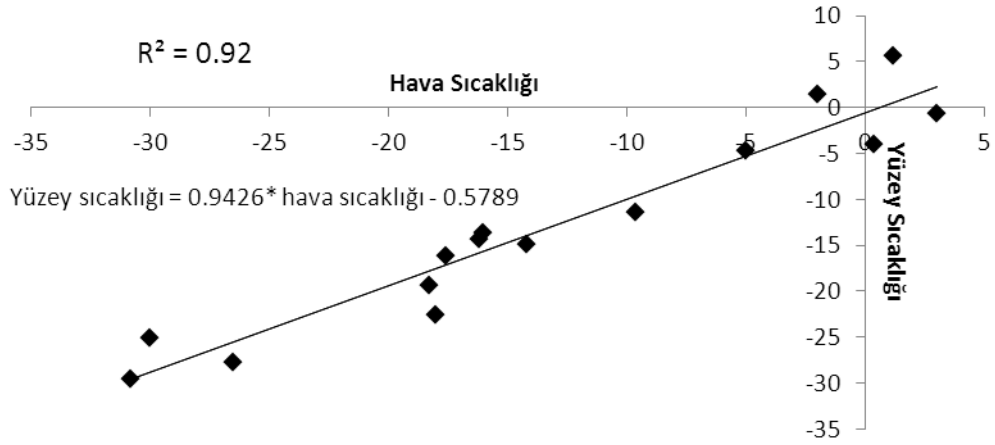
Şekil 4.44. 2011 1. Ürün pamuk verimi parsel temelinde hata oranları



Şekil 4.45. ASO 2011 yılı 1. ürün pamuk verimliliği ve dağılım haritası

4.5.3. Don Risk Haritasının Oluşturulması

MODIS verilerinin günlük periyotlar halinde yüzey sıcaklığını gece ve gündüz ölçmesi, özellikle iklimsel çalışmalarda çok geniş bir kullanım olanağı sunmaktadır. Bu çalışmada, MODIS LST (land surface temperature) yüzey sıcaklığı verileri narenciye alanlarının don risk haritalarının üretilmesinde kullanılmıştır. Bu çerçevede, özellikle kış aylarında, MODIS tarafından saat yaklaşık olarak 2.30'da kaydedilen gece yüzey sıcaklıkları, aynı dönemlerde alınan saatlik hava sıcaklıklarıyla ilişkilendirilerek, çok zamanlı bir don risk haritası oluşturulmasında kullanılmıştır (Şekil 4.46). Böylece narenciye tarımına uygun alanların belirlenmesinde temel bir altlık veri, iklim verileri düşünüldüğünde, yüksek bir yersel çözünürlükte (1km) üretilebilmiştir.



Şekil 4.46. Don zamanlarındaki gece TSİ 2.30'da ölçülen MODIS yüzey sıcaklığı ve gerçek hava sıcaklığı (2m'de ölçülen) arasındaki ilişki (C°) (P<0.001).

Don risk alanlarının haritalanmasında 2001 – 2012 yılları arasındaki Doğankent, Adana, Karataş, Ceyhan, Yumurtalık, Tuzla, Hatay ve Dörtyol iklim istasyonlarından alınan sıcaklık verileri, don zamanlarının tespit edilmesinde kullanılmıştır. Don zamanlarının tespit edilmesinin ardından, bu tarihlere denk gelen ve don saatlerine yakın saatlerdeki gece zamanlarında çekilmiş MODIS termal uydu verileri kullanılmıştır.

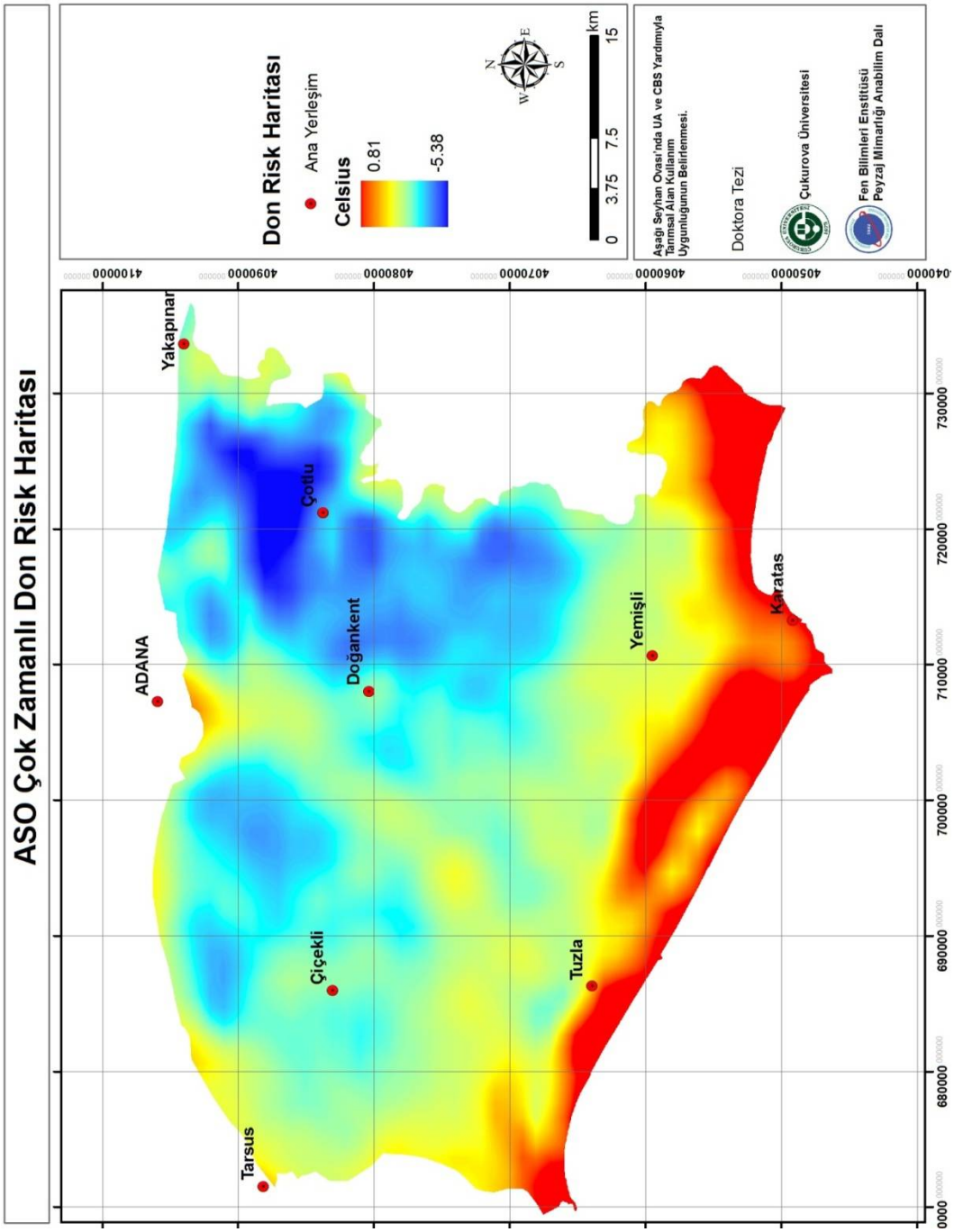
MODIS uydusu gün içerisinde gündüz ve gece saatlerinde olmak üzere iki zamanlı kızılötesi (250m), görünür (250m), orta kızılötesi (500m) ve termal (1 km) aralıklarda, görüntü kaydı yapabilmektedir.

MODIS termal görüntülerinin LST (land surface tempereture) algoritmasıyla gerekli düzeltmeleri yapılmış ve Kelvin cinsinden yüzey sıcaklıkları tespit edilmiştir. Sonrasında ise Celcius sıcaklık birimine dönüştürülerek kullanılmıştır.

Don risk alanlarının belirlenmesindeki en önemli sorun kötü hava koşullarının olduğu zamanlardır. Bulutlu havalarda uydu verilerinin, alanın genelini kapsamaması bu çalışmada sınırlayıcı bir etken olmuştur. Bu sorunu gidermek için, alanın çoğunluğunun temiz olduğu bulut etkisinin az olduğu don zamanları belirlenmiş ve bu görüntülerdeki bulut bölgeleri maskelenmiştir. 11 yıl içerisinde 5 farklı don zamanına denk gelen verilerin minimumları alınmış ve maskelenen bölgelerde de tahmin yapılması sağlanarak tüm çalışma alanı için don risk haritası üretilmiştir (Şekil 4.47). Böylece çok zamanlı bir risk analizi yapılmış ve bulut etkisi en aza indirilmiştir. 2001-2012 yılları arasında toplam 10 günde don olayı tespit edilmiştir. Bulutsuz veya az bulutlu don riskinin yüksek olduğu 5 zaman tespit edilmiştir. Bu 5 farklı don risk gününe göre haritalama işlemi yapılmıştır. Buna göre, Ocak ayı yılın en çok risk taşıyan zamanı olarak öne çıkmaktadır.

Su kıyılarında (nehir kenarları, denize yakın kesimler, büyük sulama kanalları civarı ve lagünler çevresinde) don riskinin olmadığı saptanmıştır. Bu bölgelerin aksine, nem etkisinin azaldığı ve çukurda kalan kesimlerde don riskinin arttığı belirlenmiştir. Kent ve ana yolların etraflarında da don riski ısı adası etkisinden dolayı düşüktür.

NARBIS bilgi sistemine bakıldığında, son 5 yıl içerisinde kurulan yeni narenciye alanlarının, Adana – Mersin arasındaki otoyol çevresinde yoğunlaştığını ve bir kısmının da narenciye tarımına elverişli toprak barındıran kıyı bölgelerinde kurulduğu belirlenmiştir. NARBIS bilgi sistemindeki don risk alanlarının belirlenmesinde de benzer yöntemler kullanılmıştır (Çetinkaya, 2010; ÇKA, 2011).



Şekil 4.47. ASO don zamanları minimum sıcaklık haritası (C°)

4.5.4. İklim Verilerinin Haritalanması

Aşağı Seyhan Ovası'ndaki buğday, mısır ve pamuk tarımsal ürünlerinin gelişme dönemleri boyunca yağış ve sıcaklıklardaki değişimlerin ürün verimine olan etkisinin karşılaştırılabilmesi ve çalışma alanı genelinde iklim etkisinin tarımsal alan kullanım uygunluğu açısından değerlendirilebilmesi için, ASO'daki sıcaklık ve yağış dağılımları değerlendirilmiştir.

İklim verilerinin haritalanmasında ANUSPLIN yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım, eldeki istasyonlardan alınan aylık iklim verilerini yükseklik, enlem ve boylam etkenlerini de dikkate alarak istatistiksel tanımlamalara dayalı modellerle haritalamaktadır.

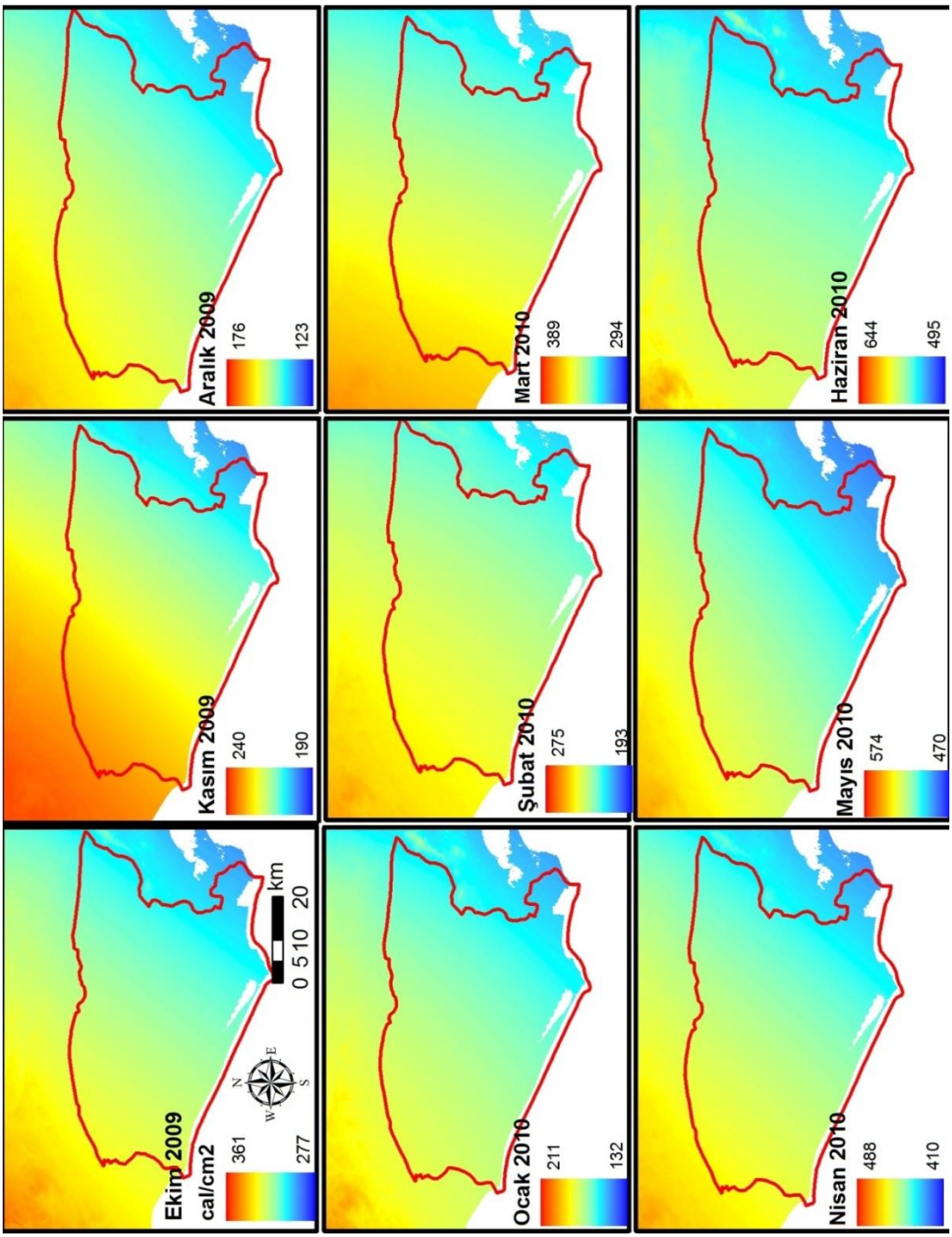
Bu çerçevede, bitki gelişim dönemlerindeki toplam yağış, özelliklede buğday bölgede sulanmadığı ve sadece yağışa dayalı bir tarım yapıldığı için buğdayın dönemsel aldığı toplam yağışlar detaylı olarak analiz edilmiş ve alınan verimle ilişkilendirilmiştir.

İlk aşamada 2010 yılı buğday verimliliğinin NBÜ tabanlı mekanik modelle tahmin edilmesi için 2010 yılı buğday gelişim dönemi (Ekim 2009 – Haziran 2010) arasındaki solar radyasyon, toplam yağış ve ortalama sıcaklık verileri modelleme için haritalanmıştır.

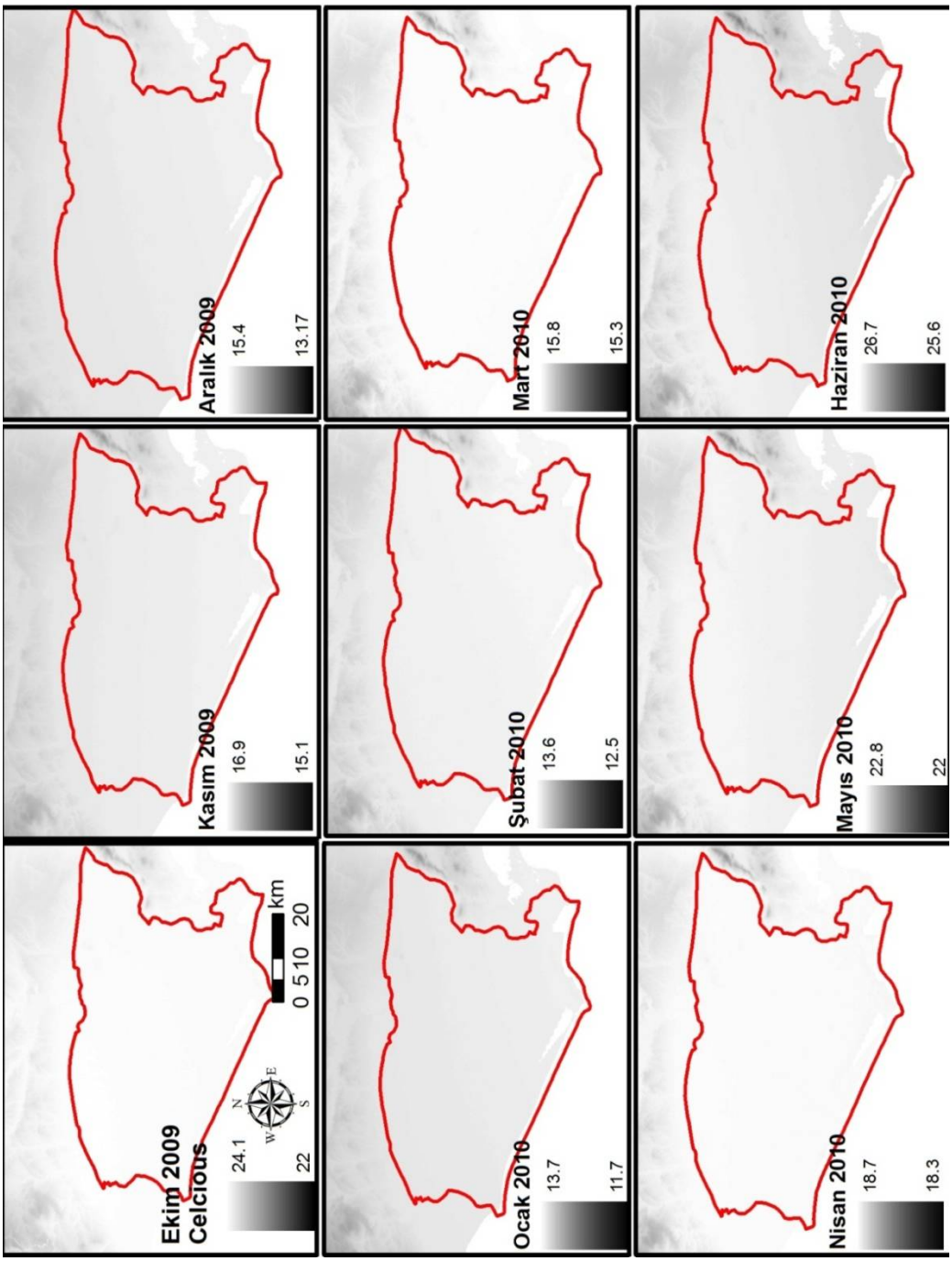
İkinci aşamada, 2011 yılındaki buğday, mısır ve pamuk gelişim dönemlerindeki GSS (Gelişme Günleri Sıcaklığı)'ının hesaplanmasında ve toplam yağışın belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu haritalar, grid formatında aylık olarak üretilmiştir.

4.5.4.1. Buğday 2010 Yılı Gelişim Dönemi İklim Verilerinin Haritalanması

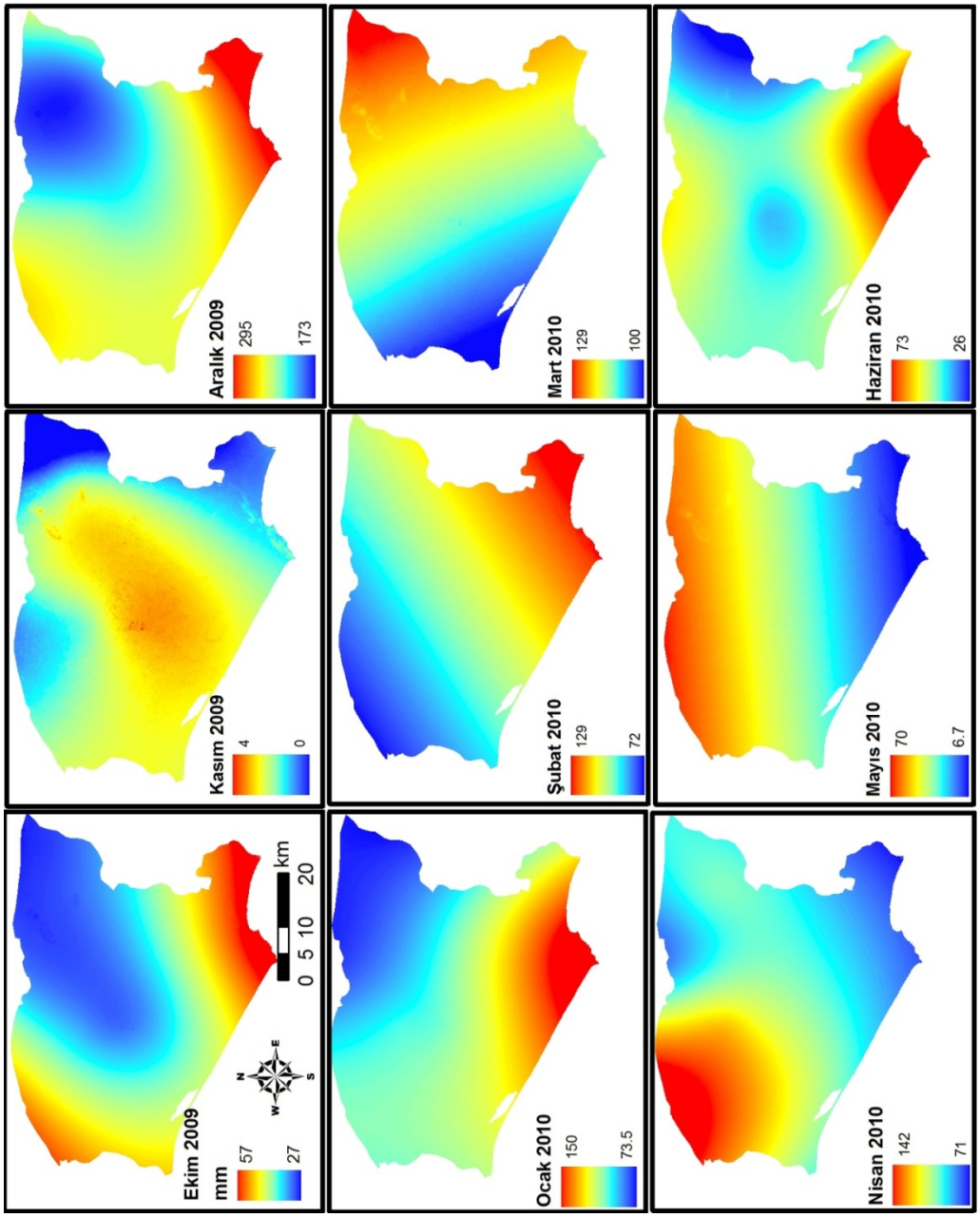
Net birincil üretim tabanlı buğday verim tahmin haritasının oluşturulmasında kullanılmak üzere girdi verisi olarak aylık ortalama sıcaklık, toplam aylık yağış, aylık solar radyasyon verileri haritalanmıştır (Şekil 4.48, 4.49, 4.50).



Şekil 4.48. Haritalanmış solar radyasyon değerleri



Şekil 4.49. Haritalanmış ortalama sıcaklık değerleri



Şekil 4.50. Haritalanmış toplam yağış değerleri

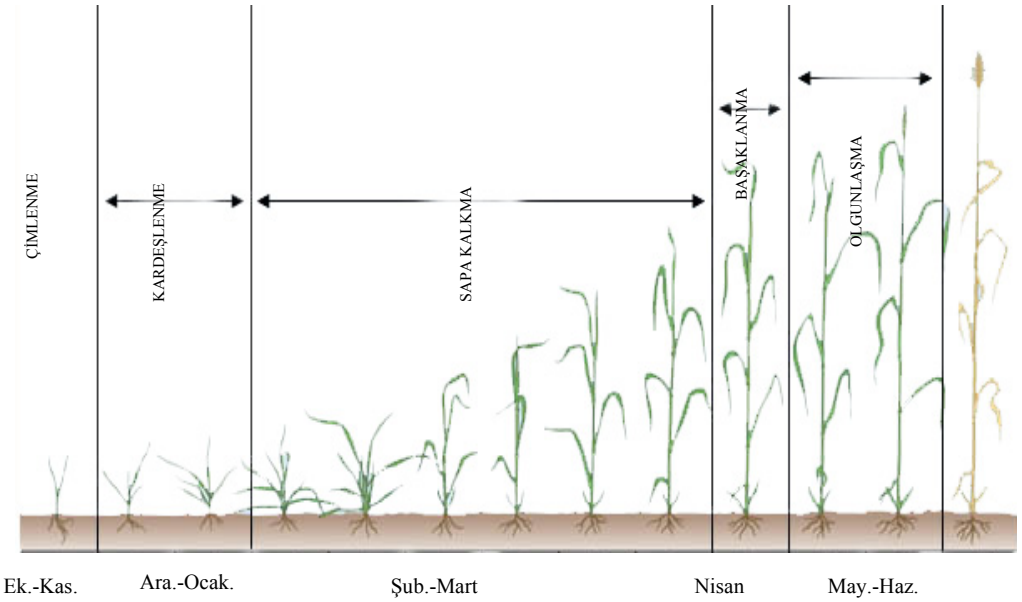
4.5.5. Buğday, Mısır ve Pamuk 2011 yılı Ürün Gelişme Dönemlerindeki Yağış, Maksimum Sıcaklık, Minimum Sıcaklık Verilerinin Haritalanması ve Gelişme Günleri Sıcaklıklarının Hesaplanması

2011 yılı iklim verileri tarımsal ürünlerin yetişme ortamı uygunluklarını iklimsel koşullar dikkate alınarak saptanmasında kullanılmak için haritalanmıştır. Bu kapsamda GGS' lerin hesaplanmasında yetişme dönemi içerisindeki maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık dikkate alınmıştır. Gelişme günleri sıcaklığı bir ürünün gelişmesi için gerekli olan toplam sıcaklık birimini ifade etmektedir.

Bu çerçevede, bitki gelişim dönemlerindeki toplam yağış, özelliklede buğday bölgede sulanmadığı ve sadece yağmur miktarına dayalı bir tarım yapıldığı için buğdayın dönemsel aldığı toplam yağışlar detaylı olarak analiz edilmiş ve alınan verimle ilişkilendirilmiştir.

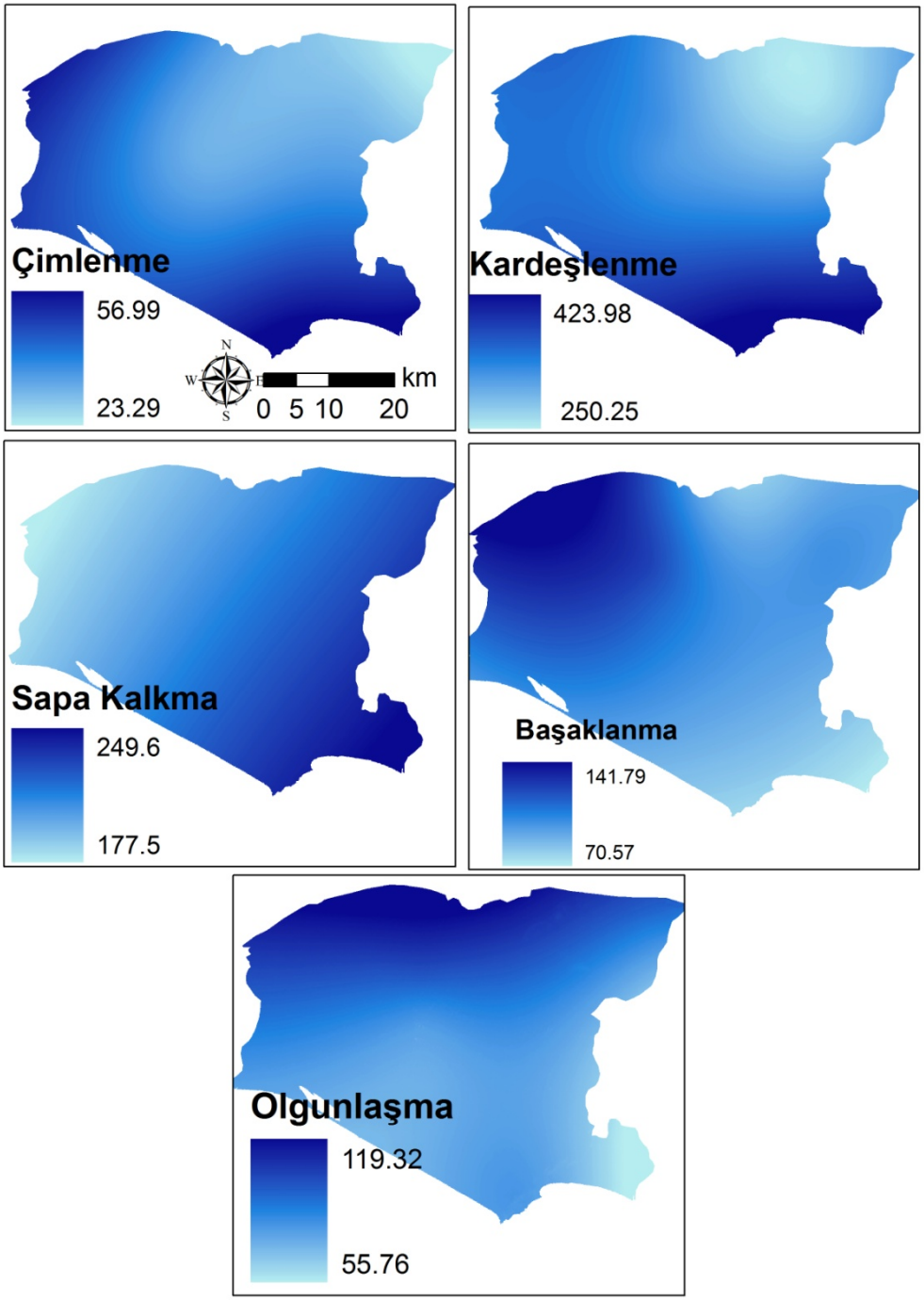
4.5.5.1. Buğday Gelişme Dönemleri 2010 – 2011 Yılı İklim Verilerinin Haritalanması

Çiftçi görüşmeleri ve arazi gözlemlerine göre, buğdayın gelişimi Çukurova Bölgesi'nde Ekim ayı itibariyle başlamaktadır. Ekim ve Kasım ayları çimlenme, Aralık-Ocak ayları kardeşlenme, Şubat-Mart ayları sapa kalkma, Nisan ayı başaklanma ve Mayıs-Haziran ayları olgunlaşma zamanları olarak belirlenmiştir (Şekil 4.51).

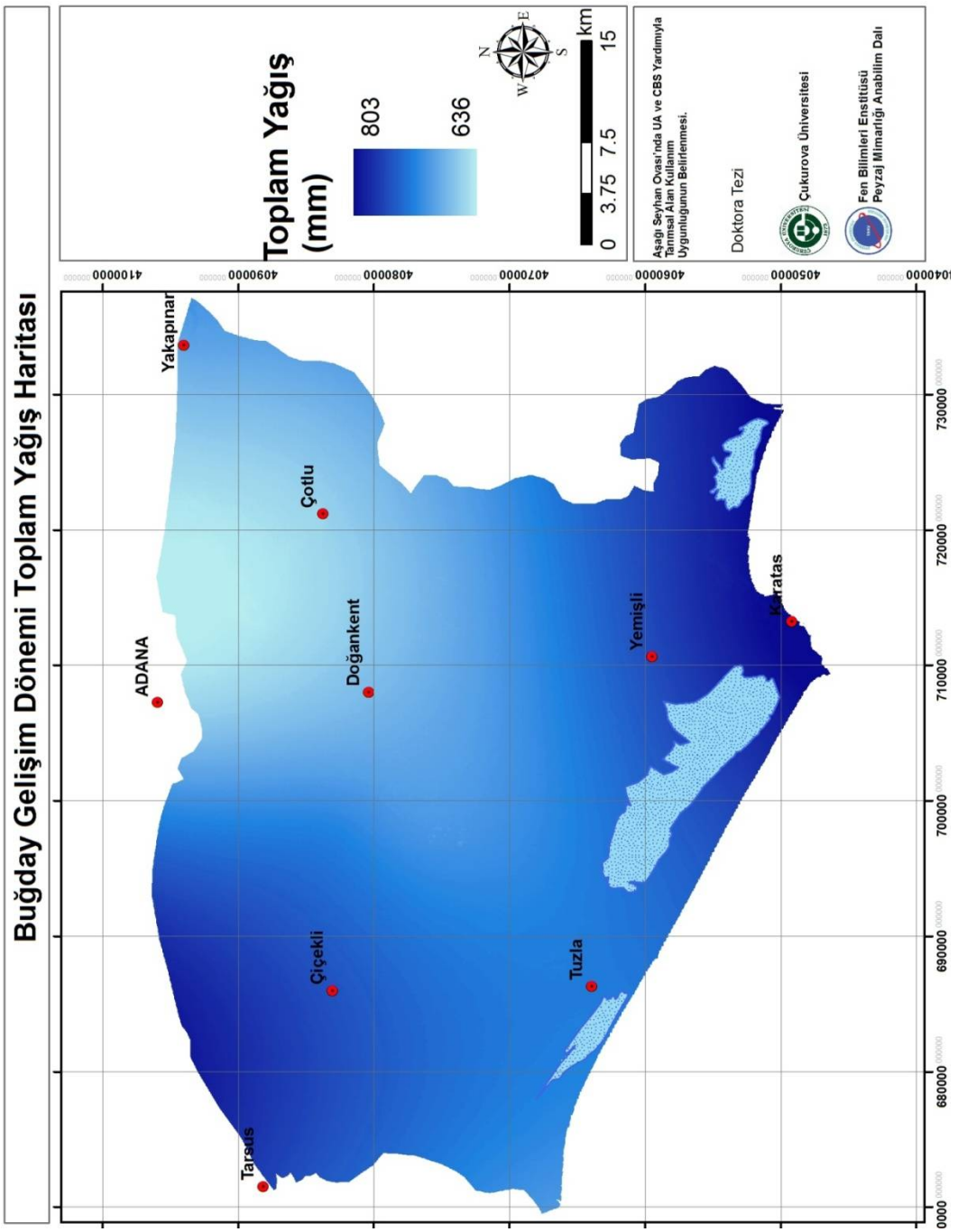


Şekil 4.51. Çukurova Bölgesi buğday gelişme dönemleri 2010-2011 dönemi

Yağış verilerinin haritalanması, verimle ilişkilendirilmesi ve değerlendirilmesi bu gelişme dönemlerine göre yapılmıştır (Şekil 4.52). Çalışma alanındaki yağış verilerine göre buğday gelişme döneminde çalışma alanına düşen en fazla yağış 800mm en az yağış 610mm'dir (Şekil 4.53).

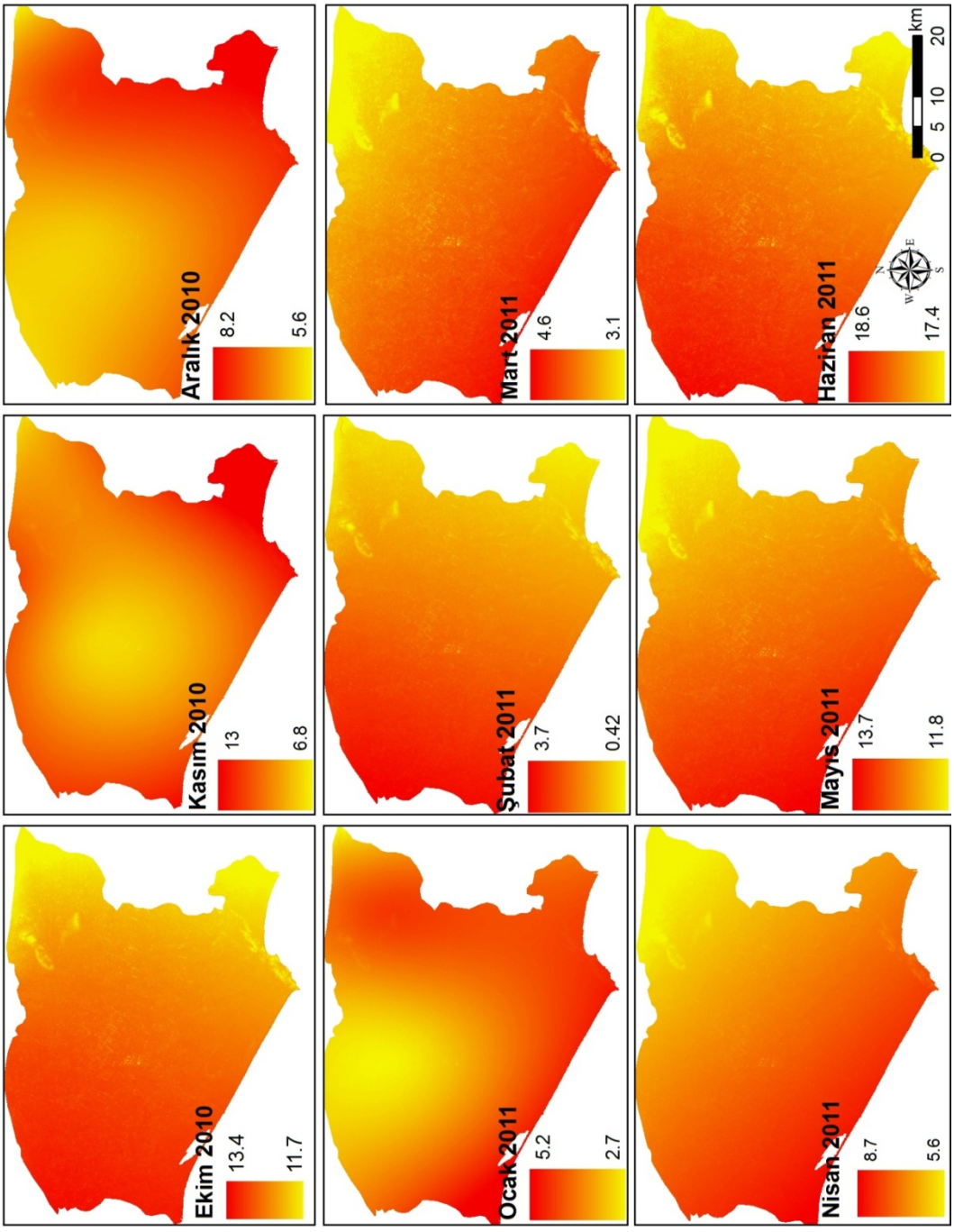


Şekil 4.52. 2010 – 2011 Buğday gelişme dönemlerinde düşen toplam yağış miktarı (mm)

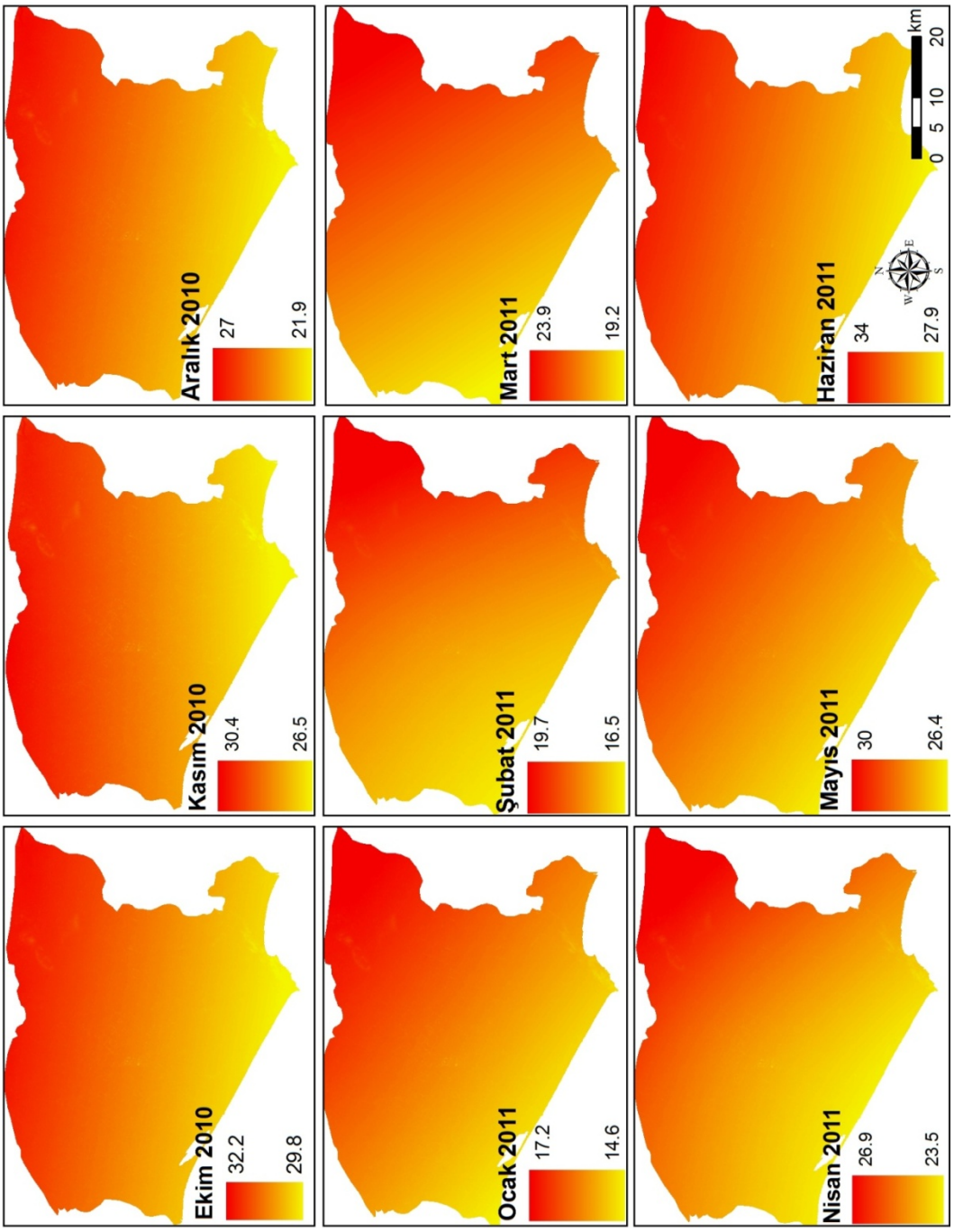


Şekil 4.53. 2010 – 2011 Buğday Gelişme Dönemi Toplam Yağış Dağılımı Haritası

Buğday gelişme ayları boyunca, minimum ve maksimum sıcaklıklar aylık olarak haritalanmıştır (Şekil 4.54, 4.55). Bu veriler, GGS'lerin hesaplanmasında kullanılmıştır.



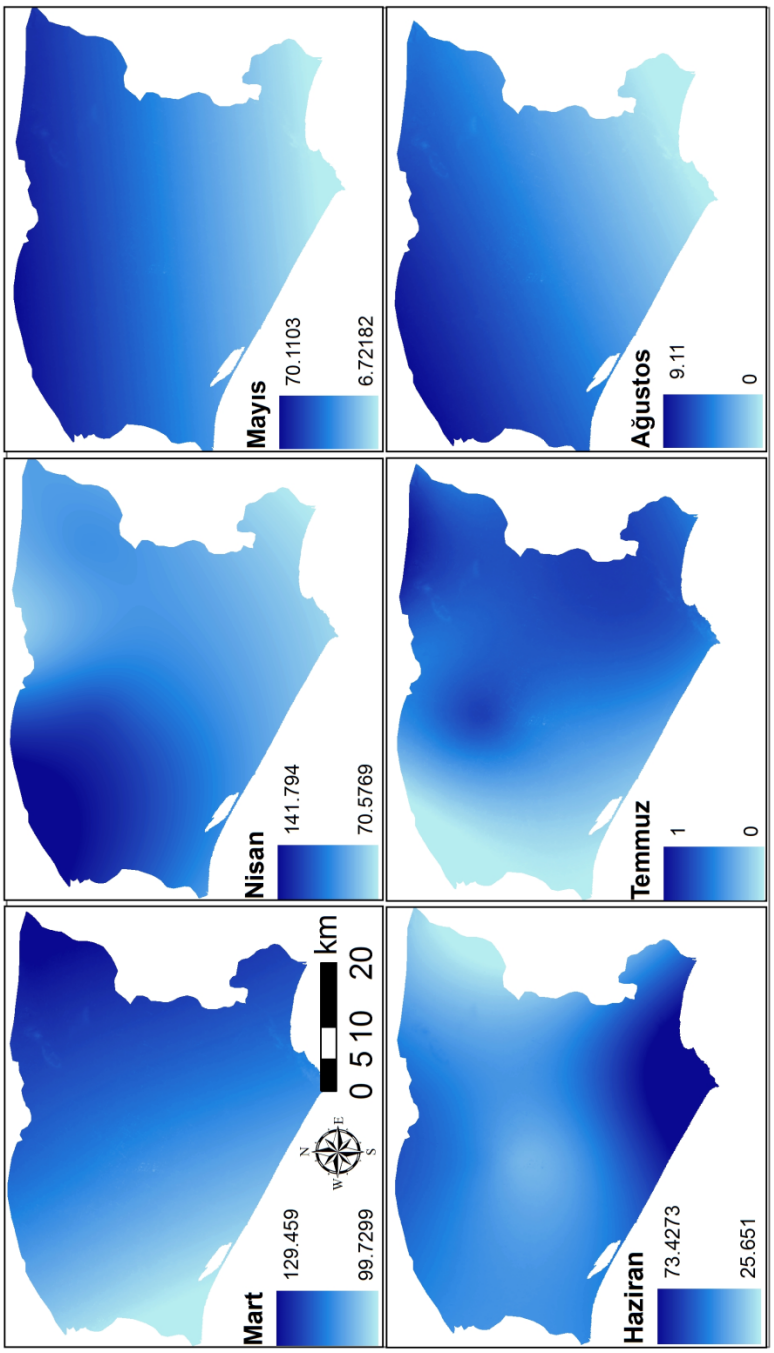
Şekil 4.54. 2010 – 2011 buğday gelişme dönemi minimum sıcaklık haritaları (C°).



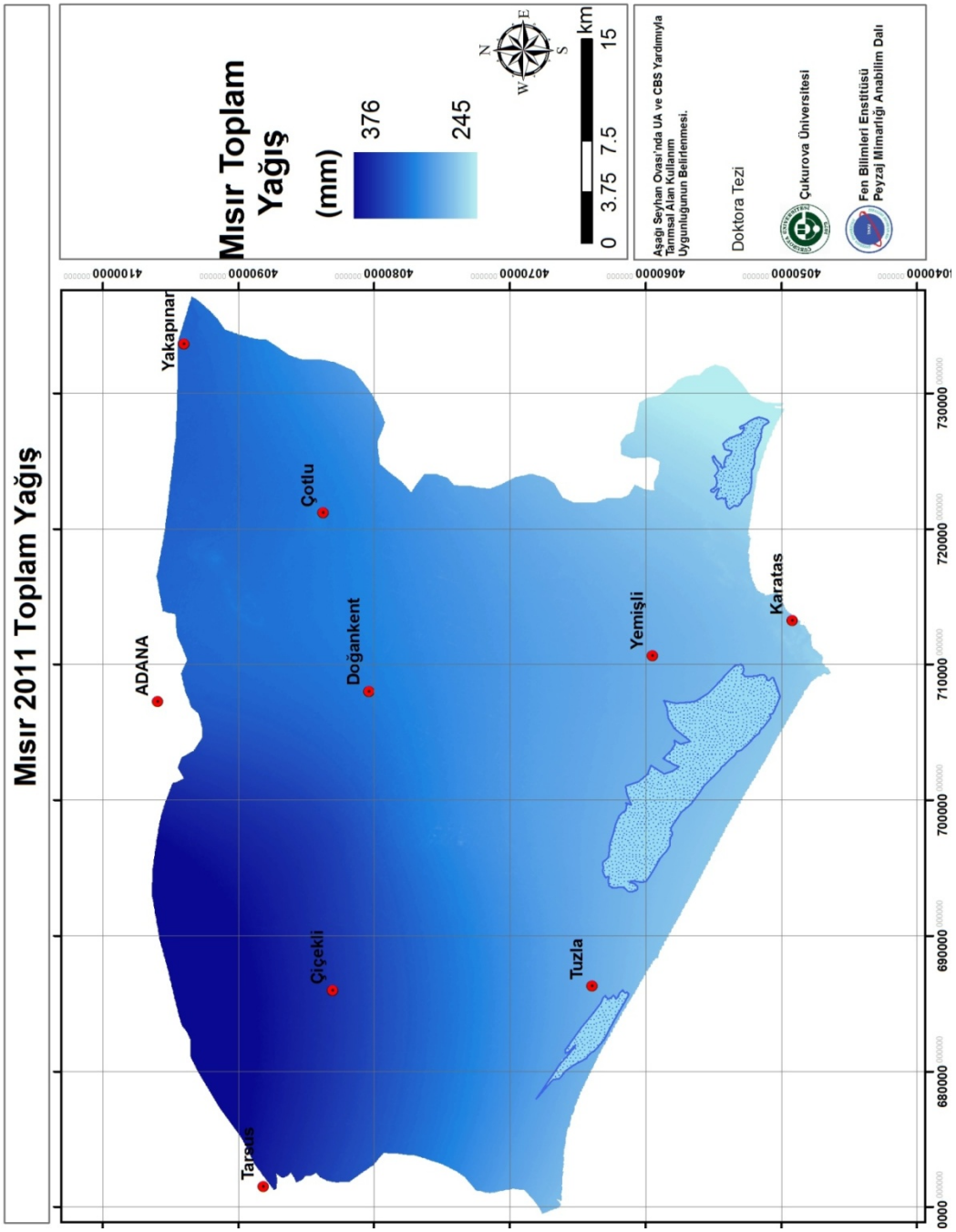
Şekil 4.55. 2010 – 2011 buğday gelişme dönemi maksimum sıcaklık haritaları (C°).

4.5.5.2. Mısır Gelişme Dönemi İklim Verilerinin Haritalanması

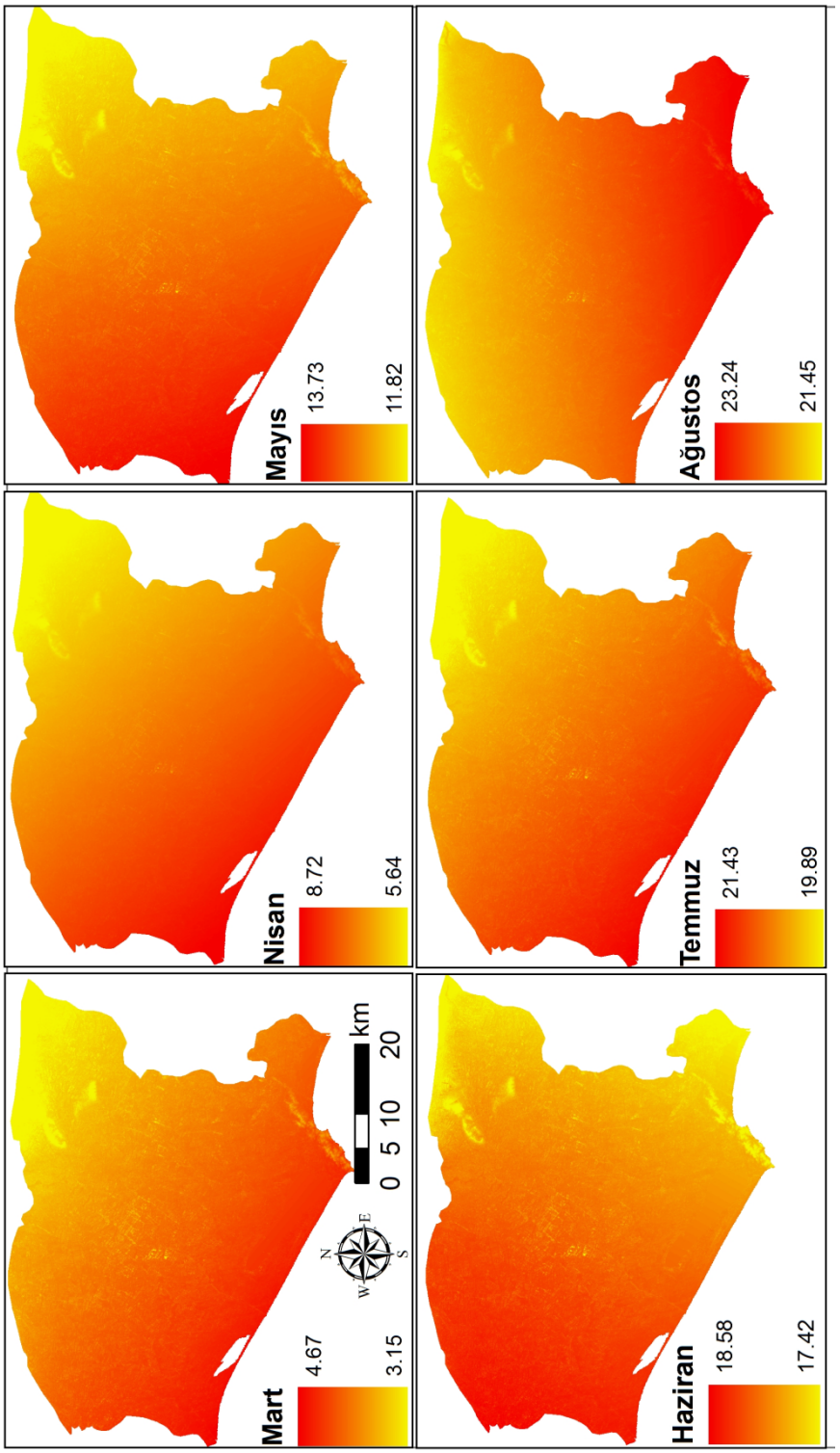
ASO'da 1. Ürün mısır ekimi Mart ayı itibariyle başlar ve Ağustos ayı sonlarına doğru hasat edilir. Bu dönem içerisindeki yağış, minimum ve maksimum sıcaklıklar aylık olarak haritalanmıştır (Şekil 4.56, 4.57, 4.58, 4.59).



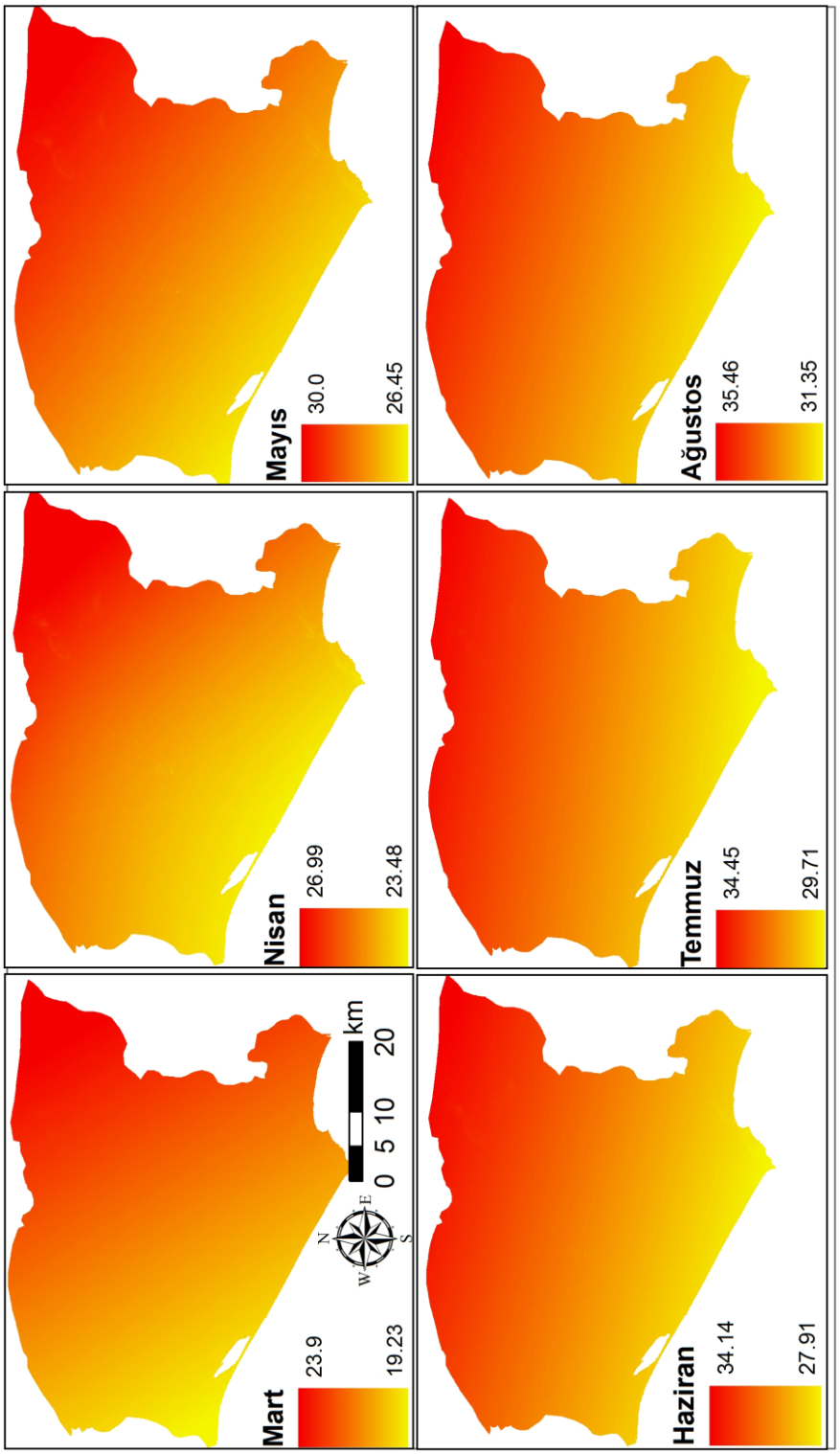
Şekil 4.56. Mısır gelişme dönemi aylık bazda toplam yağış haritası (mm)



Şekil 4.57. 2011 yılı Mısır gelişme dönemi toplam yağış haritası



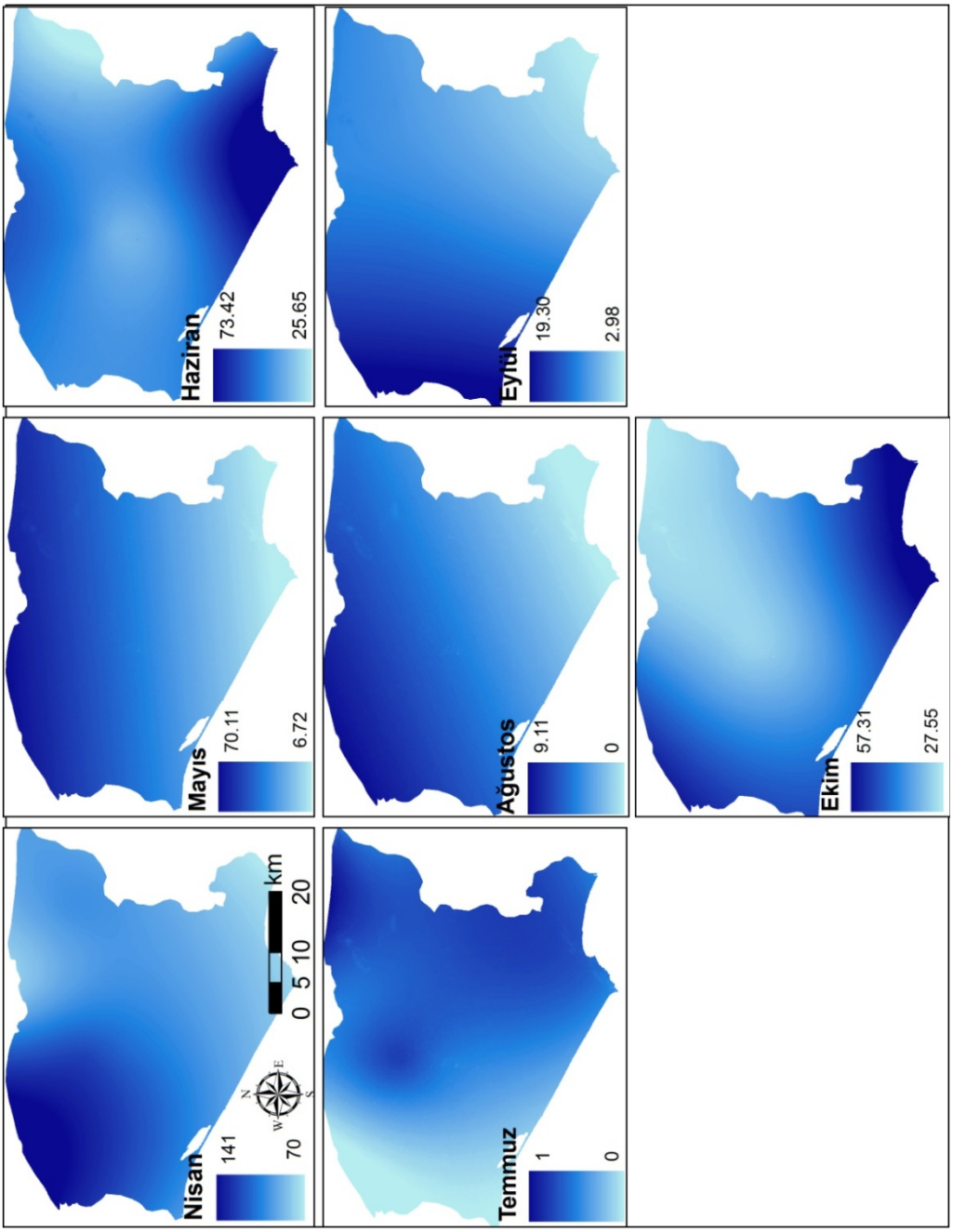
Şekil 4.58. 1. Ürün mısır gelişme dönemi aylık minimum sıcaklık haritası (C°)



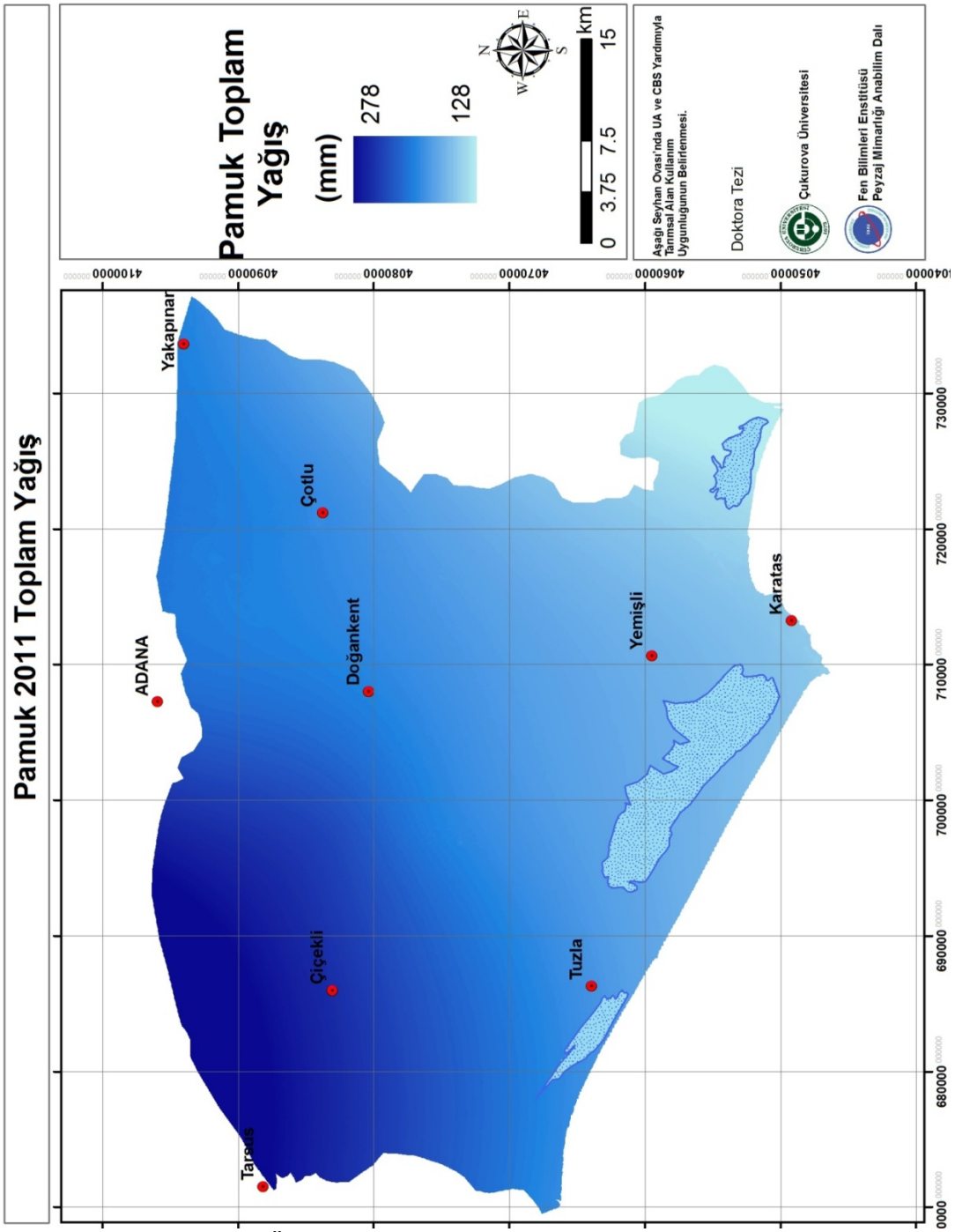
Şekil 4.59. 2011 yılı 1. Ürün mısır gelişme dönemi aylık maksimum sıcaklık haritası (C°)

4.5.5.3. Birinci Ürün Pamuk Gelişme Dönemi İklim Verilerinin Haritalanması

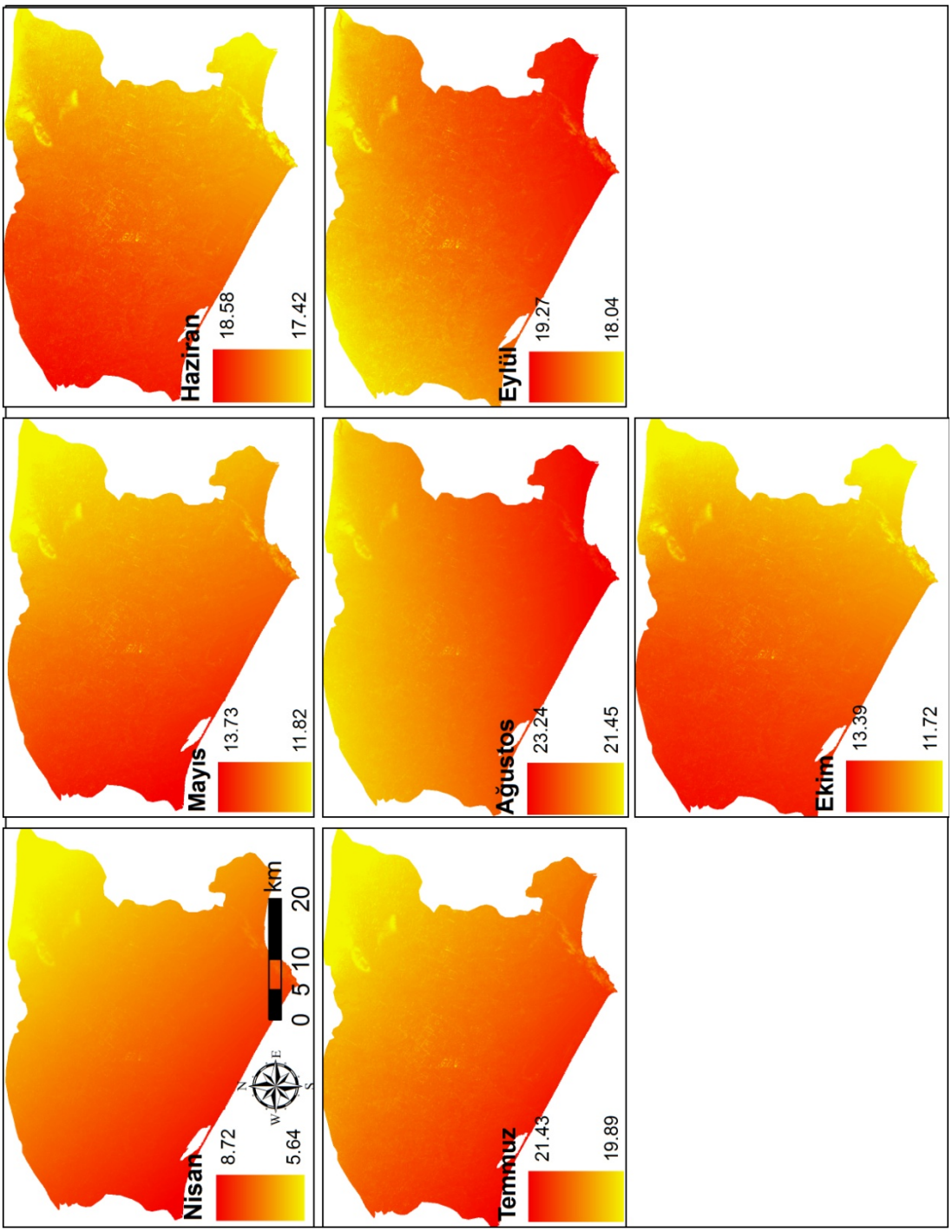
ASO'da 1. Ürün pamuk ekimi Nisan ayı itibariyle başlar ve Ekim ayı ortalarına doğru hasat edilir. Bu dönem içerisindeki yağış, minimum ve maksimum sıcaklıklar aylık olarak haritalanmıştır (Şekil 4.60, 4.61, 4.62, 4.63).



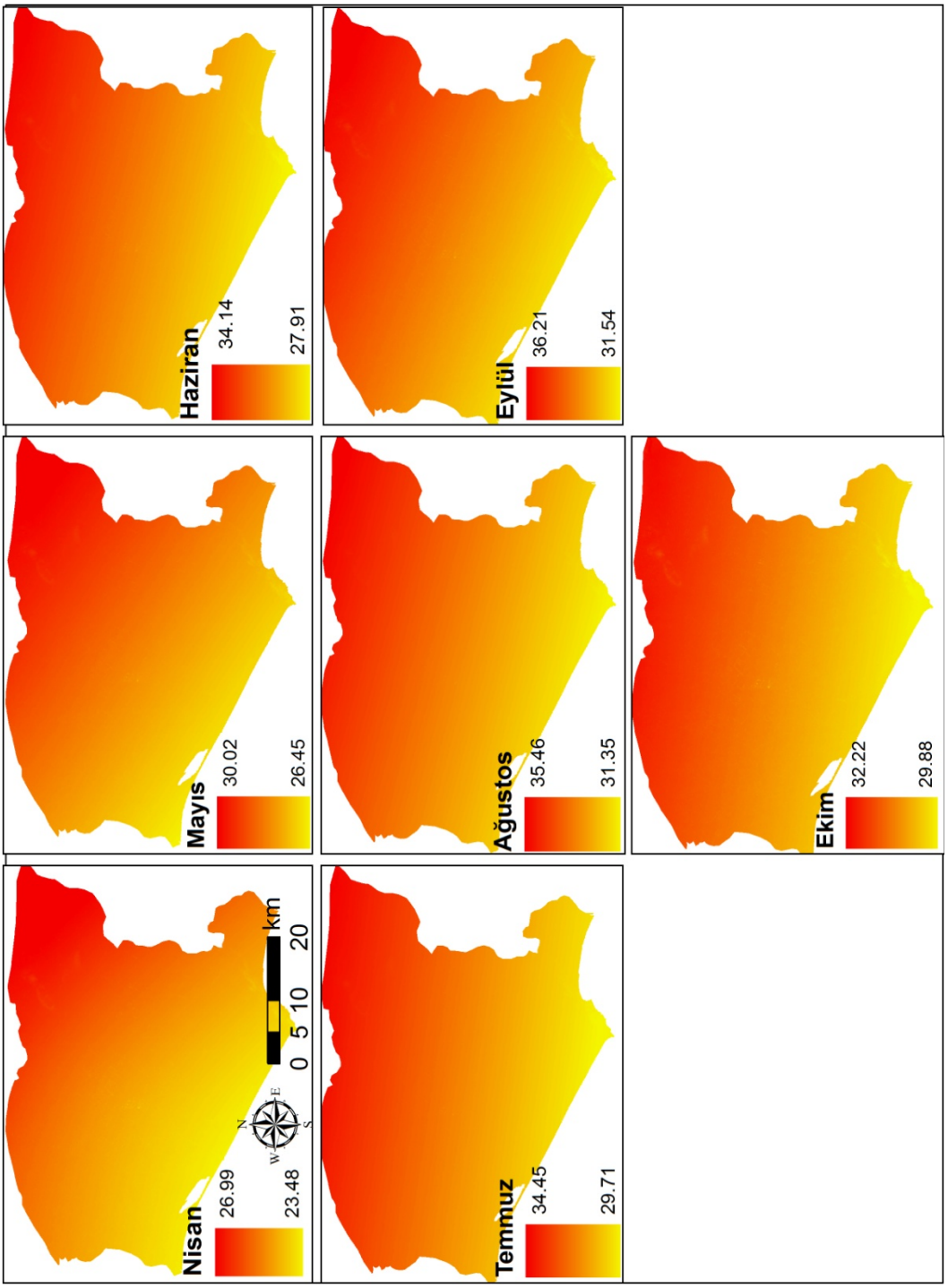
Şekil 4.60. 2011 1. Ürün pamuk gelişme dönemi aylık toplam yağış haritaları (mm)



Şekil 4.61. 2011 yılı 1. Ürün pamuk gelişim dönemi toplam yağış dağılımı haritası



Şekil 4.62. 1. Ürün pamuk gelişim dönemi aylık minimum sıcaklık haritaları (C°)



Şekil 4.63. 1. Ürün pamuk gelişim dönemi maksimum aylık sıcaklık haritaları (C°)

4.5.5.4. Buğday, Mısır ve Pamuk Gelişme Günleri Sıcaklıklarının Haritalanması

Gelişme günleri sıcaklığı (GGS) bir ürünün tam olgun hale gelene kadarki ihtiyaç duyduğu hava sıcaklığının, günlük olarak, ekim tarihinden hasat tarihine kadar kümülatif hesaplanmasıdır. Temel hesaplama eşitliği aynıdır ancak her ürün için T_b (temel sıcaklık) değişkendir. GGS aşağıdaki hesaplama eşitliğiyle hesaplanır:

$$(T_{mak} - T_{min} / 2) - T_b \qquad (4.7)$$

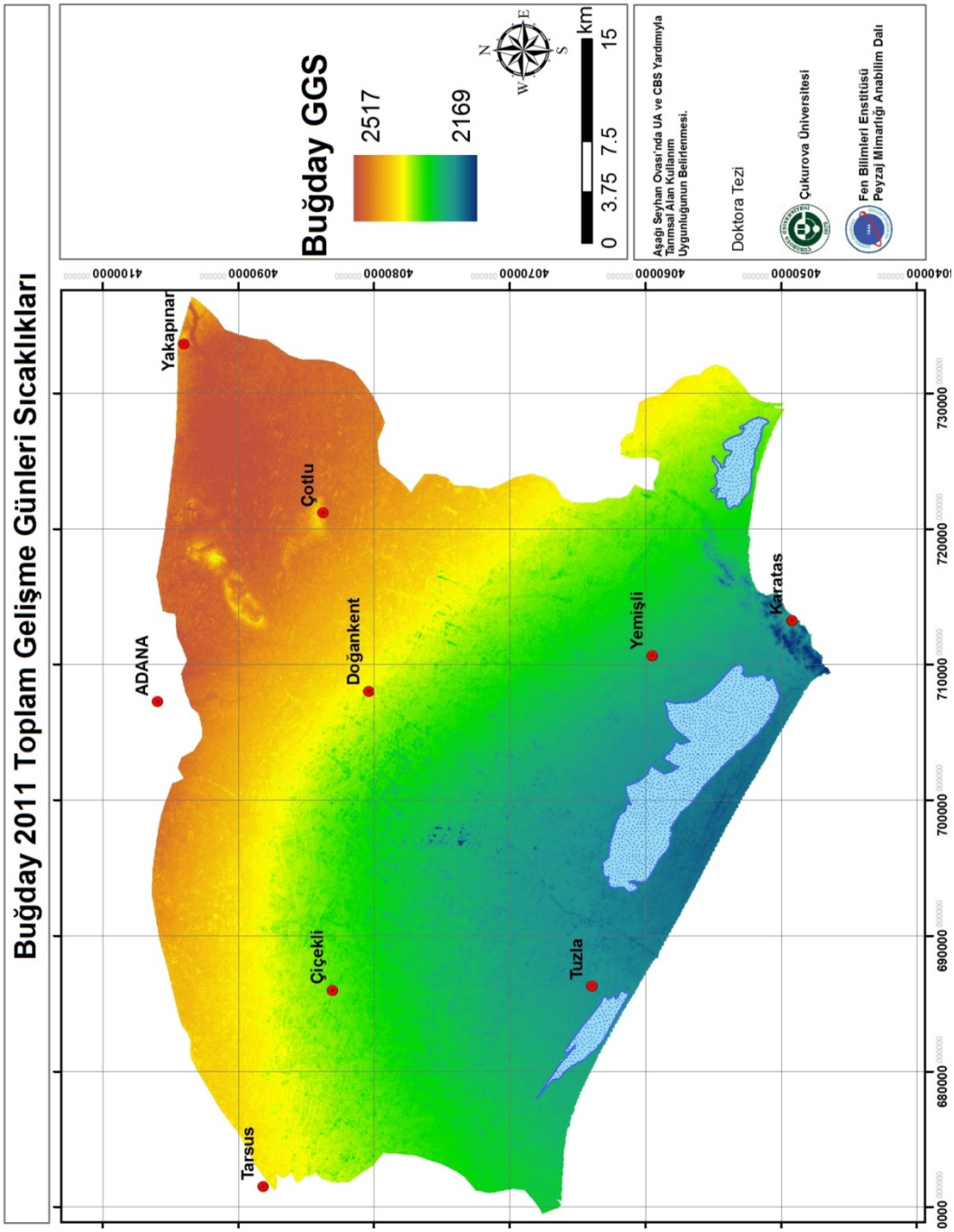
T_{max} : Maksimum sıcaklık

T_{min} : Minimum sıcaklık

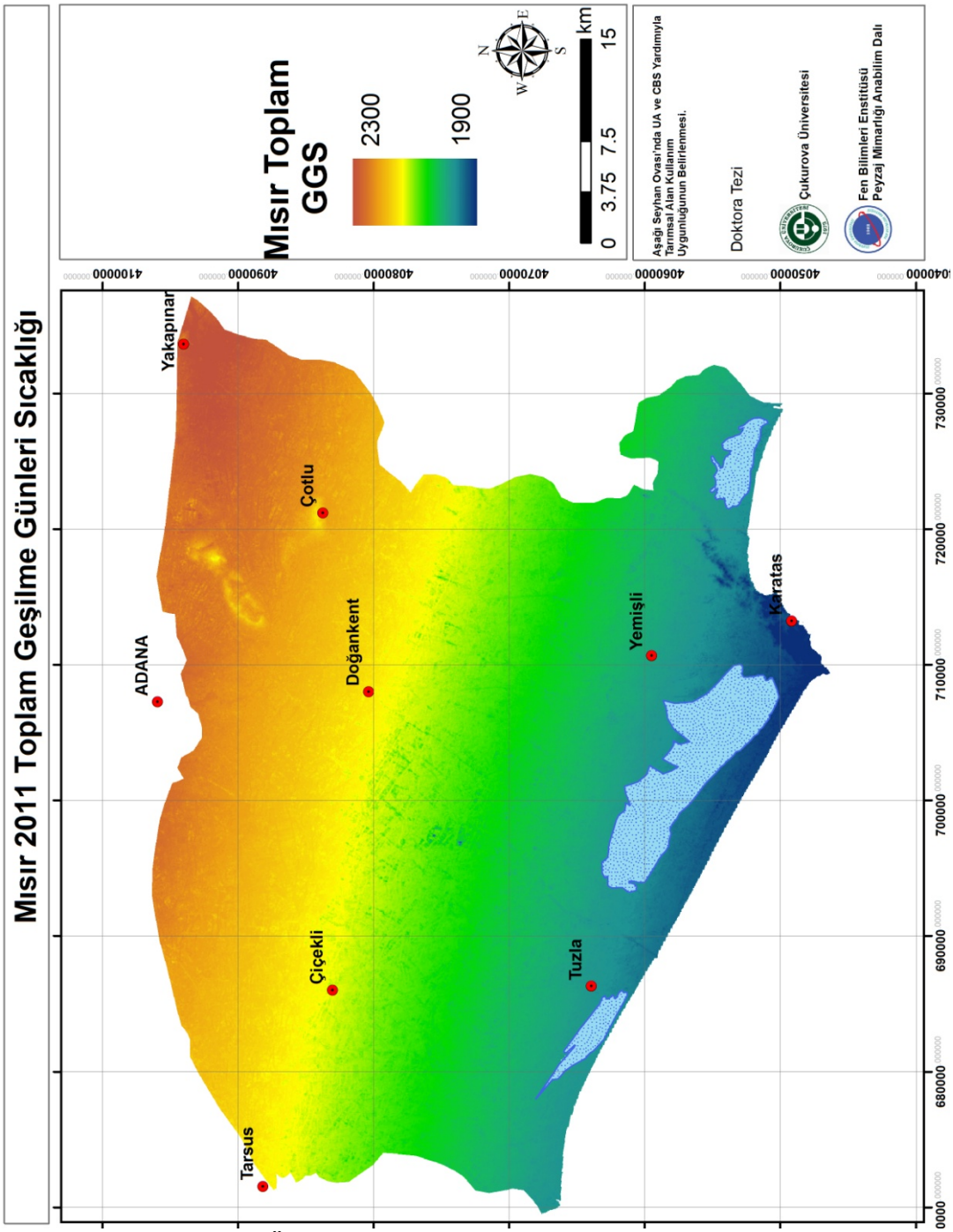
T_b : Temel sıcaklık (bitkinin fotosentez yapmaya başladığı sıcaklık).

Temel sıcaklık değerleri Fraisse ve ark. (2007)'ye göre değerlendirilmiştir. Buna göre: Buğday için 4.4 C°, Mısır için 10 C° ve pamuk için 15.5 C° olarak alınmıştır.

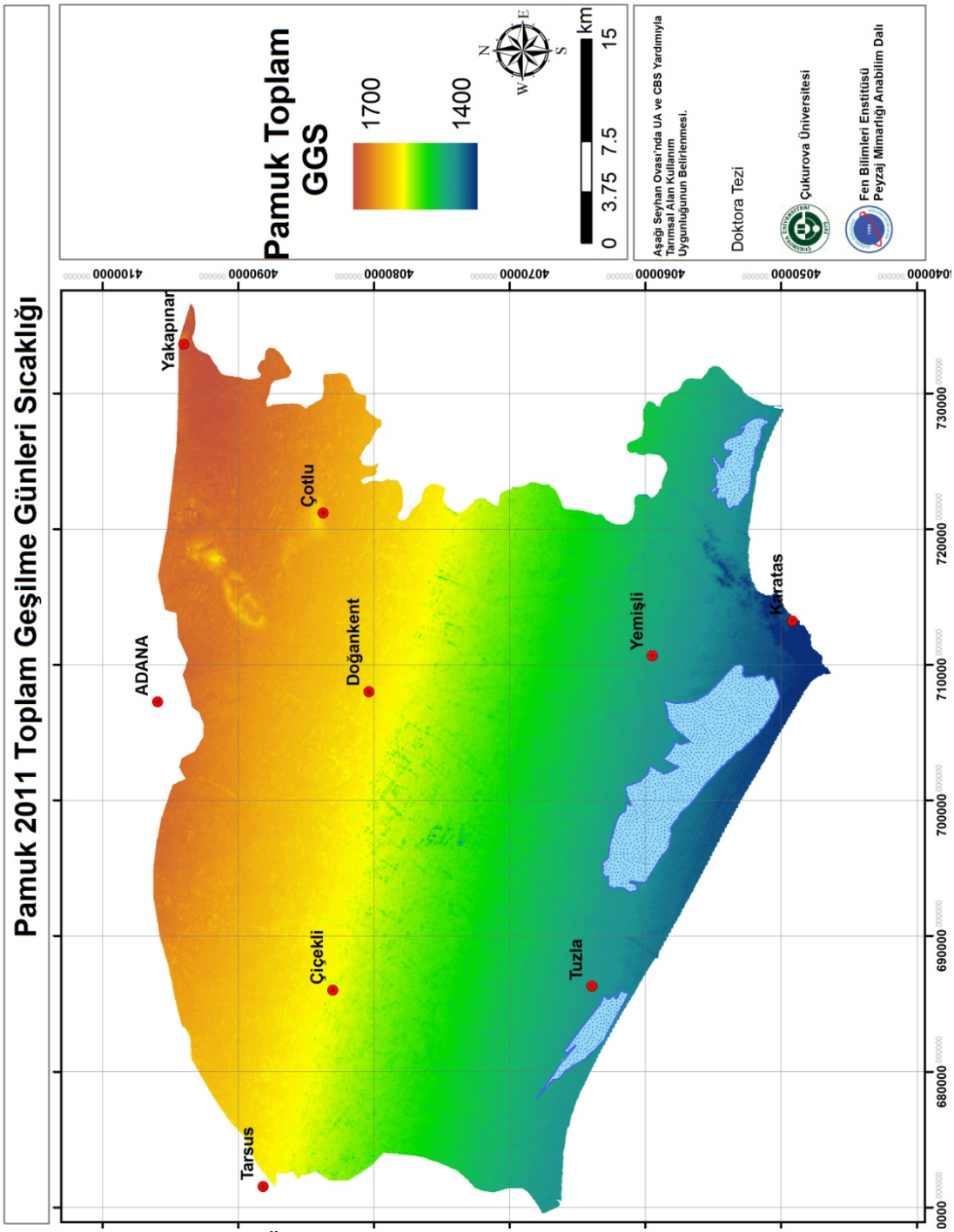
Eşitlik 4.7' deki temel girdiler kullanılarak buğday, mısır ve pamuk GGS'leri hesaplanmıştır (Şekil 4.64 , 4.65, 4.66). Ürünlerin Ekim ve Hasat zamanları arazi çalışmalarından elde edilen verilere göre, buğdayda 12 gün, mısırda 14 gün pamukta ise 9 günlük bir sapma vardır. Tüm alanda bu sapma dikkate alınarak her ürün için ortalama ekim ve hasat zamanı belirlenmiştir.



Şekil 4.64. 2011 yılı Buğday gelişme günleri sıcaklıkları dağılımı (C°)



Şekil 4.65. 2011 yılı 1. Ürün Mısır gelişme günleri sıcaklıkları dağılımı (C°)



Şekil 4.66. 2011 yılı 1. Ürün pamuk gelişme günleri sıcaklıkları dağılımı (C°)

4.6. Çok Kriterli Analiz Yöntemi ve AHS Yaklaşımıyla Ürün Temelli Tarımsal Alan Kullanım Uygunluğunun Haritalanması

Çalışma alanındaki tarımsal faaliyetin %85'ini oluşturan buğday, mısır, pamuk ve narenciye tarımına uygunluğu, her bir ürün için ayrı olarak ele alınmıştır.

Buğday, Mısır ve Pamuk için belirlenen kriterler aynıdır. Bunlar her üç ürününde ideal yetişme ortamını bulmaya yönelik seçilmiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Buğday, mısır ve pamuk uygunluk değerlendirmeleri için belirlenen kriterler

Veri Grubu	Kriter ve özellik
Toprak	Toprak Derinliği (mm): Ürün kök gelişimi için önemlidir.
	Kil yüzdesi: Drenaj ve toprak stabilite kabiliyeti açısından önemlidir.
	Silt yüzdesi
	Kum Yüzdesi
	Su tutma kapasitesi (%): Toprak nemi ve bitki kuraklık direnci açısından önemlidir.
İklim	Toplam Yağış (mm): Sulama, drenaj ve kuru tarımda verim açısından önemlidir.
	GGS: Bitki büyüme hızı, hasat zamanı ve ürün döngüsü açısından önemlidir.
Risk	Bölgesel risk olarak toprak tuzluluğu dikkate alınmıştır. Bitki ideal yetişme koşulları açısından önemlidir.
Kısıtlayıcılar	Su yüzeyleri: Tarım yapılamayan arazilerdir, Göller gibi
	Mevcut yerleşim alanları: Yollar ve kanallar tarım yapılmayan arazilerdir.
	Marjinal alanlar: Sazlık, bataklık ve aşırı tuzcul vejetasyon içeren aşırı tuzlu alanlardır

Narenciye yetişme koşullarında ise, toprak özelliklerinden silt miktarı kullanılmamıştır. İklimsel koşulları tanımlayan veri olarak sadece MODIS LST verilerinden üretilen don risk haritası ve bir diğer risk faktörünü tanımlayan tuzluluk haritası kullanılmıştır.

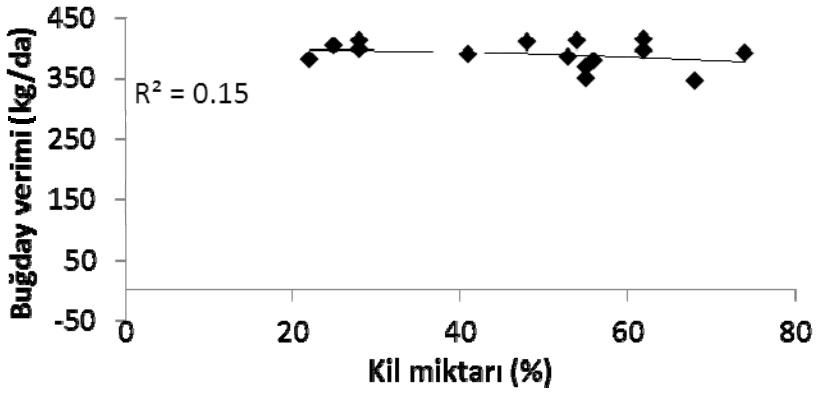
4.6.1. Buğday Yetişme Koşulları ve Alan Kullanım Uygunluğunun Belirlenmesi

ÇKA analizlerindeki en önemli sorunlardan biri olan ağırlıklandırma sürecini çözmek için Analitik hiyerarşi süreci (AHS) tekniğindeki ikili karşılaştırma matrisi kullanılmıştır. Bu yaklaşıma göre, her bir kriter diğer kriterlerle ayrı olarak ikili karşılaştırılıp, değerlendirilir. Buğday için her bir kriterin, diğeri üzerindeki önem düzeyini belirlemek için objektif bir yaklaşım yöntemi geliştirilmiştir.

2011 yılı için tahmin edilen buğday veriminde yüksek verim alınan bölgeler buğday yetişmesi için ideal koşullara sahip olarak nitelendirilmiş ve her bir kriter ayrı olarak buğday verimiyle ilişkilendirilerek birbirlerini tanımlama derecelerine göre (R^2) etki ve önem sırasına sokulmuştur.

Öncelikle toprak kriterleri için önem düzeyleri ve davranışlar belirlenmiştir. Bu kapsamda, kil, silt, kum yüzdeleri, toprak derinliği ve su tutma kapasitesi arasındaki ilişki seriler bazında buğday verim ortalamaları temel alınarak ilişkilendirilmiştir.

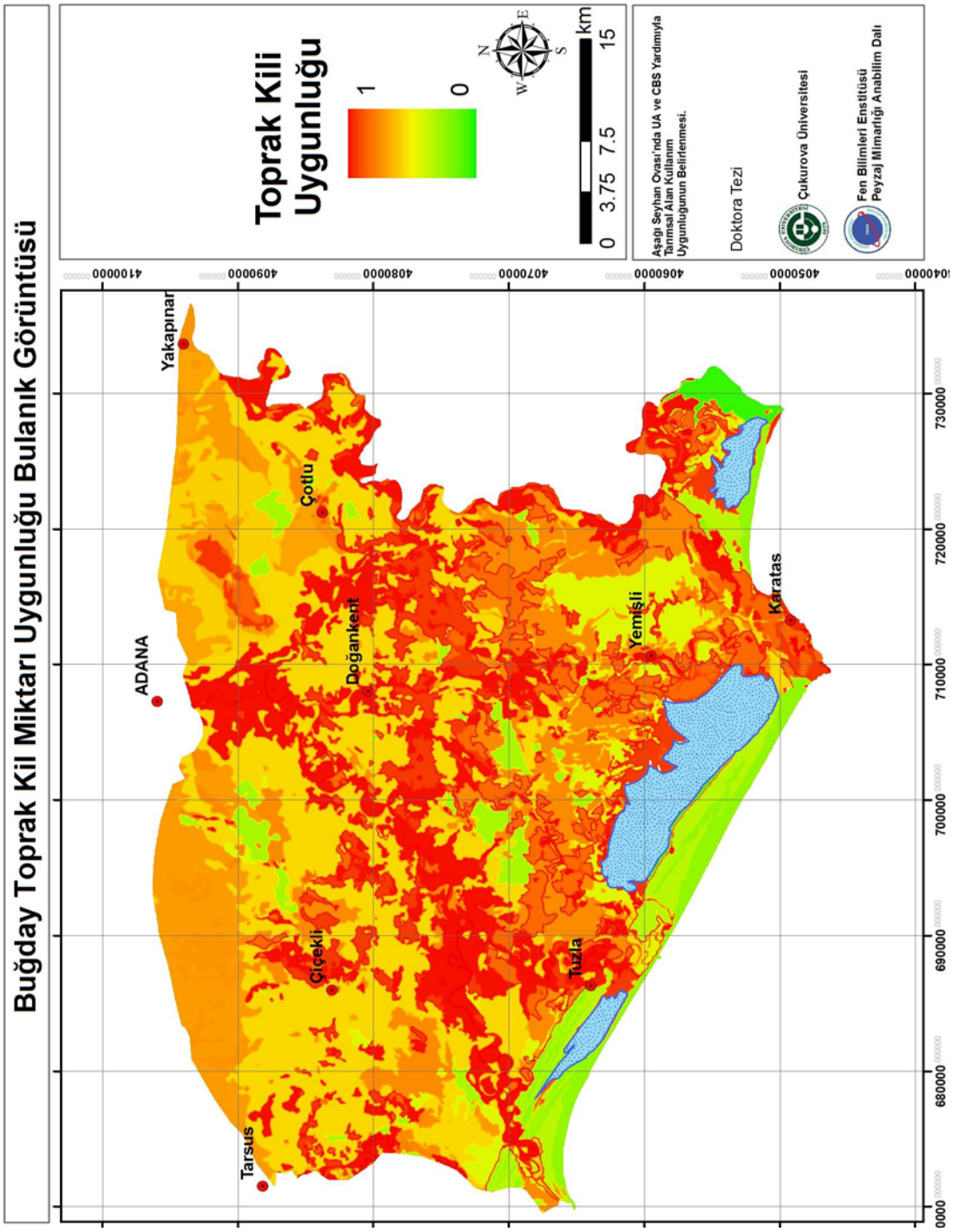
Toprak kil yüzdesi ve buğday verimi arasında toprak kil miktarı %40'dan fazla olduğunda, buğday veriminin düşmeye başlaması yönünde bir ilişki saptanmıştır (Şekil 4.67).



Şekil 4.67. Buğday verimi ve toprak kil miktarı arasındaki ilişki ($P<0.1$)

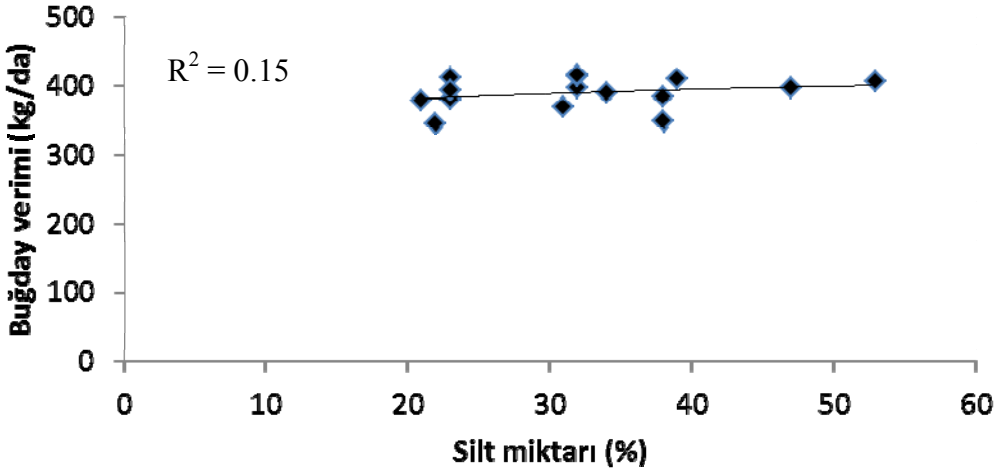
Buna göre %20 ve %40 arasındaki kil miktarı idealken, %40 - %70 arasında yetişme koşulları uygun ancak verim düşüşü gözlemlenmektedir. Kil miktarı %100' olduğu ve %0 olduğu bölgelerde de verimin 0 olduğu varsayılmıştır. Bulanık mantık

kullanılarak yapılan veri standardizasyonu, tanımlanan ikili ilişki eğrisine göre yapılmıştır (Şekil 4.68).



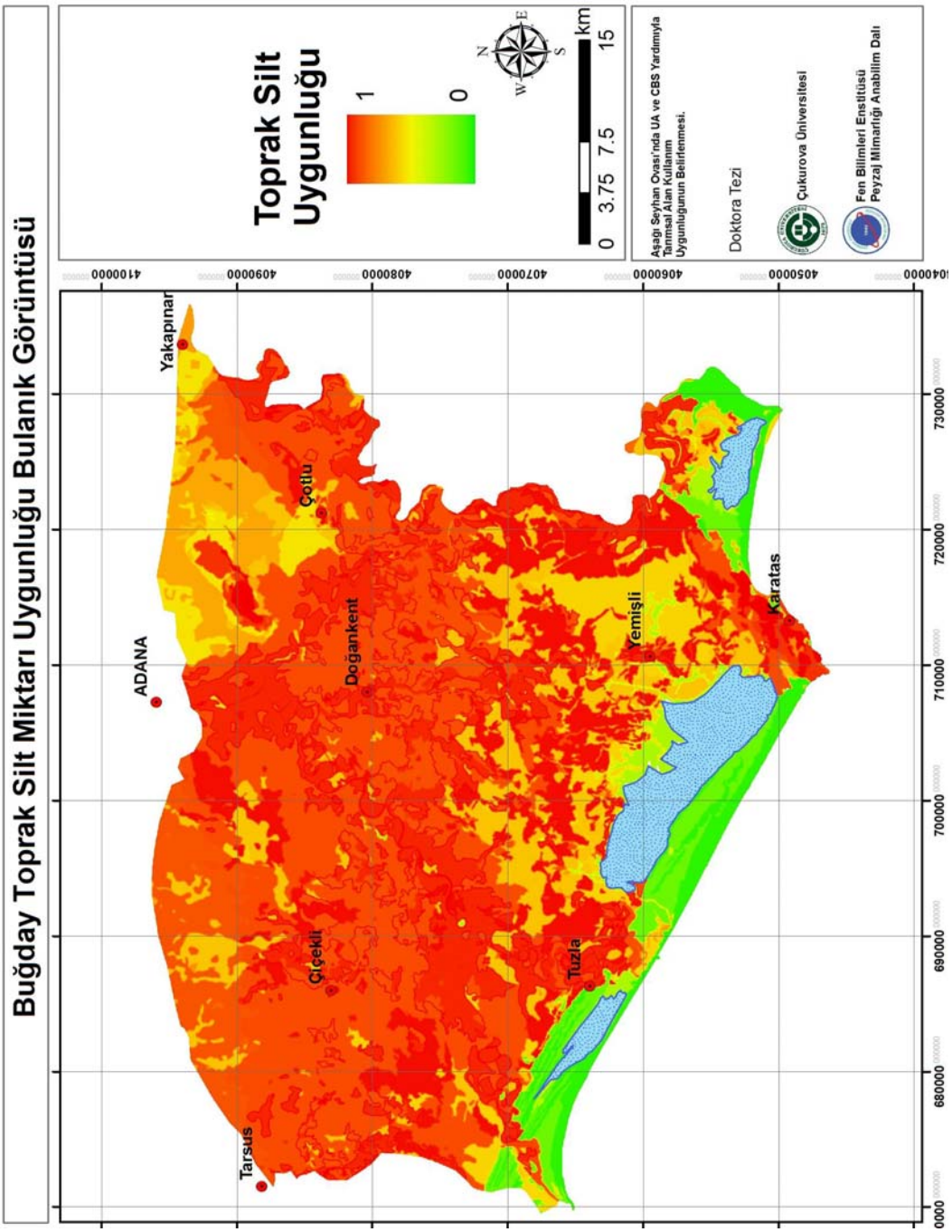
Şekil 4.68. Buğday yetişme koşulları toprak kil miktarı uygunluğu bulanık standardizasyon haritası.

Buğday silt miktarının uygunluğu, bir diğer ikili karşılaştırmayla belirlenmiş ve veri standardizasyonu bu uygunluk sistemi temel alınarak yapılmıştır. Buna göre, silt miktarı ve buğday verimi arasında artarak artan doğrusal bir ilişki vardır. Ancak silt yüzdesinin 0 ve 100 olduğu noktalar kısıtlayıcı bölgeler olarak tanımlanmıştır. Bu kapsamda, silt miktarının %20 - %60 arasında olduğu bölgelerde buğday yetişebilir ancak %20 den %60'a doğru uygunluğu artmaktadır. %60 - %100 arasında ise azalma öngörülmüştür. En ideal değer %55 olarak alınmıştır (Şekil 4.69). Verim ve silt miktarı arasındaki ilişki birbirlerini ancak $R^2 = 0.15$ düzeyinde tanımlayabilmektedir.



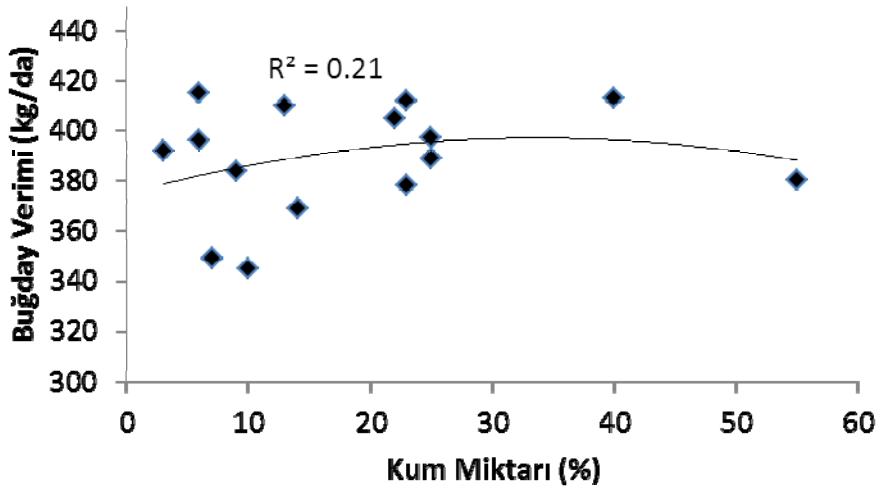
Şekil 4.69. Buğday verimi toprak silt miktarı arasındaki ilişki (NS)

Silt miktarı ve verim arasındaki ilişkiye bağlı olarak silt miktarı stantardize edilmiş uygunluk haritası Şekil 4.70'deki gibi tanımlanmıştır.

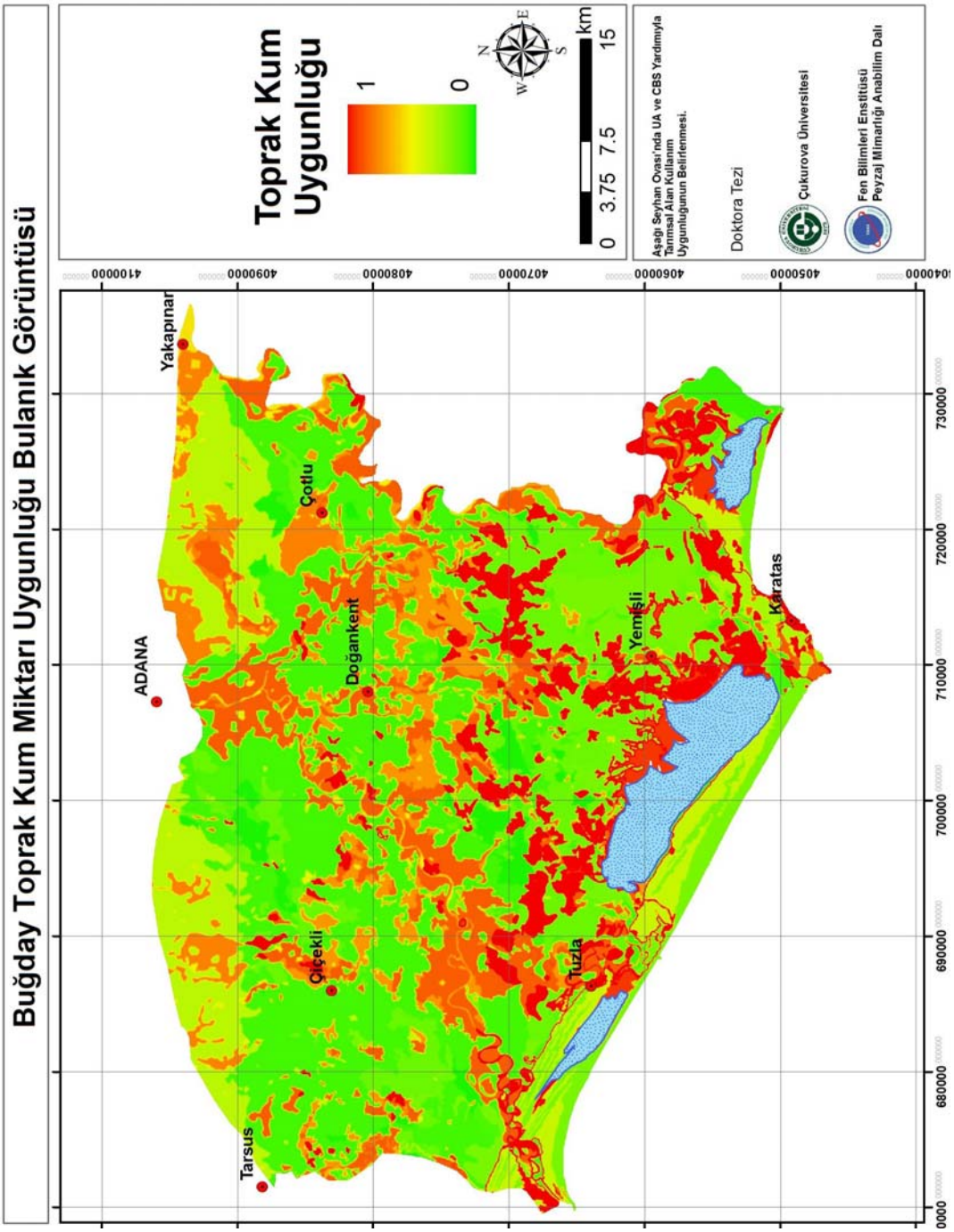


Şekil 4.70. Buğday yetişme koşulları toprak silt miktarı uygunluğu bulanık standardizasyon haritası.

Toprak kum miktarı ve buğday verimi ilişkilendirildiğinde, düşük sevilerdeki kum miktarının olduğu topraklarda dahi buğday tarımının yapılabildiği tespit edilmiştir. Buna göre, buğday için en ideal kum miktarı %40 civarıdır. Kum oranın 0 civarında olduğu yerlerde dahi buğday tarımı yapmak mümkündür. Kum oranının %40 - %60 arasında olduğu bölgede verim düşme eğilimindedir. Kum oranının %100 olduğu bir yerde buğday tarımı yapılamaz sonucuna varılmıştır. Ayrıca, toprak kum miktarı ve buğday verimini $R^2 = 0.21$ düzeyinde tanımlamaktadır. (Şekil 4.71). Silt ve kil miktarlarına göre kum miktarı buğday uygunluğunun belirlenmesinde daha önemli ve önceliklidir. Kum miktarı ve verim arasındaki ilişkiye bağlı olarak topraktaki kum yüzdesi standardize edilmiş uygunluk haritası Şekil 4.72'deki gibi tanımlanmıştır.

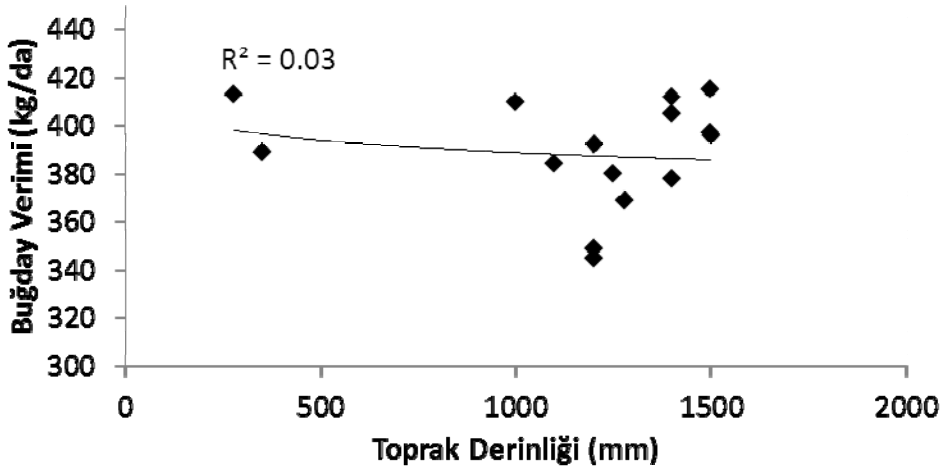


Şekil 4.71. Buğday verimi ve toprak kum miktarı arasındaki ilişki (P<0.05)



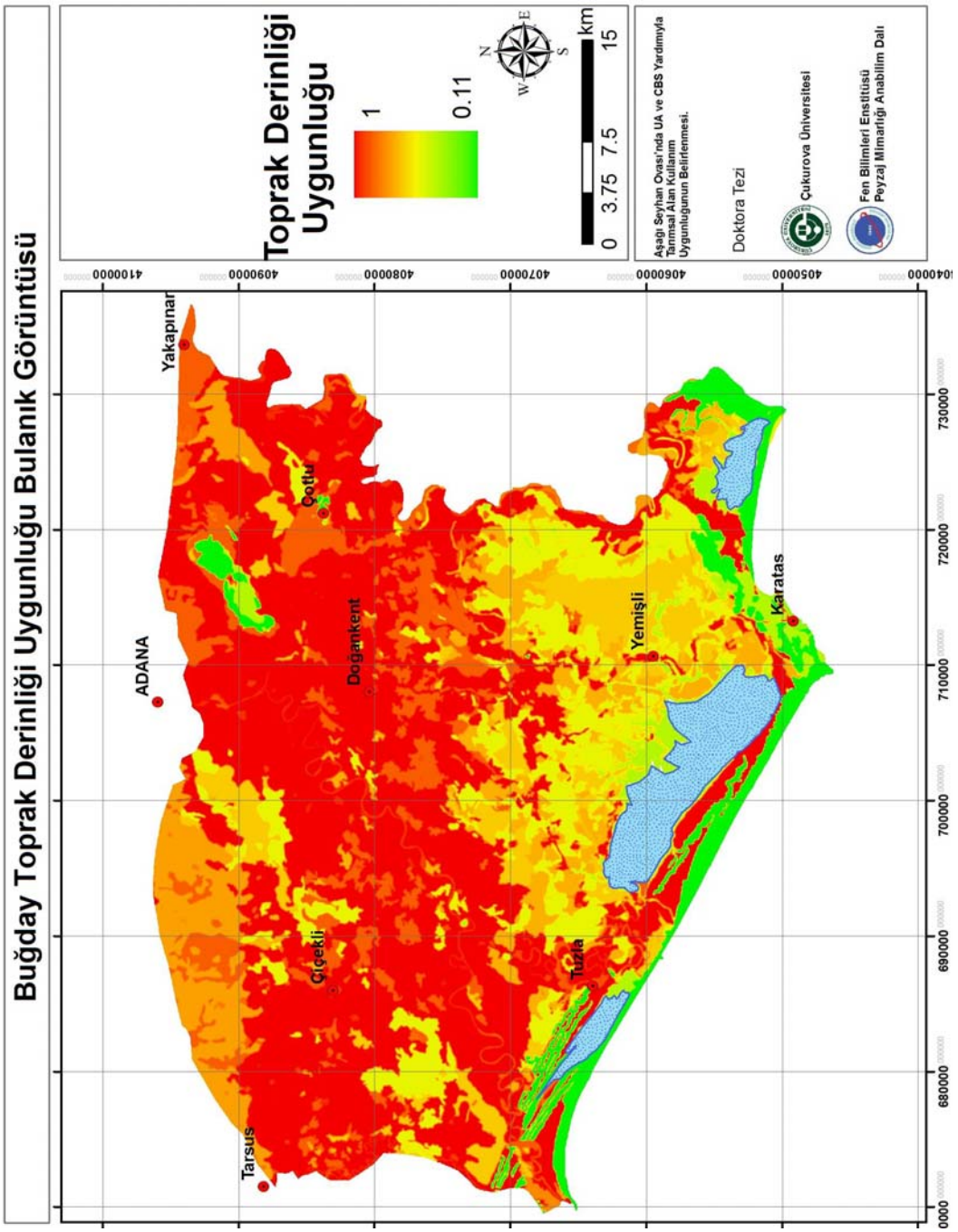
Şekil 4.72. Buğday yetişme koşulları toprak kum miktarı uygunluğu bulanık standardizasyon haritası.

Toprak derinliği ve buğday verimi ilişkilendirildiğinde, derinlik arttıkça verimde bir azalma söz konusudur. Bu noktada, buğdayın bölgemizde sığ topraklarda dahi yetişebildiği gözlemlenmektedir. Buğday kurak iklim bitkisi olduğundan kökleri 90 – 120 cm'ye kadar inebilmektedir. Ancak ASO Bölgesi'ndeki buğday dönemindeki toplam yağış 620 – 800 mm arasındadır. Bu nedenle, buğday kazık kökleri yerine saçak kökleri daha iyi gelişme göstermektedir. Bu nedenle de toprak derinliği arttıkça yağmur suyu derinlere sızmakta ve alımı biraz daha zor olmaktadır. Toprak derinliğinin fazla olması buğday yetişme koşullarını çok etkilemese de, sığ topraklara göre verim biraz daha düşüktür. Bu ilişki $R^2 = 0.03$ gibi düşük bir düzeyde tanımlanmaktadır. Bu sonuçlara göre genel bir söylem benimsenemez ancak bölgesel olarak yalnızca toprak derinliği düşünüldüğünde 20 cm'lik topraklarda dahi buğdayın verimi yüksek olabilmektedir (Şekil 4.73).



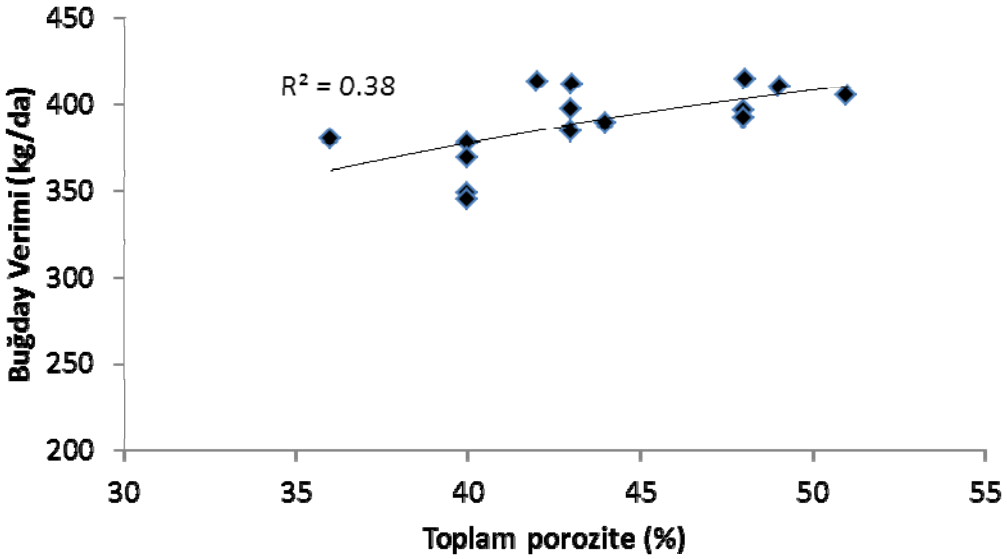
Şekil 4.73. Buğday verimi ve toprak derinliği arasındaki ilişki (NS)

Bu ilişkiye göre ideal toprak derinliği yaklaşık 900 mm'dir. En yüksek ve istikrarlı verim bu noktada alınmıştır. Bununla birlikte yaklaşık 300 mm'dir toprak olan yerlerde de verim kısmen yüksektir. Hiç toprak olmayan yerde verim 0 kabul edilmiştir. Ayrıca toprak derinliği 900 mm'den sonra uygunluğun azaldığı temelinde bir bulanık standardizasyon mantığı geliştirilmiş ve uygulanmıştır (Şekil 4.74).



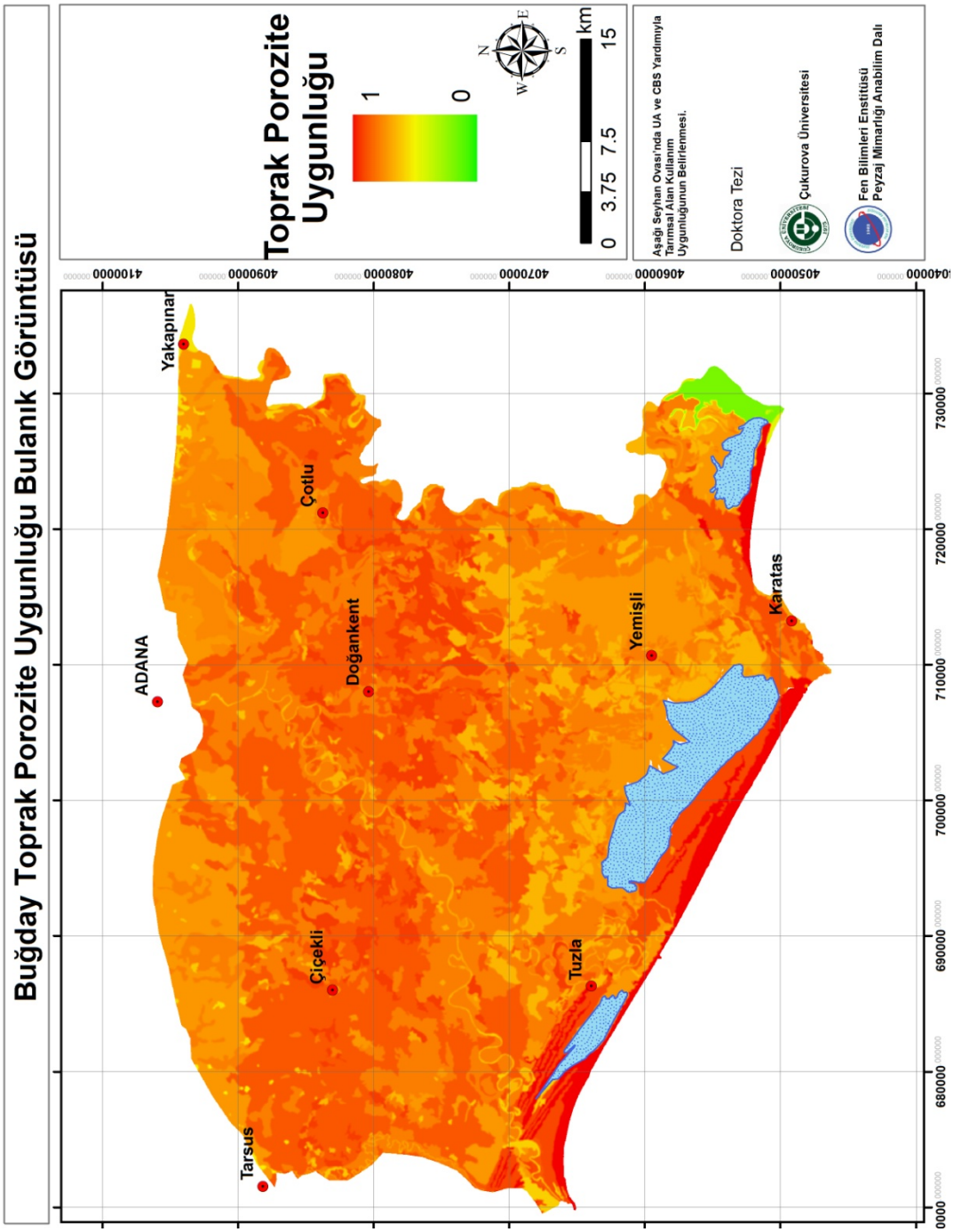
Şekil 4.74. Buğday yetişme koşulları toprak derinliği uygunluğu bulanık standardizasyon haritası.

Toprak toplam porozitesi ve buğday verimi arasındaki ilişkinin saptanması için verim ve her bir serinin toplam poroziteleri karşılaştırılmıştır. Buğday, kurak iklim bitkisi olduğundan ve ASO Bölgesi'nde sulama yapılmadan yetiştiğinden dolayı, topraktaki su tutma kapasitesinin yüksek olması veriminde yüksek olmasına yol açmaktadır. İkili ilişkiye bakıldığında, verim arttıkça porozite de artmaktadır ve bu ilişki $R^2 = 0.38$ düzeyindedir (Şekil 4.75).



Şekil 4.75. Toplam porozite ve buğday verimi arasındaki ilişki ($P<0.01$)

Bu ilişkiye göre, toplam porozite 0 ise her hangi bir buğday yetişmesi söz konusu değildir. Bu değer arttıkça buğday verimi de doğrusal olarak artmaktadır. Bulanık mantık sistemi bu tanımlamayla uygun olarak yapılmış ve toplam porozite verisi standardize edilmiştir (Şekil 4.76).

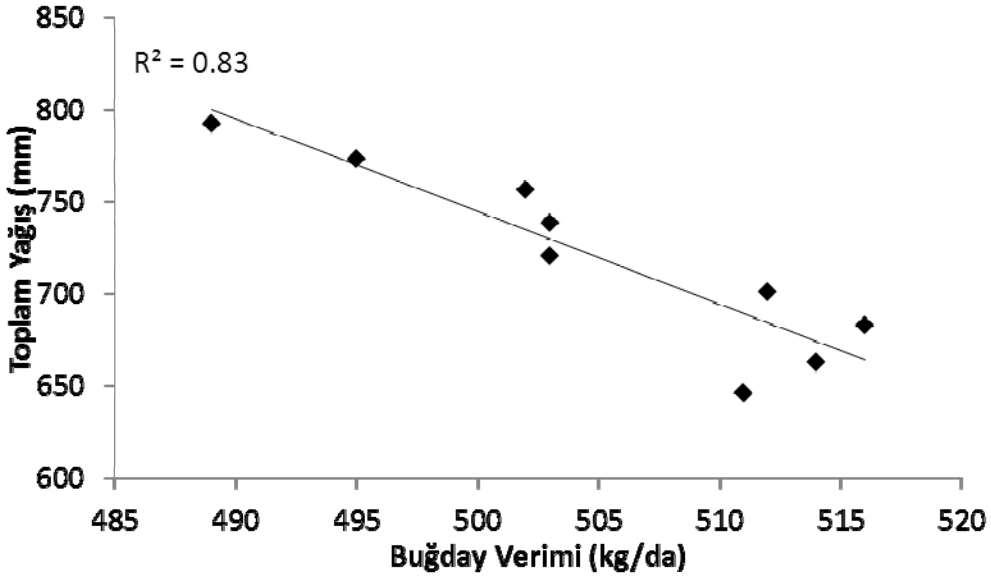


Şekil 4.76. Buğday yetişme koşulları toplam porozite uygunluğu bulanık standardizasyon haritası.

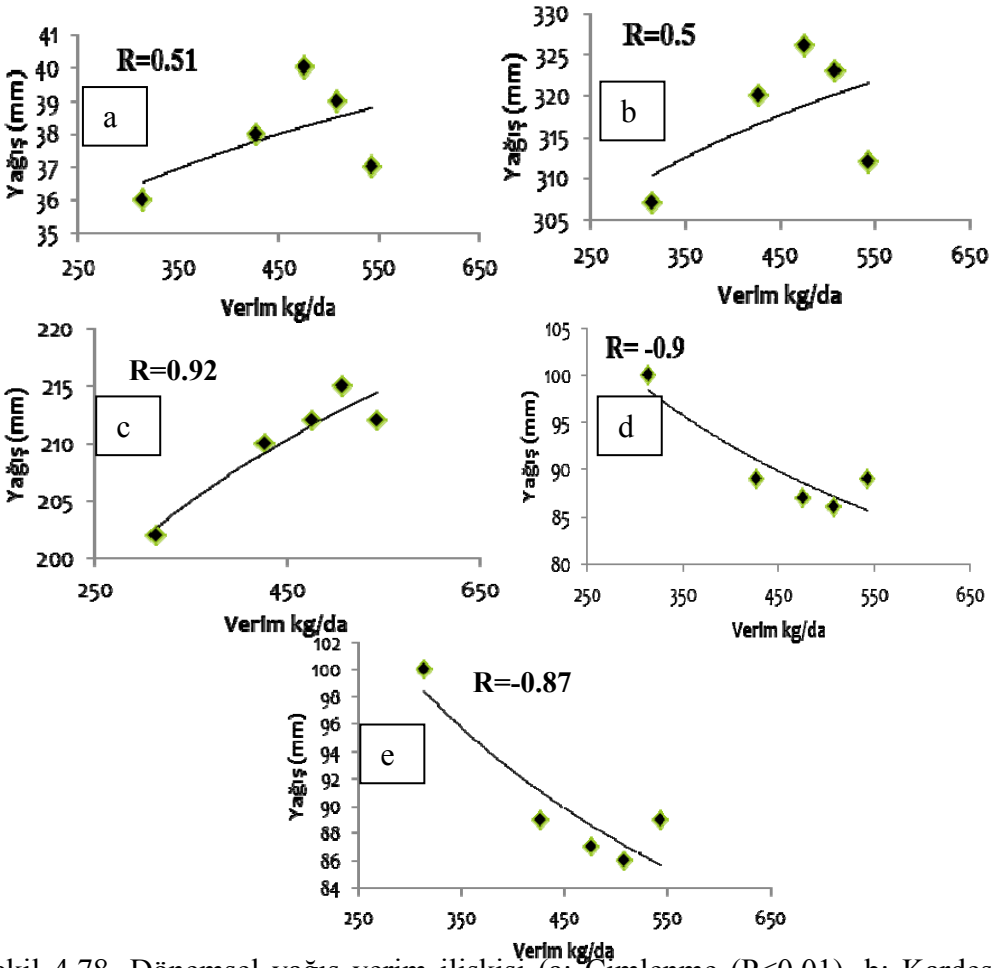
Toprak özelliklerinin yanı sıra iklimsel kriterler de bitki yetişme koşulları açısından önemlidir. ASO Bölgesi'nde iklimsel koşullar topoğrafya homojen olduğu için çok değişken değildir ancak, deniz ve nem etkileri alan içerisinde çok fazla olmasa da farklılaşmalara neden olmaktadır. Bir ürünün gelişmesi için ideal koşullar olarak iklimsel faktörler de dikkate alınmıştır.

Buğdayın yetişmesi için gerekli toplam yağış ve sıcaklık birimi haritalarıyla, buğday verimi belirli kategorilerdeki veri setleriyle ilişkilendirilmiştir. Toplam yağış verisi 9 farklı yağış kategorisine göre ilişkilendirilmiş buna göre;

Çalışma alanındaki toplam yağış azaldıkça verim artmaktadır. Ancak bu bulgu çalışma alanındaki yağış koşulları dikkate alınarak elde edilmiştir. Çalışma alanı içerisindeki en düşük yağış 600 mm'dir ve bu yağış en ideal yağış olarak tespit edilmiştir. 800 mm'ye doğru çıkıldığında ise oldukça küçük bir miktarda verim düşmektedir (Şekil 4.77). Buğdayda toplam yağıştan daha fazla yağış dönemleri ve miktarı verim üzerinde etkili olmaktadır (Şekil 4.78).

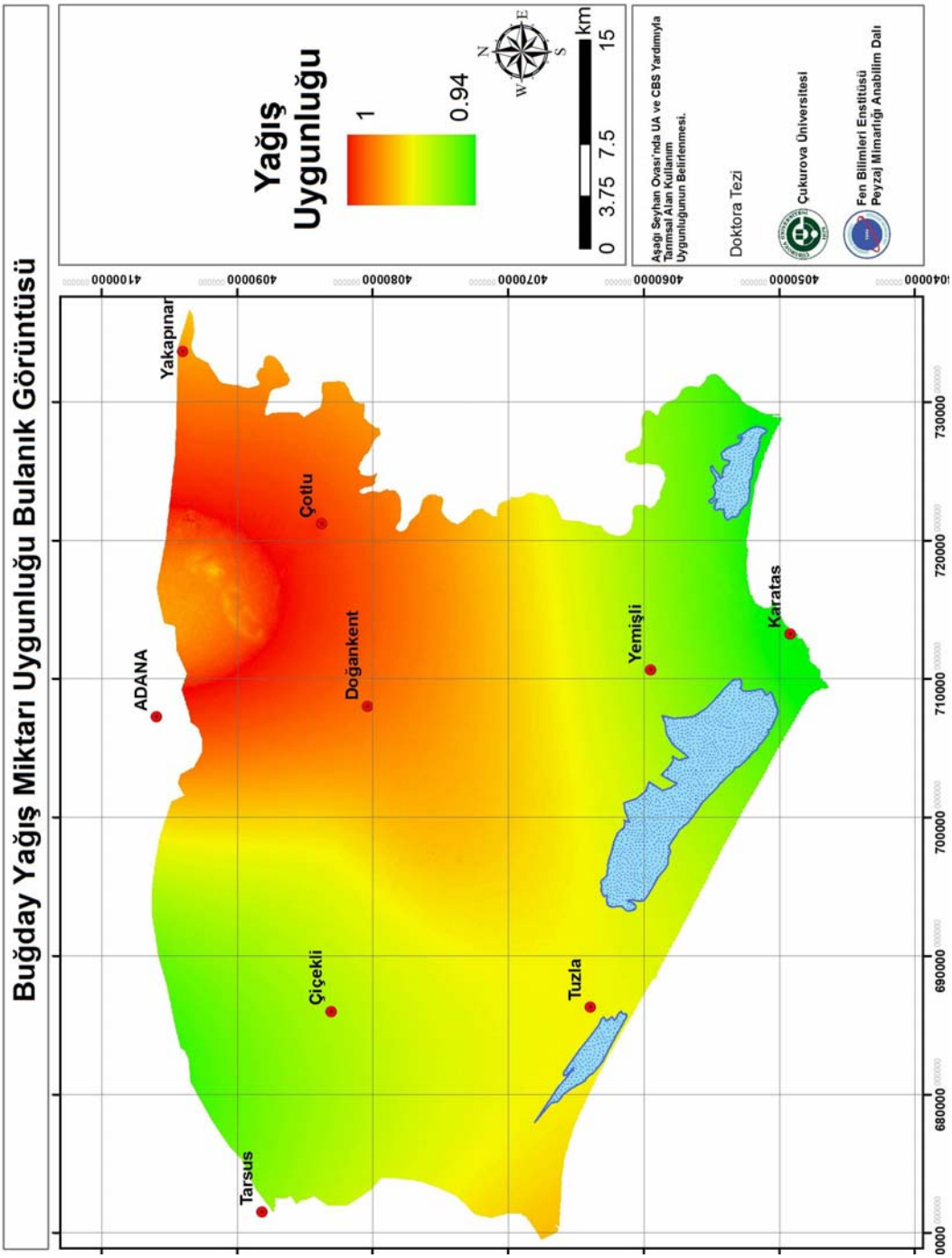


Şekil 4.77. Buğday verimi ve toplam yağış arasındaki ilişki (P<0.001)



Şekil 4.78. Dönemsel yağış verim ilişkisi (a: Çimlenme (P<0.01), b: Kardeşlenme (P<0.05), c: Sapa kalkma (P<0.001), d: Başaklanma (P<0.001), e: Olgunlaşma dönemleri (P<0.01))

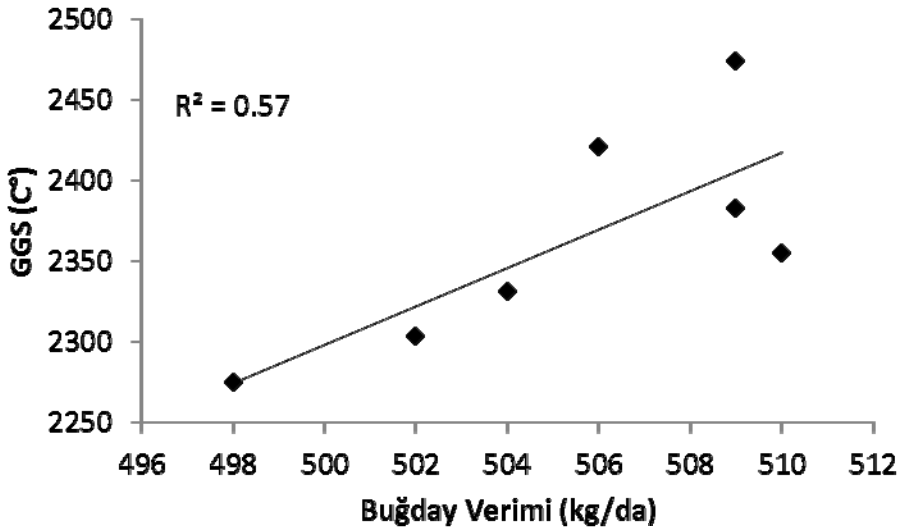
Toplam yağışa göre yapılan standardizasyon işleminde, yağışın 0 mm olması buğdayın gelişimine uygun değildir. 600 mm ideal yağış oranıdır ve bu noktadan sonra 800 mm'ye doğru gösterdiği azalma eğilimi hesaplanarak, bulanık uygunluk haritası üretilmiştir (Şekil 4.79).



Şekil 4.79. Buğday yetişme koşulları toplam yağış uygunluğu bulanık standardizasyon haritası

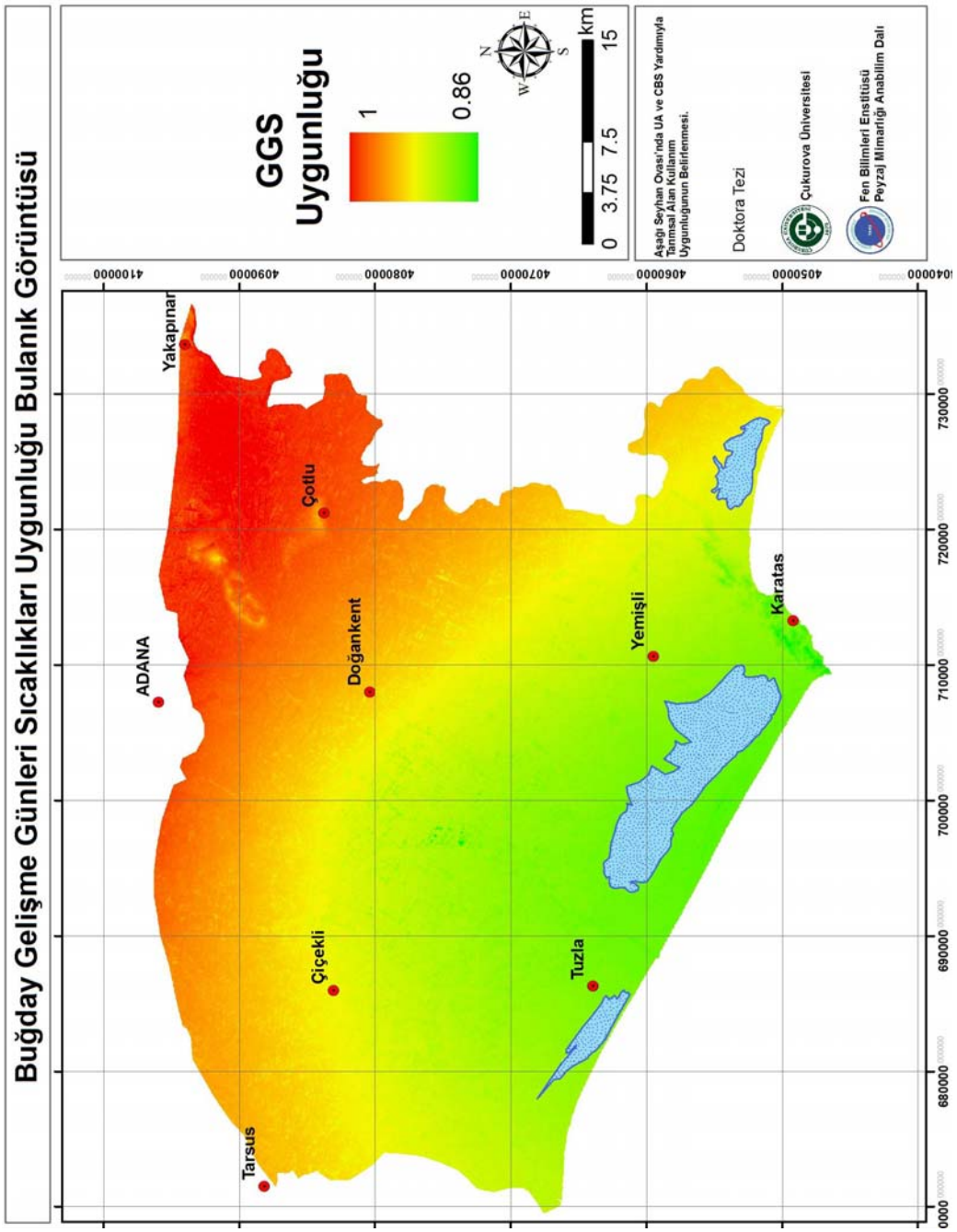
Bir diğer iklimsel koşul ise, GGS'lerdir. Bir ürünün hasat büyüklüğüne gelebilmesi için yetişme dönemindeki sıcaklık isteğini tanımlamaktadır. Bu sıcaklık isteği, ürüne göre değişen fotosentez sıcaklığına bağlı olarak hesaplanır.

ASO, bölgesinde GGS her yerde uygundur ancak bazı bölgeleri lokal olarak diğer alanlardan daha uygundur. Buna göre GGS ve buğday verimi ilişkilendirilmiştir. GGS'ler veri dağılımına ve frekansına göre 8 farklı kategoride tanımlanmış ve her kategorinin ortalama verimi ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 4.80).



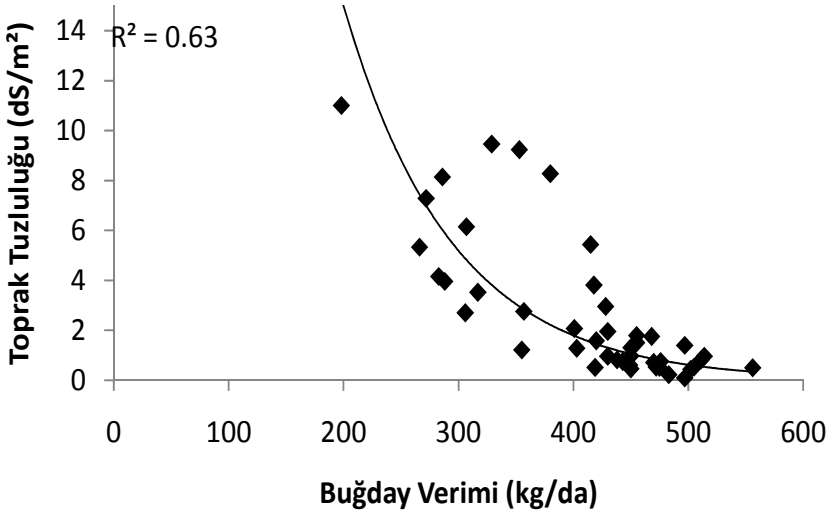
Şekil 4.80. GGS ve buğday verimi arasındaki ilişki (P<0.01)

Bu ilişkiye göre GGS arttıkça buğday verimi de artmaktadır. Bu artış doğrusaldır. Ancak bu durum hasadı olabildiğince geciktirilmeli anlamına gelmemektedir. Eğer gecikme olursa hasat miktarı düşük oranda artabilir ancak tane nem oranı düşeceğinden dolayı buğday kalitesi olumsuz etkilenecektir. Aradaki ilişkiye göre GGS'nin buğday yetişme koşullarına olan etkisi tanımlanmıştır (Şekil 4.81).



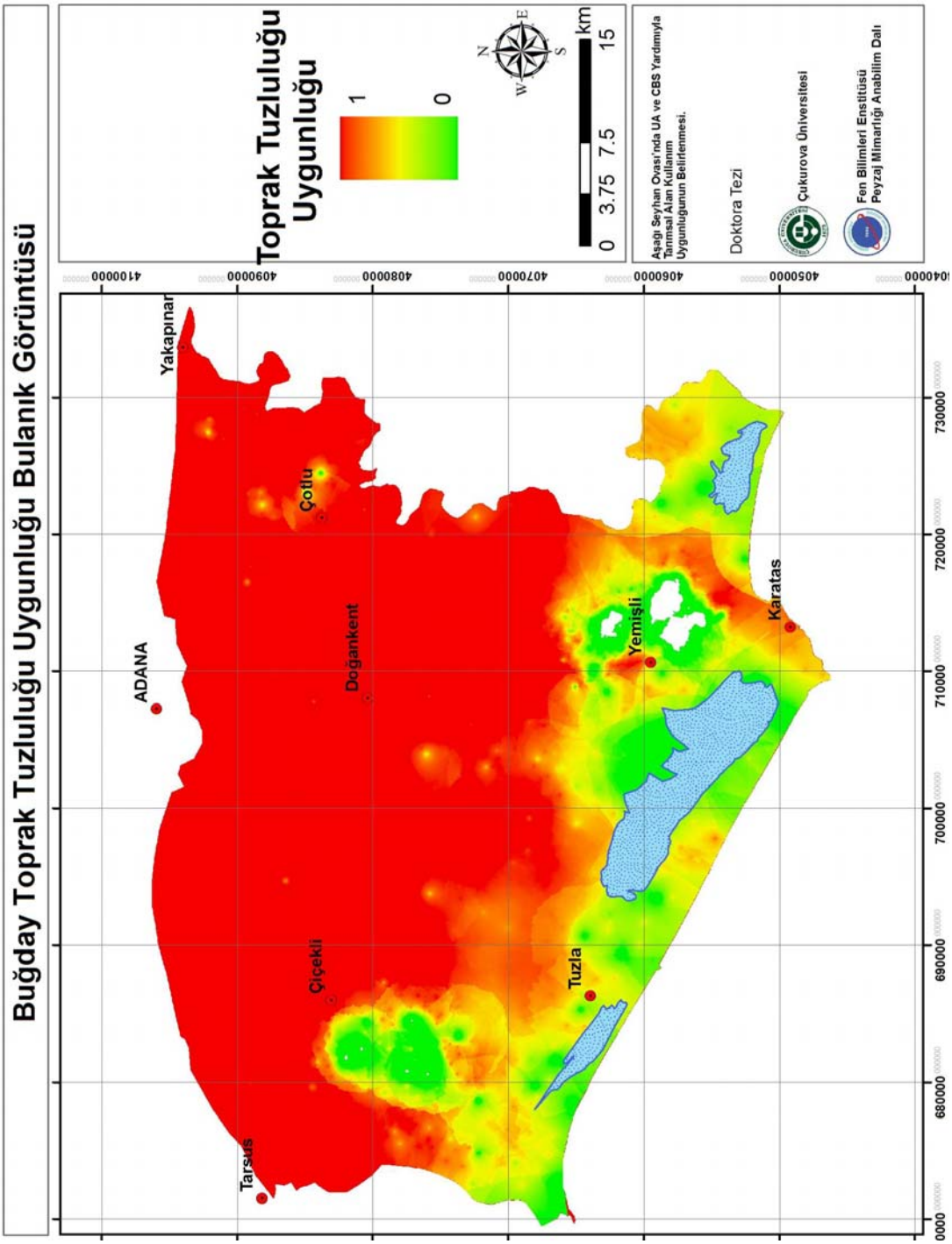
Şekil 4.81. Buğday yetişme koşulları GGS uygunluğu bulanık standardizasyon haritası.

İklimsel koşulların yanı sıra bölgesel risk koşulları ve buğday verimi arasındaki ilişki de incelenmiştir. Bölgedeki yetişme koşullarını etkileyen en önemli etken toprak tuzluluğudur. Tuzluluğu ve verim arasındaki ilişkinin ortaya konması önemlidir. Yapılan karşılaştırmada, tuzluluk arttıkça verimde azalma görülmüştür. Genel eğilim doğrusal gibi görünse de, giderek azalan bir ivmede verim düşmektedir ve belirli bir noktadan sonra da buğdayın yetiştirilmediği gözlemlenmiştir (Şekil 4.82).



Şekil 4.82. Buğday verimi ve Toprak Tuzluluğu arasındaki ilişki ($P<0.01$)

Buna göre tuzluluk ve buğday verimi arasındaki ilişki J şeklindeki bulanık mantık tanımlamasına uymaktadır. 12 dS/m²'den sonra buğday verimi %50'den daha fazla düştüğü için bu alanlar uygun değil şeklinde nitelendirilmiştir (Şekil 4.83). Ayrıca, çalışma alanı içerisinde 14 dS/m^2'den büyük yerlerde buğday yetiştiriciliği yapılmadığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.83. Buğday yetişme koşulları toprak tuzluluğu uygunluğu bulanık standardizasyon haritası.

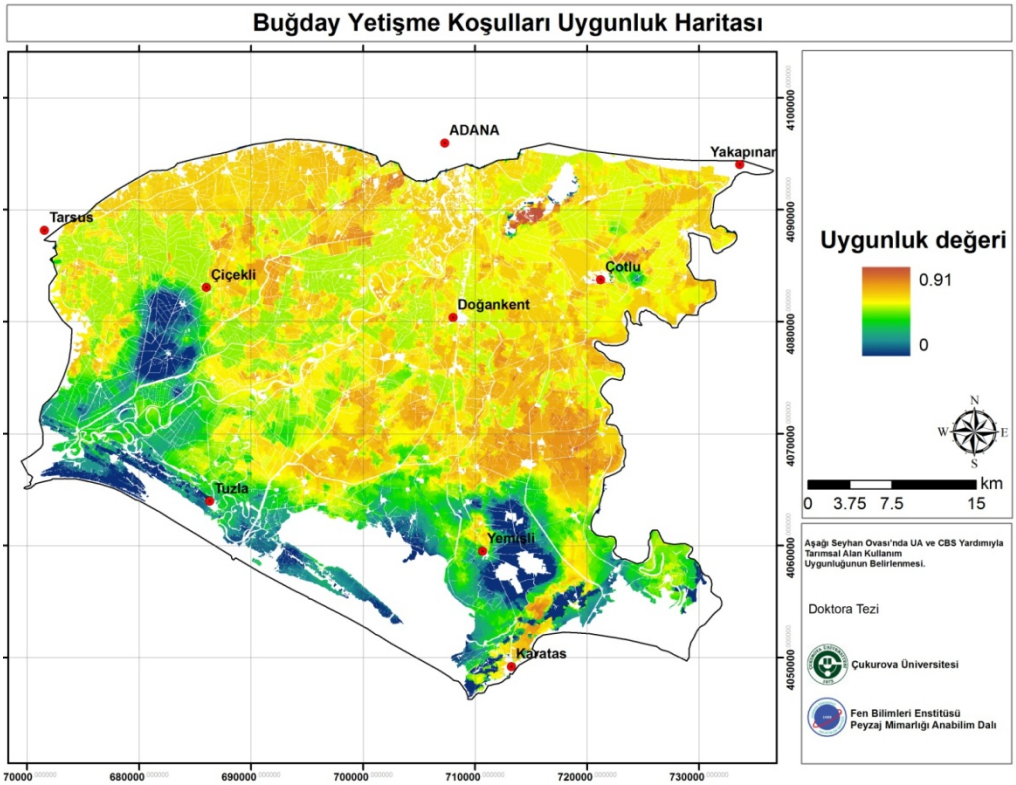
Buğday yetişme koşulları her bir standardize edilen girdi verisinin verimle olan tanımlama ilişkisine göre ağırlıklandırılmıştır. Bu ağırlıklandırma da, toprak derinliği faktörü etkisi çok düşük olduğu için ihmal edilmiştir. Ayrıca toprak tuzluluğu, risk faktörü olarak, kriterlerin ağırlıklandırılması sürecinde sisteme dahil edilmemiş, sonradan modele çarpan olarak eklenmiş, böylece bölgesel risk faktörünün yetişme koşulları üzerinde bağlayıcı bir etkisi olması sağlanmıştır.

AHS sürecindeki ikili karşılaştırma matrisi içerisinde her bir kriter diğeriyle tanımlama katsayıları temel alınarak ilişkilendirilmiş ve hiyerarşik bir sıraya sokulmuştur (Çizelge 4.19).

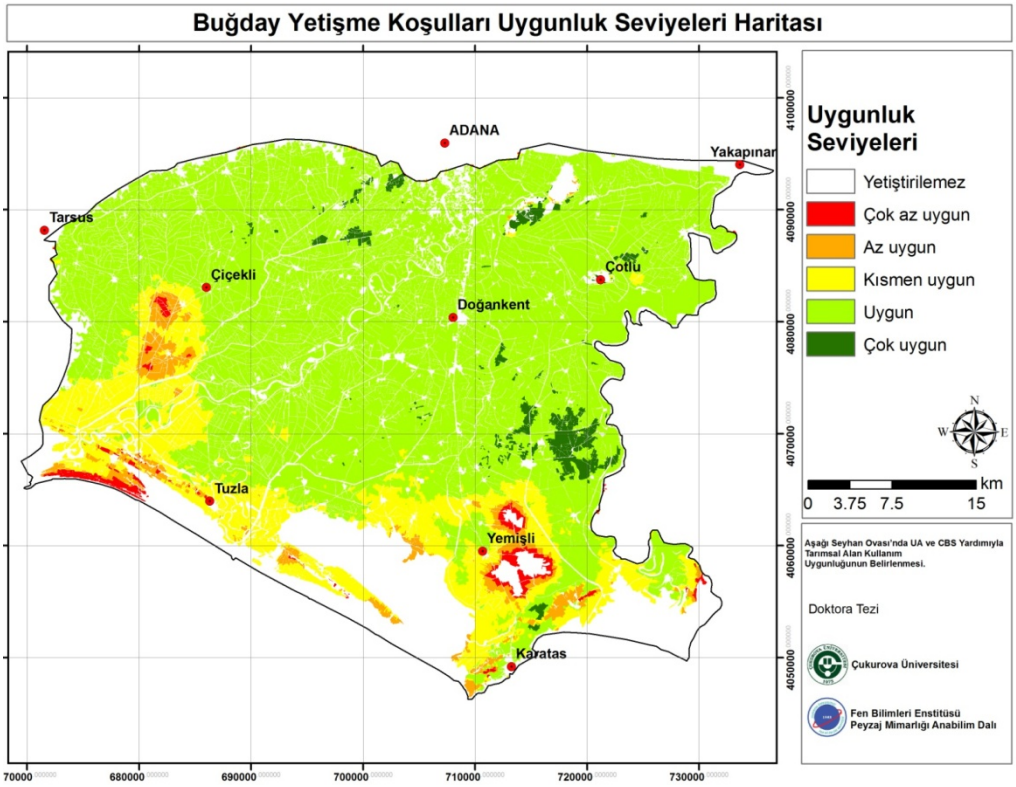
Çizelge 4.19. AHS Buğday yetişme uygunluğu ikili değerlendirme ve ağırlıklandırma matrisi

Kriterler	Toplam porozite	Kil	Silt	Kum	Yağış	GGS	Ağırlık
Toplam porozite	1	2.53	2.53	1.9	0.46	0.69	0.168
Kil	0.39	1	1	0.75	0.18	0.27	0.066
Silt	0.39	1	1	0.75	0.18	0.27	0.066
Kum	0.53	1.33	1.33	1	0.24	0.36	0.088
Yagis	2.18	5.53	5.53	4.15	1	1.50	0.36
GGS	1.44	3.66	3.66	2.75	0.66	1	0.243
TOPLAM	5.95	15.06	15.06	11.3	2.72	4.11	1

Her bir standardize edilmiş harita belirlenen ağırlık katsayılarıyla çarpılıp toplanarak toplam kriter sayısına bölünmüştür. Risk faktörü olarak standardize edilmiş tuzluluk verisiyle çarpılan uygunluk haritası, kısıtlayıcı faktörlerin sistemden çıkarılmasıyla son halini almıştır (Şekil 4.84). Buğday yetişme koşulları haritası daha iyi anlaşılabilmesi için uygunluk değerlerine göre kategorilere ayrılmıştır (Şekil 4.85). Ancak kategorilere ayrılan verilerde ara değerler ve geçiş bölgeleri net belirtilmediği için uygunluk değerlerine göre farklı senaryoların haritalanmasında kullanılmamıştır. Elde edilen objektif ağırlıklandırma sonucuna göre buğday yetişme koşullarını etkileyen en önemli kriter yağıştır. Bunu sırasıyla GGS ve toplam porozite izlemektedir.



Şekil 4.84. ASO buğday uygunluk dereceleri haritası



Şekil 4.85. Buğday yetişme koşulları kategorik uygunluk seviyeleri haritası

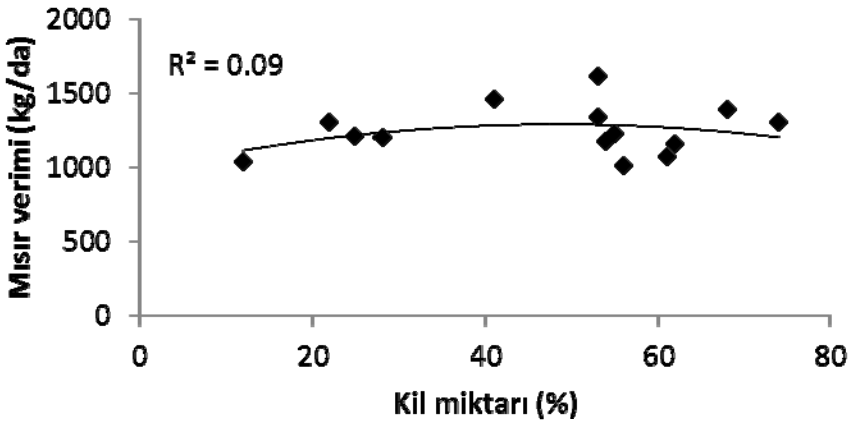
4.6.2. Mısır Yetişme Koşulları ve Alan Kullanım Uygunluğunun Belirlenmesi

2011 yılı için tahmin edilen mısır veriminde yüksek verim alınan bölgeler mısır yetişmesi için ideal koşullara sahip olarak nitelendirilmiş ve her bir kriter ayrı olarak buğday verimiyle ilişkilendirilerek birbirlerini tanımlama derecelerine göre (R^2) etki ve önem sırasına sokulmuştur.

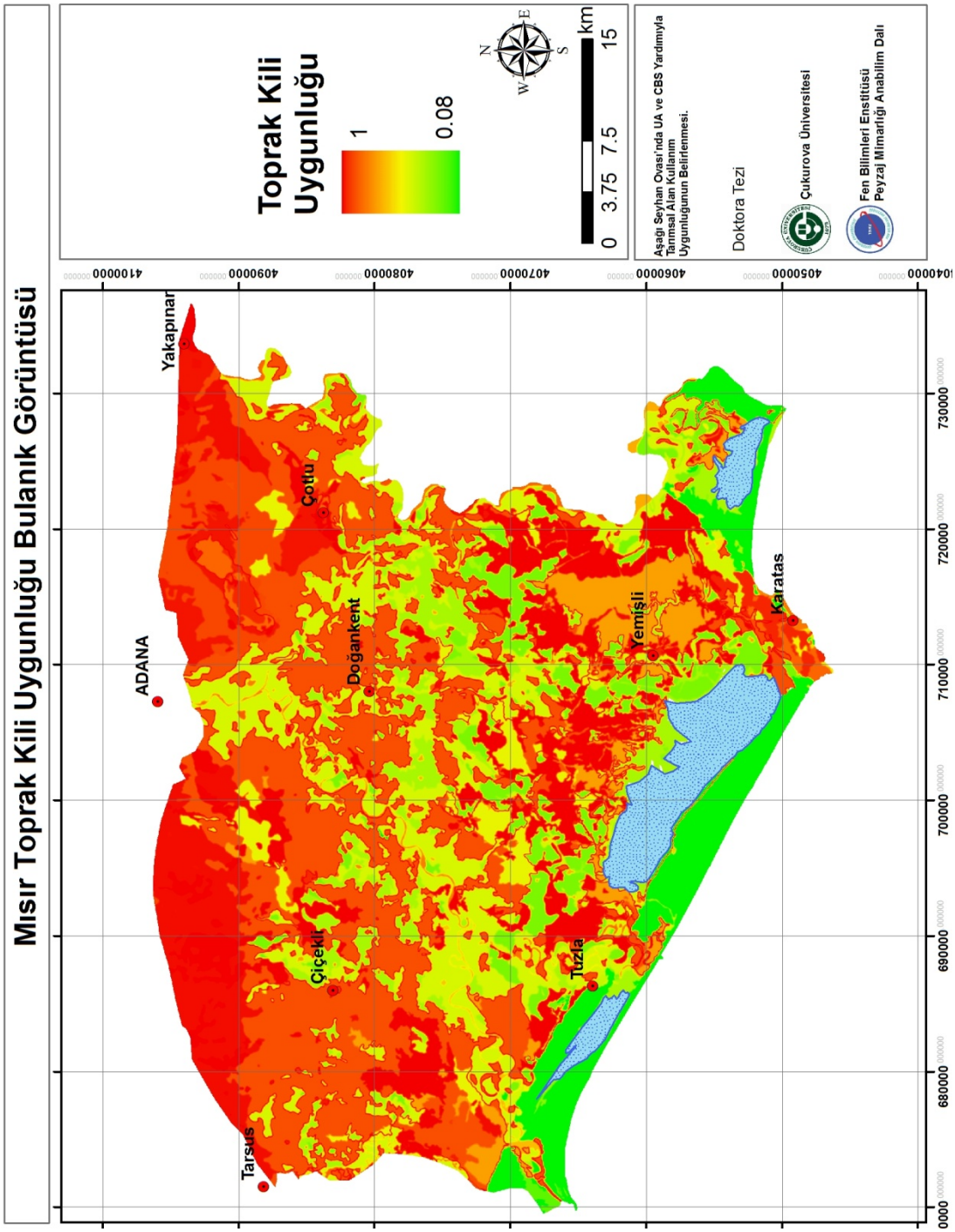
Mısır ideal yetişme koşullarının belirlenmesi ve alan kullanım uygunluklarının saptanması için buğdayla aynı yöntemler bütünü izlenmiştir. Bu kapsamda, veriler standardize edilmiş ve ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur.

AHS süreci takip edilerek her bir girdi için öncelik ve ağırlıklar belirlenmiştir. Belirlenen bu ağırlıklarla standardize edilen veriler çarpılmış ve risk faktörü olarak tuzluluk ayrıca sisteme eklenmiştir.

Buğdayda olduğu gibi mısır verimi, her bir uygunluk kriteri ve risk faktörüyle ilişkilendirilerek önem dereceleri saptanmıştır. Bu doğrultuda, ilk olarak kil ve verim arasındaki ilişkiye bakılmıştır. Mısırın %50 civarında killi toprakta en iyi verimi verdiği ve kil miktarı arttıkça yada azaldıkça verimin düştüğü saptanmıştır (Şekil 4.86). Bulanık mantık kullanılarak yapılan standardizasyonda, verim – kil miktarı arasındaki bağıntı kullanılmıştır (Şekil 4.87).

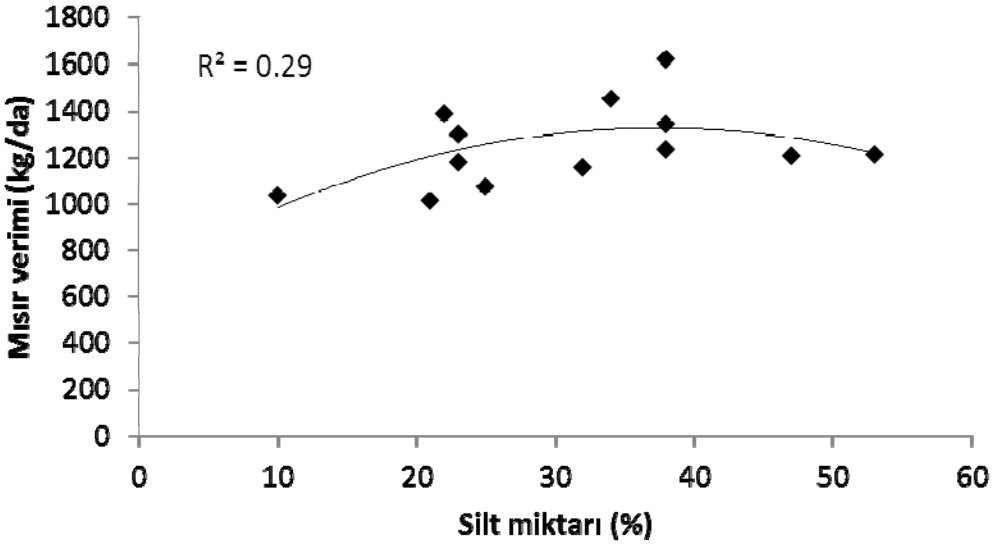


Şekil 4.86. Mısır verimi ve toprak kil miktarı arasındaki ilişki (NS)



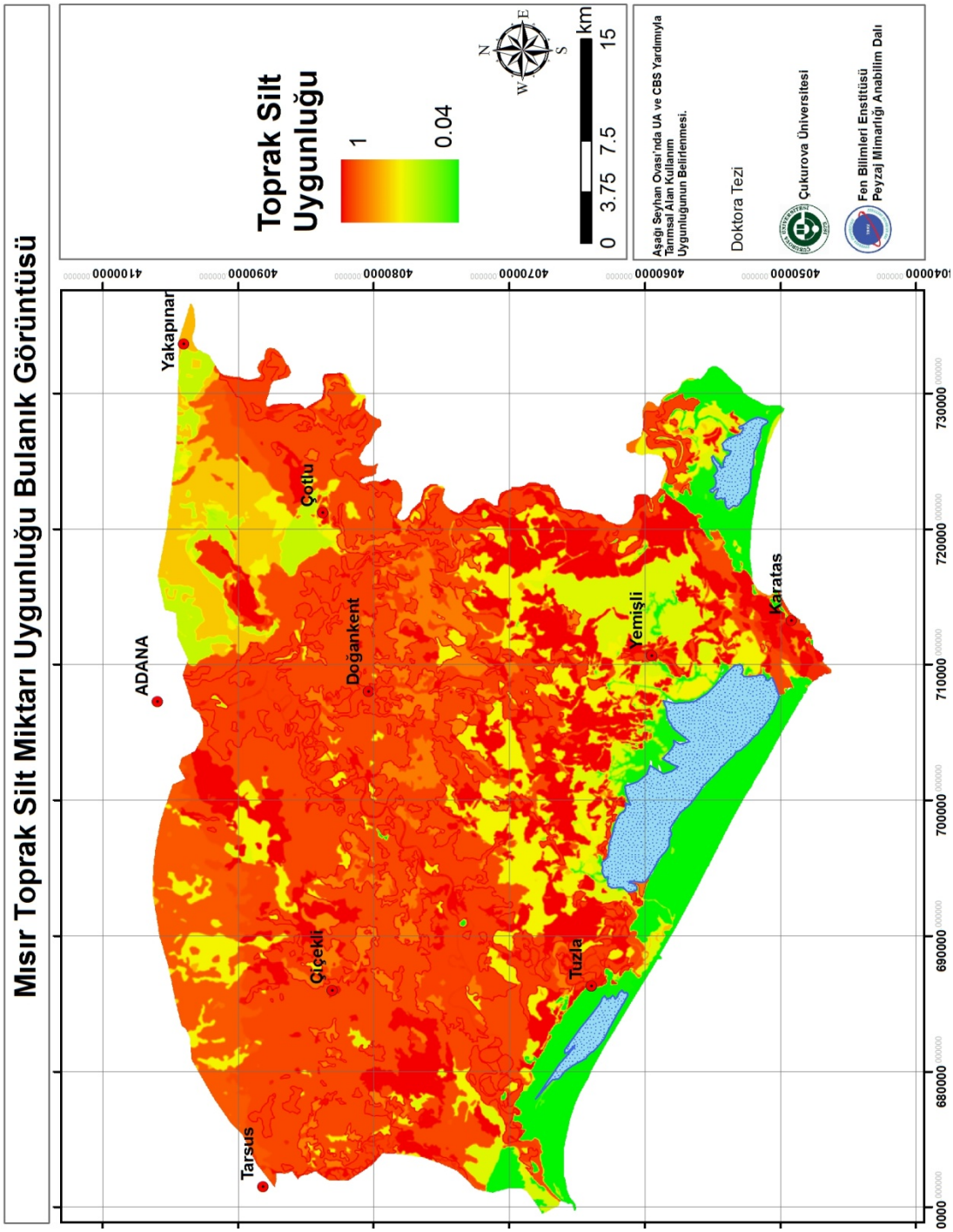
Şekil 4.87. Mısır yetişme koşulları toprak kil miktarı uygunluğu bulanık standardizasyon haritası

Bir diğer değişmeyen toprak faktörü olarak silt miktarı ve bölgedeki mısır verimi karşılaştırılmıştır. Verim ve silt miktarı arasında gausian eğrisine bağlı bir ilişki belirlenmiştir. Bu kapsamda optimal verimin %30 - %40 arasındaki silt içeren topraklarda alındığı, silt yüzdesinin azaldıkça veya arttıkça verimin düştüğü gözlemlenmiştir (Şekil 4.88).



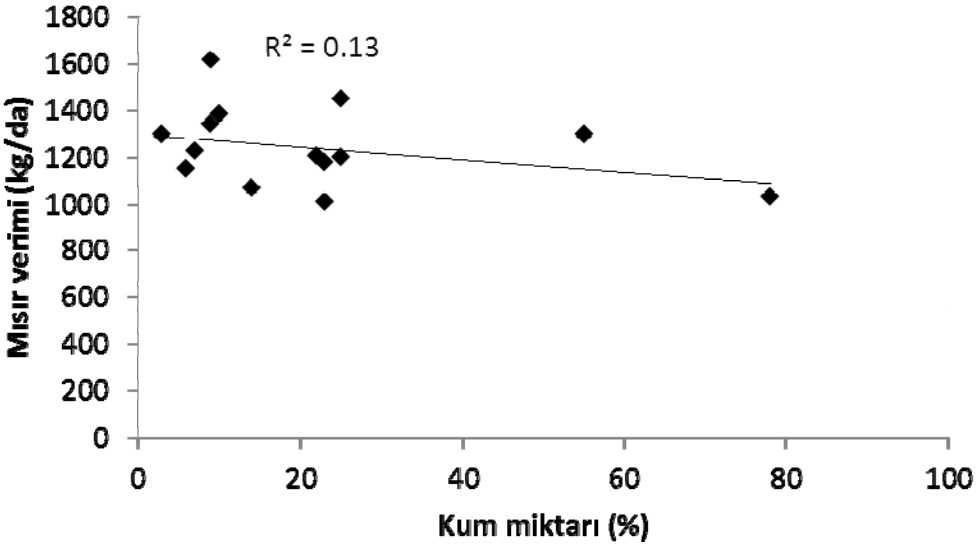
Şekil 4.88. Toprak silt miktarı ve mısır verimi arasındaki ilişki (P<0.10)

Aradaki ilişkinin tanımlama katsayısı R^2 = 0.29'dur. Bu oran kil miktarına göre toprak silt miktarının ASO Bölgesi'ndeki mısır ideal yetişme ortamına etkisinin daha fazla olduğunu göstermektedir. Bu ilişkiye göre bulanık standardizasyon tekniği uygulanmış ve silt miktarı 0 – 1 arasında uygunluk derecelerine göre standardize edilmiştir (Şekil 4.89).



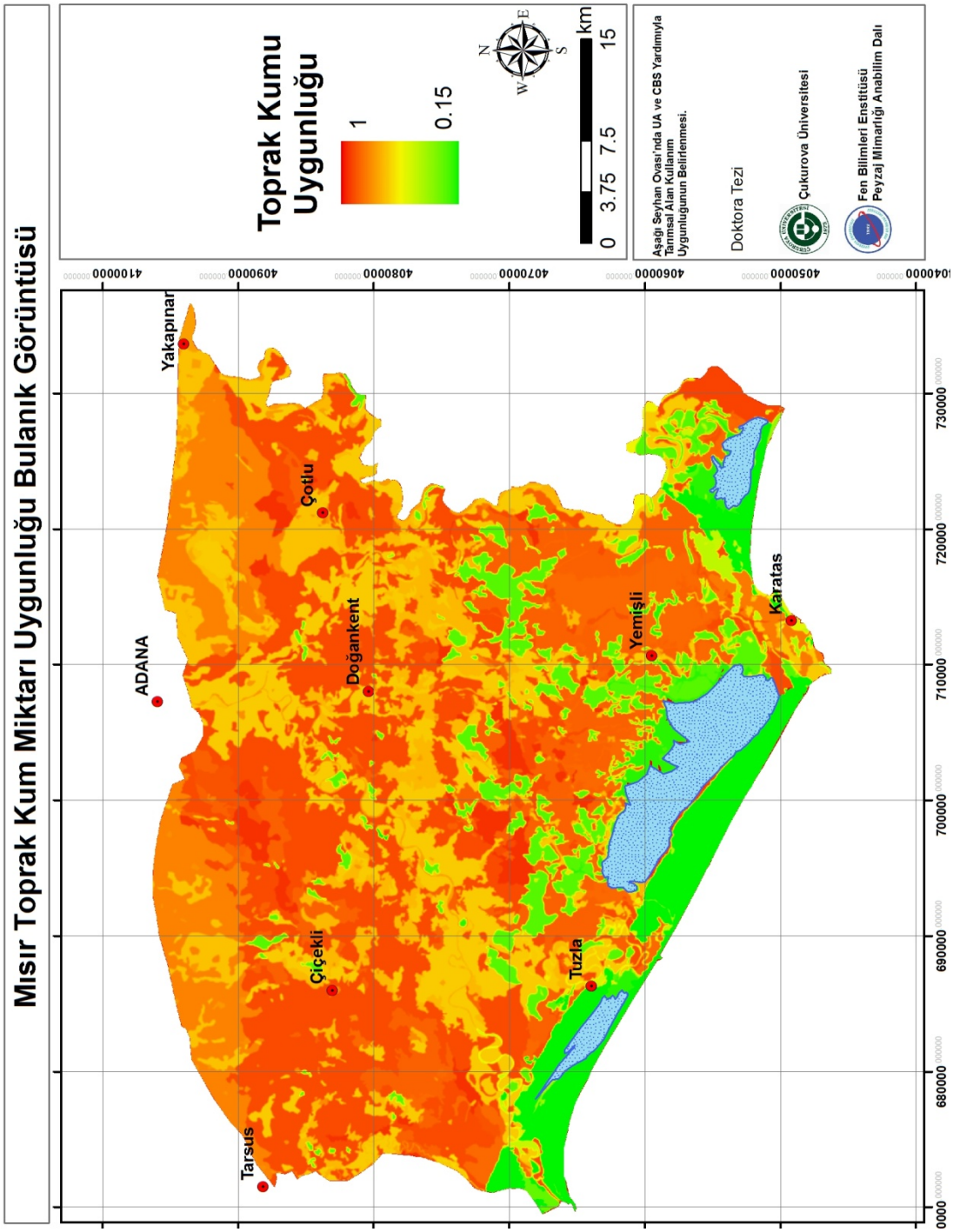
Şekil 4.89. Mısır yetişme koşulları toprak silt miktarı uygunluğu bulanık standardizasyon haritası

Toprak kum miktarı ve mısır verimliliği arasındaki ilişki incelendiğinde, kum miktarı arttıkça verimliliğin azaldığı gözlemlenmiştir. Mısır sulu tarım bitkisi olmasından dolayı, kumlu toprakların hızlı drenaj kabiliyeti sonucu suyu tutma yeteneklerinin çok düşük olmasından dolayı, mısır verimini olumsuz etkilemektedir. Mısır verimi ve kum miktarı arasındaki ilişkinin tanımlama katsayısı $R^2 = 0.13$ olarak belirlenmiştir (Şekil 4.90). Buna göre; tekstür özelliklerine bakıldığında, mısır yetişme koşullarına en önemli etkenin toprak silt miktarı olduğu anlaşılmaktadır.



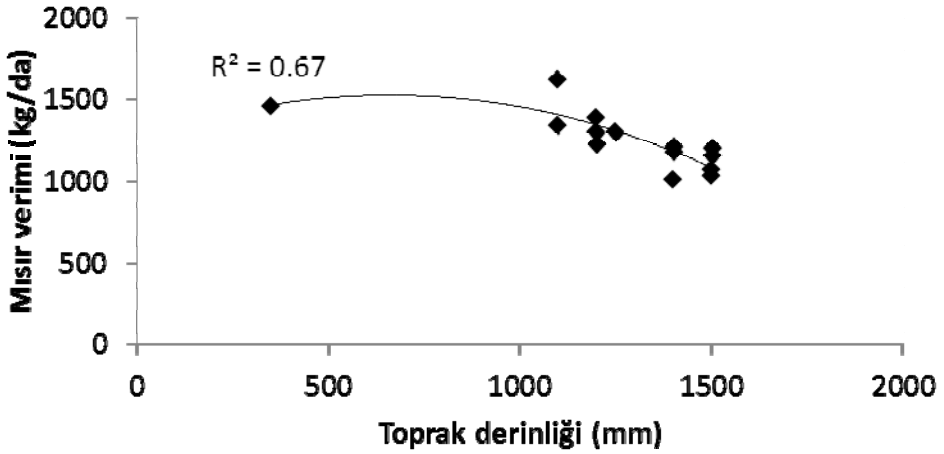
Şekil 4.90. Toprak kum miktarı ve mısır verimi arasındaki ilişki (NS)

Toprak kum miktarı ve mısır verimi arasındaki ters doğrusal ilişki kullanılarak, uygunluk derecelerine göre bulanık olarak standardize edilmiş kum miktarı uygunluk haritası mısır için üretilmiştir (Şekil 4.91).



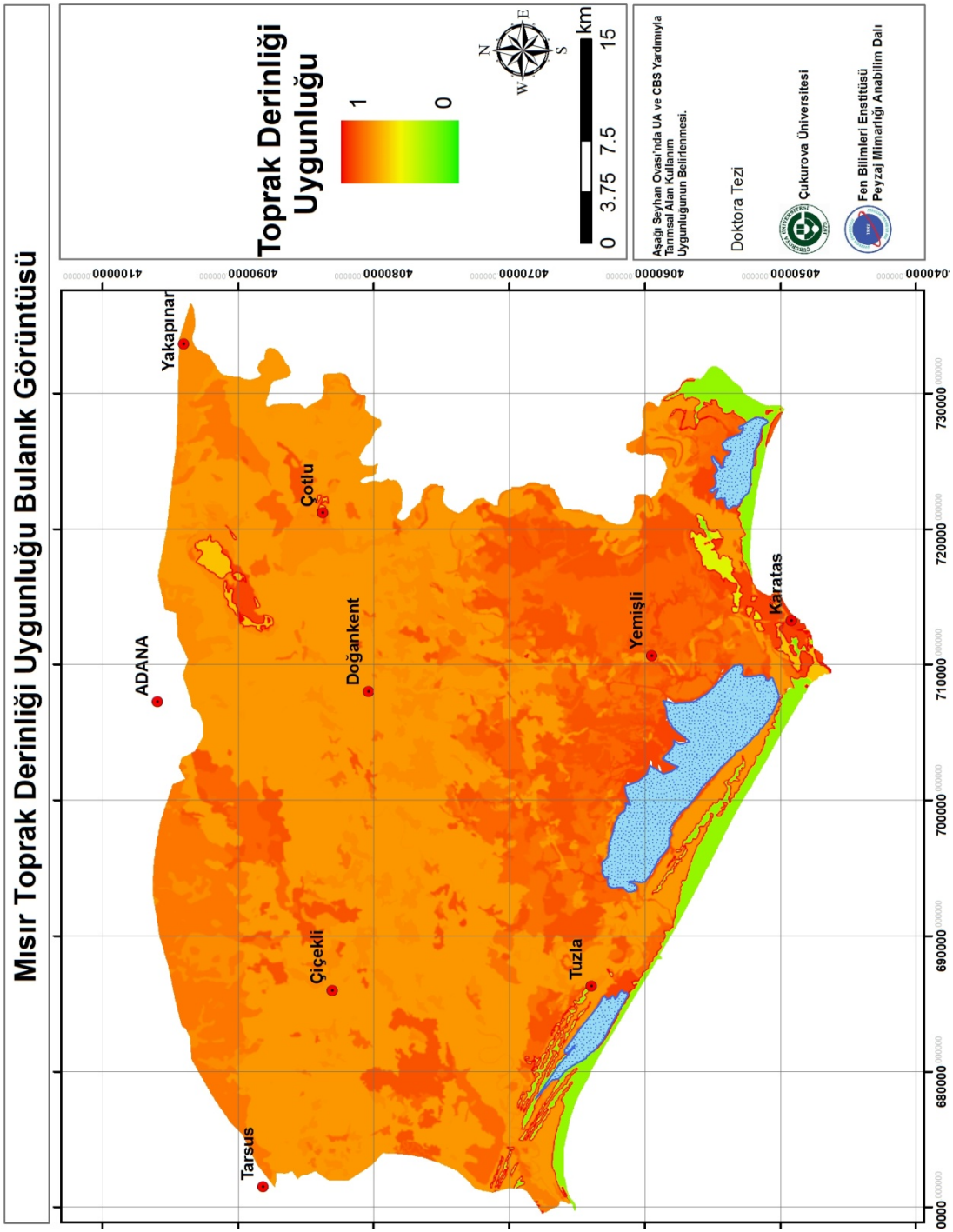
Şekil 4.91. Mısır yetişme koşulları toprak kum miktarı uygunluğu bulanık standardizasyon haritası

Toprak derinliği, bir bitkinin yetişmesini etkileyen değişmeyen toprak özelliklerinden birisidir. ASO Bölgesi'ndeki mısır ideal yetişme koşullarının toprak derinliği açısından tanımlanması için, mısır verimliliği ve toprak derinliği karşılaştırılmıştır. Bu noktada, toprak derinliğinin 800 – 900 mm den yüksek olduğu bölgelerde, derinlik arttıkça verimin artarak azaldığı belirlenmiştir. Sığ topraklardaki mısır gelişiminin verime tanımlı bir etkisi yoktur. Ancak mısırın aşırı sığ topraklarda (100 mm'den az derinlikte) yetişmesi, mümkün değildir. 100 mm ve 800 mm arasında artarak artan bir verim ve uygunluk belirlenmiştir (Şekil 4.92).



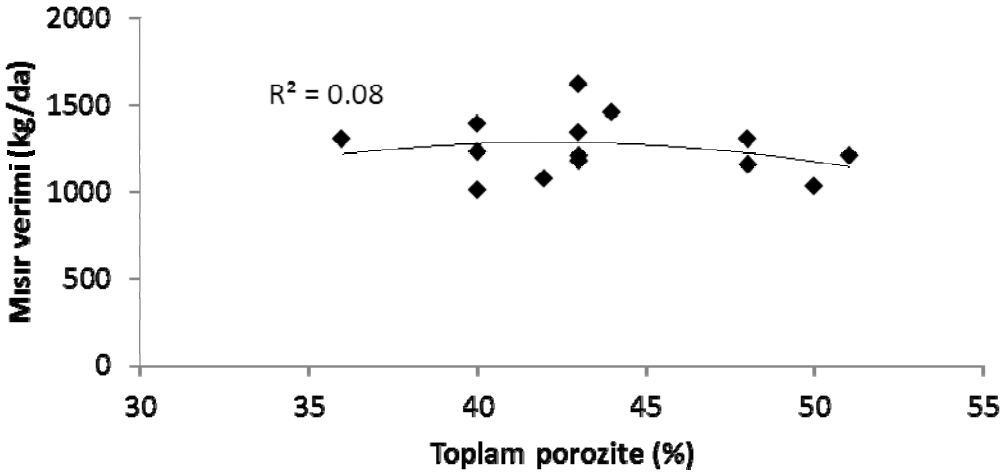
Şekil 4.92. Toprak derinliği ve mısır verimi arasındaki ilişki (P<0.01)

Mısır saçak köklü bir bitkidir ve sulu tarım bitkisidir. Bu nedenle, toprak derinliği arttıkça ve su alt katmanlara doğru ilerledikçe, mısır ideal miktarda su alamamakta ve sulama yapılsa da verim düşebilmektedir. Bu ilişkiden yola çıkılarak mısır yetişme koşulları uygunluğu haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.93).



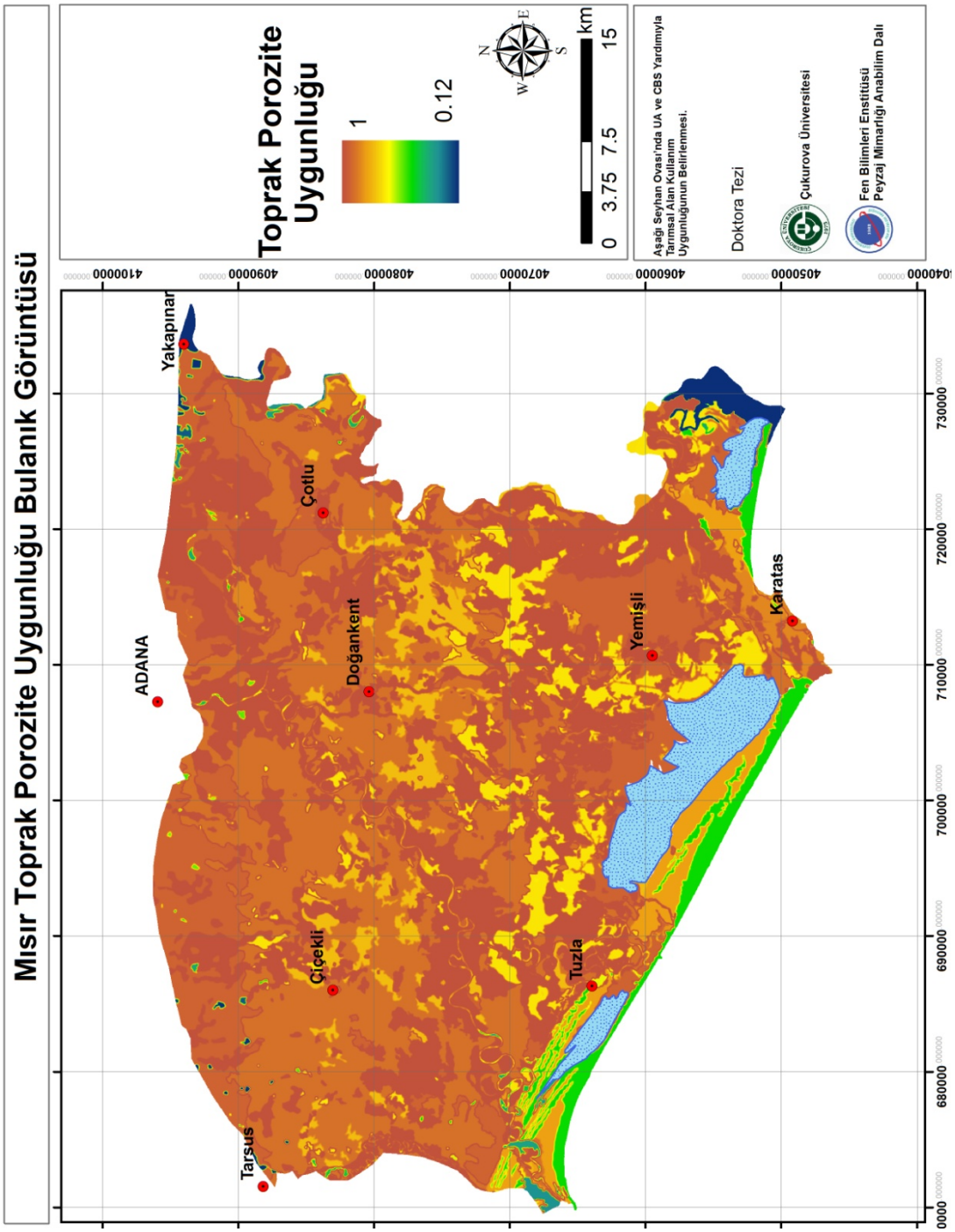
Şekil 4.93. Mısır yetişme koşulları toprak derinliği uygunluğu bulanık standardizasyon haritası

Toplam porozite ve mısır verimliliği ikili olarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ideal toplam porozitenin %43 civarında olduğu saptanmıştır. Toplam porozitenin belirlenen ideal orandan daha düşük veya yüksek olması verimi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu etki $R^2 = 0.08$ tanımlama katsayısıyla ifade edilir. Tanımlama derecesi çok yüksek olmadığı için toplam porozitenin doğrudan verime etkisi diğer değişmeyen toprak özelliklerine göre daha düşüktür (Şekil 4.94).



Şekil 4.94. Toplam porozite ve mısır verimi arasındaki ilişki (NS)

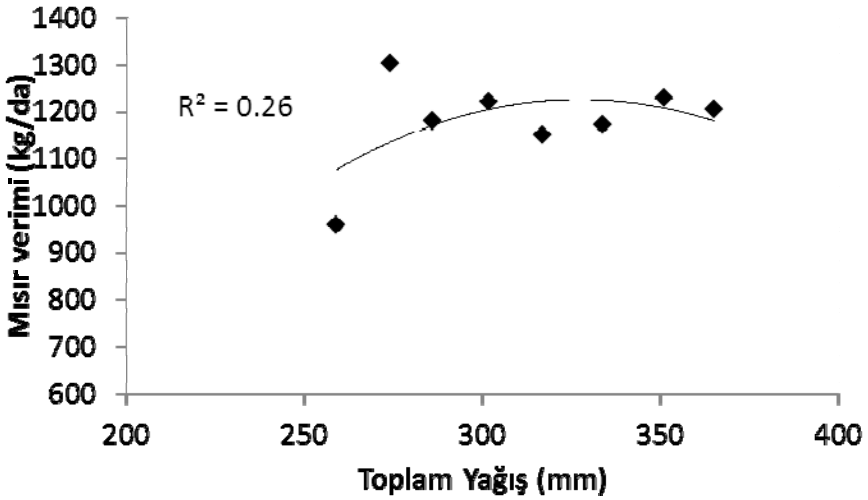
Çalışma alnının genelinde toplam porozite yaklaşık %40'dır. Bu nedenle, büyük bir kısmı toplam porozite yönünden mısır yetiştirmek için uygundur. Toplam porozitenin çok yüksek olduğu topraklar, parçacık genişliğinin çok olduğu topraklardır. Bu tip topraklarda su hızlı drene olur ve bitki suyu yeterince alamaz. Bunun tam tersi olarak, toplam porozitenin düşük olduğu topraklarda da, su tutma yeteneği iyi olmadığı için bitki susuz kalır. İkili ilişkiye bağlı olarak mısır yetişme koşulları uygunluğu için toplam porozite standardize edilmiştir (Şekil 4.95).



Şekil 4.95. Mısır yetişme koşulları toplam porozite uygunluğu bulanık standardizasyon haritası

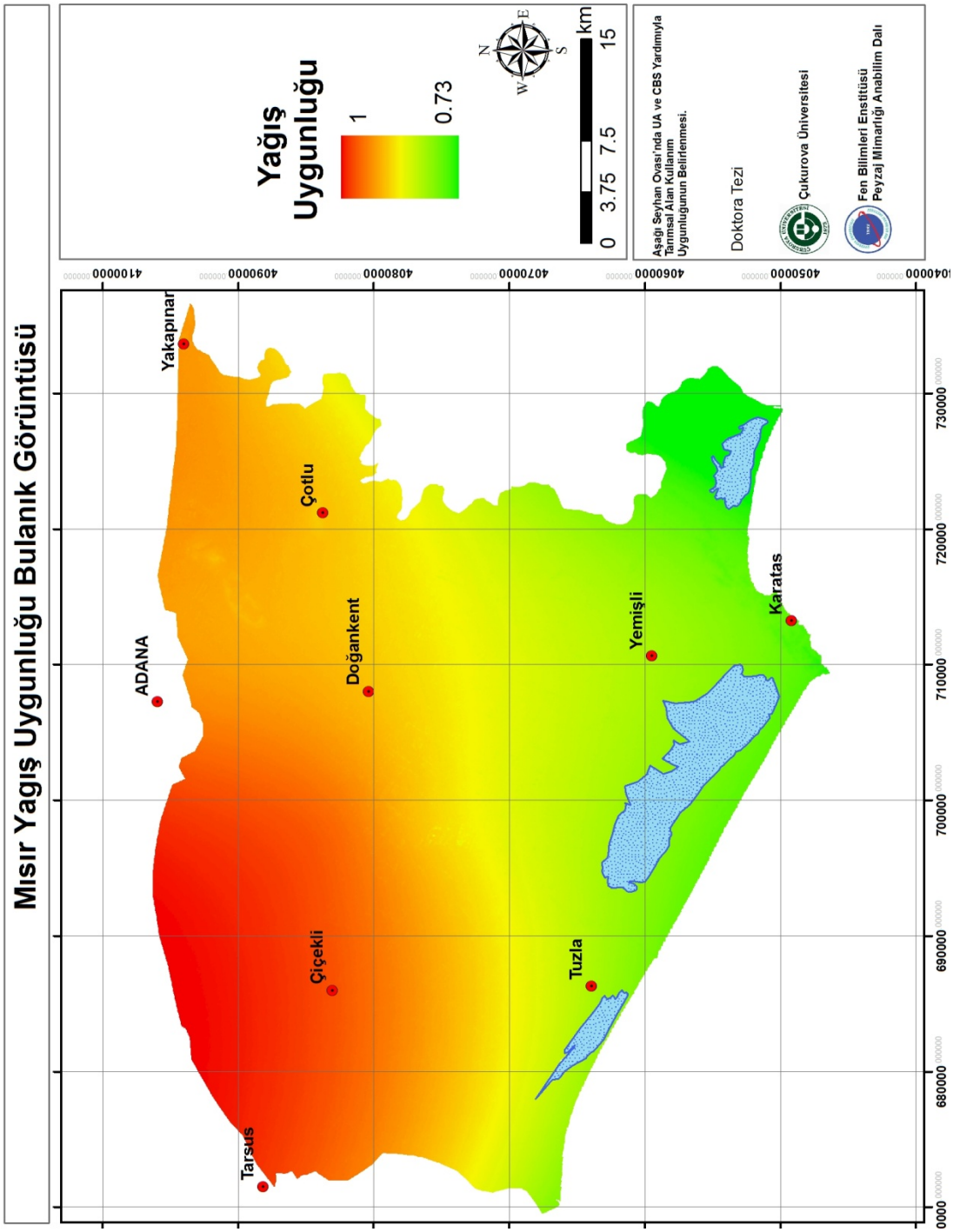
Toprak faktörlerinin yanı sıra iklimsel etkilerin de verimle olan ilişkilerine bakılmıştır. Bu kapsamda, günlük maksimum ve minimum sıcaklıklardan üretilen mısır gelişme zamanı (mart – ağustos) içerisindeki toplam yağış ve GGS haritaları üretilmiştir.

Mısır sulanan bir ürün olduğundan dolayı, buğday gibi yağışa doğrudan bağlı değildir. Ancak, sulama verimliliği açısından ele alındığında, yağışın az olduğu kesimlerde daha çok su verilmesi gereklidir. Toplam yağışla mısır verimi arasındaki ilişkiye bakıldığında, alana düşen toplam yağış 8 farklı kategoriye ayrılmış ve her kategorideki ortalama verim miktarı temel alınarak karşılaştırılmıştır. Buna göre, toplam yağış mısır yetişme uygunluğunu tek başına R^2 = 0.26 düzeyinde tanımlayabilmektedir. Genel eğilime bakıldığında yağış arttıkça verimde artmaktadır (Şekil 4.96).



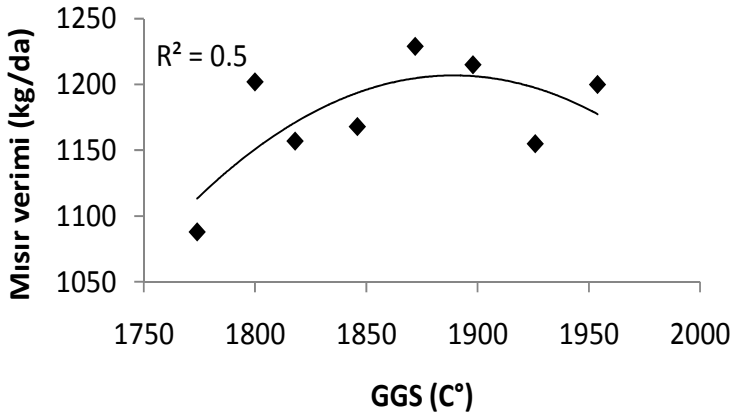
Şekil 4.96. Yağış ve mısır verimi arasındaki ilişki (P<0.05)

Mısır sulandığı için bölgede yağışın düşük olduğu yerlerde dahi yetişmektedir. Buna göre, yağış temelli, yüzde verim kaybı hesaplanarak, uygunluk dereceleri belirlenmiştir (Şekil 4.97).



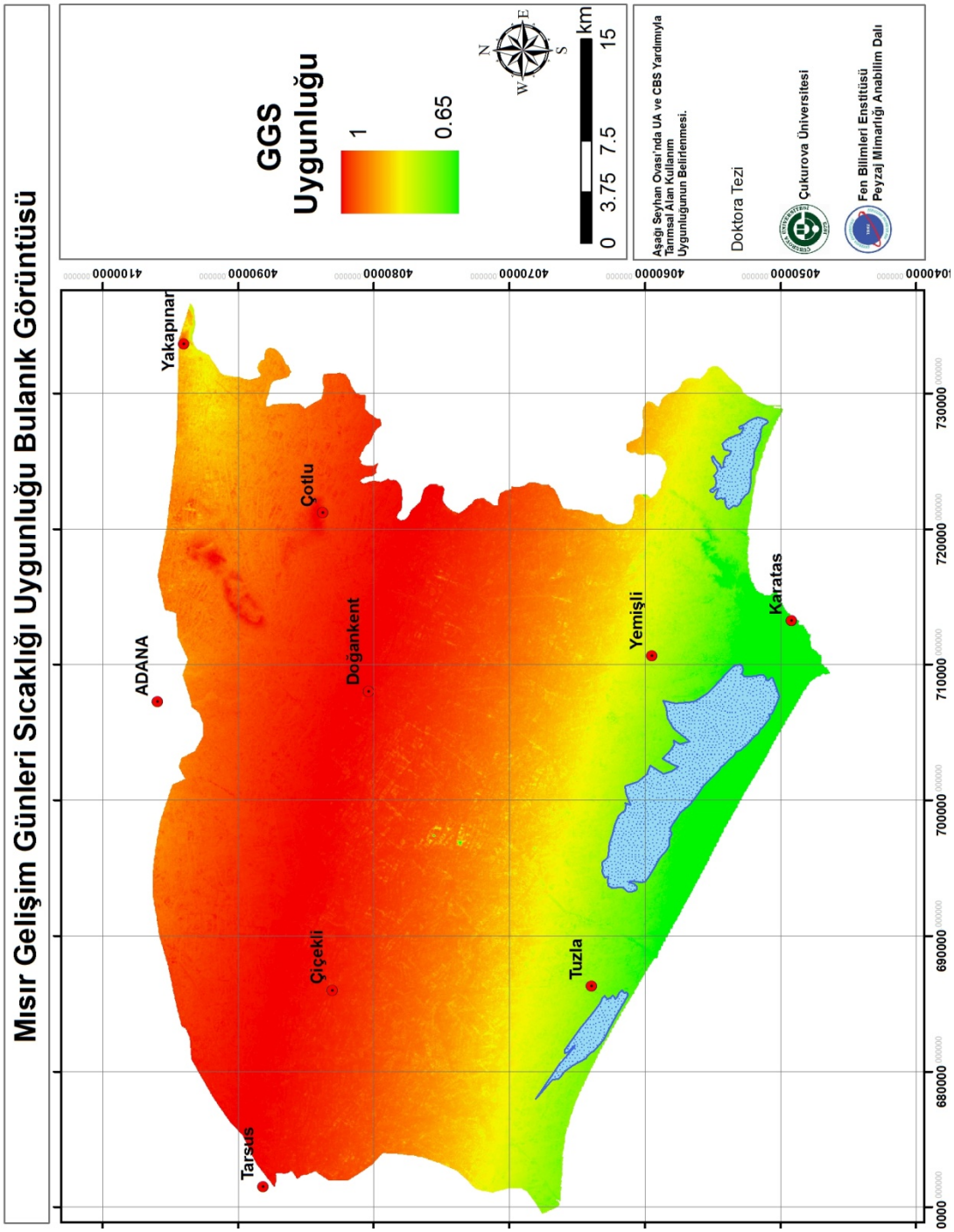
Şekil 4.97. Mısır yetişme koşulları toplam yağış uygunluğu bulanık standardizasyon görüntüsü

GGS bir diğer iklim faktörüdür. Her bitki gelişme sürecini tamamlaması için belirli bir sıcaklık birimine ulaşması gereklidir. Bu birim minimum ve maksimum sıcaklıklarla, bitkinin fotosenteze başlama sıcaklığına bağlı olarak değişir. Mısır sıcak iklim bitkidir. Yaz dönemi hızlı gelişir. GGS ve mısır arasındaki ilişkiye bakıldığında tanımlama katsayısı 0.5 olarak belirlenmiştir. Buda GGS'nin mısır gelişimde tek başına en önemli etkenlerden birisi olduğunu ifade eder (Şekil 4.98).



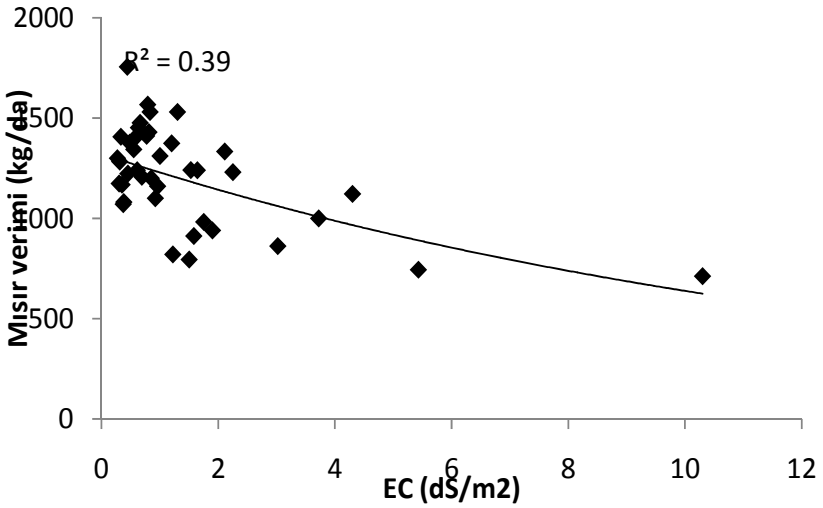
Şekil 4.98. GGS ve mısır verimi arasındaki ilişki ($P<0.01$)

Aradaki ilişki dikkate alındığında, en ideal GGS 1850 – 1900 C° arasında tespit edilmiştir. Bu noktadan sonra artma oldukça verimde düşüş görülmektedir. Azalmada ise bu düşüş daha belirgindir. Çalışma alanındaki maksimum ve minimum GGS'ler dikkate alındığında mısırın yetişmesine elverişsiz olan bir bölge bulunmamaktadır. Ancak bazı bölgelerdeki GGS değerleri daha ideal bir ortam sağlamaktadır. Bunun olası nedeni mikro topografyadaki değişkenlik, denizin nem ve rüzgar etkileridir. GGS şekil 4.98'deki ilişkiye göre standardize edilmiştir (4.99).



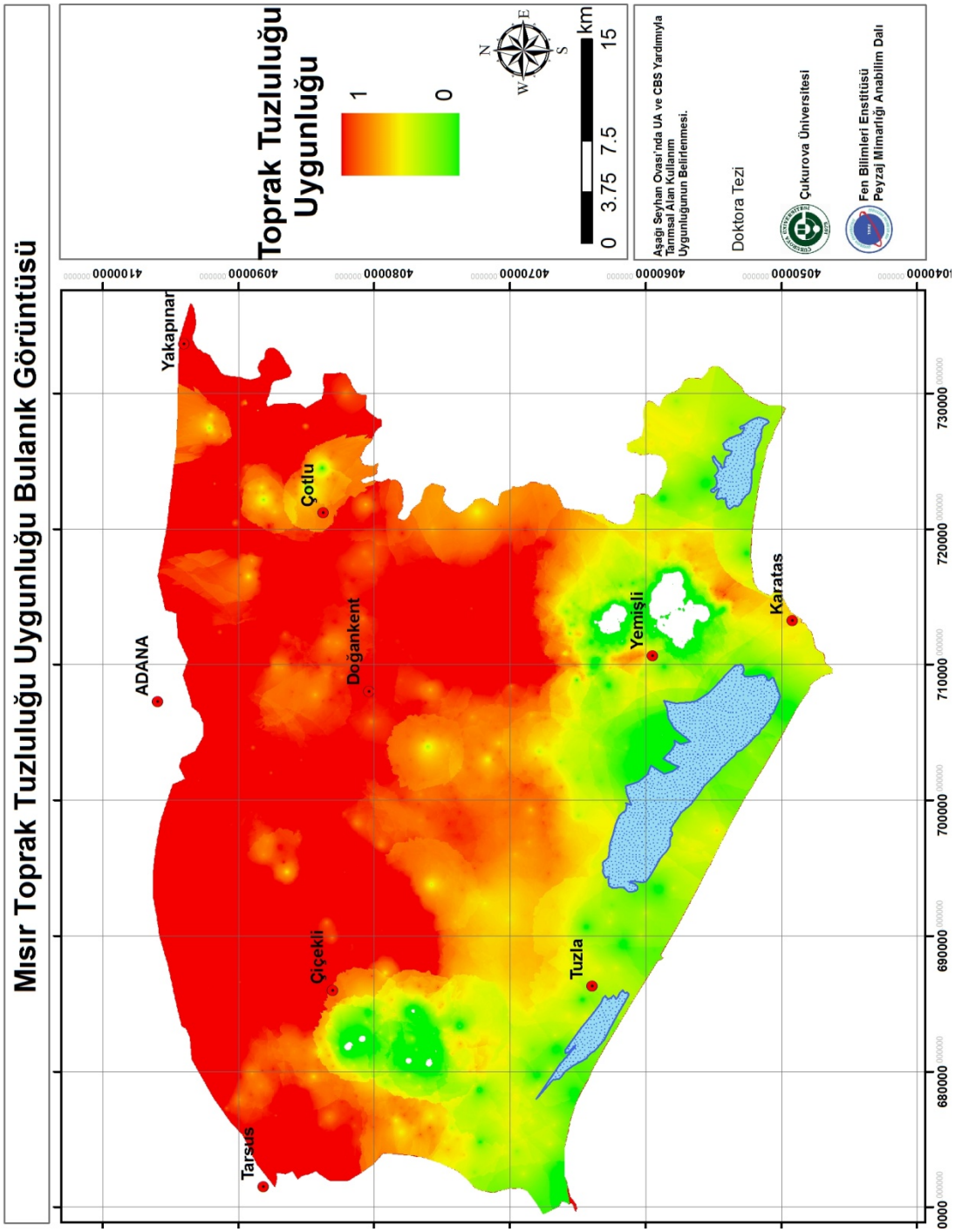
Şekil 4.99. Mısır yetişme koşulları GGS uygunluğu bulanık standardizasyon haritası

Bölgesel risk faktörü olarak tuzluluk ve mısır verimi arasındaki ilişkide incelenmiştir. Buna göre, mısır tuzluluğa karşı hassas bir bitkidir ve 2 dS/m^{2}' den sonra verim kayıpları belirgin bir şekilde başlamaktadır. Bu durum 8 dS/m^{2}' ye geldiğinde verim kaybı %50'ye yaklaşır. 11 dS/m^{2}'de ise mısırın yetiştirilmediği gözlemlenmiştir. Tuzluluk verim arasındaki doğrudan ilişki R^2 = 0.39 düzeyinde tanımlıdır. Bu durum, toprak tuzluluğunun mısır yetişme koşullarının belirlenmesinde önemli bir girdi olduğunu göstermektedir (Şekil 4.100).



Şekil 4.100. Toprak tuzluluğu ve mısır verimi arasındaki ilişki (P<0.05)

Yukarıdaki ilişkiye göre, toprak tuzluluğu uygunluğu bulanık haritası üretilmiştir. 12 dS/m^{2}' den sonra mısırın yetişmediği yada verimli olmadığı ifade edilerek bu alanlar aynı zamanda mısır yetiştiriciliği için kısıtlayıcı alanlar olarak kabul edilmiştir (Şekil 4.101).



Şekil 4.101. Mısır yetişme koşulları uygunluğu toprak tuzluluğu bulanık standardizasyon haritası

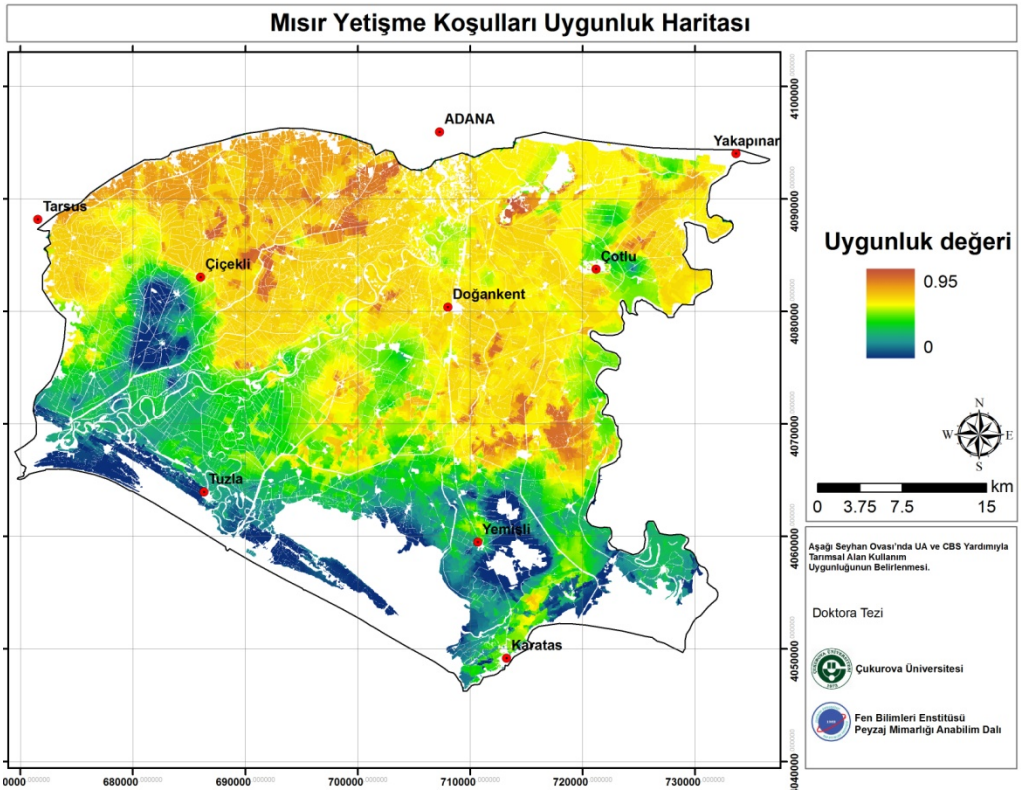
Mısır yetişme koşulları her bir standardize edilen girdi verisinin verimle olan tanımlama ilişkisine göre ağırlıklandırılmıştır. Ayrıca toprak tuzluluğu, risk faktörü olarak, kriterlerin ağırlıklandırılması sürecinde sisteme dahil edilmemiş, sonradan modele çarpan olarak eklenmiş, böylece bölgesel risk faktörünün yetişme koşulları üzerinde bağlayıcı bir etkisi olması sağlanmıştır.

AHS sürecindeki ikili karşılaştırma matrisi içerisinde her bir kriter diğeriyle tanımlama katsayıları temel alınarak ilişkilendirilmiş ve hiyerarşik olarak sıralanmıştır (Çizelge 4.20).

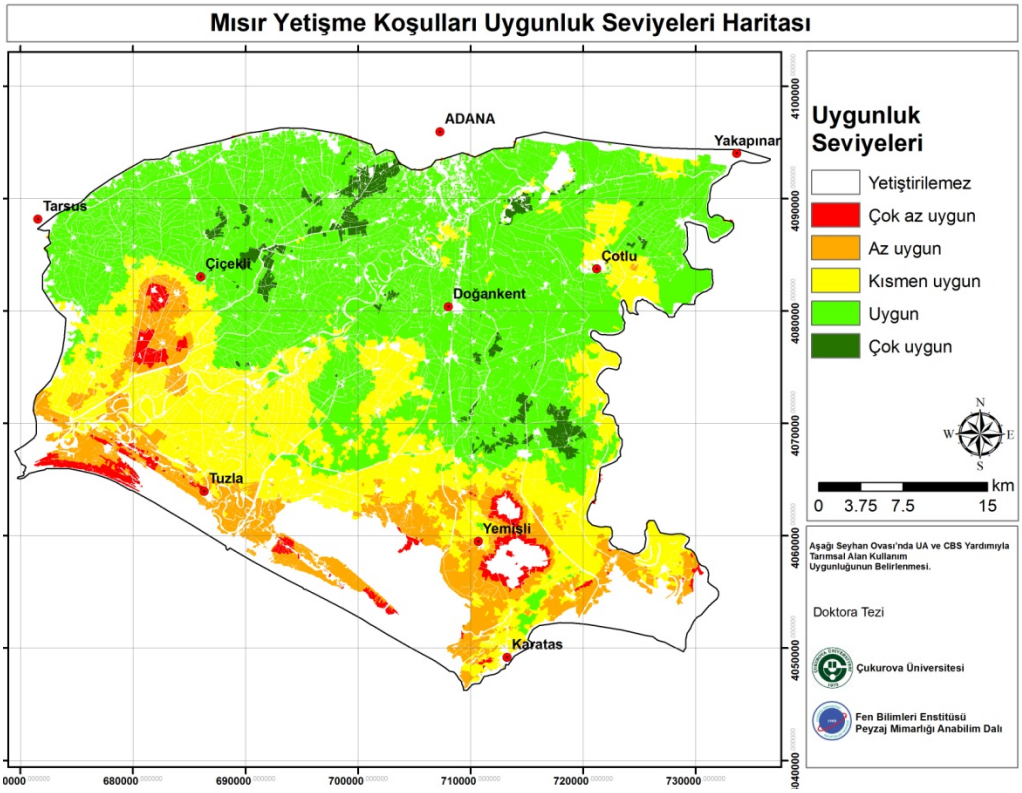
Çizelge 4.20. AHS mısır yetişme uygunluğu ikili değerlendirme ve ağırlıklandırma matrisi

Kriterler	Toplam porozite	Kil	Silt	Kum	Yağış	GGS	Toprak derinliği	Ağırlık
Toplam porozite	1	0.77	0.24	0.54	0.27	0.14	0.10	0.05
Kil	1.28	1	0.31	0.69	0.34	0.18	0.13	0.07
Silt	4.14	3.22	1	2.23	1.11	0.58	0.43	0.22
Kum	1.86	1.44	0.45	1	0.5	0.26	0.19	0.09
Yagis	7.14	5.55	1.72	3.84	1.92	1	0.75	0.19
GGS	3.71	2.88	0.89	2	1	0.52	0.39	0.37
Toprak derinliği	9.58	7.44	2.31	5.15	2.57	1.34	1	0.5
Toplam	19.14	14.88	4.62	10.30	5.15	2.68	2	1

Standardize edilmiş her harita belirlenen ağırlık katsayılarıyla çarpılarak toplanmış ve toplam kriter sayısına bölünmüştür. Risk faktörü olarak standardize edilmiş tuzluluk verisiyle çarpılan uygunluk haritası, kısıtlayıcı faktörlerin sistemden çıkarılmasıyla son halini almıştır (Şekil 4.102). Mısır yetişme koşulları haritası sonuçlarını daha belirgin olarak ortaya koymak için uygunluk değerlerine göre kategorilere ayrılmıştır (Şekil 4.103). Ancak kategorilere ayrılan verilerde ara değerler ve geçiş bölgeleri net belirtilmediği için uygunluk değerlerine göre farklı senaryoların haritalanmasında kullanılmıştır. Elde edilen objektif ağırlıklandırma sonucuna göre ASO Bölgesi'nde mısır yetişme koşullarını etkileyen en önemli kriter toprak derinliğidir. Bunu sırasıyla yağış ve silt miktarı izlemektedir.



Şekil 4.102. ASO mısır uygunluk dereceleri haritası

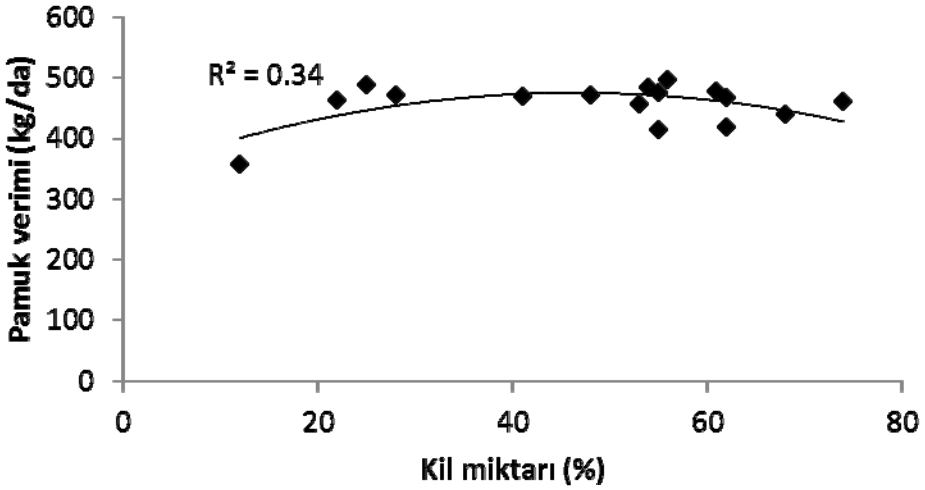


Şekil 4.103. Mısır yetişme koşulları kategorik uygunluk seviyeleri haritası

4.6.3. Pamuk Yetişme Koşulları ve Alan Kullanım Uygunluğunun Belirlenmesi

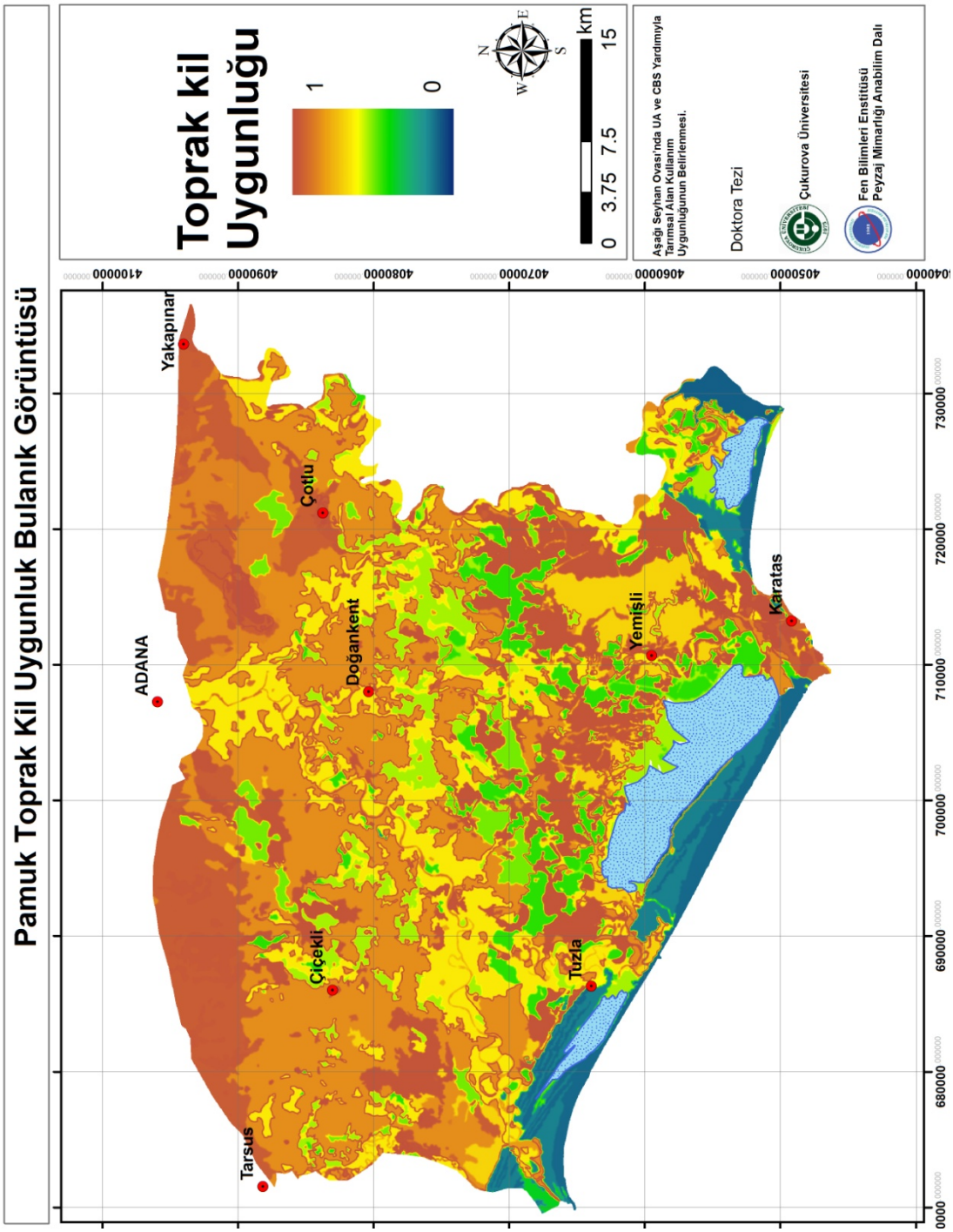
Pamuk yetişme koşulları uygunluklarının belirlenmesi için buğday ve mısırdaki kriterler aynen kullanılmıştır. Her bir kriter, alandaki pamuk verimiyle ilişkilendirilerek, ideal yetişme alanlarının tespit edilmesi için kriterler standardize edilmiş ve ağırlıklandırılmıştır.

Bu kapsamda ilk olarak toprak kil miktarı ve pamuk verimi arasındaki ilişkiye bakılmıştır. Toprak kil miktarının %40 civarında olduğu yerler en çok verim alınan en ideal alanlar olarak belirlenmiştir. Kil miktarı arttıkça veya azaldıkça verimin düştüğü belirlenmiş ve bu ilişkinin ASO bölgesinde R^2 = 0.34 düzeyinde belirleyici olduğu saptanmıştır (Şekil 4.104).



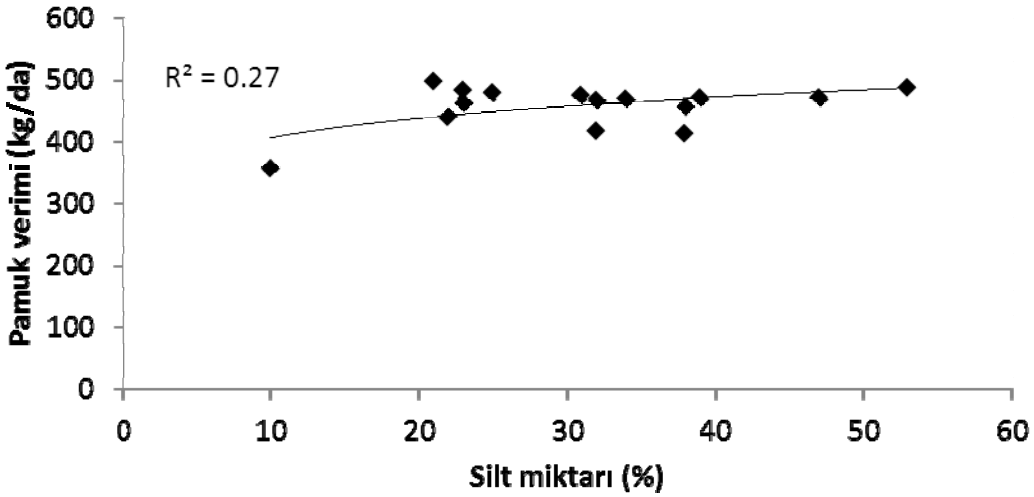
Şekil 4.104. Pamuk verimi ve kil toprak kil miktarı arasındaki ilişki (P<0.05)

Tespit edilen ilişkiden yola çıkılarak dağılıma uygun bir model benimsenmiş ve optimum değer olarak %40 temel alınmıştır. Toprak kil miktarı uygunluk haritası bu ilişkiye göre bulanık olarak standardize edilmiştir (Şekil 4.105).



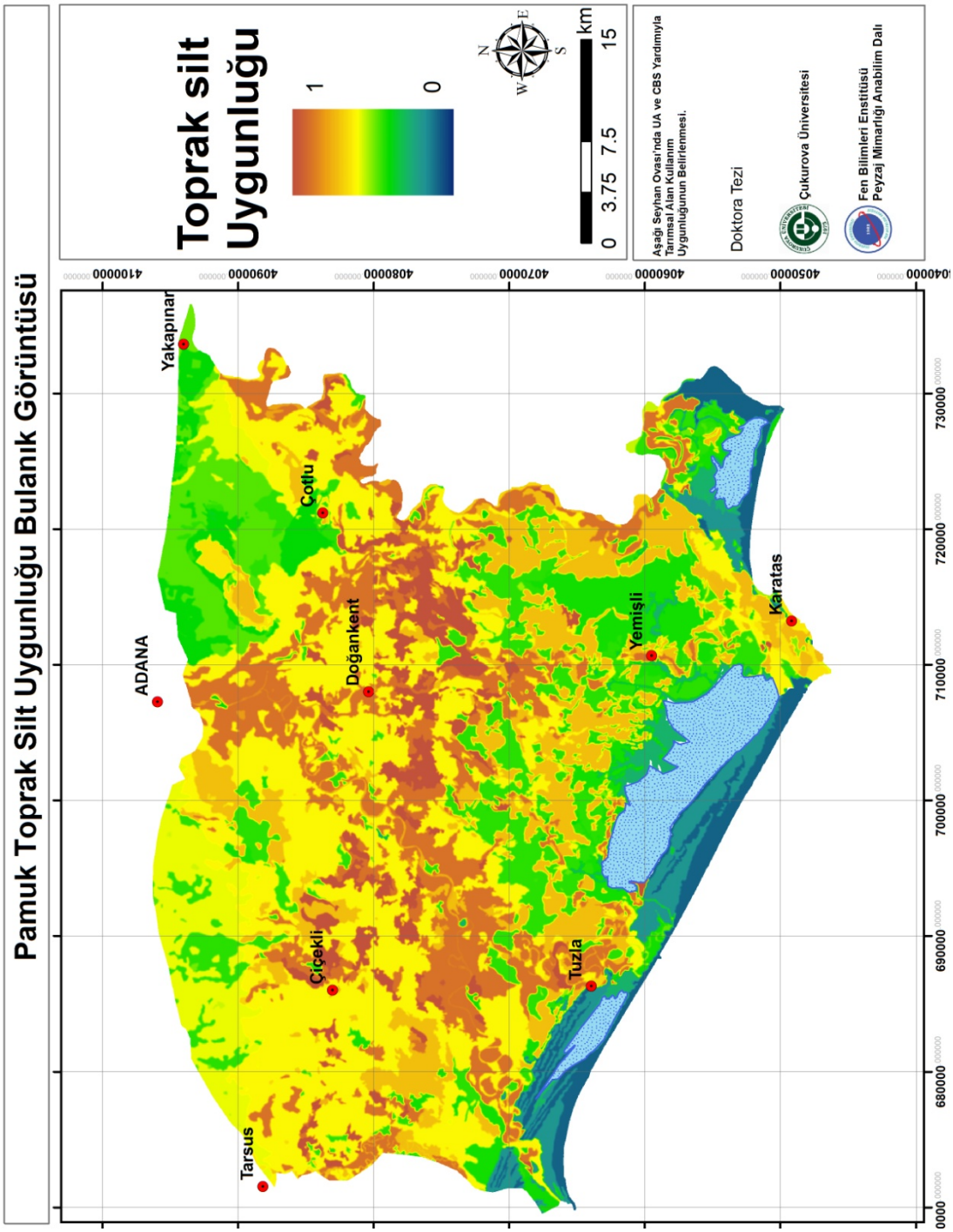
Şekil 4.105. Pamuk yetişme koşulları toprak kil uygunluğu bulanık standardizasyon haritası

Toprak silt miktarının doğrudan pamuk verimiyle olan ilişkisine bakıldığında tanımlama katsayısının R^2 = 0.27 olduğu belirlenmiştir. Pamuk ideal yetişme koşullarıyla ilişkisine bakıldığında, kil miktarına göre biraz daha az önem düzeyine sahiptir. Topraktaki silt miktarının arttıkça verimin arttığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte alandaki maksimum silt miktarı %53 olduğundan, bu değerden sonra pamuk verimine olan etkisi hesaplanmamıştır (Şekil 4.106).



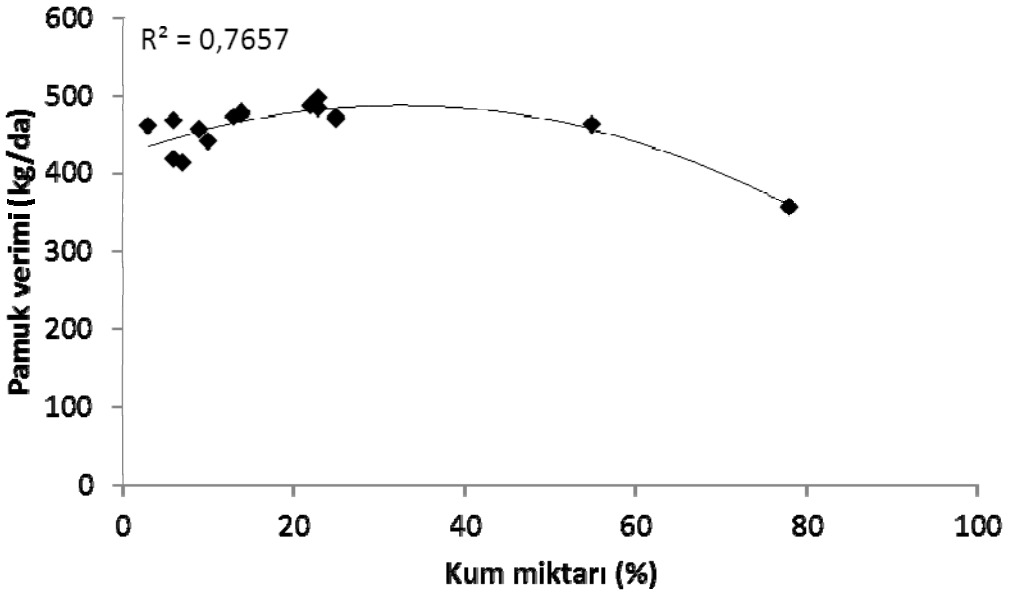
Şekil 4.106. Toprak silt miktarı ve pamuk verimi arasındaki ilişki (P<0.05)

Toprak silt miktarı haritası, aradaki ilişki temel alınarak standardize edilmiştir. Bu çerçevede, silt miktarının çok düşük olduğu bölgeler minimum seviyede uygun olurken, miktar arttıkça uygunluk da artmıştır (Şekil 4.107).



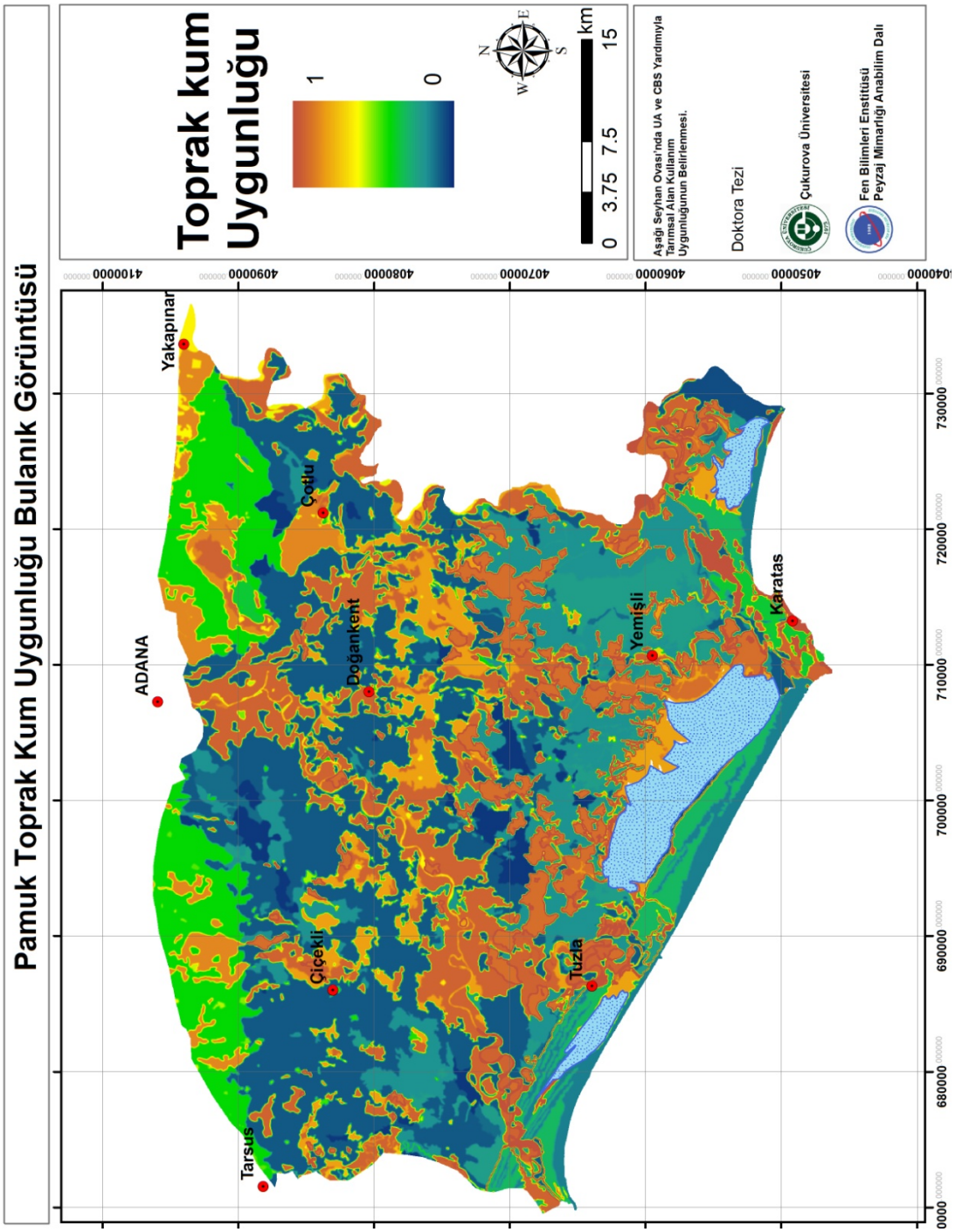
Şekil 4.107. Pamuk yetişme koşulları toprak silt miktarı bulanık standardizasyon haritası

Bir diğer tekstür özelliği olan toprak kum miktarı da pamuk verimi ile doğrudan ilişkilendirilmiştir. Tanımlama düzeyi $R^2 = 0.76$ olarak tespit edilmiştir. Buna göre, toprak kum miktarı ve pamuk verimi arasında oldukça yüksek derecede tanımlı bir ilişki vardır. Kum miktarı %30 – %40 aralığı en ideal aralıktır. Bu miktar arttıkça veya düştükçe verimde düşmektedir (Şekil 4.108).



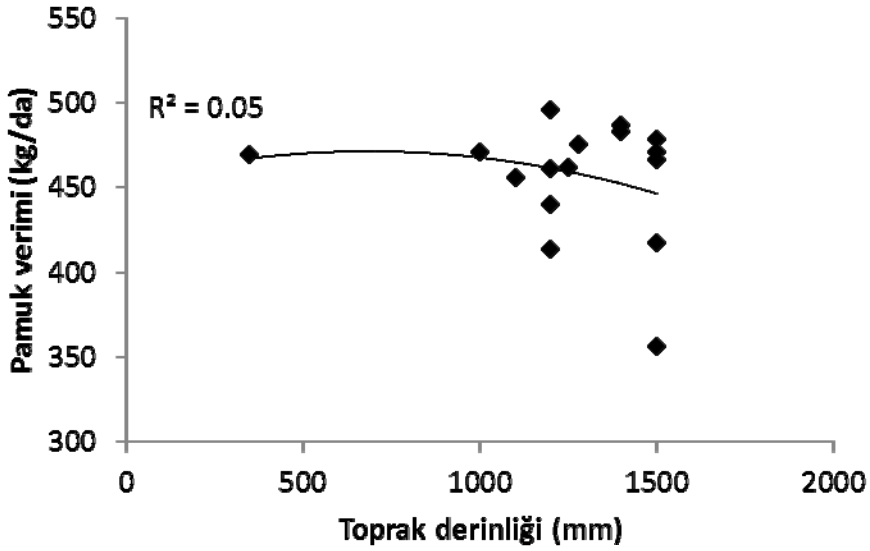
4.108. Pamuk verimi ve toprak kum miktarı arasındaki ilişki ($P<0.001$)

Aradaki ilişki tipik bir optimal değer eğrisi olup, optimal değere yaklaştıkça uygunluk artmaktadır. Bu ilişkiden yola çıkılarak, pamuk tarımı kum miktarı uygunluğu haritası üretilmiştir (Şekil 4.109).



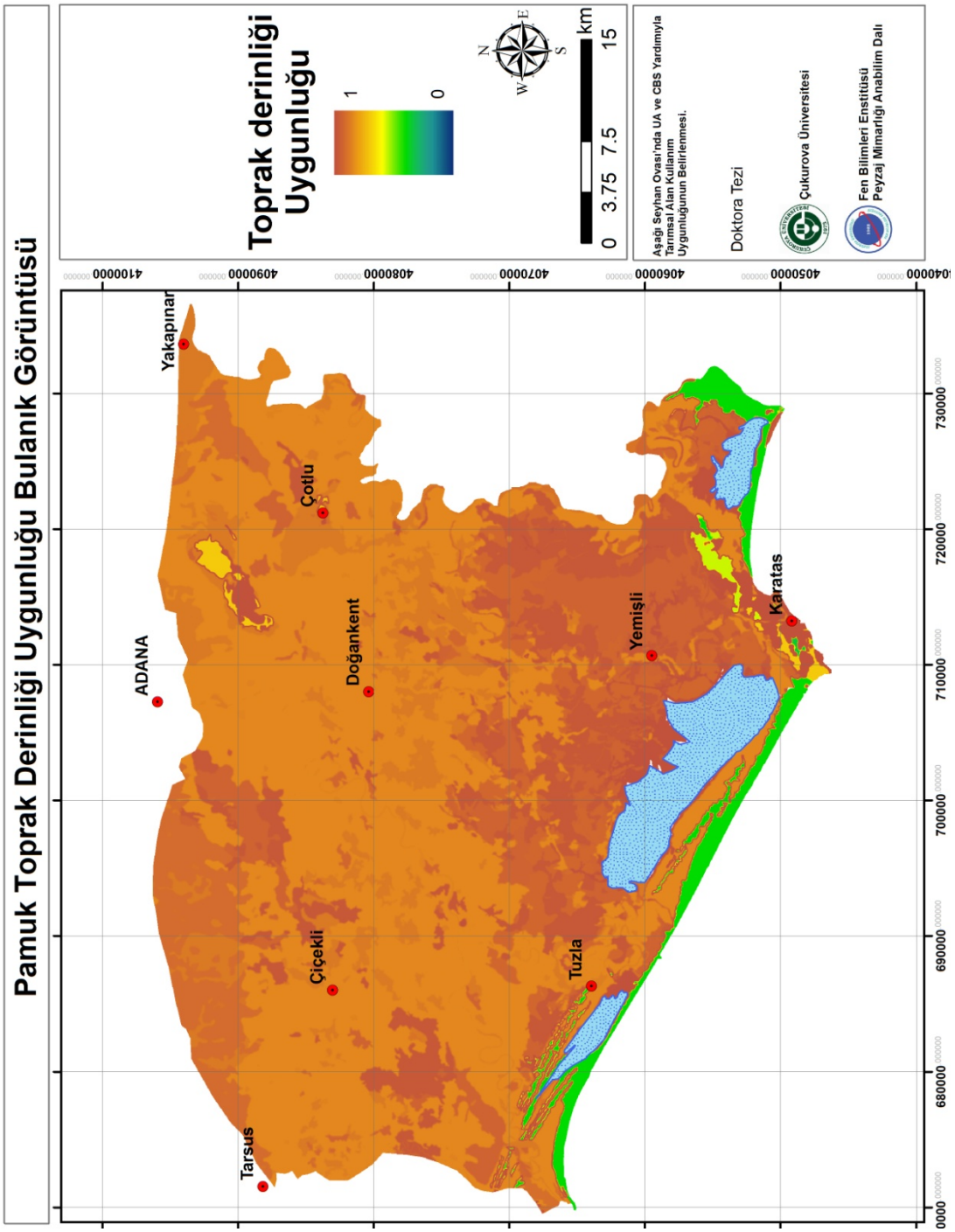
Şekil 4.109. Pamuk yetişme koşulları toprak kum miktarı uygunluğu bulanık standardizasyon haritası

Toprak derinliği ve pamuk verimi arasındaki ilişki, ASO Bölgesi'ndeki ideal pamuk yetişme alanlarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Doğrudan pamuk verimiyle ilişkilendirildiğinde, R^2 = 0.05 düzeyinde bir ilişki saptanmıştır. Pamuk toprağın çok sığ olduğu bölgelerde yetiştirilmediği için sığ bölgelerle pamuk verimi arasındaki ilişki net ortaya konamamıştır. Ancak, genel eğilime bakıldığında, toprak derinliğinin 500 – 1000 mm arasında olduğu bölgede pamuk veriminin iyi olduğu, toprak derinliği arttıkça verimin düşük bir eğilimle düşmeye başladığı belirlenmiştir. Çok sığ topraklarda verimin düşük olacağı kabul edilmiştir (Şekil 4.110).



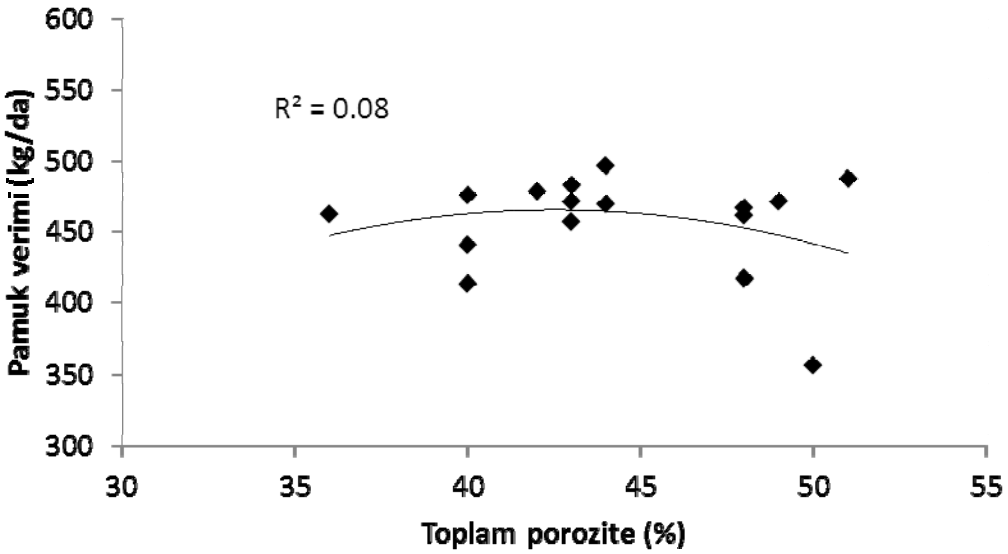
Şekil 4.110. Pamuk verimi ve toprak derinliği arasındaki ilişki (NS)

Pamuk toprak derinliği uygunluğu haritası üretilirken, çok sığ topraklar dışında alan genelinde pamuk yetiştiriciliğinin uygun olduğu saptanmıştır. Ancak ilişki düşük olduğu için diğer faktörlere göre toprak derinliğinin ağırlığı düşük olacaktır (Şekil 4.111).



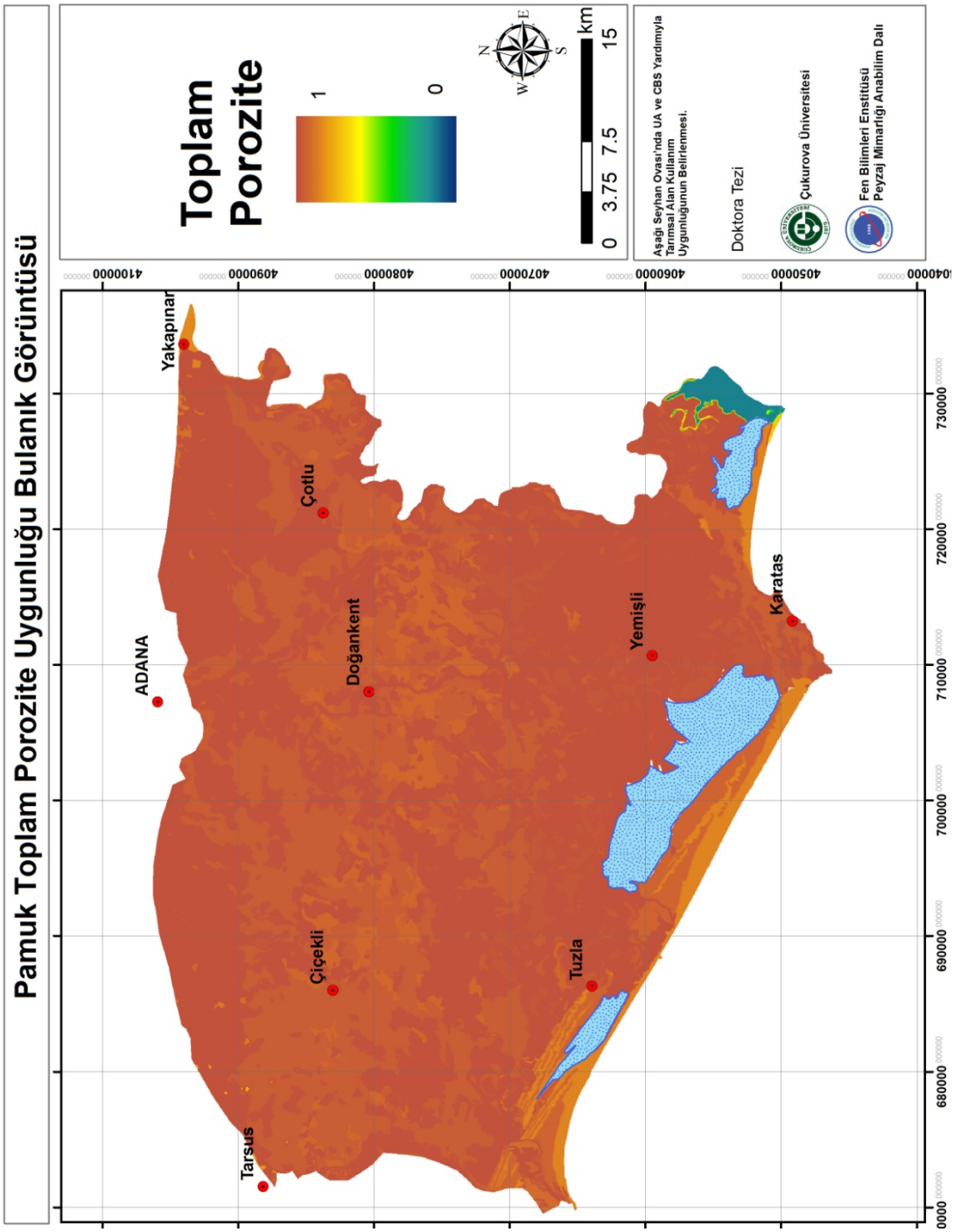
Şekil 4.111. Pamuk yetişme koşulları toprak derinliği uygunluğu bulanık standardizasyon haritası

Toplam porozite ve pamuk verimi arasındaki ilişki R^2 = 0.08 düzeyinde belirlenmiştir. Bu ilişkiye göre toplam porozitenin %43 civarında olduğu yerler pamuk tarımı için en uygun yerlerdir. Bu oran büyüdükçe veya küçüldükçe uygunluk seviyesi de düşmektedir (Şekil 4.112).



Şekil 4.112. Pamuk verimi ve toplam porozite arasındaki ilişki (NS)

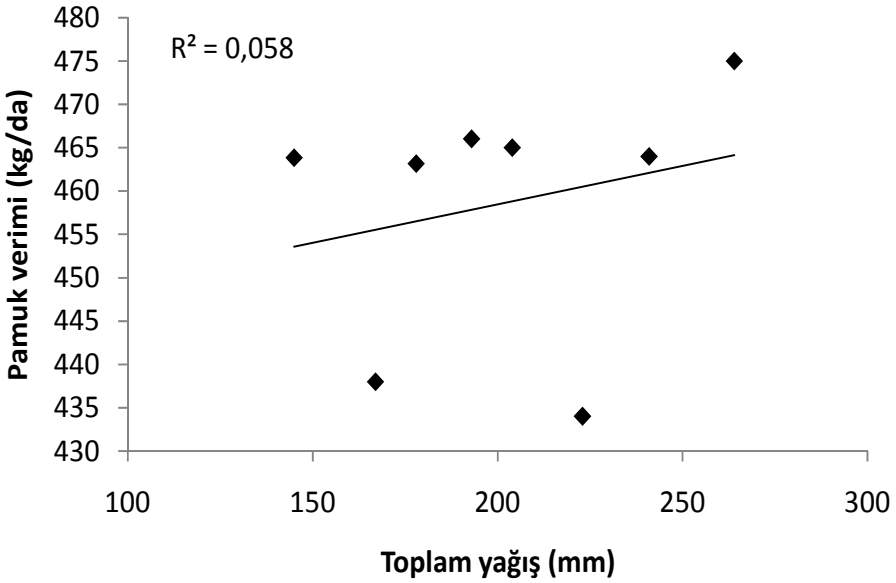
Aradaki ilişki kullanılarak toplam porozitenin pamuk yetişme koşullarına göre bulanık mantık kullanılarak standardize edilmesi sağlanmıştır (Şekil 4.113).



Şekil 4.113. Pamuk yetişme koşulları toplam porozite uygunluğu bulanık standardizasyon haritası

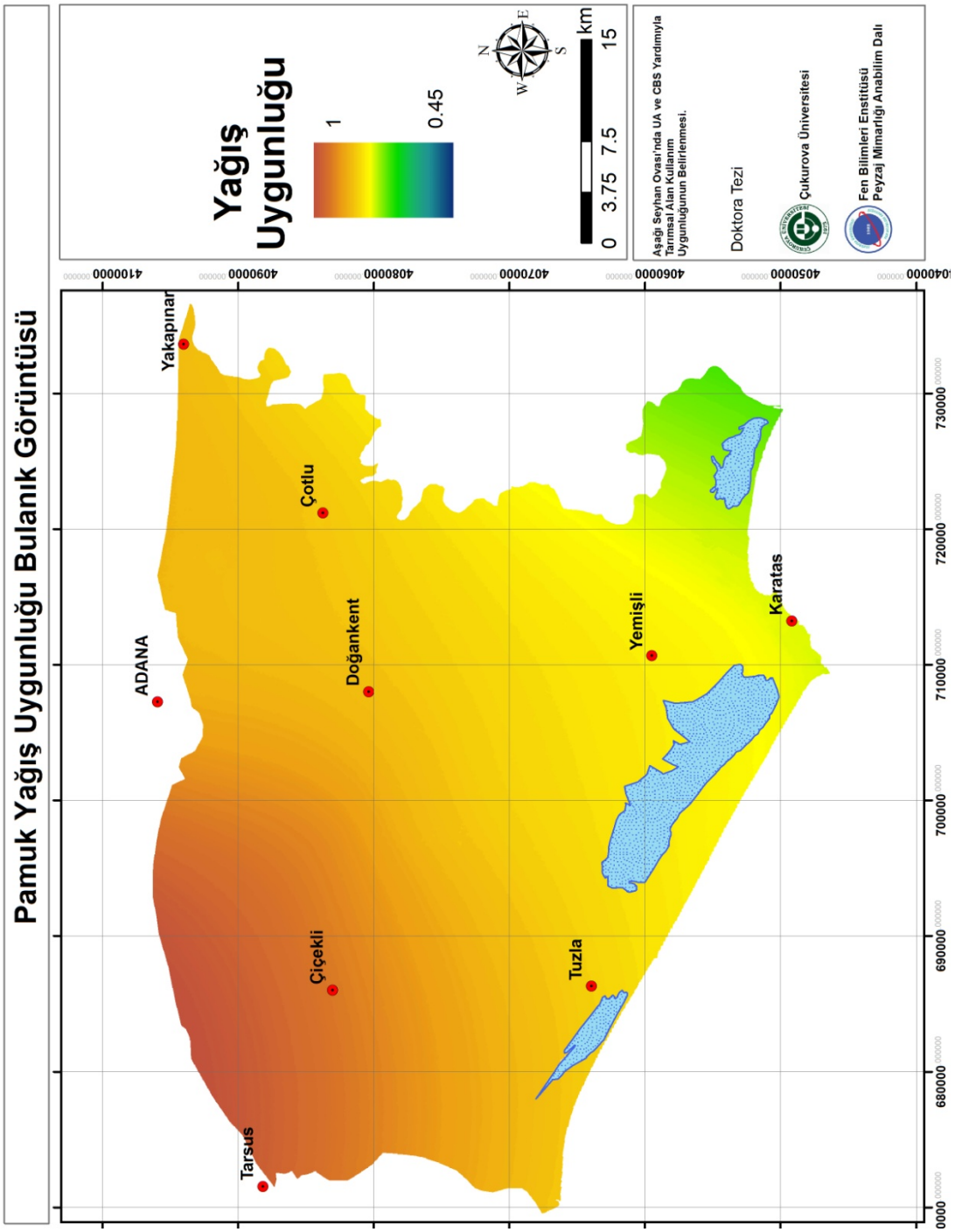
Pamuk ve iklim değişkenleri arasındaki ilişkilerde, buğday ve mısırda olduğu gibi toplam yağış ve GGS temel alınarak irdelenmiştir.

Pamuk tarımında sulama yağıştan daha etkilidir. Bu nedenle doğrudan yağış değerlendirildiğinde R^2 = 0.06 düzeyinde bir tanımlama katsayısına ulaşılmıştır. Ancak, mısırda olduğu gibi pamukta da sulama verimliliği açısından düşünüldüğünde yağışın yüksek olduğu yerlerde verim daha yüksek ve alansal açıdan daha uygundur (Şekil 4.114).



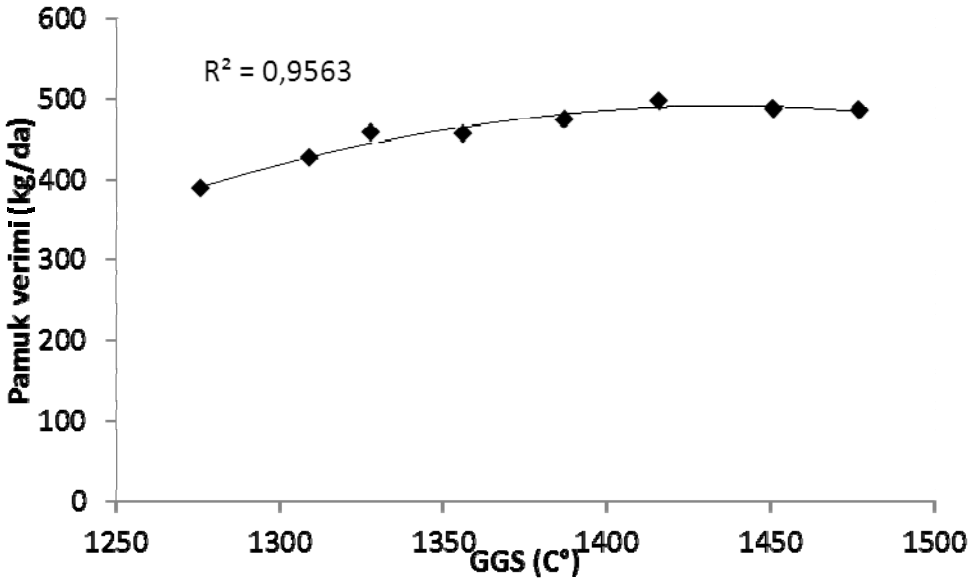
Şekil 4.114. Pamuk verimi ve toplam yağış arasındaki ilişki (NS)

Aradaki ilişki temel alındığında, yağış arttıkça verimde artma eğilimindedir. Buna göre, pamuk yetişme dönemindeki toplam yağış bulanık mantıkla standardize edilmiştir (Şekil 4.115).

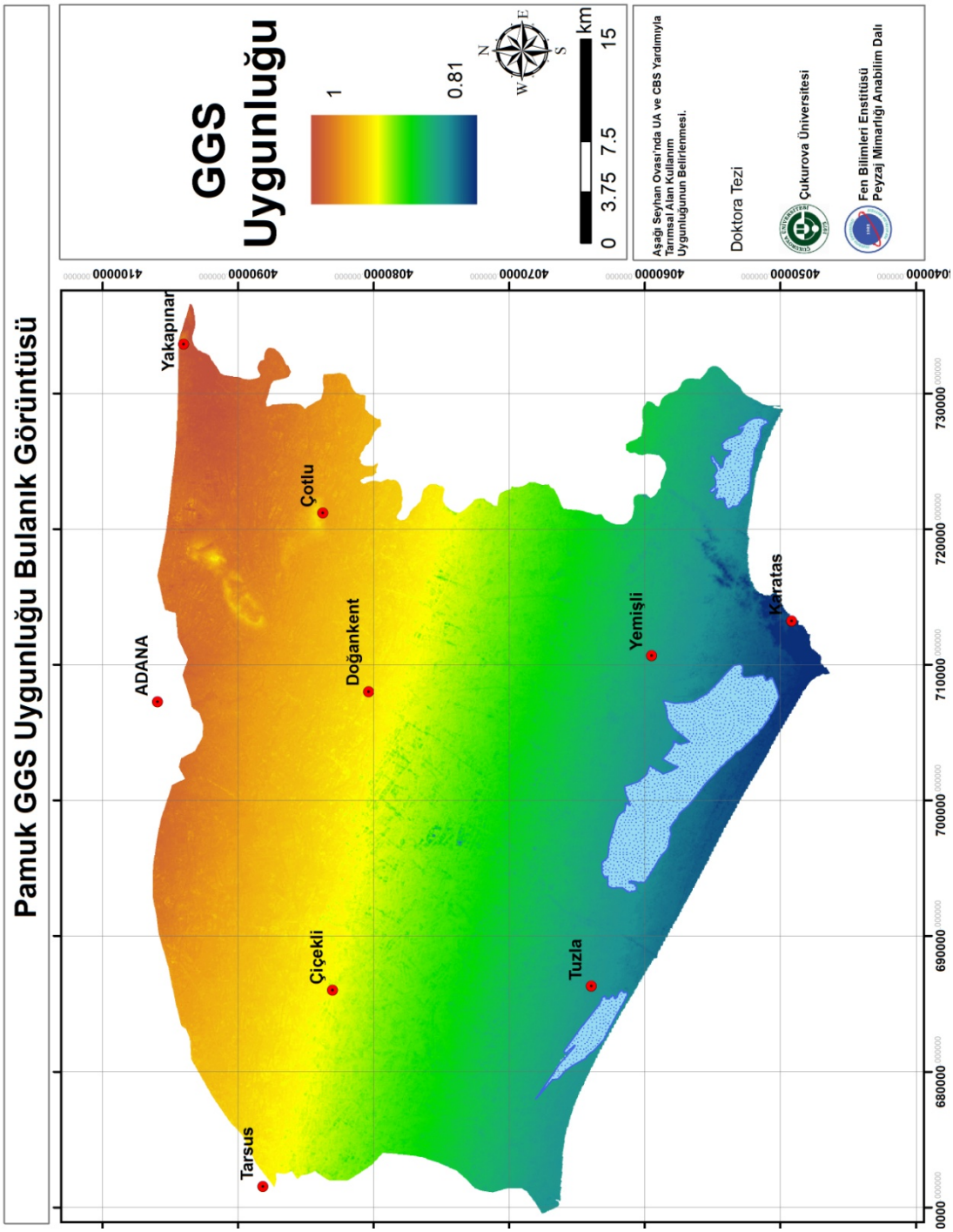


Şekil 4.115. Pamuk yetişme koşulları toplam yağış bulanık standardizasyon haritası

Pamuk yetişme dönemi içerisinde, GGS'nin uygunluğu da hesaplanmıştır. Pamuk sıcak iklim bitkisidir ve fotosenteze başlama sıcaklığı yöntem bölümünde de detaylı değinildiği gibi 12-14 C°'dir. GGS ve pamuk arasındaki ilişki $R^2 = 0.96$ düzeyindedir. Bu durumun bir sonucu olarak, sıcakğın pamuk gelişimindeki en önemli etken olduğu belitilebilir (Şekil 4.116). Genel eğilim değerlendirildiğinde GGS arttıkça azalarak artan bir uygunluk belirlenmiştir. Bu eğilime göre, pamuk GGS standardize edilmiştir (Şekil 4.117).

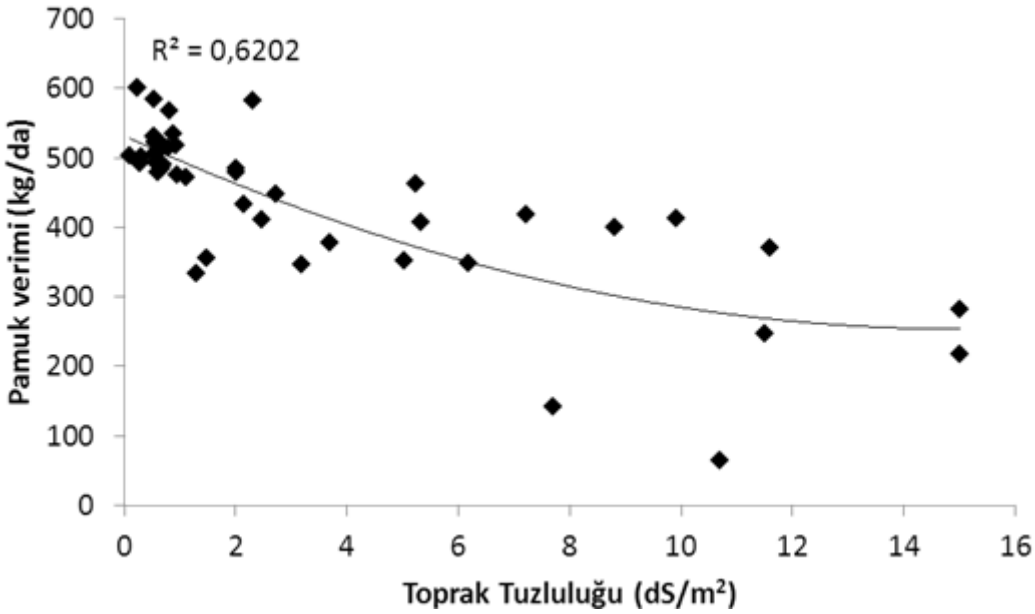


Şekil 4.116. Pamuk verimi ve GGS arasındaki ilişki (P<0.001)



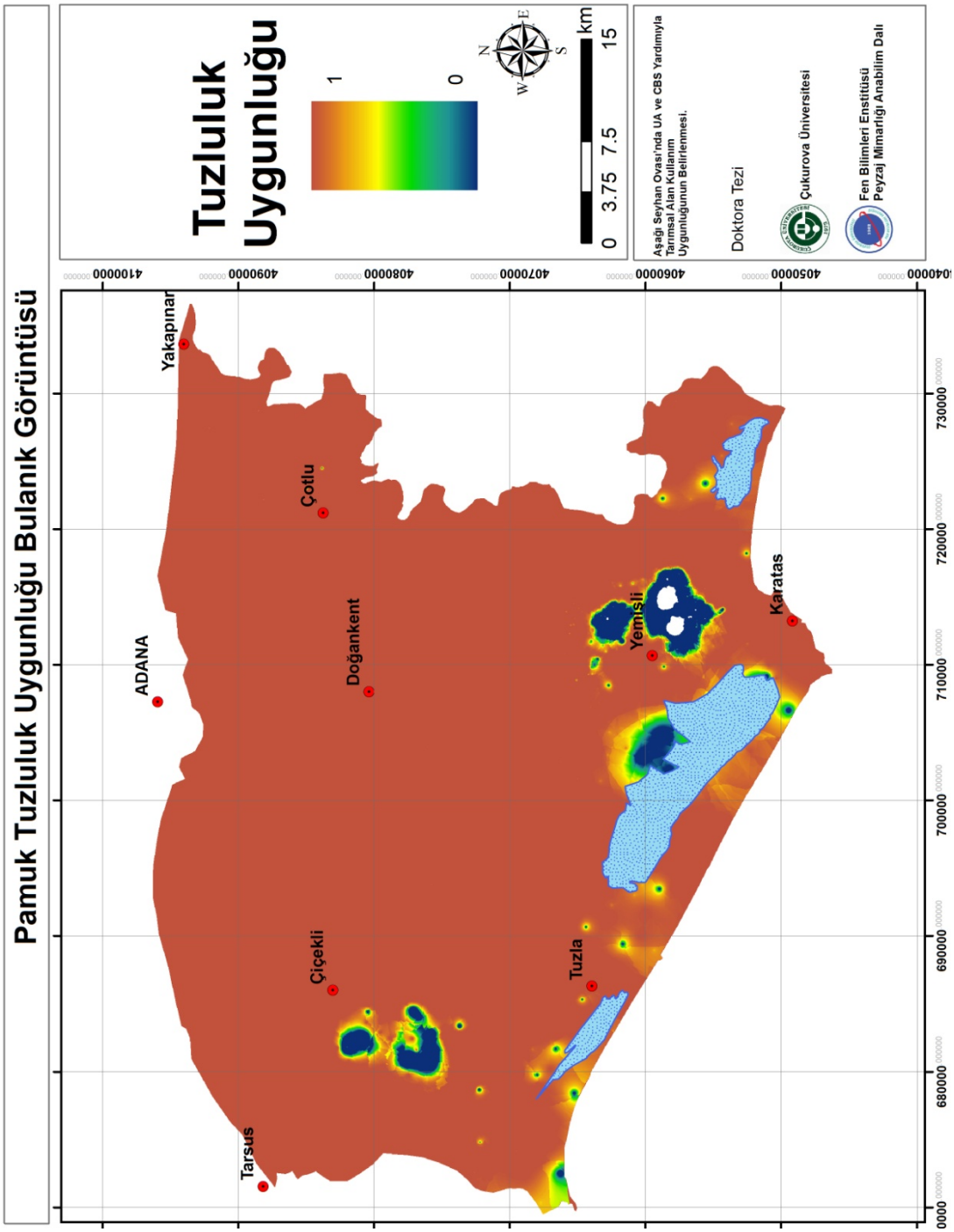
Şekil 4.117. Pamuk yetişme koşulları GGS uygunluğu bulanık standardizasyon haritası

Toprak tuzluluğu ve pamuk verimi arasındaki ilişki değerlendirildiğinde,R^2 = 0.62 düzeyinde iki verinin birbirleriyle uyuştuğu görülmektedir. Ayrıca, sonuçlara göre pamuk verimi 8 dS/m^2 den sonra %10 ve değer 16 – 17 dS/m^2 ye ulaştığında yaklaşık %50 düşmektedir (Şekil 4.118).



Şekil 4.118. Pamuk verimi ve toprak tuzluluğu arasındaki ilişki (P<0.01)

Pamuk tuzluluğa karşı en dayanıklı tarım ürünlerindendir. Bu nedenle yüksek seviyelerde dahi verim kaybının düşük olduğu belirlenmiştir. Bu ilişkiden yola çıkılarak, toprak tuzluluğu standardize edilmiştir (Şekil 4.119).



Şekil 4.119. Pamuk yetişme koşulları toprak tuzluluğu bulanık standardizayon haritası

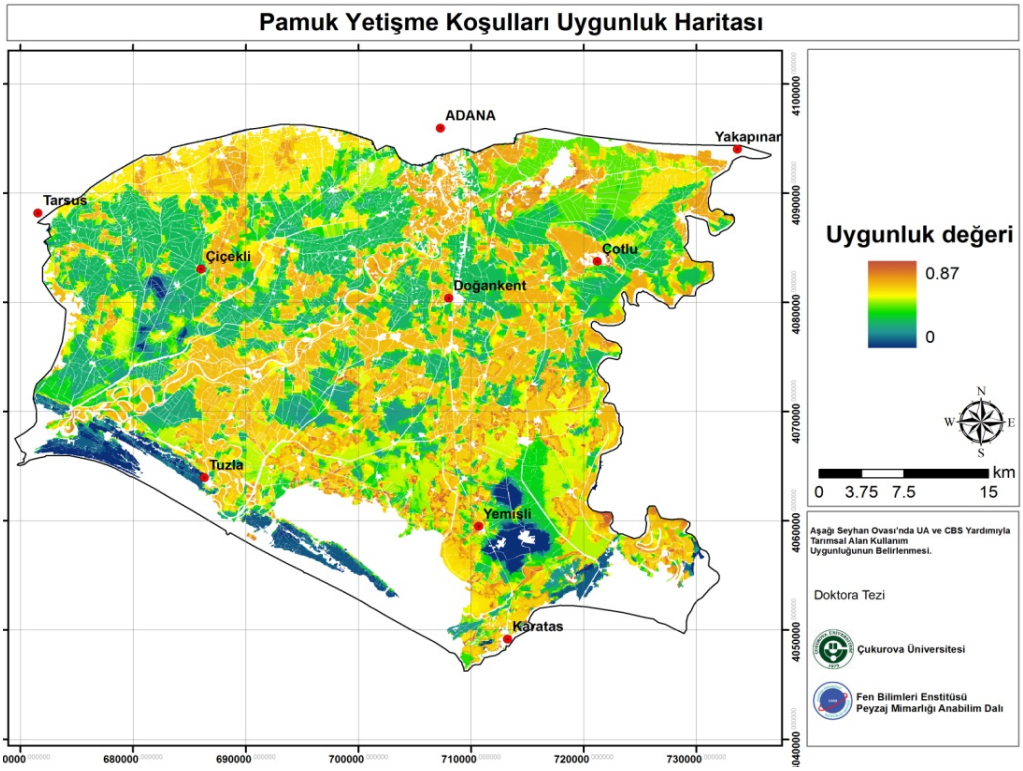
Pamuk yetişme koşulları her bir standardize edilen girdi verisinin verimle olan tanımlama ilişkisine göre ağırlıklandırılmıştır. Ayrıca toprak tuzluluğu, risk faktörü olarak, kriterlerin ağırlıklandırılması sürecinde sisteme dahil edilmemiş, sonradan modele çarpan olarak eklenmiş, böylece bölgesel risk faktörünün yetişme koşulları üzerinde etkisi arttırılmıştır.

AHS sürecindeki ikili karşılaştırma matrisi içerisinde her bir kriter diğeriyle tanımlama katsayıları temel alınarak ilişkilendirilmiş ve hiyerarşik olarak sıralanmıştır (Çizelge 4.21).

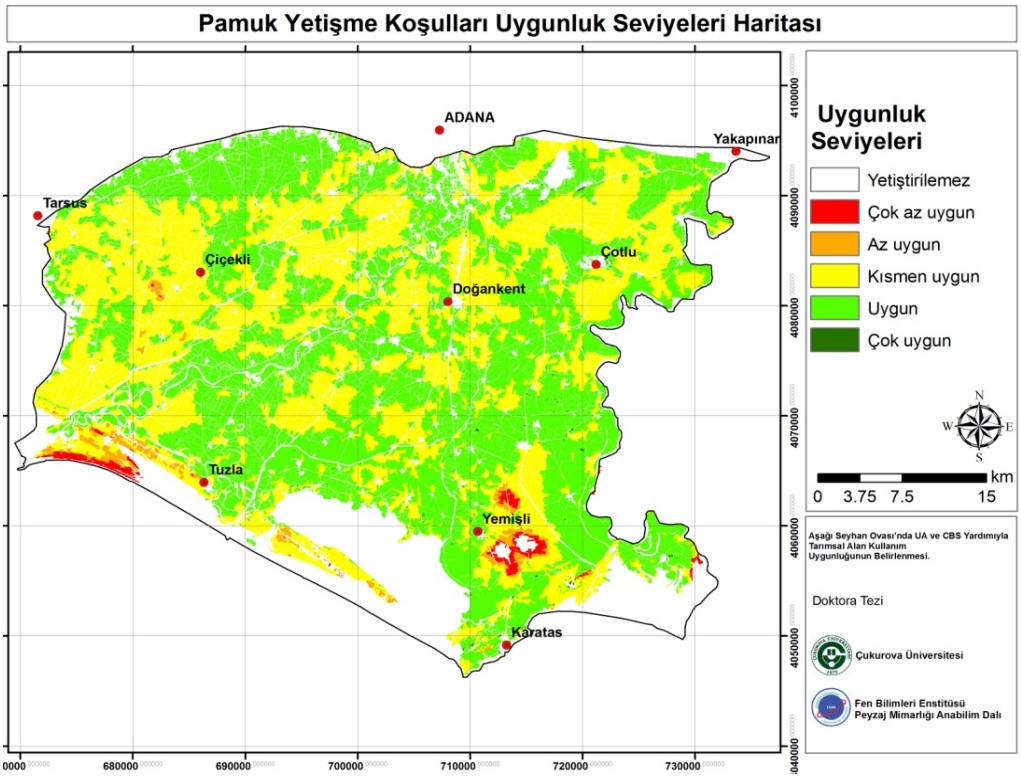
Çizelge 4.21. AHS pamuk yetişme uygunluğu ikili değerlendirme ve ağırlıklandırma matrisi

Kriterler	Toplam porozite	Kil	Silt	Kum	Yağış	GGS	Toprak derinliği	Ağırlık
Kil	4.30	1	1.22	0.44	5.59	0.35	6.45	0.13
Silt	3.52	0.82	1	0.35	4.58	0.29	5.28	0.11
Kum	9.81	2.28	2.78	1	12.76	0.80	14.72	0.31
Toplam porozite	1	0.23	0.28	0.10	1.3	0.08	1.5	0.03
GGS	12.17	2.83	3.45	1.24	15.83	1	18.26	0.38
Yağış	0.77	0.17	0.21	0.08	1	0.06	1.15	0.02
Toprak derinliği	0.66	0.15	0.19	0.06	0.86	0.05	1	0.02
Toplam	31.59	7.34	8.96	3.22	41.06	2.59	47.38	1

Her bir standardize edilmiş harita belirlenen ağırlık katsayılarıyla çarpılıp toplanarak toplam kriter sayısına bölünmüştür. Risk faktörü olarak standardize edilmiş tuzluluk verisiyle çarpılan uygunluk haritası, kısıtlayıcı faktörlerin sistemden çıkarılmasıyla son halini almıştır (Şekil 4.120). Pamuk yetişme koşulları haritası daha iyi anlaşılabilmesi için uygunluk değerlerine göre kategorilere ayrılmıştır (Şekil 4.121). Ancak kategorilere ayrılan verilerde ara değerler ve geçiş bölgeleri net belirtilmediği için uygunluk değerlerine göre farklı senaryoların haritalanmasında kullanılmıştır. Elde edilen objektif ağırlıklandırma sonucuna göre ASO Bölgesi'nde pamuk yetişme koşullarını etkileyen en önemli kriter GGS' dir. Bunu sırasıyla Yağış ve silt miktarı izlemektedir.



Şekil 4.120. ASO pamuk uygunluk dereceleri haritası



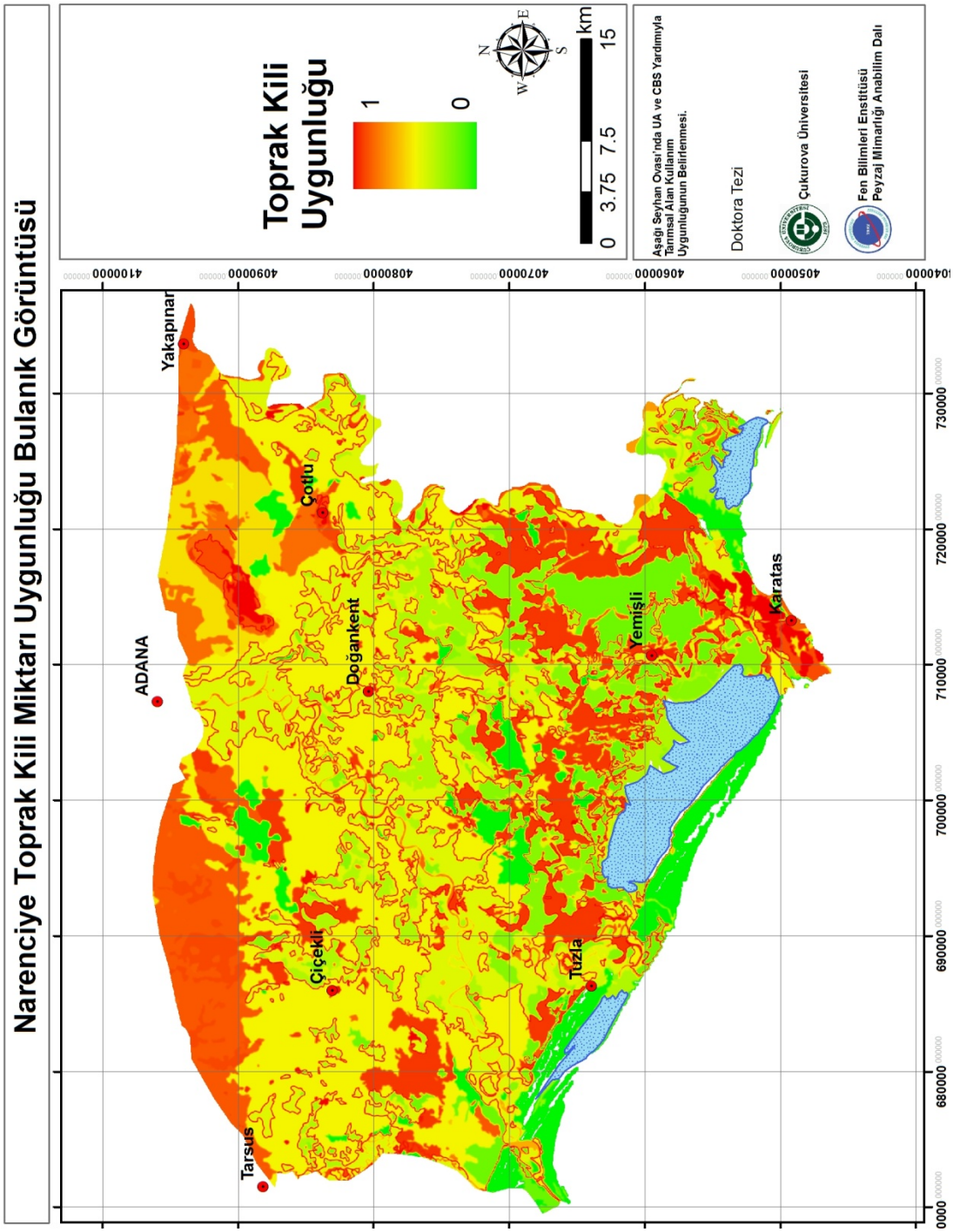
Şekil 4.121. Pamuk yetişme koşulları kategorik uygunluk seviyeleri haritası

4.6.4. Narenciye Yetişme Koşulları ve Alan Kullanım Uygunluğunun Belirlenmesi

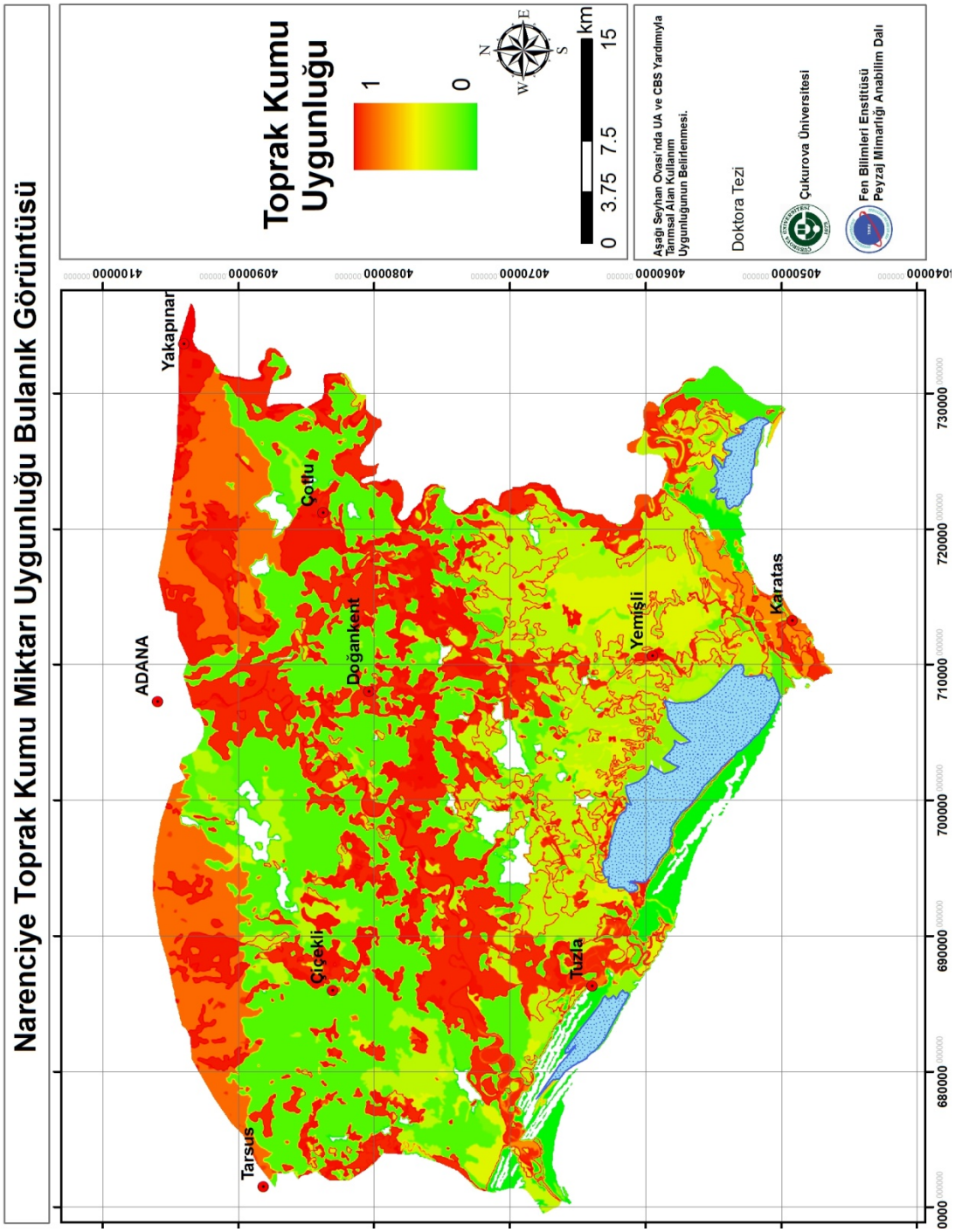
Narenciye ideal yetişme koşulları belirlenirken, tarla tarımı yapılan ürünlerin aksine verimle ilişkilendirme yapılmamıştır. Narenciyede verimi uzaktan algılama yöntemleriyle ASO gibi geniş alanlar yerine parsel temelinde tahmin edilebilmektedir (Ye ve ark., 2007). Ancak geniş havzalarda yapılan doğrudan UA kullanılan çalışmalara çok rastlanmamaktadır. Bunun nedeni, ani don etkileri ve gübreleme gibi faktörlerin narenciye tarımında verime ani ve hızlı etkilerinin olması ve narenciyede budama yapıldığında yansıma değerlerinin değişmesidir özellikle (budama standart yapılamamaktadır.

Narenciye uygunluğu değerlendirilirken, Adana yöresindeki narenciye üreticileri ve bilimsel literatürdeki yetişme koşullarına yönelik rakamsal değerler kullanılmıştır. Bu kapsamda, narenciye ASO bölgesinde killi tınlı toprakları sevmektedir. Ancak kumlu tınlı topraklarda uygundur (Anonim 2013).

Bu kapsamda, %50 kil veya %50 kum içeren topraklar idealdir. Ancak NARBİS'e göre, %75 kil düzeyinin üzerinde narenciye tarımı yapılmamaktadır. Bölgedeki üreticilerde, aşırı killi topraklarda narenciye yetiştiriciliğinin çok zor veya mümkün olmadığına değinmişlerdir. Aşırı kumlu topraklarda da bitki su alımı zor olduğundan tercih edilmemektedir. Toprak silt miktarı veya uygunluğuyla ilgili doğrudan bir literatüre de rastlanmamaktadır. Bu nedenle, kil ve kum miktarı haritaları, narenciye uygunluğunun belirlenmesinde kullanılmış, toprak derinliği ise sadece bir kısıtlayıcı olarak eklenmiştir. 30 cm nin altında toprak olan bölgelerde yetiştirilmesi mümkün olmamaktadır. Bu varsayıma göre toprak özellikleri uygunluk analizine dahil edilmiştir (Şekil 4.122, 4.123).



Şekil 4.122. Narenciye yetişme koşulları toprak kil miktarı bulanık standardizasyon haritası

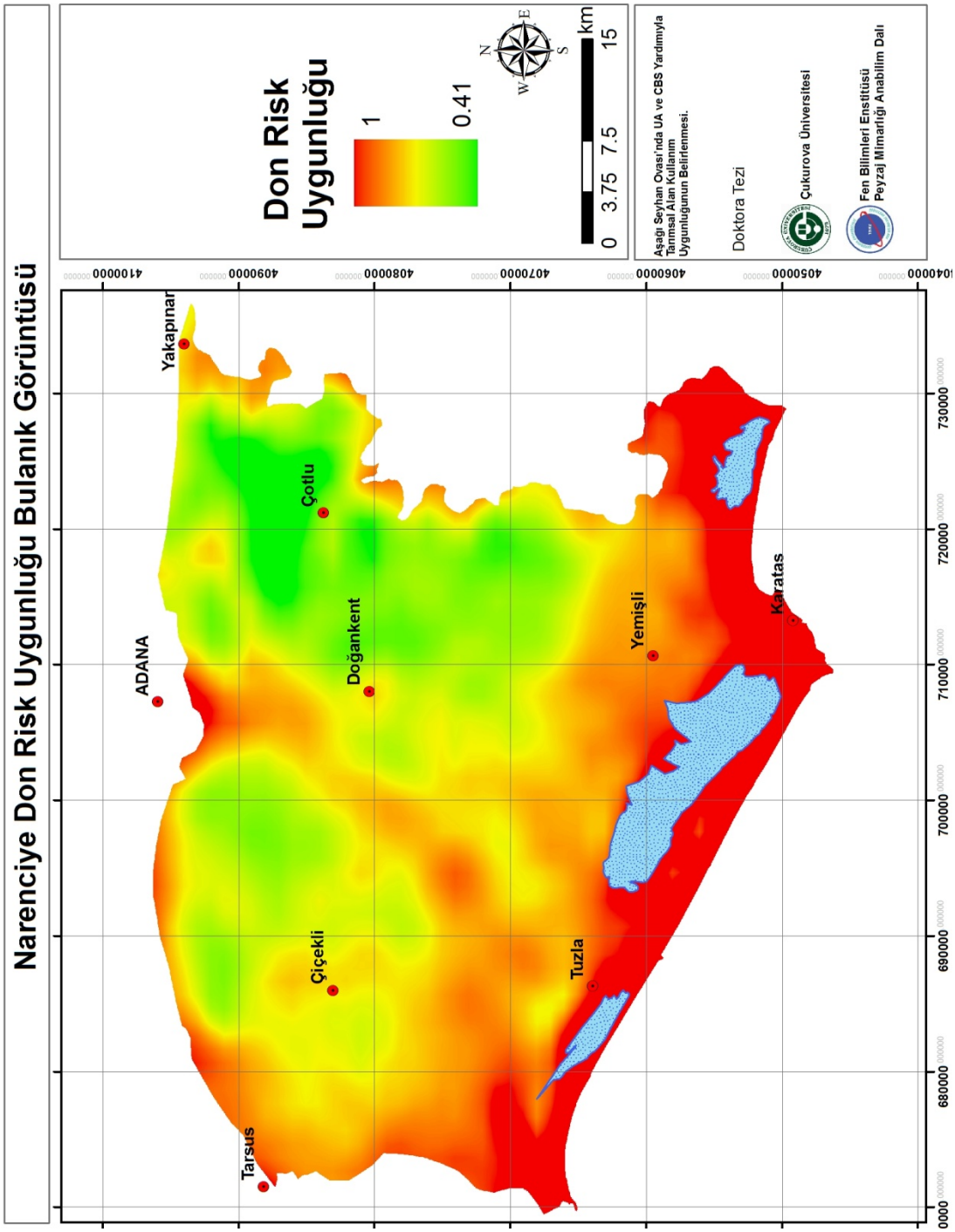


Şekil 4.123. Narenciye yetişme koşulları toprak kum uygunluğu bulanık standardizasyon haritası

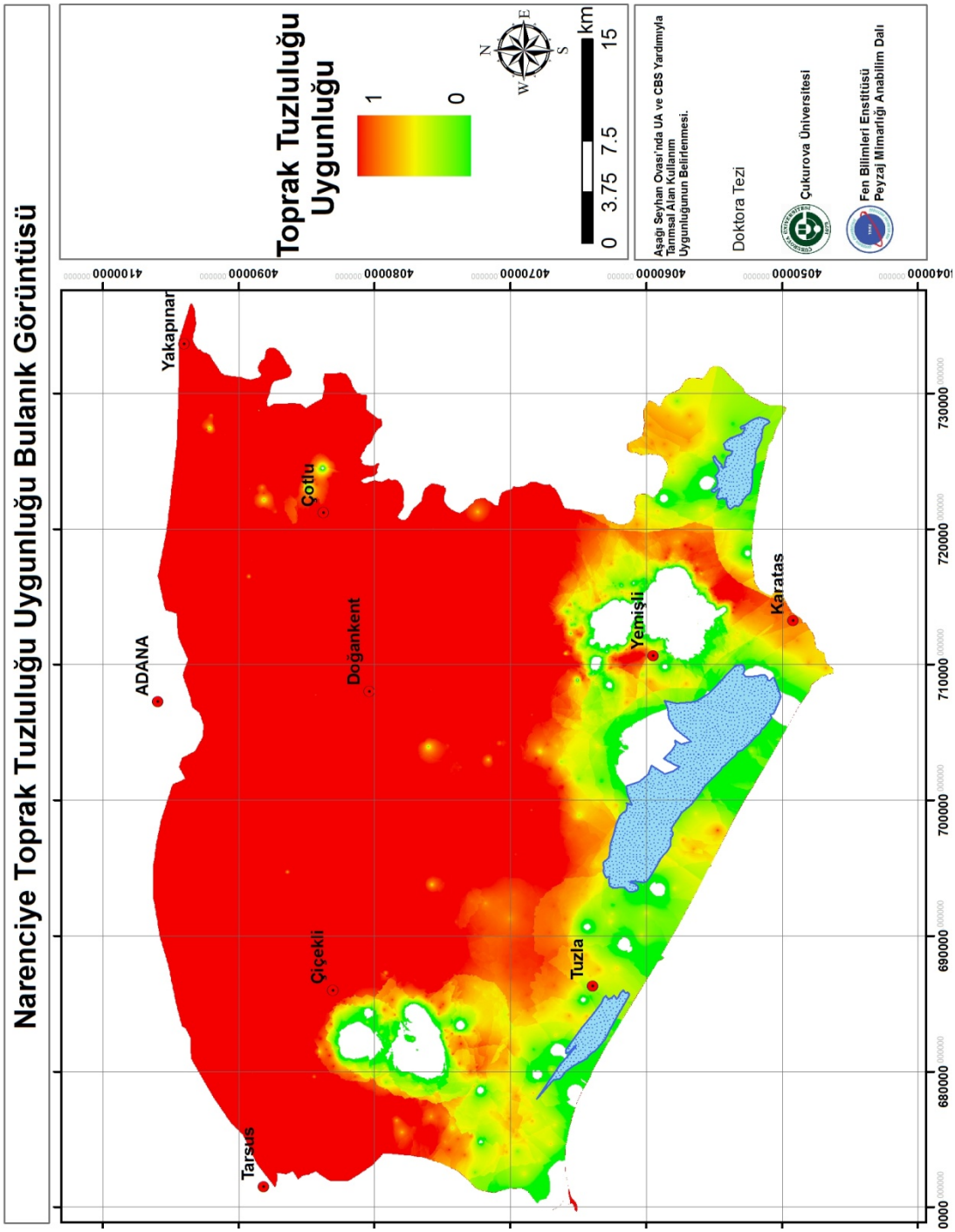
Narenciye yetişme koşulları tanımlanırken, iki risk faktörü belirlenmiştir. Bu faktörler, don riski ve tuzluluk riskidir.

Don riski narenciye yetiştiriciliğindeki en önemli etkendir. Narenciye cinse göre değişkenlik göstermekle birlikte, ortalama olarak -1.7 C°'den sonra don etkisine maruz kalmaya başlar. Don süresine ve sıcaklığa bağlı olarak -8, -9 C°'de ağaçlarda ölmeler başlar. Bu rakamlar yetişkin narenciye ağaçları için ortalama değerlerdir (Geisel ve Unruh, 2003). Don risk haritası standardize edilirken,
-1.7 C°' ye kadar her hangi bir uygunluk sorunu olmadığı ancak bu eşik değerden sonra -9 C°' de tarımı yapılamayacak şekilde doğrusal bir uygunluk düşüşü olduğu ön görülmüştür (Şekil 4.124).

Tuzluluk risk faktörü uygunluğu hesaplanırken, her cinse ve türe göre tuzluluk direnci değişmektedir. Ancak, genel kabul gören değerler kullanılmış, bu değerler kullanılırken ASO bölgesindeki narenciyenin büyük bir kısmını oluşturan portakal ve altıntop temel alınmıştır. Bu kapsamda, narenciye 1.7 dS/m^2 ye kadar tuzluluğa dayanabilmektedir. Bu eşik değerden sonra her 1 dS/m^2 için %16 verim kaybı olmaktadır (Hepaksoy, 2000). Bu ilişkiden yola çıkılarak, narenciye genel olarak 4.8 dS/m^2'den sonra yetiştirilememektedir. NARBİS sistemindeki narenciye alanlarına bakıldığında maksimum yetişme alanı 5 dS/m^2 dir. Elde edilen literatür, tuzluluk haritası ve NARBİS verileri birbirleriyle uyuşmaktadır. Toprak tuzluluğu ve narenciye yetişme koşulları uygunluğu literatüre göre ilişkilendirilerek standardize edilmiştir (Şekil 4.125).



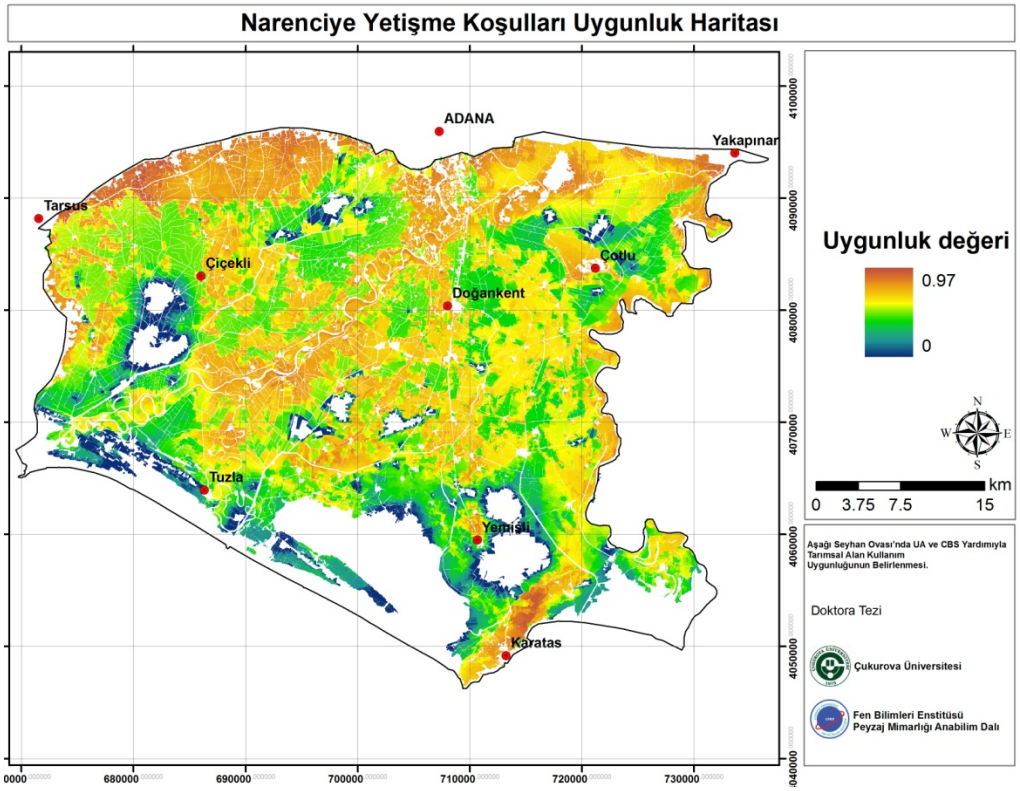
Şekil 4.124. Narenciye yetişme koşulları don riski bulanık standardizasyon haritası



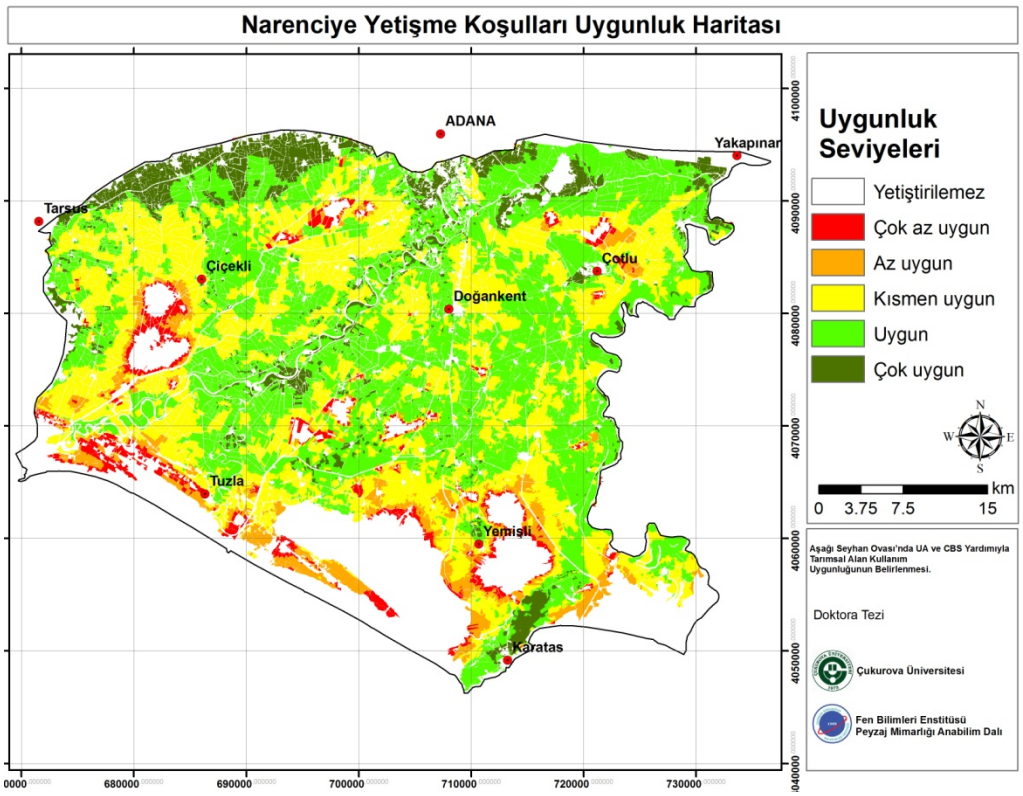
4.125. Narenciye yetişme koşulları toprak tuzluluğu bulanık standardizasyon haritası

Narenciye yetişme koşulları uygunluğu tespit edilirken standardize edilmiş her bir kriterin ağırlıklandırılması gereklidir. Bu çalışmada, verimle ilişkilendirilerek bir ağırlıklandırma yapmak mümkün olmadığı için, literatüre dayalı ağırlıklandırma yapılmıştır. Bu çerçevede, narenciye için en önemli kriterin don riski olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca kum ve kil gibi toprak özelliklerinin birbirleriyle eşit derecede ilişkili olduğu kabul edilmiştir. Don risk katsayısı 0.5, kum ve kil katsayıları ise 0.25 olarak kabul edilmiştir. Tuzluluk ayrıca bir kısıtlayıcı ve risk faktörü olarak çarpan pozisyonunda uygunluk değerlendirmesin dahil edilmiştir.

Yapılan ÇKA değerlendirmesinin sonucunda, narenciye yetiştirme koşulları uygunluğu bulanık olarak saptanmıştır (Şekil 4.126). Bu harita daha anlaşılabilir olması açısından kategorilere ayrılmıştır (Şekil 4.127).



Şekil 4.126. Narenciye yetişme koşulları uygunluğu bulanık haritası



Şekil 4.127. Narenciye uygunluk seviyeleri kategorik haritası

4.7. Aşağı Seyhan Ovası Bölgesinde Farklı Senaryolara Göre Öneri Baskın Tarımsal Ürün Deseninin Belirlenmesi

Çalışma alanında yetiştirilen 4 temel ürünün yetişme koşullarına göre uygun alanlar belirlenmiştir. Ancak, tarımsal aktivitelere sadece bir ürünün yetişme koşulları yön vermez. Bir üründen sağlanan ekonomik fayda, yapılan tarımın niteliği ve ekosisteme verdiği etkinin yanı sıra bölgesel tarım politikaları ve doğa koruma alanları da yapılan tarımda belirleyici olmaktadır. Bu nedenle 3 farlı senaryoda baskın tarımsal ürün deseni kışlık ve yazlık olarak, yetişme koşulları da dikkate alınarak üretilmiştir.

Senaryolar; tamamen ekonomik, tamamen ekolojik ve her iki senaryonun bir sentezi olarak da sürdürülebilir senaryolar olarak belirlenmiştir.

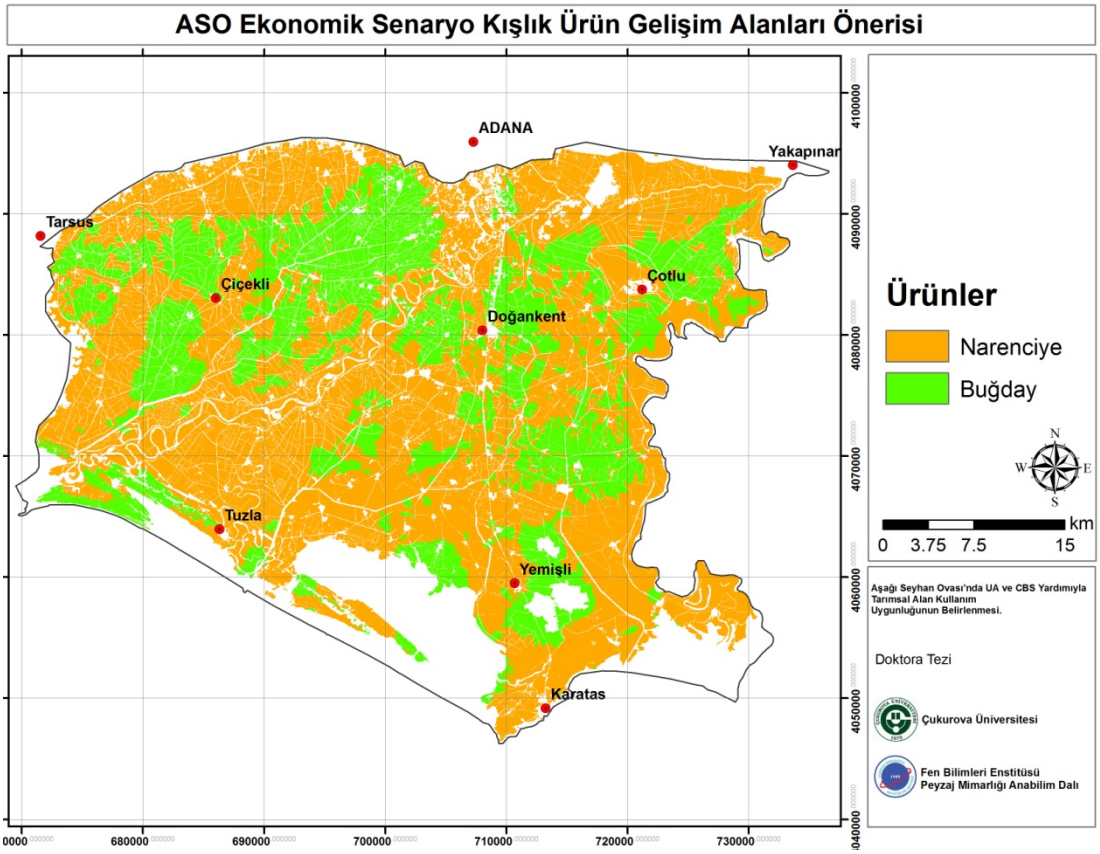
4.7.1. Ekonomik Senaryoya Göre Baskın Ürün Desenlerinin Belirlenmesi

Ekonomik senaryoda belirleyici olan gösterge, bir ürünün tarımından elde edilen ortalama karlılık durumudur. Bu karlılık hesaplanırken 2011 yılı toplam harcamaları, 2011 yılı için belirlenen teşvik miktarları göz önüne alınarak hesaplama yapılmıştır. Narenciye de cinse göre karlılık değişkenlik göstermesinden dolayı en çok tarımı yapılan portakal üzerinden karlılık hesaplaması yapılmıştır. Net kar durumlarına göre, her bir ürün için bir katsayı belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

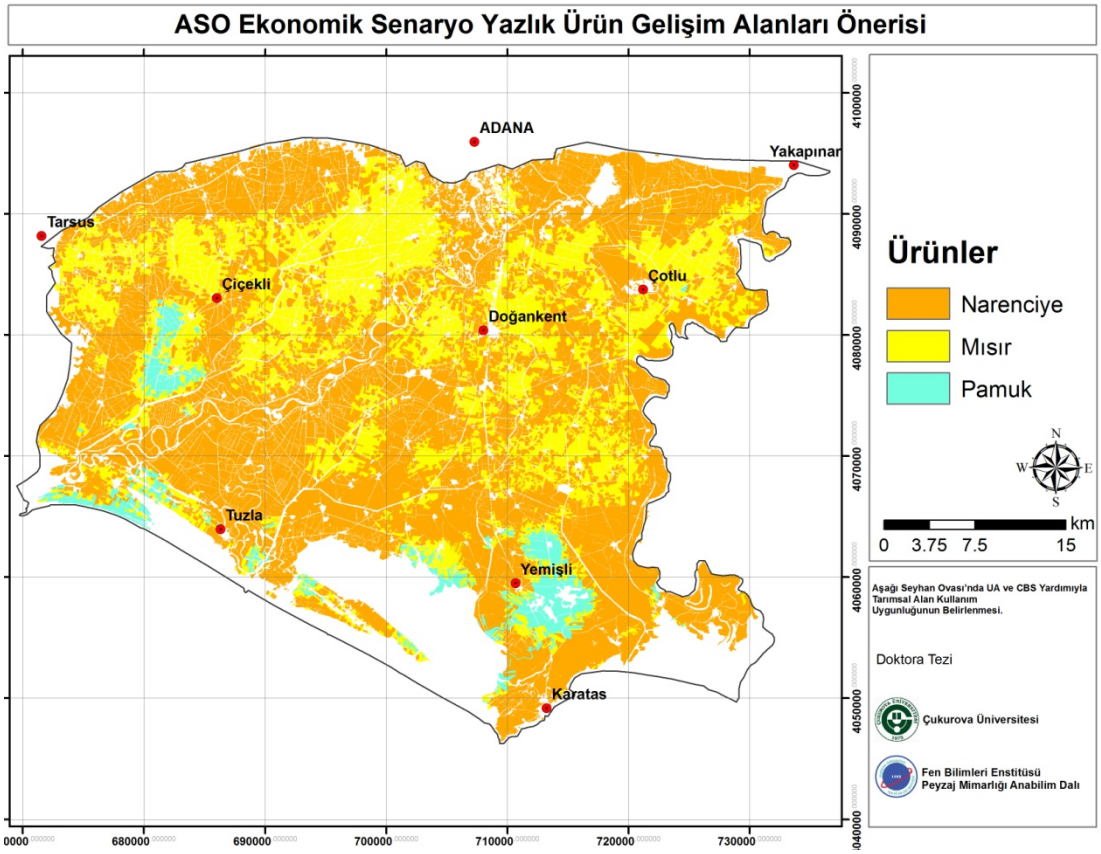
Çizelge 4.22. Ürün bazında ortalama karlılık ve hesaplanan ekonomik önem katsayıları

Ürün	Ortalama üretim (kg/da)	Birim fiyat	Net satış geliri	Teşvikler	Toplam gelir	Toplam gider	Kar	**Ağırlık katsayısı**
Buğday	510	0.61	311.1	25.5	336.6	279	57.6	**0.16**
Mısır	1198	0.57	682.86	47.92	730.78	547	183.7	**0.32**
Pamuk	400	1.407	562.8	160	722.8	686	36.8	**0.14**
Narenciye	4000	0.4	1600	0	1600	1227	373	**0.37**

Ekonomik uygunluk analizleri belirlenen katsayılara göre yazlık ve kışlık olarak yapılmıştır. Ürün yetişme koşulları uygunluğu haritaları belirlenen ekonomik uygunluk katsayılarıyla çarpılmıştır. Bunun sonucunda, birim alanda ürün değeri en yüksek olan, öncelikli ürün olarak belirlenmiştir. Narenciye alanları kışlık ve yazlık uygunluklarda aynı alanları kapsamaktadır (Şekil 4.128, 4.129).



Şekil 4.128. Ekonomik senaryo kışlık öneri baskın ürün deseni haritası



Şekil 4.129. Ekonomik senaryo yazlık öneri baskın ürün deseni haritası

4.7.2. Ekolojik Senaryoya Göre Baskın Ürün Desenlerinin Belirlenmesi

Tamamen ekolojik yaklaşımda, mevcut tarımsal faaliyetlerin çevreye verdiği zararlı etkiler göz önüne alınarak her bir ürün ağırlıklandırılmıştır. Bu kapsamda, ASO Bölgesi'nde bütün tarımsal kirleticileri ürün temelinde ölçen ve bunu alansal olarak tanımlayabilen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, çalışma alanındaki gübreleme sonucu N bütçesini tanımlayan çalışmalar bulunmaktadır (Karnez, 2010; Cavero ve ark., 2011; Çetin ve ark. 2012a). Bu çalışmalar, alanın Akarsu Sulama Birliği bölümünde yapılmış olup, günlük bazda gerçek durumu ifade eden ve ölçümlere dayalı çalışmalardır. Bu çalışmada, drenaja karışan NO3 – N miktarı kirletici bir gösterge olarak ArcSWAT modeli kullanılarak tanımlanmıştır. Önceki çalışmalarda kullanılan gübreleme ve sulama verileri bu modele girdi olarak ilave edilmiş ve yapılan çalışmalarla karşılaştırılıp geçerliliği sorgulanmıştır.

4.7.2.1. Dreneja Karışan NO_3 - N miktarının ArcSWAT Modeli Kullanılarak Modellenmesi

ArcSWAT modeli tüm çalışma alanı genelinde çalıştırılmış, drenaja karışan NO_3 - N miktarı mevcut baskın ürün desenine göre tüm hidrolojik yıl (1 Ekim 2010 – 1 Ekim 2011) dönemi temel alınarak uygulanmıştır. Her bir baskın ürünün, çalışma alanında bulunan her bir toprak serisindeki ortalama buğday, mısır, pamuk ve narenciye N alımları ve toplam drenaja karışan NO_3 – N miktarı modellenmiştir. Ayrıca drene olan ortalama NO_3 – N miktarına göre her bir ürünün ekolojik senaryo için uygunluk katsayıları hesaplanmıştır (Çizelge 4.23). Uygulanan gübre ve gübreleme miktarlarına bu çalışmanın materyal bölümünde detaylı değinilmiştir.

Çizelge 4.23. ArcSWAT Bitki N alımı ve Drenaj suyundaki ortalama NO_3 – N miktarı modelleme sonuçları ve ürün temelli ekolojik senaryo uygunluk katsayıları.

	Bitki N Alımları kg/ha				**Drene olan NO_3 – N miktarı kg/ha**			
Seriler	Buğday	Mısır	Pamuk	Naren.	Buğday	Mısır	Pamuk	Naren.
İncirlik	210	286	178	70	0	52.6	26	0
Arıklı	95	216	129	180	9.43	84.4	69	0
İnnaplı	97	88	113	64	17.15	140	80	27.5
Pekmezci	98	105	106	70	15.77	134	83	7
Arpacı	84	90	105	124	20.76	138	82	16
Çanakçı	92	114	132	64	9.25	131	71	18.1
Oymaklı	101	146	133	65	17.38	114	69	27.2
Mürsel	100	64	179	66	0	155	49	0
Helvacı	101	81	97	64	58	143	88	28.8
Baharlı	93	119	131	64	13.31	115	55	22.5
İsmail	80	270	177	170	5.64	28	38	0
Karataş	68	41	23	64	42.88	50	104	59
Gölyaka	64	63	20	65	63.43	117	103	14.17
Gemisure	86	96	116	64	15.34	134	76	22.3
Misis	210	112	177	150	5.86	133	14	9.92
Yenice	88	80	99	140	18.73	141	83.5	10.37
Arkaca	85	101	20	60	21.67	121	46.5	28.5
Kıyı	30	57	21	54	81.26	129	92	9.1
			Ortalama Drenaj		**22.36**	**113**	**66**	**15.81**
			Uygunluk Katsayısı		**0.34**	**0.06**	**0.12**	**0.48**

Öncelikle uygulanan modelin geçerliliği sorgulanmıştır. Bu kapsamda çalışma süresince her hangi bir çalışmayla özel ölçüm yapılmamış ancak Akarsu Sulama Havzası'nda ve bölgede yapılan literatürdeki çalışmaların ölçüm sonuçlarıyla, model çıktıları ilişkilendirilmiştir.

Çetin ve ark. (2012a) Akarsu Sulama Havzası içerisinde yaptıkları detaylı ölçümlerde, 2009 yılı hidrolojik yılı içerisindeki ortalama bitki N alımını (tane ve sap) ölçümlere dayalı olarak 169.1 kg/ha bulmuşlardır. Bu çalışma kapsamında, ArcSWAT modeli kullanılarak yapılan N analizlerinde Akarsu bölgesi 2009 ürün deseni temel alınarak ortalama N alımı, alan kullanımlarına göre ağırlıklandırıldığında 189 kg/ha olarak tahmin edilmiştir.

Cavero ve ark. (2011), toprak serileri ve bölgedeki baskın ürünleri temel alarak Akarsu Bölgesi'nde drene olan ortalama NO_3 – N miktarlarını ArcSWAT modelinin bir türevi olan APEX modelini kullanarak tahmin etmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan aynı gübreleme ve sulama değişkenlerini kullanmışlardır. Bu kapsamda Arıklı serisi pamuk ürünü tarımından drenaja karışan toplam NO_3 – N miktarını 63 kg/ha olarak tanımlamışlardır. Bu çalışmada modellenen NO_3 – N miktarı 69 kg/ha'dır. İncirlik serisinde, pamukta 50 kg/ha'lık NO_3 – N drenaja karıştığı modellenirken, bu çalışmada 26 kg/ha olarak pamuk alanlarında modellenmiştir. Mısırda ise 69 kg/ha olarak NO_3 – N drene olurken bu çalışmada 53 kg/ha' dır. Yine aynı çalışmada buğdayda incirlik serisi topraklarda 10kg/ha N olarak modellenen ortalama drenaj, bu çalışmada 0 olarak modellenmiştir. Yenice serisi topraklarda narenciye alanlarından drenaja karışan ortalama NO_3 – N miktarı 8 kg/ha olarak modellenirken, bu çalışmada 10.37 kg/ha olarak modellenmiştir.

Ürün temelinde ise Cavero ve ark. (2011) 1. Ürün mısırda ortalama drenaja karışan NO_3 – N miktarını 75 kg/ha olarak modellerken, bu çalışmada ortalama serilerin alansal dağılım yüzdelerine göre ağırlıklandırıldığında 110 kg/ha olarak modellenmiştir. Pamukta ortalama değer Akarsu sulama havzasında 53 kg/ha olarak modellenirken bu çalışmada 66 kg/ha olarak bütün ASO Bölgesi'nde modellenmiştir.

Değerlerin Cavero ve ark. (2011) çalışmasına göre bir miktar düşük olmasının nedeni Cavero'nun çalışmasındaki validasyon sonuçlarıyla açıklanabilir. Bu sonuçlara göre Cavero ve arkadaşları özellikle mart – ağustos ayları arasındaki

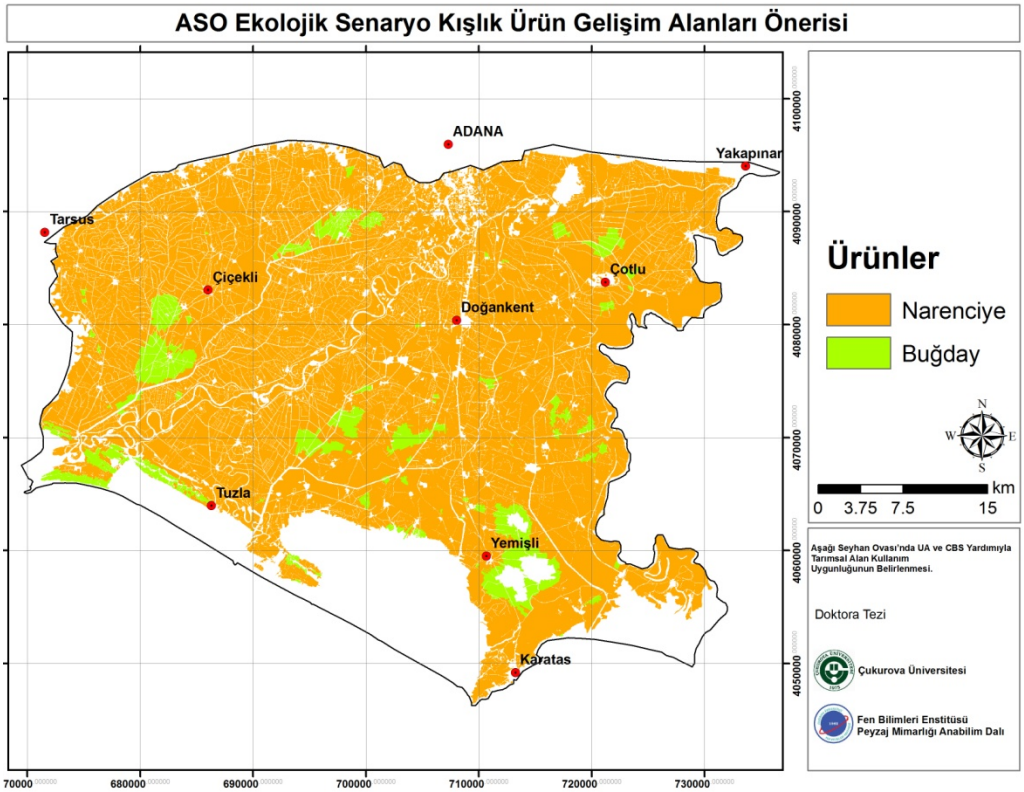
dönemde, gerçek ölçümlerle model sonuçlarının farklılaşma gösterdiğini ve model sonuçlarının gerçeğe göre daha yüksek sonuç verdiğini saptamışlarıdır. Bu sapmalar çalışmaların yapıldığı yıllardaki farklılıklarda göz önüne alınırsa iklimsel değişkenlerde (özellikle yağış) buğday gibi sadece yağışa dayalı ürünlerde bu çalışmanın sonuçlarından farklı sonuçlar çıkmasına neden olabilir.

Çetin ve ark. (2012a)'da yapılan çalışmada, 2009 yılı toplam drenaja karışan $NO_3 - N$ miktarını yaklaşık 55 kg/ha olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmanın ürün temelindeki ortalama çıktıları temel alındığında ve Akarsu Sulama Havzası 2009 yılı ürün deseni temel alınarak ağırlıklandırıldığında 49 kg/ha $NO_3 - N$ drenaja karıştığı hesaplanmaktadır.

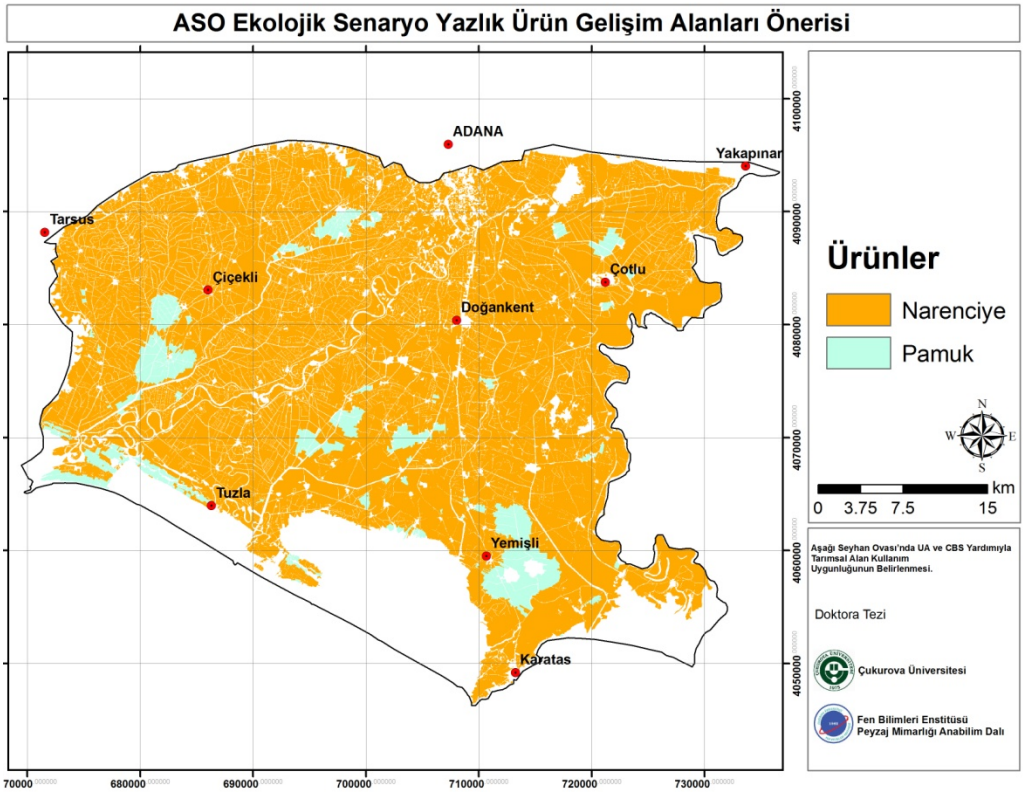
Çalışma alanı içerisinde yer alan Akarsu Sulama Havzası'nda yapılan bir başka çalışmada Ibrikci ve ark. (2012)'ye göre drenaja karışan toplam $NO_3 - N$ miktarı 2007 yılında 39.7 kg/ha, 2008 yılında ise 29.3 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Aradaki farklılıkların iklimsel koşullardan ve sulama farklılıklarından kaynaklandığı belirtilmiştir. Bununla birlikte bölgedeki ürün desenindeki değişimlerin de etkisi olmuştur.

Genel olarak modelleme sonuçlarının bölgede yapılan önceki çalışmalarla çok büyük farklılıklar içermediği saptanmıştır. Bununla birlikte narenciye tarımında sulama yöntemi tüm alanda damla sulama olarak kabul edilmesi ve model ideal sulama yapıldığını varsayması nedeniyle, drene olan su miktarı düşük olduğundan, $NO_3 - N$ miktarı da düşük çıkmıştır.

İlgili ağırlık katsayıları kullanılarak, her bir tarımsal ürünün diğerine göre öncelikleri belirlenmiştir. Bununla birlikte, tamamen ekolojik senaryoda tarımsal ürün kullanım uygunluğunun belirlenmesinde alandaki mevcut doğa koruma bölgelerinde kesinlikle tarımsal aktivite yapılmaması ön görülmüştür. Bu duruma göre, ekolojik tarımsal baskın ürün desenleri kışlık ve yazlık olarak haritalanmıştır (Şekil 4.130, 4.131).



Şekil 4.130. Ekolojik senaryo kışlık öneri baskın ürün deseni haritası.



Şekil 4.131. Ekolojik senaryo yazlık öneri baskın ürün deseni haritası.

Bu sonuçlara göre, tüm alanda narenciye damla sulama yapılarak sulanması durumunda, gübreleme kirletici etkisi, drene olan $NO_3 - N$ miktarı bir gösterge olarak kabul edildiğinde, diğer ürünlerden daha az olmaktadır. En çok kirletici etkiyi ise mısır tarımı vermektedir. Toplam uygulanan gübre miktarına bakıldığında da mısır, en çok gübreleme ve sulama yapılan üründür. Yetişme koşulları haritaları ilgili ağırlık katsayılarıyla çarpıldığında, ortaya çıkan baskın ürün desenlerinde, ekonomik uygunluklarda olduğu gibi ekolojik senaryodaki uygunluklarda da narenciye tarımı öne plana çıkmaktadır.

4.7.3. Sürdürülebilir Senaryoya Göre Baskın Ürün Desenlerinin Belirlenmesi

Bu senaryoda ürünlerin yetişme koşulları dikkate alınarak, her bir ürün ekolojik senaryo ve ekonomik senaryoda uygulanan ağırlık katsayıları ile aynı anda değerlendirilmiştir. Ancak önemli bir ayrıntı olarak göz önüne alınması gereken konu, bölgedeki çiftçilerin ekonomik faydadan ziyade doğal dengeyi gözeterek karlarından bir ölçüde vazgeçip vazgeçmeyecekleridir.

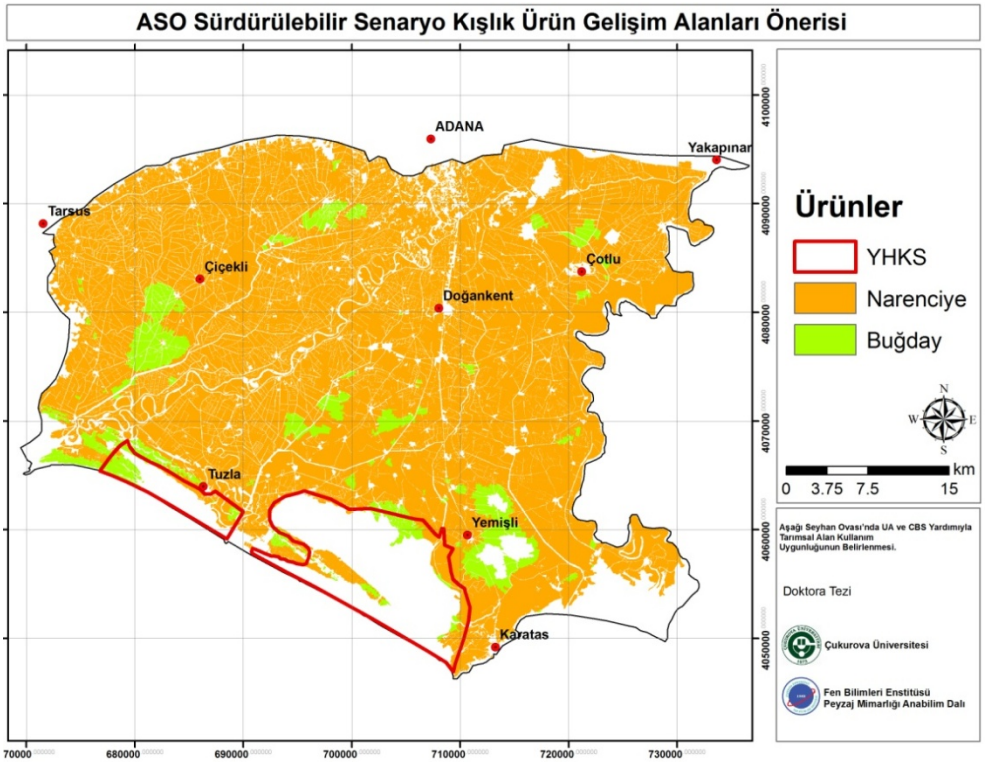
Ürün desenleri 2010 ve 2011 yılları arasında incelendiğinde özellikle ikinci ürünlerdeki artışın, dönemsel verilen teşviklerle paralel olduğu saptanmıştır. Bu kapsamda, çiftçilerin yaptığı tarımı ve türünü verilen teşvikler doğrudan etkilemekte ve ürün desenini değiştirebilmektedir. Bu durum bugün için bölgede baskın olarak tarımı yapılan bir çok ürünün gelecekte de aynı şekilde yapılabileceğini garanti etmemektedir. Tarımsal teşvik politikalarının, sürdürülebilir tarım yaklaşımlarının desteklenmesinde önemli bir yeri olduğunu ortaya koymaktadır.

Bölgedeki çiftçi eğilimlerini belirlemeye yönelik Çetin ve ark. (2012a)'da yapılan anketlerde buğday, mısır, pamuk ve narenciye yetiştiriciliği yapan 63 çiftçi ile doğrudan görüşülmüştür. Bölgede yeşil veya hayvan gübresi kullanımının çok yaygın olmadığı, gübreleme yapılırken daha çok deneyimlere göre gübre verildiği belirlenmiştir. Bölgedeki çiftçilerin %50'sinden fazlasının ise lise veya yüksek öğrenim mevzunu olduğu saptanmıştır. Bu durum çiftçilerin eğitim durumlarının iyi olmasına karşın genel alışkanlıklarından vazgeçmediklerini göstermektedir. Ayrıca işletme sahiplerinin büyük bir kısmı sulama ücretlerinin artması halinde damla

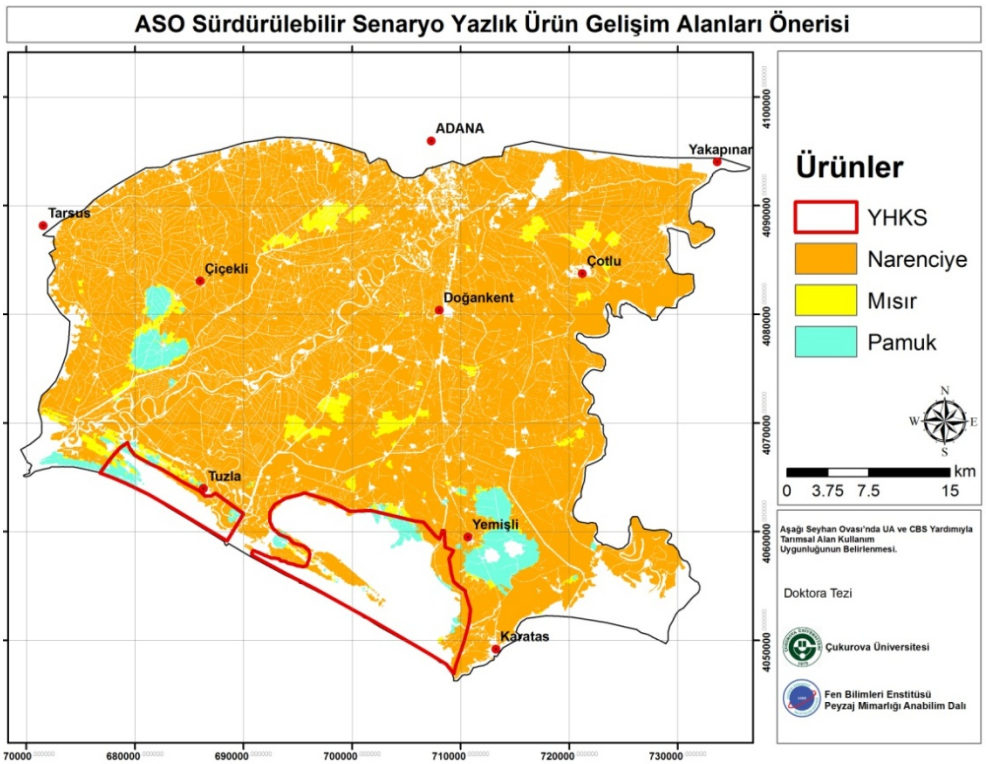
sulamaya geçebileceklerini bildirmişlerdir. Organik tarıma ise oldukça temkinli yaklaşmaktadırlar. Organik tarımla ilgili bilgi sahibi olmayan çiftçilerin oranı yaklaşık %80 olarak tespit edilmiş ve yine ilgili çalışmada, organik tarım yapmak istemeyen çiftçilerin oranı %77 olarak belirlenmiştir.

Bu sonuçlara göre bölgedeki çiftçilerin ekonomik eğilimlerinin doğa korumacı eğilimlere göre baskın olduğunu ve mevcut tarımsal teşviklerin benzer şekilde devam edeceği kabulüne bağlı olarak, sürdürülebilir bir tarım politikasında ekolojik ve ekonomik ağırlıklarının aynı derecede olmaması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir senaryoya göre baskın tarımsal ürün kullanım uygunluğu belirlenirken, ekonomik katsayı 0.75, ekolojik katsayı ise 0.25 olarak belirlenmiştir. Bu katsayılar, Çetin ve ark. (2012a) çalışmasındaki çiftçi eğilimleri sonuçlarına göre ve bölgesel dinamikler (ürün tercihi, teşviklerin etkisi vb…) dikkate alınarak belirlenmiştir. Ayrıca, doğa koruma alanları içerisinde kalan ve büyük bir kısmı devlet arazisi olan bölgelerin çevresinde iyi tarım veya organik tarım yapılması tavsiye edilmiştir. İçerisinde ise, tarımsal aktivitelerin azaltılması veya tamamen yapılmaması önerilmiştir.

Sürdürülebilir senaryoya göre baskın öneri ürün deseni, kışlık ve yazlık olarak haritalanmıştır Bu haritalamada öneri mutlak organik tarım uygulanması gerekli alanlarda belirlenmiştir (Şekil 4.132, 4.133).



Şekil 4.132. Sürdürülebilir senaryo kışlık öneri ürün deseni haritası ve koruma alanları sınırları (kırmızı sınırlı bölgeler).



Şekil 4.133. Sürdürülebilir senaryo yazlık öneri ürün deseni haritası ve koruma alanları sınırları (kırmızı sınırlı bölgeler).

Kışlık ekolojik ve sürdürülebilir öneri kullanımlar dikkate alındığında, 143860 ha tarım alanı narenciye olarak kalmış, 717 ha buğday alanı narenciyeye dönüşmüş, 1058 ha narenciye alanı ise buğdaya dönüşmüştür. Kışlık ekonomik ve sürdürülebilir öneri alan kullanımları karşılaştırıldığında ise, 109183 ha narenciye alanı aynı kalmış, 38663 ha buğday alanı ise narenciyeye dönüşmüştür (Çizelge 4.24).

Yazlık ekolojik ve sürdürülebilir kullanım önerilerine bakıldığında; 144040 ha narenciye alanı aynı kalmış, 1205 ha mısır alanı narenciyeye, 175 ha pamuk alanı da narenciyeye dönüşmüştür. Mısıra dönüşen hiçbir alan olmazken ekolojik senaryoda mısır önerilmemektedir. Yazlık ekonomik senaryo ve sürdürülebilir senaryolar karşılaştırıldığında; 105704 ha narenciye alanı aynı kalmış 40827 ha mısır ve 1015 ha pamuk narenciyeye dönüşmüştür (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Kışlık ve yazlık, ekolojik ve ekonomik alan kullanım önerileri ve sürdürülebilir alan kullanım önerileri arasındaki ilişkiler

Kışlık Öneri Alanlar (ha)				**Yazlık Öneri Alanlar (ha)**				
Senaryo	**Ekolojik**			**Senaryo**	**Ekolojik**			
Sürdürülebilir		Narenciye	Buğday	**Sürdürülebilir**		Narenciye	Mısır	Pamuk
	Narenciye	143860	717		Narenciye	144040	0	84
	Buğday	1058	9690		Mısır	1205	0	4849
	Ekonomik				Pamuk	175	0	5389
		Narenciye	Buğday		**Ekonomik**			
	Narenciye	109183	38663			Narenciye	Mısır	Pamuk
	Buğday	0	12389		Narenciye	105704	40827	1015
					Mısır	1448	4655	4609
					Pamuk	246	1705	4609

Sürdürülebilir senaryo sonuçları, mevcut tarımsal alan kullanım dinamikleri temel alındığında uygulanabilir bir senaryo olarak bu çalışmada sonuçta önerilen ürün desenini belirtmektedir. Bütün senaryolarda narenciye tarımı öncelikli olarak önerilmektedir. Dünya narenciye ihracatına bakıldığında, 2005 yılından bu yana genel bir artma eğilimi olduğu, ülkelerin alım güçleri arttıkça, özellikle gelişmekte olan ve nüfusu yüksek ilkelerde, meyve tüketiminin, tahıl tüketiminin yerini almaya başladığı belirlenmiştir (MTSO, 2011). Bu durumun bir sonucu olarak, narenciye pazarı kısa ve orta vadede karlı bir Pazar olmaya devam edecektir. Ayrıca, Harran Ovası'nın sulanmaya başlamasıyla birlikte, Çukurova Bölgesi'ndeki pamuk üretimi azalmaya başlamıştır. Özellikle işçilik maliyetlerinin artması ve tekstil sanayisinin

doğuya doğru kayması 1996 yılında ovadaki baskın ürün deseni olan pamuğun zamanda üretiminin azalmasına, yalnızca yüksek teşvikler ve tuzluluk sorunu olan alanlarda zorunluluktan dolayı tercih edilmesine yol açmıştır (Berberoğlu, 1999).

Gelecekte Ceylanpınar Ovası'nında sulamaya açılmasıyla birlikte, pamuk üretiminin bölgemizde büyük ölçüde azalacağı, mısır tarımının da nispeten etkilenebileceği öngörülmektedir. Bu nedenle, ASO Bölgesi'nde narenciye üretimine belirli sınırlamalar ve koşullar altında destek verilmesi gereklidir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dünyada ve ülkemizde tarım alanları, artan dünya nüfusunun bir sonucu olarak, kentleşme ve sanayi baskısı başta olmak üzere çeşitli insan aktivitelerinden olumsuz etkilenmektedir. Bunun bir sonucu olarak tarım alanlarında daralmalar olmaktadır ve insan yaşamının devam ettirilebilmesi için gerekli olan en temel faaliyet olan tarım, alansal olarak iyi yönetilememektedir. Dünya nüfusu 2000 - 2010 yılları arasında %12.8 oranında artarken (UN, 2013), tahıl üretimi yapılan alanlar %2.9 oranında artmıştır (FAO, 2012). Dünya nüfusu ve tahıl tarımı yapılan alanlar arasındaki bu orantısız ilişkiden yola çıkılarak; insanların neden daha çok tarım alanı arayışına girdiğini, doğal olmayan yöntemlerle verimi arttırma, aşırı gübreleme politikalarının nedenleri ortaya konmaktadır. Bu plansız gelişim peyzaj planlama kavramını ön plana çıkarmıştır.

Avrupa Peyzaj Sözleşmesi kapsamında "Peyzaj planlaması" kavramı, peyzajın değerinin arttırılması, iyileştirilmesi veya oluşturulması için yapılan ileriye dönük esaslı eylemler olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2000). Bu temelde, peyzaj planlama koruma – kullanma dengesinin ortaya konulması, ekolojik ilişkilerin değerlendirilmesi ve sürdürülebilir kullanımın sağlanacağı bir oluşum gerçekleştirmelidir (Yılmaz ve ark., 2004).

Tarımsal peyzajın korunması ve geliştirilmesi bir ülkenin sanayisinin gelişmesi kadar önemlidir.

Bu çalışmada, tarımsal peyzajın uygunluğunun saptanması için günümüz şartları göz önünde bulundurularak, farklı senaryolar altında bölgesel ölçekte yapılabilecek alan kullanım uygunluğu çalışmalarına yönelik bir model geliştirilmiştir. Bu model, bir tarımsal alanın, üretilen tarımsal ürün temelinde, üretkenliğine dayalı olarak ve bölgesel fiziki risk faktörleri de göz önüne alınarak geliştirilmiştir. Bu kapsamda temel amaç, bölgede yapılması düşünülen yatırımların, tarım alanlarını hangi düzeyde etkileyebileceği ve hangi tür tarımsal faaliyetlerin geliştirilmesi gerektiğine yönelik altlık bir veri üretmektedir.

Çalışma alanı olarak seçilen alan ASO Bölgesi Türkiye'deki en verimli tarım alanlarını barındırmaktadır. Bölgede buğday ortalama verimi 2010 yılında 409 ve

2011 yılında 510 kg/da olarak tespit edilmiştir. 2010 yılı Türkiye ortalama buğday verimi 242 kg/da (TUİK, 2013) olarak düşünüldüğünde yaklaşık iki kat daha yüksek verim söz konusudur. Çalışma alanındaki tespit edilen ortalama mısır ve pamuk üretimine bakıldığında, mısırda 1198 kg/da ve pamukta 456kg/da olarak belirlenmiştir. Bu oran Türkiye genelinde ortalama mısırda 713kg/da ve pamukta da 476 kg/da'dır (TUİK, 2013). Çalışma alnındaki ürün verimliliğini Çizelge 5.1'de detaylı olarak görmek mümkündür.

Çizelge 5.1. ASO ve Türkiye Buğday, mısır ve pamuk 2011 verimliliklerinin karşılaştırılması

Ürünler	**ASO Toplam Alan (ha)**	**ASO Toplam Üretim (Ton)**	**ASO Tarımsal verimlilik oranı (ton/ha)**	**Türkiye tarımsal verimlilik oranı (ton/ha)**
Buğday	18222	94058	5.16	2.69
1.Ürün mısır	45827	890542	19.43	7.13
1.Ürün pamuk	24022	108774	4.53	4.76

Pamuk üretimi dışında bölgedeki mısır ve buğday üretiminin Türkiye ortalamalarının çok üzerinde olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, pamuk üretimine bakıldığında Türkiye ortalamalarına yakın olduğu belirlenmiştir. Bölgedeki, ürün deseninin dağılımı, pamuk tarımının daha çok tuzluluk sorunu olan bölgelerde yapıldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle bölge potansiyeline göre alınan verim düşüktür. Bölge çiftçisi karlılık oranının düşük olmasından dolayı pamuk tarımı yerine mısır veya soya tarımını tercih etmektedir. Ancak tuzluluk sorunu olan bölgelerde pamuk dışında fazla seçenek olamadığından, tercih edilmektedir. Özellikle Harran Ovası'nın sulanmaya başlamasıyla birlikte, artan işçilik maliyetleri ve pazarın bölgeden uzaklaşmaya başlaması nedeniyle pamuk bölgedeki önemini kaybetmeye başlamıştır. Verilen teşviklerle ve tuzlu topraklarda alternatif olamadığından, pamuk tarımı yapılmaktadır. Tuzluluk sorunu yaşanan bölgelerde (Yemişli Bölgesi) sulama, genellikle taban suyundan (kuyu sisteminden) yapılmaktadır (Çetin ve ark., 2012b). Bu bölgelerde halen sulama sistemi ve drenaj

çalışmaları DSİ öncülüğünde devam etmektedir. Sorunların çözülmesiyle birlikte, bölgedeki tuzluluğun azalmasıyla beraber pamuk tarımının büyük ölçüde azalacağı ön görülmektedir. Ceylanpınar Ovası'nın da GAP projesi kapsamında sulanmaya açılmasıyla, pamuk tarımının bütünüyle Çukurova Bölgesi'nden uzaklaşması olasılığı vardır.

Pamuktaki azalmanın aksine Narenciye üretim alanlarında sadece 2010 – 2011 yılları arasında yaklaşık %5 artış olmuştur. ASO Bölgesi narenciye yetiştiriciliğinde Türkiye'nin sayılı alanlarındandır. Bölgenin toprak ve iklimsel özellikler açısından çok daha geniş alanlarda narenciye tarımı yapılma potansiyeli vardır. Narenciye yetiştiriciliği başlangıçta ekonomik açıdan kar getirmese de 3 – 5 yıl içerisinde karlı bir ürüne dönüşmektedir. İç piyasanın yanı sıra Rusya, Ukrayna, Suudi Arabistan, Polonya ve Almanya Türkiye'nin narenciye ihraç ettiği ülkeler sıralamasında ilk sıralardadır. Türkiye narenciye üretiminde dünyada ilk 10 üretici arasında olup, üretilen narenciyenin %30'u ihraç edilmektedir (Akgün, 2006).

Bölgede, narenciye, mısır, buğday ve pamuk dışında, özellikle soya üretiminin de artma eğiliminde olduğu saptanmıştır. 1. Ürün soyada 2010 – 2011 yılları arasındaki artış yaklaşık 12 kat olurken 2. üründe ise yaklaşık %10 – 15 artış olmuştur. Bölgenin özellikle kumlu topraklarında, yer fıstığı ve erkenci karpuz – kavun tarımı yapılmaktadır. Ancak, genellikle alanın güney kesiminde Tuzla civarında yoğun olduğu ve alanın geneline yayılmadığı gözlemlenmiştir.

Çalışma alanında, tarımsal peyzajın uygunluğunun baskın tarım ürünleri temelinde değerlendirilmesi kapsamında, Smith ve ark. (2000)'de verdiği öneriler dikkate alınarak bir sistem geliştirilmiştir. Bu kapsamda,

- Bir tarımsal alan kullanım uygunluğu saptanırken, verimlilik analizine ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan önerilerin verime etkisinin belirlenmesinin yanı sıra, yapılacak olan tarım dışı kullanımlarında verim kaybına olan etkisinin de belirlenmesi açısından böyle bir analiz önemlidir.
- Tarımsal alan kullanım uygunlu belirlenirken bölgesel olarak mevcut risk faktörleri de hesaplamaya katılmalı ve bu risk faktörlerinin yetişme koşulları üzerindeki etkisi analiz edilmelidir.

- 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.

Böyle bir çalışmanın başarıya ulaşabilmesi için yukarıdaki etkenlerin bir tarımsal uygunluk analizinin çeşitli süreçlerinde düşünülmesi ve planlanması gerekmektedir.

Bölgedeki tarımsal ürün verimliliği analiz edilirken 2 farklı yaklaşım benimsenmiştir. İlk yaklaşımda, tamamen istatistiğe dayalı yöntemler denenmiştir. Bu kapsamda, Landsat uydu verilerine ait vejetasyon ve toprak indisleri kullanılmış ve araziden toplanan verim bilgileriyle doğrudan ilişkilendirilmiştir. İkincisinde ise mekanik modellemeye dayalı NBÜ tabanlı, bitkini fotosentez potansiyeline bağlı olarak verimliliği tahmin eden bir modelleme yaklaşımı uygulanmıştır. Her iki yaklaşım, buğday bitkisinde denenmiştir. Tahmin yeteneği açısından, doğrudan arazi verimlilik ölçümlerine dayalı Adımsal regresyon istatistiksel yöntemi en etkili yöntem olarak belirlenmiştir. NBÜ tabanlı modelleme yaklaşımıyla karşılaştırıldığından yaklaşık 2 kat daha doğru sonuç vermekle birlikte, daha az girdi verisine ihtiyaç duymaktadır ve iklim veya toprak verisi gerektirmemektedir. AR yöntemiyle buğday, mısır veya pamuk verimini iki ay öncesinden tahmin etmek mümkündür. Tahmin için ilgili tarımsal ürünün gelişme zamanı dikkate alınarak NDVI değerinin en yüksek olduğu (en yeşil olduğu) zamanki uydu verisinden üretilen indisler kullanılmıştır. İndislerin her birisi bitkinin veya toprağın bir özelliğinin göstergesidir. NDVI bitki klorofil içeriğiyle doğru orantılıyken, NDWI bitki su içeriğini ifade eder, Tasseled cap nem indeksi ise toprak ıslaklık düzeyini yani toprak yüzey nemini ifade etmektedir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde en etkili indislerin de her 3 üründe de NDVI, NDWI ve MOIST indeksleri olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre, bitkinin su içeriği, klorofil miktarı ve toprak nemi en önemli verim göstergeleridir. Bu modelin en önemli avantajı az veri ile yüksek

doğrulukta tahmin yapılabilmesidir ancak çeşitli iklim veya toprak senaryoları altında ürünün nasıl etkileneceği ile ilgili bir tahmin yapmak mümkün değildir.

NBÜ tabanlı verim analiz yönteminde ise uzaktan algılama verilerinin yanı sıra dönemsel iklim verileri (ortalama sıcaklık, yağış ve solar radyasyon) ve toprak verisi de kullanılmaktadır. Çok girdi içermesi ve istatistiksel yaklaşımlara göre daha kötü sonuç vermesi bu yöntemin zayıf yanıyken, çeşitli iklim ve toprak değişkenlerinin ve bunların verime olan etkisinin incelenmesi konusunda etkili bir modelleme yöntemi olduğu saptanmıştır.

İstatistiksel AR yöntemiyle 2011 yılında yapılan verim tahminleri hata yüzdeleri buğday da %7.6, mısırda %8.8 ve pamukta %6.3 olarak tespit edilmiştir. Verim istatistiklerine göre hata oranları kabul edilebilir ölçülerdedir. Ayrıca kullanılan yöntem itibariyle ve uydu verisi düşünüldüğünde, doğru verim bilgisinin ürün başına en az 25 parselden, çalışma alanının bütününü (verimin az ve çok olduğu bölgeleri) temsil edecek şekilde alınması halinde, maliyet gerektirmeden, buğday, mısır ve pamukta verimi %10'dan daha düşük bir hatayla tahmin etmek mümkündür.

Çalışma alnındaki risk faktörleri tahmin edilirken toprak tuzluluğu ve narenciye yetiştiriciliği için tuzluluğun yanında don riski haritaları da üretilmiştir. Bu kapsamda, bölgede tuzluluk dinamik bir faktör olması nedeniyle, tuzluluğun en fazla olduğu dönem CHRIS PROBA verileri kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır. CHRIS PROBA özellikle yakın kızılötesi algılama potansiyeli yüksek olan bir hiperspektral uydu algılayıcısıdır. Çalışma sırasında özellikle, kış dönemi buğday ve yaz dönemi pamuk bitkilerinde tuzlu ve tuzsuz alanlardaki kızılötesi yansımaların birbirlerinden farklı olduğu saptanmıştır. Bu farklılık kullanılarak kışın buğday ekili alanlarda ve yazında pamuk ekili alanlarda toprak tuzlulukları saptanabilmiştir. Ekili dönemlerde, 2008 – 2010 yılları arasında alınan bulutsuz CHRIS verileri temel alınarak yapılan tuzluluk analizlerinde ağustos dönemlerinde toprak tuzluluğu değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu çerçevede, çalışma alanında, tuzluluk sorunu olan ve olmayan bölgelerin yanı sıra kıyı bölgesindeki bazı alanlarda da EM 38 aletiyle 2010 yılında yapılan ölçümlerle, DSİ den alınan aynı döneme ait 1026 kuyudan toplanan taban suyu tuzluluk verileri ilişkilendirilmiş ve taban suyu tuzluluk ölçümleri yüzey tuzluluğuna dönüştürülerek RBF geoistatistiksel yöntemiyle

haritalanmıştır. Haritalama sürecinde kullanılmayan doğrudan ölçülen 414 nokta ile yapılan doğrulamalarda ortalama sapma payı 1.32 dS/m^2 olarak belirlenmiştir. Mevcut tarım yapılan ve potansiyel tarım alanlarının Richards 1954' e göre kategorize edilmiş tuzluluk seviyelerine göre dağılımları Çizelge 5.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. ASO Tuzluluk düzeyleri ve toplam tarımsal alan dağılımları

Tuzluluk düzeyi (dS/m^2)	**Toplam alan (ha)**	**Yüzde (%)**
0 – 2	109678	67.5
2 – 4	32543.52	20
4 – 8	17315.28	10.6
8 – 16	2363.4	1.5
16<	471.24	0.4

Tuzluluk haritası ve tuzluluğa hassas olan narenciye bitkisinin yetiştiği alanları gösteren NARBİS sistemiyle çakıştırılmıştır. Buna göre, tuzluluk seviyesinin 5.2 dS/m^2 den fazla olduğu bölgelerde narenciye yetişmemektedir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. ASO Tahmin edilen tuzluluk düzeylerine göre narenciye alansal dağılımları

Tuzluluk düzeyi (dS/m^2)	**Toplam narenciye alanı (%)**
0 – 1	74.8
1 – 2	21.9
2 – 3	2.53
3 – 4	0.47
4 – 5	0.3

Mevcut narenciye alanları ve üretilen tuzluluk haritasına bakıldığında, narenciye alanlarının %96'sının 0 – 2 dS/m^2 tuzluluk seviyelerinde yetiştirildiği saptanmıştır. Bu saptama, üretilen tuzluluk haritasının mantıklı olduğunu ve narenciye yetiştiriciliğinde tuzluluğun önem düzeyinin yüksek olduğunu

belirtmektedir. Ayrıca mevcut tarım yapılan alanlardaki tuzluluğu bakıldığında alanın yaklaşık %12'sinin 4 dS/m^2 ve üzerinde olduğu saptanmıştır.

Buğday, mısır ve pamuk verimiyle tuzluluk seviyeleri arasındaki ilişkiye bakıldığında, mısırın tuzluluğa karşı en hassas ürün olduğu belirlenirken pamuk en dirençli üründür (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4. ASO Bölgesi toprak tuzluluğu seviyeleri ve ürün verimlilikleri arasındaki ilişki

Tuzluluk dS/m^2	**Mısır verim kaybı %**	**Buğday verim kaybı %**	**Pamuk verim kaybı %**
2	25	5	4
4	30	10	8
8	45	20	10
10	55	28	15
12		40	20
15		55	35
18			55

Bir diğer önemli risk faktörü de don riskidir. Don riski ASO Bölgesi'nde özellikle narenciye üreticileri için önemlidir. MODIS uydu verisi gece ve gündüz termal algılayıcıları sayesinde veri almaktadır. Gece 2.30 – 3.30 arasında alınan termal veriler ve saatlik minimum sıcaklık verileri ilişkilendirilmiş ve düzeltilen yüzey sıcaklıklarıyla hava sıcaklığı arasında yüksek düzeyde bir ilişki saptanmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü' nden alınan bölge ve yakın çevresindeki don zamanlarındaki bulutsuz MODIS termal verileri düzeltme işlemlerinden sonra hava sıcaklığına dönüştürülmüştür. Sonrasında piksel temelinde minimumları alınarak, son 10 yıllık don zamanları risk haritası oluşturulmuştur. Buna göre, ASO bölgesinde en düşük sıcaklık son 10 yıl dikkate alındığında -5.38 C° olurken aynı anda en yüksek sıcaklık Adana Kenti'nde 0.81 C° olarak tespit edilmiştir. Özellikle ana yollara, lagün, deniz ve nehirlere, yerleşim alanlarına yakın kesimlerde don riski bulunmamaktadır. Bu arazi örtüsü veya kullanımlarından uzaklaştıkça ve nem etkisinin azaldığı rüzgâr olmayan çökelti alanlarda don riskinin yüksek olduğu tespit

edilmiştir. Ancak, genel narenciye yetiştiriciliği için ASO Bölgesi'nde çok ciddi bir don riski saptanmamıştır.

Çalışmada ideal tarımsal alan kullanım uygunluğunun belirlenmesinde öncelikle ürünlerin ideal yetişme koşulları belirlenmiştir. Buğday, mısır ve pamuk ürünlerinde üretilen verim haritalarıyla, tarımsal ürünün yetişmesi için gerekli olan temel girdi verileri ve bölgesel risk faktörü olarak belirlenen toprak tuzluluğu ayrı olarak ilişkilendirilmiştir. Bu ilişkilendirme yapılırken, bir üründen yüksek verim alınan bölgelerin olduğu yerlerdeki her bir kriterin özelliği ideal yetişme koşulları olarak kabul edilmiştir. Düşük verim alınan bölgeler ise sorunlu bölgeler olarak nitelenmiştir. Bu tanımlama tek başına yeterli değildir. Her verim – kriter ilişkisi bulanık mantıkla standardize etmek için ikili eğilimlerin belirlenmesi için gereklidir. Tüm ikili eğilimler eğri uydurma yöntemiyle belirlenmiştir. Böylece uygun yetişme koşullarının en ideal olduğu ve en düşük olduğu kriter değerleri tespit edilmiştir. İlişkinin eğilimine göre bulanık mantıkla standardizasyon yapılmıştır. İlişkinin tanımlama katsayısına göre (R^2) ise her bir kriter AHS ikili karşılaştırma süreci kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Böylece, uzman görüşü alınması veya küresel literatüre dayalı ortaya çıkabilecek sübjektif sonuçlar giderilmiştir. Örneğin uzmana sorularak yapılan ÇKA yaklaşımlarında güvenilirlik analizi gerektirmektedir. Çünkü bütün uzmanların verdiği cevaplarda değişkenlik yüksek olabilir ve bölgesel çalışmalar yeterli olmayabilir. Bu gibi durumlarda, küresel kabullere bakmak bazı bölgesel şartların oluşturduğu eğilimlerin yanlış tanımlanmasına sebep olabilir. Örneğin, bu çalışmada toprak derinliği ve buğday verimi arasında ters orantı çıkmıştır. Derinlik arttıkça buğday verimi düşme eğilimindedir. Çünkü, ASO bölgesinde buğday tarımı genellikle susuz yapılmaktadır. Yağış yeterlidir ve buğday derine doğru kök salmaya gerek duymaz. Oysa birçok literatürde buğdayın derin toprakta daha iyi verim verdiği belirtilmektedir (Süzer, 1992).

Narenciye yetiştiriciliği için uygun alanlar belirlenirken verim tahmini yapılamadığından, literatürdeki kaynaklardan yararlanılmıştır. Narenciye yetiştiriciliğiyle ilgili doğrudan rakamsal değer veren literatürler yardımıyla özellikle kum, kil miktarı, toprak derinliği, toprak tuzluluğu ve don riskinin en önemli etkenler

olduğu saptanmıştır. Bu etkenlere ve literatürdeki değerlere göre ağırlıklandırmalar yapılmıştır.

Çalışma alanındaki bütün bulanık yetişme koşulları uygunluk haritaları daha iyi anlaşılabilmesi için 6 kategoride değerlendirilmiştir. Her veri minimum ve maksimum (0 – 1) arasındaki dağılımına göre eşit olarak kategorize edilmiştir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5. Tarımsal ürün yetişme koşulları uygunluğu kategorilerine göre alansal dağılımları (ha).

Ürünler	Buğday	Mısır	Pamuk	Narenciye
Yetiştirilemez	1438	1971	798	8886
Çok az uygun	2049	3945	1469	5938
Az uygun	5664	19834	2386	10860
Kısmen uygun	27043	44666	69678	55709
Uygun	122317	87322	87871	67751
Çok uygun	3858	4632	169	13226

Her bir uygunluk kategorisinde ürünü yetiştirmek mümkündür ancak yüksek verim sadece uygun ve çok uygun olan bölgelerde alınabilmektedir. Yetiştiriciliğin yapılamadığı alanlar ise çoğunlukla risk faktörü olan tuzluluğun sonucunda yetiştiricilik yapılamayan alanlardır.

Bu çalışmada ayrıca arazi kullanım kabiliyeti (AKK) ve tarımsal ürün yetiştirme koşulları uygunlukları da ilişkilendirilmiş ve tarım dışı arazi kullanımlarında bağlayıcı olan AKK değerlerinin kullanılabilirliği de sorgulanmıştır. Buna göre, buğday ve mısır verimliliğiyle AKK ‘lar arasında yüksek düzeyde bir tanımlayıcı ilişkiye rastlanmamıştır. Pamukta ise tanımlama katsayısı $R^2 = 0.62$ olarak belirlenmiştir. Ancak, AKK’lar ve yetişme koşulları uygunlukları arasında çok yüksek düzeyde olmasa da bir tanımlama ilişkisinden söz edilebilir (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6. Verim – uygunluk derecesi ve AKK arasındaki ilişki

AKK	Buğday verimi	Mısır verimi	Pamuk verimi	Buğday uygunluğu	Mısır uygunluğu	Pamuk uygunluğu	Narenciye uygunluğu
1.Sınıf	404	1197	464	0.65	0.66	0.61	0.62
2.Sınıf	393	1184	455	0.64	0.62	0.62	0.62
3.Sınıf	408	1187	464	0.64	0.64	0.59	0.59
4.Sınıf	404	1188	443	0.65	0.61	0.58	0.58
5.Sınıf	376	1286	396	0.41	0.13	0.43	0.43
6.Sınıf	395	1254	441	0.59	0.5	0.59	0.59
7.Sınıf	392	1108	428	0.59	0.33	0.55	0.55
8.Sınıf	401	1119	360	0.26	0.19	0.4	0.4
R^2	**0.07**	**0.09**	**0.62****	**0.55***	**0.59***	**0.48***	**0.5***

(* ** *** önem düzeyi P < 0,05 - 0,01 - 0,001)

Çizelge 5.6'ya göre; 1. Sınıf tarım arazilerinde verim yüksektir ancak 5. veya 6. Sınıf tarım arazilerinden de yüksek verim alınabilmektedir. Bunun aksi durum olarak, 1. Sınıf tarım arazisi olmasına rağmen bazı bölgeler verim ve uygunluk düşük olabilmektedir. Özellikle mısır ve buğday verimiyle AKK'lar arasında belirgin bir ilişkiden söz etmek mümkün değildir. 6. Sınıf tarım arazilerinde mısır verimi ortalama 1254 kg/da olurken 1. Sınıf arazilerde ortalama 1197kg/da'dır. Ayrıca 6. Sınıf olarak nitelenen ve tarım yapılması düşük olarak nitelenen bazı arazilerden yüksek verim alınabilmektedir. Dolayısıyla bu durum AKK haritalarının ciddi çelişkiler içerdiğini kanıtlamaktadır.

Türkiye genelinde AKK haritaları tanımlanırken bölgede yetiştirilen ürünler ve alınan verimlerin yanı sıra risk faktörlerinin de bölgesel olarak ele alınması yararlı olacaktır. Buna ek olarak, AKK haritaları 8 kategori yerine, bulanık mantık yaklaşımında olduğu gibi 0 – 1 arasında uygunluk değerleriyle tanımlanması ve bölgede yetiştirilen her bir ürünün yetişme koşulları dikkate alınarak değerlendirilmesi önemlidir. Böylece oluşabilecek çelişkiler en aza indirgenebilir.

Buna rağmen uygunluk değerleri ve mevcut sistemde kullanılan AKK'lar arasında ASO Bölgesi'ndeki baskın ürünler temel alındığında ortalama bir ilişkiden söz edilebilir.

Çalışmada değinilen bir diğer konuda drenaj suyuna karışan NO_3 – N miktarının tahmin edilmesidir. Bu noktada, dünya genelinde birçok hidrolojik sistem ve ekosistem analizinde kullanılan SWAT modeli kullanılmıştır (Akhavan ve ark. 2010, Qeurng ve ark. 2011). Drenaja karışan NO_3 – N miktarı, yağış, sulama, eğim, eğim uzunluğu, toprak geçirgenliği, sıcaklık, solar radyasyon, ürün deseni ve toprak özellikleri gibi birçok değişkene bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Karmaşık sistemleri çözebilmek için SWAT gibi birçok farklı içerikteki modeli tek çatı altında birleştiren ana model kullanılmıştır.

Yapılan analizlerde ayrıca bitkinin aldığı N miktarı da modellenmiş ve daha önce ASO bölgesi içerisinde yapılan çalışmaların sonuçlarıyla değerlendirilmiştir. Drenaj suyuna karışan NO_3 – N miktarı her bir toprak serisi ve 4 baskın ürün için ayrı olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda, buğday, mısır ve pamuk sonuçları daha önce literatürde yapılan çalışmalarla örtüşmeler gösterirken narenciyede bulunan veriler literatürdeki verilerden daha düşüktür. Bunun nedeni, Cavero ve ark., (2011) deki gibi yapılan çalışmalarda damla sulama etkisinin net bir şekilde ortaya konmamasıdır. Damla sulama ile sulanan bir narenciye bahçesinde, topraktan drenaj sistemine karışan NO_3 – N miktarı ideal bitki sulaması yapıldığı için ve yüzey akışı sadece yağışa bağlı olduğu için mümkün olmayabilir. Bu durumda, bağlayıcı etken dönem içerisindeki yağışlar olacaktır. Drenaja karışan NO_3 – N miktarının büyük bir kısmı narenciyede yağışlar sonucu toprak sisteminden çıkmaktadır. Ayrıca yapılan narenciye analizlerinde toprak işleme modülü kapalı tutulduğundan, bitkinin besin maddesi alımı normalden daha düşük çıkmıştır. Ancak bu durum, toprak işlemesi az yapılsa dahi ideal olarak verimli narenciye yetiştirilebilecek toprak serilerinin belirlenmesini sağlamıştır. Bu seriler uygunluk sırasıyla, Arıklı, İsmail, Misis, Yenice ve Arpacı serileridir. Buğdayda İncirlik ve Misis, mısırda, İncirlik, Arıklı, İsmail ve pamukta ise İncirlik, Mürsel, İsmail ve Misis toprak serileri bitki besin elementi alımı açısından ön plana çıkmaktadır.

Farklı senaryolarla uygunluk analizi yapılması, değişik seçeneklerinde değerlendirilerek daha etkili ve doğru karar vermeyi kolaylaştırmıştır. Bu çerçevede, ekonomik, ekolojik ve sürdürülebilir senaryolar altında tarımsal alan kullanım uygunlukları değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme yapılırken her bir baskın ürünün

yetişme koşullarının uygunlukları senaryolara göre ayrıca ağırlıklandırılmıştır. Ağırlıklandırmada objektif bir yaklaşım benimsenmesi açısından ekonomik ve ekolojik bazı göstergeler temel alınmıştır. Bu kapsamda, ekonomik analizlerde her bir üründen elde edilen net ekonomik kar hesaplanmış ve bu karlılık durumuna göre ürünler birbirlerine göre ağırlıklandırılmıştır. Ekolojik senaryoda ise ArcSWAT kullanılarak modellenen ortalama drene olan NO_3 – N miktarı temel alınarak bir ağırlıklandırma yapılmıştır. Çünkü drenaj suyuna karışan NO_3 – N miktarı özellikle lagün ve hassas kıyı ekosistemlerine zarar verebilmektedir. NO_3 – N taşınımı diğer kimyasalların taşınımı açısından da bir göstergedir. Ayrıca konuyla ilgili literatürde yapılan çalışmaların çok olması (Karnez, 2010; Ibrikci ve ark., 2010; Cavero ve ark., 2011; Ibrikci ve ark., 2011; Çetin ve ark., 2012a; Çetin ve ark., 2012b) ve ArcSWAT gibi birçok modelle tahmin edilebilir olması açısından drenaj suyuna karışan NO_3 – N miktarı bir gösterge değer olarak kullanılmıştır.

Sürdürülebilir uygunluk analizinde ise ekonomik ve ekolojik uygunluk katsayıları birlikte değerlendirilmiş ve ayrıca bölgedeki doğa koruma alanlarının statüleri düşünülerek bu alanların yakın çevresinde hali hazırda tarım yapılan alanlarda kontrollü tarım uygulamaları yapılmasına izin verilmesi önerilmiştir.

Tarımsal peyzajın verimli ve uygun kullanımı için geliştirilen bölgesel modeller, karar vericilerin bilimsel çıktıları dikkate alarak yapacağı çeşitli düzenlemelerle desteklenmedikçe, uygulamada başarılı olması mümkün değildir. Bir bölgedeki çiftçi düşük verim almak uğruna sürekli bir tarımı sadece mecbur kalırsa yapmaktadır. Ancak, 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 olabilir. 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 kar – zarar durumu da somut olarak ortaya konabilir. Tarımsal alanların ekosistem servisleri bağlamında düşünüldüğünde, ekosisteme sağladığı ekonomik değer katkısı da net olarak hesaplanabilir.

Bu tez çalışmasında CHRIS PROBA verisi kullanılarak yapılan indikatör tarımsal ürünler yardımıyla toprak tuzluluğunun belirlenmesi konusu hiperspektral uydu verileri kullanılarak yapılan ilk çalışmalardan birisidir. Literatürde hiperspektral uydu verileri kullanılarak yapılan sınırlı sayıda toprak tuzluluğu tespiti çalışması vardır (Dutkiewicz, 2006; Schmid ve ark., 2007; Abdelfattah, 2010). Bu yönüyle çalışma özgün bir nitelik kazanmaktadır.

Verim temelli tarımsal ürün kullanım uygunluğunun bulanık mantık kullanılarak standardize edilip, önem düzeylerinin belirlenmesi ve ağırlıklandırılması, WOE gibi yöntemlere göre daha objektif ve detaylı sonuç vermektedir. Dickson ve ark., (2006), WOE yönteminde girdi verilerin kategorilere ayrılması gerektiğini ifade etmektedir. Ancak bu kategorilere ayırma işleminin nasıl yapılacağı belirtilmemiştir. WOE yöntemi bu noktasıyla sübjektif değerlendirmeye açıktır. Ancak bu tez çalışmasında, sürekli veriler kategorize edilmeden doğrudan verimle olan ilişkilerine göre ağırlıklandırılmıştır. Çalışmada kullanılan teknik bu sübjektivite sorunun çözümü için ideal veriye dayalı bir öneri yaklaşım sunmaktadır. Ayrıca ülkemizde tarımsal alan kullanım uygunluğunun bu büyüklükte bir alanda ürün temelinde toprak ve iklim değişkenleri dışında risk faktörleri ve verimi de dikkate alarak değerlendiren ilk çalışmalardandır. Tez kapsamında yapılan verimlilik analizleri ve özellikle NBÜ tabanlı buğday ürün verimliliğinin Landsat TM/ETM verileri kullanılarak tahmini konusunda Türkiye'de yapılmış örnek çalışmalardandır. Ancak, meteorolojik verilerle uzaktan algılama verilerini birlikte kullanan ve MODIS verileri kullanılarak yapılan buğday verim tahminleri ülkemizde düzenli olarak yapılmaktadır (MGM, 2013). Bununla birlikte istatistiksel yöntemlerle vejetasyon indisleri kullanılarak ASO bölgesinde buğday, mısır ve pamuk verimlerinin birlikte değerlendirildiği önemli bir çalışmadır. Ayrıca, yapılan analizlerde, toprak tekstürü, iklim ve toprak tuzluluğu gibi faktörlerin tarımsal ürün verimliliğine etkilerini detaylı olarak değerlendiren bir çalışma olması açısından da, bundan sonra yapılacak tarımsal alan kullanım uygunluğunun belirlenmesi çalışmalarında örnek gösterilebilir.

KAYNAKLAR

ABDELFATTAH, R. 2010. CHRIS-PROBA data classification for mapping dryland salinity in Tunisia. ESA Hyperspectral workshop 2010 Frascati - Rome ITALY.

AÇIKGÖZ, M. 2002. "İzmit Deprem Anı Yer Değiştirmelerinin Modellenmesi", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul.

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

AKGÜN, C. 2006. Turunçgiller sektör profili, Dış Ticaret Şubesi uygulama servisi yayını.

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

AKIN, A. 2006. Çukurova Deltası Kıyı Alanlarında arazi örtüsü ve değişimlerinin belirlenmesinde farklı uzaktan algılama yöntemlerinin değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı ABD. Adana.

ALBAYRAK, A.S. 2006. "Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri", Asil yayın, Ankara, s.498.

ANONİM, 2000. Avrupa Peyzaj Sözleşmesi, Strasbourg. Çeviri Dr. Nilgül Görer.

ANONİM, 2013. Turunçgil yetiştiriciliği genç ziraat web sayfası: http://www.gencziraat.com/Bahce-Bitkileri/Turuncgil-Yetistiriciligi-6.html, Erişim tarihi 10/06/2013.

ARAGUES, R., URDANOZ, V., CETİN, M., KİRDA, C., DAGHANİ, H., LTİFİ, W., LAHLOU, M., DOUAİK, A. 2011. Soil salinity related to physical soil characteristics and irrigation management in four Mediterranean irrigation districts. Agricultural Water Management. Vol: 98, 959 – 966.

ARNELL, N.W. 1999. Climate Change and Global Water Resources, Global Environmental Change, vol: 9, pp. 31 – 49.

BACH, H., MAUSER, W. 2002. Remote Sensing Data Assimilation in Land Surface Process Modelling, 3rd InternationalSymposium. Retrieval of Bio- and Geophysical Parameters from SAR Data for Land Applications. Sheffield. UK.

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

BARTON, M. H., BUCHBERGER S. G., LANGE, M. J. 1999. "Estimation of Error and Compliance in Surveys by Kriging", Journal of Surveying Engineering vol.125 no. 2,87-108.

BAUMGARDNER, M.F., SILVA L.F., BIEHL L.L., AND STONER E.R., 1985. Reflectance properties of soils, Advances in Agronomy, 38: 1–44.

BAYRAKTAR, H. AND TURALIOGLU, S. F. 2005. A Kriging-based approach for locating a sampling site in the assessment of air quality, SERRA, v.19, n.4, DOI 10.1007/s00477-005-0234-8, pp. 301-305.

BEN-DOR, E. 2002. Quantitative remote sensing of soil properties. Advantages in Agronomy 75: 173 – 243.

BEN-DOR, E. AND BANIN, A. 1994. Visible and near-infrared (0.4– 1.1 micrometer) analysis of arid and semiarid soils, Remote Sensing of Environment, 48(3): 261–274.

BEN-DOR, E., GOLDSHLEGER, N., MOR, E., MIRLAS, V. AND BASSON, U. 2006. "Combined active and passive remote sensing methods for assessing soil salinity: A case study from Jezre' el Valley, Northrn Israel. In Remote Sensing of Soil Salinization Metternich, G (ed)., Zinck, J.A. (ed) Taylor & Francis, Boca Raton, pp. 235 – 253.

BEN-DOR, E., IRONS, J., EPEMA, G. 1999. Soil spectroscopy. In Manual of Remote Sensing, 3rd edn., A. Rencz (Ed.) John Walley & Sons, New York, pp. 111 – 188.

BERBEROGLU, S. & AKIN, A. 2009. Assessing Different Remote Sensing Techniques to Detect Land Use/Cover Changes In The Eastern Mediterranean. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 11, pp. 46–53.

BERBEROĞLU, S. 1999. Optimising the Remote Sensing of Mediterranean Land Cover. Phd. Thesis, University of Southampton School of Geography.

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, pp. 385-396.

BERBEROGLU, S., SATIR, O. AND ATKINSON, P. M. 2009. Mapping percentage tree cover from Envisat MERIS data using linear and nonlinear techniques, International Journal of Remote Sensing, 30: 18, 4747 — 4766.

BERNARDOS, J.N., VIGLIZZO, E.F., JOUVET, V., LERTORA, F.A., PORDOMINGO, A.J., CID, F.D. 2001. The use of EPIC model to study the agroecological change during 93 years of farming transformation in the Argentine pampas. Agric. Syst. 69, 215–234.

BFN. (The Federal Agency for Nature Conservation) 2002. Landscape Planning for Sustainable Municipal Development, Leipzig, 24 S.

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

BROWN, R.A., ROSENBERG, N.J. 1999. Climate change impacts on the potential productivity of corn and winter wheat in their primary United States growing regions. Clim. Change 41, 73–107.

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.

BUSHNELL, T.M. 1932. A new technique in soil mapping, American Soil Survey Association Bulletin, 13: 74–81.

CARVER, S.J., 1991. Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. International Journal of Geographical Information Systems, vol: 5, pp. 32 1-339.

CAVERO, J., BARROS, R., SELLAM, F., TOPÇU, S., ISISDORO, D., HARTANI, T., LOUNIS, A., IBRİKCİ, H., CETİN, M., WILLIAMS, J.R., ARAGUEZ, R. 2011. APEX simulation of best irrigation and N management strategies for off-site N pollution control in three Mediterranean irrigated watersheds. Agricultural Water Management. In press.

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

ÇETIN, M., IBRIKCI, H., KIRDA, C., KAMAN, H., KARNEZ, E., RYAN, J., TOPCU, S., OZTEKIN, E.M., DINGIL, M., SESVEREN, S. 2012b. Using an Electromagnetic Sensor Combined With Geographic Information Systems to Monitor Soil Salinity In An Area of Southern Turkey Irrıgated With Drainage Water, Fresenius Environmental Bulletin, Vol: 21, pp. 1133 – 1145.

ÇETİNKAYA, U.B. 2010. Adana Aşağı Seyhan Ovası'nda Narenciye Bilgi Sistemleri (NARBIS) Oluşturulması. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Adana.

CHABRILLAT, S., GOETZ, A.F.H., KROSLEY, L. & OLSEN, H.W. 2002. Ronda peridotite massif: Methodology for its geological mapping and lithological discrimination from airborne hyperspectral data. International Journal of Remote Sensing. 21, 2363 – 2388.

CHATTERJEE, S., PRICE, B. 1991. Regression analysis by example. Wiley: NewYork.

ÇİLEK, A. 2013. Konumsal bilgi sistemleri yardımıyla Türkiye'nin erozyon modellenmesi, Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı ABD. Adana.

ÇKA, 2011. Çukurova Kalkınma Ajansı, Adana Aşağı Seyhan Ovası'nda Narenciye Bilgi sistemi oluşturulması projesi gelişme raporu.

COVEN, D. 1988. Gis versus CAD versus DBMS: what are the differences? Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54, pp. 1551-1555.

CROWLEY, J.K. 1993. Mapping playa evaporite minerals with AVIRIS data: A first report from Death Valley, California. Remote Sensing of Environment 44: 337–356.

DALAL, R.C. AND HENRY, R.J. 1986. Simultaneous determination of moisture, organic carbon, and total nitrogen by near infrared reflectance spectrophotometry, Soil Science Society of America Journal, 50: 120–123.

DASH, J. AND CURRAN, P.J. 2004. The MERIS terrestrial chlorphyll index. International Journal of Remote Sensing. 25:23, pp. 5403 – 5413.

DE LA ROSA, D., MAYOL, F., PEREİRA, D.E., DE LA ROSA, JR. 2004. A land evaluation decission support system (Micro LEIS DSS) for agricultural soıil protection with special reference to Mediterranean region. Environmental Modeling and Software. Vol: 19, pp. 929 – 942.

DEUTSCH, C. V and JOURNEL., A. G. 1992. GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide. Oxford University Press, Oxford.

DHAKHWA, G.B., CAMPBELL, C.L., LEDUC, S.K., COOTER, E.J. 1997. Maize growth: assessing the effects of global warming and CO2 fertilization with crop models. Agric. For. Meteorol. 87, 253–272.

DICKSON, B.G., PRATHER, J.W., XU, Y., HAMPTON, H.M., AUMACK, E.N. AND THOMAS, D.S. 2006. Mapping the probability of large fire occurence in Northern Arizona, USA. Landscape Ecology, Vol: 21, pp. 747 – 761.

DİNÇ, U. 1981. Pedoloji, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi ders notu yayınları No: 159. Adana.

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

DOMEZ, C., BERBEROGLU, S., CURRAN, P.J. 2011. Modelling the Current and Future Spatial Distribution of NPP in a Mediterranean Watershed, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, vol: 13, pp. 336 – 345.

DÖNMEZ, C. 2012. İklim Değişikliğinin Etkisi Altında Seyhan Üst Havzası Ekosistem Bileşenlerinin Modellenmesi ve Etkileşim Düzeylerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı ABD. Adana.

DSİ, 2012. Devlet Su İşleri Adana Bölge Müdürlüğü, 2010 ve 2011 yılı Taban suyu seviyesi ve tuzluluğu ölçüm sonuçları ve sulama raporları.

DUTKIEWICZ, A. 2006. Evaluating hyperspectral imagery for mapping the surface symptoms of dryland salinity. Phd dissertation, University of Adelaide, Australia.

EASTERLING, E.W., CHHETRI, N., NIU, X. 2003. Improving the realism of modeling agronomic adaptation to climate change: simulating technological substitution. Clim. Change 60, 149–173.

EASTERLING, W.E., CROSSON, P.R., ROSENBERG, N.J., MCKENNEY, M.S., KATZ, L.A., LEMON, K.M. 1993. Paper 2. agricultural impacts of and responses to climate change in the Missouri-Iowa-Nebraska-Kansas (MINK) region. Clim. Change 24, 23–61.

EASTMAN, J. R., KYEM, P. A. K. AND TOLEDANO, J., 1993. A procedure for multi-objective decision making in CIS under conditions of competing objectives. Proceedings, EGIS '93, pp. 438-447.

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

ESCOBEDO., J.F., GOMES., E.N., OLIVEIRA, A.P., SOARES., J. 2011. Ratios of UV, PAR and NIR components to global solar radiation measured at Botucatu site in Brazil, Renewable Energy 36, 169 – 178.

FAO, 1976. A framework for land evaluatıon. FAO Soils Bulletin No. 32. FAO: Rome.

FAO, 2002. Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Agriculture: towards 2015 – 2030 summary report. Rome, 2002.

FAO, 2012. FAOSTAT production of crops all over the World database, http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor , eEişim tarihi, 05/07/2013.

FARIFTEH, J., FARSHAD A., AND GEORGE, R. 2006. Assessing salt affected soils using remote sensing, solute modeling and geophysics. Geoderma 130: 191 – 206.

FOODY, G.M. (2002). Status of Land Cover Classification Accuracy Assessment. Remote Sensing of Environment, 80, pp. 185–201.

FRAİSSE, C.W., BELLOW, J., BROWN, C. 2007. Degree Days: Heating, Cooling and Growing, Florida Üniversitesi, Gıda ve Tarım Bilimleri Enstitüsü, ABE 381'no lu yayını, Gainesville, Florida, ABD.

FUNG, T. AND WONG, F.K.K. 2007. Ecotourism planning using multiple criteria evaluation with GIS, Geocarto International, 22:2, 87-105.

GAO, B.C. 1996. NDWI – A Normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote sensing of environment.58: 257 – 266.

GEISEL, P.M., UNRUH, C.L. 2003. Frost protection for citrus and other subtropicals, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources press ANR Publication no: 8100.

GHULAM, A., LI, Z.L., QIN, Q., YIMIT, H., WANG,J. 2008. Estimating crop water stress with ETM+NIR and SWIR data. Agricultural and Forest Meteorology vol: 148, pp. 1679 – 1695.

GILLIES, R.R., CARLSON, T.N. 1995. Thermal remote sensing of surface soil water content with partial vegetation cover for incorporation into climate models. Journal of Applied Meteorology. Vol:34, pp. 745 – 756.

GIRARD,L.F., CERRETA,M., DETORO,P. 2008. Integrated spatial assessment: a multi- dimensional approach for sustainable planning. In: MTISD 2008— Methods, Models and Information Technologies for Decision Support Systems, Universita del Salento, Lecce, p. 1820.

GOMEZ, L., ALONSO, L., GUANTER, L., CAMPS, G., CALPE, J. AND MORENO, J. 2008. "Correction of systematic spatial noise in push – broom hyperspectral sensors: application to chris proba images" Applied Optics 47, 46 – 60Matternick, G.I. and Zink, JA. 2003. Remote sensing of soil salinity: Potentials and constrains. Remote Sensing of Environment 85: 1 – 20.

GOODCHILD., M. F. 1987, A spatial analytical perspective on geographical information systems. International Journal of Geographical Information Systems, 1, pp. 327-334.

GUANTER, L., RICHTER R., MORENO J. 2006. "Spectral calibration of hyperspectral imagery using atmospheric absorption features. Applied Optics 45, 2360 – 2370.

GUTTERIDGE, HASKINS AND DAVEY, 1996. Environmental audit of the queensland canegrowing industry: Summary. Gutteridge, Haskins and Davey Pty Ltd: Brisbane.

HEPAKSOY, S. 2000. Effect of salinity on citrus, Anadolu journal of AARI, Vol. 10 (1), pp. 52 – 72.

HOSSEINI, M., SARADJIAN, M.R. 2011. Multi – index based soil moisture estimation using MODIS images, International Journal of Remote Sensing, 32: 21, 6799 – 6809.

HUTCHINSON M.F., 1995. Interpolating mean rainfall using thin plate smoothing splines, International Journal of Geographical Information Systems, 9: 385–403.

HUTCHINSON M.F., 2004. Anusplin Version 4.3. Centre for Resource and Environmental Studies, The Australian National University: Canberra, Australia.

HUTCHINSON, J.M.S., VOUGHT, T.J., HUTCHINSON, S.L. 2006. Continuous soil moisture mapping using MODIS NDVI and LST products, Papers of the applied geography conferences, 29: 140 – 149.

HWANG, C. L., and YOON, K. 1981, Multiple attribute decision making methods and applications: A state of the art survey (Berlin: Springer-Verlag).

IBRIKCI, H., CETIN, M., KARNEZ, E., KIRDA, C., TOPCU, S., RYAN, J., OZTEKIN, E., DINGIL, M., KORKMAZ, K. & OGUZ, H. 2012. Spatial and Temporal Variability of Groundwater Nitrate Concentrations in Irrigated Mediterranean Agriculture, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 43:1-2, 47-59.

IBRIKCI, H., CETIN, M., KARNEZ, E., TOPCU, S., KIRDA, C., RYAN, J., OGUZ, H., DİNGİL, M., OZTEKİN, E. 2010. Monitoring Groundwater Nitrate Concentrations Under Irrigation in The Cukurova Region of Southern Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, vol: 19, pp. 1802 – 1812.

IBSNAT. 1988. Documentation for IBSNAT crop model input and output files, version 1.1 for the decision support system for agrotechnology transfer *DSSAT v2.1), IBSTAT tech. Rep. No. 5, Dept. Of agronomy and Soil Sci., College of Tropical Agric. And Human Resources, University of Hawaii, Honolulu, HI.

ICCAP,. The final report of ICCAP Project. The research project on the impact of climate changes on agricultural production system in arid areas (ICCAP), 2007. Research Institute for Humanity and Nature (RIHN); The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK). Edit by Research Team for thr ICCAP Project. ICCAP Pub. No. 343 p.

IZAURRALDE, R.C., WILLIAMS, J.R., MCGILL, W.B., ROSENBERG, N.J. 2006. Simulating soil C dynamics with EPIC: model description and testing against long-term data. Ecol. Model. 192 (3–4), 362–384.

JAISWAL, K.R., MUKHERJEE, S., RAJU, D.K., SAXENA, R. 2002. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, vol: 4, pp.1 – 10.

JANKOWSKİ, P. 1995. Integrating geographical information systems and multiple criteria decision – making methods. International Journal of Geographical Information Systems, 9:3, pp. 251 – 273.

JANSSEN, R. RİETVELD, P. 1990. Multi-criteria analysis and geographical information systems. An application to agricultural land use in the Netherlands. In: Scholten, H.J., Stillwell, J.C.H. (Eds.), Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning, Dordrecht., Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 129–139.

JANSSEN, R., RİETVELD, P. 1990. Multicriteria analysis and GIS: An application to agricultural land use in The Netherlands. In Geographical Information Systems and Regional Planning, edited by H. J. Scholten and J. C. Stilwell (Dordrecht: Kluwer).

JOERIN, F., THERIAULT, M., MUSY, A. 2001. Using GIS and outranking multi-criteria analysis for land use suitability assessment. International Journal of Geographical Information Science 10 (8), 321–339.

JONES, 1993. Decision support systems for agricultural development. In systems approaches for agricultural development, vol. 2, Proc. Symp., F.W.T. Penning de Vries Ed. Kluwer Academic Publishers, Dorsrect, Nederlands.

KARACA, Ö., KARAGÜZEL, R. VE ERTUNÇ, A. 2003. ‘‘Uzaktan algılama yöntemi kullanılarak Fethiye ve çevresinin jeolojik özelliklerinin belirlenmesi’’, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 20 (1), s. 52-61.

KARNEZ, E. 2010. Aşağı Seyhan Ovası’nda Buğday ve Mısır Üretim Alanlarında Azot Bütçesine İlişkin Girdi ve Çıktıların İrdelenmesi, Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Adana.

KINIRY AND BOCKHOLT, 1998. Maize ans sorghum simulation in diverse Texas environments, Agron. Journal, 90: 682 – 687.

KINIRY, J.R., WILLIAMS, J.R., GASSMAN, P.W., DEBAEKE, P. 1992. A general processoriented model for two competing plant species. Trans. ASAE 35, 801–810.

KINIRY, J.R., XIE, Y. AND GERIK, T.J. 2002. Similarity in meize seed number for a diverse set of sites. Agronomie: Agric. And Environment. 22:265-272.

KOCH, M., SCHMID, T., GUMUZZIO, J., AND MATHER, P. 2006. Wetland feature extraction and change detection study of a playa lake environment in NE Spain using hyperspectral and multispectral images. In Second Recent Advances in Quantitative Remote Sensing, Ed. J.A. Sobrino. Publicaciones de la Universitat de Valencia, Spain, pp. 284–288.

KOSCHKE, L., FÜRST, C., FRANK, S, MAKESCHIN, F. 2012. A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assesment of ecosystem services provision to support landscape planning. Ecological Indicators, 21, pp. 54 – 66.

KRUSE, K.J. 2004. A dissertation submitted to the graduate faculty in partial fulfillment of the requirements fort he degree of Phd. Iowa State University.

LIU, J., WILLIAMS, J.R., ZEHNDER, A.J.B., YANG, H. 2007. GEPIC—modelling wheat yield and crop water productivity with high resolution on a global scale. Agric. Syst. 94, 478–493.

LOBELL, B.D., ASNER, G.P., MONESTERIO, J.I.O., BENNING, T.L. 2003. Remote sensing of regional crop production in Yaqui Valley, Mexico: estimates and uncertainties. Agriculture, Ecosystems and Environment, 94: 205 – 220.

LOBELL, D.B., HICKE, J.A., ASNER, G.P., FIELD, C.B., TUCKER, C.J. AND LOS, O. 2002. Satellite estimates of productivity and light use efficiency in US agriculture, 1982 – 98. Global Change Biology, 8: 722 – 735.

LOBELL, D.B., HICKE,J.A., ASNER,G.P., FIELD,C.B., TUCKER,C.J., LOS., S.O., 2002. Satellite estimates of productivity and light use efficiency in United States Agriculture 1982–1998, Global Change Biology 8,722–735.

LOS, S.O., COLLATZ, G.J., SELLERS, P.J., MALMSTROM, C.M., POLLACK, N.H., DeFries, RS., Bounoua, L., Parris, MT., Tucker, C.J and Dazlich, D.A., 2000. A global 9-yr biophysical land surface dataset from NOAA AVHRR data, Journal of Hydrometeorology pp. 1(2), 183-199.

LOTFI, V., STEWART. T.J. and ZIONTS, S. 1992. An aspiration-level interactive model for multiplecriteria decision making. Computer Operations Research, 19, 671-681.

MALCZEWSKİ, J. 2004. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. Progress in Planning 62, 3–65.

MALCZEWSKİ, J. 2007. GIS-based multicriteria decission analysis: a survey of the literatüre. International Journal of Geographical Information Science, 20:7, pp. 703 – 726.

MARINONI, O., HIGGINS, A., HAJKOWICZ, S., COLLINS, K. 2009. The multiple criteria analysis tool (MCAT): a new software tool to support environmental investment decision-making. Environmental Modelling & Software 24 (2), 153 – 164.

MATTERNICK, G.I. 1996. Detecting and Monitoring Land Degradation Features and Processes in the Cochabamba Valleys, Bolivia: A Synergistic Approach. ITC Publication 36, Enschede, the Nederlands.

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

MCGARIGAL, K., MARKS, B.J. 1995. "FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure", General Technical Reports, PNW-GTR-351, Portland (USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station).

MENDOZA, G.A., MACOUN, P. 1999. Guidelines for applying multi-criteria analysis to the assessment of criteria and indicators. In: Criteria and Indicators Toolbox Series. Centre for International Forestry Research, Jakarta, pp. 86.

MGM, 2013, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dönemlik Buğday verim tahmin raporu, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.

MTSO, 2011. Mersin Sanayi ve Ticaret Odası, Narenciye Uluslararası Pazar Analizi (ed) Muteber Boztemur. MTSO yayınları, Mersin.

MÜJDECİ, M., SARIYEV, A., POLAT, V. 2005. Buğday Veriminin Matematiksel Modellenmesi, Tarım Bilimleri Dergisi vol: 11, pp. 349 – 353.

MURTHY, 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.

NEITSCH. S.L., ARNOLD, J.G., KINIRY, J.R., WILLIAMS, J.R. 2009. Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009. Texas Water Resources Institute Technical Report No. 406, Texas A&M University System College Station, Texas.

NEW M, HULME M, JONES P. 1999. Representing twentieth-century space-time climate varibility, Part I: Development of a 1961–90 mean monthly terrestial climatology. Journal of Climate 12: 829–856.

NEW M, LISTER D, HULME M, MAKIN I. 2002. A high-resolution data set of surface climate over global land areas, Climate Research 21: 1–25.

NYERGES., T . L. 1993. Understanding the scope of GIS: its relationship to environmental modeling. In Environmental Modeling within GIS, edited by M. Goodchild, B. Parks and L. Steyaert (Oxford: University Press), pp. 75-93.

ÖZYAVUZ, M., ŞATIR, O & BİLGİLİ, B. C. 2011. A Change Vector Analysis Technique to Monitor Land Use/Land Cover In Yıldız Mountains, Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 20:5, pp. 1190 – 1199.

PARRY, M., ROSENZWEIG, C., IGLESIAS, A., FISHER, G., LIVERMORE,M. 1999. Climate Change and World Food Security: A New Assesments, Global Environmental Change vol:9, pp. 51 – 67.

PATRONO, A. 1998. Multi-Criteria Analysis and Geographic Information Systems: Analysis of Natural Areas and Ecological Distributions. Multicriteria Analysis for Land-Use Management, Edited by Euro Beinat and Peter Nijkamp, ISBN: 0-7923-5198-3, Kluwer Academic Publishers, Environment and Management-Volume: 9, pp: 271-292, AA Dordrecht, The Netherlands.

PEARCE, D., TURNER, R.K., O'RIORDAN, T., ADGER, N., ATKINSON, G., BRISSON, I. 1993. Blueprint 3: measuring sustainable development. London: Earthscan.

PENNING DE VRIES, F.W.T., KEULEN, H. AND RABBIBGE, 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.

POTTER, C.S., KLOOSTER,S., MYNENI,R., GENOVESE,V.,TAN,P.N., KUMAR,V., 2003. Continental-scale comparison son terrestrial carbon sinks estimated from satellite data and ecosystem modeling 1982 - 1998. Global and Planetery Change 39, 201–213.

POTTER, C.S., KLOOSTER,S., STEINBACH, M., TAN, P., SHEIKARAND, S., CARVALHO, C., 2004, Understanding Global Teleconnections Of Climate To Regional Model Estimates Of Amazone Ecosystem Carbon Fluxes. Global Change Biology 10, 693–703.

PRASAD, A.K., SINGH, R.P., TARE, V. AND KAFATOS, M. 2007. Use of vegetation index and meteorological parameters fort he prediction of crop yield in India. International Journal of Remote Sensing, No: 23, pp. 5207 – 5235.

PRIYA, S., SHİBASAKI, R. 2001. National spatial crop yield simulation using GIS-based crop production model. Ecol. Modell. 136, 113–129.

QEURNG, C., SAUVAGE, S., PEREZ, J.M.S. 2011. Assesment of hydrology, sediment and particulate organic carbon yield in a large agricultural catchment using the SWAT model.

QUALIWATER Projesi Sonuç Raporu, 2010. Diagnosis and Control of Salinity and Nitrate Pollution in Mediterranean Irrigated Agriculture" adlı proje (Proje No: INCO-CT-2005-015031).

RAJAK, D.R., OZA, M.P., BHAGIA, N., DADHWAL, V.K. 2002. Monitoring Cropping Pattern Changes Using Multi-temporal WIFS Data. Geocarto International, vol: 17, pp. 53 – 58.

REGMI, N.R., GIARDINO, J.R., VITEK, J.D. 2009. Modeling susceptibility to landslides using the weight of evidence approach: Western Colorado, USA. Geomorphology, vol:115, pp. 172 – 187.

RICHARDS, L.A., 1954. Diagnosis and improvements of saline and alkali soils. U.S. Salinity Laboratory DA, US Dept. Agr. Hbk 60, 160 p.

RIVEIRA, I.S., MASEDA, R.C., BARROS, D.M. 2008. GIS based planning support system for rural land use allocation. Computer and Electronics in Agriculture 63:257 – 273.

SAATY, T. 2008. Relative measurement and its generalization in decision making: why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors e the analytic hierarchy/network process. Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics 102 (2), 251 – 318.

SAATY, T., 1980. The Analytical Hierarchy Process. John Wiley, New York.

SALAZAR, L., KOGAN, F. AND ROYTMAN,L. 2008. Using vegetation health indices and particial least squares method for estimation of corn yield. International Journal of Remote Sensing, vol: 29. Pp. 175 – 189.

ŞATIR O. 2006. Uygun Bulanık (Fuzzy) Sınıflama Yöntemleri İle Aladağ Örneğinde Arazi Örtüsünün Sınıflandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana.

SATIR, O. BERBEROGLU,S. KAPUR,S. NAGANO,T. ERDOGAN, M. A. DONMEZ,C. SATİR, N.Y., AKÇA E. AND TANAKA K. 2010. Soil Salinity Mapping Using CHRIS PROBA Hyperspectral Data. ESA Hyperspectral workshop 2010 Frascati - Rome ITALY.

ŞATIR, 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.

SCHIMID, T., GUMUZZIO, J., KOCH, M., MATHER, P., VE SOLANA, J. 2007. Characterizing and monitoring sami – arid wetlands using multi-angle hyperspectral and mutispectral data. In Proceedings Envisat Symposium 2007, ESA SP-636. Montreux, Switzerland, pp. 1 – 6.

SCHMID, T.F. 2005. Integrated remote sensing approach to detect changes in semi-arid wetland areas in central Spain. Colección Documentos CIEMAT, Madrid, Spain.

SHARMA, M.P., YADAV, M., PRAWASİ, R., KUMAR, P. AND HOODA, R.S. 2011. Cropping System Analysis Usıng Remote Sensing And GIS: A Block Level Study Of Kurukshetra District, ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. Vol:6, pp. 45 – 51.

SHONK, J.L., GAULTNEY, L.D., SCHULZE, D.G. AND VAN SCOYOC, G.E. 1991. Spectroscopic sensing of organic matter content, Transactions of the ASAE, 34(5): 1978–1984.

SINGH, P.S., BISHNOI, O.P., NIVAS. R. AND SINGH, M. 2001. Relationship of Wheat Grain Yield with Spectral Indices. Journal of the Indian Society of remote sensing. Vol: 29, No. 1&2.

SMITH, C.S., MCDONALD, G.T., AND THWAITES, R.N. 2000. TIM: Assessing the sustainability of agricultural land managament. Journal of Environmental Management vol: 60, pp. 267 – 288.

SOIL SURVEY STAFF, 1975. Soil Taxonomy, A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys Agricultural Handbook, No: 436, U.S. Government Printing Office Washington.

STONER, E.R. AND BAUMGARDNER, F. 1981. Characteristic variations in reflectance of surface soils, Soil Science Society of America Journal, 45: 1161–1165.

STORE, R., KNANGAS, J. 2001. Integrating spatial multi – criteria evaluation and expert knowladge for GIS-based habitat suitability modelling, Landscape and Urban Planning, vol: 55, pp. 79 – 93.

SUDDUTH, K.A. AND HUMMEL, J.W. 1993. Portable near-infrared spectrophotometer for rapid soil analysis, Transactions of the ASAE, 36(1): 185–193.

SÜZER, S. 1992. Buğday Tarımında Yüksek Verim Almanın Yolları. Marmara' da Tarım. Sayı:51: 5-7.

TAGEM, 2011. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Çukurova Bölgesi Tarımsal Ürün Giderleri.

TAN, G., SHIBASAKI, R. 2003. Global estimation of crop productivity and the impacts of global warming by GIS and EPIC integration. Ecol. Modell. 168, 357–370.

TANRIÖVER, A.A. 2011. Adana kentsel gelişiminin uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak modellenmesi, Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı ABD. Adana.

TANSI, V., OKAN, F., KIZIL, S., KIZILŞİMŞEK, M. 1998. Çukurova Koşullarında Bazı Buğdaygillerin Toprak Üstü Bioması ve Kimyasal Kompozisyonlarının Mevsimsel Değişiminin Saptanması. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi. Cilt : 13, Sayı : 3, Adana, S. 1-8.

THAPA, B.R., MURAYAMA, Y. 2011. Urban growth modeling of Kathmandu metropolitan region, Nepal. Computers, Environment and Urban Systems, Vol: 35, pp. 25 – 34.

THOMSON, A.M., IZAURRALDE, R.C., ROSENBERG, N.J., HE, X. 2006. Climate change impacts on agriculture and soil carbon sequestration potential in the Huang- Hai Plain of China. Agric. Ecosyst. Environ. 114, 195–209.

THORTON, P.K. 1997. Estimating millet production for famine early warning: an application of crop simulation modeling using satellite and ground based data in Burkina Faso, Agric. For Meteorology, 83: 95 – 112.

TOPÇU, P. 2012. Tarım arazilerinin korunması ve etkin kullanılmasına yönelik politikalar. Uzmanlık tezi, T.C. Kalkınma Bakanlığı İktisadi sektörler ve koordinasyon genel müdürlüğü, yayın no: 2836, Ankara.

TOURE, A., MAJOR, D.J., LINDWALL, C.W. 1995. Sensitivity of four wheat simulation models to climate change. Can. J. Plant Sci. 75, 69–74.

TSUJI, G.Y., UEHARA, G. AND BALA, S.S. 1994. DSSAT v3, University of Hawaii, Honolulu, HI.

TUİK, 2013. Türkiye istatistik kurumu temel istatistikler veri tabanı, http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist, Erişim tarihi: 07.08.2013.

TUTAR. 2010. Adana ili ve ilçelerindeki yatay betonarme hububat depo yapılarının mevcut durumu, gelişme olanakları, planlaması ve lisanslı depoculuk, Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD, Adana.

UEEMAA, E., ANTROP, M., ROOSAARE, J., MARJA, R., MANDER, Ü. 2009. Landscape Metrics and Indıces: An Overview of Their Use in Landscape Research, Living Rev. Landscape Res., vol: 3, pp. 5 – 14.

UN (United Nations), 2013. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, Population Estimates and Projections Section, World population prospects: the 2012 revision. http://esa.un.org/unpd/wpp/Excel-Data/population.htm, Erişim tarihi: 05.04.2013.

USGS 2013b. United States Geological Survey, Land Processes Distributed Active Archive Center web sayfası, https://lpdaac.usgs.gov/products/modis_products_table Erişim tarihi: 08/07/2013.

USGS, 2012. Gap-Filling Landsat 7 SLC-off Single Scenes Using ERDAS Imagine, USGS web sayfası: http://landsat.usgs.gov/ERDAS_Approach.php, Erişim tarihi; 20 Aralık 2012.

USGS, 2013a. Landsat missions timelines, http://landsat.usgs.gov/about_mission_history.php Erişim tarihi: 02/04/2013.

VICENTE, M.S., PRATS, J.M.C., Romo, A. 2006. Early prediction of crop production using drought indices at different time-scales and remote sensing data: application in the Ebro Valley (North-east Spain). International Journal of Remote Sensing, vol:27, pp. 511 – 518.

VOOGD, H. 1983. Multicriteria evaluation for urban and regional planning (London: Pion).

WALKE. N., REDDY, O.G.P., MAJİ, A.K., THAYALAN, S. 2012. GIS-based multicriteria overlay analysis in soil-suitability evaluation for cotton (*Gossypium spp*.): A case study in the black soil region of Central India. Computers and Geosciences, vol: 41, pp. 108 – 118.

WANG, X., GASSMAN, P.W., WILLIAMS, J.R., POTTER, S., KEMANIAN, A.R. 2008. Modelign the impacts of soil management practices on runoff, sediment yield, maize productivity and soil organic carbon using APEX. Soil and Tillage Research. 101: 78 – 88.

WB (World Bank), 2013a. World Bank data catalog, agricultural land (% of land area). http://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.ZS/ , Erişim tarihi: 05.04.2013.

WHITING, M.L. AND USTIN, S.L. 1999. Use of low altitude AVIRIS data for identifying salt affected soil surfaces in Western Fresno County, California. In Proceedings of the Eighth JPL Airborne Visible Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) Workshop, Pasadena, CA, pp. 99–64.

WILLIAMS, J.R. 1990. The erosion-productivity impact calculator (EPIC) model: a case history. Philos. Trans.: Biol. Sci. 329 (1255), 421–428.

WILSON, P.R. VE BAKER, D.E. 1990. Soils and Agricultural land suitability of the wet tropical coast of North Queensland: Ingram area. Quinsland Department of Primary Industries Land Resources Bulletin QV90001. Brisbane, Queensland: Queensland Government.

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

YANG, F., ZENG, G., DU, C., TANG, L., ZHOU, J., LI, Z. 2008. Spatial analyzing system for urban land use management based on GIS and multi-criteria assesment modeling. Progress in Natural Science, vol:18, pp. 1279 – 1284.

YE, X., SAKAI, K., MANAGO, M., ASADA S., SASAO, A. 2007. Prediction of citrus yield from airborne hyperspectral imagery, Precision Agric. Vol. 8, pp 11 – 125.

YEŞİLSOY, Ş., AYDIN, M. 1992. Toprak Fiziği Ders Kitabı, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Adana.

YILMAZ K. T., ÇAKAN, H., DÜZENLİ, A., 2004. Çukurova Deltaları Örneğinde Biyolojik Veri Envanterine Dayalı Yönetim Yaklaşımı, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları V. Ulusal Konferansı, Çukurova Üniversitesi, Bildiriler Kitabı Cilt 1 S: 149-155. Adana.

YOUNG, A. 1976. Tropical Soils and Survey Cambridge University Press, Cambridge.

YUAN, F., SAWAYA, K.E., LOEFFELHOLZ, B.C., MARVIN, E.B. 2005. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. Remote Sensing of Environment 98: pp. 317 – 328.

ZERGER, A., WARREN, G., HILL, P., ROBERTSON, D., WEİDEMANN, A., LAWTON, K. 2011. Multi – criteria assesment for linking regional conservation planning and farm – scale actions. Environmental Modelling And Software, vol: 26, pp. 103 – 110.

ÖZGEÇMİŞ

Onur ŞATIR, 20.04.1982 tarihinde Ankara'da doğdu. İlköğrenimini Sarıkamış, orta ve lise öğrenimini Balıkesir'de tamamladıktan sonra 1999 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü'nde Üniversite öğrenimine başladı. 2003 yılında mezun olduktan sonra aynı üniversitede Peyzaj Mimarlığı ABD'nda yüksek lisansa başladı. Tez araştırma aşamasında 2005 – 2006 yılları arası 9 ay İngiltere'nin Southampton Üniversitesi Coğrafya Bölümünde Giles Foody ve Peter Atkinson danışmanlığında araştırmalar yaptı. Aynı dönemde Yüzüncü Yıl Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2007 yılında askerlik hizmetini müteakip, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı ABD'de Doktora Öğrenimine başladı. Doktora tez aşamasında 2009 yılında ABD'nin Texas A&M Üniversitesi Yersel Bilimler Laboratuvarında 2 ay ve 2010 yılında da Wisconsin Üniversitesi Nelson Enstitüsü Küresel Çevre ve Sürdürülebilirlik Merkezinde 1 ay araştırma faaliyetlerinde bulundu. Araştırma görevlisi olarak 2013 yılında doktora öğrenimini tamamlayan Şatır, evli ve bir kız çocuğu babasıdır.